



คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการระดับชาติด้านสิ่งแวดล้อม
ภายใต้หัวข้อเรื่อง สิ่งแวดล้อม 2562: วิฤติ หรือ โอกาสทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม
“Environment 2019: Crisis or Opportunity in Environmental Management”
ในวันเสาร์ที่ 24 สิงหาคม 2562 เวลา 08.30 – 16.30 น.
ณ ห้องสมศักดิ์ และคุณหญิงปัทมา ลีสวัสดิ์ตระกูล ชั้น 2 อาคารสยามบรมราชกุมารี
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

ประธานจัดงาน

คณบดีคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ

๑. รองคณบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา	ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.สยาม อรุณศรีมรกต	กรรมการ
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	
๓. รองศาสตราจารย์ ดร.ไกรชาติ ตันตระการอาภา	กรรมการ
คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล	
๔. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร จันทระ	กรรมการ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	
๕. ดร. หทัยรัตน์ การ์เวทย์	กรรมการ
นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการพิเศษ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	
๖. รองศาสตราจารย์ ดร.สมพจน์ วรรณนุช	กรรมการ
๗. ศาสตราจารย์ ดร. จำลอง โพธิ์บุญ	กรรมการ
๘. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ ชมพันธุ์	กรรมการ
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัคพงศ์ พจนารถ	กรรมการ
๑๐. รองคณบดีฝ่ายวิชาการ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการจัดการประชุม

๑. คณบดีคณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม	ประธานคณะกรรมการ
๒. รองคณบดีฝ่ายวิชาการ	คณะกรรมการ
๓. รองคณบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา	คณะกรรมการ
๔. รองคณบดีฝ่ายบริหาร	คณะกรรมการ
๕. นางสาวสุชีลา นิลโคตร	คณะกรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการสนับสนุนการจัดประชุม

๑. นางชนิดา เล็บครุฑ	ประธานคณะกรรมการ
๒. นางสาวเบญจพร พิศเพ็ง	คณะกรรมการ
๓. นายณัฏฐา อินทเนตร	คณะกรรมการ
๔. นางสาวสุภาวดี พึ่งพิณิจ	คณะกรรมการ
๕. นางสาวทิพย์ภรณ์ ศรีของชาติ	คณะกรรมการ
๖. นายพนมกร ขุนอ่อน	คณะกรรมการและเลขานุการ

คำนำ

คณะกรรมการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ เป็นหน่วยงานหนึ่งในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) มีหน้าที่หลักตามที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) กำหนดไว้ 4 ประการ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา การวิจัย การให้บริการวิชาการ และการส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม ซึ่งในปัจจุบัน คณะกรรมการพัฒนาสิ่งแวดล้อม ได้ทำหน้าที่ในการวิจัยพัฒนาองค์ความรู้ และจัดการศึกษาหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นศาสตร์แห่งการบริหารการพัฒนาที่มีความทันสมัยและครบถ้วน นอกจากนี้ยังมีการบริการทางวิชาการตามความต้องการของสังคม และส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมอันดีงามให้แก่นักศึกษา และบุคลากรของคณะอย่างต่อเนื่อง

ในปีงบประมาณ 2562 คณะกรรมการพัฒนาสิ่งแวดล้อมได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านสิ่งแวดล้อม ในหัวข้อเรื่อง “สิ่งแวดล้อม 2562: วิกฤติ หรือ โอกาสทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม” Environment 2019: Crisis or Opportunity in Environmental Management ขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยน ความรู้ ความคิดเห็นเชิงวิชาการ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านได้ทราบถึงวิกฤติทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น และแนวโน้มของการบริหารจัดการที่ดีและมีประสิทธิภาพเพื่อการพัฒนาประเทศให้น่าอยู่ และมีความยั่งยืน โดยในการประชุมดังกล่าวนอกจากมีการนำเสนอบทความวิชาการแล้ว ศาสตราจารย์ ดร.สนธิ อักษรแก้ว กรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และดร.วิจารณ์ สิมาฉายา ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยังได้กรุณาให้เกียรติมาเป็นองค์ปาฐกถาพิเศษ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมเข้าใจเรื่องวิกฤติสิ่งแวดล้อม และการจัดการสิ่งแวดล้อมในยุคแห่งการปรับเปลี่ยน (Disruptive) เพื่อเป็นแนวทางการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนของประเทศไทย

บทความวิชาการที่นำเสนอในรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ (Proceeding) นี้ คณะกรรมการได้ตรวจประเมินและผู้เขียนบทความได้แก้ไขตามความเห็นของผู้ประเมินแล้ว คณะกรรมการพัฒนาสิ่งแวดล้อมขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่เขียนบทความวิชาการในรายงานการประชุมวิชาการ และขอขอบคุณคณะกรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ประเมินบทความทุกท่านที่ได้กรุณาเสียสละเวลาในการตรวจประเมินบทความในครั้งนี้

ศาสตราจารย์ ดร.วิสาชา ภูจินดา
คณบดีคณะกรรมการพัฒนาสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	i
สารบัญ	ii
การใช้หลักการเรียนรู้ 7 อี สำหรับการสอนเรื่องนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม พิมพ์ชนา ฮกทา	1-6
ผลของความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรมที่มีต่อมูลค่าตลาดของ บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย สุภาวดี สุทธิรักษ์ บุญฑริกา ใจกระจ่าง สมนึก เลิศแก้ว ดวงใจ ต้นดีวัตรกุล	7-20
การแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กชนิด <i>Rehderiella parva</i> (Lea, 1856) ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย ชรินทร์พร หอมทอง ชีวารัตน์ พรินทรากุล	21-38
โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ในรีไฟอิงสำหรับบำบัดน้ำเสียแอมโมเนีย เข้มข้นสูงโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเคเจเนอเรชันซีเควนซิง พนิดา เนรมิตศรัทธา ตะวัน ลิ้มปิยากร ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์	39-52
โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ ประดมาภรณ์ หอมยก ตะวัน ลิ้มปิยากร ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์	53-69
การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการประยุกต์ใช้แนวทางการประมวล ย้อนกลับ กรณีศึกษา ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย สุเทพ จันทรอำพร	70-82
สถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหาหมอกพิษทางอากาศในเมืองเจิ้งตู มณฑลเสฉวน สาธารณรัฐ ประชาชนจีน Huanrui Liang	83-99

	หน้า
ชาคริต โชติอมรศักดิ์ อัจฉรา วัฒนภิญโญ	
ปัญหาการบังคับคดีของศาลปกครองในคดีสิ่งแวดล้อม สิริวรรณ ชื่นไพบูลย์	100-116
แนวทางการใช้ประโยชน์จากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ ชูไรยา เจ้าดาริ เสรีย์ ตู๊ประกาย วรานนท์ คงสง โกวิท สุวรรณหงษ์	117-131
แรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วง เมื่อน่านที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม วีระชัย แก้วปอง ทัศนาวลัย อุฑารสกุล	131-142
การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ เจนจิรา นงค์บาง ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร วาสนา วิรุณรัตน์ ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล ผานิตย์ นาขยัน	143-150
วิกฤติสิ่งแวดล้อมกับการจัดการร่วมของชุมชนบริเวณลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี: บทเรียนและการจัดการ ประพาพรรัตน์ สุขศิษฐ์	151-162
การศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงด้านสุขภาพของพนักงานฟอสที่ปฏิบัติงานใน โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จังหวัดระยอง ปฐมวดี มาสอน สยาม อรุณศรีมรกต	163-180
การใช้เพลงก่อกวนสัตว์เป็นตัวชี้วัดการไหลเวียนของมวลน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ศึกษา เรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ทัชชา พรณรักษ์	181-192

	หน้า
ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค พัชรี ศรีรอด วิสาखा ภูจินดา	193-206
การใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจของพืชในป่าเสม็ดต่อท้องถิ่น อำเภอเสนา จังหวัดตรัง วิกัญดา แสงเงิน ขวัญตา ตันติกำธน กนกรัตน์ รัตนพันธุ์ สุวิทย์ จิตรภักดี	207-221
การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ นภัสสรนันท์ ตติย์ธานุกุล สิทธิโชค พวงทองทับ วรพจน์ กนกกันหาพงษ์	222-235
การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำ มณฑิญา ธรนิษฐ์ พีรพงษ์ พรวงศ์ทอง	236-251
แนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ: กรณีศึกษา นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย จังหวัดสระบุรี จิรนนท์ พุทธา จำลอง โพธิ์บุญ	252-264
ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วของประชาชน ในกรุงเทพมหานคร : ศึกษากรณีเขตห้วยขวาง วิษณุ คงสุวรรณ จำลอง โพธิ์บุญ	265-276
การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชนในตำบลสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เมธาวิ บุญหาเรือง วิสาखा ภูจินดา ฌริกา คันทา	277-291

การศึกษาระบาดวิทยาเชิงพื้นที่และเวลาของการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยโรคหืดกับปัจจัยสภาพ
ภูมิอากาศและมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในจังหวัดสงขลา

292-312

สุริชัย บิลฮีม

จิตติวร ชูสง

หัชชา ศรีปลั่ง

วิรัตน์ เอื่องพูลสวัสดิ์

ชนนท์ กองกมล

จิราภรณ์ ไตรระมัด

ธรรมสินธ์ อิงวิยะ

ภิญญาณี ณ พัทลุง

การใช้หลักการเรียนรู้ 7E สำหรับการสอนเรื่องนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม Using 7E Learning Method for Teaching on Environmental Innovations

พิมพ์ชนา ฮกธา¹

Pimchana Hoktha¹

¹สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Thaksin University

Corresponding E-mail: hoktha@gmail.com

บทคัดย่อ

นวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อมเป็นหัวข้อหนึ่งในรายวิชาสิ่งแวดล้อมกับการดำเนินชีวิต ที่มีจุดประสงค์รายวิชาเพื่อให้ นิสิตได้รู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 เป็นรายวิชาที่เปิดสอนสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1 ทุกหลักสูตร จำนวน 1500 คนต่อภาคการศึกษา ผู้สอนใช้เทคนิคสอนแบบ 7E แทนการบรรยาย เพื่อให้ นิสิตเกิดการเรียนรู้ นวัตกรรมด้าน สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งขั้นตอนการสอน 7E ประกอบด้วย การตรวจสอบความรู้เดิม การสร้างความสนใจ การสำรวจค้นหา การ อธิบาย การขยายความคิด การประเมินผล และการนำความรู้ไปใช้นิสิตได้ออกแบบและสร้างแบบจำลองนวัตกรรมที่ช่วย แก้ปัญหาทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ น้ำ อากาศ ป่าไม้ และสัตว์ป่า แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน ซึ่งสร้างบรรยากาศการมีส่วนร่วม และปลูกฝังความคิดที่จะช่วยกันอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: หลักการเรียนรู้แบบ 7E, นวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม

ABSTRACT

Environmental innovation is a topic in the Environment and lifestyle course. The aim of this subject was to enable students to be aware of the changes that occurred in the 21st century. It is the open course for all first year students of 1500 students per semester. The instructors used 7E technique instead of ordinary describe. Therefor the students will understanding of the environmental innovations. The 7E step are elicit, engage, explore, explain, expand, evaluate and extend. The environmental innovation was designed and created an artificial model for solving problems of natural resouces such as water, air, forest and wildlife. The students were presented their innovation in the classroom that creates an atmosphere of participation and instills ideas to help conserve natural resources sustainably.

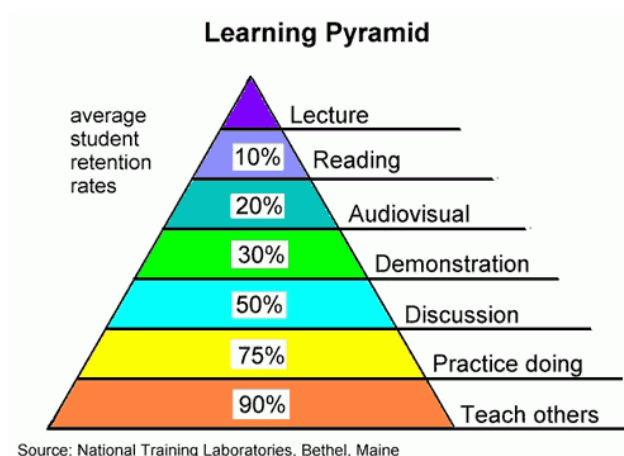
Keywords: 7E Learning Method, Environmental Innovations

บทนำ

ด้วยคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการแห่งประเทศไทย ได้กำหนดให้วิชาศึกษาทั่วไปเป็นองค์ประกอบหนึ่งของหลักสูตรอุดมศึกษาระดับปริญญาตรี และได้กำหนดคำนิยามและแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชาศึกษาทั่วไปดังนี้ “หมวดวิชาศึกษาทั่วไป หมายถึง วิชาที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีความรอบรู้อย่างกว้างขวาง มีโลกทัศน์ที่กว้างไกล มีความเข้าใจธรรมชาติ ตนเอง ผู้อื่น และสังคม เป็นผู้ใฝ่รู้ สามารถคิดอย่างมีเหตุผล สามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารความหมายได้ดี มีคุณธรรม ตระหนักในคุณค่าของศิลปะและวัฒนธรรมทั้งของไทยและของประชาคมนานาชาติ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตและดำรงตนอยู่ในสังคมเป็นอย่างดี” (ประกาศกระทรวงศึกษา เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ.2548)

ด้วยเหตุนี้มหาวิทยาลัยทักษิณ จึงมีการพิจารณาปรับปรุงหลักสูตรวิชาศึกษาทั่วไป โดยได้จัดทำรายวิชาศึกษาทั่วไปขึ้นใหม่ และกำหนดเนื้อหาสาระในแต่ละรายวิชาให้สอดคล้องกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ของ มหาวิทยาลัย กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 คณะกรรมการ ได้พิจารณาเนื้อหา กรอบการเรียนรู้ ทั้งการปรับกลยุทธ์กระบวนการเรียนการสอนในแต่ละรายวิชาในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง รายวิชา 0000162 สิ่งแวดล้อมกับการดำเนินชีวิต จัดเป็นรายวิชาหนึ่งในหมวดศึกษาทั่วไปเป็นวิชาบังคับสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1 ซึ่งเริ่มใช้ในเทอมต้น ปีการศึกษา 2560 เป็นต้นมา เพื่อให้บัณฑิตได้เรียนรู้ ปัญหา ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม นิเวศวิทยา และภัยพิบัติ จิตสำนึกและจริยธรรมทางสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ความรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศในการรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม และการใช้นวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหา

จากนโยบายที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนการสอนรายวิชาสิ่งแวดล้อมกับการดำเนินชีวิต ได้คำนึงถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ซึ่งได้ยึดหลักการใน พีระมิดแห่งการเรียนรู้ (Learning Pyramid) ดังแสดงในภาพที่ 1 ผู้สอนควรลดหรือหลีกเลี่ยงการบรรยาย (Lecture) เนื่องจากผู้เรียนได้รับประโยชน์น้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนนี้ไม่บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้



ภาพที่ 1 พีระมิดแห่งการเรียนรู้ (Vickery: 2014)

งานวิจัยของ Siribunnam, R and Tayraukham, S. (2009) ได้นำเทคนิคการสอนแบบ 7 อี ทำให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์และทัศนคติต่อการเรียนรู้ทางเคมีมากกว่าการเรียนด้วยชั้นเรียนธรรมดา เพราะรูปแบบการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอน การสำรวจและการลงมือปฏิบัติ

ในรายวิชานี้ จึงได้ข้อสรุปการสอนโดยกำหนดให้สอนแบบเชิงรุก (Active Learning) ที่เน้นผู้เรียนเป็นหลัก การเรียนการสอนทั้งหมด 15 สัปดาห์ โดยแบ่งกลุ่มหัวข้อที่เรียงลำดับ ตามความสำคัญเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ ทรัพยากรธรรมชาติ ระบบนิเวศ มลพิษและความเสื่อมโทรม ภัยพิบัติ กฎหมายและนโยบายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ผู้นำสิ่งแวดล้อม จิตสำนึกสิ่งแวดล้อม และหัวข้อการใช้นวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม เป็น 3 สัปดาห์สุดท้ายของรายวิชา ถือว่าเป็นประเด็นที่มีความสำคัญ ที่ผู้สอนจะต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดทักษะการเรียนรู้ และประเมินผลได้ ให้เป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต เป็นผู้สร้างนวัตกรรม (นวัตกรรม) ตลอดจนให้เป็นผู้มีสมรรถนะ หรือผู้เรียน ยุค 4.0 ตามมาตรฐานการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2561

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบ 7อี (Eisenkraft, 2003: 56-59)นี้ มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการสอนหัวข้อนวัตกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากผู้เรียนจะได้รับการนำกลไกการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เพื่อหาคำตอบและเข้าใจเนื้อหาได้มากกว่าการบรรยาย เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และ ให้ความสำคัญเกี่ยวกับ การตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน เช่นเดียวกับในงานวิจัยของ (ณัฐภา: 2556) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การสอนตามแบบ 7 อี หรือ 7 ขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของการสอนแบบ 7อี

การสอนแบบ 7E	รายละเอียด
Elicitation Phase ตรวจสอบความรู้เดิม	ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน ได้แสดงความรู้เดิมออกมา
Engagement Phase สร้างความสนใจ	ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นความสนใจ
Exploration Phase สำรวจและค้นหา	ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางตรวจสอบ ตั้งสมมุติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
Explanation Phase อธิบาย	นำข้อมูล วิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผล
Expansion Phase/Elaboration Phase ขยายความคิด	นำความรู้ที่สร้างขึ้น ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ
Evaluation Phase ประเมินผล	ประเมินการเรียนรู้
Extension Phase นำความรู้ไปใช้	ผู้เรียนได้นำสิ่งที่ได้เรียนมา ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 7 E คือ การดำเนินการปฏิบัติการสอนอย่างมีระบบขั้นตอน ทั้งหมด 7 ขั้นตอน โดยเริ่มจากสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนแต่ละคน จากนั้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสร้างความสนใจ แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติสืบค้น สืบเสาะค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ผู้สอนมีหน้าที่ชี้แนะหรืออธิบายเพิ่มเติมและวัดประเมินผลนั้นเรียนทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน เพื่อที่ผู้เรียนจะนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่ถูกต้อง นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์

บทความวิชาการนี้ผู้เขียนได้นำเสนอแนวทางในการสอนในยุคศตวรรษที่ 21 การใช้หลักการเรียนรู้ 7อี สำหรับการสอนเรื่องนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยเน้นทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Delors :1998) ได้แก่ การมีความคิดสร้างสรรค์ ใส่ใจนวัตกรรม มีวิจรณ์ญาณ แก้ปัญหาเป็น สื่อสารดี และเต็มใจร่วมมือ

วิธีการดำเนินการ

รายวิชานี้จะมีผู้สอนที่ได้ประชุมหารือร่วมกัน ในแผนการสอน ในแต่ละสัปดาห์ฝ่ายทะเบียนจะจัดให้มีการเรียนการสอนจำนวน 10 ห้อง ๆละ ประมาณ 150 -200 คน ในแต่ละห้อง ประกอบด้วย ผู้สอนหลักที่เป็นคนขับเคลื่อนกิจกรรมและควบคุมเวลา และผู้ช่วยสอนอีก 2 คน เพื่อกระจายกันให้คำปรึกษาและคอยควบคุมชั้นเรียน การเรียนการสอนจะยึดตามแผนที่กำหนดไว้ มีการเตรียมเอกสารและอุปกรณ์สนับสนุนการสอนอย่างครบครัน ซึ่งลักษณะการสอนจะในหัวข้อนวัตกรรมจะเป็นไปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงแผนการสอนในหัวข้อ นวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ทรัพยากรธรรมชาติที่สอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชา

ลำดับที่	การสอนแบบ 7อี	ลักษณะของกิจกรรม นวัตกรรมเพื่อการปัญหาสิ่งแวดล้อม
1	Elicitation Phase ตรวจสอบความรู้เดิม	ผู้สอน นำเข้าสู่เนื้อหา มีข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนวัตกรรม ความแตกต่างระหว่างนวัตกรรมกับเทคโนโลยี ตรวจสอบความเข้าใจ และเกริ่นนำถึงนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติ (เลือกจากเนื้อหาที่ต่อเนื่องมาจากหัวข้อที่เรียนไปแล้ว) ได้แก่ ป่าไม้ อากาศ สัตว์ป่า และ น้ำ ผู้เรียน มีการเสวนากลุ่ม ชมวิดีโอนวัตกรรม และเล่นเกมสัทดสอบความจำ
	Engagement Phase เร้าความสนใจ	ผู้สอน สร้างแรงบันดาลใจ กระตุ้นให้ผู้เรียนเล็งเห็นความสำคัญของนวัตกรรมที่จะช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม และมอบหมายงานที่ทำหาความสามารถ ผู้เรียน ปรึกษาหารือ นำความคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการจะทำแบบจำลองนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมมารายงานผู้สอน และวิเคราะห์ร่วมกันถึงความสำคัญของชิ้นงาน ประโยชน์และความเป็นไปได้
2	Exploration Phase สำรวจและค้นหา	ผู้สอน เป็นพี่เลี้ยงและคอยให้คำแนะนำ ผู้เรียน วางแผนและกำหนดขั้นตอนในการทำแบบจำลองนวัตกรรม และลงมือปฏิบัติ
	Explanation Phase อธิบาย	ผู้สอน ตรวจสอบและให้คำแนะนำเพิ่มเติม ผู้เรียน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่มเกี่ยวกับหน้าที่ การทำงาน ตลอดจนประโยชน์ของแบบจำลองนวัตกรรมที่ได้ร่วมกันทำ
3	Expansion Phase ขยายความคิด	ผู้สอน รับฟังและมีข้อสรุปให้แต่ละชิ้นงาน ร่วมประเมินผล โดยตั้งกติกาว่าชิ้นใดที่มีคุณค่า มีความเป็นไปได้ ทีมผู้สอนก็จะซื้อ
	Evaluation Phase ประเมินผล	ผู้เรียน นำผลงานมาขาย มีการตั้งราคา โฆษณาชิ้นงานและอธิบายการทำงานเพื่อถ่ายทอดความคิดของนวัตกรรมตนเองให้สมาชิกในห้องได้รับทราบ
	Extension Phase นำความรู้ไปใช้	

การเรียนรู้ในห้องเรียน 7 เรื่องนวัตกรรมด้านสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพกิจกรรมในห้องเรียนรายวิชา 0000162 ในหัวข้อ นวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 4 การนำเสนอและเผยแพร่ แบบจำลองนวัตกรรมทางสิ่งแวดล้อมทางสื่อออนไลน์

ตารางที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลองนวัตกรรมที่มีการนำเสนอในชั้นเรียน

ทรัพยากรธรรมชาติ	รายละเอียด
ป่าไม้	การสร้างแอปพลิเคชันพิทักษ์ป่า ส่วนป่าติดเซนเซอร์ป้องกันไฟ
อากาศ	หน้ากากอนามัยดูดควันพิษจากสมุนไพรร ที่กรองอากาศประหยัดพลังงาน
น้ำ	เครื่องบำบัดน้ำเสียแบบประหยัด เครื่องรดน้ำรุ่นประหยัดพลังงาน เครื่องเปลี่ยนน้ำทะเลเป็นน้ำจืด การออกแบบท่อน้ำครบวงจรในบ้านประหยัดพลังงาน ที่กรองน้ำพกพา
สัตว์ป่า	การทำเซนเซอร์ป้องกันสัตว์บุกรุก บ้านนกยุคดิจิทัล

ข้อสังเกตของการออกแบบบนวัตรกรรม ส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการประหยัดพลังงาน การประดิษฐ์ที่อาศัยพลังงานทางเลือก มักจะใช้วัสดุที่มีในประเทศ เพื่อลดการนำเข้า รวมทั้งการนำของเก่ามาใช้ใหม่ recycle และมีชิ้นงานที่ซ้ำกันในเรื่องหน้าที่หรือประโยชน์ในการใช้งาน

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการใช้หลักการเรียนรู้ 7อี สำหรับการสอนเรื่องนวัตกรรมการด้านสิ่งแวดล้อม ได้มีกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมการที่ครบถ้วนได้แก่ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้คิดสร้างสรรค์ ใส่ใจนวัตกรรม มีวิจารณญาณ แก้ปัญหาเป็นสื่อสารคดี และเต็มใจร่วมมือ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงกลยุทธ์ในการสอนจะมีขึ้นภายหลังการเรียนการสอนในแต่ละภาคเรียน ซึ่งรายละเอียดจะมีการบันทึกไว้ใน แบบฟอร์ม มคอ5

ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในบางกลุ่มผู้เรียนได้แก่ ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนมาจากต่างคณะ ทำให้ไม่สะดวกการนัดเวลาที่จะทำงานที่ได้รับมอบหมายส่ง และในมุมมองของผู้สอนเชื่อว่า แนวคิดที่จะพัฒนานวัตกรรมของผู้เรียนจำกัด เนื่องจากยังไม่เคยประสบปัญหาหมอกพิษหรือภัยพิบัติ สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน ที่ชัดเจนเมื่อมีการสอนแบบ 7อีได้แก่ ในขั้นตอนแรก การตรวจสอบความรู้เดิม Elicitation Phase จะมีปัญหาสำหรับนิสิตที่เรียนในคณะศิลปกรรมศาสตร์ นิติศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่นิสิตกลุ่มที่เน้นสังคม ไม่คุ้นเคย แต่เมื่อผู้เรียนคิดไอเดียที่สร้างสรรค์ตามโจทย์ได้แล้ว จะสามารถสร้างโมเดลหรือแบบจำลองได้อย่างสวยงามและประณีต สำหรับการวางแผนเรื่องเวลา มีการปรับวิธีนำเสนอ เนื่องจากการใช้เวลาในการทำงานกลุ่มแล้วเก็บชิ้นงานไปนำเสนอในสัปดาห์ถัดไป จะทำให้ผู้เรียนขาดความต่อเนื่อง ในเทอมปลายปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมา ทีมออกแบบหัวข้อนวัตกรรมจึงได้ปรับให้ผู้เรียน อัดวิดีโอเพื่อนำเสนอ โดยส่งให้ผู้ควบคุมชั้นเรียนตรวจสอบคุณภาพของวิดีโอทั้งเรื่องภาพและเสียง เมื่อแต่ละกลุ่มในแต่ละชั้นเรียนนำเสนอ 3 ทีมที่ดีที่สุด ช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ดีที่สุดจะได้รับรางวัล ทำให้เกิดความภาคภูมิใจและบอกต่อถึงรุ่นถัดไปที่จะต้องมาเรียนในรายวิชานี้

เอกสารอ้างอิง

“ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2548” (2548, 25 พฤษภาคม).

ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 122 ตอนที่ 39 ง. หน้า 7-14.

ณัฐภา นาเลื่อน. (2556). ศึกษาผลการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 7E (7E Learning Cycle Model) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

Delors, J. (1998). Learning: The treasure within: Revised edition. Report to UNESCO of the International Commission on Education for the 21st Century. Paris: UNESCO.

Eisenkraft, A. (2003). “Expanding the 5E Model A Proposed 7E Model Emphasizes “Transfer of Learning” and the Importance of Eliciting Prior Understanding,” *Journal of the Science Teacher*. 70, 56-59.

Siribunnam, R and Tayraukham, S. (2009) “Effects of 7-E, KWL and Conventional Instruction on Analytical Thinking, Learning Achievement and Attitudes toward Chemistry Learning” *Journal of Social Sciences* 5(4): 279-282.

Vickery, A. (2014) . “Developing Active Learning in the Primary Classroom” Sage, London.

**ผลของความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรมที่มีต่อมูลค่าตลาดของ
บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย**

**The Effect of CSR and Innovative Organization on Market Capability of
Listed Companies in the Stock Exchange of Thailand**

ศุภาวดี สุทธิรักษ์¹✉, บุญพริกา ไกกระจ่าง¹ สมนึก เลิศแก้ว¹ และดวงใจ ดันติวัตรกุล¹
Supawadee Sutthirak¹✉, Buntarika Jaikrajang¹ Somnuek Lertkaew¹ and Duangjai Tantivattrkul¹

¹ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี

Corresponding E-mail: Supawadee85@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรมที่มีต่อมูลค่าตลาดของบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม โดยเก็บข้อมูลจากบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จำนวน 203 บริษัท วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล โดยใช้แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) มาพัฒนาแบบจำลอง พร้อมทั้งตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และศึกษาอิทธิพลที่เกิดขึ้นระหว่างปัจจัย ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมและปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อมูลค่าตลาด อีกทั้งปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อมูลค่าตลาดผ่านปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Chi square = 58.50, df = 32, p = 0.00288, RMSEA = 0.057, GFI = 0.96, AGFI = 0.93) ซึ่งหมายถึงการให้ความสำคัญในเรื่องของความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรมขององค์กรจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของมูลค่าตลาด

คำสำคัญ: ความรับผิดชอบต่อสังคม, ความเป็นองค์กรนวัตกรรม, มูลค่าตลาด

ABSTRACT

The main purpose of this research is to examine the relationship between CSR and innovative organization on market capability of the listed companies in the Stock Exchange of Thailand (SET). This research is a quantitative method. Data were collected using questionnaires. Collecting data from 203 listed companies in the Stock Exchange of Thailand. Data analysis using factor analysis and path analysis. Structural equation modeling techniques (SEM) was used to develop a model, inspect consistency between model and empirical data and study the effects of factors. The study result revealed the CSR and the innovative organization have direct effects on the market capability. The CSR also have statistically significant indirect effects on the market capability pass the innovative organization (Chi square = 58.50, df

= 32, $p = 0.00288$, RMSEA = 0.057, GFI = 0.96, AGFI = 0.93). This means that the importance of focusing on the CSR and the innovative organization will lead to increase the market capability.

Keywords: CSR, Innovative Organization, Market Capability

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

มูลค่าตลาดเป็นเครื่องบ่งชี้มูลค่าขององค์กรและความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นที่เป็นเจ้าของเงินทุน กล่าวได้ว่ามูลค่าขององค์กร คือ มูลค่าปัจจุบันของสินทรัพย์บวกกับมูลค่าปัจจุบันของกำไรทางเศรษฐกิจ ซึ่งองค์กรสามารถสร้างได้ในอนาคตจากการดำเนินงาน โดยองค์กรสามารถเลือกใช้กลยุทธ์ที่สร้างมูลค่าตลาดให้เพิ่มขึ้นได้ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขขององค์กรว่าจะใช้กลยุทธ์ใดในการดำเนินงานและส่งผลให้ระดับกำไรจากการดำเนินงานเพิ่มขึ้น เช่น กลยุทธ์การเพิ่มประสิทธิภาพของสินทรัพย์ที่ถือครองโดยกิจการสามารถวางแผนในการใช้สินทรัพย์ให้น้อยลงเพื่อลดต้นทุนทางการเงิน กลยุทธ์การปรับโครงสร้างของเงินทุนเพื่อลดระดับอัตราต้นทุนทางการเงินซึ่งนำไปสู่การลดลงของต้นทุนทางการเงิน หรือกลยุทธ์การขยายงานเพื่อสร้างโอกาสทางธุรกิจให้มีผลตอบแทนที่ดีและประสบความสำเร็จในการดำเนินงานต่อไป (Martin and Petty, 2000) ทั้งนี้การสร้างมูลค่าองค์กรที่แท้จริงเกิดจากผู้บริโภคคนสุดท้ายที่ยินดีจะจ่ายเงินในราคาที่สูงกว่าเพื่อซื้อสินค้าและบริการที่ตนพึงพอใจ

มูลค่าที่ถูกสร้างขึ้นสามารถคำนวณได้จากรายได้ที่ได้รับจากลูกค้าลบด้วยต้นทุนขององค์กรและต้นทุนในการลงทุนของเจ้าของ หากเพิ่มขึ้นหมายถึงได้รับประโยชน์จากลูกค้าเพิ่มขึ้น ต้นทุนการจัดหาต่ำลง แสดงว่าการใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้ความสามารถในการสร้างมูลค่าขึ้นอยู่ความสามารถในการแข่งขันของแต่ละองค์กร ซึ่งความสามารถในการแข่งขันขององค์กรเกิดจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความมีประสิทธิภาพของต้นทุน ความแตกต่างของสินค้า และความมีนวัตกรรม ทั้งนี้หากลูกค้ามีความต้องการมากกว่าความสามารถในการแข่งขันด้านผลิตภัณฑ์ หลายองค์กรสามารถเพิ่มมูลค่าขององค์กรได้ด้วยการให้บริการที่เหนือกว่าคู่แข่ง (Spulber, 2009) ในขณะที่มูลค่าตลาดเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลให้องค์กรสามารถดำเนินธุรกิจได้อย่างต่อเนื่อง ภายใต้สภาพสังคมและเศรษฐกิจที่มีปัจจัยเสี่ยงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งการสร้างมูลค่าองค์กรเกิดจากความร่วมมือกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งภายในและภายนอกโดยมีองค์กรเป็นศูนย์กลาง องค์กรสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้โดยการเรียนรู้ระหว่างองค์กรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียซึ่งจะถูกส่งมอบเป็นประสบการณ์ส่งผลให้สามารถลดความเสี่ยง เพิ่มผลผลิต สร้างการเติบโต และเพิ่มผลตอบแทนให้แก่องค์กรได้ (Frigo and Anderson, 2010)

ความสำเร็จในระยะยาวขององค์กรเกิดจากการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันโดยการนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ทั่วทั้งองค์กรจนกลายเป็น “องค์กรนวัตกรรม” ซึ่งแนวคิดเกี่ยวกับนวัตกรรมและองค์กรมาเป็นหัวใจสำคัญของทฤษฎีองค์กร การเป็น “องค์กรนวัตกรรม” จะส่งผลให้องค์กรมีความสามารถในการแข่งขันในระดับที่สูงขึ้นและสามารถสร้างมูลค่าองค์กรได้ในที่สุด (Liao et al., 2008) จากการสำรวจกิจกรรมของธุรกิจที่บริหารองค์กรด้วยแนวคิด องค์กรนวัตกรรม พบว่าจะมีการพัฒนาสินค้าและบริการใหม่ มีคุณภาพของสินค้าและบริการที่ดีกว่า และราคาถูกกว่า ทั้งนี้ในทางเศรษฐศาสตร์เชื่อว่าระดับของนวัตกรรมที่สูงขึ้นจะนำไปสู่การเจริญเติบโตขององค์กรที่สูงไปด้วย และยังพบว่าธุรกิจที่ประสบความสำเร็จด้านนวัตกรรมนั้นสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและเพิ่มมูลค่าขององค์กรได้อย่างมีนัยสำคัญ (Stone et al., 2008) ความรับผิดชอบต่อสังคมก่อให้เกิดประโยชน์ต่อองค์กรทั้งด้านที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน

ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันและก่อให้เกิดความสำเร็จทางเศรษฐกิจในที่สุด (Weber, 2008) การนำกลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมมาประยุกต์ใช้กับองค์กรสามารถพัฒนาทางด้านการตลาด ป้องกันส่วนแบ่งทางการตลาด สามารถอยู่รอดในระยะยาว (Kong et al., 2002) สอดคล้องกับแนวคิดของ Fahy et al. (2005) ได้เสนอตัวแบบในการสร้างมูลค่าองค์กรเพื่อให้องค์กรสามารถสร้างมูลค่าได้ในระดับที่สูงขึ้นจนถึงที่สุด ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากความสำเร็จระดับสูงของการบริหารงาน การกำกับดูแลกิจการและความรับผิดชอบต่อสังคม

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาตัวแบบมูลค่าตลาดที่เกิดจากความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรม โดยใช้บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยเป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นตลาดทุนที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ หากมีการพัฒนาด้านความรับผิดชอบต่อสังคมและความเป็นองค์กรนวัตกรรมจะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและมีมูลค่าตลาดที่สูงขึ้นจนเป็นที่สนใจลงทุนแก่นักลงทุนจากทั่วโลก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรและปัจจัยองค์กรนวัตกรรมที่ส่งผลต่อมูลค่าตลาดขององค์กรในบริษัทที่จดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

การทบทวนวรรณกรรม

มูลค่าตลาด

Alfred Marshall นักเศรษฐศาสตร์ชาวอังกฤษซึ่งได้กล่าวไว้ว่า “กำไรของเจ้าของ คือ ส่วนที่เหลือจากการนำรายได้ไปหักต้นทุนของเงินทุนรายได้ที่เหลือจึงเป็นกำไรจากการดำเนินงานที่แท้จริง” ต่อมาในปี 1986 Alfred Rappaport ได้นำเสนอหนังสือ Creating Shareholder Value ได้ระบุถึงความสำคัญของการสร้างมูลค่าให้้องค์กรที่สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มขององค์กรเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องมือวัดผลการปฏิบัติงานทางด้านบัญชีและการเงินและแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าเพิ่มขององค์กรและการจัดการเชิงกลยุทธ์ในการบริหารองค์กรและในปี 1991 Bennett Stewart and Joel Stern นำเสนอหนังสือ The Quest for Value อธิบายถึงกระบวนการบริหารการเงินขององค์กรและการบริหารที่เน้นมูลค่า (Value Based Management) เพื่อปฏิวัติระบบการบริหารองค์กรให้เกิดผลกำไรอย่างยั่งยืนและมีส่วนผลักดันให้บุคลากรทำงานเพื่อบ่มงูเป้าหมายเดียวกันนั่นคือการสร้างมูลค่าให้แก่องค์กรและผู้ถือหุ้นมีข้อได้เปรียบเกี่ยวกับตัววัดผลการดำเนินงานแบบเดิม ซึ่งการเติบโตของกำไรอาจจะเป็นผลมาจากการตัดสินใจเพิ่มขนาดขององค์กรที่ไม่เป็นธรรมชาติก่อให้เกิดมูลค่าขององค์กรจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนหุ้นเพราะในอดีตอาจจะประสบความสำเร็จมากเกินกว่าต้นทุนของเงินทุน (Copeland, Koller and Murrin, 1995) การวัดผลการดำเนินงานหรือวัดมูลค่าขององค์กรนั้นได้มีการใช้ตัววัดที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ขององค์กร ซึ่งมูลค่าตลาด (Market Capability) เป็นตัวเลขที่บ่งบอกมูลค่าของบริษัท ณ ราคาที่ซื้อขายในตลาดหุ้นเวลานั้นๆ

ทั้งนี้การวัดมูลค่าขององค์กรด้วยมูลค่าตลาด จะช่วยขจัดความเลื่อมล้ำๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งตัววัดผลการดำเนินงานทางด้านบัญชียังไม่ได้รวมไว้ (Lehn & Makhija, 1996) Bennett Stewart and Joel Stern ได้เสนอการวัดมูลค่าเพิ่มทางการตลาด (Market Value Added: MVA) และ มูลค่าเพิ่มทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Value Added: EVA) เป็นการปรับกำไรทางเศรษฐศาสตร์ที่สามารถสะท้อนความสำเร็จของการดำเนินงานเพื่อสร้างมูลค่าขององค์กรที่แม่นยำขึ้น ซึ่งหลักการของ MVA และ EVA อยู่บนพื้นฐานที่ว่าความมั่งคั่งของผู้ถือหุ้นจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับองค์กร (Firm Value Added) หรือการที่ผู้บริหารสามารถสร้างผลตอบแทนจากการดำเนินงานเหนือกว่าต้นทุนของเงินทุนทั้งหมด โดย

EVA ได้แสดงให้เห็นถึงมูลค่าที่เพิ่มขึ้นในระหว่างปีใดปีหนึ่ง ขณะที่ MVA แสดงถึงผลงานตลอดมาตั้งแต่เริ่มก่อตั้งบริษัท ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้วัดมูลค่าตลาดขององค์กรด้วยตัวแปรมูลค่าตลาด (Market Capability)

ความรับผิดชอบต่อสังคม

ความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรมีรากฐานที่สำคัญมาจากทฤษฎีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งได้พัฒนามาตั้งแต่ ค.ศ. 1970 โดย Freeman (1984) ได้นำเสนอตัวแบบผู้มีส่วนได้ส่วนเสียประกอบด้วย เจ้าของเงินทุน ฝ่ายประชาสัมพันธ์ลูกค้า คู่แข่งขัน สื่อมวลชน ลูกจ้าง ภาครัฐ ผู้จัดหาวัตถุดิบ ชุมชน และองค์กรท้องถิ่น ซึ่งแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลากหลายกลุ่ม ทฤษฎีนี้นิยมใช้กับองค์กรขนาดใหญ่มาก การดำเนินงานขององค์กรไม่ได้มีผลกระทบต่อผู้ถือหุ้นเท่านั้น แต่ส่งผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกกลุ่ม ซึ่งทฤษฎีผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีความเชื่อมโยงกับความชอบธรรม โดยมุมมองหนึ่งมุ่งเน้นไปยังนโยบายขององค์กรที่สร้างผลกระทบให้เกิดกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ไม่ว่าจะเป็น ลูกค้า พนักงาน ผู้ถือหุ้น คู่ค้า คู่แข่ง ภาครัฐและชุมชน เป็นต้น โดยองค์กรมีการรับผิดชอบต่อสังคมจะต้องตอบสนองความต้องการให้กับกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของตนเอง ส่วนอีกมุมมองหนึ่งเน้นเรื่องการจัดการผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยพิจารณาถึงความต้องการ และความสนใจ และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากนโยบายและการดำเนินงานขององค์กร (McWilliams and Siegel, 2001)

หลักการสำคัญของทฤษฎีผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จะมองว่าความสัมพันธ์ในการบริหารงานของผู้จัดการจะเกิดขึ้นเมื่อมีความขัดแย้งกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหลาย เช่น ลูกค้าต้องการสินค้าและบริการที่มีคุณภาพสูงในราคาที่ถูก พนักงานต้องการค่าตอบแทนที่สูงและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดี ปราศจากความเครียด ส่วนชุมชนต้องการให้องค์กรมีส่วนร่วมทางสังคม เป็นต้น (Jensen, 2001) Leon-Soriano et al. (2009) ได้นำเสนอแนวคิดในการเชื่อมโยงตั้งแต่โครงสร้างองค์กร ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการจัดการอย่างยั่งยืน นอกจากนั้นแล้วการบริหารจัดการด้วยแนวคิดความรับผิดชอบต่อสังคมจะทำให้องค์กรถูกมองว่าถูกกฎหมายมากขึ้นและดึงดูดลูกค้าใหม่ซึ่งจะเพิ่มผลกำไรและความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้อีกด้วย (Flammer, 2013) ในขณะที่ Leon-Soriano et al. (2009) เห็นว่าทุกส่วนจะมีความเชื่อมโยงกันโดยไม่สามารถที่จะแยกการจัดการในแต่ละส่วนออกจากกันได้ โดยเชื่อมโยงจากโครงสร้างภายในไปสู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการจัดการอย่างยั่งยืน ทั้งนี้มุมมองด้านโครงสร้างจะรวบรวมวัตถุประสงค์ทั้งหมดขององค์กรที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยที่ไม่มีตัวตน ซึ่งผลสำเร็จในการจัดการด้านโครงสร้างนี้จะถูกเชื่อมโยงไปยังมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียขององค์กร และส่งผลไปสู่มุมมองด้านการจัดการอย่างยั่งยืนโดยมีองค์ประกอบหลัก 3 ประการที่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน คือ ด้านการเงิน ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านสังคม จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ทฤษฎีผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นทฤษฎีหลักของความรับผิดชอบต่อสังคม

การเปลี่ยนแปลงแนวคิดความรับผิดชอบต่อสังคมแบบดั้งเดิมสู่การใช้กลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมเป็นกลยุทธ์การเปลี่ยนบทบาทขององค์กรเป็นศูนย์กลางของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทั้งนี้การจัดการความรับผิดชอบต่อสังคมสามารถนำองค์กรสู่ความยั่งยืนได้โดยการวางแผนโครงสร้างองค์กร กำหนดกลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมเพื่อนำไปสู่การจัดการความยั่งยืนขององค์กรต่อไป Carroll (1991) ได้นำเสนอองค์ประกอบของ ความรับผิดชอบต่อสังคม ประกอบด้วย ความรับผิดชอบต่อเศรษฐกิจขององค์กร ความรับผิดชอบต่อกฎหมาย ความรับผิดชอบต่อจริยธรรม และความรับผิดชอบต่อการกุศล Global Reporting Initiative (2010) ได้กำหนดมาตรฐานด้านความรับผิดชอบต่อสังคม หรือ ISO 26000 ประกอบด้วย การกำกับดูแลองค์กร สิทธิมนุษยชน การปฏิบัติด้านแรงงาน สิ่งแวดล้อม การปฏิบัติดำเนินงานอย่างเป็นธรรม ประเด็นด้านผู้บริโภคร และความร่วมมือร่วมและพัฒนาชุมชน ส่วนคณะทำงานส่งเสริมความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมของบริษัทจดทะเบียนของประเทศไทย ซึ่งได้รับการแต่งตั้งจากคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาด ได้กำหนดแนวปฏิบัติ

ด้านความรับผิดชอบต่อสังคมออกเป็น 8 หัวข้อ ประกอบด้วย การกำกับดูแลกิจการที่ดี การประกอบธุรกิจด้วยความเป็นธรรม การเคารพสิทธิมนุษยชนและการปฏิบัติต่อแรงงานอย่างเป็นธรรม ความรับผิดชอบต่อผู้บริโภค การร่วมพัฒนาชุมชนและสังคม การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม นวัตกรรมและการเผยแพร่นวัตกรรมจากการดำเนินความรับผิดชอบต่อสังคม และการจัดทำรายงานด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ส่วน Weber (2008) ได้ทำการพัฒนาดัชนีวัดผลการปฏิบัติงาน (KPI) ซึ่งแสดงถึงการพัฒนาศักยภาพการแข่งขันควบคู่กับความรับผิดชอบต่อสังคมจากรูปแบบผลกระทบของกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคม โดยการวัดคุณค่าที่ธุรกิจได้รับมาจากการนำแนวคิดเกี่ยวกับความรับผิดชอบต่อสังคมมาประยุกต์ใช้กับองค์กร ประกอบด้วย ดัชนีวัดผลการปฏิบัติงาน 5 ด้าน ได้แก่ มูลค่าของตราสินค้า การเพิ่มลูกค้าใหม่และรักษาลูกค้าเก่า ชื่อเสียงขององค์กร แรงดึงดูดขององค์กร และการจ้างและการรักษาพนักงาน ส่วน Griffin and Mahon (1997) ได้ประยุกต์ใช้ตัววัด CSR 4 ดัชนีในการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย ดัชนี Fortune Reputation ดัชนี Kinder, Lydenberg and Domini (KLD) ดัชนี Toxic Release Inventory (TRI) และ ดัชนีการจัดอันดับของ Directory of Corporate Philanthropy ในขณะที่ Inoue and Lee (2010) ได้ใช้ตัววัด KLD ในการศึกษาธุรกิจการท่องเที่ยว ได้แก่ สายการบิน คาสิโน โรงแรม และร้านอาหาร จำนวน 367 ตัวอย่าง เป็นการเก็บข้อมูลจากข้อมูลทศวรรษตั้งแต่ปี 1991 – 2007 พบว่า CSR มีผลกระทบเชิงบวกต่อตัวแปรความสามารถในการทำกำไรในระยะสั้นและตัวแปรความสามารถในการทำกำไรในอนาคตในระดับที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้วัดองค์ประกอบความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรด้วยตัววัด KLD ประกอบด้วย 5 ตัวแปร คือ (1) พนักงานสัมพันธ์ (2) คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (3) ความสัมพันธ์กับชุมชน (4) ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม และ (5) ประเด็นด้านความหลากหลาย

ความเป็นองค์กรนวัตกรรม

แนวคิดเกี่ยวกับองค์กรนวัตกรรม เป็นแนวคิดที่เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างมูลค่าให้แก่องค์กร ซึ่ง Schumpeter (1934) กล่าวว่า นวัตกรรมเป็นเครื่องมือในการสร้างความได้เปรียบเชิงการแข่งขัน ผู้ประกอบการต่างก็หาทางใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีในกระบวนการผลิตสินค้า บริการหรือนวัตกรรมที่เป็นสินค้าใหม่เพื่อสร้างประโยชน์เชิงธุรกิจให้กับองค์กร ในขณะที่การสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันด้วยกลยุทธ์ขั้นสูงผ่านนวัตกรรมนั้นจะต้องประกอบด้วย การพัฒนาสินค้าและบริการใหม่ๆ การมีกระบวนการใหม่ๆ มีความซับซ้อนยากต่อการลอกเลียนแบบ การคุ้มครองทางทรัพย์สินทางปัญญาเพิ่มปัจจัยทางการแข่งขัน เข้าตลาดในเวลาที่เหมาะสม มีการออกแบบเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนกฎโดยสิ้นเชิง การเปลี่ยนแปลงทัศนคติในทุกภาคส่วนของกระบวนการทำงาน หรือนำผลิตภัณฑ์หนึ่งประยุกต์ใช้กับในอีกตลาดหนึ่ง เป้าหมายของการสร้างนวัตกรรม คือ การสร้างคุณค่าที่ลูกค้ารู้สึกได้ถึงคุณค่าที่ได้รับและยินดีที่จะจ่ายเงินเพื่อซื้อสินค้าและบริการ มีผู้ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้อย่างหลากหลาย ต่อมา Waterman (1980) ได้พัฒนารอบแนวคิด McKinsey 7S เพื่อเป็นตัวแบบในการหล่อหลอมองค์กร โดยแจกแจงส่วนต่างๆ ขององค์กรออกเป็น 7 ส่วน จำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ง่ายต่อการระบุ และกลุ่มที่ยากต่อการระบุ ซึ่งผู้บริหารมีอิทธิพลโดยตรงต่อส่วนประกอบเหล่านี้ ได้แก่ กลยุทธ์ โครงสร้างองค์กร และระบบการทำงานต่างๆ นวัตกรรมทางอุตสาหกรรม (Industrial Innovation) เป็นกระบวนการดำเนินงานขององค์กรตั้งแต่การออกแบบ การผลิต การจัดการรวมไปถึงการดำเนินงานทางการค้า ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับตลาดของผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือ การนำผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการใหม่ หรือถูกปรับปรุงใหม่ออกไปใช้ในท้องตลาดเป็นครั้งแรก (Freeman, 1984) ซึ่งองค์กรนวัตกรรมจะต้องเป็นองค์กรที่จะสามารถรักษาศักยภาพในการแข่งขันโดยอาศัยผลของนวัตกรรม องค์กรนั้นจะต้องเข้าใจในนวัตกรรมในภาพกว้าง ซึ่งจะรวมไปถึงการเป็นเทคโนโลยีใหม่ และวิธีการสร้างสรรค์ผลงานด้วยวิธีใหม่ๆ (Porter, 1990) องค์กรจะต้องนำทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ในองค์กรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการบริหารงานเพื่อให้มูลค่าองค์กรเพิ่มขึ้น

การแบ่งประเภทของนวัตกรรมอาจจะแบ่งนวัตกรรมออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ นวัตกรรมด้านเทคนิค ประกอบด้วย กระบวนการใหม่ สินค้าหรือบริการใหม่ และ นวัตกรรมด้านการบริหาร ประกอบด้วย ขั้นตอนใหม่ การปรับเปลี่ยนนโยบาย และรูปแบบองค์กร (Damanpour, 1991) หรือแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมด้านกระบวนการ และนวัตกรรมด้านการจัดการ (Tucker, 2003) หรือแบ่งเป็น 6 ด้าน ได้แก่ นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์ นวัตกรรมด้านกระบวนการ นวัตกรรมด้านธุรกรรม ธุรกิจรูปแบบใหม่ นวัตกรรมด้านระบบ กระบวนทัศน์ใหม่ทางสังคมและเศรษฐกิจ (Jacobs, 2007) ส่วนการวัดองค์กณนวัตกรรมจากสินทรัพย์ไม่มีตัวตน สามารถวัดได้จากตัววัดทุนทางปัญญา ประกอบด้วย ทุนมนุษย์ ทุนภายนอก และทุนภายใน (Edvinsson et al., 1997) หรืออาจจะวัดด้วย ทุนมนุษย์ ทุนปัญญา และ ทุนองค์กร (Meyer and Harper, 2005) ส่วนการวัดผลลัพธ์ของนวัตกรรมนั้น Huang et al. (2011) ได้นำแนวคิดของ Kaplan and Norton มาประยุกต์ใช้ในการสร้างตัววัดผลงานด้านนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย ทุนมนุษย์ ทุนด้านสารสนเทศ และ ทุนองค์กร โดยวัดตัวแปรนวัตกรรมด้วยความสามารถด้านนวัตกรรม งานวิจัยนี้วัดความเป็นองค์กณนวัตกรรมด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ (1) ทุนมนุษย์ (2) ทุนปัญญา (3) ทุนองค์กร และ (4) ความสามารถด้านนวัตกรรม

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย จำนวน 545 บริษัทพบว่า (ข้อมูลจาก www.set.or.th วันที่ 15 พฤษภาคม 2561) สำหรับการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่เนื่องจากการวิจัยโดยใช้ตัวแบบสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model: SEM) จึงควรกำหนดให้มีขนาด 200 ตัวอย่างขึ้นไป (Kline, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดของ Hair et al. (2010) ที่แนะนำให้ใช้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมไว้ที่ระดับ 200 – 300 ตัวอย่าง และควรมีจำนวนตัวอย่าง 10 ตัวอย่างต่อตัวแปรสังเกตได้ 1 ตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 250 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีการสุ่มแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน

ตัวแปร

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็นตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้

- 1) ตัวแปรแฝงภายนอก 1 ตัวแปร ได้แก่ ความรับผิดชอบต่อสังคม ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้จำนวน 5 ตัวแปร ได้แก่ พนักงานสัมพันธ์ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์กับชุมชน ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม และประเด็นด้านความหลากหลาย
- 2) ตัวแปรแฝงภายใน 2 ตัวแปร ได้แก่ (1) ความเป็นองค์กณนวัตกรรม ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้จำนวน 4 ตัวแปร ได้แก่ ทุนมนุษย์ ทุนปัญญา ทุนองค์กร และความสามารถด้านนวัตกรรม และ (2) มูลค่าตลาด ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้จำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ มูลค่าตลาด

2. เครื่องมือในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามที่มีมาตรวัด 5 ระดับ ตามตามเกณฑ์ของ Likert Scale ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ ข้อคำถามด้านความรับผิดชอบต่อสังคมประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ด้าน จำนวน 17 ข้อ โดยพัฒนามาจากแบบวัดของ Clarkson (1995) และ งานวิจัยของ Inoue and Lee (2011) ในขณะที่ข้อคำถามด้านความเป็นองค์กณนวัตกรรมประกอบด้วย

ข้อคำถาม 4 ด้าน จำนวน 12 ข้อ โดยพัฒนามาจากงานวิจัยของ Meyer and Harper (2005), Stone et al. (2008) และ Huang et al. (2011) และข้อคำถามด้านมูลค่าตลาดขององค์กร จำนวน 1 ข้อ ซึ่งได้นำแนวคิดการวัดมูลค่าเพิ่มทางการตลาด (Market Value Added: MVA) และมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ (Economic Value Added: EVA) ของ Stewart (1999) ร่วมกับแนวคิดของ Brigham and Ehrhardt (2002) โดยการคำนวณหามูลค่าองค์กร จากอัตราการเพิ่มขึ้นของมูลค่าเพิ่มทางการตลาด เปรียบเทียบกันระหว่าง พ.ศ. 2560 กับ พ.ศ. 2561 โดยใช้ พ.ศ. 2560 เป็นปีฐาน ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาแบ่งเป็นมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ คือ (1) ค่าติดลบมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000 (2) ค่าติดลบน้อยกว่า 1,000 (3) ค่าเป็นศูนย์ (4) ค่าเป็นบวกน้อยกว่า 1,000 และ (5) ค่าเป็นบวกมากกว่าหรือเท่ากับ 1,000

ทั้งนี้การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัยได้นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) เพื่อพิจารณาถึงคุณภาพของข้อคำถาม พบว่าที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.60 ทุกข้อ ส่วนการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามด้วยสูตรสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค พบว่าทุกตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์อัลฟามากกว่า 0.70 จึงสรุปว่าแบบสอบถามมีความเชื่อถือได้

สำหรับประเด็นที่ใช้ในการออกแบบเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยประเด็นคำถามด้านความรับผิดชอบต่อสังคม ด้านความเป็นองค์กรนวัตกรรม และด้านมูลค่าตลาดขององค์กร ดังนี้

ตาราง 1 ตารางประเด็นคำถาม

ด้านความรับผิดชอบต่อสังคม	ด้านความเป็นองค์กรนวัตกรรม	ด้านมูลค่าตลาด
พนักงานสัมพันธ์ (Employee Relations) 1.มีการดูแลเกี่ยวกับคุณภาพชีวิตและสภาพแวดล้อมในที่ทำงานของพนักงาน 2.มีการจัดตั้งสหภาพแรงงาน 3.มีการจัดตั้งกองทุนเพื่อการเลี้ยงชีพ 4.มีการแบ่งสรรผลกำไรที่เป็นเงินสดให้แก่พนักงาน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Product Quality) 5.มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ(ได้รับการรับรองคุณภาพ) 6.มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อตอบสนองผู้บริโภค 7.สินค้ามีความโดดเด่น ได้รับความนิยมนอย่างต่อเนื่อง ความสัมพันธ์กับชุมชน (Community Relations) 8.ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตหรือการส่งเสริมอาชีพ 9.ด้านเด็ก เยาวชน หรือการศึกษา 10.ด้านผู้พิการหรือผู้ด้อยโอกาส 11.มีโครงการจิตอาสาหรืออาสาสมัคร ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Issues) 12.มีกิจกรรมอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 13.มีกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้พลังงานสะอาดหรือการป้องกันมลพิษหรือรีไซเคิลหรือการลดภาวะโลกร้อน 14.มีระบบการจัดการอย่างยั่งยืนหรือนำมาตรฐาน	ทุนมนุษย์ (Human Capital) 1.องค์กรมีการพัฒนาศักยภาพให้แก่พนักงาน 2.องค์กรมีนโยบายในการจ้างพนักงานที่มีทักษะและประสบการณ์/Talent Management 3.มีการจัดการองค์ความรู้ในองค์กร ทุนทางปัญญา (Intellectual Capital) 4.องค์กรมีต้นทุนหรือสินทรัพย์ในการวิจัยและพัฒนา ทุนองค์กร (Organizational Capital) 7.องค์กรมีต้นทุนหรือสินทรัพย์เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีสารสนเทศ 8.องค์กรมีการดำเนินงานโดยมีความร่วมมือกับพันธมิตรและเครือข่าย 9.องค์กรมีต้นทุนหรือการลงทุนเกี่ยวกับการทำการตลาดขององค์กร ความสามารถด้านนวัตกรรม (Innovative Capability)	มูลค่าเพิ่มทางการตลาด (Market Value Added: MVA)

ด้านความรับผิดชอบต่อสังคม	ด้านความเป็นองค์กรนวัตกรรม	ด้านมูลค่าตลาด
ด้านสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการดำเนินงาน ด้านความหลากหลาย (Diversity Issues) 15.มีรายงานสิทธิของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างชัดเจน และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ 16.มีการดูแลหรือให้สิทธิประโยชน์แก่ครอบครัวของพนักงาน 17.มีการดูแลหรือให้สิทธิประโยชน์แก่พนักงานที่เป็นเพศที่สามอย่างเสมอภาค	10.องค์กรสามารถลดระยะเวลาในการผลิตลงได้หรือมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น 11.องค์กรมีโครงการใหม่ๆ เพื่อการพัฒนาองค์กร 12.องค์กรมีโครงการ/ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้า	

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลโดยส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ โทรศัพท์ติดตาม และส่งแบบสอบถามด้วยตนเอง ซึ่งได้แบบสอบถามที่มีความสมบูรณ์เพียงพอต่อการวิจัยจำนวน 203 ชุด คิดเป็นร้อยละ 81.20 เมื่อทำการตรวจสอบแบบสอบถามที่ได้รับกลับคืน พบว่ามีความสมบูรณ์ครบถ้วนสามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งหมด

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) โดยใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ อีกทั้งเป็นการยืนยันปัจจัยของแต่ละองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษามีความถูกต้องและครอบคลุมในเชิงทฤษฎี

2) การวิเคราะห์เส้นทางอิทธิพล (Path Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรในแบบจำลองโครงสร้าง (Structural Model) เพื่อหาขนาดอิทธิพลที่ปรากฏในความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น และทำการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง (Goodness of Fit Measures) เพื่อศึกษาภาพรวมของแบบจำลองว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

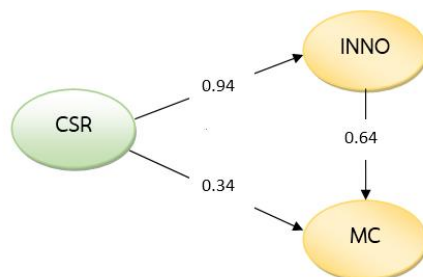
งานวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้แก่ (1) การตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้ ค่า Chi-Square/ df มีค่าน้อยกว่า 2.00 และดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง GFI มีค่ามากกว่า 0.95 (2) ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า โดยใช้ ค่า RMSEA น้อยกว่า 0.05 มีความสอดคล้องดี 0.05 – 0.08 มีความสอดคล้องปานกลาง และ มากกว่า 1.00 ไม่สอดคล้อง (Kline, 2005)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิจัย

1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่าตัวแบบการวัดองค์ประกอบเชิงยืนยันสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากข้อคำถามสามารถใช้วัดองค์ประกอบแต่ละตัวได้จริง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของตัวแบบการวัดจากดัชนีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi square = 47.93, df = 26, p = 0.00550, RMSEA = 0.055, GFI = 0.96, AGFI = 0.94)

2) ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองเชิงทฤษฎีที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi square = 58.50, df = 32, p = 0.00288, RMSEA = 0.057, GFI = 0.96, AGFI = 0.93) ดังภาพ 1



ภาพ 1 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้าง

หมายเหตุ: CSR แทน ความรับผิดชอบต่อสังคม INNO แทน ความเป็นองค์กรนวัตกรรม MC แทน มูลค่าตลาด

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลระหว่างตัวแปรทั้งหมดมาทำการคำนวณหาอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวม ดังแสดงในตาราง 1 พบว่าปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรม มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ 0.94 และมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยมูลค่าตลาดขององค์กร มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมเท่ากับ 0.94 เป็นอิทธิพลทางตรง เท่ากับ 0.34 และอิทธิพลทางอ้อมเท่ากับ 0.60 ส่วนปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยมูลค่าตลาดขององค์กรมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลทางตรงเท่ากับ 0.64 ดังตาราง 1

ตาราง 2 ตารางค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล

ตัวแปรผล	R ²	อิทธิพล	ตัวแปรเหตุ	
			CSR	INNO
INN	0.58	D	0.94	-
		E		
		I	-	-
		E		
		T	0.94	-
MC	0.48	E		
		D	0.34	0.64
		E		
		I	0.60	-
		E		
		T	0.94	0.64
		E		

$p < 0.01$

2. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการตรวจสอบตัวแบบจำลองกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าปัจจัยที่มีค่าอิทธิพลโดยรวมสูงสุด ได้แก่ ปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคม รองลงมาคือปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมตามลำดับ มีข้อค้นพบดังนี้

1) ปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมมีอิทธิพลรวมส่งผลต่อมูลค่าตลาดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมเท่ากับ 0.94 นั้นหมายถึงมูลค่าตลาดได้นั้นจะต้องอาศัยปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Erdur and Kara (2014) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรกับมูลค่าตลาด อัตราส่วนราคาตามบัญชี อัตราผลตอบแทนต่อส่วนของผู้ถือหุ้น อัตราผลตอบแทนต่อสินทรัพย์ อัตราส่วนหนี้สินต่อทุนและกำไรสุทธิ แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรกับยอดขายรวมและอัตราผลตอบแทนจากการขาย เช่นเดียวกับ Nicolau (2008) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมกับสังคมในธุรกิจท่องเที่ยว พบว่ากิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมมีความสัมพันธ์ทางตรงเชิงบวกกับประโยชน์ต่อสังคมและผลการดำเนินงาน ในขณะที่ Lin et al. (2009) ได้ศึกษาผลกระทบของความรับผิดชอบต่อสังคมต่อผลการดำเนินงานในประเทศไต้หวัน พบว่าความรับผิดชอบต่อสังคมมีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานขององค์กรในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Husted and Allen (2007) ที่พบว่าการนำกลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมมาใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ธุรกิจขนาดใหญ่ นั้นความรับผิดชอบต่อสังคมมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่องค์กร ซึ่งการนำกลยุทธ์ความรับผิดชอบต่อสังคมมาประยุกต์ใช้กับองค์กรสามารถพัฒนาทางด้านการตลาด ในขณะที่ผลการวิจัยของ Singh et al. (2017) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องผลกระทบของปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมต่อมูลค่าองค์กร กรณีศึกษาประเทศฮ่องกงและประเทศจีน พบว่าปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมส่งผลให้มูลค่าองค์กรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงปีแรกๆ ของการจัดกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมเท่านั้น โดยจะค่อยๆ มีผลลดลงเมื่อเวลาผ่านไปในปีหลังๆ

2) ปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมมีอิทธิพลรวมส่งผลต่อมูลค่าตลาดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมเท่ากับ 0.64 นั้นหมายถึงการสร้างมูลค่าตลาดขององค์กรได้นั้นจะต้องอาศัยปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Garcia-Morales et al. (2007) ได้ศึกษาผลกระทบของการเรียนรู้ส่วนบุคคลต่อผลการดำเนินงานขององค์กรผ่านองค์กรแห่งการเรียนรู้และองค์กรนวัตกรรมในธุรกิจขนาดใหญ่และธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศสเปน พบว่าตัวแปรองค์กรนวัตกรรมมีความสัมพันธ์ทางตรงเชิงบวกต่อตัวแปรผลการดำเนินงาน เช่นเดียวกับ Jimenez-Jimenez and Sanz-Valle (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างนวัตกรรมและผลการปฏิบัติงาน พบว่าตัวแปรองค์กรนวัตกรรมมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับตัวแปรผลการดำเนินงาน ส่วน Kostopoulos et al. (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการซึมซับนวัตกรรม ผลการดำเนินงานด้านนวัตกรรม และผลการดำเนินงานขององค์กรในประเทศกรีซ พบว่าตัวแปรผลการดำเนินงานด้านนวัตกรรมความอิทธิพลเชิงบวกต่อตัวแปรผลการดำเนินงานทางการเงิน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nicolau and Santa-Maria (2013) ซึ่งได้ศึกษาเรื่อง ผลกระทบของนวัตกรรมต่อมูลค่าตลาดของโรงแรม ผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมมีผลกระทบเชิงบวกต่อยอดขายในอนาคตขององค์กร โดยในช่วงเวลาของการวิจัยมีผลตอบแทนทางการตลาดของหลักทรัพย์เพิ่มขึ้น 1.53% ในด้านของประเภทนวัตกรรมพบว่านวัตกรรมกระบวนการและนวัตกรรมทางการตลาดมีผลในเชิงบวกต่อมูลค่าตลาดของโรงแรมมากกว่านวัตกรรมผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมองค์กร

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยความรับผิดชอบต่อสังคมมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรม มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ 0.94 และมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยมูลค่าตลาดขององค์กร มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลรวมเท่ากับ 0.94 เป็นอิทธิพลทางตรง เท่ากับ 0.34 และอิทธิพลทางอ้อมเท่ากับ 0.60 ส่วนปัจจัยความเป็นองค์กรนวัตกรรมมีอิทธิพลทางตรงต่อปัจจัยมูลค่าตลาดขององค์กรมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลทางตรงเท่ากับ 0.64 แบบจำลองโครงสร้างที่ใช้ในการศึกษามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Chi square = 58.50, df = 32, p = 0.00288, RMSEA = 0.057, GFI = 0.96, AGFI = 0.93)

2. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

องค์กรสามารถสร้างมูลค่าตลาดได้โดยใช้กิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมเป็นตัวผลักดันทั้งทางตรงไปยังการสร้างมูลค่าตลาด และทางอ้อมผ่านความเป็นองค์กรนวัตกรรมเป็นเครื่องมือในการสร้างมูลค่าตลาด ทั้งนี้การนำกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรมาประยุกต์ใช้ในองค์กรให้เกิดรูปธรรมนั้นต้องเป็นการสร้างความเข้มแข็งให้แก่องค์กรจากภายในสู่ภายนอก กล่าวคือ องค์กรจะต้องให้ความสำคัญต่อกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคม ได้แก่ 1) ความรับผิดชอบต่อพนักงาน 2) การรับผิดชอบต่อผู้บริโภค 3) ความรับผิดชอบต่อชุมชน 4) ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม และ 5) ความรับผิดชอบต่อประเด็นอื่น ๆ เช่น ด้านสิทธิมนุษยชน นโยบายในการจ้างคนพิการเข้าทำงาน เป็นต้น ส่วนการสร้างความเป็นองค์กรนวัตกรรมนั้นจะต้องให้ความสำคัญในการพัฒนาสินทรัพย์ไม่มีตัวตน ได้แก่ 1) ด้านทุนมนุษย์ 2) ด้านทุนทางปัญญา 3) ด้านทุนองค์กร และ 4) ความสามารถด้านนวัตกรรม

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาตัวแบบเชิงสาเหตุแบบพหุกลุ่ม (Multi-Group Causal Model) โดยใช้กลุ่มธุรกิจที่แตกต่างกัน หรือศึกษาเปรียบเทียบกับระหว่างบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (Stock Exchange of Thailand: SET) กับบริษัทในตลาดหลักทรัพย์ เอ็ม เอ ไอ (Market for Alternative Investment: MAI)

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, J. C. and Gerbing, D. W. (1988). Structural equating modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103, 411- 423.
- Brigham, E. F., and Ehrhardt, M. C. (2002). *Financial Management: Theory and Practice*. South-Western, SF: John Wiley and Sons.
- Carroll, A. B. (1991). The pyramid of corporate social responsibility: toward the moral management of organisational stakeholders. *Business Horizons*, 34(4), 39-48.
- Clarkson, M.B.E. (1995). A Stakeholder Framework for Analyzing and Evaluating Corporate Social Performance. *Academy of Management Journal*, 20(1), 92-118.

- Damanpour, F. (1991). Organizational innovation: a meta-analysis of effects of determinants and moderators. *Academic Management Journal*, 34(3), 550–590.
- Edvinsson, L., and Malone, M.S.(1997). *Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower*. Harper Business, New York, NY.
- Erdur, D. A. and Kara, E. (2014). Analyzing the Effects of Corporate Social Responsibility Level on the financial Performance of Companies: an Application on BIST Corporate Governance Index Included Companies. *Journal of Management Economics and Business*, 10 (23), 227 – 242.
- Fahy, M., Roche, J., and Weiner, A. (2005). *Beyond governance: Creating corporate value through performance. conformance and responsibility*, New York, NY: John Wiley and Sons.
- Flammer, C. (2013). Corporate social responsibility and shareholder reaction: The environmental awareness of investors. *Academy of Management Journal*, 56(3), 758–781.
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic management: A stakeholder approach*. Boston. BT: Pitman Publishing Ins.
- Frigo, M. L., and Anderson, R. J. (2010). What Is Strategic Risk Management?. *Strategic Finance*, April, 21 – 61.
- Garcia-Morales, V.J., Ruiz-Moreno, A., and Llorens-Montes, F.J. (2007). Effects of Technology Absorptive Capacity and Technology Proactivity on Organizational Learning, Innovation and Performance: An Empirical Examination. *Technology Analysis and Strategic Management*, 19, 527-558.
- Global Reporting Initiative. (2010). GRI and ISO 26000: How to use the GRI Guidelines in conjunction with ISO 26000. *GRI Research and Development Series*, Retrieved from www.globalreporting.org.
- Griffin, J. J., and Mahon, J. F. (1997). The corporate social performance and corporate financial performance debate. *Business & Society*, 36(1), 5–31.
- Hair, J. F., Anderson, Black, W. C., Babin, B. J., and Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis with Readings*. 4th-ed, Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice – Hall.
- Huang, H. C., Lai, M. C., and Lin, T. H. (2011). Aligning intangible assets to innovation in biopharmaceutical Industry. *Expert Systems with Applications*, 38, 3827–3834.
- Husted, B. W., and Allen, D. B. (2007). Strategic Corporate Social Responsibility and Value Creation among Large Firms. *Long Range Planning*, 40, 594-610.
- Inoue, Y., & Lee, S. (2011). Effects of different dimensions of corporate social responsibility on corporate financial performance in tourism-related industries. *Tourism Management*, 32, 790-804.
- Kong, N., Salzmann, O., Steger, U., and Ionescu-Somers, A. (2002). Moving Business/Industry Towards Sustainable Consumption: The Role of NGOs. *European Management Journal*, 20(2), 109 – 127.
- Jacobs, D. (2007). *Adding Values: The Cultural Side of Innovation*. Rotterdam and Aarnem: Veenman Publishers and ArteZ Press.

- Jensen, M. C. (2001). Value Maximisation, Stakeholder Theory, and the Corporate Objective Function. *European Financial Management*, 7(3), 297 – 317.
- Jiménez-Jiménez, D., and Sanz-Valle, R. (2011). Innovation, organizational learning, and performance. *Journal of Business Research*, 64(4), 408-17.
- Kline, R. B. (2005). *Principle and Practice of Structural Equation Modelling*. 2nd edition. New York: The Guildford Press.
- Kline, L. B. (2011). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. 3rd - ed, The Guilford Press.
- Kostopoulos, K., Papalexandris, A., Papachroni, M., and Ioannou, G. (2010). Absorptive capacity, innovation and financial performance. *Journal of Business Research*, 64, 1335-1343.
- Lehn, K., and Makhija, K. (1996). EVA and MVA as Performance Measures and Signals for Strategic Change. *Leadership*, 24, 34-38.
- Leon-Soriana, R., Munoz-Tirress, M.J., and Chalmeta-Rosalen, R. (2009). Methodology for sustainability strategic planning and management. *Industrial Management & Data Systems*, 110(2), 249–268.
- Lin C., Yang, H., and Liou, D. (2009). The Impact of Corporate Social Responsibility on Financial Performance: Evidence from Business in Taiwan. *Technology in Society*, 31, 56–63.
- Martin, J.D., and Petty, J.W. (2000). *Value based management: The corporate response to the shareholder revolution*. Boston: Harvard Business School Press.
- McWilliams, A., and Siegel, D. (2001). Corporate social responsibility and financial performance: Correlation or misspecification?. *Strategic Management Journal*, 21 (5), 603 – 609.
- Meyer, P. B., and Harper, M. J. (2005). Preliminary estimates of multifactor productivity growth. *Monthly Labor Review*, June, Bureau of Labor Statistics.
- Nicolau, J. L. (2008). Corporate Social Responsibility Worth-Creating Activities. *Annals of Tourism Research*, 35(4), 990–1006.
- Nicolau, J. L. and Santa-María, M. J. (2013). The effect of innovation on hotel market value. *International Journal of Hospitality Management*, 32, 71-79.
- Porter, M. (1990). *The competitive advantage of nations*, New York: Free Press.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*, Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Singh, P. J., Sethuraman, K. and Lam, J. Y. (2017). Impact of Corporate Social Responsibility Dimensions on Firm Value: Some Evidence from Hong Kong and China. *Sustainability*, 9, 1532,
- Spulber, D. F. (2009). *The Theory of the Firm Microeconomics with Endogenous Entrepreneurs, Firms, Markets, and Organizations*, New York, NY: Cambridge University Press.
- Stewart, G. B. (1999). *The quest for value: A Guide for Senior Managers*. New York, NY: Harper Business.
- Stone, A., Rose, S., Lal, B., and Shipp, S. (2008). *Measuring Innovation and Intangibles: A Business Perspective*. Science and Technology Policy Institute, Washington, December.

Tucker, R. B. (2003). *Driving Growth through Innovation: How Leading Firms are Transforming Their Futures*.

Berrett-Koehler Publishers, San Francisco.

Waterman, R. (1980). *Structure is not organization*. Business Horizons, june.

Weber, M. (2008). The business case for corporate social responsibility: A company – Level measurement

approach for CSR. *European Management Journal*, 26, 247– 261.

การแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กชนิด *Rehderiella parva* (Lea, 1856)

ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย

The Distribution of small brackish snail *Rehderiella parva* (Lea, 1856)

in the Lower Chao Phraya River, Thailand

ชรินทร์พร หอมทอง¹ และ ชีวรัตน์ พรินทรากุล[✉]

Charinporn Homthong¹ and Cheewarat Printrakon[✉]

¹ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Zoology, Faculty of Science, Kasetsart University

Corresponding E-mail: fscicrp@ku.ac.th, Cheewarat040@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษามุ่งเน้นการศึกษาการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กชนิด *Rehderiella parva* ซึ่งเป็นสมาชิกของหอยฝาเดียววงศ์ไฮโดรบีอิดี (Hydrobiidae) ในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างโดยใช้แปลงสุ่มเก็บตัวอย่างขนาด 12.5×12.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 30 ซ้ำ ต่อสถานีและวัดคุณภาพน้ำในแต่ละสถานีตัวอย่าง พบการแพร่กระจายทั้งหมด 7 สถานี จากทั้งหมด 17 สถานี พบ 4 สถานี ในจังหวัดสมุทรปราการ และ 3 สถานี ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร บึงจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก ได้แก่ ลักษณะดินที่อยู่อาศัยและปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ โดยสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 31.05 ± 0.45 องศาเซลเซียส, ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ย 3.21 ± 1.16 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเฉลี่ย 7.41 ± 0.14 และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเฉลี่ยที่ $2,024 \pm 1,432.41$ $\mu\text{s/cm}$ ลักษณะพื้นที่ถิ่นที่อยู่อาศัยที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กส่วนใหญ่มีลักษณะพื้นที่เป็นโคลนดินริมแม่น้ำที่มีสาหร่ายปกคลุมอยู่บริเวณโคลนดิน ลักษณะดินเป็นดินเลนเหนียวและบางสถานีเป็นดินร่วนปนทราย โดยสถานีตัวอย่างที่พบจำนวนการแพร่กระจายมากที่สุดจำนวน 339 ตัวอย่าง คือ สถานีตัวอย่างวัดบางน้ำผึ้งนอก (ST7) ผลจากการศึกษาพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยกับหอยชนิดอื่นจำนวน 14 ชนิด โดยหอยที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุดคือ หอยชนิด *Tarebia granifera*

คำสำคัญ : แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง, การแพร่กระจาย, หอยเลนน้ำกร่อยเล็ก

Abstract

This study was focused on the distribution of small brackish snail, *Rehderiella parva* in Family Hydrobiidae from the Lower Chao Phraya River of Thailand. The *R. parva* snails were randomly collected from 30 sampling plots (12.5×12.5 cm²) in each station of Samut Prakan Provinces (9 stations) and Bangkok (8 station). The water quality such as water temperature, dissolved oxygen, pH and conductivity was measured. Totally this small brackish snail were found in 7 stations that were found from 4 stations of Samut Prakan and 3 stations of Bangkok, respectively. The environmental factors that affected the distribution of *R. parva*, included characteristics of habitat and physical factors in each sampling station. The result showed that *R. parva* snails can distribute in water at average temperature of 31.05 ± 0.45 °C, average DO of 3.21 ± 1.16 , average pH of 7.41 ± 0.14 and average conductivity of $2,024 \pm 1,432.41$ µs/cm, respectively. The characteristics of habitat of *R. parva* snails, mostly were algae-covered rocks with hard substrate, mud and sandy loam. Station No 7, Wat Bang Namphueng Nok in Samut Prakan (ST7) show the highest number specimens, 339 individuals were recorded. Among other mollusks in 14 species was related found with this species *Tarebia granifera*

Keywords: Lower Chao Phraya River, distribution, small brackish snail

บทนำ

แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักขนาดใหญ่ของประเทศไทย แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านหลายจังหวัดทางตอนกลางของประเทศไทย มีความลึกประมาณ 30-40 เมตร และมีขนาดพื้นที่ประมาณ 21,725 ตารางกิโลเมตร (Royal Irrigation Department, 2000) มีความหลากหลายทางธรรมชาติสูง และเป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญด้านเศรษฐกิจ เช่น การขนส่งทางเรือ (World Bank, 2000) อย่างไรก็ตามประชากรมนุษย์ที่อาศัยอยู่ตลอดริมแม่น้ำเจ้าพระยา มีการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อม (Yodsurang et al. 2016) ในปัจจุบันพบว่าจำนวนประชากรมนุษย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งกิจกรรมของมนุษย์ที่มีความหลากหลายและเพิ่มมากขึ้นนั้นส่งผลทำให้คุณภาพน้ำแย่ลงและเกิดมลพิษทางน้ำ (Chigor et al. 2011) ซึ่งหนึ่งในสัตว์น้ำที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นก็คือหอย (Priscillah, 2001) หอยเป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัมมอลลัสกา (Mollusca) และมีความหลากหลายของจำนวนชนิดสูงประมาณ 4,000 ชนิด (Strong et al. 2008) หอยฝาดเดียวมีลักษณะเด่นคือมีเปลือกแข็งชั้นเดียวห่อหุ้มลำตัวอ่อนนุ่มเอาไว้ รูปทรงของเปลือกมีลักษณะที่พบได้หลากหลายรูปทรง โดยส่วนใหญ่หอยฝาดเดียวสามารถพบการแพร่กระจายได้ทั่วไป แต่หอยฝาดเดียวบางชนิดมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ เช่น หอยในวงศ์ไฮโดรบีอิดี (Hydrobiidae) (Hershler and Ponder, 1998)

การศึกษาครั้งนี้ให้ความสนใจหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก (*Rehderiella parva*) หนึ่งในสมาชิกของวงศ์ไฮโดรบีอิดี (Hydrobiidae) ซึ่งเป็นหอยฝาดเดียวขนาดเล็ก อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำจืด และสามารถทนต่อความเค็มได้ระดับหนึ่ง ซึ่งเคยมีรายงานว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กสามารถพบการแพร่กระจายได้ในบริเวณพื้นที่ตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย ในปี ค.ศ. 1974 (Brandt, 1974) ซึ่งการศึกษาดังกล่าวผ่านเป็นระยะเวลานานแล้วและยังไม่มีข้อมูลของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก

เพิ่มเติม ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาหอยเลนน้ำกร่อยเล็กในการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างและนอกจากนี้ยังศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำและกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและหอยชนิดอื่นที่พบในสถานีตัวอย่างเดียวกัน เพื่อนำข้อมูลการแพร่กระจายตัวของหอยดังกล่าวใช้เป็นข้อมูลชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบัน

วิธีการวิจัย

1) สถานีตัวอย่าง

ได้ทำการศึกษาบริเวณตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร และจังหวัดสมุทรปราการ ได้ทำการกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทั้งหมด 17 สถานี โดยระยะทางทั้งหมดจากสถานีตัวอย่างแรกคือ ST1 ถึงสถานีตัวอย่างสุดท้ายคือ ST17 รวมระยะทางทั้งหมดคือ 65.63 กิโลเมตร (ตารางที่ 1) ตัวอย่างจากจังหวัดสมุทรปราการ ทั้งหมด 9 สถานีเก็บตัวอย่าง ได้แก่ สถานีตากอากาศบางปู (ST1), ป้อมพระจุลจอมเกล้าฯ (ST2), ท่าเรือพระสมุทรเจดีย์ (ST3), บ้านพักตำรวจพระประแดง (ST4), ศาลเจ้าปู่สมิงพราย (ST5), บางกระเจ้า (วัดบางกระสอบ) (ST6), บางกระเจ้า (วัดบางน้ำผึ้งนอก) (ST7), บางกระเจ้า ซอยเพชรหิรัญ 52 (ST8), บางกระเจ้า (สะพานสูง) (ST9) สถานีตัวอย่างในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครทั้งหมด 8 สถานีตัวอย่าง ได้แก่ วัดทองบน (ST10), วัดกลางดาวคะนอง (ST11), วัดเสด็จนัทรารวิหาร (ST12), วัดกัลยาณมิตรรวมหัววิหาร (ST13), สะพานพระปิ่นเกล้า (ST14), คลองเปรมประชากร (วัดเบญจมบพิตรดุสิตวนารามราชวรวิหาร) (ST15), วัดอาวุธวิกสิตาราม (ST16) และสะพานพระราม 6 (ST17) (ภาพที่ 1)

โดยสามารถแบ่งกลุ่มของสถานีตัวอย่าง ตามลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สถานีตัวอย่างริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีหินเป็นแนวกันน้ำ ได้แก่ ST6, ST7, ST8, ST9, ST10, ST13, ST15 และ ST17 (ภาพที่ 2B) กลุ่มที่ 2 สถานีตัวอย่างแบบท่าเรือ ได้แก่ ST3, ST4, ST5, ST11, ST12, ST14 และ ST16 (ภาพที่ 2C) และกลุ่มที่ 3 คือ สถานีตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นดินเลนบริเวณป่าชายเลน ได้แก่ ST1 และ ST2 (ภาพที่ 2D)

ตาราง 1 แสดงพิกัดละติจูดและลองจิจูดของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย

ลำดับ	รหัสสถานี	สถานีตัวอย่าง	ละติจูด	ลองจิจูด
1	ST1	สถานีตากอากาศบางปู	13.514684	100.654326
2	ST2	ป้อมพระจุลจอมเกล้าฯ	13.537596	100.584763
3	ST3	ท่าเรือพระสมุทรเจดีย์	13.595605	100.595695
4	ST4	บ้านพักตำรวจพระประแดง	13.611262	100.558051
5	ST5	ศาลเจ้าปู่สมิงพราย	13.652665	100.536226
6	ST6	บางกระเจ้า (วัดบางกระสอบ)	13.657474	100.557569
7	ST7	บางกระเจ้า (วัดบางน้ำผึ้งนอก)	13.682508	100.586778
8	ST8	บางกระเจ้า (ซอยเพชรหิรัญ 52)	13.685428	100.584334
9	ST9	บางกระเจ้า (สะพานสูง)	13.679038	100.577182

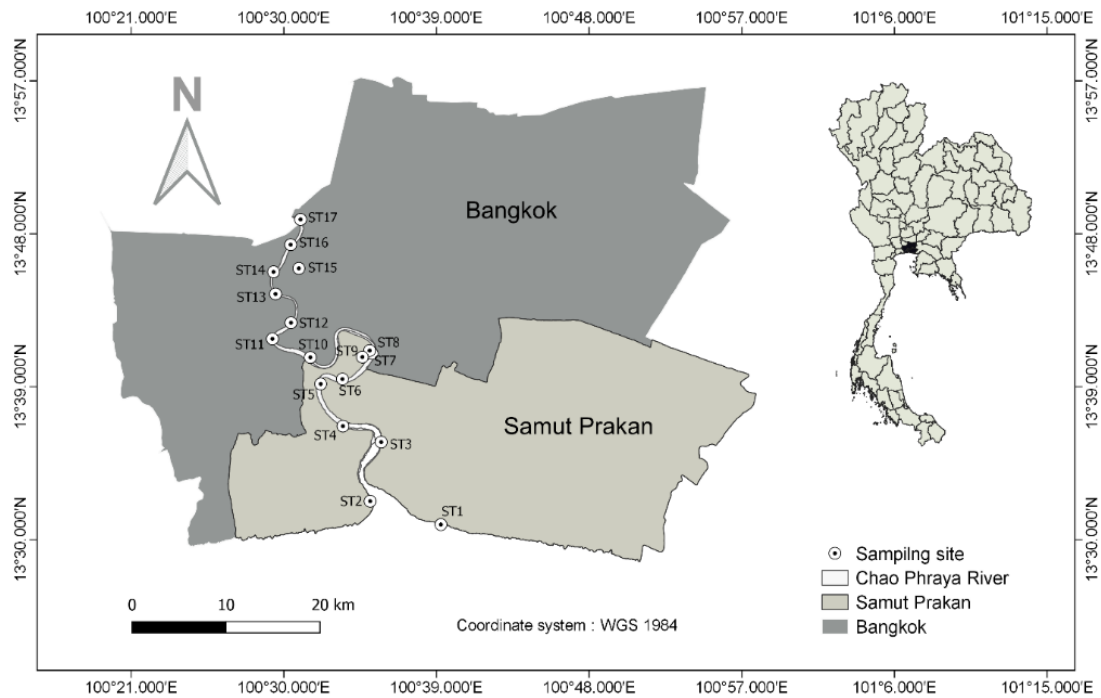
ลำดับ	รหัสสถานี	สถานีตัวอย่าง	ละติจูด	ลองจิจูด
10	ST10	วัดทองบน	13.678704	100.526016
11	ST11	วัดกลางดาวคะนอง	13.696905	100.488786
12	ST12	วัดเศวตฉัตรวรวิหาร	13.712767	100.507023
13	ST13	วัดกัลยาณมิตรวรมหาวิหาร	13.740972	100.491823
14	ST14	สะพานพระปิ่นเกล้า	13.762678	100.489864
15	ST15	คลองเปรมประชากร (วัดเบญจมบพิตรฯ)	13.766096	100.514757
16	ST16	วัดอาวุธวิกสิตาราม	13.789326	100.506718
17	ST17	สะพานพระราม 6	13.814111	100.516395

2) การเก็บตัวอย่าง

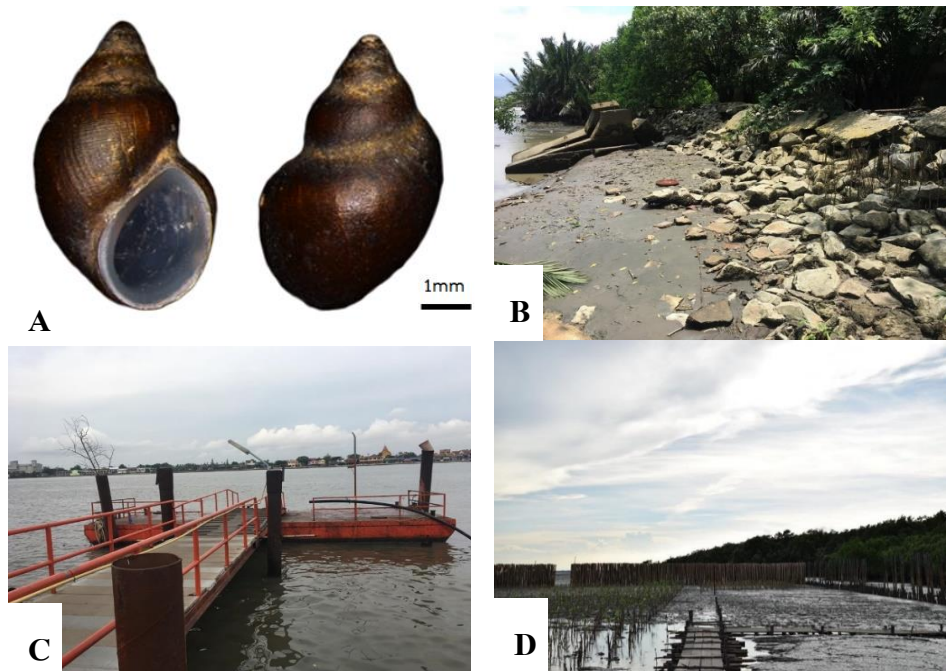
การเก็บตัวอย่างหอยชนิด *Rehderiella parva* (Köhler and Richter, 2012) (ภาพที่ 2A) โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 ในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ในช่วงปริมาณน้ำลดลงและสามารถทำการเก็บตัวอย่างได้ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กที่ยังมีชีวิตและเปลือกเปล่า หอยเลนน้ำกร่อยเล็กในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ถูกเก็บโดยการโยนส้อมแปลงเก็บตัวอย่างขนาด 12.5 x 12.5 เซนติเมตร จำนวน 30 ซ้ำ ในแต่ละสถานีตัวอย่าง รวมไปถึงเก็บหอยชนิดอื่นที่พบในแปลงสุ่มตัวอย่างด้วย ตัวอย่างที่เก็บในแต่ละสถานีถูกนำมาระบุชนิดโดยการพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเปลือกตามรูปวิธานของ Upatham และคณะ (1983) และ Brandt (1974) ภายใต้กล้องสเตอริโอ (stereo microscope รุ่น SMZ800N ยี่ห้อ Nikon) ทำการบันทึกปัจจัยคุณภาพน้ำ ได้แก่ ค่าอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ และค่าความเค็มของน้ำ ด้วยเครื่องวัดคุณภาพน้ำหลายตัวแปร YSI Environmental รุ่น EXO ยี่ห้อ a xylem brand และทำการวัดและบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ยังทำการจดบันทึกลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างหรือลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัย ได้แก่ ประเภทดิน ประเภทหินและพืชในแต่ละสถานีตัวอย่าง

3) การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มของสถานีตัวอย่าง โดยใช้ปัจจัยคุณภาพน้ำทางเคมีในการจัดกลุ่มโดยใช้โปรแกรม PC-ORD เวอร์ชัน 5.10 ด้วยเทคนิค Principal Components Analysis (PCA) และความสัมพันธ์ระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและหอยชนิดอื่นที่พบการแพร่กระจายในสถานีตัวอย่างเดียวกันโดยใช้เทคนิค Cluster Analysis แบบ Two-way Cluster Dendrogram



ภาพ 1 สถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 17 สถานี ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย



ภาพ 2 แสดงตัวอย่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและลักษณะสถานีเก็บตัวอย่างแบบต่างๆ (2A : หอยเลนน้ำกร่อยเล็ก, 2B : สถานีเก็บตัวอย่างริมแม่น้ำที่มีหินแบบแนวกันน้ำ, 2C : สถานีเก็บตัวอย่างแบบท่าเรือ, 2D : สถานีเก็บตัวอย่างแบบดินเลนบริเวณป่าชายเลน)

ผลการวิจัย

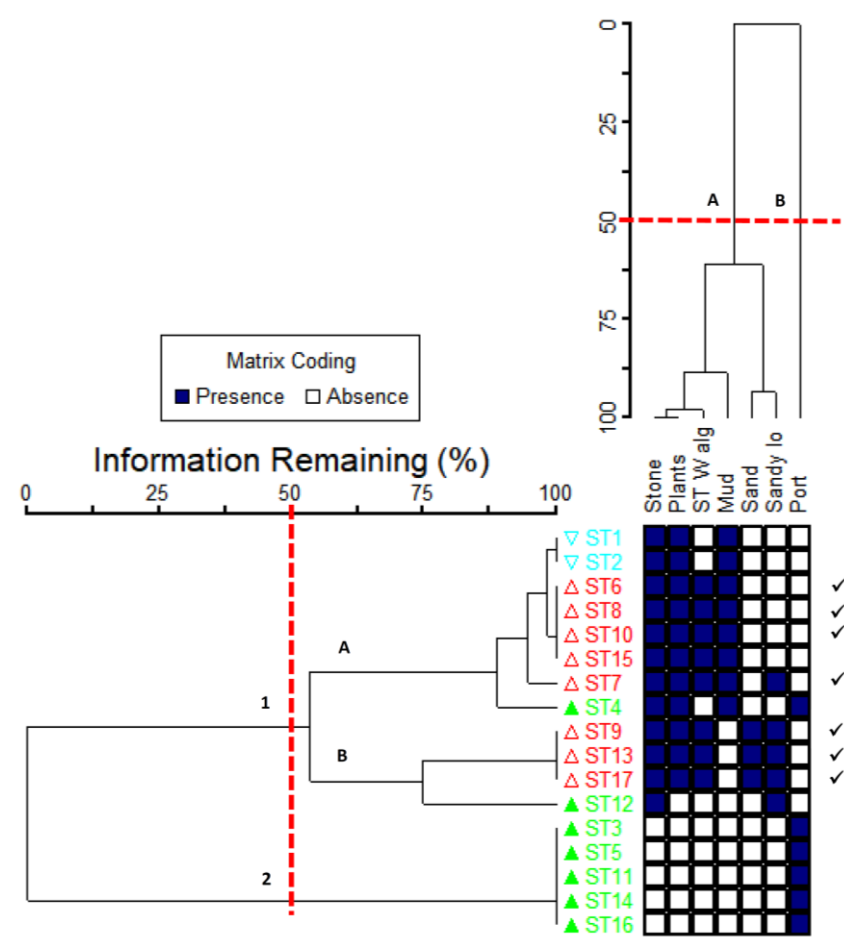
1) การแพร่กระจาย

จากการศึกษาการแพร่กระจายพบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กจำนวนทั้งหมด 7 สถานี จากทั้งหมด 17 สถานีตัวอย่าง พบจำนวนตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 599 ตัว (ตารางที่ 2) สถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายได้แก่ บางกระเจ้า (วัดบางกระสอบ) (ST6), บางกระเจ้า (วัดบางน้ำผึ้งนอก) (ST7), บางกระเจ้า ซอยเพชรหิรัญ 52 (ST8), บางกระเจ้า (สะพานสูง) (ST9), วัดทองบน (ST10), วัดกัลยาณมิตรรวมมหาวิหาร (ST13) และสะพานพระราม 6 (ST17) และสถานีตัวอย่างอีก 10 สถานี ที่ไม่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก ได้แก่ สถานีตากอากาศบางปู (ST1), ป้อมพระจุลจอมเกล้าฯ (ST2), ท่าเรือพระสมุทรเจดีย์ (ST3), บ้านพักตำรวจพระประแดง (ST4), ศาลเจ้าปู่สมิงพราย (ST5), วัดกลางดาวคะนอง (ST11), วัดเศวตฉัตรวรวิหาร (ST12), สะพานพระปิ่นเกล้า (ST14), คลองเปรมประชากร (วัดเบญจมบพิตรดุสิตวนารามราชวรวิหาร) (ST15) และวัดอาวุธวิกสิตาราม (ST16) สถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมากที่สุด ได้แก่ สถานีตัวอย่างบางกระเจ้า วัดบางน้ำผึ้งนอก (S7) โดยจำนวนตัวอย่างที่พบคือ 339 ตัวอย่าง ในทางตรงกันข้ามสถานีตัวอย่างที่พบจำนวนตัวอย่างน้อยที่สุด ได้แก่ สถานีตัวอย่างบางกระเจ้า สะพานสูง (ST9) จำนวนตัวอย่างที่พบคือ 8 ตัว (ตารางที่ 2)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับลักษณะทางกายภาพในแต่ละสถานีตัวอย่าง โดยแบ่งสถานีตัวอย่างตามลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยในสถานี โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม Cluster analysis แบบ Two-way Cluster Dendrogram พบว่าที่ระดับความคล้ายคลึง 50% สามารถจัดกลุ่มของสถานีตัวอย่างทั้งหมดได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 12 สถานีตัวอย่าง ประกอบด้วยสถานีตัวอย่างที่ ST1, ST2, ST6, ST8, ST10, ST15, ST7, ST4, ST9, ST13, ST17 และ ST12 ซึ่งสถานีตัวอย่างส่วนใหญ่ในกลุ่ม สถานีที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก ส่วนกลุ่มที่ 2 มีจำนวน 5 สถานี ประกอบด้วยสถานี ST3, ST5, ST11, ST14 และ ST16 ซึ่งสถานีตัวอย่างทั้งหมดในกลุ่มที่ 2 เป็นสถานีตัวอย่างที่ไม่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก ซึ่งกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 พบว่าลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างนั้นมีความแตกต่างกัน 100% โดยกลุ่มที่ 1 สามารถแบ่งกลุ่มย่อยได้อีก ที่ระดับความคล้ายคลึงที่ 53% ได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A และกลุ่ม B ซึ่งกลุ่ม A ประกอบไปด้วยสถานีตัวอย่าง 8 สถานี ได้แก่ ST1, ST2, ST6, ST8, ST10, ST15, ST7 และ ST4 กลุ่ม B ประกอบไปด้วยสถานีตัวอย่าง 4 สถานี ได้แก่ ST9, ST13, ST17 และ ST12 โดยลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มย่อย A พบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างที่พบหิน พืช หินที่ปกคลุมด้วยสาหร่าย ดินเลน ดินร่วนปนทราย และมีสถานีตัวอย่างหนึ่งสถานีที่เป็นท่าเรือ และสถานีตัวอย่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มย่อย B มีลักษณะทางกายภาพของสถานีตัวอย่างที่พบหิน หินที่ปกคลุมด้วยสาหร่าย ดินทราย และดินร่วนปนทราย ในขณะที่มีลักษณะทางกายภาพแบบเดียวกันคือ พบท่าเรือ ในสถานีดังกล่าว (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 2 การแพร่กระจายและจำนวนตัวอย่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย

สถานีตัวอย่าง	การแพร่กระจาย		จำนวนตัวอย่างที่พบ (ตัว)
	พบ	ไม่พบ	
1. ST1		✕	
2. ST2		✕	
3. ST3		✕	
4. ST4		✕	
5. ST5		✕	
6. ST6	✓		15
7. ST7	✓		339
8. ST8	✓		28
9. ST9	✓		8
10. ST10	✓		67
11. ST11		✕	
12. ST12		✕	
13. ST13	✓		19
14. ST14		✕	
15. ST15		✕	
16. ST16		✕	
17. ST17	✓		123
รวม	7	10	599



ภาพ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับลักษณะทางกายภาพในแต่ละสถานีตัวอย่าง โดยแบ่งสถานีตัวอย่างตามลักษณะดินที่อยู่อาศัยในสถานี (△ : สถานีตัวอย่างบริเวณริมแม่น้ำที่มีแนวคันน้ำเป็นแนวหิน, ▲ : สถานีตัวอย่างแบบทำเรือ, ▽ : สถานีตัวอย่างแบบป่าชายเลน, ✓ : แสดงถึงสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก)

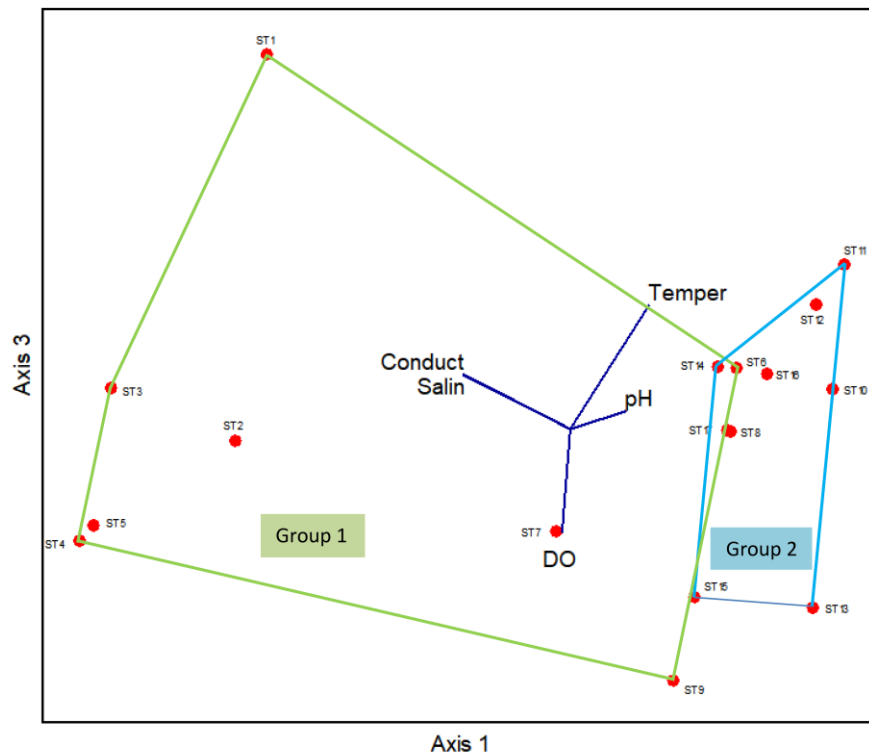
2) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการแพร่กระจาย

ลักษณะคุณภาพน้ำที่พบในพื้นที่ศึกษาพบว่าแต่ละสถานีตัวอย่างที่คุณภาพน้ำเฉลี่ยในแต่ละสถานีที่ความแตกต่างกัน (ตารางที่ 3) โดยสถานีตัวอย่างทั้ง 17 สถานีนั้น มีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ 32.60 °C และต่ำสุดที่ 28.55 °C ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสุดที่ 5.12 และมีค่าต่ำสุดที่ 1.36 ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำสูงสุดที่ 7.61 และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 7.16 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสูงสุดอยู่ที่ 50,804.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 407.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และมีค่าความเค็มของน้ำสูงสุดอยู่ที่ 29.93 ppt และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.19 ppt โดยสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีช่วงของคุณภาพน้ำดังนี้ ช่วงของอุณหภูมิอยู่ที่ 30.26 - 31.47 °C ช่วงค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ที่ 2.19 - 4.99 mg/L ช่วงค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำอยู่ที่ 7.16 - 7.59 ช่วงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำอยู่ที่ 407.67 - 3,730.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และช่วงค่าความเค็มของน้ำอยู่ที่ 0.19 - 1.94 ppt

ตาราง 3 แสดงคุณภาพน้ำของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทย

สถานี ตัวอย่าง	Temperature °C	DO (mg/L)	pH	Conductivity (μs/cm)	Salinity (ppt)
ST1	32.60 ± 0.15	3.23 ± 0.01	7.32 ± 0.02	50804.67 ± 233.12	29.93 ± 0.05
ST2	30.62 ± 0.01	5.12 ± 0.45	7.61 ± 0.02	49358.33 ± 342.34	28.84 ± 0.12
ST3	29.49 ± 0.43	2.01 ± 0.03	7.19 ± 0.01	40237.33 ± 56.05	23.21 ± 0.22
ST4	28.79 ± 0.16	2.96 ± 0.01	7.30 ± 0.02	41042.67 ± 124.23	24.20 ± 0.02
ST5	28.55 ± 0.02	1.89 ± 0.08	7.16 ± 0.07	34351.67 ± 17.90	19.74 ± 0.41
ST6	31.26 ± 0.11	2.19 ± 0.20	7.43 ± 0.02	3730.33 ± 29.57	1.94 ± 0.02
ST7	30.26 ± 0.26	2.30 ± 0.51	7.16 ± 0.07	3551.33 ± 30.17	1.85 ± 0.02
ST8	31.31 ± 0.06	2.82 ± 0.23	7.39 ± 0.02	2655.00 ± 4.58	1.36 ± 0.01
ST9	30.59 ± 0.10	4.57 ± 1.27	7.41 ± 0.02	2518.00 ± 115.50	1.26 ± 0.04
ST10	31.34 ± 0.56	2.57 ± 0.27	7.59 ± 0.08	837.33 ± 95.00	0.40 ± 0.05
ST11	31.48 ± 0.06	1.36 ± 0.26	7.56 ± 0.02	470.67 ± 2.08	0.22 ± 0.00
ST12	31.57 ± 0.20	1.79 ± 0.23	7.48 ± 0.03	469.00 ± 3.00	0.22 ± 0.00
ST13	31.47 ± 0.15	4.99 ± 0.47	7.55 ± 0.02	473.67 ± 5.69	0.22 ± 0.01
ST14	31.53 ± 0.01	2.09 ± 0.27	7.24 ± 0.05	409.00 ± 8.19	0.19 ± 0.01
ST15	30.79 ± 0.03	3.76 ± 0.13	7.36 ± 0.04	537.00 ± 1.73	0.26 ± 0.00
ST16	31.77 ± 0.02	2.58 ± 0.14	7.33 ± 0.01	413.33 ± 0.58	0.19 ± 0.01
ST17	31.12 ± 0.35	2.38 ± 0.59	7.35 ± 0.04	407.67 ± 9.45	0.19 ± 0.01

ผลจากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสถานีตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำโดยใช้เทคนิค Principal Component Analysis (PCA) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มสถานีตัวอย่างในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ประกอบไปด้วย สถานีตัวอย่างที่ ST1, ST2, ST3, ST4, ST5, ST6, ST7, ST8 และ ST9 กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มของสถานีตัวอย่างในเขตพื้นที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยสถานีตัวอย่างที่ ST10, ST11, ST12, ST13, ST14, ST15, ST16 และ ST17 โดยพบว่าสถานี ตัวอย่างสถานีตัวอย่างในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่ สถานีตัวอย่าง ST1, ST2, ST3, ST4 และ ST5 นั้นมีค่าการนำ ไฟฟ้าของน้ำและค่าความเค็มของน้ำสูง และสถานีตัวอย่าง ST6, ST7, ST8 และ ST9 นั้น มีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำและค่า ความเค็มของน้ำต่ำลงมา มีค่าความเค็มเป็นน้ำกร่อย โดยมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับสถานีตัวอย่างกลุ่มที่ 2 สถานีในเขตพื้นที่ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้แก่ สถานีตัวอย่าง ST10, ST11, ST12, ST13, ST14, ST15, ST16 และ ST17 โดยสถานีตัวอย่าง ในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครนั้น พบว่ามีค่าอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเฉลี่ยสูงกว่าสถานี ตัวอย่างในเขตพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ในขณะที่ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างกึ่งกลางระหว่างสถานี ตัวอย่างในจังหวัดกรุงเทพมหานครและจังหวัดสมุทรปราการ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การใช้เทคนิค Principal Component Analysis (PCA) ในการจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของสถานีตัวอย่างกับคุณภาพน้ำกับในแต่ละสถานี

3) ความสัมพันธ์ระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับหอยชนิดอื่น

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ด้านลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับหอยชนิดอื่นที่พบในสถานีตัวอย่างทั้ง 17 สถานีพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความสัมพันธ์กับหอยชนิดอื่นทั้งหมด 14 ชนิด ซึ่งเป็นสมาชิกจาก 11 วงศ์ (ตารางที่ 4)

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ใกล้ชิดของหอยชนิดอื่นในสถานีตัวอย่าง โดยแบ่งสถานีตัวอย่างตามลักษณะตามถิ่นที่อยู่อาศัย โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม Cluster analysis แบบ Two-way Cluster Dendrogram พบว่าสามารถจัดกลุ่มของหอยทั้งหมด ได้ 4 กลุ่ม ที่ระดับความคล้ายคลึง 50% ได้แก่ กลุ่มที่ A ประกอบด้วยหอย 5 ชนิด ได้แก่ หอยชนิด *Filopaludina martensi martensi*, *Filopaludina sumatrensis polygramma*, *Clea helena*, *Pomacea canaliculata*, และ *Corbicula* sp. กลุ่ม B ประกอบด้วยหอย 4 ชนิด ได้แก่หอยชนิด *Cyclotropis carinata*, *Bithynia siamensis siamensis*, *Stenothyra glabrata*, *Tarebia granifera*, *Rehderiella parva*, และหอยชนิด *Melanoides tyberculata* กลุ่ม C ประกอบด้วยหอย 2 ชนิด ได้แก่ หอยชนิด *Lymnaea viridis* และหอยชนิด *Thiara scabra* และกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่ม D ประกอบด้วยหอย 2 ชนิด ได้แก่ หอยชนิด *Clithon faba* และ *Limnoperna* sp. (ภาพที่ 5 แนวตั้ง)

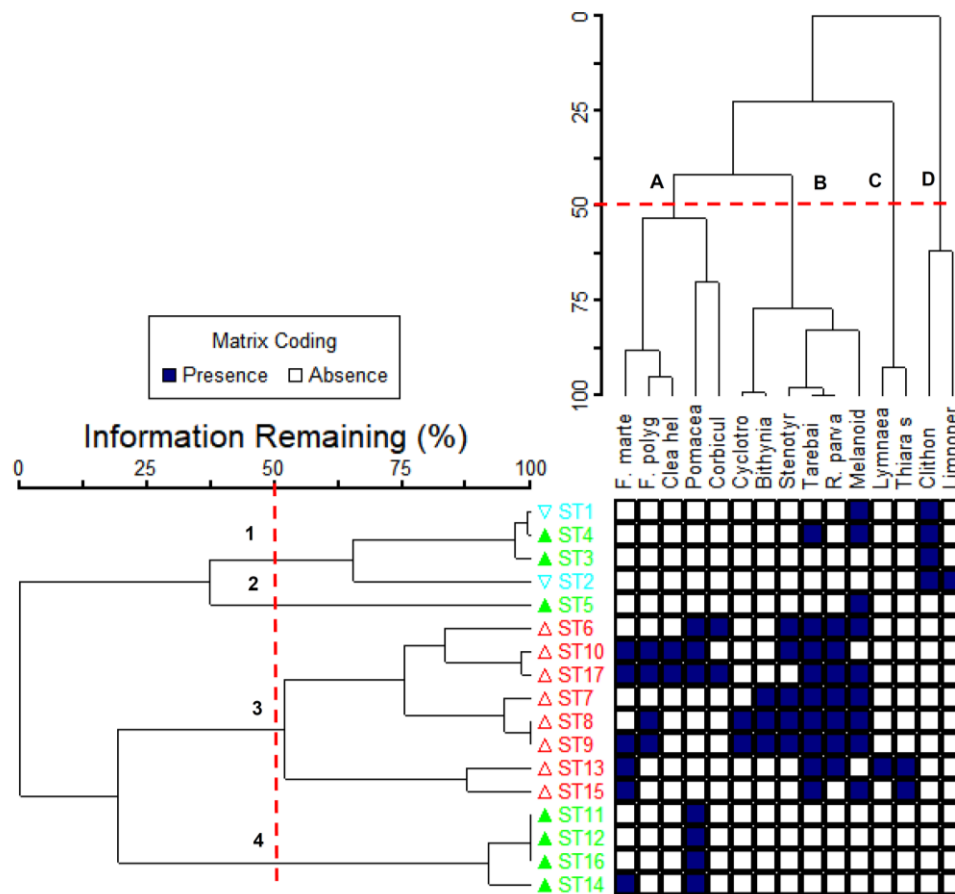
โดยพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความใกล้ชิดกับหอยในกลุ่มที่ B มากที่สุด ที่ระดับความคล้ายคลึง 77 % รองลงมาคือหอยในกลุ่ม A ที่ระดับความคล้ายคลึง 53% ถัดมาคือหอยในกลุ่ม C ที่ระดับความคล้ายคลึง 22% และกลุ่มสุดท้ายคือ หอยในกลุ่ม D ที่ระดับความคล้ายคลึง 0% โดยพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดในลักษณะ

การพบการแพร่กระจายในถิ่นที่อยู่อาศัยเดียวกันกับหอยในกลุ่ม B คือหอยชนิด *Tarebia granifera* โดยมีระดับความคล้ายคลึงกันที่ 100% รองลงมาคือหอยชนิด *Stenothyra glabrata* ที่มีระดับความคล้ายคลึงกันที่ 98% และถัดมาคือหอยชนิด *Melanoides tyberculata* ที่มีระดับความคล้ายคลึงกัน 83% ตามลำดับ (ภาพที่ 5 แนวตั้ง)

ผลจากการศึกษาการจัดกลุ่มของสถานีตัวอย่างตามลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยและความสัมพันธ์ใกล้ชิดของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและหอยชนิดอื่น โดยใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม Cluster analysis แบบ Two-way Cluster Dendrogram พบว่าที่ความคล้ายคลึง 50% สามารถจัดกลุ่มของสถานีทั้งหมด ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยสถานีตัวอย่าง ST1, ST4, ST3 และ ST2 กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยสถานีตัวอย่าง ST5 กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยสถานีตัวอย่าง ST6, ST10, ST17, ST7, ST8, ST9, ST13 และ ST15 กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยสถานีตัวอย่าง ST11, ST12, ST16 และ ST14 โดยพบว่าสถานีตัวอย่างในกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและยังเป็นกลุ่มของสถานีตัวอย่างที่มีความหลากหลายชนิดของหอยมากที่สุด โดยสถานีตัวอย่างในกลุ่มที่ 3 ทั้งหมดเป็นสถานีตัวอย่างที่มีลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยแบบริมแม่น้ำที่มีแนวคันน้ำเป็นแนวนอน (ภาพที่ 5 แนวนอน)

ตาราง 4 แสดงชนิดและวงศ์ของหอยที่มีการแพร่กระจายในสถานีตัวอย่างเดียวกันกับหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก

วงศ์	ชนิด
Viviparidae	<i>Filopaludina martensi martensi</i>
	<i>Filopaludina sumatrensis polygramma</i>
Bithyniidae	<i>Bithynia siamensis siamensis</i>
Ampullariidae	<i>Pomacea canaliculata</i>
Assimineidae	<i>Cyclotropis carinata</i>
Stenothyridae	<i>Stenothyra glabrata</i>
Neritidae	<i>Clithon faba</i>
Buccinoidae	<i>Clea helena</i>
Thiaridae	<i>Melanoides tyberculata</i>
	<i>Thiara scabra</i>
	<i>Tarebia granifera</i> ,
Cyrenidae	<i>Corbicula</i> sp.
Lymnaeidae	<i>Lymnaea viridis</i>
Mytilidae	<i>Limnoperna</i> sp.



ภาพ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับหอยชนิดอื่นที่พบในแต่ละสถานีตัวอย่างในถิ่นที่อยู่อาศัยเดียวกัน (▲ : สถานีตัวอย่างบริเวณริมแม่น้ำที่มีแนวคันน้ำเป็นแนวหิน, ▲ : สถานีตัวอย่างแบบท่าเรือ, ▼ : สถานีตัวอย่างแบบป่าชายเลน)

อภิปรายผล

การแพร่กระจายของหอยน้ำจืดแต่ละชนิดมักพบในลักษณะพื้นที่ถิ่นอาศัยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและชนิดของหอย (Giovannelli et al. 2005) โดยระบบนิเวศถือเป็นปัจจัยสำคัญของหอยน้ำจืด (Sahin and Zeybek, 2016) หอยน้ำจืดบางชนิดสามารถปรับตัวและแพร่กระจายได้ดีในระบบนิเวศที่หลากหลาย (Davis, 1982) โดยส่วนใหญ่มักจะพบการแพร่กระจายของหอยน้ำจืดในลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยแบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (Antoine, 2004, Rolon et al. 2010) ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่ค่อนข้างสมบูรณ์เหมาะแก่การแพร่กระจายของหอยและสัตว์น้ำชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กครั้งนี้ ที่พบว่าลักษณะของถิ่นที่อยู่อาศัยในสถานีตัวอย่างทั้งหมดที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่มีพื้นผิวเป็นหินที่ปกคลุมด้วยสาหร่าย ดินทราย ดินร่วน โคลน และพืชในสถานีตัวอย่าง ซึ่งเป็นลักษณะถิ่นอาศัยที่เหมาะสมแก่การแพร่กระจาย โดยสถานีตัวอย่างที่พบจำนวนประชากรหอยเลนน้ำกร่อยเล็กหนาแน่นมากที่สุด คือ สถานีตัวอย่างวัดบางน้ำผึ้งนอก (ST7) ที่มีลักษณะพื้นที่เป็นหินเรียงซ้อนกันและปกคลุมด้วยสาหร่ายและพื้นผิวหน้าดินเป็นโคลน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาในหอยวงศ์เดียวกัน คือ หอยชนิด *Pyrgophorus coronatus* ที่มีการศึกษาลักษณะพื้นที่การแพร่กระจาย พบว่าสามารถแพร่กระจายได้ดีในพื้นที่ที่เป็นหิน รองลงมาคือ โคลน และทราย (McCrary et al. 2008) อาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่ที่มีหินจำนวนมากเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการยึดเกาะของหอยทำให้มีจำนวนประชากรที่

หนาแน่นขึ้น (Harman, 1972) ซึ่งหอยหลายชนิดสามารถปรับตัวได้ในพื้นที่ผิวหลายแบบเพื่อใช้ในการยึดเกาะหรือคลืบคลาน (Kershner and Lodge, 1990) และหอยสามารถดูดกินสาหร่ายที่ปกคลุมหินเป็นอาหารได้ นอกจากนี้หอยที่มีลักษณะเรียงซ้อนทับกันนั้นสามารถลดความเร็วและความแรงของกระแสน้ำได้ ทำให้หอยสามารถปรับตัวและอยู่ในพื้นที่ได้ (Haynes, 1988) นอกจากนี้ ยังพบว่าพืชก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของหอย (Ndifon and Ukoli, 1989) โดยหอยน้ำจืดส่วนใหญ่มีลักษณะการกินแบบดูดกิน โดยกินซากพืช หรือสาหร่ายเป็นอาหาร (Boycott, 1936) และยังพบว่าสถานีตัวอย่างที่มีพืชในสถานีพบความหลากหลายของหอยเพิ่มมากขึ้นด้วย (Costil and Clement, 1996) ทำให้สามารถบอกได้ว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กที่พบการแพร่กระจายในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทยนั้น เป็นหอยที่สามารถพบการแพร่กระจายได้ในลักษณะพื้นที่ถิ่นที่อาศัยที่มีหิน พืช ดินร่วนปนทราย ดินทราย และโคลน โดยส่วนใหญ่พบมากในพื้นที่ที่มีหินที่ปกคลุมด้วยสาหร่ายซึ่งเหมาะแก่การกินและดำรงชีพของหอย ในขณะที่ไม่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กเลยในสถานีตัวอย่างที่เป็นท่าเรือที่ไม่มีพื้นที่ให้หอยยึดเกาะ นอกจากนี้บริเวณท่าเรือนั้นยังเป็นพื้นที่ที่มีมลพิษทางน้ำจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมลพิษทางน้ำก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่กีดขวางการแพร่กระจายของหอย (Serafinski et al. 1994)

หอยน้ำจืดมักจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Dillon, 2000 และ Garg et al. 2009) โดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าความเค็มของน้ำ พบว่าช่วงอุณหภูมิของน้ำบริเวณสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีค่าเท่ากับ 30.26 – 31.47 °C ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมมีผลต่อการแพร่กระจายของหอย โดยมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของหอย หากอุณหภูมิต่ำหรือมากเกินไปจะส่งผลให้การเจริญเติบโตพัฒนาช้าลง และยังส่งผลให้ความสามารถในการฟักเป็นตัวอ่อนลดลงเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสม (Dybdahl and Kane, 2005, Herbst, 2008, Levri et al. 2014) สอดคล้องกับการศึกษาหอยวงศ์เดียวกัน คือหอยชนิด *Pyrgulopsis bruneauensis* ที่มีความสามารถในการทนความร้อนในช่วงสืบพันธุ์ได้ถึงประมาณ 35 °C และพบว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงทำให้เกิดการชะลอการเจริญเติบโตของหอย (Varricchione and Minshall, 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของสถานีตัวอย่างในแต่ละสถานีที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยช่วงของค่าความเป็นกรด-ด่างของสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายมีค่าอยู่ที่ 7.16–7.59 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับใกล้เคียงน้ำบริสุทธิ์ (Boyd et al. 2011) ค่าปริมาณออกซิเจนในน้ำของสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายมีค่าอยู่ที่ 2.19–4.99 mg/L เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการแพร่กระจายของหอย ซึ่งปริมาณออกซิเจนในน้ำมีผลต่อการแพร่กระจายของทั้งหอย โดยตัวอ่อนของหอยมีความไวต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยปริมาณออกซิเจนที่ต่ำเกินไปมีผลต่อการพัฒนาการเจริญเติบโตและการว่ายน้ำของตัวอ่อนหอย (Chan et al. 2008) โดยปริมาณออกซิเจนต่ำมักเกิดจากพฤติกรรมของมนุษย์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ทั้งการปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ทั้งขยะจากอุปโภค บริโภค ส่งผลทำให้เกิดมลภาวะในแหล่งน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่กีดขวางการแพร่กระจายของหอย (Serafinski et al. 1994) โดยพบว่าปริมาณของมลภาวะที่สูงส่งผลให้หอยตกอยู่ในสภาวะเครียด เช่นเดียวกับการศึกษาในหอยชนิด *Amphibola crenata* ที่ศึกษาอัตราการรอดของหอยที่อาศัยอยู่ใกล้กับโรงงานบำบัด พบว่าอัตราการรอดสูงขึ้นเมื่อระยะทางห่างจากโรงงานบำบัด (Marsden and Baharuddin, 2015) มลภาวะทางน้ำที่เกิดขึ้นส่งผลต่อประชากรของหอยลดลงอย่างชัดเจน (Suratissa and Rathnayake, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับสถานีตัวอย่างที่มีค่าปริมาณออกซิเจนต่ำและพบกิจกรรมของมนุษย์หนาแน่น เช่น สถานีตัวอย่างศาลเจ้าปู่สมิงพราย (ST5) สถานีตัวอย่างวัดกลางดาวคะนอง (ST11) และสถานีตัวอย่างวัดเสด็จตรววิหาร (ST12) ที่พบว่ามีปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำและ

สถานีตัวอย่างมีลักษณะเป็นท่าเรือ อาจเป็นสาเหตุทำให้สถานีเก็บตัวอย่างดังกล่าวไม่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็ก ค่าการนำไฟฟ้าของสถานีเก็บตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กอยู่ในช่วง 407.67 – 3,730.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยพบว่าความเหมาะสมของค่าการนำไฟฟ้าในการดำรงชีวิตของหอยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ในบางชนิดพบว่าเมื่อค่าการนำไฟฟ้าต่ำส่งผลต่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอย ทำให้เป็นโรคร่ายและส่งผลให้อัตราการรอดต่ำเมื่อค่าการนำไฟฟ้าที่มากเกินไป เช่น หอยชนิด *Potamopyrgus antipodarum* (Herbst et al. 2008) และ *Planorbella trivolvis* ที่พบว่าไม่มีการพัฒนาตัวอ่อนหอยที่ฟักออกมาเกิดความผิดปกติและมีอัตราการรอดชีวิตต่ำเมื่อเทียบกับบริเวณที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำกว่า และในตัวเต็มวัยพบว่ามีการเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ (Hunter, 1990) โดยค่าการนำไฟฟ้าในสถานีตัวอย่างที่พบหอยเลนน้ำกร่อยเล็กนั้น เป็นช่วงที่มีค่าปานกลางเมื่อเทียบกับสถานีตัวอย่างทั้งหมด ค่าความเค็มของน้ำในสถานีตัวอย่างที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยอยู่ในช่วง 0.19 – 1.94 ppt โดยหอยเลนน้ำกร่อยเล็กเป็นหอยน้ำจืดที่สามารถปรับตัวทนกับค่าความเค็มของน้ำได้ ซึ่งถือว่าระดับความเค็มของน้ำดังกล่าวอยู่ในช่วงของระดับน้ำกร่อยซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 35 ppt (NOAA, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานครั้งแรกของหอยชนิดนี้ที่มีรายงานการพบในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณน้ำกร่อย (Brandt, 1974) นอกจากนี้ยังพบการศึกษาหอยน้ำจืดชนิดอื่นที่มีการปรับตัวเมื่อมีระดับความเค็มที่เพิ่มมากขึ้น เช่น *Potamopyrgus antipodarum* (Winterbourn, 1973) และอาศัยอยู่ในน้ำกร่อยได้และสามารถทนความเค็มได้สูงสุดที่ 22 ppt (Hoy et al. 2012)

ความสัมพันธ์ด้านลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยระหว่างหอยเลนน้ำกร่อยเล็กกับหอยชนิดอื่น พบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความใกล้ชิดกับหอยชนิด *Tarebia granifera* มากที่สุด โดยมีค่าระดับความคล้ายคลึงกัน 100% โดยพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กและหอยชนิด *T. granifera* พบในลักษณะสถานีตัวอย่างแบบเดียวกันและพบจำนวนตัวอย่างใกล้เคียงกัน โดยพบว่า *T. granifera* สามารถแพร่กระจายได้ในระบบนิเวศที่หลากหลายทั้งบึง ลำธารและแม่น้ำที่กระแสน้ำไหลเร็ว (Appleton and Nadasan, 2002) โดยสามารถแพร่กระจายได้ทั้งพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นหิน ทราย โคลน ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่หลากหลาย (Appleton et al. 2009) เช่นเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กส่วนใหญ่พบในถิ่นอาศัยลักษณะแบบหิน และโคลน นอกจากนี้ยังพบว่าหอย *T. granifera* เป็นหอยน้ำจืดที่สามารถทนต่อความเค็มของน้ำได้ระดับหนึ่ง (Miranda et al. 2010) เช่นเดียวกับหอยเลนน้ำกร่อยเล็กที่สามารถทนต่อระดับความเค็มของน้ำได้ระดับหนึ่ง รองลงมาคือหอยชนิด *Stenothyra glabrata* และถัดมาคือหอยชนิด *Melanoides tuberculata* ที่มักพบการแพร่กระจายได้ทั่วไปในแหล่งที่อยู่อาศัยที่หลากหลาย (Brown, 1994, Vaz et al. 1986) และมักพบการแพร่กระจายในทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อย (De Kock and Wolmarans, 2009) แต่อย่างไรก็ตามหอยชนิดนี้ไม่พบการแพร่กระจายบริเวณพื้นที่ของแม่น้ำที่มีระดับความเค็มของน้ำเป็นน้ำกร่อยหรือระดับความเค็มของน้ำอยู่ในระดับน้ำเค็มสูงมาก (Sri-aroon et al. 2004)

สรุปผลการศึกษา

หอยเลนน้ำกร่อยเล็กในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทยสามารถแพร่กระจายได้ดีในสถานีตัวอย่างแบบริมแม่น้ำที่มีหินเป็นแนวกันน้ำ โดยมีลักษณะถิ่นอาศัยย่อยแบบที่พบหินที่ปกคลุมด้วยสาหร่าย ดินประเภทดินโคลน ดินทราย และดินร่วนปนทรายตามลำดัด และพบพืชในสถานี ส่วนปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กประกอบด้วยค่าอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ และค่าความเค็มของน้ำ ซึ่งหอยเลนน้ำกร่อยเล็กเป็นหอยน้ำจืดที่สามารถทนความเค็มของน้ำได้ระดับหนึ่ง และพบว่าหอยเลนน้ำกร่อยเล็กมีความสัมพันธ์ด้านลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยใกล้ชิดกับหอยชนิด *Tarebia granifera* มากที่สุด

ข้อมูลจากการศึกษาการกระจายตัวของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างของประเทศไทยในครั้งนี้ ผลการศึกษาจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาของประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาปัจจัยครั้งนี้อาจจะยังไม่ครอบคลุมปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายทั้งหมด ดังนั้นอาจจะเพิ่มการศึกษาปัจจัยทางกายภาพอื่นๆของแต่ละสถานตัวอย่างที่อาจจะเป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหอยเลนน้ำกร่อยเล็กได้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการจัดการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมและเพื่อหาแนวทางป้องกันความเสื่อมโทรมของแม่น้ำเจ้าพระยาได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Appleton, C. C., & Nadasan, D. S. (2002). First report of *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816) (Gastropoda: Thiaridae) from Africa. *Journal of Molluscan Studies*, 68(4), 399–402. doi:10.1093/mollus/68.4.399
- Antoine, C., Castella, E., Castella-Müller, J., & Lachavanne, J.-B. (2004). Habitat requirements of freshwater gastropod assemblages in a lake fringe wetland (Lake Neuchâtel, Switzerland). *Archiv Für Hydrobiologie*, 159(3), 377–394. doi:10.1127/0003-9136/2004/0159-0377
- Appleton, C.C, Forbes, A.T. & Demetriades, N. T. (2009). The occurrence, bionomics and potential impacts of the invasive freshwater snail *Tarebia granifera* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Thiaridae) in South Africa. *Zool. Med. Leiden*, 83(5), 525-536.
- Boycott, A. E. (1936). The Habitats of Fresh-Water Mollusca in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 5(1), 116-186. doi:10.2307/1096
- Brandt, R. A. M. (1974). The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. *Archiv für Molluskenkunde*, 105, 1-423.
- Brown, D. S. (1994). *Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance* (revised 2nd ed.). Taylor & Francis, London.
- Boyd, C. E., Tucker, C. S. & Viriyatum, R. (2011). Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries. *North American Journal of Aquaculture*, 73(4), 403–408. doi:10.1080/15222055.2011.620861
- Costil, K., & Clement, B. (1996). Relationship between freshwater gastropods and plant communities reflecting various trophic levels. *Hydrobiologia*, 321(1), 7–16. doi:10.1007/bf00018672
- Chan, H. Y, Xu, W. Z, Shin, P. K. S & Cheung, S. G. (2008). Prolonged exposure to low dissolved oxygen affects early development and swimming behaviour in the gastropod *Nassarius festivus* (Nassariidae). *Mar Biol*, 153(1), 735–743. doi: 10.1007/s00227-007-0850-6

-
- Chigor, V. N., Umoh, V. J., Okuofu, C. A., Ameh, J. B., Igbinsosa, E. O., & Okoh, A. I. (2011). Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a public health hazard. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(5), 3389–3400. doi:10.1007/s10661-011-2396-9
- Davis, G. M. (1982). Historical and Ecological Factors in the Evolution, Adaptive Radiation, and Biogeography of Freshwater Mollusks. *American Zoologist*, 22(2), 375-395.
- Dillon, R.T. (2000). The Ecology of Freshwater Mussels. Cambridge University Press, Cambridge, 1-509.
- Dybdahl, M. F. & Stephanie, L. K. (2005). Adaptation vs. Phenotypic Plasticity in the Success of a Clonal Invader. *Ecology*, 86(6), 1592-1601.
- De Kock, K., & Wolmarans, C. (2009). Distribution and habitats of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) and *M. victoriae* (Dohrn, 1865) (Mollusca: Prosobranchia: Thiaridae) in South Africa. *Water SA*, 35(5). doi:10.4314/wsa.v35i5.49197
- Giovanelli, A., Leal, C. L. P. A. C. D. S. & Baptista, D. F. (2005). Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 100(2), 169–176. doi:10.1590/s0074-02762005000200010
- Garg, R. K. R., Rao, J. & Saksena, D. N. (2009). Correlation of molluscan diversity with physicochemical characteristics of water of Ramsagar reservoir, India. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 1(6), 202-207.
- Harman, W. N. (1972). Benthic Substrates: Their Effect on Fresh-Water Mollusca. *Ecology*, 53(2), 271-277. doi:10.2307/1934081
- Hunter, R. D. (1990). Effects of low pH and low calcium concentration on the pulmonate snail *Planorbella trivolvis*: a laboratory study. *Canadian Journal of Zoology*, 68(7), 1578–1583. doi:10.1139/z90-233
- Haynes Alison. (1998). Notes on the stream Neritids (gastropoda; prosobranchia) of oceania. *Micronesica*, 21, 1-10.
- Herbst, D. B., Michael, T. B. & Robert, A. L. (2008). Low specific conductivity limits growth and survival of the New Zealand mud snail from the Upper Owens River, California. *Western North American Naturalist*, 68(3), 324–333.
- Hershler, R. & Ponder, W. F. (1998). A Review of Morphological Characters of Hydrobioid Snails. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 600(3), 1-64.
- Köhler, F. & Richter, K. (2012). *Rehderiella parva*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T184876A1760427.
- Kershner, M. W. & Lodge, D. M. (1990). Effect of Substrate Architecture on Aquatic Gastropod-Substrate Associations. *Journal of the North American Benthological Society*, 9(4), 319–326. doi:10.2307/1467899

-
- Levri, E. P., Krist, A. C., Bilka, R. & Dybdahl, M. F. (2014). Phenotypic Plasticity of the Introduced New Zealand Mud Snail, *Potamopyrgus antipodarum*, Compared to Sympatric Native Snails. *PLoS ONE*, 9(4), e93985. doi: 10.1371/journal.pone.0093985
- McCrary, J. K., Madsen, H. Liza G., Luna, I. & López, L. J. (2008). Comparison of gastropod mollusc (Apogastropoda: Hydrobiidae) habitats in two crater lakes in Nicaragua. *Revista de Biología Tropical*, 56(1), 113-120. doi: 10.15517/RBT.V56I1.5511
- Marsden, I. D & Baharuddin, N. (2015). Gastropod growth and survival as bioindicators of stress associated with high nutrients in the intertidal of a shallow temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 156, 175-185. doi: 10.1016/j.ecss.2014.05.032
- Miranda, N. A. F., Perissinotto, R. & Appleton, C. C. (2010). Salinity and temperature tolerance of the invasive freshwater gastropod *Tarebia granifera*. *South African Journal of Science*, 106(3/4), 1-7.
- Ndifon, G. T., & Ukoli, F. M. A. (1989). Ecology of freshwater snails in south-western Nigeria. I: Distribution and habitat preferences. *Hydrobiologia*, 171(3), 231–253. doi:10.1007/bf00008146
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2017). *Estuaries*. Available source: https://oceanservice.noaa.gov/education/kits/estuaries/estuaries01_what.html?fbclid=IwAR02svQbxPsrFs4nvfWahX77fCSgaBm_Gm4IJ-VxaFOybZH60mR026WGrhY, July 16, 2018.
- Priscillah, N. B. (2001). The Impact of Human Activities on the Epibenthic Bivalve Community in Protected and Unprotected Marine Areas at the Kenyan Coast. *Moi University*, Kenya.
- Royal Irrigation Department. (2000). Hydrology Division. *Thailand Hydrological Yearbook 1922- 2000*.
- Rolon, A. S., Homem, H. F. & Maltchik, L. (2010). Aquatic macrophytes in natural and managed wetlands of Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2), 133-146.
- Serafinski, W., Strzelec, M., & Czekaj, D. (1994). The changes in the freshwater snail fauna in an over-industrialised area in Poland. *Walkerana*, 7, 11–13.
- Sri-aroon, P. Lohachit, C. & Harada, M. (2004). Survey of brackish-water snails in Eastern Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 35(Suppl 1), 1-6.
- Strong, E.E., Gargominy, O., Ponder, W.F., Bouchet, P. (2008). Global diversity of gastropods (Gastropoda; Mollusca) in freshwater. *Hydro-biologia*, 595, 149–166. doi:10.1007/978-1-4020-8259-7_17
- Sahin, S. K. & Zeybek, M. (2016). Distribution of Mollusca Fauna in the Streams of Tunceli Province (East Anatolia, Turkey) and its Relationship with Some Physicochemical Parameters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16: 187-195. doi: 10.4194/1303-2712-v16

- Suratissa, D. M., & Rathnayake, U. (2017). Effect of pollution on diversity of marine gastropods and its role in trophic structure at Nasese Shore, Suva, Fiji Islands. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10(2), 192–198. doi: 10.1016/j.japb.2017.02.001
- Upatham, E.S., Sornmani, S., Kitikoon, V., Lohachit, C., Burch, J.B. (1983). Identification key for fresh and brackish-water snails of Thailand. *Malacology*, 16, 107–136.
- Vaz, J. F., Teles, H. M. S., Correa, M. A., Leite, S. P. L. (1986). Ocorrência no Brasil de *Thiara (Melanoides) tuberculata* (O.F. Müller, 1774) (Gastropoda, Prosobranchia), primeiro hospedeiro intermediário de *Clonorchis sinensis* (Cobbold, 1875) (Trematoda, Platyhelminthes). *Rev Saúde Públ São Paulo*, 20(4), 318-322. doi: org/10.1590/S0034-89101986000400008
- Varricchione, J. T. & Minshall, G. W. (1997). 1996 Monitoring Report: Bnneau Hot-Spring Spring (Pyrgulopsis bruneauensis). *Technical Bulletin*, 97-2, 1-66.
- World Bank Documents. (2000). Thailand Water Quality Overview. *Thailand Environment Monitor 2000*.
- Winterbourn, M.J. (1973). A guide to the freshwater Mollusca of New Zealand. *Tuatara*, 20, 141-159.
- Yodsurang, P., Hiromi, M., & Yasufumi, U. (2015). A Traditional Community in the Chao Phraya River Basin: Classification and Characteristics of a Waterfront Community Complex. *Asian Culture and History*, 8(1), 1-57. doi:10.5539/ach.v8n1p57

โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ไนตริไฟอิงสำหรับบำบัดน้ำเสียแอมโมเนียเข้มข้นสูงโดย การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเนคเจเนอเรชันซีเควนซิง

Microbial Community Structure in Nitrifying Reactor Treating Ammonia-Rich Wastewater Analyzed by Next Generation Sequencing

พนิดา เนรมิตศรัทธา¹✉, ตะวัน ลิ้มปิยากร^{1,2} และ ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์^{3,4}

Panida Nayramitsattha¹✉, Tawan Limpiyakorn^{1,2} and Chaiwat Rongsayamanont^{3,4}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

² กลุ่มวิจัยการควบคุมมลพิษสารชนิดใหม่ในสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² Research Unit Control of Emerging Micropollutants in Environment, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

³ สถานีวิจัยการประเมินทางสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีการจัดการของเสียอันตราย คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³ Environmental Assessment and Technology for Hazardous Waste

Management Research Center, Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University

⁴ โปรแกรมวิจัยการพัฒนาระบบการจัดการเพื่อลดการปนเปื้อนและควบคุมการแพร่กระจายของสารมลพิษในแหล่งน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบ

สงขลาและภาคใต้ฝั่งตะวันตก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย

⁴ Research Program: The Development of Management System for Reduction and Control of Water Contamination and Distribution in Songkhla Lake Basin and the Western Coastline of the South of Thailand, Center of Excellence on Hazardous Substance Management (HSM)

Corresponding E-mail : gatepanida@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชันและโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในถังปฏิกรณ์ไนตริฟิเคชันระดับห้องปฏิบัติการสำหรับบำบัดน้ำเสียแอมโมเนียเข้มข้นสูง (400 มก./ล.) เติบโตแบบที่ละเทในสภาวะแอโรบิก (ออกซิเจนละลายน้ำ > 4 มก./ล.) ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวตั้งแต่วันที่ 30 ของการเดินระบบ แอมโมเนียในน้ำเสียถูกกำจัดและเปลี่ยนเป็นไนเตรตเฉลี่ยร้อยละ 99.90 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด และเมื่อลดระยะเวลาการกักเก็บน้ำเหลือ 12 ชั่วโมง ในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวตั้งแต่วันที่ 8 ของการเดินระบบ แอมโมเนียในน้ำเสียถูกกำจัดและเปลี่ยนเป็นไนเตรตเฉลี่ยร้อยละ 99.96 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด แสดงถึงการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันได้โดยสมบูรณ์ในถังปฏิกรณ์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอิลลูมินาไมเซควเอนซิง (Illumina Miseq sequencing) โดยจุลินทรีย์ที่น่าจะมีบทบาทสำคัญในถังปฏิกรณ์ไนตริฟิเคชันประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ *Nitrosomonas Nitrososphaera* และ *Nitrospira* โดยจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrosomonas* น่าจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่มีบทบาทในการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ในถังปฏิกรณ์ เนื่องจากพบว่ามีถึงร้อยละ 31.94 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งมากกว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrososphaera* ที่พบร้อยละ 0.64 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด และจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrospira* ที่พบร้อยละ 0.16

ของจุลินทรีย์ทั้งหมด น่าจะมีบทบาทในการออกซิไดซ์ไนโตรที่ไปเป็นไนเตรทในถังปฏิกรณ์ เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ไนโตรที่เพียงกลุ่มเดียวที่ตรวจพบ

คำสำคัญ: ประชากรจุลินทรีย์, ถังปฏิกรณ์ไนตริไฟอิง, น้ำเสียแอมโมเนียเข้มข้นสูง, ไนตริฟิเคชัน, เนคเจเนอเรชันซีเควนซิง

ABSTRACT

This work mainly focuses on linking between the efficiency of nitrification and microbial community structure in a nitrifying reactor treating ammonia-rich wastewater (an influent ammonium concentration of 400 mgN/L). An aerobic sequencing batch reactor was setup and operated at room temperature with a dissolved oxygen concentration of > 4 mg/L. At the hydraulic retention (HRT) of 24 hours, 99.9% of ammonia was oxidized to nitrate after 30 days of operation (the steady state condition). HRT was then reduced to 12 hours. At this HRT, 99.96% of ammonia was transformed to nitrate after 8 days of operation (the steady state condition). The results indicates that complete nitrification was achieved with both HRT values. Relative abundance of nitrifying microorganisms in the reactor was determined using Illumina Miseq sequencing. The result shows three predominant genera of *Nitrosomonas*, *Nitrososphaera* and *Nitrospira*, which were reported previously to be involved in nitrification process. *Nitrosomonas* was probably the main microorganisms that play a main role in oxidizing ammonia to nitrite in the reactor, because this microorganism genera was found in high relative abundance of 31.94 percent of all microorganisms. This value is much greater than that of *Nitrososphaera*, which was found only 0.64 percent of all microorganisms. *Nitrospira*, which was found 0.16 percent of all microorganisms, was expected to be a sole nitrite-oxidizing microorganism in the reactor, because it was the only detected group of microorganisms that can oxidize nitrite to nitrate.

Keywords: Microbial population, Nitrifying reactor, Ammonia-rich wastewater, Nitrification, Next generation sequencing

บทนำ

น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมที่ปนเปื้อนไนโตรเจนในระดับสูง เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตผงชูรส น้ำทิ้งจากโรงฆ่าสัตว์ น้ำทิ้งจากโรงฟอกหนัง น้ำชะจากหลุมฝังกลบขยะ น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร และน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ เป็นต้น หากปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ จะเพิ่มความต้องการออกซิเจนของแหล่งน้ำ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการบำบัดน้ำทิ้งเหล่านี้ก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำเพื่อป้องกันผลกระทบจากปัญหาไนโตรเจนตกค้าง ในปัจจุบันการบำบัดน้ำทิ้งที่มีระดับไนโตรเจนสูงมักใช้กระบวนการกำจัดไนโตรเจนทางชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยกระบวนการไนตริฟิเคชันเป็นการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมไอออนให้เป็นไนเตรทโดยการออกซิเดชันที่อาศัยจุลินทรีย์ชนิดไนตริไฟอิง (Nitrifying microorganisms) ในสถานะที่มีออกซิเจน (Aerobic condition) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ขั้นแรก คือ การเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ เรียกว่ากระบวนการ “ไนไตรเตชัน” (Nitritation) โดยการออกซิเดชันของแบคทีเรียกลุ่มเอโอบี (Ammonium oxidizing bacteria; AOB) และอาร์เคียกลุ่มเอโอเอ (Ammonium oxidizing archaea; AOA) ขั้นที่ 2 เป็นการเปลี่ยนรูปไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท เรียกว่ากระบวนการ “ไนเตรเตชัน” (Nitrataion) โดยการออกซิเดชันของแบคทีเรียกลุ่มเอ็นโอบีหรือเอ็นโอบี (Nitrite oxidizing bacteria; NOB) (Ge et al., 2015) ส่วนกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน

เป็นการเปลี่ยนรูปในตรรกะที่ได้จากกระบวนการไนตริฟิเคชัน ผ่านการรีดักชันโดยแบคทีเรียกลุ่มเฮเทอโรโทรฟ (Heterotrophs) ชนิดดีไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (Denitrifying bacteria) เกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) จนได้ก๊าซไนโตรเจน (N_2) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย

ทั้งนี้กระบวนการไนตริฟิเคชันถือเป็นขั้นตอนจำกัดอัตรา (Rate-limiting step) ของกระบวนการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสีย เนื่องจากจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ ทำให้มักถูกชะล้าง (Wash out) ออกจากระบบได้ง่าย ความเข้าใจในโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวในระบบบำบัดน้ำเสีย จะช่วยในการพัฒนาการออกแบบและเดินระบบเพื่อรักษามูลนิธิจุลินทรีย์กลุ่มนี้ให้อยู่ในระบบได้

ในอดีตการศึกษาจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียจะอาศัยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ (Culture-dependent method) ซึ่งจะเกิดปัญหาว่าจุลินทรีย์ที่เพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการจะไม่ใช่มูลนิธิจุลินทรีย์ที่มีอยู่จริงในระบบ ทำให้ไม่สามารถใช้จุลินทรีย์ดังกล่าวเป็นตัวแทนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบจริงได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากความจริงที่ว่าเราไม่สามารถนำสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงในระบบบำบัดน้ำเสียมาสร้างระหว่างการพัฒนาเพาะเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ระหว่างการเพาะเลี้ยง และในท้ายที่สุดได้จุลินทรีย์คนละกลุ่มกับที่เกิดขึ้นจริงในระบบบำบัดน้ำเสีย ในปัจจุบันมีการใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล (Molecular technique) มาใช้ในการศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี Next generation sequencing เป็นเทคโนโลยีในการหาลำดับเบสดีเอ็นเอที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการหาลำดับเบสจีโนมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งสามารถวิเคราะห์ลำดับเบสจำนวนมากได้ในเวลาเดียวกัน เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาชิ้นส่วนของยีน 16S rRNA ซึ่งเป็นยีนที่ใช้ในการระบุชนิดของจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลลำดับเบสถึงหลักหมื่นหรือหลักแสนล้านจากตัวอย่าง ซึ่งสามารถครอบคลุมความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่อยู่ในตัวอย่างได้ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่อตัวอย่างต่ำลงอย่างมาก

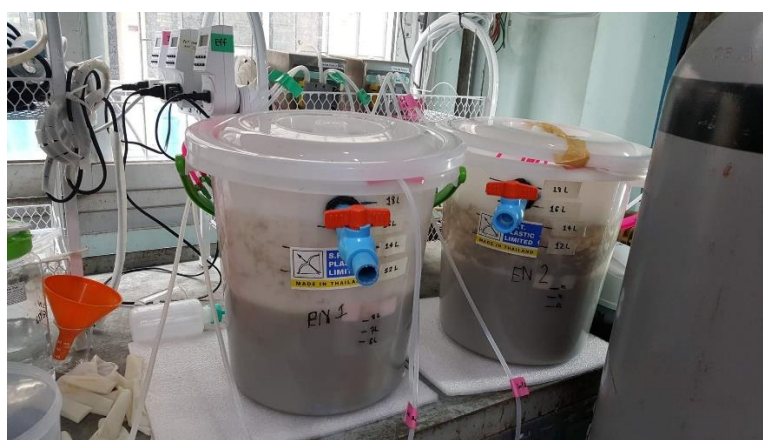
งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคเนกเจเนอเรชันซีควเอนซิงมาศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ไนตริไฟอิงระดับห้องปฏิบัติการสำหรับบำบัดน้ำเสียแอมโมเนียเข้มข้นสูง เพื่อศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างประสิทธิภาพกระบวนการไนตริฟิเคชันและโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะช่วยในการปรับปรุงการควบคุมการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อรักษามูลนิธิจุลินทรีย์กลุ่มนี้ไว้ในระบบ

วิธีการวิจัย

1) ถังปฏิกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ไนตริไฟอิง (Enriched nitrifying reactor)

เก็บตะกอนเร่งจากจากท่อน้ำกลับสลัดจ์ (Return Sludge) โรงปรับปรุงคุณภาพน้ำที่รับน้ำเสียชุมชนที่ปนเปื้อนไนโตรเจนในระดับต่ำ (< 50 มิลลิกรัมต่อลิตร, มก./ล.) แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร มาเป็นเชื้อตั้งต้นในการเดินระบบถังปฏิกรณ์ โดยเก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมากระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์โดยการเพาะเลี้ยงในถังปฏิกรณ์ทำจากถังขนาด 20 ลิตร ที่มีปริมาตรใช้งาน 14 ลิตร โดยเดินระบบแบบที่ละเทในสภาวะแอโรบิก อากาศจากปั๊มลมขนาดเล็ก (ACO 208, HAILEA, CHINA) จะถูกอัดลงในถังปฏิกรณ์ผ่านสายยางและหัวทรายเพื่อควบคุมและเติมออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ โดยปริมาณออกซิเจนละลายในถังปฏิกรณ์จะรักษาไว้ที่มากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยการปรับวาล์วควบคุมปริมาณลม ดำเนินการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นแอมโมเนียเข้มข้น 400 มก./ล. เป็นสารอาหารในการเพิ่มจำนวนไนตริไฟอิงแบคทีเรีย โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เป็นแหล่งคาร์บอนในสัดส่วน 9.8 กรัมของโซเดียมไบคาร์บอเนต ($gNaHCO_3$) ต่อ 1 กรัมของแอมโมเนียรวม ($gTAN$) รวมทั้งมีธาตุ

อาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (ตารางที่ 1) และมีระยะเวลาพักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมงและระยะเวลาพักเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง ทำให้ระบบมีการบรรเทาก๊าซแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.4 และ 0.8 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (กก./ลบ.ม.-วัน)) ตามลำดับ โดยวงจรในการเดินระบบประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ 2) การเติมอากาศ 3) การตกตะกอน และ 4) การนำน้ำใสออกจากระบบ และมีเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 2 มีการตรวจสอบค่าพีเอชในถังปฏิกรณ์อย่างสม่ำเสมอโดยใช้พีเอชมิเตอร์ และรักษาระดับพีเอชให้อยู่ในช่วง 7.5-8.0 ด้วยบัฟเฟอร์ในน้ำเสีย และการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ โดยไม่ใช้อุปกรณ์ควบคุมใด ๆ จากนั้นทำการเดินระบบจนถึงสภาวะคงตัว ระหว่างนั้นทำการตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชัน ทำได้โดยการวัดไนโตรเจนในรูปต่างๆ ที่เข้าและออกจากระบบ โดยวัดไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมรวม ไนไตรท์ และไนเตรตตามวิธีมาตรฐาน (Standard method) (APHA, 2005)



ภาพ 1 ถังปฏิกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในไนตริไฟอิง

ตาราง 1 องค์ประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1.88
NaHCO_3	3.92
Na_2HPO_4	4.05
K_2HPO_4	2.1
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.05
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.01
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.09

ตาราง 2 ขั้นตอนการเดินระบบถึงปฏิกรณ์ที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมงในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอน	ระยะเวลากักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง	ระยะเวลากักเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง
1. การเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ	1 ชั่วโมง 49 นาที	2 ชั่วโมง
2. การเติมอากาศ	9 ชั่วโมง 11 นาที	3 ชั่วโมง 15 นาที

ขั้นตอน	ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง	ระยะเวลาพักเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง
3. การตกตะกอน	1 ชั่วโมง	45 นาที
4. การนำน้ำใสออกจากระบบ	1 ชั่วโมง 49 นาที	2 ชั่วโมง

หมายเหตุ: เริ่มการเติมอากาศพร้อมกับการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ

2) การศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Illumina miseq next generation sequencing

หลังเดินระบบในถังปฏิกรณ์จนอยู่ในสภาวะคงตัวแล้ว เก็บตัวอย่างตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์มาสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอ FastDNA® SPIN Kit for Soil (MP Biomedicals) โดยทำตามวิธีที่ระบุไว้ในคู่มือ นำดีเอ็นเอตัวอย่างที่สกัดได้ 5-10 นาโนกรัมต่อลิตร มาเพิ่มปริมาณ (amplified) ดีเอ็นเอเป้าหมายโดยใช้ไพรเมอร์สำหรับอาเคียร์และแบคทีเรีย (Universal primers) บนยีน 16S rRNA (Ding et al., 2015) โดยมีลำดับเบสของไพรเมอร์ ดังนี้

515F-Forward primer: 5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3'-3'

806R-Reverse primer: 5'- GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3'

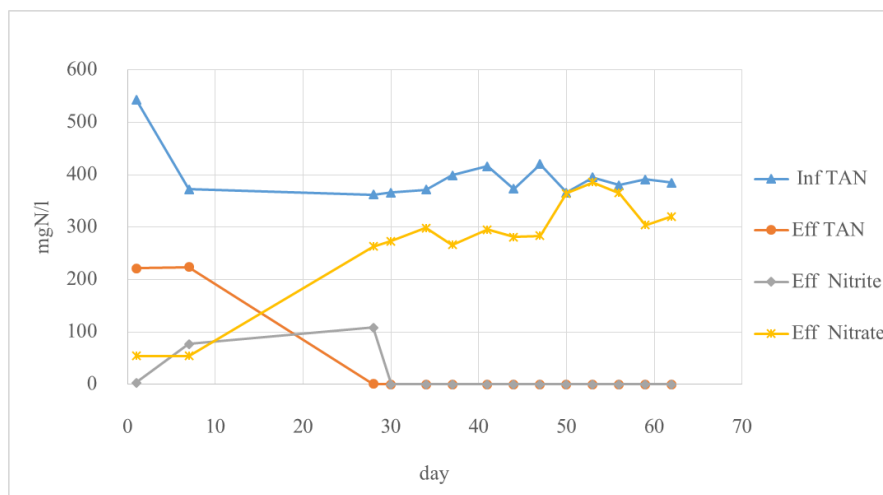
โดยนำตัวอย่างดีเอ็นเอที่สกัดได้มาทำ PCR (Polymerase chain reaction) ภายใต้อุปกรณ์ thermal cycler (Biorad Laboratories, USA) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยประกอบด้วยขั้นตอน

- 1) ขั้นตอน Denaturing ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที
- 2) ขั้นตอน Annealing 55 องศาเซลเซียส 45 วินาที (30-35 รอบ)
- 3) ขั้นตอน Extension 72 องศาเซลเซียส 4 วินาที
- 4) ขั้นตอน Final Extension 72 องศาเซลเซียส 5 นาที
- 5) ขั้นตอน END 4 องศาเซลเซียส

หลังจากทำ PCR จะได้ผลิตภัณฑ์จากการทำ PCR นำมาทำให้บริสุทธิ์โดยการล้างผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้ โดยใช้ชุด PCR clean-up gel extraction kit (Macherey-Nagel, Germany) และนำผลิตภัณฑ์ PCR ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วไปดำเนินการวิเคราะห์โดยใช้ Illumina MiSeq next generation sequencing ที่ศูนย์ Omics Sciences and Bioinformatics จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผลการศึกษาที่ได้จะแสดงในรูปของร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่สนใจต่อจุลินทรีย์ทั้งหมด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

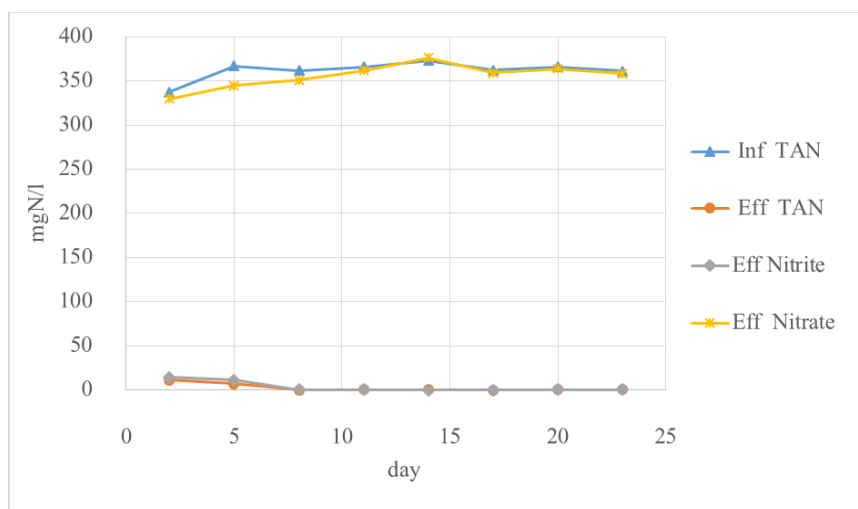
1) การเดินระบบถึงปฏิกรณ์และประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชัน



ภาพ 2 ความเข้มข้นแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบที่ภาระบรรทุกแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.4 กก./ (ลบ.ม.-วัน) และมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 2 แสดงความเข้มข้นแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบที่ภาระบรรทุกแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.4 กก./ (ลบ.ม.-วัน) และมีระยะเวลากักเก็บน้ำ 24 ชั่วโมง โดยพบว่าในสัปดาห์แรกของการเดินระบบ แอมโมเนียที่เข้าสู่ระบบจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทได้น้อยกว่าร้อยละ 20 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด และมีไนไตรท์สะสมในระบบในช่วงวันที่ 7 ถึง วันที่ 28 ของการเดินระบบ โดยมีไนไตรท์สะสมสูงที่สุดในการเดินระบบวันที่ 28 คิดเป็นร้อยละ 29.07 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด

หลังจากเดินระบบเป็นระยะเวลา 30 วัน ระบบเริ่มมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำเสียไปเป็นไนเตรทเพิ่มมากขึ้นและไนไตรท์ในระบบมีการสะสมลดน้อยลง และภายหลังจากเดินระบบเป็นระยะเวลา 62 วัน ที่ภาระบรรทุกแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.4 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน (กก./ (ลบ.ม.-วัน)) แอมโมเนียในน้ำเสียถูกกำจัดและเปลี่ยนเป็นไนเตรทร้อยละ 99.83 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด และในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวตั้งแต่วันที่ 30 ของการเดินระบบ แอมโมเนียในน้ำเสียถูกกำจัดและเปลี่ยนเป็นไนเตรทเฉลี่ยร้อยละ 99.90 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด แสดงถึงการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันในถังปฏิกรณ์ได้โดยสมบูรณ์ และไม่มีการสะสมไนไตรท์ในระบบ



ภาพ 3 ความเข้มข้นแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบที่การะบรทุกแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.8 กก./ (ลบ.ม.-วัน) และมีระยะเวลาเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง

ภาพที่ 3 แสดงความเข้มข้นแอมโมเนียรวม ไนไตรท์ และไนเตรทในน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบและน้ำออกจากระบบที่การะบรทุกแอมโมเนียเข้าสู่ระบบ 0.8 กก./ (ลบ.ม.-วัน) และมีระยะเวลาเก็บน้ำ 12 ชั่วโมง โดยพบว่า เมื่อเริ่มเดินระบบแบบลดระยะเวลาเก็บกักน้ำลงเหลือ 12 ชั่วโมง ในช่วงแรกของการเดินระบบ (วันที่ 2 ของการเดินระบบ) แอมโมเนียในน้ำเสียยังคงถูกกำจัดและเปลี่ยนเป็นไนเตรทร้อยละ 92.84 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำเสียไปเป็นไนเตรทมีประสิทธิภาพลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการเดินระบบที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 24 ชั่วโมง (เฉลี่ยร้อยละ 99.90 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด)

หลังจากเดินระบบเป็นระยะเวลา 5 วันประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแอมโมเนียในน้ำเสียไปเป็นไนเตรทจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 95.05 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด และในช่วงที่ระบบอยู่ในสภาวะคงตัวตั้งแต่วันที่ 8 ของการเดินระบบแอมโมเนียในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรทเฉลี่ยร้อยละ 99.96 ของแอมโมเนียที่ถูกกำจัด แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ไนไตรฟายอิงทั้งแอมโมเนียออกซิไดเซอร์และไนไตรท์ออกซิไดเซอร์ในระบบไม่ถูกยับยั้งจากการะบรทุกแอมโมเนียที่สูงขึ้นเป็น 2 เท่า

2) โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์

ผลการศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ด้วยเทคนิค Illumina miseq next generation sequencing โดยการเก็บตัวอย่างจากถังปฏิกรณ์สำหรับเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในไตรฟายอิง ในวันที่ 14 ของการทดลองที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชั่วโมง โดยผลการศึกษาที่ได้จะอยู่ในรูปของร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่สนใจต่อจุลินทรีย์ทั้งหมด

ภาพที่ 4 แสดงร้อยละสัมพัทธ์ของจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับไฟลัม โดยพบจุลินทรีย์มากที่สุดอันดับที่หนึ่ง อยู่ในไฟลัม *Proteobacteria* คิดเป็นร้อยละ 54.66 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ที่พบมากรองลงมาอันดับที่สอง อยู่ในไฟลัม *Bacteroidetes* คิดเป็นร้อยละ 27.91 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด และอันดับที่สาม อยู่ในไฟลัม *Chloroflexi* คิดเป็นร้อยละ 4.00 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด

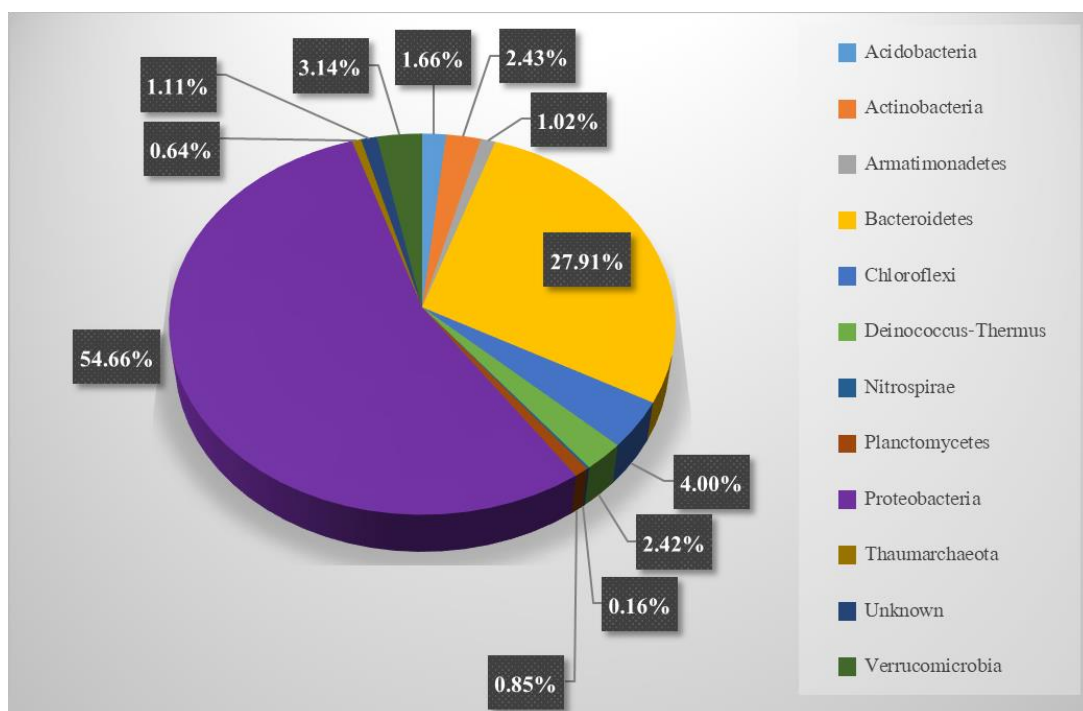
จุลินทรีย์ที่พบในไฟลัม *Proteobacteria* น่าจะเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนียในระบบ (Ammonia oxidizing bacteria; AOB) (Ge et al., 2015) และเนื่องจากในถังปฏิกรณ์มีไนโตรเจนในรูป

ต่างๆ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรและไนเตรท จึงอาจทำให้พบจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรไนโตรเจนได้อีก เช่น จุลินทรีย์กลุ่มดีไนตริไฟเออร์ ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไนเตรทไปเป็นก๊าซไนโตรเจน แต่อย่างไรก็ดีจุลินทรีย์ในไฟลัม *Proteobacteria* มีความหลากหลายทางชีวภาพมากซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์หลากหลายกลุ่ม บางชนิดเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคในมนุษย์และสัตว์ เช่น *Escherichia coli* ที่ทำให้เกิดโรคท้องร่วง ซึ่งพบตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ และเป็นจุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ สอดคล้องกับเชื้อดัดแปลงซึ่งนำมาใช้ในระบบที่เป็นเชื้อที่มาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน บางชนิดเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงาน (Chemoorganotrophs) เช่น *Sphingomonas* เป็นต้น (Kerstens et al., 2006) ดังนั้นจุลินทรีย์ในระบบที่พบในไฟลัม *Proteobacteria* นี้ไม่น่าจะเป็นจุลินทรีย์ชนิด AOB ทั้งหมด ประกอบกับจุลินทรีย์ในไฟลัม *Proteobacteria* มักพบจำนวนมากที่สุดในระบบระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน (Chouari et al., 2010; Hu et al., 2012; Jiang et al., 2008) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตรวจพบจุลินทรีย์ในไฟลัม *Proteobacteria* ได้มากที่สุด

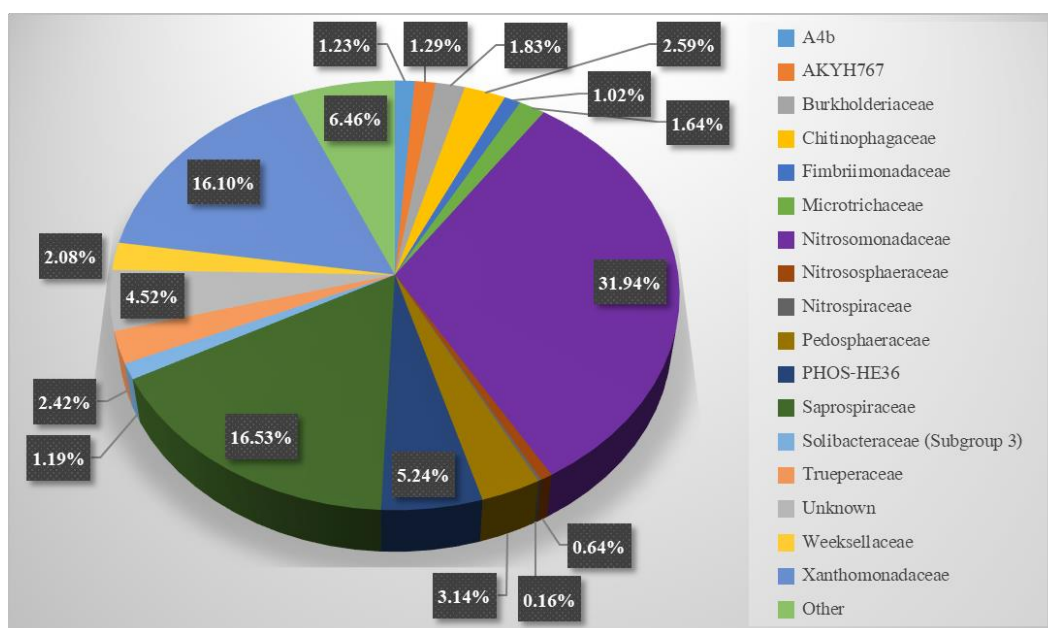
จุลินทรีย์ในไฟลัม *Bacteroidetes* สามารถพบได้ในสภาพแวดล้อมที่ปนเปื้อนสารไฮโดรคาร์บอน อย่างไรก็ตาม มีเพียงสายพันธุ์เดียว คือ *Yeosuana aromativorans* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ของแบคทีเรียในไฟลัม *Bacteroidetes* ที่ย่อยสลายไฮโดรคาร์บอนได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ยังสามารถพบได้ในบริเวณโคลนหรือตะกอนริมชายฝั่ง และจุลินทรีย์บางกลุ่มในไฟลัมนี้สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงได้ อีกทั้งบางกลุ่มในไฟลัมนี้ยังมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์สาหร่ายบลูม (Algal bloom) ในแหล่งน้ำ (Kim and Kwon, 2010)

แม้ว่าจุลินทรีย์บางกลุ่มในไฟลัม *Chloroflexi* จะสามารถออกซิไดซ์ไนโตรที่ได้อีก (Sorokin et al., 2012) แต่ในการศึกษานี้พบจุลินทรีย์ในไฟลัม *Chloroflexi* เพียงร้อยละ 4.00 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งจุลินทรีย์ที่พบในไฟลัมนี้อาจเป็นจุลินทรีย์กลุ่มอื่นที่ไม่สามารถออกซิไดซ์ไนโตรที่ได้อีก ทำให้จุลินทรีย์ในไฟลัม *Chloroflexi* ไม่น่าจะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการออกซิเดชันไนโตรในระบบ โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในไฟลัม *Chloroflexi* นี้จะเป็นแบคทีเรียชนิดเส้นใย (Filamentous bacteria) (Hanada, 2014) ซึ่งน่าจะเป็นแบคทีเรียเส้นใยที่เจริญเติบโตอยู่ในระบบ และบางกลุ่มในไฟลัมนี้เป็นจุลินทรีย์หลักที่พบในกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic digesters) (Garrity, Holt, Castenholz, et al., 2001) ซึ่งอาจพบในระบบได้ เนื่องจากระยะเวลาที่หยุดเติมอากาศในระหว่างกระบวนการนำน้ำใสออกจากระบบอาจทำให้จุลินทรีย์กลุ่มนี้เจริญเติบโตได้

นอกจากนี้ยังพบจุลินทรีย์ในไฟลัม *Nitrospirae* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์ไนโตรที่ได้อีก (Ge et al., 2015) แต่พบจุลินทรีย์ในไฟลัมนี้เพียงร้อยละ 0.16 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด และน่าจะเป็นจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่เป็นสมาชิกในไฟลัมนี้รวมอยู่ด้วย เช่น จุลินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์เฟอร์รัสไอออน (Ferrous of ferrous ion; Fe^{2+}) (Garrity, Holt, Spieck, et al., 2001) ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous sulfate; $FeSO_4$) เป็นองค์ประกอบ จึงอาจทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ออกซิไดซ์เฟอร์รัสไอออนสามารถเจริญเติบโตในระบบได้ อีกทั้งยังพบจุลินทรีย์ในไฟลัม *Thaumarchaeota* ซึ่งอยู่ในโดเมนอาร์เคีย (Archaea) คิดเป็นร้อยละ 0.64 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการใช้ไพโรเมอโรที่ปรับปรุงให้ครอบคลุมจุลินทรีย์ในโดเมนนี้ โดยจุลินทรีย์ในไฟลัมนี้น่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนีย (Daims et al., 2015; Limpiyakorn et al., 2011; Pinto et al., 2016)



ภาพ 4 ร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับไฟลัม

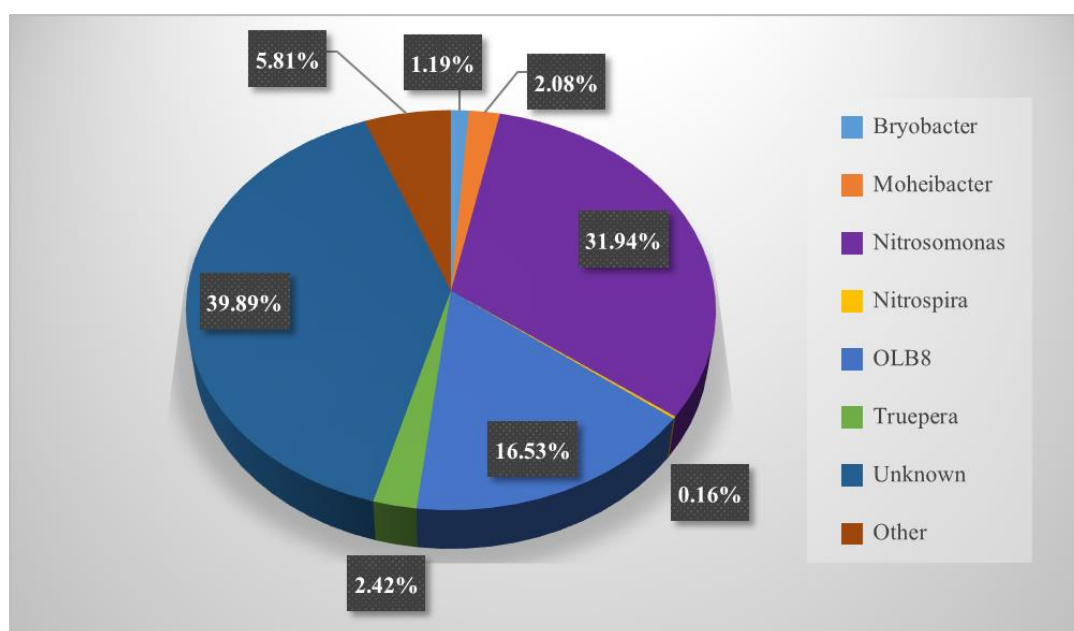


ภาพ 5 ร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับแฟมิลี

ภาพที่ 5 แสดงร้อยละสัมพัทธ์ของจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับแฟมิลี โดยพบจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Nitrosomonadaceae* คิดเป็นร้อยละ 31.94 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด จุลินทรีย์ที่พบมากรองลงมาอันดับที่สอง อยู่ในแฟมิลี *Saprospiraceae* คิดเป็นร้อยละ 16.53 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด และอันดับที่สาม อยู่ในแฟมิลี *Xanthomonadaceae* คิดเป็นร้อยละ 16.10 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยจุลินทรีย์ที่พบในแฟมิลี *Nitrosomonadaceae* น่าจะเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนียในระบบ (Prosser, Head and Stein, 2014) ส่วนจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Saprospiraceae*

เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ในน้ำทะเล ตะกอนน้ำทะเล ในแหล่งน้ำจืด และในตะกอนเร่ง (Activated sludge) บางกลุ่มในแฟมิลีนี้สามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อนและโปรตีนได้ (McIlroy and Nielsen, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับสถิติตั้งต้นที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงที่ได้มาจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน สำหรับจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Xanthomonadaceae* เป็นแฟมิลีที่สามารถพบได้ทั่วไปในทะเลสาบ แหล่งน้ำจืด ในดิน ในพื้นที่ดินเปียกที่มีการสลายตัวของสารอินทรีย์ และในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน รวมถึงพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารพิษ โดยจุลินทรีย์บางกลุ่มในแฟมิลีนี้สามารถย่อยสลายสารประกอบจำพวกแอลคีน (Alkene) สารกลุ่มฮาโลจีเนตเต็ดอะลิฟาติกและฮาโลจีเนตเต็ดอะโรมาติก (Halogenated aliphatic and aromatic compounds) ได้ ทำให้จุลินทรีย์บางกลุ่มในแฟมิลีนี้มีความสามารถการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นพิษในสภาพแวดล้อมได้ อีกทั้งยังมีพบจุลินทรีย์บางกลุ่มในแฟมิลีนี้ในสลัดจ์โรงงานของโรงบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการผลิตเอี๊ยะกระดาษได้อีกด้วย (Oren, 2014)

นอกจากนี้ยังพบยังพบจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Nitrospiraceae* คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของปริมาณทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการออกซิเดชันไนโตรเจน และยังพบจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Nitrososphaeraceae* ซึ่งเป็นอาร์เคียคิดเป็นร้อยละ 0.64 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Nitrososphaeraceae* น่าจะมีบทบาทในกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนีย



ภาพ 6 ร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับจีโนม

ภาพที่ 6 แสดงร้อยละสัมพัทธ์ของจุลินทรีย์ที่พบในระบบในระดับจีโนม โดยจีโนมที่พบมากที่สุดอยู่ในจีโนม *Nitrosomonas* คิดเป็นร้อยละ 31.94 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่พบมารองลงมาเป็นอันดับที่สอง อยู่ในจีโนม *OLB8* คิดเป็นร้อยละ 16.53 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามพบจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถระบุในระดับจีโนมได้ร้อยละ 39.89 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยจุลินทรีย์ที่พบในจีโนม *Nitrosomonas* เป็นแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในการกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนียไปเป็นไนโตรเจน ส่วนจุลินทรีย์บางกลุ่มในจีโนม *OLB8* เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบได้ในระบบไนตริฟิเคชันบางส่วน และระบบอนาโมกซ์ (Partial nitrification-Anammox reactor; PNA) (Arumugam et al., 2019) ซึ่งกระบวนการอนาโมกซ์

คือ กระบวนการออกซิเดชันของแอมโมเนียไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen gas; N_2) โดยใช้ไนโตรเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (Electron acceptor) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic ammonium oxidation)

3) จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไนตริฟิเคชัน

กระบวนการไนตริฟิเคชัน คือ การเปลี่ยนรูปแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมไอออนให้เป็นไนเตรทผ่านกระบวนการออกซิเดชันโดยจุลินทรีย์ชนิดไนตริไฟอิงในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยขั้นแรกจะเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์โดยจุลินทรีย์กลุ่มเอโอบีและเอโอเอ จากนั้นขั้นที่ 2 ไนไตรท์จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทโดยจุลินทรีย์กลุ่มอื่นอีโอบี จะเห็นได้ว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ในระบบ ดังนั้นโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบจึงมีความสำคัญต่อการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน

จากผลการศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ได้ จะทำการเลือกจุลินทรีย์ที่พบในระบบซึ่งน่าจะมี ความเกี่ยวข้องกับกระบวนการไนตริฟิเคชันมาหาร้อยละความเหมือน โดยนำ OTU ID (Operational taxonomy unit ID) ที่วิเคราะห์ได้ของจุลินทรีย์ที่พบไปเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับเบสของจุลินทรีย์ในฐานข้อมูลของโคโยอัสยโปรแกรม BLAST หรือ Basic Local Alignment Search Tool ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการค้นหาความเหมือนหรือความแตกต่าง (identity and similarity) ของลำดับเบสที่เราต้องการ ในเว็บไซต์ของ National Center for Biotechnology Information (NCBI) ดังตารางที่ 3

ภาพที่ 6 พบจุลินทรีย์ในจีนัส *Nitrosomonas* มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 31.94 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยจุลินทรีย์ในจีนัส นี้ทุกตัวมีความสามารถในการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ โดยถือเป็นแบคทีเรียกลุ่มใหญ่ของจุลินทรีย์กลุ่มเอโอบี เมื่อนำ OTU ID ที่วิเคราะห์ได้สำหรับจีนัส *Nitrosomonas* ไปเปรียบเทียบความเหมือนของลำดับเบสของจุลินทรีย์ในฐานข้อมูลของโคโยอัสยโปรแกรม BLAST พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสของจุลินทรีย์ *Nitrosomonas europaea* (NCBI Accession number คือ NR_117649) ร้อยละ 100 ซึ่ง *Nitrosomonas europaea* มักพบว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการกระบวนการออกซิเดชันแอมโมเนีย และเป็นจุลินทรีย์ที่ชอบอาศัยอยู่ในสภาวะที่มีแอมโมเนียสูง โดยมักพบในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นแอมโมเนียสูง (Hunik, Meijer and Tramper, 1992; Prosser, Head and Stein, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับถังปฏิกรณ์ที่ทำการศึกษา โดยมีความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำเสีย 400 มก./ล.

สำหรับจุลินทรีย์ในแฟมิลี *Nitrososphaeraceae* ซึ่งเป็นอาร์เคีย (เอโอเอ) คิดเป็นร้อยละ 0.64 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพที่ 5) เมื่อนำ OUT ID ที่วิเคราะห์ได้สำหรับแฟมิลี *Nitrososphaeraceae* ไปเปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูล NCBI พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสของจุลินทรีย์ *Nitrososphaera viennensis* (NCBI Accession number คือ NR_134097) ร้อยละ 100 ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มอาร์เคียที่สามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ (Stieglmeier et al., 2014) ทั้งมักจะพบจุลินทรีย์กลุ่มเอโอเอในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นแอมโมเนียต่ำ (Limpiyakorn et al., 2011; Sinthusith et al., 2015) ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับถังปฏิกรณ์ที่ทำการศึกษา เนื่องจากเป็นถังปฏิกรณ์ที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียทั้งหมดในน้ำเสียสูงถึง 400 มก./ล. ทำให้พบจุลินทรีย์กลุ่มเอโอเอในถังปฏิกรณ์นี้น้อยกว่าจุลินทรีย์กลุ่มเอโอบี ทำให้เชื่อได้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มเอโอบีเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการออกซิไดซ์แอมโมเนียในถังปฏิกรณ์

นอกจากนี้ยังพบจุลินทรีย์ที่พบในจีนัส *Nitrospira* คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพที่ 6) เมื่อนำ OUT ID ของจีนัส *Nitrospira* ที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูล NCBI พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสของจุลินทรีย์ *Nitrospira moscoviensis* (NCBI Accession number คือ CP011801) ร้อยละ 100 ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ที่น่าจะมีบทบาทในกระบวนการออกซิเดชันไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท (Ehrich et al., 1995) นอกจากจุลินทรีย์ในจีนัส *Nitrospira* จะมีบทบาทในกระบวนการออกซิเดชันไนไตรท์ ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้ค้นพบจุลินทรีย์ชนิด Comamox ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนเตรทได้โดยสมบูรณ์ (Complete ammonia oxidizer) ซึ่งพบในระบบทางวิศวกรรม

ระบบนิเวศของดิน และน้ำใต้ดิน ตัวอย่างของจุลินทรีย์ Coammox ที่พบเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่ม *Nitrospira* lineage II (Daims et al., 2015; Pinto et al., 2016; Van Kessel et al., 2015)

ตาราง 3 เปรียบเทียบความเหมือนของลำดับเบสของจุลินทรีย์ที่น่าจะเกี่ยวข้องในกระบวนการไนตริฟิเคชันในระบบ

OTU ID ที่พบมากที่สุด	ร้อยละสัมพัทธ์ของจำนวนจุลินทรีย์ที่พบ (%)	Accession number	จุลินทรีย์ที่น่าจะเกี่ยวข้อง	ร้อยละความเหมือนของจุลินทรีย์ (%)
1	31.94	NR_117649	<i>Nitrosomonas europaea</i>	100
2	0.64	NR_134097	<i>Nitrososphaera viennensis</i>	100
3	0.16	CP011801	<i>Nitrospira moscoviensis</i>	100

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับประสิทธิภาพของกระบวนการไนตริฟิเคชันของถังปฏิกรณ์ที่ได้จากการวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำ โดยจุลินทรีย์ที่น่าจะมีบทบาทสำคัญในถังปฏิกรณ์ไนตริฟิเคชันประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ *Nitrosomonas* *Nitrososphaera* และ *Nitrospira* โดยจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrosomonas* น่าจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่มีบทบาทในการออกซิไดซ์แอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ในถังปฏิกรณ์ เนื่องจากพบว่ามีร้อยละสัมพัทธ์มากกว่าจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrososphaera* จุลินทรีย์ในกลุ่ม *Nitrospira* น่าจะมีบทบาทในการออกซิไดซ์ไนไตรท์ไปเป็นไนเตรทในถังปฏิกรณ์ เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ไนไตรท์เพียงกลุ่มเดียวที่ตรวจพบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเทคนิคเนคเจเนอเรชันซีแควนซิงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ยกตัวอย่างเช่น ในการเดินระบบแบบไนตริฟิเคชันบางส่วนที่ต้องการให้เกิดจุลินทรีย์ที่ออกซิไดซ์แอมโมเนีย แต่ยับยั้งจุลินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ไนไตรท์ โดยการปรับเปลี่ยนการควบคุมการเดินระบบ เพื่อให้ได้จุลินทรีย์ที่ต้องการได้

เอกสารอ้างอิง

- APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and waste water* (21st ed.). American Public Health Association: Washington, DC.
- Arumugam, K.Bağcı, C.Bessarab, I.Beier, S.Buchfink, B.Górska, A. and Williams, R. B. H. (2019). Annotated bacterial chromosomes from frame-shift-corrected long-read metagenomic data. *Microbiome*, 7(1), 61. doi:10.1186/s40168-019-0665-y
- Chouari, R.Le Paslier, D.Daegelen, P.Dauga, C.Weissenbach, J. and Sghir, A. (2010). Molecular Analyses of the Microbial Community Composition of an Anoxic Basin of a Municipal Wastewater Treatment Plant Reveal a Novel Lineage of Proteobacteria. *Microbial Ecology*, 60(2), 272-281. doi:10.1007/s00248-009-9632-7
- Daims, H.Lebedeva, E. V.Pjevac, P.Han, P.Herbold, C.Albertsen, M. and Wagner, M. (2015). Complete nitrification by *Nitrospira* bacteria. *Nature*, 528(7583), 504-509. doi:10.1038/nature16461

- Ding, K.Wen, X.Li, Y.Shen, B. and Zhang, B. (2015). Ammonia-oxidizing archaea versus bacteria in two soil aquifer treatment systems. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1337-1347. doi:10.1007/s00253-014-6188-3
- Ehrich, S.Behrens, D.Lebedeva, E.Ludwig, W. and Bock, E. (1995). A new obligately chemolithoautotrophic, nitrite-oxidizing bacterium, *Nitrospira moscoviensis* sp. nov. and its phylogenetic relationship. *Archives of Microbiology*, 164(1), 16-23. doi:10.1007/bf02568729
- Garrity, G. M.Holt, J. G.Castenholz, R. W.Pierson, B. K.Keppen, O. I. and Gorlenko, V. M. (2001). Phylum BVI. Chloroflexi phy. nov. In D. R. Boone, R. W. Castenholz and G. M. Garrity (Eds.), *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology: Volume One : The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria* (pp. 427-446). New York, NY: Springer New York.
- Garrity, G. M.Holt, J. G.Spieck, E.Bock, E.Johnson, D. B.Spring, S. and Maki, J. S. (2001). Phylum BVIII. Nitrospirae phy. nov. In D. R. Boone, R. W. Castenholz and G. M. Garrity (Eds.), *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology: Volume One : The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria* (pp. 451-464). New York, NY: Springer New York.
- Ge, S.Wang, S.Yang, X.Qiu, S.Li, B. and Peng, Y. (2015). Detection of nitrifiers and evaluation of partial nitrification for wastewater treatment: A review. *Chemosphere*, 140, 85-98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.004>
- Hanada, S. (2014). The Phylum Chloroflexi, the Family Chloroflexaceae, and the Related Phototrophic Families Oscillochloridaceae and Roseiflexaceae. 515-532. doi:10.1007/978-3-642-38954-2_165
- Hu, M.Wang, X.Wen, X. and Xia, Y. (2012). Microbial community structures in different wastewater treatment plants as revealed by 454-pyrosequencing analysis. *Bioresource Technology*, 117, 72-79. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.061>
- Hunik, J. H.Meijer, H. J. G. and Tramper, J. (1992). Kinetics of *Nitrosomonas europaea* at extreme substrate, product and salt concentrations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 37(6), 802-807. doi:10.1007/bf00174849
- Jiang, X.Ma, M.Li, J.Lu, A. and Zhong, Z. (2008). Bacterial Diversity of Active Sludge in Wastewater Treatment Plant. *Earth Science Frontiers*, 15(6), 163-168. doi:[https://doi.org/10.1016/S1872-5791\(09\)60015-4](https://doi.org/10.1016/S1872-5791(09)60015-4)
- Kerstens, K.De Vos, P.Gillis, M.Swings, J.Vandamme, P. and Stackebrandt, E. (2006). Introduction to the Proteobacteria. 3-37. doi:10.1007/0-387-30745-1_1
- Kim, S.-J. and Kwon, K. K. (2010). Bacteroidetes. In K. N. Timmis (Ed.), *Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology* (pp. 1813-1817). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Limpiyakorn, T.Sonthiphand, P.Rongsayamanont, C. and Polprasert, C. (2011). Abundance of amoA genes of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in activated sludge of full-scale wastewater treatment plants. *Bioresource Technology*, 102(4), 3694-3701. doi:10.1016/j.biortech.2010.11.085

- McIlroy, S. J. and Nielsen, P. H. (2014). The Family Saprospiraceae. In E. Rosenberg, E. F. DeLong, S. Lory, E. Stackebrandt and F. Thompson (Eds.), *The Prokaryotes: Other Major Lineages of Bacteria and The Archaea* (pp. 863-889). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Oren, A. (2014). The Family Xanthobacteraceae. In E. Rosenberg, E. F. DeLong, S. Lory, E. Stackebrandt and F. Thompson (Eds.), *The Prokaryotes: Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria* (pp. 709-726). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Pinto, A. J. Marcus, D. N. Ijaz, U. Z. Santos, Q. M. B. L. Dick, G. J. and Raskin, L. (2016). Metagenomic evidence for the presence of comammox Nitrospira-like bacteria in a drinking water system. *mSphere*, 1(1). doi:10.1128/mSphere.00054-15
- Prosser, J. I. Head, I. M. and Stein, L. Y. (2014). The Family Nitrosomonadaceae. In E. Rosenberg, E. F. DeLong, S. Lory, E. Stackebrandt and F. Thompson (Eds.), *The Prokaryotes: Alphaproteobacteria and Betaproteobacteria* (pp. 901-918). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sinthusith, N. Terada, A. Hahn, M. Noophan, P. Munakata-Marr, J. and Figueroa, L. A. (2015). Identification and quantification of bacteria and archaea responsible for ammonia oxidation in different activated sludge of full-scale wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50(2), 169-175. doi:10.1080/10934529.2014.975535
- Sorokin, D. Y. Lucker, S. Vejmekova, D. Kostrikina, N. A. Kleerebezem, R. Rijpstra, W. I. and Daims, H. (2012). Nitrification expanded: discovery, physiology and genomics of a nitrite-oxidizing bacterium from the phylum Chloroflexi. *ISME J*, 6(12), 2245-2256. doi:10.1038/ismej.2012.70
- Stieglmeier, M. Klingl, A. Alves, R. J. E. Rittmann, S. K. M. R. Melcher, M. Leisch, N. and Schleper, C. (2014). Nitrososphaera viennensis gen. nov., sp. nov., an aerobic and mesophilic, ammonia-oxidizing archaeon from soil and a member of the archaeal phylum Thaumarchaeota. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 64(Pt 8), 2738-2752. doi:10.1099/ijs.0.063172-0
- Van Kessel, M. A. H. J. Speth, D. R. Albertsen, M. Nielsen, P. H. Op Den Camp, H. J. M. Kartal, B. and Lucker, S. (2015). Complete nitrification by a single microorganism. *Nature*, 528(7583), 555-559. doi:10.1038/nature16459

โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ

Microbial Population Structure of Laboratory-Scale Activated Sludge Process

Treating Domestic Sewage

ประดามารณ์ หอมยอก^{1✉}, ตะวัน ลิ้มปิยากร^{1,2} และ ไชยวัฒน์ รงค์สยามานนท์^{3,4}

Pratamaporn Homyok^{1✉}, Tawan Limpiyakorn^{1,2}, and Chaiwat Rongsayamanont^{3,4}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

² กลุ่มวิจัยการควบคุมมลพิษสารชนิดใหม่ในสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² Research Unit Control of Emerging Micropollutants in Environment, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

³ สถานีวิจัยการประเมินทางสิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีการจัดการของเสียอันตราย คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³ Environmental Assessment and Technology for Hazardous Waste Management Research Center,

Faculty of Environmental Management, Prince of Songkla University

⁴ โปรแกรมวิจัยการพัฒนาระบบการจัดการเพื่อลดการปนเปื้อนและควบคุมการแพร่กระจายของสารมลพิษใน

แหล่งน้ำพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและภาคใต้ฝั่งตะวันตก ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย (ศสอ.)

⁴ Research Program: The Development of Management System for Reduction and Control of Water Contamination and Distribution in Songkhla Lake Basin and the Western Coastline of the South of Thailand, Center of Excellence on Hazardous Substance Management (HSM)

Corresponding E-mail : ph.chompooh@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

โครงสร้างและความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ส่งผลต่อความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และการแยกตะกอนจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานและโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้มิกซ์ลึเคอร์จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำชุมชนเป็นเชื้อเริ่มต้นเดินระบบ โดยระบบรับน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดีรวม เท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการศึกษาพบว่า ภายใต้สภาวะคงที่ (25 วันของการเดินระบบ) ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวม เท่ากับ ร้อยละ 91 และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปต่าง ๆ ประกอบด้วย ซีโอดีละลาย ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ และ ซีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 88, ร้อยละ 90, และ ร้อยละ 95 ตามลำดับ และ หลังจากเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1.5 เท่า (0.90 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน) (22 วันของการเดินระบบ) พบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 (จากร้อยละ 91 เป็น ร้อยละ 94) และ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลาย ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ และซีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 93, ร้อยละ 87, และ ร้อยละ 95 ตามลำดับ จากนั้น ทำการเก็บเชื้อจุลินทรีย์จากถังปฏิกรณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์จำนวนประชากรจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค 16S rRNA illumina MiSeq sequencing ผลการศึกษาร้อยละของจุลินทรีย์ในระดับไฟลัมที่พบมากที่สุดสามลำดับ ได้แก่ ไฟลัม *Proteobacteria* ร้อยละ 84.9 (มีความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่ย่อยสลาย

สารอินทรีย์ในน้ำเสีย) ไฟล์ม *Bacteroidetes* ร้อยละ 9.4 (มีความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่มักพบในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่ง) และไฟล์ม *Nitrospirae* ร้อยละ 4.2 (มีความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกระบวนการไนไตรท์ออกซิเดชัน) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ประชากรจุลินทรีย์ ระบบตะกอนเร่ง น้ำเสียชุมชน ซีโอดีแฟรคชัน เทคนิคอิลูมินาซีเควนซ์

ABSTRACT

Population structure and diversity of microorganisms can affect the organic degradation and the solid-liquid separation in biological wastewater treatment system. This study aims to examine the relationship between treatment performance and microbial community structure of a laboratory-scale activated sludge process. The system was seeded by mixed liquor from a full-scale domestic sewage treatment plant and fed with synthetic domestic sewage contained total COD concentration of 300 mg/L. The results show that at the steady state condition (at the 25 days of operation) under organic loading rate (OLR) of 0.60 kgCOD/m³.d, total COD removal efficiency was 91% and the removal efficiency of COD fractions including the soluble COD (sCOD), colloidal COD (cCOD) and particulate COD (pCOD) were 88%, 90%, and 95% of removal, respectively. After 1.5 times increase of OLR (0.90 kgCOD/m³.d) (at the 22 days of operation), total COD removal was increased level by 3% (from 91% to 94%) and the removal of sCOD, cCOD and pCOD fractions were at 93% 87% and 95%, respectively. After that, mixed liquor was taken for investigating the microbial community and the relative abundances of microbial population by 16S rRNA illumina MiSeq sequencing technique, the results show the most phyla in activated sludge sample were *Proteobacteria* 84.9% (microorganisms that play key roles in the oxidation organic), *Bacteroidetes* 9.4% (microorganisms that found the most dominate phyla in activated sludge process), and *Nitrospirae* 4.2% (microorganisms that play key roles in nitrite oxidation), respectively.

Keywords: Microbial population, Activated sludge, Domestic sewage, COD fractions, illumina sequencing technique

บทนำ

ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้ดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพจะขึ้นกับความสามารถในการสร้างและรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์หลักที่ทำงานอยู่ภายในระบบ ในอดีตที่ผ่านมา การควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุดใช้การลองผิดลองถูกเพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปัจจุบันเทคนิคทางชีวโมเลกุลและชีวสารสนเทศ เช่น Automated Ribosomal Intergenic Spacer Analysis (ARISA), fluorescence in situ hybridization (FISH), Denaturing Gradient and Temporal Temperature Gel Electrophoresis (DGGE/TTGE), 16S rRNA gene clone libraries และ 16S rRNA illumina MiSeq เป็นต้น (Silva-Bedoya et al., 2016) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้สามารถเข้าใจโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ อันเป็นผลจากการตอบสนองต่อรูปแบบและสภาวะในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการบำบัดแต่ละกลุ่ม การศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียตลอดจนการศึกษาความสัมพันธ์กับสภาวะและประสิทธิภาพการทำงานของระบบจะนำไปสู่แนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียได้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์และประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค 16S rRNA illumina MiSeq

เพื่อสามารถควบคุมประชากรจุลินทรีย์หลักในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งอย่างเหมาะสม ได้แก่ จุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายสารอินทรีย์ จุลินทรีย์กลุ่มสร้างฟล็อก และ จุลินทรีย์แบบเส้นใย อันเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระดับห้องปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้น

วิธีการวิจัย

1) การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการสังเคราะห์ตามองค์ประกอบของน้ำเสียชุมชน ซึ่งแสดงดังตาราง 1 (Lim et al., 2016) โดยมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดีรวม 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของซีโอดีรวมในน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่ (Wan et al., 2016) ทั้งนี้โดยมี สัดส่วนของความเข้มข้นของซีโอดีต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (COD : N : P) เท่ากับ 100 : 5 : 1

ตาราง 1 องค์ประกอบน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นซีโอดี 300 มิลลิกรัมต่อลิตร

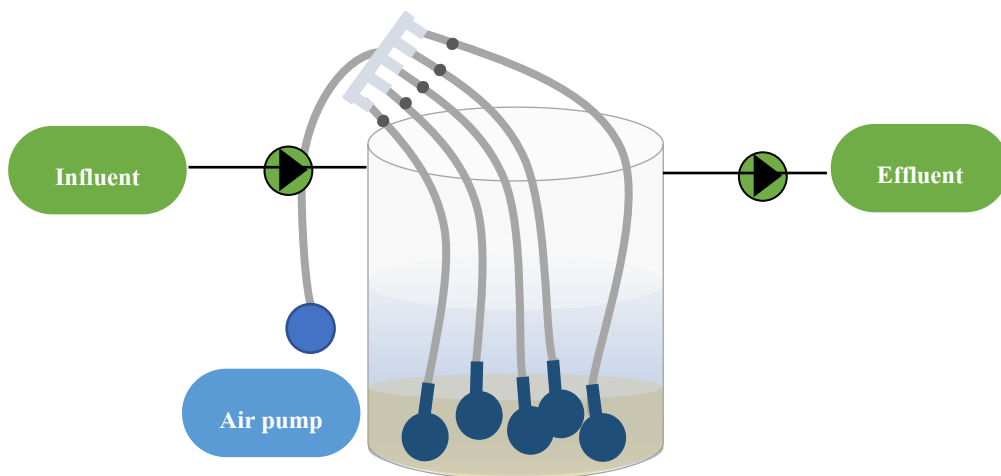
องค์ประกอบ	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ซูโครส (Sucrose)	50
แป้ง (Starch)	150
โซเดียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	179
ยูเรีย (Urea)	62.5
สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract)	1
แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)	180
เพปโตน (Bacto™ Peptone)	1
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	23.5

2) การเตรียมเชื้อตั้งต้น การติดตั้งและการเดินระบบถังปฏิกรณ์

1) การเตรียมเชื้อตั้งต้น

เชื้อตั้งต้นจากถังเดิมอากาศของโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนกรุงเทพมหานคร จะถูกใช้ในการเริ่มเดินระบบถังปฏิกรณ์โดยใช้เชื้อตั้งต้นที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 4000 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) การติดตั้งถังปฏิกรณ์แบบ SBR



ภาพ 1 แบบจำลองถังปฏิกรณ์แอกทิเวเตดสลัดจ์

แบบจำลองถังปฏิกรณ์แอกทิเวเตดสลัดจ์ที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นถังปฏิกรณ์แบบ SBR (Sequencing batch reactor) ซึ่งมีปริมาตรที่ใช้งาน (working volume) เท่ากับ 15 ลิตร โดยอากาศจะถูกเติมลงในส่วนเดิมอากาศโดยใช้ปั๊มลม (ACO-318, Hailea, China) เพื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนและเติมออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ และเพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ โดยทำการรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในมิกซ์ลิเคอร์มากกว่าหรือเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการปรับอัตราการไหลของอากาศ ในการทดลองนี้น้ำเสียสังเคราะห์จะถูกสูบเข้าส่วนเดิมอากาศโดยใช้ปั๊มรีดท่อ (peristaltic pump) (BT100-2J, A.M.H., Thailand) ผ่านท่อซิลิโคน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 6.4 มิลลิเมตร (AY242012, Pharmed[®] BPT, China) อัตราการไหลของน้ำเสียเข้าและออกจากถังปฏิกรณ์จะถูกควบคุมที่ 0.167 ลิตรต่อนาที ($Lmin^{-1}$) และ 0.25 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอชในมิกซ์ลิเคอร์จะถูกควบคุมที่ 7 ± 0.5 โดยใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมลาร์และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ในการปรับค่าพีเอช การเดินระบบจะดำเนินการภายใต้อุณหภูมิห้อง โดยจะทำการเดินระบบถังปฏิกรณ์จนกระทั่งเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นซีโอไซด์ละลาย ความเข้มข้นของมิกซ์ลิเคอร์ความสามารถในการตกตะกอน เป็นต้น สภาวะที่ใช้ในการเดินระบบถังปฏิกรณ์แอกทิเวเตดสลัดจ์แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 สถานะที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์และประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการและขั้นตอนในการเดินระบบของถังปฏิกรณ์แบบ SBR

ถัง ปฏิกรณ์	ลักษณะน้ำเสีย ที่เข้าสู่ระบบ	สถานะที่ใช้ในการทดลอง								
		ความเข้มข้น ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อ ลิตร)	ภาระบรรทุก สารอินทรีย์ (กิโลกรัมซีโอดีต่อ ลูกบาศก์เมตรต่อ วัน)	ระยะเวลา กักเก็บน้ำ (ชั่วโมง)	ระยะเวลา ในแต่ละขั้นตอน (ชั่วโมง)				ออกซิเจน ละลาย (มิลลิกรัม ต่อลิตร)	ค่าพีเอช
					1	2	3	4		
AS	300	0.60	12	0.75	10.5	1	0.5	≥2	7±0.5	
		0.90	8	0.75	6.75	0.75	0.5			

หมายเหตุ: ระยะเวลาในแต่ละขั้นตอน ได้แก่

- 1 หมายถึง น้ำเข้า
- 2 หมายถึง เติมอากาศ
- 3 หมายถึง ตกตะกอน
- 4 หมายถึง น้ำออก

3) การเดินระบบถังปฏิกรณ์แบบ SBR

การเดินระบบถังปฏิกรณ์แบบ SBR จะแบ่งช่วงระยะเวลาเป็น 4 ขั้นตอนในการเดินระบบ ดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1 การนำน้ำเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ขั้นตอนที่ 2 การเติมอากาศเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในระบบ ขั้นตอนที่ 3 การตกตะกอน ขั้นตอนนี้ทำขึ้นเพื่อแยกส่วนที่เป็นตะกอนและน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด และขั้นตอนที่ 4 การระบายน้ำออกจากถังปฏิกรณ์ เป็นขั้นตอนที่นำน้ำส่วนใส (น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด) ออกจากถังปฏิกรณ์

3) การวิเคราะห์ชีโอดีรีฟลักซ์แบบปิด (APHA, 2005)

1) วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เติมตัวอย่างน้ำในหลอดแก้ว 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร สำหรับย่อยสลาย แล้วค่อยๆเติมสารละลายกรดซัลฟริก 7 มิลลิลิตร เพื่อให้เกิดชั้นกรดที่กั้นหลอดแก้ว ปิดฝาให้แน่นแล้วแกว่งวนไปมา เพื่อให้สารละลายผสมกันได้ดี

ขั้นตอนที่ 2 นำหลอดแก้วใส่ลงในขวด แล้วเข้าตู้อบที่ 150 องศาเซลเซียส แล้วต้มเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 3 เปิดฝาหลอดแก้ว เติมเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด แล้วนำไปเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; FAS) 0.10 นอร์มัล จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง

ขั้นตอนที่ 4 ทำแบลลงค์ โดยใช้ น้ำกลั่น แทนตัวอย่าง

การหาความเข้มข้นของ FAS:

$$\text{นอร์มัลลิตีของสารละลาย FAS} = \frac{\text{ปริมาตรของ } 0.1N \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ (มิลลิลิตร)} \times 0.1}{\text{ปริมาตร FAS ที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)}} \quad (1.1)$$

การหาความเข้มข้นซีโอดี:

$$\text{ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times 8,000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}} \quad (1.2)$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไตเตรทแบลลงค์ (มิลลิลิตร)

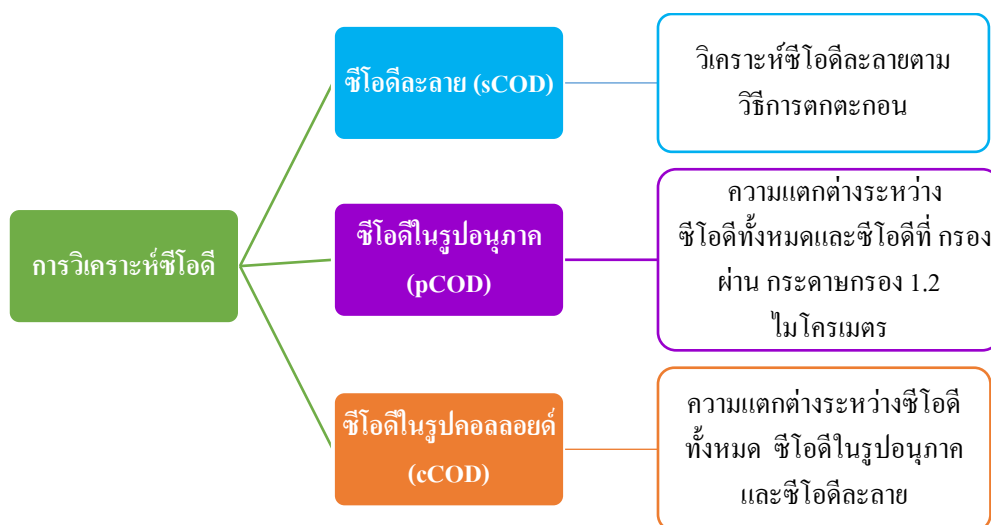
B คือ ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ไตเตรทน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของ FAS (นอร์มัลลิตี)

2) วิธีการแยกและวิเคราะห์ซีโอดีประเภทต่าง ๆ (COD fractionation)

วิธีการแยกและวิเคราะห์ซีโอดีละลาย ซีโอดีในรูปอนุภาค และซีโอดีในรูปคอลลอยด์ แสดง

ดังภาพ 2



ภาพ 2 การวิเคราะห์ซีโอดี

การวัดซีโอดีละลาย (Mamais, Jenkins and Pitt, 1993)

ตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำด้วยซิงค์คลอไรด์ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปผสมให้เข้าด้วยโดยใช้ magnetic stirrer ที่ 1 นาที ความเร็วที่พีเอชที่ 10.5 โดยใช้ 6 โมลาร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน นำส่วนใสประมาณ 20 ถึง 30 มิลลิลิตร กรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรนชนิด Polyvinylidene difluoride ขนาด 0.45 ไมโครเมตร นำส่วนใสที่ผ่านการกรองไปวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีฟลักซ์แบบปิด ดังวิธีการในหัวข้อ 3 และคำนวณซีโอดีละลายผ่านสมการ 1.2 ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

การวัดซีโอดีในรูปอนุภาค (Jimenez et al., 2015)

ตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรอง 1.2 ไมโครเมตร นำไปวิเคราะห์ซีโอดีโดยวิธีฟลักซ์แบบปิดดังวิธีการในหัวข้อ 3 และคำนวณซีโอดีในรูปอนุภาคผ่านสมการ 1.3 ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร โดยคำนวณความแตกต่างระหว่างซีโอดีทั้งหมดกับซีโอดีที่กรองผ่านกระดาษกรอง 1.2 ไมโครเมตร แสดงดังสมการที่ 1.3

$$pCOD \left(\frac{mg}{L} \right) = tCOD - filtered\ COD_{1.2\ \mu m} \quad (1.3)$$

เมื่อ pCOD คือ ซีโอดีในรูปอนุภาค (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)

tCOD คือ ซีโอดีทั้งหมด (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)

filtered COD_{1.2μm} คือ ซีโอดีที่กรองผ่านกระดาษกรอง 1.2 ไมโครเมตร (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)

การวัดซีโอดีในรูปคอลลอยด์ (Jimenez et al., 2015)

ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ สามารถคำนวณจากความแตกต่างระหว่างซีโอดีในรูปอนุภาคและซีโอดีละลาย แสดงดังสมการที่ 1.4

$$cCOD \left(\frac{mg}{L} \right) = tCOD - pCOD - sCOD \quad (1.4)$$

เมื่อ cCOD คือ ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)

sCOD คือ ซีโอดีละลาย (มิลลิกรัมซีโอดีต่อลิตร)

4) การวิเคราะห์กลุ่มโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์

การวิเคราะห์กลุ่มโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่ง โดยใช้วิธี 16S rRNA illumina MiSeq sequencing (Juntawang, Rongsayamanont and Khan, 2017) เพื่อศึกษาประชากรจุลินทรีย์กลุ่มการสร้างฟล็อก (floc-forming bacterial) และ จุลินทรีย์แบบเส้นใย (filamentous bacterial) โดยใช้หลักการหาลำดับเบส โดยนำสไลด์ 2 มิลลิกรัม (as Total Solid) สกัดดีเอ็นเอโดยใช้ชุดวิเคราะห์ FastDNA® SPIN Kit for Soil (Qbiogene, USA) จากนั้นนำดีเอ็นเอที่สกัดได้ 12 นาโนกรัม ทำการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้คู่ไพรเมอร์ใน

การ amplify 16S rRNA gene (Forward 5'-TCGTCGGCAGCGTCAGATGTGTATAAGAGACAGCCTACGGGNGGCW-GCAG3'และ

Reverse 5'TCTCTGGGCTCGGAGATGTGTATAAGAGACAGGACTACHVGGGTATCTAATCC3',(Klindworth et al., 2013) หลักการของ PCR ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Denaturing การแยกดีเอ็นเอจากเกลียวคู่ แยกออกจากกันกลายเป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยว โดยใช้อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที และปรับอุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วินาที

ขั้นตอนที่ 2 Annealing ไพร์เมอร์จะจับกับดีเอ็นเอสายเดี่ยว โดยลดลงเหลืออุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที

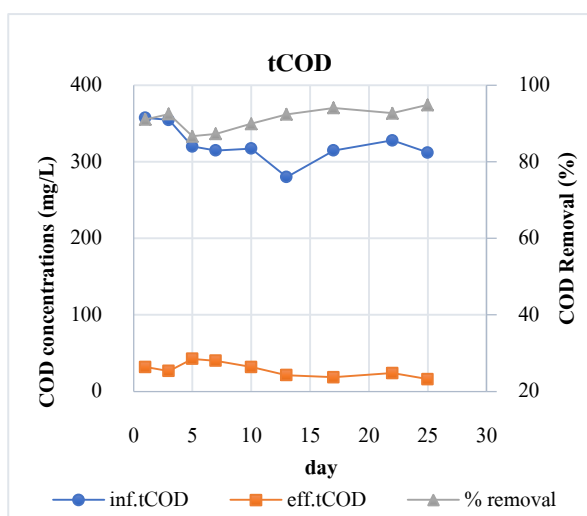
ขั้นตอนที่ 3 Extension การสังเคราะห์ดีเอ็นเอสายใหม่ อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 70 -75 องศาเซลเซียส 72 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที และปรับอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที จากขั้นตอนที่ 1-3 ข้างต้น นับเป็น 1 รอบของ PCR จากดีเอ็นเอสองสายจะกลายเป็นดีเอ็นเอ 4 สาย ทำ PCR ทั้งหมด 25 รอบ หลังจากนั้นนำดีเอ็นเอที่เพิ่มจำนวนได้ หรือเรียกว่า “amplicon” มาทำให้บริสุทธิ์ และนำไปหาลำดับเบส โดยเครื่อง Illumina MiSeq ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ โอมิคส์และชีวสารสนเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

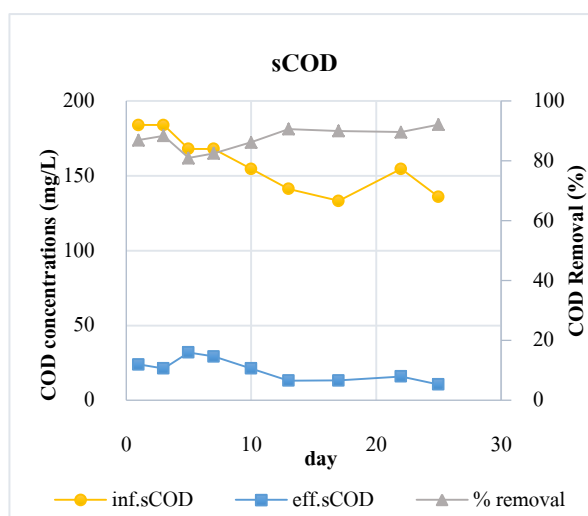
1) ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

1) ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

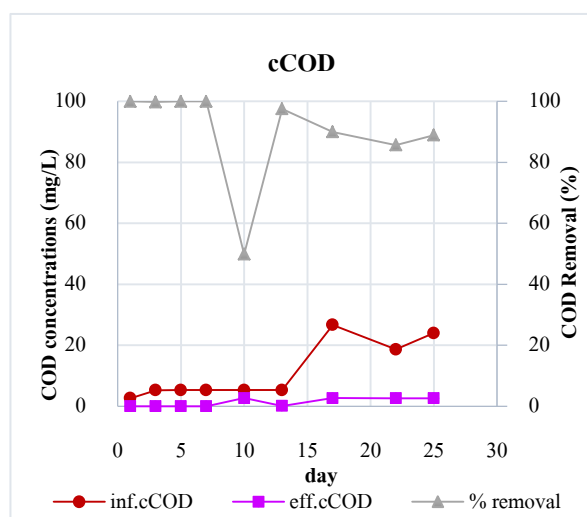
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการรับน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นสารอินทรีย์ในรูปของชีโอดีรวม เท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผลการศึกษาพบว่า ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวันภายใต้สภาวะคงที่ (25 วันของการเดินระบบ) ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีรวมเฉลี่ย (ภาพ 3) เท่ากับ ร้อยละ 91 และ ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีในรูปต่าง ๆ ประกอบด้วย ชีโอดีละลาย ชีโอดีในรูปคอลลอยด์ และ ชีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 88 ร้อยละ 90 และ ร้อยละ 95 ตามลำดับ โดยที่ ชีโอดีละลายสามารถถูกกำจัดผ่านกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพได้ทันทีเนื่องจากสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์คือ ซูโครส และ โซเดียมอะซิเตท เป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กและย่อยสลายได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชม. ระบบยังไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ละลายได้ทั้งหมด ทำให้เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีละลายมี ประสิทธิภาพที่ร้อยละ 88 ส่วนชีโอดีในรูปคอลลอยด์อาจถูกกำจัดผ่านการดูดติดผิวอย่างรวดเร็วกับสลัดจ์ฟล็อกในถังปฏิกรณ์ ทำให้เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีในรูปคอลลอยด์จึงสูงกว่าของชีโอดีละลาย และมี ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีในรูปคอลลอยด์ เท่ากับ ร้อยละ 90 ชีโอดีในรูปอนุภาคเป็นชีโอดีประเภทที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ทันทีและอาจถูกกำจัดผ่านการดูดติดผิวอย่างรวดเร็วกับสลัดจ์ฟล็อกในถังปฏิกรณ์ เช่นเดียวกันกับชีโอดีในรูปคอลลอยด์ ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 95 นอกจากนี้ ค่าดัชนีปริมาณตะกอนในช่วงเดินระบบ 25 วัน อยู่ในช่วง 58 ถึง 72 (ภาพ 4) ซึ่งเป็นช่วงที่สลัดจ์สามารถตกตะกอนได้ดีสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการกำจัดชีโอดีภายในระบบ



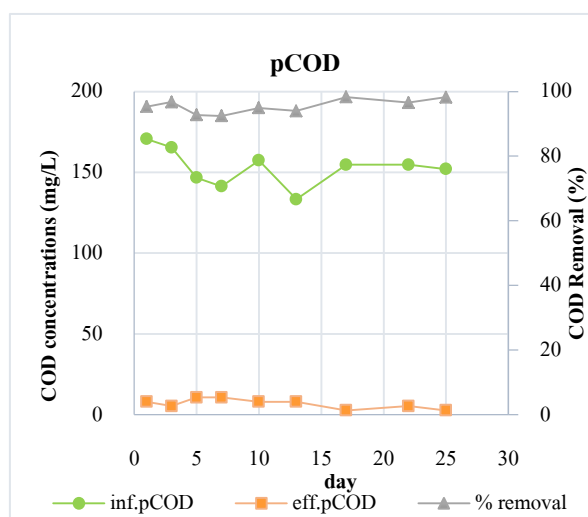
(a)



(b)



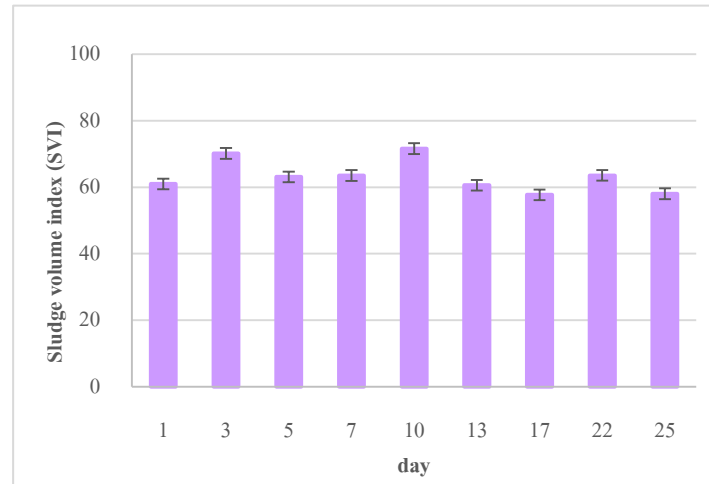
(c)



(d)

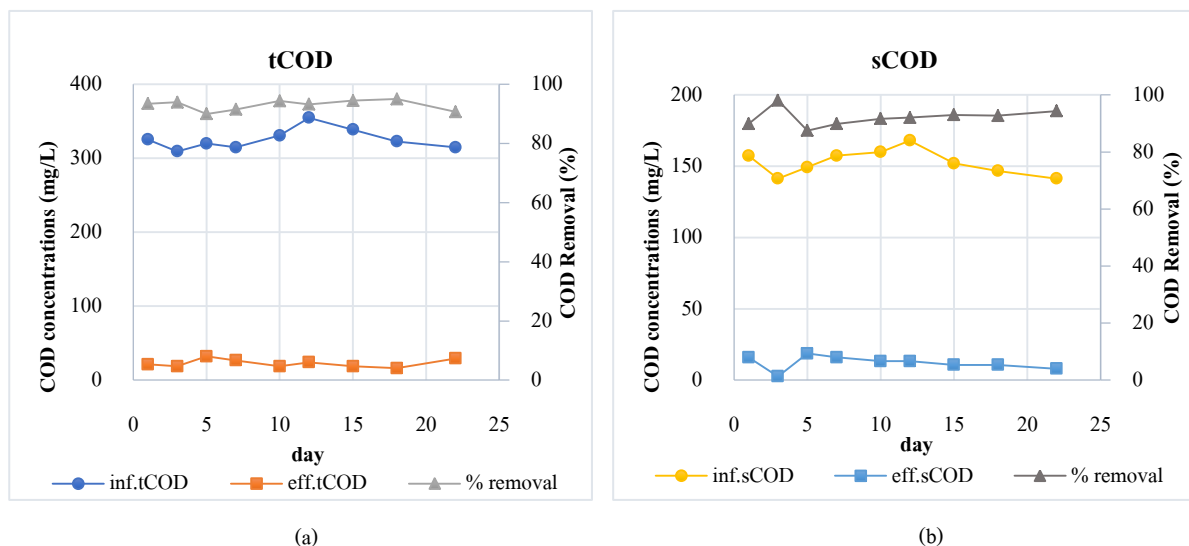
ภาพ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

(a) คือ ซีโอดีรวม (b) คือ ซีโอดีละลาย (c) คือ ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ (d) คือ ซีโอดีในรูปอนุภาค



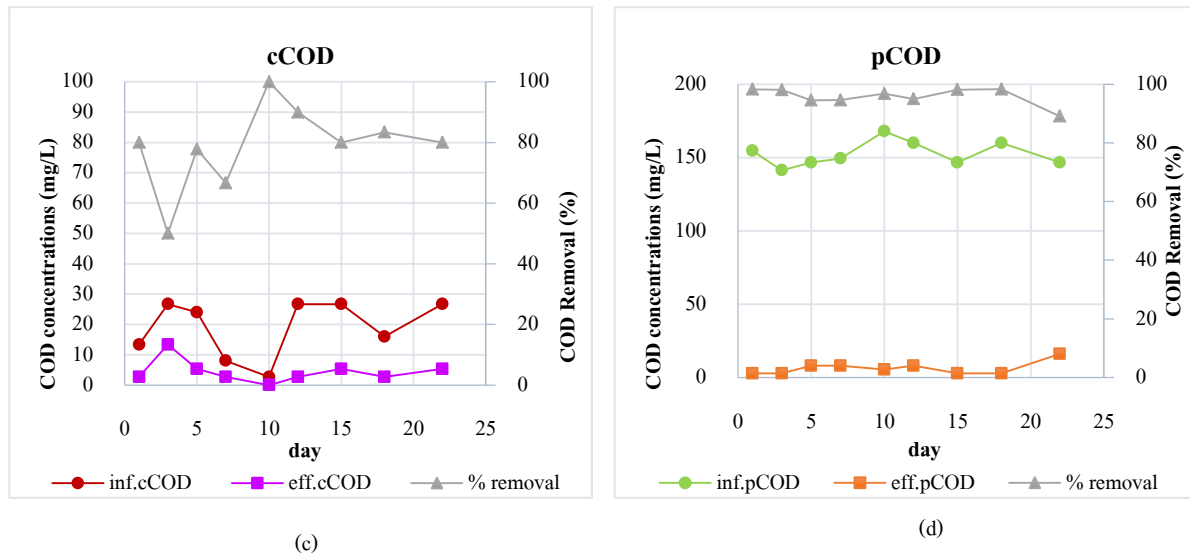
ภาพ 4 ค่าดัชนีปริมาณตะกอนที่การะบรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2) ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่การะบรทุกสารอินทรีย์ 0.90 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน



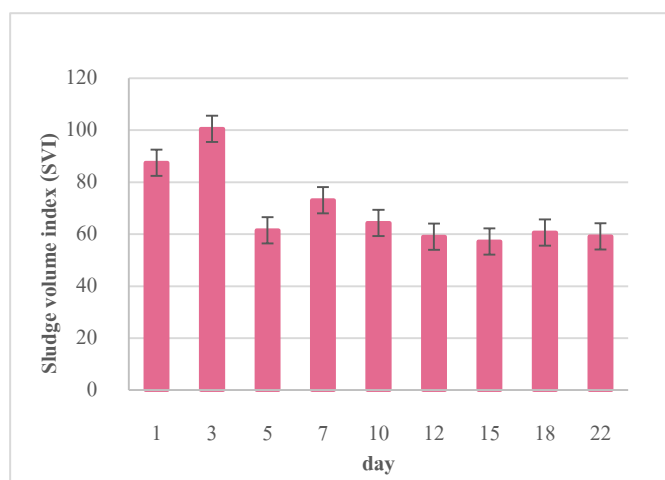
ภาพ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดชีโอดีของถังปฏิกรณ์ที่การะบรทุกสารอินทรีย์ 0.90 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

(a) คือ ชีโอดีรวม (b) คือ ชีโอดีละลาย (c) คือ ชีโอดีในรูปคอลลอยด์ (d) คือ ชีโอดีในรูปอนุภาค



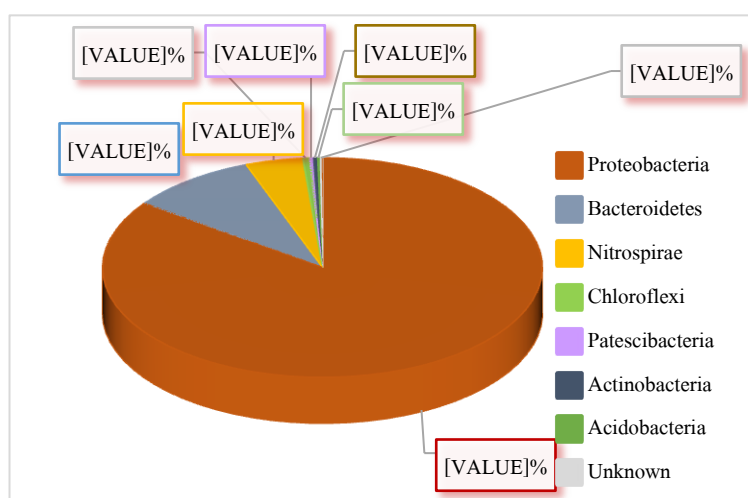
ภาพ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังปฏิกรณ์ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.90 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
(a) คือ ซีโอดีรวม (b) คือ ซีโอดีละลาย (c) คือ ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ (d) คือ ซีโอดีในรูปอนุภาค

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการรับน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดีรวม เท่ากับ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ภายใต้สภาวะคงที่ (25 วันของการเดินระบบ) จากนั้นเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์เป็น 1.5 เท่า (0.90 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน) (22 วันของการเดินระบบ) ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมเฉลี่ย (ภาพ 5) เท่ากับ ร้อยละ 94 ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 0.60 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนของกิจกรรมของจุลินทรีย์ภายในระบบ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีรวมที่สูงขึ้น และประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปต่าง ๆ ประกอบด้วย ซีโอดีละลาย ซีโอดีในรูปคอลลอยด์ และ ซีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 93 ร้อยละ 87 และ ร้อยละ 95 ตามลำดับ โดยที่ ซีโอดีละลายสามารถถูกกำจัดผ่านกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพได้ทันทีเนื่องจากสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์คือ ซูโครสและโซเดียมอะซิเตท เป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กและย่อยสลายได้ง่าย เมื่อลดระยะเวลาเก็บกักน้ำเป็น 8 ชม. ระบบสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ละลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 12 ชม. เนื่องจากเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์จุลินทรีย์ในระบบจะเกิดการปรับตัวต่ออัตราภาระสารอินทรีย์ที่ได้รับ จุลินทรีย์ในระบบย่อยจึงสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในรูปละลายน้ำได้เพิ่มมากขึ้น ทำให้เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายมีประสิทธิภาพที่ร้อยละ 93 ส่วนซีโอดีในรูปคอลลอยด์อาจถูกกำจัดผ่านการดูดติดผิวอย่างรวดเร็วกับสลัดจ์ฟล็อกในถังปฏิกรณ์ ทำให้เมื่อเข้าสู่สภาวะคงที่ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปคอลลอยด์ เท่ากับ ร้อยละ 87 ซีโอดีในรูปอนุภาคเป็นซีโอดีประเภทที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ทันทีและอาจถูกกำจัดผ่านการดูดติดผิวอย่างรวดเร็วกับสลัดจ์ฟล็อกในถังปฏิกรณ์ เช่นเดียวกันกับซีโอดีในรูปคอลลอยด์ ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในรูปอนุภาค เท่ากับ ร้อยละ 95 นอกจากนี้ ค่าดัชนีปริมาณตะกอนในช่วงเดินระบบ 22 วัน อยู่ในช่วง 59 ถึง 101 (ภาพ 6) ซึ่งเป็นช่วงที่สลัดจ์สามารถตกตะกอนได้ดีสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดีภายในระบบ



ภาพ 6 ค่าดัชนีปริมาณตะกอนที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 0.90 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน

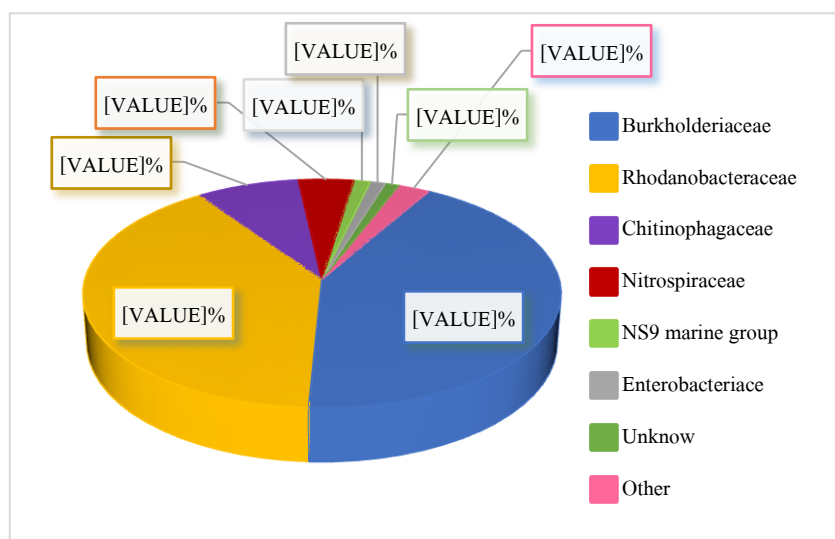
2) โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง



ภาพ 7 ร้อยละของจุลินทรีย์ในระดับไฟลัมที่ตรวจพบในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ

การศึกษากลุ่มประชากรจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Next generation sequencing โดยทำการเก็บมิกซ์ลิเคอร์จากถังปฏิกรณ์ที่ภาระบรทุกสารอินทรีย์ 0.90 กิโลกรัมชีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ณ สภาวะคงที่ และทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2562 เพื่อนำมาวิเคราะห์จำนวนประชากรจุลินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละของไฟลัมที่พบมากที่สุดสามลำดับ (แสดงดังภาพ 7) ได้แก่ ไฟลัม *Proteobacteria* เท่ากับ ร้อยละ 84.9 ไฟลัม *Bacteroidetes* เท่ากับ ร้อยละ 9.4 และไฟลัม *Nitrospirae* เท่ากับ ร้อยละ 4.2 ตามลำดับ โดย ไฟลัม *Proteobacteria* ซึ่งเป็นไฟลัมที่ตรวจพบมากที่สุดในระบบ ซึ่งร้อยละของจุลินทรีย์ในระดับออร์เดอร์ที่พบสูงสุดของไฟลัม *Proteobacteria* ได้แก่ ออร์เดอร์ *Gammaproteobacteria* (ร้อยละ 99.6) และออร์เดอร์ *Alphaproteobacteria* (ร้อยละ 0.4) ตามลำดับ ซึ่งไฟลัม *Proteobacteria* เป็นไฟลัมของจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการกระบวนการออกซิเดชันสารอินทรีย์ ในโตรเจน รวมถึงฟอสฟอรัสในน้ำเสีย (Meerburg et al., 2016)

เนื่องจากเชื้อดัดแปลงที่ได้จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชน จึงมีความเป็นไปได้ในการพบจุลินทรีย์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการกระบวนการออกซิเดชันสารอินทรีย์ ในโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งไฟลัมที่พบมากที่สุดข้างต้น จัดอยู่ในออคเตอร์ *Gammaproteobacteria* กลุ่มจุลินทรีย์ที่พบน่าจะเป็นจุลินทรีย์จีโนส *Rhodanobacter* ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในระบบตะกอนเร่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งของประเทศจีนพบจุลินทรีย์ในระดับไฟลัมสูงสุด ได้แก่ ไฟลัม *Proteobacteria* ร้อยละ 53 โดยร้อยละของจุลินทรีย์ในระดับออคเตอร์ *Gammaproteobacteria* พบที่ร้อยละ 34 (Wang et al., 2012) ขณะที่ ไฟลัมที่พบมากที่สุดเป็นอันดับสอง คือ ไฟลัม *Bacteroidetes* ซึ่งมักพบในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่ง มีความสัมพันธ์กับเชื้อดัดแปลงและน้ำเสียที่ใช้ในการเดินระบบระดับปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของประเทศจีนซึ่งพบไฟลัม *Bacteroidetes* ร้อยละ 9.5 (Zhang et al., 2019) ส่วนไฟลัม *Nitrospirae* มีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกระบวนการไนโตรที่ออกซิเดชันเช่น จุลินทรีย์กลุ่มจีโนส *Nitrospira* (Kits et al., 2019) ทั้งนี้การพบจุลินทรีย์กลุ่มข้างต้นเป็นผลมาจากเชื้อดัดแปลงที่ใช้มีแบคทีเรียออกซิไดซ์ไนโตร รวมทั้งในน้ำเสียสังเคราะห์มีแหล่งไนโตรเจนทำให้จุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตภายในระบบได้ อย่างไรก็ดี ยังพบไฟลัม *Chloroflexi* ร้อยละ 0.5 ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มจุลินทรีย์เส้นใยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฟลอคภายในระบบ รวมถึงกลุ่มจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ในน้ำเสีย (Larsen et al., 2008) ไฟลัมนี้มีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณตะกอนในระบบ เนื่องจากปริมาณกลุ่มจุลินทรีย์เส้นใยพบในระบบน้อย ทำให้สลัดจ์ในระบบสามารถตกตะกอนได้ดี ซึ่งแม้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มเส้นใยจะพบน้อยแต่มีบทบาทสำคัญในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษากลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบร้อยละของจุลินทรีย์ในระดับไฟลัมที่เกี่ยวข้องกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง โดยพบไฟลัม *Proteobacteria* สูงที่สุด (ร้อยละ 48.9) รองลงมา คือ ไฟลัม (ร้อยละ 19.3) และไฟลัม *Chloroflexi* (ร้อยละ 2.9) ตามลำดับ (Xu et al., 2018) นอกจากนี้ยังพบไฟลัม *Patescibacteria* *Actinobacteria* และ *Acidobacteria* เท่ากับ ร้อยละ 0.3 0.2 และ 0.1 ของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามลำดับ และพบจุลินทรีย์ในระดับไฟลัมอื่น ๆ ที่ไม่สามารถระบุไฟลัมได้ ร้อยละ 0.2 ของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในระบบ



ภาพ 8 ร้อยละของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในระดับแฟมิลีที่ตรวจพบในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ

การศึกษาร้อยละของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในระดับแฟมิลีที่ตรวจพบในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่ง ผลการศึกษา พบว่า ร้อยละของแฟมิลีที่พบมากที่สุดสามลำดับ (แสดงดังภาพ 8) ได้แก่ แฟมิลี *Burkholderiaceae* เท่ากับ ร้อยละ 42.4 แฟมิลี *Rhodanobacteraceae* ร้อยละ 39.6 และแฟมิลี *Chitinophagaceae* พบร้อยละ 7.8 ตามลำดับ โดย แฟมิลี *Burkholderiaceae* ซึ่งเป็นแฟมิลีที่ตรวจพบมากที่สุดในระบบ มักพบในน้ำเสียที่มีแหล่งคาร์บอนสูง (Lee et al., 2014) ขณะที่ จุลินทรีย์จีนัส *Chujaibacter* ซึ่งอยู่ในแฟมิลี *Rhodanobacteraceae* ซึ่งเป็นแฟมิลีที่พบมากที่สุดเป็นอันดับสอง จะเป็นจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการดูดซึมน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งคาร์บอนในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการเดินระบบ (Kim et al., 2015) ส่วนกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเซลลูโลส (F.Delong et al., 2004) จะอยู่ในแฟมิลี *Chitinophagaceae* ที่พบมากที่สุดเป็นอันดับสามในระบบ นอกจากนี้ ยังพบแฟมิลี *Nitrospiraceae* (ร้อยละ 4.2) ซึ่งมีจุลินทรีย์กลุ่มจีนัส *Nitrospira* ที่เกี่ยวข้องกับการไนโตรเจนออกซิเดชัน อยู่ในแฟมิลีนี้ด้วย

จากข้อมูลการศึกษาของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Next generation sequencing ในระดับไฟลัมและแฟมิลี ข้างต้นพบว่า ลำดับเบสของจุลินทรีย์บางกลุ่มยังไม่สามารถระบุสปีชีส์ของจุลินทรีย์ที่น่าจะเกี่ยวข้องกับการทำงานในระบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการได้ จึงนำ OTU ID ของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ที่พบในระบบสูงสุด 4 อันดับแรก ไปเทียบกับลำดับเบสในฐานข้อมูลแสดงสปีชีส์จุลินทรีย์ ด้วยโปรแกรม BLAST ผลการเทียบแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ลำดับเบสของสปีชีส์จุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในระบบสูงสุด ลำดับที่ 1 (ร้อยละสัมพันธ์ เท่ากับ 38.2) มีลำดับเบสตรงกับจุลินทรีย์สปีชีส์ *Comamonas serinivorans* ซึ่งมักพบในตะกอนน้ำเสียและสามารถย่อยสลายน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้ (Zhu et al., 2014) สอดคล้องกับประสิทธิภาพในการกำจัดซีโอดี เนื่องจากพบประชากรจุลินทรีย์จุลินทรีย์กลุ่มย่อยสารอินทรีย์สำหรับลำดับเบสของสปีชีส์จุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในระบบเป็นลำดับที่ 2 (ร้อยละสัมพันธ์ เท่ากับ 26.2) มีลำดับเบสตรงกับจุลินทรีย์สปีชีส์ *Rudaea cellulolytica* ซึ่งสามารถย่อยสลายเซลลูโลส และแป้ง รวมถึงน้ำตาลซูโครส (Weon et al., 2009) ที่ถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในน้ำเสียสังเคราะห์สำหรับการเดินระบบ ลำดับเบสของสปีชีส์จุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในระบบเป็นลำดับที่ 3 (ร้อยละสัมพันธ์ เท่ากับ 7.0) มีลำดับเบสตรงกับจุลินทรีย์สปีชีส์ *Chujaibacter soli* จุลินทรีย์ในกลุ่มสปีชีส์นี้มีความสามารถย่อยสลายน้ำตาลกลูโคส (Kim et al., 2015) ถึงแม้ว่ากลุ่มสปีชีส์นี้จะสามารถย่อยสลายน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว แต่ซูโครสซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น คือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และสามารถย่อยสลายต่อไปได้ และลำดับเบสของสปีชีส์จุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในระบบเป็นลำดับที่ 4 (ร้อยละสัมพันธ์ เท่ากับ 6.8) มีลำดับเบสตรงกับจุลินทรีย์สปีชีส์ *Lacibacter nakdongensis* สปีชีส์ข้างต้นเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่พบในตะกอนของแม่น้ำ มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครสและแป้ง (Han, Baek and Lee, 2017) ทั้งน้ำตาลซูโครสและแป้งถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในน้ำเสียสังเคราะห์ของระบบ จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ลำดับเบสของสปีชีส์จุลินทรีย์ที่พบในระบบมากที่สุดทั้ง 4 ลำดับ มีความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นหลัก ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับปฏิบัติการ

ตาราง 3 ผลการเทียบ OTU ID ที่พบสูงสุด 4 อันดับแรกกับลำดับเบสในฐานข้อมูลแสดงสปีชีส์จุลินทรีย์ ด้วยโปรแกรม BLAST

OTU ที่พบมากที่สุด	ร้อยละสัมพันธ์ของ จุลินทรีย์ที่พบ (%)	Accession number	สปีชีส์ของจุลินทรีย์ ที่น่าจะเกี่ยวข้อง	ร้อยละเหมือนของ จุลินทรีย์ที่พบ (%)
1	38.2	CP021455	<i>Comamonas serinivorans</i>	100
2	26.2	NR_044566	<i>Rudaea cellulosilytica</i>	95.77
3	7.0	NR_145539	<i>Chujaibacter soli</i>	99.62

ตาราง 3 ผลการเทียบ OTU ID ที่พบสูงสุด 4 อันดับแรกกับลำดับเบสในฐานข้อมูลแสดงสปีชีส์จุลินทรีย์ ด้วยโปรแกรม BLAST

OTU ที่พบมากที่สุด	ร้อยละสัมพันธ์ของ จุลินทรีย์ที่พบ (%)	Accession number	สปีชีส์ของจุลินทรีย์ ที่น่าจะเกี่ยวข้อง	ร้อยละเหมือนของ จุลินทรีย์ที่พบ (%)
4	6.8	NR_156067	<i>Lacibacter nakdongensis</i>	96.15

หมายเหตุ: OTU คือ Operational taxonomic units

ที่มา: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษา พบว่า โครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์แบบตะกอนเร่งระดับห้องปฏิบัติการ มีความสอดคล้องกับกลุ่มประชากรที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสารอินทรีย์และธาตุอาหารในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่ง เช่น จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คาร์โบไฮเดรต จุลินทรีย์กลุ่มเส้นใย จุลินทรีย์กลุ่มสร้างฟล็อก รวมถึงจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไนโตรเจนออกซิเดชัน นอกจากนี้ โครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์ที่พบมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบ ทั้งที่อยู่ในรูปของชีโอดีละลาย ชีโอดีในรูปคอลลอยด์ และชีโอดีในรูปอนุภาค ซึ่งจากการศึกษาผลของโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งระดับปฏิบัติการ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมประชากรจุลินทรีย์กลุ่มย่อยสลายสารอินทรีย์ จุลินทรีย์กลุ่มสร้างฟล็อก รวมถึงจุลินทรีย์แบบเส้นใยภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในโตรเจน รวมถึงฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ ทั้งนี้ในการศึกษาเพิ่มเติม ควรศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพฟล็อก พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์กลุ่มเส้นใย เพื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ร่วมกับโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- APHA. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- F.Delong, Lory, S., Strackebrandt, E. and Thompson, F. (2004). *The Prokaryotes* (F.Delong, S. Lory, E. Strackebrandt and F. Thompson Eds.). Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Han, J. H., Baek, K. and Lee, M. H. (2017). *Lacibacter nakdongensis* sp. nov., isolated from river sediment. *Int J Syst Evol Microbiol*, 67(2), 352-356. doi:10.1099/ijsem.0.001631
- Jimenez, J., Miller, M., Bott, C., Murthy, S., De Clippeleir, H. and Wett, B. (2015). High-rate activated sludge system for carbon management--Evaluation of crucial process mechanisms and design parameters. *Water Res*, 87, 476-482.
- Juntawang, C., Rongsayamanont, C. and Khan, E. (2017). Entrapped cells-based-anaerobic membrane bioreactor treating domestic wastewater: Performances, fouling, and bacterial community structure. *Chemosphere*, 187, 147-155.
- Kim, S. J., Ahn, J. H., Weon, H. Y., Hong, S. B., Seok, S. J., Kim, J. S. and Kwon, S. W. (2015). *Chujaibacter soli* gen. nov., sp. nov., isolated from soil. *J Microbiol*, 53(9), 592-597. doi:10.1007/s12275-015-5136-y
- Kits, K. D., Jung, M. Y., Vierheilig, J., Pjevac, P., Sedlacek, C. J., Liu, S. and Daims, H. (2019). Low yield and abiotic origin of N₂O formed by the complete nitrifier *Nitrospira inopinata*. *Nat Commun*, 10(1), 1836. doi:10.1038/s41467-019-09790-x
- Klindworth, A., Pruesse, E., Schweer, T., Peplies, J., Quast, C., Horn, M. and Glockner, F. O. (2013). Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies. *Nucleic Acids Res*, 41(1), e1.
- Larsen, P., Nielsen, J. L., Otzen, D. and Nielsen, P. H. (2008). Amyloid-like adhesins produced by floc-forming and filamentous bacteria in activated sludge. *Appl Environ Microbiol*, 74(5), 1517-1526. doi:10.1128/AEM.02274-07
- Lee, S., Geller, J. T., Torok, T., Wu, C. H., Singer, M., Reid, F. C. and Hillson, N. J. (2014). Characterization of wastewater treatment plant microbial communities and the effects of carbon sources on diversity in laboratory models. *PLoS One*, 9(8), e105689. doi:10.1371/journal.pone.0105689
- Lim, C.-P., Neo, J. L., Mar'atusalihat, E., Zhou, Y. and Ng, W. J. (2016). Biosorption for carbon capture on acclimated sludge-Process kinetics and microbial community. *Biochemical Engineering Journal*, 114, 119-129.
- Mamais, D., Jenkins, D. and Pitt, P. (1993). A rapid physical-chemical method for the determination of readily biodegradable soluble COD in municipal wastewater. *Water Res*, 27(1), 195-197.
- Meerburg, F. A., Vlaeminck, S. E., Roume, H., Seuntjens, D., Pieper, D. H., Jauregui, R. and Boon, N. (2016). High-rate activated sludge communities have a distinctly different structure compared to low-rate sludge communities, and are less sensitive towards environmental and operational variables. *Water Res*, 100, 137-145. doi:10.1016/j.watres.2016.04.076

- Silva-Bedoya, L. M., Sanchez-Pinzon, M. S., Cadavid-Restrepo, G. E. and Moreno-Herrera, C. X. (2016). Bacterial community analysis of an industrial wastewater treatment plant in Colombia with screening for lipid-degrading microorganisms. *Microbiol Res*, 192, 313-325. doi:10.1016/j.micres.2016.08.006
- Wan, J., Gu, J., Zhao, Q. and Liu, Y. (2016). COD capture: a feasible option towards energy self-sufficient domestic wastewater treatment. *Sci Rep*, 6, 25054.
- Wang, X., Hu, M., Xia, Y., Wen, X. and Ding, K. (2012). Pyrosequencing analysis of bacterial diversity in 14 wastewater treatment systems in China. *Appl Environ Microbiol*, 78(19), 7042-7047. doi:10.1128/AEM.01617-12
- Weon, H. Y., Yoo, S. H., Kim, Y. J., Lee, C. M., Kim, B. Y., Jeon, Y. A. and Kwon, S. W. (2009). *Rudaea cellulositytica* gen. nov., sp. nov., isolated from soil. *Int J Syst Evol Microbiol*, 59(Pt 9), 2308-2312. doi:10.1099/ijs.0.005165-0
- Xu, S., Yao, J., Ainiwaer, M., Hong, Y. and Zhang, Y. (2018). Analysis of Bacterial Community Structure of Activated Sludge from Wastewater Treatment Plants in Winter. *Biomed Res Int*, 2018, 8278970. doi:10.1155/2018/8278970
- Zhang, L., Shen, Z., Fang, W. and Gao, G. (2019). Composition of bacterial communities in municipal wastewater treatment plant. *Science of The Total Environment*, 689, 1181-1191. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.432
- Zhu, D., Xie, C., Huang, Y., Sun, J. and Zhang, W. (2014). Description of *Comamonas serinivorans* sp. nov., isolated from wheat straw compost. *Int J Syst Evol Microbiol*, 64(Pt 12), 4141-4146. doi:10.1099/ijs.0.066688-0

การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการประยุกต์ใช้แนวทางการประมูลย้อนกลับ
กรณีศึกษา ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

**Improving the Cost-Effectiveness of Soil and Water Conservation Activities by Reverse Auction:
Case Study of Mae Salong Nok Sub-district, Mae Fah Luang district, Chiang Rai**

สุเทพ จันทรอำพร^{1✉}

Suthep Janamporn^{1✉}

¹ คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

¹ Graduate School of Environmental Management, National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail: janamporn.sj@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการประยุกต์ใช้แนวทางการประมูลย้อนกลับในการคัดเลือกเกษตรกรที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเกษตรในตำบลแม่สลองนอก ซึ่งเป็นเกษตรกรที่ประสงค์เข้าร่วมโครงการ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 จำนวน 23 ราย โดยการทำการวิจัยทั้งหมดเพื่อให้เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการประมูลย้อนกลับเพื่อเสนอราคาที่ดินเข้าร่วมกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการศึกษาพบว่า ประการแรก จากการเปรียบเทียบระดับรายได้และระดับราคาของกลุ่มตัวอย่างเสนอระหว่างการประมูลย้อนกลับ โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ One Sample T-Test ในการเปรียบเทียบ พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการเมื่อค่าตอบแทนที่ได้รับจากโครงการสูงกว่าระดับรายได้ หรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเองในการทำการเกษตรอย่างมีนัยยะสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 95 ประการที่สอง เมื่อนำข้อมูลระดับราคาการจ่ายแบบตายตัวและจากวิธีประมูลย้อนกลับ มาคูณด้วยจำนวนพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่ชนะการประมูล ทั้ง 16 คน จะได้ต้นทุนแรงงานของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างแต่ละรายที่คำนวณจากทั้งสองวิธีการ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับราคาการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัวและระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับ พบว่าการจ่ายค่าตอบแทนในระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับมีต้นทุน (ต้นทุนแรงงาน) ใช้น้อยกว่าเพื่อจ่ายเป็นค่าแรงเพียง 291,900 บาท ในขณะที่การจ่ายแบบตายตัว ใช้น้อยกว่าถึง 489,280 บาท ทำให้ใช้งบประมาณต่ำกว่าการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัวถึง 197,380 บาท

คำสำคัญ: กิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำ การประมูลย้อนกลับ การตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ

ABSTRACT

This study is a research with the objectives to seek an approach to improving the cost-efficiency of conservation activities through the application of reverse auction to select farmers participating in the soil and water conservation project. The sample of respondents in this research comprises 23 farmers in Mae Salong Nok Sub-District, who

demonstrated their willingness to participate in the project activities in the fiscal year 2020. In this quasi-experimental research, the participating farmers were asked to propose the prices that are acceptable for them and, therefore, willing to participate in the soil and water conservation activities. The research reveals two main findings: i) based on a comparison between incomes and prices proposed by the sample respondents during the auction, using One-Sample T-Test. The findings show that the farmers were willing to participate in the project when the remuneration gained from the project was higher than their income levels or the opportunity costs of being involved in the project and deviating from working in agriculture, with the result being statistically significant at 95 % confidence level; and ii) when multiplying fixed price and auction price by the number of agricultural areas of each sampling farmer who won the auction, labour costs of each sampling farmers were obtained for both methods of the fixed price and auction price. Then, labour costs of both methods were compared. Based on a comparison between the fixed price rates of costs and auction price rate, it is found that the budget to be spent for labour costs would be 291,900 Thai baht by auction price method, whereas the budget for the fixed-price payment method would cost as high as 489,280 Thai baht. Thus, the budget using the reverse auction payment method would be 197,380 Thai baht lower than that of the fixed-price method.

Keywords: Soil and Water Conservation Activity, Reverse Auction, Payment for Ecosystem Service

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งมีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณ 130 ล้านไร่ ดินและที่ดินจึงเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญทางการเกษตร จากการประเมินความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน (สุชาติและคณะ, 2550) โดยจำแนกตามสภาพชั้นความเสื่อมพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ดินเสื่อมโทรมที่ต้องเฝ้าระวังถึง ร้อยละ 41.47 ซึ่งนอกเหนือไปจากสาเหตุความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติแล้ว สาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งของปัญหาดินเสื่อมในประเทศไทย คือ การเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรจากระบบเกษตรเพื่อการยังชีพ (Subsistence agriculture) มาเป็นระบบเกษตรเชิงพาณิชย์ (Commercial agriculture) นำไปสู่การใช้ประโยชน์ทรัพยากรดินที่ไม่เหมาะสมต่อเนื่อง เป็นระยะเวลายาวนาน ขาดการปรับปรุงคุณภาพดินที่เหมาะสม ซึ่งปัญหาดังกล่าวกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าภาคเหนือเป็นพื้นที่มีการเสื่อมโทรมของทรัพยากรมากที่สุดภูมิภาคหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดในพื้นที่ภาคเหนือที่ประสบปัญหาดินเสื่อมและปัญหาหมอกควันจากการเผาทำลายตอซังฟางข้าว ตอข้าวโพด และเศษวัสดุเหลือใช้ ในไร่ นา เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกฤดูกาลใหม่ทุกปี ทำให้พื้นที่สูญเสียธาตุอาหารในดินซึ่งนำไปสู่การเสื่อมโทรมของที่ดินในที่สุด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) ในขณะเดียวกันพบว่าพื้นที่ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ซึ่งมีอัตราการการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (มีการสูญเสียหน้าดินมากกว่า 20 ตัน/ไร่/ปี) ในพื้นที่สูงถึงร้อยละ 31.36 หรือ 32,059 ไร่ (โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่สลอง, 2558)

สำหรับแนวทางแก้ไขปัญหาดินเสื่อมในช่วงเวลาที่ผ่านมานี้ในระดับพื้นที่ สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย กรมพัฒนาที่ดิน ได้มีบทบาทเข้าไปดำเนินการในการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมในพื้นที่อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 โดยการนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมาใช้เป็นแนวทางแก้ไขปัญหาดิน โดยแบ่งมาตรการออกเป็น 2 มาตรการหลัก คือ มาตรการทางวิธีกัล ได้แก่ การทำคูรับน้ำขอบเขา การทำขั้นบันได การปลูกพืชตามแนวระดับ เพื่อใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น การปลูกชา การปลูกไม้ผลเมืองหนาว เป็นต้น และมาตรการทางวิธีพิช ได้แก่ การส่งเสริมการปลูก

หญ้าแฝกเพื่อลดการพังทลายของดิน การส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้น ผลไม้เมืองหนาว แทนการปลูกพืชไร่ โดยการสนับสนุนกล้าไม้ เช่น ต้นชา ต้นกาแฟ ต้นโอโวคาโด ลูกไหนด นอกจากนั้น ยังมีหน่วยงานต่าง ๆ ที่เข้าร่วมสนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรดิน เช่น โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย หลังจากที่กรมพัฒนาที่ดินเข้าไปสนับสนุนดำเนินการจัดทำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว โครงการหลวงจะเข้ามาสนับสนุนเรื่องอาชีพให้กับเกษตรกร โดยการส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น ปลูกผัก และไม้ผลเมืองหนาว ทดแทนการปลูกพืชไร่ โดยการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์และกิ่งพันธุ์ อุปกรณ์ทางการเกษตร จากมาตรการดังกล่าวยังทำให้เกิดการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อปลูกพืชส่งโครงการหลวง เช่น กลุ่มผัก กลุ่มกาแฟ กลุ่มชา และกลุ่มไม้ผล เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม จากการดำเนินโครงการของสถานีพัฒนาที่ดินและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นเพียงการแก้ไขปัญหาการเสื่อมโทรมของที่ดินและชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกรภายใต้กรอบงบประมาณและเป้าหมายพื้นที่โครงการ ทำให้การนำมามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมาใช้ดำเนินการระดับพื้นที่ยังมีข้อจำกัดทั้งทางด้านงบประมาณและพื้นที่ดำเนินการตามเป้าหมายโครงการเท่านั้น โดยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย มีเป้าหมายในตำบลแม่สลองนอก เพียง 1 หมู่บ้าน ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายเพียงประมาณ 400 ไร่ ภายใต้งบประมาณที่จำกัดพบปัจจัยที่ชี้ให้เห็นช่องว่างที่ทำให้ไม่สามารถใช้ต้นทุน (ต้นทุนแรงงาน) โครงการอนุรักษ์ดินและน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เป็นโครงการที่เปิดให้เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำกินที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมายสมัครเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบสมัครใจไม่มีเงื่อนไข ค่าตอบแทนที่จ่ายให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการเป็นต้นทุนแรงงานถึงร้อยละ 61 ยิ่งไปกว่านั้น ยังไม่มีการศึกษาแรงจูงใจที่แท้จริงของเกษตรกรในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำเกษตรและประโยชน์โดยรวมที่เกิดขึ้นกับระบบนิเวศและทรัพยากรดิน ทำให้ขาดข้อมูลเพื่อนำไปใช้กำหนดทิศทางการส่งเสริมและสนับสนุนการแนวทางแก้ไขปัญหามีประสิทธิภาพ

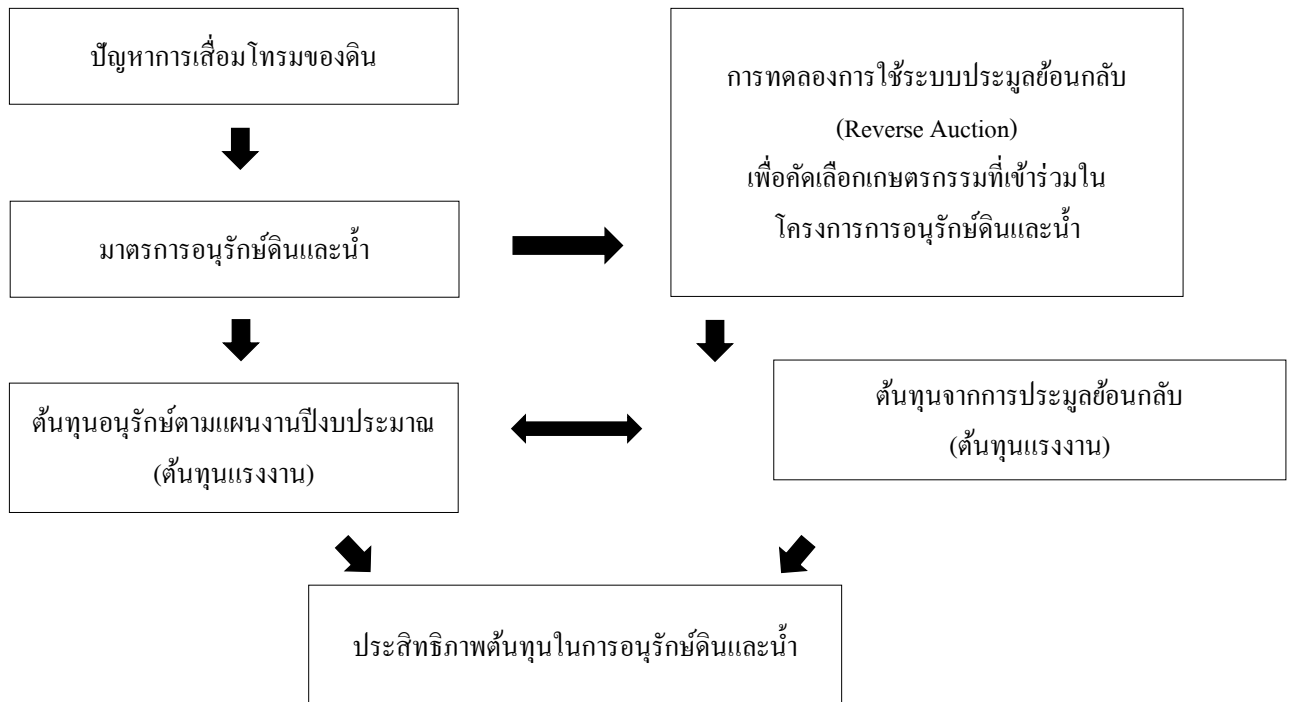
แนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ต้นทุน (ต้นทุนแรงงาน) ของโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าจากประสบการณ์ในการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ การกำหนดค่าตอบแทนผู้ให้บริการเชิงนิเวศหรือผู้ที่กิจกรรมอนุรักษ์ โดยการประมูลย้อนกลับ (Reverse auction) เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการสรรหาบุคคลที่จะเข้ามาทำหน้าที่ผู้ให้บริการเชิงนิเวศ คือ การประมูล (Auction) เพื่อรับสัญญาจ้างการทำงานตามกิจกรรมที่โครงการอนุรักษ์กำหนดขึ้น แนวทางดังกล่าวเป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์รูปแบบหนึ่งที่สามารถการดึงเอาข้อมูลของผู้ที่ประสงค์เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ในเรื่องเกี่ยวกับระดับการจ่ายค่าตอบแทนและแรงจูงใจขั้นต่ำที่สุด ที่ยอมรับค่าตอบแทนที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ (Ferraro, 2004 ; Latacz –Lohmann and Schilizzi, 2005)

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลัก ประการแรก เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการประยุกต์ใช้แนวทางการประมูลย้อนกลับ (Reverse auction) ในการคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ประการที่สอง เพื่อนำผลการศึกษาไปจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อสถานีพัฒนาที่ดินและโครงการขยายผลโครงการหลวงแม่สลอง ในการออกแบบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์และกรอบแนวคิดการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ โดยการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นตอบคำถามการวิจัย (Research question) ที่สำคัญ 2 คำถาม ประกอบด้วย 1) เกษตรกรจะมีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำก็ต่อเมื่อค่าตอบแทนที่ได้รับจากโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำสูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเองในการทำการเกษตรใช้หรือไม่ 2) การใช้วิธีการประมูลย้อนกลับในการคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำจะสามารถทำให้การใช้ต้นทุนดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ต้นทุนแรงงาน) ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่

วิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างของการศึกษา (Population) ประชากรของการศึกษาจะเป็นเกษตรกรที่อาศัยในพื้นที่บ้านหล่อโฮ ตำบลแม่สลองนอก อำเภอมะปาย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 77 ราย ซึ่งเป็นเกษตรกรที่ทำเกษตรบนที่ลาดชัน ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของหมู่บ้านยังไม่ได้เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นพื้นที่เป้าหมายโครงการหลวง และยังเป็นพื้นที่เป้าหมายของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ เพียงหมู่บ้านเดียวในตำบลแม่สลองนอก ตามปีงบประมาณ พ.ศ.2563 ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ของการศึกษานี้จะใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบไม่อิงทฤษฎีความน่าจะเป็นโดยการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive selection) กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นเกษตรกร จำนวน 23 คน ที่แจ้งความประสงค์เข้าร่วมโครงการและมีพื้นที่ทำการเกษตรในพื้นที่เป้าหมายโครงการ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ครอบคลุมพื้นที่จำนวนประมาณ 400 ไร่ ซึ่งอาจเป็นเกษตรกรที่เคยหรือไม่เคยเข้าร่วมโครงการที่ผ่านมาของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ก็ได้ สำหรับผู้ให้ข้อมูลหลัก (Key informants) ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) ผู้ให้ข้อมูลแต่ละคนจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องการแก้ไขปัญหาดินเสื่อม มาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นอย่างดี โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ผู้ให้ข้อมูลหลักด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในระดับพื้นที่ของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ กลุ่มที่ 2 ผู้ให้ข้อมูลหลักที่ตัวแทนของหน่วยงานที่ทำหน้าที่สนับสนุนด้านวิถีชีวิตและความเป็นอยู่หลัง ดำเนินมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ได้แก่ เจ้าหน้าที่โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่สลอง อำเภอมะปาย จังหวัดเชียงใหม่

กรอบแนวคิดในการวิจัย ตามภาพที่ 1 จะเริ่มจากระบบปัญหาและสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดดินเสื่อมในพื้นที่ศึกษาและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีการดำเนินอยู่ในปัจจุบัน โดยสถานีพัฒนาที่ดิน จังหวัดเชียงใหม่ หลังจากนั้นจะทำการศึกษาด้านทุนมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่หน่วยงานเสนอตามแผนงาน/โครงการในปีงบประมาณ พ.ศ.2563 และทดลองวิธีการประมูลย้อนกลับในการคัดเลือกเกษตรกรที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อให้ทราบระดับราคาค่าตอบแทนที่เกษตรกรเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของเกษตรกร หลังจากนั้นจะนำข้อมูลต้นทุนการอนุรักษ์ (เฉพาะต้นทุนแรงงาน) ทั้ง 2 วิธีการ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบว่าวิธีการใดเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพต้นทุนการอนุรักษ์มาก โดยเปรียบเทียบในมิติงบประมาณที่ถูกใช้และมิติดินพื้นที่ที่จะมีการดำเนินการกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยผู้วิจัยจะนำข้อค้นพบจากการวิเคราะห์มาประกอบการจัดทำข้อเสนอแนะการประยุกต์ใช้แนวทางการคัดเลือกผู้ให้บริการเชิงนิเวศ (Service provider) โดยใช้รูปแบบการประมูลย้อนกลับ (Reverse auction) ภายใต้กรอบแนวคิดการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ (Payment for Ecosystem Service: PES) ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยผสมทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ (Mixed method research) การออกแบบการศึกษาจึงเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) จะใช้วิธีการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยเนื้อหาของแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ อายุ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน อาชีพหลัก ระดับรายได้ เป็นต้น ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐ นอกจากนั้น ยังมีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ให้ข้อมูลหลักโดยใช้แบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-structure interview) และการจัดการประมูลเชิงทดลอง (Quasi-experimental auction) จำนวน 1 ครั้ง โดยวิธีการประมูลย้อนกลับ หรือเป็นการประมูลเสนอราคาต่ำ เพื่อหาเกษตรกรที่มีความเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ สำหรับขั้นตอนในการจัดการประมูล สามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน 1) การชี้แจงทำความเข้าใจอธิบายขั้นตอนการประมูล และลักษณะของสัญญาที่ใช้ประกอบการพิจารณาในการประมูล ดังตารางที่ 1 แต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ ไม่มีการจ่ายค่าตอบแทนจริงในรูปตัวเงินและการทำสัญญาขึ้นจริง จึงไม่ได้กำหนดมาตรการในกรณีที่มีการผิดเงื่อนไขสัญญาหรือกรณีการยกเลิกสัญญาเหมือนกับโครงการวิจัยและโครงการนำร่องที่นำเอาการประมูลย้อนกลับมาใช้ในต่างประเทศ 2) การทดสอบการประมูลโดยรูปแบบ English reverse auction และรูปแบบ Second price auction รูปแบบละ 1 รอบ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความคุ้นเคยกับระบบการประมูล และ 3) การประมูลเชิงทดลองจริง โดยใช้รูปแบบ Second price auction จำนวน 1 รอบ ดังรูปแบบตาม ตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ลักษณะของสัญญาที่เสนอเพื่อการเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำในการประมูลย้อนกลับ

กิจกรรมด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ	การจัดทำคูรับน้ำขอบเขา ความยาว 160 เมตรต่อไร่
กำหนดการจ่ายค่าตอบแทน	- จ่ายค่าตอบแทนทุก 15 วัน ตามความยาวที่ขุดได้ รวมทั้งสิ้นจะมีการจ่าย 4 ครั้ง ภายในระยะเวลา 2 เดือน หรือตามที่ดำเนินการเสร็จ
ระยะเวลาดำเนินการและการติดตามประเมินผล	- ระยะเวลาดำเนินโครงการ 2 เดือน การติดตามจะมีการดำเนินการทุก 15 วัน

ตารางที่ 2 ลักษณะประมูลเชิงทดลองการประมูลย้อนกลับ

องค์ประกอบการประมูล	รูปแบบ
รูปแบบการประมูล	Second price แบบปิดผนึกซองประมูล
จำนวนผู้ชนะการประมูล	จำนวนทั้งหมดที่เต็มใจรับค่าตอบแทน
จำนวนผู้เข้าร่วมประมูล	23 คน
การประกาศผู้ที่ชนะการประมูล	แจ้งเป็นรหัสผู้ประมูล
การประกาศจำนวนวงงบประมาณ	ไม่แจ้ง
จำนวนรอบการประมูล	1 รอบ

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติภูมิจากแหล่งข้อมูลจากแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และการประมูลเชิงทดลองโดยวิธีการประมูลย้อนกลับ ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่างและต้นทุนสำรวจของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (เฉพาะต้นทุนแรงงาน) ของมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากแบบสำรวจข้อมูลพื้นฐาน การสัมภาษณ์เชิงลึกและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะนำข้อมูลวิเคราะห์และออกแบบการประมูลเชิงทดลองการประมูลย้อนกลับ (Quasi-experimental reverse auction) ที่สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่เพื่อจัดการทดลองการประมูลย้อนกลับในระดับพื้นที่ ส่วนที่ 2 ข้อมูลสำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพต้นทุนการอนุรักษ์ดินและน้ำ จะนำข้อมูลต้นทุนสำรวจของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ต้นทุนแรงงาน) ที่สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย กำหนดไว้ตามปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลต้นทุนการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ต้นทุนแรงงาน) ที่ได้จากการประมูลเชิงทดลองการประมูลย้อนกลับซึ่งเป็นระดับราคาที่ทำให้เกษตรกรเต็มใจที่รับ (Willingness to Accept : WTA) เพื่อดำเนินการตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ การวิเคราะห์จะให้ความสำคัญกับการเปรียบเทียบต้นทุนการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของต้นทุนในด้านจำนวนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการและพื้นที่ดำเนินโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่วนที่ 3 ข้อมูลสำหรับจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการประยุกต์ใช้รูปแบบการประมูลย้อนกลับใน การเพิ่มประสิทธิภาพต้นทุนการอนุรักษ์ดินและน้ำ จะนำข้อมูลที่ได้จากสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ให้ข้อมูลหลักจากหน่วยงานในระดับพื้นที่ การทบทวนเอกสารข้อมูลโครงการระดับพื้นที่ และกรอบแนวคิดเรื่องการตอบแทนคุณของระบบนิเวศ มาใช้ในการจัดทำข้อเสนอแนะ นอกจากนั้นการศึกษาได้นำโปรแกรมทางสถิติ SPSS มาใช้เพื่อวิเคราะห์ผล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) จากข้อมูลในส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของกลุ่มตัวอย่าง และใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบ โดยใช้ One Sample T-Test ในการเปรียบเทียบข้อมูลในส่วนที่ 2 วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระดับรายได้ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง (ต้นทุนด้านค่าเสียโอกาส) และระดับราคาที่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเสนอระหว่างกระบวนการประมูลย้อนกลับ ซึ่งจะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการพิสูจน์สมมติฐานของการศึกษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. ผลการประมูลเชิงทดลองในรูปแบบการประมูลย้อนกลับ

พบว่าระดับราคาที่ถูกลงเสนอต่ำที่สุด คือ 300 บาท/วัน มีกลุ่มตัวอย่างที่เสนอราคา ณ ระดับราคาดังกล่าวในรอบแรก จำนวน 7 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 30.4 ของผู้เข้าร่วมประมูลทั้งหมด ดังนั้นในการทดลองจะพบว่าผู้ที่ชนะการประมูลมีจำนวน 7 คน จะมีการจ่ายค่าตอบแทนในระดับที่เป็น Second lowest price คือ ระดับราคาที่ 350 บาท/ต่อวัน ซึ่งจากจำนวนเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่ชนะการประมูล จำนวน 7 คน จะครอบคลุมพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 119 ไร่

หลังจากนั้นผู้ทำการประมูลได้เสนอราคา Second lowest price สำหรับผู้เข้าร่วมการประมูลคนอื่น ๆ ว่า ณ ระดับการจ่ายค่าตอบแทนที่ 350 บาท/วัน มีผู้เข้าร่วมประมูลท่านอื่นยินดีที่จะเข้ายอมรับเข้าร่วมโครงการเพิ่มเติมหรือไม่ พบว่ามีผู้เข้าร่วม จำนวน 9 คน ที่เสนอราคาในครั้งแรกที่ 350 บาท/วัน ยินดีที่จะเข้าร่วมโครงการ สำหรับผู้เข้าร่วมการประมูลที่เสนอราคาสูงกว่า 350 บาท ไม่มีผู้เข้าร่วมคนใดเปลี่ยนใจ ทำให้ผลการประมูลสุดท้ายของการประมูลเชิงทดลองการประมูลย้อนกลับ มีผู้เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ จำนวน 16 คน สามารถครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายของได้ถึง 278 ไร่ จากเป้าหมาย 400 ไร่ และทำให้เมื่อนำระดับราคาที่เต็มใจจะเข้าร่วมโครงการ จากราคาต่อวันไปเป็นต้นทุนแรงงานทำกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำต่อไร่ จะเท่ากับต้นทุนแรงงาน 1,050 บาท/ไร่ (ค่าเฉลี่ยการขุดรูรับน้ำขอบเขา 160 เมตร/ไร่ จะใช้เวลาในการขุดประมาณ 3 วัน)

ตารางที่ 3 ระดับราคาที่เสนอในการประมูลย้อนกลับ

ระดับราคาที่เสนอ (บาท/วัน)	จำนวนคนที่เสนอราคา	ร้อยละ
300	7	30.40
350	9	39.10
400	3	13.00
500	1	4.30
600	3	13.00
รวม	23	100.00

2. ผลการเปรียบเทียบต้นทุนค่าเสียโอกาสและค่าตอบแทนที่เสนอเพื่อเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมูลย้อนกลับในต่างประเทศ พบว่าในการนำรูปแบบการประมูลย้อนกลับมาใช้ หากไม่มีการจัดทำสัญญาและไม่มีสิ่งจูงใจที่เป็นค่าตอบแทนจริง อาจจะไม่สามารถทำให้ผู้เข้าร่วมประมูลเปิดเผยต้นทุนค่าเสียโอกาสที่แท้จริงของตนเอง หรือ เป็นการเสนอราคาเพื่อรับค่าตอบแทนที่ต่ำกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเอง ดังนั้น เนื่องจากในการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงทดลอง ไม่มีการทำสัญญาและการจ่ายค่าตอบแทนที่เป็นตัวเงิน ซึ่ง

อาจจะทำให้กลุ่มตัวอย่างไม่เปิดเผยต้นทุนค่าเสียโอกาสที่แท้จริง ดังนั้น จึงได้กำหนดสมมุติฐานของการวิจัย (Research hypothesis) ซึ่งเป็นสมมุติฐานแบบมีทิศทาง ไว้ดังนี้

H_0 : เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำเมื่อค่าตอบแทนที่ได้รับเท่ากับต้นทุนค่าเสียโอกาส

H_1 : เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำเมื่อค่าตอบแทนที่ได้รับสูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส

ในการทดลองสมมุติฐานได้ใช้ One Sample T-Test ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เปรียบเทียบข้อมูล 1 กลุ่มกับค่ามาตรฐานหรือค่าที่มีอยู่ก่อนแล้ว เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 100 ($n < 100$) ผู้ศึกษาจึงใช้ T-Test ในการเปรียบเทียบระหว่างระดับรายได้ของกลุ่มตัวอย่างหรือต้นทุนค่าเสียโอกาสของกลุ่มตัวอย่าง กับ ระดับราคาค่าตอบแทนที่กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนเสนอในการในการประมูลย้อนกลับ อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ได้ พิจารณาถึงการกระจายตัวของข้อมูลว่าเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) และค่าสูงต่ำผิดปกติ (Outlier) ทำให้พบค่าสูงผิดปกติ จึงมีการตัดค่าราคาข้อเสนอสูงผิดปกติ จำนวน 3 ตัวอย่าง หรือระดับราคาที่ 600 บาท จึงทำให้เกิดการแจกปกติของข้อมูลและทำให้สามารถนำข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มาใช้วิเคราะห์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของรายได้และราคาที่เสนอในการประมูล

	จำนวน	M	SD	Std. Error Mean
รายได้	20	277.27	178.13	39.83
ราคาที่เสนอ	20	347.50	49.93	11.17

จากข้อมูลในตารางที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยรายได้ของกลุ่มตัวอย่างมีรายได้เฉลี่ย 277.27 บาท/วัน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 178.13 ในขณะที่ระดับราคาที่กลุ่มตัวอย่างเสนอในการประมูลย้อนกลับมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 347.50 บาท/วัน โดยมีการค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 49.93 สะท้อนให้เห็นว่าระดับรายได้ของเกษตรกรของกลุ่มตัวอย่างมีการกระจายตัวของข้อมูลมากกว่าระดับราคาที่เสนอในการประมูลย้อนกลับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของระดับราคาที่เสนอในการประมูลย้อนกลับสูงกว่าค่าเฉลี่ยรายได้ของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ One Sample T-Test Test Value = 277.27

	T	DF	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ราคาที่เสนอ	6.31	19	0.000*	70.50	47.13	93.87

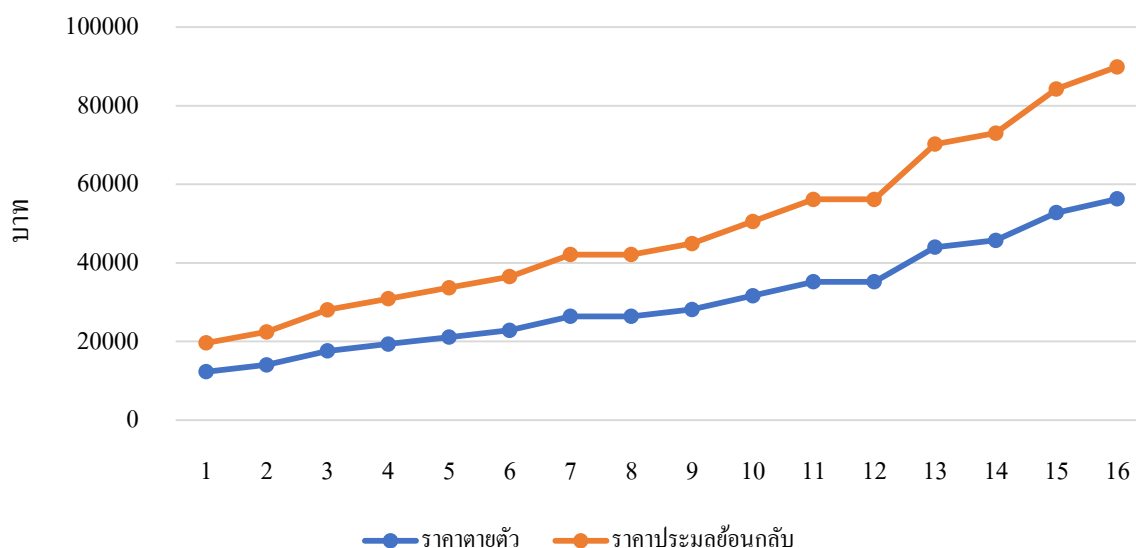
ผลการเปรียบเทียบโดยใช้ One Sample T-test ดังตารางที่ 5 พบว่าระดับรายได้ของกลุ่มตัวอย่างและราคาที่เสนอในการประมูลย้อนกลับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ ร้อยละ 95 อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า แม้จะเป็นการประมูลย้อนกลับถึงทดลองซึ่งไม่มีการทำสัญญาและการจ่ายค่าตอบแทนจริง แต่กลุ่มตัวอย่างก็ยังเต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำเมื่อค่าตอบแทนที่ได้รับสูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์และการศึกษาในต่างประเทศ

ในส่วนที่การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำซึ่งเป็นผลการทดลองใช้ระบบประมูลย้อนกลับและต้นทุนสำรวจของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย พบว่าในการคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำจะเป็นรูปแบบสมัคร จะใช้พื้นที่เป้าหมายเป็นตัวกำหนด ถ้าเกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่เป้าหมาย เกษตรกรทุกคนสามารถสมัครได้โดยไม่จำกัดพื้นที่ของเกษตรกรแต่ละคน ในขณะที่ต้นทุนที่จะใช้ในการจ่ายค่าตอบแทนแรงให้เกษตรกรทางสถานีพัฒนาที่ดิน จะมีกำหนดระดับราคาค่าตอบแทนแบบตายตัว (Fixed payment scheme) เช่น ในกรณีการทำคูรับน้ำขอบเขา จะมีอัตราค่าตอบแทนให้เกษตรกรในการขุด ความยาวเมตรละ 10 – 12 บาท ขึ้นอยู่กับความชันของพื้นที่และจำนวนความกว้างของคันคู ดังนั้น ราคาเฉลี่ยจะเท่ากับ เมตรละ 11 บาท และโดยเฉลี่ยพื้นที่ 1 ไร่ จะต้องมีการขุดคันคู ความยาวประมาณ 160 เมตร ดังนั้น ราคาต้นทุนแรงงานในการทำกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีค่าประมาณ 1,760 บาท/ไร่ ซึ่งทุกคนที่เข้าร่วมโครงการจะได้รับอัตราค่าตอบแทนในอัตราที่ตายตัว

เมื่อนำวิธีการจ่ายค่าตอบแทนให้กับเกษตรกรแบบค่าตอบแทนแบบตายตัว กับการจ่ายค่าตอบแทนในรูปแบบการประมูลย้อนกลับจะมีความแตกต่าง ดังนี้

ตารางที่ 6 เปรียบต้นทุนแรงงานกิจกรรมอนุรักษ์ในรูปแบบค่าตอบแทนแบบตายตัวและค่าตอบแทนจากการประมูลย้อนกลับ

รูปแบบการจ่ายแบบ	ค่าตอบแทนแบบตายตัว	ค่าตอบแทนจากการประมูลย้อนกลับ
จำนวนคนที่เข้าร่วมโครงการ	23 คนหรือมากกว่าจนกว่าครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย 400 ไร่	16 คน หรือมากกว่าโดยประมูลจนครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายหรือจนกว่างบประมาณจะหมด
ขนาดพื้นที่	400 ไร่	278 ไร่
ระดับราคาที่จ่าย (ต้นทุนแรงงาน)	1,760 บาท/ไร่	1,050 บาท/ไร่
ประมาณต้นทุน (บาท)	704,000	291,900



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบราคาการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัวและแบบการประมูลย้อนกลับของกลุ่มตัวอย่างที่ชนะการประมูลทั้ง 16 คน

จากตารางที่ 6 พบว่าระดับราคาที่สะท้อนต้นทุนกิจกรรมอนุรักษ์ต่อหน่วยจากวิธีการประมูลย้อนกลับ มีต้นทุนที่ต่ำกว่าการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัว ลดจาก 1,760 บาท/ไร่ เป็น 1,050 บาท/ไร่ เพราะเป็นวิธีการเปิดเผยความเต็มใจที่จะ

รับค่าตอบแทน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมกิจกรรมได้พิจารณาต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเองไปแล้ว โดยเปรียบกับรายได้ต่อวันหรือระดับค่าจ้างแรงงานในพื้นที่ นอกจากนั้นจากข้อมูลตารางที่ 6 ยังชี้ให้เห็นว่าวิธีการประมูลย้อนกลับทำให้การใช้ต้นทุน (ต้นทุนแรงงาน) ในการทำกิจกรรมอนุรักษ์ดินและน้ำมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการแบบกำหนดอัตราค่าตอบแทนแบบตายตัว ทั้งในมิติประสิทธิภาพในการครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายมากยิ่งขึ้น ต้นทุนต่อหน่วยที่ลดลง และกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายที่มากขึ้น นอกจากนั้น เมื่อนำระดับราคาการจ่ายค่าตอบแทนทั้งสองวิธีการมาคูณด้วยขนาดพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่ชนะในการประมูล ทั้ง 16 คน จะได้ต้นทุนค่าแรงงานจากทั้งสองวิธีการของเกษตรกรแต่ละคน แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบระหว่างการจ่ายค่าตอบแทนแบบอัตราตายตัวและอัตราจากการประมูลย้อนกลับ ดังภาพที่ 2 พบว่าการจ่ายแบบค่าตอบแทนตายตัวจะใช้งบประมาณ 489,280 บาท ในขณะที่การจ่ายผ่านระบบประมูลย้อนกลับใช้งบประมาณเพียง 291,900 บาท สามารถประหยัดงบประมาณไปได้ถึง 197,380 บาท นอกจากนั้นยังพบว่ายิ่งกลุ่มตัวอย่างมีพื้นที่ทำการเกษตรมากยิ่งทำให้โครงการสามารถประหยัดต้นทุนได้เพิ่มมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม พบว่าการประยุกต์ใช้รูปแบบการประมูลย้อนกลับในการคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ยังเป็นกรอบแนวคิดใหม่ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาวิธีการดังกล่าวในประเทศไทยมาก่อน จากการศึกษาพบประเด็นที่สำคัญ 2 ประการ ประการแรก การศึกษาในครั้งนี้มีผู้ชนะการประมูลย้อนกลับแต่ไม่มีการทำสัญญาและไม่มีการจ่ายค่าตอบแทนในรูปตัวเงิน แต่ก็สามารถสะท้อนต้องทุนค่าเสียโอกาสของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างได้เช่นกัน ซึ่งตรงข้ามกับการศึกษาในต่างประเทศ (Leimona, 2008) ซึ่งพบว่าการประมูลย้อนกลับที่ไม่มีการทำสัญญาและการจ่ายค่าตอบแทนจริง ผู้เข้าร่วมประมูลจะไม่เปิดเผยต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเอง ผู้ศึกษาพบว่าปัจจัยที่ทำให้การศึกษาในครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาในต่างประเทศ เพราะมีการปรับรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมในช่วงก่อนมีการประมูล ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างยังจดจำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรายได้ของตนเองที่ไว้ไว้ได้ ความเชื่อต่อเจ้าหน้าที่สถานที่พัฒนาที่ดินซึ่งเป็นผู้ประสานงานระดับพื้นที่ซึ่งทำหน้าที่ชี้แจงกระบวนการทำให้กลุ่มตัวอย่างเชื่อและปฏิบัติตาม นอกจากนั้นในกระบวนการชี้แจงขั้นตอนของการประมูลได้หยิบยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนค่าเสียโอกาส ทำให้เมื่อถึงขั้นตอนการประมูลจริง กลุ่มตัวอย่างพิจารณาถึงข้อมูลที่เคยให้ไว้มาพิจารณาประกอบ ดังนั้นระดับราคาที่กลุ่มตัวอย่างเสนอระหว่างการประมูลจะสะท้อนต้นทุนค่าเสียโอกาสของตนเอง ประการที่สอง แม้ว่าเมื่อนำระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับและระดับราคาการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัวมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าแนวทางการคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำจะสามารถใช้งบประมาณได้มีประสิทธิภาพมากกว่า แต่เนื่องจากรูปแบบการจ่ายค่าตอบแทนประมูลย้อนกลับถ้ามีการทำสัญญาจริง หน่วยงานรับผิดชอบดำเนินงานจะต้องมีการจัดทำสัญญากับเกษตรกรแต่ละรายที่เข้าร่วมโครงการ ดังนั้น ระดับราคาที่ได้จากการประมูลย้อนกลับยังเป็นเพียงระดับราคาเบื้องต้น ยังไม่มีการรวมเอาต้นทุนธุรกรรม (Transaction cost) เข้าไป สอดคล้องกับงานศึกษาในต่างประเทศพบว่าเมื่อมีการใช้รูปแบบการประมูลย้อนกลับแบบ ที่ต้องทำสัญญากับผู้ให้บริการเชิงนิเวศทุกคนอาจทำให้มีต้นทุนธุรกรรมสูง ในบางกรณีเมื่อนำระดับราคาประมูลย้อนกลับที่รวมเอาต้นทุนธุรกรรมเข้าไปแล้ว อาจจะไม่ทำให้การจ่ายค่าตอบแทนโดยใช้ระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับแตกต่างจากการจ่ายในระดับค่าตอบแทนแบบตายตัว นอกจากนั้นการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาถึงทดลองสำหรับการดำเนินกิจกรรมการประมูลเชิงทดลองพบข้อจำกัดในการดำเนินงานหลายประการ เช่น

- 1) กลุ่มตัวอย่างเป็นคนบนพื้นที่สูง ส่วนใหญ่ไม่สามารถสื่อสารเป็นภาษาไทยได้ ต้องทำกิจกรรมการประมูลย้อนกลับและการชี้แจงรายละเอียดของกิจกรรมผ่านล่ามทั้งหมดอาจทำให้การสื่อสารข้อความที่มีความสำคัญขาดหายไปในช่วงการดำเนินกิจกรรม หรือทำให้การจัดกิจกรรมต้องลดรายละเอียดของขั้นตอนเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจง่ายและสะดวกที่จะเข้าร่วมกิจกรรม

- 2) กลุ่มตัวอย่างบางคนเคยเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงรายมาก่อน ทำให้ทราบราคาที่ดินที่สถานีพัฒนาที่ดินสามารถจ่ายค่าตอบแทนให้ผู้เข้าร่วมโครงการได้ ทำให้คำตอบอาจจะไม่สะท้อนความเต็มใจที่จะยอมรับที่แท้จริง
- 3) การดำเนินกิจกรรมในรูปแบบกึ่งทดลอง เมื่อเปรียบเทียบการวิจัยในต่างประเทศ แม้ว่าจะเป็นระดับการวิจัย แต่ก็ยังมีงบประมาณในการสนับสนุนให้ทำกิจกรรมจริง มีการทำสัญญาจริง มีการแนวทางในการติดตามประเมินผลจริง ทำให้การศึกษาอาจจะถูกมองจากกลุ่มตัวอย่างบางคนว่าเป็นการเล่นเกม การให้ข้อมูลจึงไม่มีความเป็นทางการ
- 4) การเก็บข้อมูลจากแบบสำรวจข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมยังขาดข้อมูลที่จำเป็นเพื่อประกอบการวิเคราะห์ผล เช่น ข้อมูลอาชีพนอกภาคการเกษตร และข้อมูลรายได้นอกภาคการเกษตร เป็นต้น ซึ่งอาจทำให้ไม่สามารถสะท้อนต้นทุนค่าเสียโอกาสที่แท้จริงของกลุ่มตัวอย่าง

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุป จากการประมวลย้อนกลับกึ่งทดลอง (Quasi-experimental reverse auction) โดยการประมูลที่ใช้รูปแบบระดับราคา Second price auction เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้เปิดเผยระดับราคาที่เต็มใจที่จะเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Willingness To Accept: WTA) ระดับราคาที่เกษตรกรที่เต็มใจเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์มีระดับราคาที่สูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส จากการทดสอบโดย One Sample T-Test พบว่าระดับรายได้ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างและระดับราคาที่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเสนอในการประมูลย้อนกลับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดตามกรอบการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ ซึ่งผู้ที่จะเข้ามาทำหน้าที่ผู้ให้บริการเชิงนิเวศจะคำนึงถึงต้นทุนค่าเสียโอกาส ถ้าคำตอบแทนที่ได้รับสูงกว่าต้นทุนค่าเสียโอกาส บุคคลนั้นจะยินดีที่จะเข้ามาทำหน้าที่ผู้ให้บริการเชิงนิเวศ (Service provider) แม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะไม่มีการทำสัญญาหรือการจ่ายค่าตอบแทนจริงในรูปตัวเงิน เช่นเดียวกับการวิจัยหรือโครงการที่ดำเนินการในต่างประเทศ แต่กระบวนการประมูลย้อนกลับก็สามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างเปิดเผยต้นทุนค่าเสียโอกาสที่แท้จริงของตนเองได้เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นพบว่าการใช้วิธีการประมูลย้อนกลับในการคัดเลือกเกษตรกรเข้าร่วมโครงการอนุรักษ์เป็นวิธีการที่สามารถใช้ต้นทุนดำเนินการอนุรักษ์ (ต้นทุนแรงงาน) ได้มีประสิทธิภาพมากกว่าการจ่ายค่าตอบแทนตายตัวให้แก่เกษตรกรที่รายที่เข้าร่วมโครงการ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบการจ่ายค่าตอบแทนในระดับค่าตอบแทนแบบตายตัวและระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับ พบว่าการจ่ายค่าตอบแทนในระดับราคาจากการประมูลย้อนกลับมีต้นทุน (ต้นทุนแรงงาน) โดยจะใช้งบประมาณเพียง 291,900 บาท ในขณะที่การจ่ายแบบค่าตอบแทนตายตัว ใช้งบประมาณถึง 489,280 บาท ทำให้ใช้งบประมาณต่ำกว่าการจ่ายค่าตอบแทนแบบตายตัวถึง 197,380 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 40 ของงบประมาณที่ต้องจ่าย สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในมิติการครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายโครงการมากยิ่งขึ้น และเสริมสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายที่มากขึ้น

สำหรับข้อเสนอแนะจากการศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม เพื่อเป็นการลดช่องว่างและยกระดับการศึกษาที่เกี่ยวข้องในอนาคต มีข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

- 1) ในการนำรูปแบบการประมูลย้อนกลับมาประยุกต์ใช้ในพื้นที่เป้าหมายจะต้องมีการจัดทำข้อมูลพื้นฐานทางด้านเศรษฐกิจและสังคม (Baseline data) ของชุมชนเป้าหมายอย่างรอบด้าน เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการกำหนดกิจกรรมอนุรักษ์ที่เหมาะสม สามารถกำหนดรูปแบบและกระบวนการในการทดลองการประมูลย้อนกลับให้

สอดคล้องกับบริบทของพื้นที่เป้าหมาย รวมไปถึงจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถออกแบบเงื่อนไขและกติกาในการติดตามตรวจสอบการดำเนินการตามสัญญาในกรณีที่มีการประมูลย้อนกลับที่มีการจ่ายค่าตอบแทนจริง

- 2) การเลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับรูปแบบการประมูลย้อนกลับ ควรเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ระดับรายได้ จำนวนสมาชิกในครอบครัวที่ทำการเกษตร ชนิดของพืชที่ปลูก ขนาดพื้นที่ทำการเกษตร เป็นต้น
- 3) ในการเลือกพื้นที่เป้าหมายและกลุ่มตัวอย่างในการทดลองกระบวนการประมูลย้อนกลับ นักวิจัยควรเลือกพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ในลักษณะเดียวหรือมีหน่วยงานอื่นสนับสนุนมาก่อน สำหรับกลุ่มเป้าหมายจะต้องไม่เคยเข้าร่วมโครงการของหน่วยงานที่ดำเนินกิจกรรมในลักษณะเดียวกันมาก่อน เนื่องจากจะทำให้กลุ่มตัวอย่างไม่เปิดเผยต้นทุนค่าเสียโอกาสที่แท้จริงของตนเอง
- 4) นักวิจัยที่สนใจรูปแบบการประมูลย้อนกลับควรมีการจัดการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) ก่อนที่จะเข้าไปดำเนินการจริงในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่กลุ่มประชาชนมีลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นกลุ่มชนชาติพันธุ์พื้นที่สูง หรือเป็นกลุ่มที่มีความแตกต่างหลากหลายสูง ผู้วิจัยอาจจำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีลักษณะเดียวกัน เช่น ทดลองในระดับปฏิบัติการกับชาวเขา ก่อนที่จะประมูลจริงกับชาวเขา เพื่อให้สามารถเข้าใจบริบทและเงื่อนไขสำคัญ ๆ ก่อนที่จะจัดประมูลจริงในระดับพื้นที่

ส่วนที่สอง ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากผลการศึกษาและทบทวนข้อมูลพื้นฐานระดับพื้นที่ และกรอบแนวคิดการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ พบว่าพื้นที่ในดอยแม่สลอง เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาแผนงานการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศขึ้นในระดับพื้นที่ ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงมีข้อเสนอแนะการพัฒนาแผนงานการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ ต่อสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงรายและโครงการขยายผลโครงการหลวง หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องระดับพื้นที่ โดยมีประเด็นสำคัญ ดังนี้

- 1) ควรจัดทำแผนงานการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศขึ้นในพื้นที่ในดอยแม่สลอง เพื่อสนับสนุนโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเป็นแผนงานที่เป็นความร่วมมือระหว่างหน่วยงานในระดับพื้นที่ เช่น โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่สลอง สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดเชียงราย หน่วยงานของรัฐในระดับพื้นที่อื่น ๆ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และภาคธุรกิจท่องเที่ยว เพื่อแก้ไขปัญหาความยั่งยืนของดำเนินกิจกรรมด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำและปัญหาด้านงบประมาณ
- 2) ควรนำรูปแบบการจ่ายค่าตอบแทนในระดับค่าตอบแทนแบบตายตัวมาเป็นการประมูลย้อนกลับ เพื่อคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ภายใต้งบประมาณปกติของหน่วยงานหรือภายใต้แผนงานการตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศขึ้นในพื้นที่ในดอยแม่สลอง ซึ่งจะสามารถทำให้ใช้งบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถขยายพื้นที่เป้าหมาย รูปแบบการจ่ายค่าตอบแทนให้เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการที่ผ่านช่องทางของการประมูลย้อนกลับจะเป็นการจ่ายแบบมีเงื่อนไข สามารถทำให้เกิดผลการปรับปรุงระบบนิเวศที่สามารถวัดได้จริง
- 3) ควรมีการวิเคราะห์หน่วยงานที่มีส่วนได้เสีย (Stakeholder Assessment) ที่อาจเข้ามาเกี่ยวข้องในแผนงานตอบแทนคุณค่าของระบบนิเวศ โดยแบ่งออก 3 กลุ่มที่ 1 ผู้ทำหน้าที่ผู้ให้บริการเชิงนิเวศ (Service provider) ซึ่งจะเป็นเกษตรกรในพื้นที่ที่ถูกคัดเลือกโดยใช้กลไกการประมูลย้อนกลับซึ่งจะทำให้ต้นทุนการอนุรักษ์ต่ำกว่าในช่วงเวลาที่ผ่านมา กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ทำหน้าที่ให้การสนับสนุนเชิงวิชาการและการตลาด เช่น สถานีพัฒนาที่ดิน และโครงการ

ขยายผลโครงการหลวงแม่สลอง นอกจากนั้น กลุ่มที่ 3 ผู้ซื้อบริการเชิงนิเวศ (Service buyer) ซึ่งผู้ได้รับประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมบริการเชิงนิเวศเช่น บริษัทนาที่ขยในพื้นที่ดอยแม่สลอง บริษัทที่ซื้อสินค้าเกษตรจากโครงการหลวง กลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจท่องเที่ยว หรือนักท่องเที่ยวที่เข้ามาในพื้นที่ดอยแม่สลอง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. 2558. คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาสมัครและเกษตรกร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.
- อรพรรณ ณ บางช้าง. 2554. การรวบรวมองค์ความรู้ด้านเศรษฐศาสตร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง.
- Alix-Garcia, J., A. de Janvry and E. Sadoulet. 2003. Targeting Payments for Environmental Services: The Role of Risk. Giannini Foundation of Agricultural Economics.
- Cason, T.N. and L. Gangadharan. 2005. A laboratory comparison of uniform and discriminative price auctions for reducing non-point source pollution. *Land Economics*. 81(1):51–70.
- Ferraro, P. J. 2001. Global habitat protection: limitations of development interventions and a role for conservation performance payments. *Conservation Biology*. 15 (4): 990–1000.
- Ferraro, P. J., and A. Kiss. 2002. Direct payments to conserve biodiversity. *Science*. 298 (5599): 1718– 1719.
- Ferraro, P.J. 2004. Direct Payment to Protect Endangered Ecosystems and Experimental Methods to Estimate Payment
- Grieg – Grant, M., I. Porras and S. Wunder. 2005. How can market mechanisms for forest environmental services help the poor? Preliminary lessons from Latin America. *World Development*. 33(9): 1511–1527.
- Latacz-Lohmann, U and S. Schilizzi. 2005. Auction for Conservation Contracts: a Review of the Theoretical and Empirical Literature. Scotland: Scottish Executive, Edinburgh, Environment and Rural Affairs Department. 101 p.
- List, J.A., and J.F. Shogren. 2002. Calibration of willingness-to-accept. *Environmental Economics and Management*. 43(2): 219–233.
- Widodo, R H. 2006. Participatory Landscape Assessment: Identifikasi Kondisi Biofisik Lahan dan Upaya Pemeliharaan Fungsi DAS oleh Masyarakat di DAS Way Lirikan. Unpublished Report. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre.

สถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหาหมลพิษทางอากาศในเมืองเฉิงตู

มณฑลเสฉวน สาธารณรัฐประชาชนจีน

**Situations and Solution Measures of Air pollution Problem in Chengdu City, Sichuan Province,
People's Republic of China**

Huanrui Liang^{1✉}, ชาคริต โชติอมรศักดิ์² และ อัจฉรา วัฒนปิณโย²

Huanrui Liang^{1✉}, Chakrit Chotamonsak² and Ajchara Wattanapinyo²

¹สาขาวิชาการจัดการมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹Man and Environment Management, Graduate school, Chiang Mai University

²ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²Department of Geography, Faculty of Social Science, Chiang Mai University

Corresponding E-mail: lhr0915@gmail.com[✉]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหาหมลพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตู มณฑลเสฉวน ประเทศจีน ซึ่งเป็นเมืองที่มีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความเจริญของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้เกิดปัญหาหมลพิษทางอากาศในเมืองใหญ่ของประเทศจีนบ่อยครั้ง เมืองเฉิงตูเป็นเมืองหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากหมลพิษทางอากาศดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 เกินกว่ามาตรฐานและมีวันที่ดัชนีคุณภาพอากาศมากกว่า 300 (AQI > 300) ซึ่งเป็นระดับอันตราย โดยเกิดปัญหาหมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองเฉิงตูเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม และปัจจัยธรรมชาติ เช่น สภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลทำให้เมืองเฉิงตูมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาหมลพิษทางอากาศและสถานการณ์ปัญหาหมลพิษทางอากาศได้มีความรุนแรงมากขึ้น จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เมืองเฉิงตูได้ออกมาตรการแก้ไขและควบคุมปัญหาหมลพิษทางอากาศเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศของเมืองให้ดีขึ้น ซึ่งมาตรการประกอบไปด้วยมาตรการการลดการปล่อยหมลพิษทางอากาศ ปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมเพื่อลดอัตราปลดปล่อย ปลูกฝังวัฒนธรรมจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ประชาชน วางแผนพัฒนาเมือง สร้างแผนปฏิบัติการแก้ไขและควบคุมปัญหาหมลพิษทางอากาศโดยความร่วมมือกันจากหลายภาคส่วน

คำสำคัญ: สถานการณ์หมลพิษทางอากาศ มาตรการแก้ปัญหา ปัญหาหมลพิษทางอากาศ เมืองเฉิงตู

ABSTRACT

This research is aimed to study the situation and measures to solve the air pollution problem of Chengdu, Sichuan Province, China, which is a city with rapid economic development and rapid industrial growth. In recent years, there have been frequent air pollution problems in large cities in China. Chengdu is one of the cities affected by air

pollution. By the data analysis, it was found that the concentration of PM_{2.5} exceeded the standard and there were many days of air quality index exceeding 300 (AQI> 300), which is a dangerous level. The air pollution problem in the Chengdu area is caused by natural factors such as geographic and climatic conditions and from human activities in economic and industrial development. These factors result in the risk of air pollution and the air pollution situation becoming more severe in Chengdu city. According to this situation, Chengdu has issued measures to prevent and control air pollution problems in order to improve the air quality of the city. The measures include measures to reduce air emissions, industrial restructure to reduce the emission rate, install the environmental awareness culture to the public people, formulate city development plans and create action plans to solve and control air pollution problems cooperated by several sectors.

Keywords: Air pollution situation; solution measures; Air pollution problems; Chengdu city

บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศได้กลายเป็นวิกฤตสิ่งแวดล้อมในเอเชียและมลพิษทางอากาศเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวของมนุษย์ทุกคน ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาการพัฒนาอุตสาหกรรมและการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศจีนอย่างรวดเร็ว ในปี 2013 ปัญหามลพิษทางอากาศเกิดในพื้นที่กว้างของประเทศจีน ได้แก่ มณฑลเจียงซู (Jiangsu Province) เมืองเซี่ยงไฮ้ (Shanghai) มณฑลเจ้อเจียง (Zhejiang Province) ภาคกลางของมณฑลอานฮุย (Anhui Province) และบางพื้นที่ของภาคตะวันตกและภาคตะวันออกเฉียงใต้ของมณฑลเสฉวนซึ่งปัญหามลพิษทางอากาศครั้งนี้นาน 7 วัน สภาแห่งรัฐได้ออกแผนปฏิบัติการป้องกันและควบคุมมลพิษทางอากาศในเดือนกันยายน ปี 2013 โดยเสนอว่าภายในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นของ PM₁₀ ในพื้นที่ 283 prefecture-level cities, 15 vice-provincial cities and 4 municipalities จะลดลงมากกว่า 10% เทียบกับปี 2012 โดยเฉพาะปริมาณความเข้มข้นของ PM_{2.5} จะลด 25% ในภูมิภาคปักกิ่ง - เทียนจิน - เหวอเป่ย์ ภูมิภาคสามเหลี่ยมปากแม่น้ำแยงซีจะลด 20% ภูมิภาคสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเพิร์ลจะลด 15% การจัดการปัญหามลพิษทางอากาศจึงได้กลายเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุดของการจัดการสิ่งแวดล้อมในประเทศจีน (Dai Yayi and Chen Qianhuo, 2014, p. 5348-5352) สาเหตุของปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศจีนมีสาเหตุจากทั้งธรรมชาติ เช่น สภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ และสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม การผลิตอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการเผาถ่านหินที่ปลดปล่อยมลพิษทางอากาศออกมาอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับสาเหตุจากธรรมชาติ สาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ได้กลายเป็นสาเหตุหลักของการเกิดมลพิษทางอากาศในประเทศจีน ประเทศจีนมีพื้นที่ขนาดใหญ่และมีประชากรจำนวนมาก สถานการณ์และแหล่งมลพิษทางอากาศในเมืองต่าง ๆ แตกต่างกัน แต่ละพื้นที่และแต่ละเมืองจึงมีการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศแตกต่างกัน ปัญหามลพิษทางอากาศได้กลายเป็นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางสังคมและเศรษฐกิจในประเทศจีน

เมืองเฉิงตูเป็นเมืองเอกของมณฑลเสฉวนและเมืองอันดับแรกของภาคตะวันตกเฉียงใต้ในประเทศจีน เมืองเฉิงตูมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและความเจริญของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP: Gross Domestic Product) ของเมืองเฉิงตูมี 1.388 ล้านล้านหยวน (เท่ากับ 6.107 ล้านล้านบาทในประเทศไทย) ในปี 2017 (Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu, 2017) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเมืองเฉิงตูได้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศตลอดทั้งปีโดยเฉพาะช่วงฤดูหนาวจะเกิดปัญหามลพิษทางอากาศที่รุนแรงมาก

เมืองเฉิงตูเป็นเมืองหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ PM10 และ PM2.5 เกินกว่ามาตรฐานและมีหลายวันที่ดัชนีคุณภาพอากาศมากกว่า 300 (AQI > 300) ซึ่งเป็นระดับอันตราย สภาพปัญหาหมอกพิษทางอากาศที่รุนแรงได้ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิต สุขภาพ และการเดินทางของประชาชน ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาหมอกพิษทางอากาศคือ กิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งรวมทั้งด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ประชากรเพิ่มขึ้นส่งผลให้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้เมืองเฉิงตูมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาหมอกพิษทางอากาศ และสถานการณ์ปัญหาหมอกพิษทางอากาศได้มีความรุนแรงมากขึ้น นอกจากปัจจัยหลักจากกิจกรรมของมนุษย์แล้วปัญหาหมอกพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองเฉิงตูยังเกิดจากปัจจัยธรรมชาติที่สำคัญ คือ สภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ เฉิงตูซึ่งตั้งอยู่ในแอ่งเสฉวน (Sichuan Basin) และมีสภาพภูมิอากาศแตกต่างจากพื้นที่อื่นและเอื้อต่อการสะสมของมลพิษทางอากาศ ดังนั้นปัญหาหมอกพิษทางอากาศจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมส่วนหนึ่งที่จะต้องรีบแก้ไขในเมืองเฉิงตู จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เมืองเฉิงตูได้ออกมาตรการและแผนปฏิบัติการแก้ไขและควบคุมปัญหาหมอกพิษทางอากาศเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศของเมืองให้ดีขึ้น

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศในเมืองเฉิงตู ประชาชนสามารถเข้าใจสถานการณ์คุณภาพอากาศและเรียนรู้สถานการณ์ปัญหาหมอกพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตูได้ จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศและการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตู ประชาชนและหน่วยงานต่าง ๆ สามารถเข้าถึงข้อมูลนี้และเกิดข้อเสนอแนะได้ รัฐบาลท้องถิ่นจึงได้ปรับปรุงวิธีการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศ

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตู มณฑลเสฉวน ประเทศจีน การศึกษาครั้งนี้มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล แนวคิด งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์และมาตรการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศและใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ตามประเด็นที่เกี่ยวข้องจาก แนวคิด งานวิจัย และข่าวต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา ข้อมูล แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้เป็นระบบและนำเสนอข้อมูลที่ต้องการมาจัดลำดับ จัดขอบเขตของเนื้อหา ข้อมูล เพื่อให้เนื้อหาสมบูรณ์ อธิบายได้ชัดเจน สามารถตีความ และแบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวเรื่อง หัวข้อย่อยได้ การศึกษาครั้งนี้ศึกษาข้อมูลในช่วงเวลาปี 2013 – ปี 2017

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเมืองเฉิงตู

เมืองเฉิงตูเป็นเมืองเอกของมณฑลเสฉวนและเมืองอันดับแรกของภาคตะวันตกเฉียงใต้ในประเทศจีนจากภาพ 1 เมืองเฉิงตูมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความเจริญของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว เมืองเฉิงตูตั้งอยู่ในภาคตะวันตกของแอ่งเสฉวน (Sichuan Basin) เมืองเฉิงตูเป็นศูนย์กลางด้านการเมือง การทหาร การศึกษา การจราจรขนส่ง โลจิสติกส์ การค้าการเงิน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วัฒนธรรมและศูนย์สื่อสารในภูมิภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน คำว่าเฉิงตูมีความหมายว่า ค่อย ๆ กลายเป็นเมือง เฉิงตูมีประวัติยาวนานถึง 3,200 ปี และเป็นเมืองหนึ่งของเมืองที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานและมีวัฒนธรรมแห่งชาติในประเทศจีน



ภาพ 1 แผนที่ของเมืองเฉิงตู มณฑลเสฉวน ประเทศจีน

ที่มา: สำนักงานต่างประเทศ กรุงเทพมหานคร จากเว็บไซต์ <http://iad.bangkok.go.th/en/node/2939>

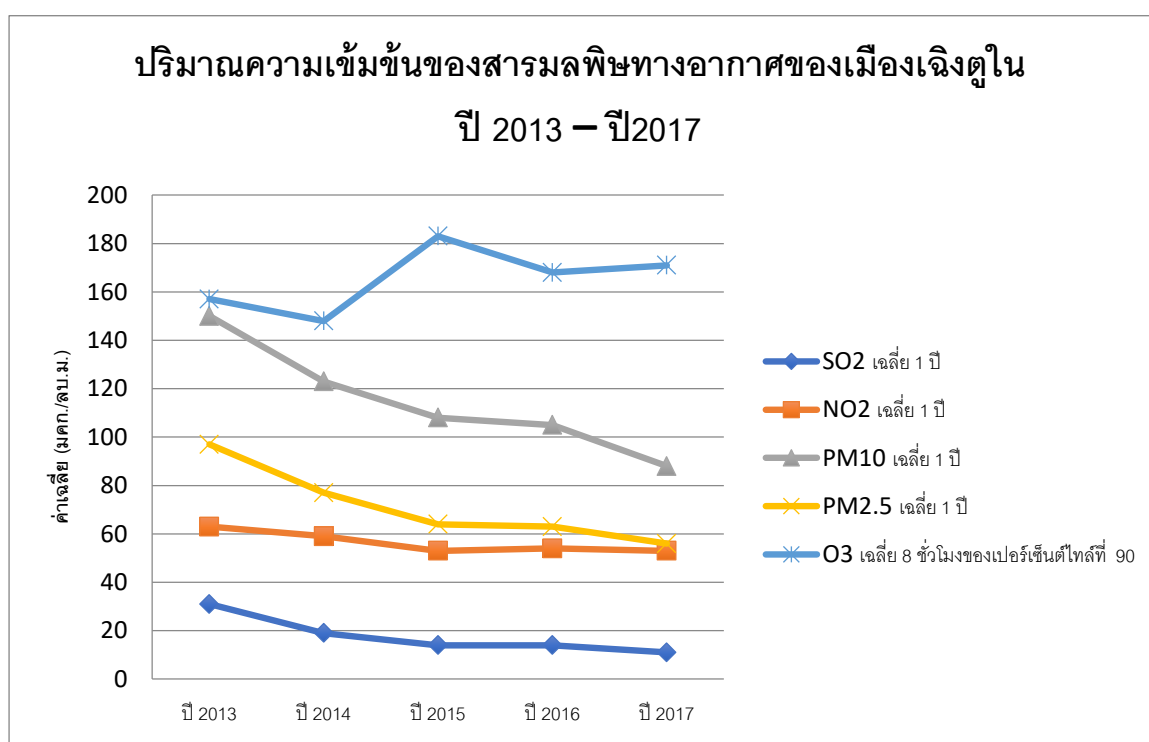
เมืองเฉิงตูพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมการผลิตอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP: Gross Domestic Product) ของเมืองเฉิงตูมี 1.388 ล้านล้านหยวน (เท่ากับ 6.107 ล้านล้านบาทในประเทศไทย) ในปี 2017 (Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu, 2018) โครงสร้างอุตสาหกรรมของเฉิงตูมี 3 ภาคส่วน คือ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรมและการผลิตและภาคบริการ ซึ่งสัดส่วนของภาคบริการมากกว่าภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมการผลิต ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเมืองเฉิงตูได้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงฤดูหนาวจะเกิดปัญหามลพิษทางอากาศรุนแรงมาก มลพิษทางอากาศในการวิจัยนี้ หมายถึง เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์ จากโรงงานอุตสาหกรรม จากการก่อสร้างต่าง ๆ จากการเผาถ่านหิน เป็นต้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สถานการณ์คุณภาพอากาศในเมืองเฉิงตู (ปี 2013 – ปี 2017)

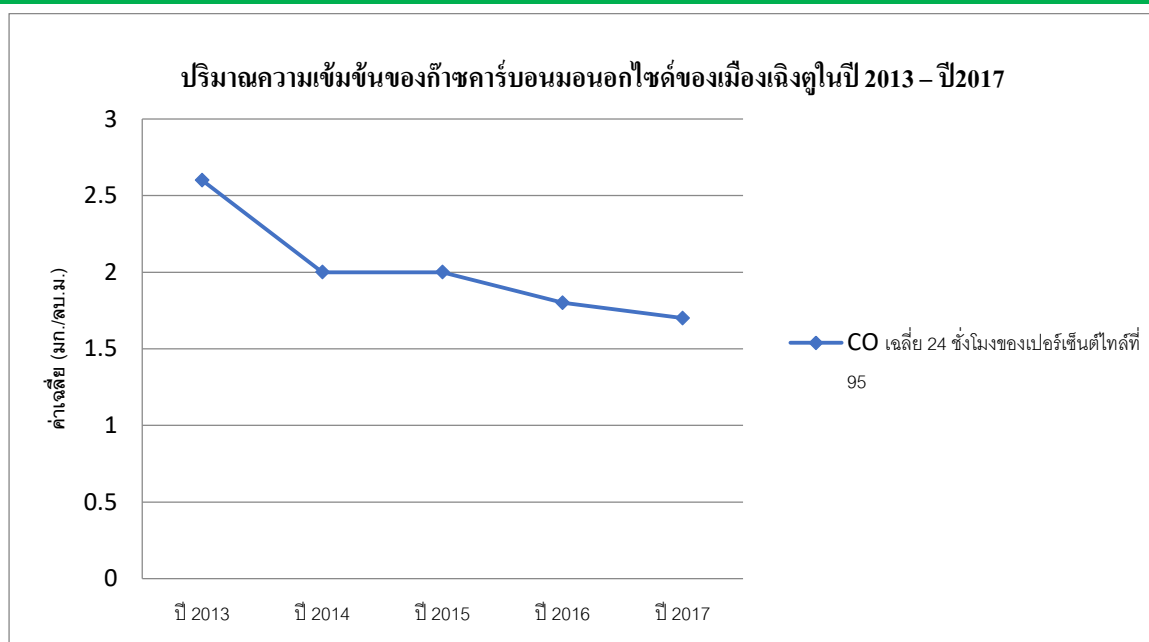
สำนักงานสิ่งแวดล้อมเมืองเฉิงตูได้ประเมินคุณภาพอากาศของเฉิงตูตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (GB 3095 – 2012) (Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China and General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2012) ซึ่งมาตรฐานฉบับนี้ได้ออกแบบในปี 2012 และเริ่มใช้งานทั่วประเทศในปี 2016 สำนักงานสิ่งแวดล้อมเอาข้อมูลมลพิษทางอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่เมืองเฉิงตูมาประเมิน จึงได้ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในเวลา 1 ปี ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ในเวลา 1 ปี ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ในเวลา 1 ปี ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในเวลา 1 ปี ค่าเฉลี่ยของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในเวลา 24 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของก๊าซโอโซนของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 ในเวลา 8 ชั่วโมง จากการประเมินและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมลพิษทั้งหมดดังกล่าวพบว่าคุณภาพอากาศของเมืองเฉิงตูไม่ถึงระดับ 2 ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (GB 3095 – 2012)

จากภาพที่ 2 ในช่วงเวลาปี 2013 – ปี 2017 พบว่าคุณภาพอากาศของเมืองเจิ้งตูดีขึ้นไปเรื่อย ๆ ปริมาณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศลดลงปีต่อปี เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แต่ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซน (O₃) เพิ่มขึ้นในปี 2014 – ปี 2015 ดังนั้นคุณภาพอากาศของเมืองเจิ้งตูได้รับอันดับ 54 ของเมืองที่มีคุณภาพอากาศดีในขอบเขต 74 เมืองในปี 2017 เทียบกับปี 2015 ขึ้นมา 3 อันดับ (Chengdu Environment Protection Bureau, 2014-2018)



ภาพ 2 ปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศของเมืองเจิ้งตูในปี 2013 – ปี 2017

ที่มา: Chengdu Environmental Statement from Chengdu Environment Protection Bureau, 2014-2018



ภาพ 3 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของเมืองเฉิงตูในปี 2013 – 2017

ที่มา: Chengdu Environmental Statement from Chengdu Environment Protection Bureau, 2014-2018

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในพื้นที่เมืองเฉิงตูมี 8 สถานี ติดตั้งอยู่ที่แต่ละตำบล ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศสรุปได้จากภาพ 2 และ 3

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปีมีปริมาณสูงที่สุด 31 มก./ลบ.ม. ในปี 2013 และไม่เกินมาตรฐานระดับ 2 (มาตรฐานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปีในระดับ 1 ไม่เกิน 20 มก./ลบ.ม. และระดับ 2 ไม่เกิน 60 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นลดน้อยลงเหลือ 11 มก./ลบ.ม. และไม่เกินมาตรฐานระดับ 1 ซึ่งลดลงร้อยละ 64.5 ในช่วงเวลา 5 ปี

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปีมีปริมาณสูงที่สุด 63 มก./ลบ.ม. ในปี 2013 และเกินมาตรฐาน (มาตรฐานก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปีในระดับ 1 และระดับ 2 เท่ากันไม่เกิน 40 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นลดน้อยลงเหลือ 53 มก./ลบ.ม. และยังไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งลดลงร้อยละ 19 ในช่วงเวลา 5 ปี

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 1 ปีมีปริมาณสูงที่สุด 150 มก./ลบ.ม. ในปี 2013 และเกินมาตรฐาน (มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเฉลี่ย 1 ปีในระดับ 1 ไม่เกิน 40 มก./ลบ.ม. และระดับ 2 ไม่เกิน 70 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นลดน้อยลงเหลือ 88 มก./ลบ.ม. และเกินมาตรฐาน ซึ่งลดลงร้อยละ 43.3 ในช่วงเวลา 5 ปี ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเป็นส่วนหนึ่งของส่วนผสมหลักของมลพิษหมอกควัน

ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเฉลี่ย 1 ปีมีปริมาณสูงที่สุด 97 มก./ลบ.ม. ในปี 2013 และเกินมาตรฐาน (มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเฉลี่ย 1 ปีในระดับ 1 ไม่เกิน 15 มก./ลบ.ม. และระดับ 2 ไม่เกิน 35 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นลดน้อยลงเหลือ 56 มก./ลบ.ม. และเกินมาตรฐาน ซึ่งลดลงร้อยละ 42.3 ในช่วงเวลา 5 ปี ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเป็นส่วนหนึ่งของส่วนผสมหลักของมลพิษหมอกควันและสามารถเข้าร่างกายทางระบบทางเดินหายใจได้ง่ายขึ้น จึงมีผลกระทบต่อสุขภาพมาก

ก๊าซโอโซน (O₃)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ก๊าซโอโซนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 มีปริมาณสูงที่สุด 181 มก./ลบ.ม. ในปี 2014 - 2015 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้น และเกินมาตรฐาน (มาตรฐานก๊าซโอโซนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 ในระดับ 1 ไม่เกิน 100 มก./ลบ.ม. และระดับ 2 ไม่เกิน 160 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซน 171 มก./ลบ.ม. และเกินมาตรฐาน ในช่วงเวลา 5 ปี แนวโน้มของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้น - ลดลง - เพิ่มขึ้น ดังนั้นทำให้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนยังเกินมาตรฐาน

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

ในช่วงเวลาปี 2013 - ปี 2017 ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 มีปริมาณสูงที่สุด 2.6 มก./ลบ.ม. ในปี 2013 และไม่เกินมาตรฐาน (มาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมงของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในระดับ 1 และระดับ 2 เท่ากัน ไม่เกิน 4 มก./ลบ.ม.) ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นลดน้อยลงเหลือ 1.7 มก./ลบ.ม. และไม่เกินมาตรฐาน ซึ่งลดลงร้อยละ 34.6 ในช่วงเวลา 5 ปี

2. สถานการณ์ดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ของเมืองเจดุนปี 2013 - ปี 2017

เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศจีน(Technical Regulation on Ambient Air Quality Index) ได้ออกแบบในปี 2012 และใช้งานในปี 2016 ซึ่งทำให้ประชาชนได้ทราบถึงคุณภาพอากาศและสารมลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน ประชาชนสามารถเข้าใจคุณภาพอากาศได้ง่ายขึ้นและสามารถเตรียมความพร้อมในการรับมือสถานการณ์ได้

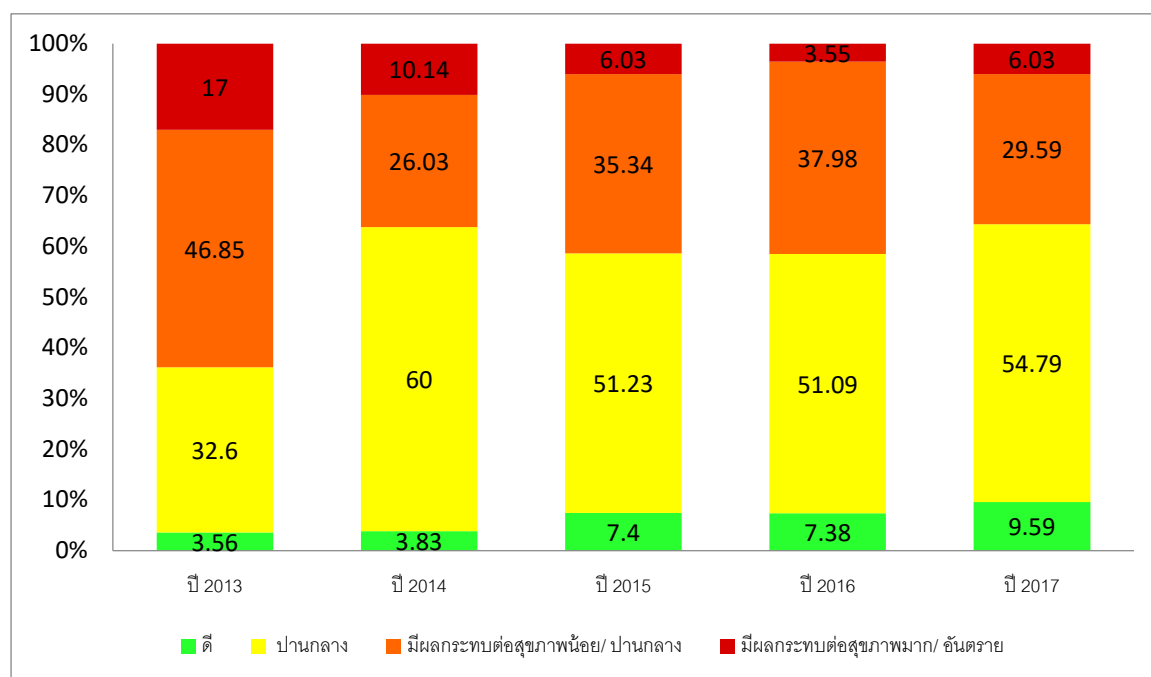
ตาราง 1 เกณฑ์เปรียบเทียบดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)

ดัชนีคุณภาพอากาศ	สีที่ใช้	คุณภาพอากาศ
0 - 50	เขียว	ดี
51 - 100	เหลือง	ปานกลาง
101 - 150	ส้ม	มีผลกระทบต่อสุขภาพน้อย
151 - 200	แดง	มีผลกระทบต่อสุขภาพปานกลาง
201 - 300	ม่วง	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก
> 300	แดงเข้ม	อันตราย

หมายเหตุ: ดัชนีคุณภาพอากาศไม่ควรเกิน 100

ที่มา: Technical Regulation on Ambient Air Quality Index (on trial), 2012

ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยคำนวณจากปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษ 6 ประเภท ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซน (O₃) โดยแบ่งเกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยเป็น 6 ระดับ และใช้สีแทนระดับคุณภาพอากาศที่แตกต่างกันซึ่งแสดงดังตารางที่ 1



ภาพ 4 ดัชนีคุณภาพอากาศ ของเมืองเฉิงตูในระยะเวลาปี 2013 - ปี 2017

ที่มา: Chengdu Environmental Statement from Chengdu Environment Protection Bureau, 2013- 2017

จากภาพ 4 ดัชนีคุณภาพอากาศของเมืองเฉิงตูในระยะเวลาปี 2013 - ปี 2017 คีขึ้นเป็นลำดับ โดยในปี 2017 ดัชนีคุณภาพอากาศของเมืองเฉิงตูส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับปานกลางซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54.79 และเมื่อเทียบกับปี 2013 คุณภาพอากาศระดับปานกลางนี้เพิ่มร้อยละ 22.19 ในขณะที่ดัชนีคุณภาพระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพน้อยและระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพปานกลางในปี 2017 มีร้อยละ 29.59 เทียบกับปี 2013 ซึ่งลดลงร้อยละ 17.26 ดัชนีคุณภาพระดับมีผลกระทบต่อสุขภาพมากและระดับอันตรายมีร้อยละ 6.03 ในปี 2017 และเมื่อเทียบกับปี 2013 ลดลงร้อยละ 10.97 ส่วนดัชนีคุณภาพระดับดีมีร้อยละเพิ่มขึ้นจาก 3.56 ในปี 2013 เป็นร้อยละ 9.59 ในปี 2017 จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสรุปว่าคุณภาพอากาศของเมืองเฉิงตูดีขึ้นหลังจากได้มีการใช้มาตรการและแผนปฏิบัติการแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในปี 2014 แต่มีสารมลพิษบางชนิดที่เสี่ยงต่อคุณภาพอากาศ เช่น ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และก๊าซโอโซน (O₃)

3. สาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในเมืองเฉิงตู

ในระยะเวลาปี 2013 - ปี 2017 เมืองเฉิงตูเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ โดยสารมลพิษบางชนิดมีปริมาณการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองเฉิงตูเกิดจากปัจจัยธรรมชาติ เช่น สภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ และจาก

กิจกรรมของมนุษย์ด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลทำให้เมืองเฉิงตูมีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศและสถานการณ์ปัญหามลพิษทางอากาศได้มีความรุนแรงมากขึ้น

สาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์

เมืองเฉิงตูเป็นเมืองเอกของมณฑลเสฉวนและเมืองอันดับแรกของภาคตะวันตกเฉียงใต้ในประเทศจีน เมืองเฉิงตูมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความเจริญของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP: Gross Domestic Product) ของเมืองเฉิงตูมี 1.388 ล้านล้านหยวน (เท่ากับ 6.107 ล้านล้านบาทในประเทศไทย) ในปี 2017 ((Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics [NBS] Survey Office in Chengdu, 2018) GDP ของเมืองเฉิงตูเป็นอันดับ 9 ของประเทศจีนในปี 2017

1) การเพิ่มของการใช้พลังงาน

จำนวนประชากรของเมืองเฉิงตูเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 5 ปี (ปี 2013 - ปี 2017) โดยในปี 2013 เมืองเฉิงตูมีประชากร 14.298 ล้านคนและเพิ่มเป็น 16.045 ล้านคนในปี 2017 (Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association, 2014 – 2018) ประชาชนเข้ามาในเมืองเป็นส่วนหนึ่งของปรากฏการณ์การกลายเป็นเมือง (Urbanization) เนื่องจากประชากรเพิ่มขึ้น การใช้ทรัพยากรและการใช้พลังงานก็เพิ่มขึ้น การปล่อยมลพิษจากการใช้ชีวิตประจำวันของประชากรก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันประชากรก็อยากได้คุณภาพชีวิตที่ดีจึงพยายามพัฒนาเศรษฐกิจของตนเอง ดังนั้นการเพิ่มประชากรของเมืองจึงเป็นสาเหตุของคุณภาพสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง

น้ำมันและถ่านหินมีสัดส่วนมากในการใช้พลังงานของเฉิงตู การเผาไหม้เชื้อเพลิงจะปล่อยมลพิษซัลไฟด์และฝุ่นละออง ซึ่งกลายเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดมลพิษทางอากาศ (Qiu Tianyun, 2017, p. 21-22) แม้ว่าเฉิงตูจะค่อย ๆ ลดการใช้ถ่านหินที่ปล่อยมลพิษมากที่สุดในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การใช้เชื้อเพลิงอื่น ๆ ยังปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศอย่างจริงจัง

2) การเพิ่มจำนวนยานพาหนะ

ด้วยการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การเพิ่มจำนวนประชากรและรายได้ของประชาชนและความต้องการของการใช้ชีวิตอย่างสะดวกสบาย จึงซื้อรถยนต์ส่วนตัวมาใช้และทำให้จำนวนยานพาหนะเพิ่มขึ้น ในปี 2013 เมืองเฉิงตูมีจำนวนยานพาหนะ 3.386 ล้านคันและเพิ่มขึ้นเป็น 4.942 ล้านคันในปี 2017 (ตาราง 2) ซึ่งยานพาหนะเหล่านี้ได้ปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ การเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะเกิดฝุ่นละอองซึ่งส่งผลทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศรุนแรงขึ้น

ตาราง 2 จำนวนยานพาหนะของเมืองเฉิงตูในปี 2013 – ปี 2017

ปี ล้านคัน	ปี 2013	ปี 2014	ปี 2015	ปี 2016	ปี 2017
จำนวนยานพาหนะ	3.386	3.875	4.286	4.667	4.942

ที่มา: Chengdu Statistical Yearbook, Chengdu Statistic Bureau, NBS Survey Office in Chengdu, Chengdu Statistical Association, 2014 – 2018

3) การก่อสร้างเมือง

ในช่วงปี 2013 - ปี 2017 เมืองเจิงตูพัฒนาการสร้างเมืองและขยายตัวอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของพื้นที่เมืองเจิงตูมีการก่อสร้างพื้นฐาน เช่น รถไฟฟ้าใต้ดิน อาคารบ้านเรือน โรงพยาบาล โรงเรียน ถนนสาธารณะ ในปี 2013 พื้นที่ที่สร้างขึ้นของเมืองเจิงตูมี 528.9 ตร.กม. และเพิ่มขึ้นเป็น 885.6 ตร.กม. (ตาราง 3) ในปี 2013 การก่อสร้างเมืองทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ การก่อสร้างเมืองนำมาซึ่งฝุ่นละอองจำนวนมาก เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในเวลาเดียวกันก็ได้เพิ่มแนวโน้มของการเกิดหมอกควันบ่อยครั้งด้วยเช่นกัน

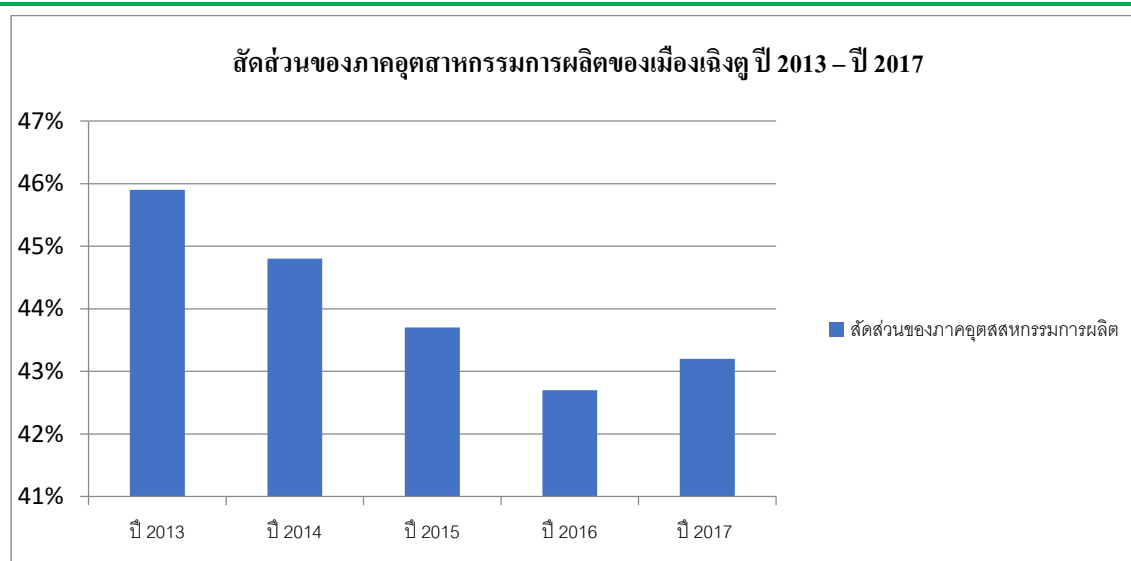
ตาราง 3 พื้นที่ที่สร้างขึ้นของเมืองเจิงตูใน ปี 2013 – ปี 2017

ปี พื้นที่ (ตร.กม)	ปี 2013	ปี 2014	ปี 2015	ปี 2016	ปี 2017
	528.9	604.1	615.5	837.3	885.6

ที่มา: Chengdu Statistical Yearbook, Chengdu Statistic Bureau, NBS Survey Office in Chengdu, Chengdu Statistical Association, 2014 – 2018

4) การพัฒนาอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมของประเทศจีนมี 3 ภาค ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคบริการ ในไม่กี่ปีที่ผ่านมา สัดส่วนภาคเกษตรกรรมของเมืองเจิงตูลดลง แต่สัดส่วนภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคบริการเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มการเติบโตอย่างต่อเนื่อง เมืองเจิงตูมีชื่อเสียงในการท่องเที่ยว ดังนั้นสัดส่วนภาคบริการเป็นอันดับ 1 ในโครงสร้างอุตสาหกรรม ส่วนภาคอุตสาหกรรมการผลิตส่งวนอัตราการเติบโตสูงไว้ในปี 2013 โดยมีสัดส่วนของภาคอุตสาหกรรมการผลิตของเมืองเจิงตูมีร้อยละ 45.9 และลดลงเป็นร้อยละ 43.2 ในปี 2017 (ภาพ 5) มีการวิจัยวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อสัดส่วนภาคอุตสาหกรรมการผลิตเพิ่มขึ้นสูง ดัชนีคุณภาพอากาศจะสูงขึ้นตาม แล้วมลพิษทางสิ่งแวดล้อมก็จะรุนแรงขึ้น ในขณะเดียวกัน อุตสาหกรรมการผลิตขนาดใหญ่ดัชนีคุณภาพอากาศก็จะยิ่งสูงและจำนวนวันที่มีหมอกควันยิ่งมากขึ้น (He Feng and Ma Dongdong, 2016, p. 110-114) ส่วนใหญ่ก๊าซเสียของโรงงานการผลิตเหล็กซึ่งประกอบด้วย sulfur dioxide, carbon monoxide, hydrogen sulfide, hydrocarbons, smoke, dust etc. ฝุ่นละอองปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศซึ่งมีมากกว่า 80% เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก (Xiu Caihong, Li Huiquan and Zhang Yi, 2008, p. 207-210) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตมีผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ



ภาพ 5 สัดส่วนของภาคอุตสาหกรรมการผลิตของเมืองเฉิงตู ปี 2013 – ปี 2017

ที่มา: Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development, Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu, 2014 – 2018

มลพิษทางอากาศในเฉิงตูแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มลพิษทางอากาศในฤดูหนาวมีปริมาณความเข้มข้นมากและมีความรุนแรงมาก แต่ในฤดูร้อนมีสถานการณ์มลพิษทางอากาศน้อยและส่วนใหญ่เป็นมลพิษก๊าซโอโซน (Wu Shengping, 2017, p.140-141) nitrogen oxides and volatile organic compounds ในอากาศผลิตก๊าซโอโซนโดย photochemical smog ซึ่งเป็นปัญหาเกิดในฤดูร้อน แหล่งที่มาของ nitrogen oxides ส่วนใหญ่เป็นรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอื่น ๆ เป็นต้น ในเมืองเฉิงตูสามารถเกิด secondary aerosol ซึ่งเป็นก๊าซโอโซนและฝุ่นละอองขนาดเล็กร่วมกัน จึงเกิดปัญหามลพิษทางอากาศได้ในฤดูร้อน

สาเหตุจากธรรมชาติ

เมืองเฉิงตูตั้งอยู่ในภาคตะวันตกของแอ่งเสฉวน (Sichuan Basin) ลักษณะอากาศในพื้นที่เป็นแบบเขตกึ่งร้อนชื้น (humid subtropical climate) ปริมาณน้ำฝนในฤดูร้อนมีมากที่สุดและอากาศความชื้น แสงแดดน้อยและมีลมน้อย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1 ปีอยู่ในช่วง 900 - 1300 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 1 ปี 70 - 80 เปอร์เซ็นต์ (Gong Aijie, Liu Xingyi, and Dai Xiaowen, 2017, p. 93-96) การวิเคราะห์กระบวนการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศมี 3 ปัจจัยหลัก

1) ปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอ เมืองเฉิงตูรอบ ๆ มีภูเขา 3 ลูก ได้แก่ ภูเขาหลงฉวน (Longquan Mountains) ภูเขาหลงเหมิน (Longmen Mountains) ภูเขาฉงไห่ (Qiong Lai Mountains) จึงทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศขึ้น เมืองเฉิงตูมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอ ปริมาณน้ำฝนทั้งปีอยู่ในช่วง 880.2 – 1343.3 มิลลิเมตรในปี 2013 – ปี 2017 (Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association, 2014-2018) ดังนั้นเมืองเฉิงตูที่มีอากาศชื้น กลางคืนของฤดูหนาวจึงเกิดการควบแน่นของไอน้ำขึ้น การรวมตัวกันของโมเลกุลน้ำและฝุ่นละออง ทำให้ปัญหามลพิษทางอากาศมีความรุนแรงในฤดูหนาว

2) ปริมาณแสงแดดมีน้อย การกระจายไอน้ำทำได้ยาก ปริมาณแสงแดดทั้งปีอยู่ในช่วง 1038.4 – 1156.7 ชั่วโมงในปี 2013 – ปี 2017 (Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and

Chengdu Statistical Association, 2014-2018) เวลาอากาศมีเมฆมากและแสงแดดน้อย จึงทำให้อากาศไม่กระจายควบแน่นกับฝุ่นละอองได้ง่ายและเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ

3) ความเร็วลมน้อย ทิศทางลมของเมืองเฉิงตูส่วนใหญ่เป็นทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในปี 2013 - ปี 2017 ความเร็วลมเฉลี่ย 1 ปีอยู่ในช่วง 1.0 เมตร/วินาที - 1.5 เมตร/วินาที (Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association, 2014-2018) ลมของเมืองเฉิงตูเป็นลมเบาหรือลมอ่อน จากข้อมูลได้ประกาศรายชื่อบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมที่ถูกตรวจสอบเป็นแหล่งปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ สรุปว่าบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเมืองเฉิงตู ดังนั้นจากข้อมูลตรวจวัดทิศทางลมข้างต้นจึงพบว่ามีความสัมพันธ์กับที่ตั้งของบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยมลพิษทางอากาศในเมืองเฉิงตู (Cheng Qingyan, Zhang Dongfang, Yang Rong, Ni Chengcheng and Sun Lei, 2018, p. 53-62)

เมืองเฉิงตูมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอในประจำปีและความชื้นมาก สภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศที่เอื้อรอบ ๆ มีภูเขาซึ่งส่งผลต่อการพาอากาศภายในและภายนอกได้ยาก ส่วนเรื่องของสภาพอากาศ ความเร็วลมน้อย ลมของเฉิงตูเป็นลมเบาหรือลมอ่อนและความถี่ของลมเบาหรือลมอ่อนสูง เมืองเฉิงตูอยู่ในส่วนหนึ่งของ 2 ภูมิภาคที่ความเร็วลมน้อยในประเทศ เมืองเฉิงตูมีชั้นผกผันตลอดทั้งปีและปรากฏการณ์ผกผันทำให้มลพิษทางอากาศจะกระจายยากจากชั้นอุณหภูมิต่ำไปยังชั้นอุณหภูมิสูง เงื่อนไขทางภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมทางภูมิประเทศข้างต้นทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ง่าย และไม่เอื้อต่อการแพร่กระจายในแนวนอนและแนวตั้งของฝุ่นละอองหมอกควันที่เกิดขึ้นแล้ว

4. มาตรการแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศ

เมืองเฉิงตูได้ออกมาตรการและแผนปฏิบัติการแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในปี 2014 เพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศของเมืองให้ดีขึ้น แผนปฏิบัติการนี้เริ่มใช้งานในปี 2014 จนถึง ปี 2017 การป้องกันสุขภาพของประชาชนเป็นจุดสำคัญของแผนนี้ การควบคุมและลดการปล่อยมลพิษรวม เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และก๊าซโอโซน ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้มีปริมาณความเข้มข้นเกินมาตรฐาน หลายภาคส่วนร่วมมือกันเพื่อแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตู รัฐบาลออกกฎหมายที่เกี่ยวกับการแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศและปรับปรุงคุณภาพอากาศให้ดีขึ้น บริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมออกกฎระเบียบและข้อบังคับที่กำหนดไว้ หน่วยงานต่าง ๆ ตรวจสอบการปฏิบัติตามของบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมว่าปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับหรือไม่ ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศด้วยการปฏิบัติตามกฎหมาย กฎระเบียบ และข้อบังคับ สามารถใช้วิธีทางเศรษฐกิจ วิทยาศาสตร์ วัฒนธรรมและการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยมลพิษทางอากาศทำให้เกิดความสมดุลทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

การจัดการปัญหามลพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตูมีเป้าหมายในการลดปริมาณสารมลพิษ คุณภาพอากาศโดยรอบของเมืองเฉิงตูดีขึ้น ในปี 2017 ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ลดลงร้อยละ 25 เทียบกับปี 2012 และปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ลดลงร้อยละ 20 เทียบกับปี 2013

1) การควบคุมและลดการปล่อยมลพิษจากอุตสาหกรรม

เมืองเฉิงตูเป็นเมืองที่มีสัดส่วนภาคอุตสาหกรรมการผลิตเกิน 50% ใน GDP ของเมืองเฉิงตู มลพิษทางอากาศของอุตสาหกรรมเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการและควบคุมมลพิษทางอากาศ บริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตปล่อยมลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ฝุ่นละออง

ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน เมืองเจิ้งตูมีมาตรการควบคุมมลพิษทางอากาศเพื่อลดการปล่อยมลพิษทางอากาศ 1) การแก้ไขขบอยเลอร์หรือหม้อไอน้ำขนาดเล็กที่เผาถ่านหินให้เรียบร้อยและควบคุมการก่อสร้างหม้อไอน้ำซึ่งใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง และแนะนำให้ใช้พลังงานสะอาดหรือต้องบำบัดมลพิษที่ปล่อย ซึ่งมีโครงการ "เปลี่ยนการเผาถ่านหินกลายเป็นการใช้ก๊าซ" และ "เปลี่ยนการเผาถ่านหินกลายเป็นการใช้ไฟฟ้า" 2) การก่อสร้างระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (FGD: Flue Gas Desulfurization) ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) และ โครงการกำจัดฝุ่นในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการผลิตด้านพลังงานความร้อน ไฟฟ้า ปูนซีเมนต์ เหล็กและแก้ว 3) การพัฒนาระบบการจัดการสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) สร้างใบรายชื่อของโรงงานที่ปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อเสริมสร้างความเข้มแข็งในการตรวจสอบและจัดการสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย

2) การควบคุมและลดการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ

ในปี 2013 เมืองเจิ้งตูมีจำนวนยานพาหนะ 3.386 ล้านคันและมาถึงปี 2017 เพิ่มขึ้นถึง 4.942 ล้านคัน จำนวนยานพาหนะของเมืองเจิ้งตูเป็นอันดับที่ 2 ของประเทศจีน การใช้ยานพาหนะจะปล่อยมลพิษทางอากาศสูง เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ การเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะเกิดฝุ่นละออง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาหมอกควันทางอากาศรุนแรงขึ้น เมืองเจิ้งตูมีมาตรการควบคุมและลดการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ 1) พัฒนาระบบขนส่งสาธารณะให้ประชาชนเลือกใช้ขนส่งสาธารณะในการเดินทางและเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ขนส่งสาธารณะ ระยะทางของรถไฟใต้ดินเกิน 108 กิโลเมตรในปี 2017 ประชาชนเลือกใช้การขนส่งสาธารณะมากกว่า 40% ในการเดินทาง 2) จำกัดจำนวนคันของยานพาหนะที่ปล่อยมลพิษสูงกว่า (higher-emission vehicle) และรถยนต์เก่า 3) ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันของยานพาหนะสนับสนุนการควบคุมคุณภาพและตรวจสอบน้ำมันสำหรับสถานีบริการน้ำมัน 4) พัฒนาการตลาดรถยนต์พลังงานใหม่และแนะนำให้ประชาชนซื้อและใช้รถยนต์พลังงานใหม่ เช่น ส่งเสริมการใช้ยานพาหนะไฟฟ้า

3) การควบคุมและลดปริมาณฝุ่นละออง

ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดหมอกควัน จึงมีมาตรการควบคุมและลดปริมาณฝุ่นละออง 1) หน่วยงานและฟางข้าวการก่อสร้างจะต้องรับผิดชอบในการควบคุมฝุ่นที่สถานที่ก่อสร้าง 2) สำหรับรถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่น และต้องฉีดพ่นเมื่อขับออกจากพื้นที่ก่อสร้าง 3) ห้ามการเผาฟางข้าวชุมชนเก็บฟางข้าวโดยรวม ฟางข้าวและโรงงานใช้ประโยชน์จากฟางข้าวมุ่งเน้นไปที่ไปไม่ดำเนินการจัดการทรัพยากรดินและส่งเสริมการดำเนินการตามมาตรการควบคุมฝุ่นที่สถานที่ก่อสร้าง

4) การปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม

ปัจจุบันเมืองเจิ้งตูมีสัดส่วนที่มากที่สุดของอุตสาหกรรมภาคบริการ แต่จากมุมมองของการพัฒนาเศรษฐกิจภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบการพัฒนาที่เกิดมลภาวะสูงและใช้พลังงานสูงไปสู่การพัฒนาที่เกิดมลภาวะต่ำและใช้พลังงานต่ำ การพัฒนาเศรษฐกิจลดการใช้ทรัพยากรและพลังงาน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงโครงสร้างอุตสาหกรรมและมีโอกาสในการแก้ไขปัญหาหมอกควันจากแหล่งกำเนิด

5) การวางแผนพัฒนาเมือง

มีการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมืองมีการวางแผนเมืองที่เหมาะสมและมีนโยบายคุ้มครองและพัฒนาสิ่งแวดล้อมในระยะยาว และสามารถใช้ทรัพยากร พลังธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์ที่สูงขึ้นซึ่งจะช่วยลดการใช้ทรัพยากร พลังธรรมชาติและลดการปล่อยมลพิษทางสิ่งแวดล้อม (Wang Yafei, 2011, p. 53-71) เมืองเจิ้งตูจะออกนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมและออกกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมอย่างสมบูรณ์แบบ มันจะช่วยในการดำเนินการ

วางแผนเมืองและการพัฒนาเมืองเชิงนิเวศ การสร้างพื้นที่สีเขียวในเมืองเชิงนิเวศและเพิ่มปริมาณการระบายอากาศในเมืองผ่านการก่อสร้างพื้นที่ทะเลสาบขนาดใหญ่และสวนป่า อัตราความครอบคลุมป่าของเมืองถึง 38% ในปี 2015

6) ปลุกฝังวัฒนธรรมจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ประชาชน

ผลการศึกษา พบว่า การรับรู้ปัญหามลพิษทางอากาศยังเป็นเรื่องที่ประชาชน โดยเฉพาะผู้สูงอายุยังไม่การรับรู้เท่าที่ควร ดังนั้นควรมีการจัดการกิจกรรมเกี่ยวกับเรื่องหมอกควันผ่านช่องทางต่าง ๆ เพื่อให้ประชาชนสามารถเข้าใจถึงอันตรายของหมอกควันได้อย่างเต็มที่และมีส่วนร่วมในการจัดการหมอกควันโดยเปลี่ยนวิถีชีวิต ได้แก่ 1) จัดตั้งหน่วยงานดูแลและจัดการกิจกรรมให้ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางอากาศแก่ประชาชนเพิ่มความเข้าใจความรู้ด้านปัญหามลพิษทางอากาศ การรับรู้ข้อมูลมลพิษทางอากาศอย่างเต็มที่และวิธีการป้องกันตนเองจากปัญหามลพิษทางอากาศ เช่น ความรู้ด้านสารมลพิษ ความรู้ด้านปัญหามลพิษทางอากาศ ผลกระทบจากปัญหามลพิษทางอากาศ 2) ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ เสนอแนะและประชาสัมพันธ์ให้ ประชาชนปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตในการเดินทาง เช่น แนะนำให้เลิกใช้การขนส่งสาธารณะ เช่น รถบัส รถไฟใต้ดิน bike sharing ไม่ใช้รถยนต์ส่วนตัว แนะนำให้ประชาชนทำอาหารโดยใช้วิธีไม่ย่างอาหาร เพราะการปิ้งย่างอาหารสามารถเกิดควันได้ 3) ปลุกฝังวัฒนธรรมจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ประชาชน สนับสนุนวิธีการบริโภคและการใช้ชีวิตอย่างประหยัดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและให้คำแนะนำแก่ประชาชนในการเริ่มต้นจากการทำสิ่งเล็ก ๆ รอบตัว

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศในเมืองเฉิงตู พบว่า ในปี 2013 – ปี 2017 คุณภาพอากาศของเมืองเฉิงตูยังดีขึ้นไปเรื่อย ๆ หลังได้มีการใช้มาตรการและแผนปฏิบัติการแก้ไขและควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศในปี 2014 ประกอบกับการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศอย่างมีประสิทธิภาพที่เกิดจากความร่วมมือของหลายภาคส่วนร่วมกันในการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศส่วนใหญ่ลดลง แต่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนเพิ่มขึ้น ดังนั้นคุณภาพอากาศของเมืองมีวันที่อยู่ในระดับดีและระดับปานกลางเพิ่มขึ้น ซึ่งวันที่ระดับดัชนีคุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพและระดับอันตรายลดลงในช่วงเวลา 5 ปีของการวิเคราะห์ เมืองเฉิงตูเป็นเมืองที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศและสถานการณ์ปัญหาได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งตรวจสอบได้จากสาเหตุการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ สาเหตุมีทั้งจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เมืองเฉิงตูมีสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศเป็นลักษณะเฉพาะซึ่งเอื้อต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ โดยเมืองเฉิงตูตั้งอยู่ในแอ่งเสฉวน (Sichuan Basin) อากาศชั้น ปริมาณแสงแดดน้อย ความเร็วลมน้อยและส่วนใหญ่เป็นลมเบาหรือลมอ่อน ปริมาณน้ำฝนเพียงพอแต่ในฤดูหนาว สาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ก็มีหลายส่วน ทั้งปรากฏการณ์การกลายเป็นเมือง (Urbanization) ทำให้ประชาชนนิยมเข้าในเมืองและใช้ชีวิตอยู่ในเมือง จนกระทั่งเกิดการใช้ทรัพยากรและการใช้ยานพาหนะเพิ่มขึ้น ยานพาหนะปล่อยมลพิษทางอากาศมากขึ้น การพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตเป็นส่วนหนึ่งของสาเหตุการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่ การเผาถ่านหินเพื่อความร้อนและโรงงานการผลิตเหล็กปลดปล่อยปริมาณสารมลพิษทางอากาศออกมามาก การก่อสร้างเมืองเกิดปริมาณฝุ่นละอองมาก เมืองเฉิงตูกำลังพัฒนาเมืองจึงมีการก่อสร้างที่อยู่อาศัย รถไฟใต้ดิน ถนน อาคารต่าง ๆ ตามสถานการณ์และสาเหตุของการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศ เมืองเฉิงตูออกมาตรการแก้ไขและควบคุมปัญหาหมอกเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศ เช่น การควบคุมและลดการปล่อยมลพิษจากอุตสาหกรรม การควบคุมและลดการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะ การควบคุมและลดปริมาณฝุ่นละออง การปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม การวางแผนพัฒนาเมืองและปลุกฝัง

วัฒนธรรมจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ประชาชน เพราะฉะนั้นการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศจึงต้องร่วมมือกันกับหลายภาคส่วน

ข้อเสนอแนะ 1) ควรจะการศึกษามลพิษทางอากาศของเมืองเฉิงตูหลังปี 2017 2) เมืองเฉิงตูออกนโยบายการจำกัดการจราจรซึ่งขึ้นอยู่กับหมายเลขสุดท้ายบนป้ายทะเบียนรถยนต์ (traffic restrictions based on even- and odd-numbered license plates) ยานพาหนะแยกเป็น 2 กลุ่มด้วยหมายเลขสุดท้ายบนป้ายทะเบียนรถยนต์ ซึ่งตรวจจำนวนที่หรือคู่ จำกัดว่าวันไหนไม่รับอนุญาตให้ขับรถยนต์ หมายเลขสุดท้ายบนป้ายทะเบียนรถยนต์ด้วย 1 และ 6 ไม่อนุญาตให้ขับรถยนต์ในวันจันทร์ (เช่น 2 และ 7 ในวันอังคาร 3 และ 8 ในวันพุธ 4 และ 9 ในวันพฤหัสบดีและ 5 และ 0 ในวันศุกร์) บางคนอยากใช้รถยนต์ส่วนตัวทุกวันและจะซื้อรถยนต์คันที่ 2 ซึ่งจะทำให้ปล่อยมลพิษทางอากาศมากกว่า จึงมีข้อเสนอแนะว่าควรเพิ่มนโยบายการจำกัดจำนวนรถยนต์ในนครเฉิงตูด้วย 3) ผู้สูงอายุบางคนไม่รู้เรื่องมลพิษทางอากาศและคิดว่าหมอกควันเหมือนกับหมอกจากธรรมชาติ เมืองเฉิงตูมีความชื้นมากและเกิดหมอกเป็นเรื่องปกติ รัฐบาลท้องถิ่นและหน่วยงานควรจัดกิจกรรมที่แนะนำเรื่องมลพิษทางอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu. (2014). *Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development in 2013*. Retrieved April 26, 2014 from http://222.210.127.224/htm/detail_26531.html
- Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu. (2015). *Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development in 2014*. Retrieved April 28, 2015 from http://222.210.127.224/htm/detail_26553.html
- Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu. (2018). *Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development in 2015*. Retrieved May 23, 2018 from http://222.210.127.224/htm/detail_26573.html
- Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu. (2016). *Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development in 2016*. Retrieved May 24, 2016 from http://222.210.127.224/htm/detail_51777.html
- Chengdu Statistics Bureau and National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu. (2018). *Statistical Report of Chengdu's National Economic and Social Development in 2017*. Retrieved May 15, 2018 from http://222.210.127.224/htm/detail_96522.html
- Chengdu Environment Protection Bureau. (2015). *Chengdu Environmental Statement in 2013*. Retrieved May 8, 2015 from http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110802/2015-05/08/content_d396d5529e3c49ab8717a227a1a5fec3.shtml
- Chengdu Environment Protection Bureau. (2015). *Chengdu Environmental Statement in 2014*. Retrieved June 3, 2015 from http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110802/2015-06/03/content_e9bf7ec4c93a44f2b01898e73f7eed33.shtml

- Chengdu Environment Protection Bureau. (2016). *Chengdu Environmental Statement in 2015*. Retrieved June 2, 2016 from http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110802/2016-06/02/content_7fd72370c4e24f78847500281bf6aa50.shtml
- Chengdu Environment Protection Bureau. (2017). *Chengdu Environmental Statement in 2016*. Retrieved June 2, 2017 from http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110802/2017-06/02/content_0e452a83884745a5b2e62be3459a5ea6.shtml
- Chengdu Environment Protection Bureau. (2018). *Chengdu Environmental Statement in 2017*. Retrieved June 5, 2018 from http://sthj.chengdu.gov.cn/cdhbj/c110802/2018-06/05/content_d8838d3f3d454c88aec67a6bdcf0dd58.shtml
- Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association. (2017). *Chengdu Statistical Yearbook in 2014*. Retrieved July 11, 2017 from http://www.cdstats.chengdu.gov.cn/htm/detail_52422.html
- Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association. (2017). *Chengdu Statistical Yearbook in 2015*. Retrieved June 7, 2017 from http://www.cdstats.chengdu.gov.cn/htm/detail_51996.html
- Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association. (2017). *Chengdu Statistical Yearbook in 2016*. Retrieved July 28, 2017 from http://www.cdstats.chengdu.gov.cn/htm/detail_63038.html
- Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association. (2018). *Chengdu Statistical Yearbook in 2017*. Retrieved July 24, 2018 from http://www.cdstats.chengdu.gov.cn/htm/detail_110939.html
- Chengdu Statistics Bureau, National Bureau of Statistics Survey Office in Chengdu and Chengdu Statistical Association. (2018). *Chengdu Statistical Yearbook in 2018*. Retrieved December 19, 2018 from http://www.cdstats.chengdu.gov.cn/htm/detail_123764.html
- Cheng Qingyan, Zhang Dongfang, Yang Rong, Ni Chengcheng and Sun Lei. (2018). *A Study on the Relationship between Meteorological Condition and Air Quality of Chengdu*, Nature Science, 6(1), 53-62.
- Dai Yayi and Chen Qianhuo. (2014). *Causes, hazards and preventive measures of haze*. In Chinese Society for Environmental Sciences (Eds.), *Proceedings of the Annual Conference of Chinese Society for Environmental Sciences* (p.5348-5352). Beijing: China Environmental Science Press.
- Gong Aijie, Liu Xingyi, and Dai Xiaowen. (2017). *Research on the Causes and Influencing Factors of Haze in Chengdu*. Environmental Impact Assessment, 39(1), 93-96.
- He Feng and Ma Dongdong. (2016). *A Study on the Relationship between Haze and Industrialization: An Empirical Study of 74 Cities in China*. Soft science, 29(6), 110-114.

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. (2012). *Technical Regulation on Ambient Air Quality Index (on trial)*. Retrieved February 29, 2012 from

http://www.gztaijiang.gov.cn/ztzl/tjxhjbhj/zcfg_77794/201804/t20180423_3243370.html

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China and General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. (2012). *Ambient Air Quality Standards*. Retrieved February 29, 2012 from

<http://www.jingbian.gov.cn/zdzt/jbxzgwksdzl/zwwgk/jcgk/hjbh/62929.htm>

Qiu Tianyun. (2017). *Analysis of Causes and measures of Air Pollution in Chengdu*. New West, 2017(11), 21-22.

Wang Yafei. (2011). *Impacts of Urbanization on Resource Consumption and Emissions*. Low carbon living city, 18(3), 53-71.

Wu Shengping. (2017). *Seasonal variation of air pollutants in Chengdu*. Technology Wind, 2017(23), 140-141.

Xiu Caihong, Li Huiquan and Zhang Yi. (2008). *Integrated Assessment on Pollution Contribution in Iron and Steel Manufacturing Process*. Research Environment Sciences, 21(3), 207-210.

ปัญหาการบังคับคดีของศาลปกครองในคดีสิ่งแวดล้อม

The problems on the enforcement of the Administrative Court for the environmental case

สิริวรรณ ชื่นไพบูลย์¹✉

Siriwan Chinpaiboon¹✉

¹ คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹ Faculty of law, Chiang Mai University

Corresponding E-mail : siriwanchin@outlook.co.th ✉

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพเอกสาร มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งศึกษาปัญหาอุปสรรค ในการบังคับคดีของศาลปกครองในคดีสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาผ่านคำพิพากษาและรูปแบบการบังคับคดีสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า การบังคับคดีของศาลปกครอง เป็นไปตามบทบัญญัติพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2559 ประกอบพระราชบัญญัติดังกล่าวให้อำนาจแก่ที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดดำเนินการออกระเบียบกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการดำเนินการบังคับคดี ซึ่งมีลักษณะเป็นบทบัญญัติให้อำนาจศาลปกครองในการสั่งให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐชำระค่าปรับครั้งละไม่เกินห้าหมื่นบาท รวมทั้งให้อำนาจศาลปกครองแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาทราบเพื่อให้ดำเนินการลงโทษทางวินัยแก่เจ้าหน้าที่ของรัฐ หากหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐยังมิได้ปฏิบัติตามคำพิพากษาให้ถูกต้องครบถ้วน หรือปฏิบัติล่าช้าเกินไปโดยไม่มีเหตุอันสมควร ซึ่งการปฏิบัติตามคำพิพากษาในคดีสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องอาศัยการบังคับคดีเข้ามาติดตามตรวจสอบเพื่อให้การเยียวยาสิ่งแวดล้อมเกิดผลสัมฤทธิ์ แต่เนื่องจากคดีสิ่งแวดล้อมมีความสลับซับซ้อนในเชิงข้อเท็จจริง ทางเทคนิควิชาการ ตลอดจนความเสียหายที่ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อแตกต่างกันไปในแต่ละคดี การนำการบังคับคดีปกครองทั่วไปมาใช้ในการแก้ไขสิ่งเป็นพิษในการเยียวยาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากคดีปกครองทั่วไป อาจทำให้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือความเสียหายที่เกิดจากปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ได้รับการแก้ไข ฟื้นฟู ได้อย่างทันทั่วถึง

คำสำคัญ: การบังคับคดีสิ่งแวดล้อม, ปัญหา, ศาลปกครอง

ABSTRACT

This thesis was considered a qualitative research study. The objective was to study the problems and obstacles on the enforcement of the Administrative Court for the environmental cases. The study was then conducted through the judgments and forms of enforcement for the environmental cases. The study indicated that enforcement of the Administrative Court was congruent with the provisions of Act on Establishment of Administrative Courts and Administrative Procedure Procedures (No. 8) B.E.2559 (2016). This Act also empowered the general meeting of judges in the Supreme Administrative Court to issue the criteria, procedures and conditions for legal execution whereby the

administrative court was authorized to order the administrative agencies or government officials to pay a fine of not more than fifty thousand baht. In addition, the Administrative Court was allowed to notify other relevant superiors of such matters to carry out disciplinary actions against the government officials if the administrative agencies or government officials did not fully comply with the judgements or delay the actions without reasonable grounds. In fact, implementation of the judgment for environmental cases required legal executions to track and ensure the effective remedies in the environmental cases. However, the environmental cases are complicated in terms of facts and techniques as well as other damage, resulting in distinctive impacts in each case. Implementation of general administrative enforcement with the remedies against toxicity for environmental rehabilitations was somewhat different from general administrative cases. Such implementation probably caused the environmental cases or relevant damage not to be solved or restored in a timely manner.

Keywords: enforcement of environmental cases , problem , administrative court

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และมีผลกระทบต่อโลกอย่างมาก ด้วยเหตุที่มนุษย์เป็นทรัพยากรที่มีความคิด มีสติปัญญาสูง มีเหตุผลในการดำรงเผ่าพันธุ์ มีการพัฒนาการอยู่ตลอดเวลาทั้งทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม การเมือง การปกครอง (กมร, 2558) ซึ่งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมนั้นมักจะมีผลกระทบต่อผู้ได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก และความเสียหายจะไม่ได้จำกัดอยู่แค่พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งโดยเฉพาะ หากแต่ขยายวงออกไปเป็นบริเวณกว้างค่อนข้างกว้าง (ประพจน์, 2550) ยิ่งในสภาพสังคมปัจจุบันที่ซับซ้อนมากขึ้น ความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมอาจเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อในการดำเนินชีวิตประจำวัน (ประพจน์, 2550) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาศาลปกครองไทยได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการจัดการปัญหาความขัดแย้งทางสิ่งแวดล้อมผ่านการตัดสินคดีสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ (สงกรานต์, 2556) ที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการกระทำผิดกฎหมายของเอกชน ผู้ประกอบการ การละเลยการปฏิบัติหน้าที่ การปฏิบัติหน้าที่โดยมิชอบ หรือการปฏิบัติหน้าที่ซึ่งล่าช้าเกินสมควรของหน่วยงานหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ (คณะกรรมการปฏิรูปทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสภาปฏิรูปแห่งชาติ, 2558) เช่น คดีล่าห้วยคลิตี้ที่พบสารปนเปื้อนตะกั่ว หรือคดี โคบอลต์-60 ที่มีการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี หรือคดีมาบตาพุดที่มีการประกาศให้เป็นเขตควบคุมมลพิษ เป็นต้น จึงอาจกล่าวได้ว่า “คดีสิ่งแวดล้อม” ถือได้ว่าเป็นคดีที่สร้างผลกระทบต่อคนจำนวนมากและเป็นคดีที่มีความยุ่งยากซับซ้อน อีกทั้งยังมีลักษณะแตกต่างจากคดีแพ่งทั่วไป (iLaW, 2559) จนทำให้ศาลปกครองซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและทำหน้าที่ตัดสินคดีเมื่อมีข้อพิพาทเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมาสู่ศาลได้เปิดเผยคดีสิ่งแวดล้อมเพื่อพิจารณาพิพากษาคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะ (มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2544) หรือแม้แต่ศาลยุติธรรมต่างก็ให้ความสำคัญในคดีสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกันจึงได้จัดตั้งแผนกคดีสิ่งแวดล้อมขึ้นเพื่อให้มีอำนาจหน้าที่พิจารณาคดีสิ่งแวดล้อม รวมทั้งคดีที่ประธานศาลฎีกาเห็นสมควรกำหนดให้เป็นคดีสิ่งแวดล้อม (ศาลฎีกา, ม.ป.ป.) เมื่อศาลปกครองได้มีคำพิพากษาเกี่ยวกับคดีสิ่งแวดล้อมไปแล้ว การเยียวยาความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะประสบความสำเร็จเป็นไปตามเป้าประสงค์ในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องอาศัยการบังคับคดีเข้ามาติดตามตรวจสอบ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) เพื่อให้การเยียวยาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพและสัมฤทธิ์ผล ตามพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2559 ได้กำหนดวิธีดำเนินการบังคับคดีไว้

โดยให้ศาลปกครองมีอำนาจสั่งปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ไม่ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลรวมทั้งมีอำนาจแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาดำเนินการลงโทษทางวินัยด้วยนั้น อาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำการบังคับคดีดังกล่าวมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อมกับการแก้ไขสิ่งเป็นพิษ (อรพรรณ และอิทธิพล, 2552) ในการขยายพื้นที่พหุสภาพสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลายไปเนื่องจากการทำลายสิ่งแวดล้อมนั้นเกิดจากเกิดจากการกระทำของบุคคลหลายฝ่ายสะสมกันมาโดยลำดับ (อุดมศักดิ์, 2556) ความเสียหายที่เกิดจากคดีสิ่งแวดล้อม ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อที่แตกต่างกันไปในแต่ละคดี อาทิ ความเสียหายที่เกิดต่อทรัพยากรธรรมชาติในคดีสองคดีอาจมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของสภาพธรรมชาติ ชนิดและประเภทของทรัพยากรที่ถูกทำลาย เมื่อทรัพยากรที่ถูกทำลายแตกต่างกันค่าความเสียหายย่อมแตกต่างกันไปด้วย (อรพรรณ และอิทธิพล, 2552) เช่น การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากซากเครื่องบินโบอิง 707-320D ที่ตกในอ่าวไทยเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2550 กรณีสารตะกั่วปนเปื้อนในห้วยคลิตี้ตอนล่างจากกิจกรรมเหมืองแร่ ที่จังหวัดกาญจนบุรี การปนเปื้อนของสารแคดเมียมจากกิจกรรมเหมืองแร่ในดินที่ใช้ทำการเกษตรที่บ้านแม่ตาว จังหวัดตาก (กอบกุล, 2550) วิฤติสิ่งแวดล้อมที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง การลักลอบทิ้งขยะอุตสาหกรรมจนปนเปื้อนน้ำใต้ดินในพื้นที่ อ.หนองหาน จ.เลยเชิงเทรา การรั่วไหลของน้ำมันดิบจนปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมทางทะเลในพื้นที่ จ.ระยอง (สงกรานต์, 2557)

ด้วยสภาพความแตกต่าง ความซับซ้อนในข้อเท็จจริงของคดี อาทิ ข้อมูลในเรื่องสารพิษ หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ณรงค์, 2560) สามารถบ่งชี้ได้อย่างชัดเจนว่าคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีลักษณะของคดีที่แตกต่างกันจากคดีปกครองทั่วไป (วิริยะ, 2546) จำเป็นต้องมีมาตรการทางกฎหมายที่จะหยุดหรือระงับการกระทำที่ก่อให้เกิดความเสียหายด้านสิ่งแวดล้อม (พิพากษ์, ม.ป.ป.) ดังนั้น การปฏิบัติตามคำบังคับของศาลอาจจำเป็นต้องอาศัยความรู้ของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชาเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้การบังคับตามคำพิพากษามีประสิทธิภาพและสัมฤทธิ์ผล ดังที่สุรชัย ตรงงาม (MGR ONLINE, 2555) ได้อธิบายไว้ว่าคดีสิ่งแวดล้อมนั้นมีความสลับซับซ้อน เกี่ยวข้องกับผู้ชำนาญการหลากหลายสาขาไม่ใช่เพียงการใช้ความรู้ทางกฎหมาย การเขียนนั้นไม่ได้หมายถึงเฉพาะตัวเงินเท่านั้น แต่ยังหมายถึงการเขียนที่ต้องการให้หน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้องปฏิบัติหน้าที่ที่พึงกระทำ เช่น การฟื้นฟูลุ่มน้ำห้วยคลิตี้ ให้พ้นจากการปนเปื้อนสารตะกั่ว หรือการฟ้องให้หน่วยงานรัฐปฏิบัติตามมาตราในกฎหมาย เช่น ฟ้องให้ประกาศเขตควบคุมมลพิษที่มาบตาพุด เป็นต้น ซึ่งความเห็นของสุรชัยดูเหมือนจะไปสอดคล้องกับสงกรานต์ ป้องบุญจันทร์ (ม.ป.ป.) ที่กล่าวถึงในคดีสิ่งแวดล้อมไว้ว่า คำบังคับที่ให้ฝ่ายปกครองปฏิบัติหน้าที่นั้นล้วนเป็นเรื่องทางเทคนิควิชาการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเรื่องยากที่คนทั่วไปรวมทั้งศาลปกครองจะเข้าไปตรวจสอบว่าได้มีการดำเนินการตามคำพิพากษาและคำบังคับของศาลอย่างถูกต้องครบถ้วนแล้ว ซึ่งจะมีปัญหาถกเถียงกันว่าการดำเนินการของฝ่ายปกครองนั้นถือเป็นการเป็นการปฏิบัติตามคำพิพากษาแล้วหรือไม่ โดยความเห็นสุรชัยและสงกรานต์ไปสอดคล้องกับการดำเนินการบังคับคดีที่ฝ่ายปกครองไม่ปฏิบัติตามคำสั่งศาลเนื่องจากฝ่ายปกครองไม่มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติตามคำสั่งศาล มีปัญหาในการเข้าถึงพื้นที่บ้างหรือมีความกลัวที่อาจจะต้องมีความรับผิดชอบที่เกิดจากการปฏิบัติหน้าที่ (วิชิต, 13 กุมภาพันธ์ 2562) หรือการขาดการบังคับการตามคำพิพากษาในเชิงรุก การขาดประสิทธิภาพในการบังคับคดี แม้คดีที่ชนะก็ไม่ได้มีการดำเนินการตามคำพิพากษาหรือคำสั่งศาล ทำให้ไม่ได้รับการขยายในเวลาอันสมควร สิ่งแวดล้อมไม่ได้รับการฟื้นฟู ไม่มีมาตรการขจัดมลพิษที่เป็นรูปธรรมให้เป็นไปตามคำพิพากษา (คณะกรรมการปฏิรูปทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสภาพัฒนาฯ, 2558) ตลอดจนปัญหากับขอบเขตอำนาจหน้าที่ของเจ้าหน้าที่บังคับคดีในการดำเนินการบังคับตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองเพื่อขยายความเสียหายด้านสิ่งแวดล้อม หรือปัญหาเรื่องระยะเวลาการบังคับคดีด้านสิ่งแวดล้อมติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556)

จากที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อคดีสิ่งแวดล้อมมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากคดีปกครองทั่วไป กระบวนการในการจัดการเพื่อบังคับให้เป็นไปตามคำบังคับจำเป็นต้องมีกระบวนการดำเนินการที่ถูกต้องตามหลักการในการขยายพื้นที่สิ่งแวดล้อม (ณรงค์, 2560) คำพิพากษาโดยอาศัยการบังคับคดีปกครองทั่วไปมาใช้ในการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เหมาะสมกับลักษณะของคดีสิ่งแวดล้อมที่ความเสียหายจากคดีสิ่งแวดล้อมนั้นมีผลต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหมดและมีขอบเขตกว้างขวาง เป็นผลกระทบทางสังคมนอกเหนือจากความเสียหายเป็นรายบุคคล (อุดมศักดิ์, 2556) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาโดยผ่านคำพิพากษาและรูปแบบการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมเพื่อสะท้อนให้เห็นว่าคดีสิ่งแวดล้อมนั้นมีความสลับซับซ้อนในข้อเท็จจริงและมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากคดีปกครองทั่วไป การนำวิธีการบังคับคดีปกครองทั่วไปมาใช้บังคับกับคดีสิ่งแวดล้อมอาจจะไม่เหมาะสมกับสภาพปัญหา พร้อมกับเสนอแนะแนวทางการบังคับคดีให้เหมาะสมกับลักษณะของคดีสิ่งแวดล้อมเพื่อให้การบังคับคดีมีประสิทธิภาพและสัมฤทธิ์ผล เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

2) วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1) เพื่อศึกษาปัญหา อุปสรรค ในการบังคับคดีสิ่งแวดล้อม

2.2) เพื่อสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการบังคับคดีปกครองโดยทั่วไปไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้บังคับกับคดีสิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างไปจากคดีปกครองทั่วไป

3) การทบทวนวรรณกรรม

3.1) การบังคับคดี

ในยุคแรกที่มีการจัดตั้งศาลปกครองพบว่า การดำเนินการบังคับคดีของศาลปกครองในช่วงแรก กฎหมายไม่ได้กำหนดให้สำนักงานศาลปกครองมีอำนาจบังคับสั่งให้หน่วยงานหรือส่วนราชการปฏิบัติตามคำบังคับของศาล (อภิรดี, 2549) ซึ่งปัญหาที่พบนี้ ศาลปกครองต่างก็ทราบถึงปัญหาในช่วงแรกที่มีการตั้งศาลปกครองเช่นกัน โดยสำนักงานบังคับคดีปกครองต้องเตรียมการออกระเบียบสำหรับการบังคับคดี แต่มีปัญหาเกิดขึ้นคือ ไม่มีกฎหมายใดที่ให้อำนาจออกระเบียบหรือกฎใดๆ ที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดไม่มีอำนาจตามมาตรา 44 แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ.2542 ในการออกระเบียบเกี่ยวกับการบังคับคดี การบังคับคดีปกครองจึงต้องอาศัยพื้นฐานจากมาตรา 72 แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองฯ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) นอกจากนี้การปฏิบัติการบังคับคดีโดยพนักงานคดีปกครอง สังกัดสำนักบังคับคดีปกครอง เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานบังคับคดีไม่มีอำนาจใดๆ ในการบังคับกับลูกหนี้ตามคำพิพากษาได้ เนื่องจากอำนาจในการบังคับคดีเป็นของศาลมิใช่อำนาจของสำนักงานศาลปกครอง สำนักงานศาลปกครองทำหน้าที่เป็นเพียงหน่วยธุรการของศาลเท่านั้น โดยในการปฏิบัติงานพนักงานคดีปกครองมีอำนาจเป็นเพียงผู้ติดตามการปฏิบัติตามคำพิพากษาของลูกหนี้ตามคำพิพากษาแล้วรายงานผลให้แก่ศาล เพื่อให้ศาลจะได้มีคำสั่งต่อไปเท่านั้น ซึ่งหากลูกหนี้ไม่ปฏิบัติตาม พนักงานคดีก็ทำได้เพียงประสานสอบถามให้มีการปฏิบัติตามคำบังคับและเสนอเรื่องราวรายงานต่อศาลเท่านั้น กลไกในการบังคับคดีจึงยังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ และระเบียบที่ประชุมใหญ่ตุลาการศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยการบังคับคดี ทำให้สำนักงานศาลปกครองไม่มีอำนาจในการบังคับคดีตามคำพิพากษาของศาลปกครองตามภารกิจที่กำหนดไว้จึงควรกำหนดให้การบังคับคดีของศาลปกครองบัญญัติเป็นกฎหมายระดับพระราชบัญญัติ (ปิยะสร, 2555)

3.2) การบังคับคดีสิ่งแวดล้อม

หลังจากจัดตั้งศาลปกครองมา ในช่วงปี พ.ศ. 2545 คดีสิ่งแวดล้อมยังไม่เข้าสู่ศาลมากเท่าใดนัก (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) และคดีสิ่งแวดล้อมที่ขึ้นมาสู่ศาลเป็นจำนวนมากคือ กรณีตามมาตรา 9 (2) แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 ที่ฟ้องหน่วยงานทางปกครองว่า

ละเลยต่อหน้าที่ หรือปฏิบัติหน้าที่ตามที่กฎหมายกำหนดล่าช้าเกินสมควร(คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) ซึ่งพรทิพย์ (2555) ได้เสนอให้มีหน่วยงานผู้รับผิดชอบบังคับคดีให้เป็นไปตามคำพิพากษาในคดีสิ่งแวดล้อม ที่มีอำนาจเฉพาะในการที่จะใช้อำนาจบังคับคดีให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาล โดยให้มีการจัดตั้งแผนกคดีสิ่งแวดล้อมขึ้นในสำนักบังคับคดีปกครอง เพื่อให้หน่วยงานดังกล่าวสามารถใช้อำนาจได้อย่างมีประสิทธิภาพตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และวชิรพงศ์ (2558) ยังเสนอให้ให้มีการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 โดยให้กำหนดหมวดภาคบังคับคดีปกครองขึ้นมา เพราะการเยียวยาภายหลังมีคำพิพากษาถึงที่สุด ขาดบทบัญญัติของกฎหมายเกี่ยวกับมาตรการบังคับคดีปกครองเพื่อให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ต้องคำพิพากษานั้น ปฏิบัติตามคำพิพากษาอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

เนื่องด้วยงานศึกษาเกี่ยวกับการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันพบว่ายังไม่มีแนวทางการศึกษานี้อย่างจริงจังโดยส่วนมากจะพบปัญหาที่เกิดขึ้นในความเป็นจริงว่า เมื่อศาลปกครองได้มีคำพิพากษาไปแล้วนั้น กลับพบว่าคำพิพากษานั้นไม่ได้รับการปฏิบัติให้เป็นไปตามการบังคับตามคำพิพากษาศาลปกครอง โดยพบปัญหาการปฏิบัติที่ไม่สอดคล้องกับหลักการพัฒนาแบบยั่งยืน การขาดการบังคับการตามคำพิพากษาในเชิงรุก การขาดประสิทธิภาพในการบังคับคดี แม้คดีที่ชนะก็ไม่มีการดำเนินการตามคำพิพากษาหรือคำสั่งศาล ทำให้ไม่ได้รับการเยียวยาในเวลาอันสมควร สิ่งแวดล้อมไม่ได้รับการฟื้นฟู ไม่มีมาตรการขจัดมลพิษที่เป็นรูปธรรมให้เป็นไปตามคำพิพากษา (คณะกรรมการปฏิรูปทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสภาพัฒนาฯ, 2558) ซึ่งศาลปกครองเองต่างก็ตระหนักและทราบถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการดำเนินการบังคับคดีสิ่งแวดล้อม ทั้งปัญหากับขอบเขตอำนาจหน้าที่ของเจ้าหน้าที่บังคับคดีในการดำเนินการบังคับตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองเพื่อเยียวยาความเสียหายด้านสิ่งแวดล้อม หรือปัญหาเรื่องระยะเวลาการบังคับคดีด้านสิ่งแวดล้อมติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนาน (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) ตลอดจนปัญหาเรื่ององค์ความรู้ เช่น ปัญหาทางเทคนิคหรือการจัดการ หน่วยงานอาจดำเนินการแล้วไม่สำเร็จเพราะจัดการไม่เป็นหรือติดขัดปัญหาด้านงบประมาณ หรือติดปัญหาทางเทคนิคในการจัดการมลพิษ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556)

3.3) ลักษณะเฉพาะของคดีสิ่งแวดล้อม

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาสำคัญที่ควรได้รับการเยียวยาแก้ไขให้กลับคืนเป็นสภาพปกติโดยเร็ว เพราะปัญหาสิ่งแวดล้อมมิได้ก่อให้เกิดภาระแก่ธรรมชาติเท่านั้น หากหมายถึงผลกระทบที่ฉาจรังจรุ่นแรงต่อคนจำนวนมากที่พึ่งพิงเป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติเหล่านั้นด้วย (แบ็งค์, 2556) การทำความเสียหายให้เกิดขึ้นแก่สิ่งแวดล้อมถือว่าเป็นการล่วงละเมิดต่อสิทธิของผู้อื่น (อรพรรณ และอิทธิพล, 2552) เพราะประชาชนทุกคนพึงมีสิทธิที่จะดำรงชีวิตอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่ดี หากพิจารณาถึงลักษณะสภาพของคดีสิ่งแวดล้อมแล้ว จะพบว่าสภาพของคดีสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นคดีที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะแตกต่างกับคดีปกครองทั่วไป โดยวิริยะ (2546) ได้กล่าวถึงลักษณะของคดีสิ่งแวดล้อมว่าเป็นคดีที่มีข้อพิพาทมาจากกระทำของผู้ก่อให้เกิดมลพิษแล้วเกิดความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อมซึ่งมีลักษณะดังนี้

1) ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นสาธารณสมบัติของประชาชนทั่วไป เช่น มลภาวะที่เกิดในน้ำ อากาศ พื้นดิน สภาพป่าไม้เสื่อมโทรม เป็นต้น

2) มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของคนในสังคมจำนวนมาก เช่น แม่น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หลายจังหวัด หากเกิดการเน่าเสียเพราะโรงงานปล่อยสารปนเปื้อนลงแม่น้ำโดยไม่มีการบำบัด ประชาชนที่ได้รับผลกระทบย่อมมีบริเวณกว้างและมีจำนวนมาก

3) ต้องใช้เวลาในการแสดงผลความเสียหาย กล่าวคือ บางครั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อนุคคลอื่นเนื่องมาจากสารเคมี สารพิษ หรือวัตถุใดๆ ในกระบวนการอุตสาหกรรมไม่ได้เกิดขึ้นทันที แต่ต้องอาศัยระยะเวลาในการบ่มเพาะของสารนั้นในร่างกาย

4) ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการพิสูจน์ความเสียหาย

5) ต้องมีวิธีการแก้ไขเยียวยาที่รวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ ความเสียหายที่เกิดขึ้น ในคดีสิ่งแวดล้อมมักสร้างความเสียหายต่อทรัพยากรธรรมชาติมาก และผลกระทบต่อมนุษย์ค่อนข้างรุนแรง หากปล่อยไว้ระยะเวลาเนิ่นนานออกไปอาจยากที่จะแก้ไขให้กลับสู่สภาวะปกติ จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการทางกฎหมายบางประการที่จะหยุดหรือระงับการกระทำที่ก่อให้เกิดความเสียหายนั้นให้เร็วที่สุด

ความเสียหายที่เกิดจากคดีสิ่งแวดล้อม ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบที่แตกต่างกันไปในแต่ละคดี ความเสียหายที่เกิดต่อทรัพยากรธรรมชาติในคดีสองคดีอาจมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของสภาพธรรมชาติ ชนิดและประเภทของทรัพยากรที่ถูกทำลาย เมื่อทรัพยากรที่ถูกทำลายแตกต่างกันค่าความเสียหายย่อมแตกต่างกันไปด้วย (อรพรรณ และอิทธิพล, 2552) เช่น การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากซากเครื่องบินโดยสารโบอิง 747-400 ที่ตกในอ่าวไทยเมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2555 การปนเปื้อนของสารเคมีจากกิจกรรมเหมืองแร่ในดินที่ใช้ทำการเกษตรที่บ้านแม่ตาว จังหวัดตาก (กอบกุล, 2550) วิฤติสิ่งแวดล้อมที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง การลักลอบทิ้งขยะอุตสาหกรรมจนปนเปื้อนน้ำใต้ดินในพื้นที่ อ.หนองหาน จ.เลยเชิงเทรา การรั่วไหลของน้ำมันดิบจนปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมทางทะเลในพื้นที่ จ.ระยอง (สงกรานต์, 2557) สามารถบ่งชี้ได้อย่างชัดเจนว่าคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีลักษณะของคดีที่แตกต่างไปจากคดีปกครองทั่วไป (วิริยะ, 2546)

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาโดยวิเคราะห์จากเอกสาร (Documentary Research) คือ เป็นการศึกษาโดยทำการค้นคว้าวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารต่างๆ เช่น กฎหมาย ตำราทางวิชาการ งานวิจัย วิทยานิพนธ์ บทความ วารสาร คำพิพากษาศาลปกครอง ตลอดจนข้อมูลจากเว็บไซต์(Website) และระบบอินเทอร์เน็ต (Internet)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

หลังจากที่ศาลปกครองได้เปิดแผนคดีสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเพื่อพิจารณาพิพากษาคดีสิ่งแวดล้อมเป็นการเฉพาะนั้น กลับพบว่าในการดำเนินการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมในศาลปกครองยังไม่มีมีการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมเป็นการเฉพาะ จึงเป็นผลให้ต้องนำการบังคับคดีปกครองทั่วไปมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อม ซึ่งการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองให้นำบทบัญญัติว่าด้วยการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งและบทบัญญัติว่าด้วยคำอุทธรณ์ตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความแพ่ง และคำอุทธรณ์ตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองมาใช้บังคับโดยอนุโลมเท่าที่ไม่ขัดหรือแย้งกับพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 และหลักกฎหมายทั่วไปว่าด้วยการพิจารณาคดีปกครอง ตามมาตรา 75/1 แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 (สำนักงานคดีปกครอง สำนักงานอัยการสูงสุด, ม.ป.ป.) และในพระราชบัญญัติเดียวกันได้กำหนดให้มีเจ้าพนักงานบังคับคดี ในการปฏิบัติหน้าที่เพื่อบังคับตามคำพิพากษาหรือคำสั่ง โดยเจ้าพนักงานบังคับคดีอาจมอบหมายให้บุคคลอื่นปฏิบัติการแทนภายใต้กำกับดูแลของเจ้าพนักงานบังคับคดีและหากหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ

ไม่ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลปกครอง ให้ถูกต้องครบถ้วน หรือล่าช้าเกินสมควร ศาลปกครองมีอำนาจสั่งให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ ชำระค่าปรับให้ศาลปกครองครั้งละไม่เกินห้าหมื่นบาท รวมทั้งศาลปกครองมีอำนาจแจ้งไปยังผู้บังคับบัญชาให้สั่งการดำเนินการลงโทษทางวินัยแก่เจ้าหน้าที่ของรัฐ และถ้าเจ้าหน้าที่รัฐไม่ชำระค่าปรับ ศาลปกครองอาจมีคำสั่งบังคับแก่ทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ของรัฐคนนั้นได้ (มาตรา 75/2 ถึง มาตรา 75/4) การดำเนินการบังคับคดีดังกล่าวข้างต้นเป็นบทบัญญัติที่มีการแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2559 เนื่องด้วยสาเหตุมาจากการดำเนินการบังคับคดีปกครองยังมีข้อขัดข้อง เนื่องจากกฎหมายไม่ได้กำหนดรายละเอียดในการดำเนินการบังคับคดีปกครองให้ครอบคลุมคดีปกครองทุกประเภทซึ่งคดีปกครองมีลักษณะเฉพาะไม่สามารถนำหลักการของการบังคับคดีแพ่งมาใช้ในการดำเนินการบังคับคดี อีกทั้งไม่มีบทบัญญัติกำหนดอำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานบังคับคดีที่จะบังคับให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐปฏิบัติตามคำบังคับของศาลปกครองให้ถูกต้องครบถ้วน (ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์สุวิธสภา สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 2558) จึงจำเป็นต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติดังกล่าว ประกอบมาตรา 75/1 แห่งพระราชบัญญัติดังกล่าวให้อำนาจแก่ที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดมีอำนาจในการออกระเบียบกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเพื่อบังคับตามคำพิพากษาศาลปกครองเอาไว้ด้วย ทำให้ในปัจจุบันที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดได้ออกระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 (ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 136 ตอนที่ 33ก วันที่ 18 มีนาคม 2562) เพื่อให้สอดคล้องรับกับบทบัญญัติการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครอง ตามนัยมาตรา 75/1 แห่งพระราชบัญญัตินี้ ซึ่งการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองจากระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 กล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

1) กรณีที่ศาลมีคำพิพากษาและกำหนดคำบังคับให้เพิกถอนกฎ ให้ประกาศผลแห่งคำพิพากษาที่ให้เพิกถอนกฎดังกล่าว ประกาศในราชกิจจานุเบกษา หรือกรณีที่ศาลมีคำพิพากษาและกำหนดคำบังคับให้เพิกถอนคำสั่ง ย่อมมีผลให้คำสั่งนั้นถูกเพิกถอนโดยไม่ต้องมีการบังคับคดี และกรณีที่ศาลมีคำพิพากษาและกำหนดคำบังคับห้ามการกระทำของหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐให้ดำเนินการบังคับคดีโดยติดตามว่าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลหรือไม่

2) กรณีที่ศาลพิพากษาและกำหนดคำบังคับให้หัวหน้าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องปฏิบัติตามหน้าที่ภายในเวลาที่ศาลกำหนด เมื่อครบกำหนดเวลาดังกล่าวแล้ว ให้ดำเนินการบังคับคดีโดยติดตามว่าหัวหน้าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐนั้น ได้ปฏิบัติตามหน้าที่ถูกต้องครบถ้วนตามคำบังคับของศาลหรือไม่ หากยังไม่ปฏิบัติตามคำบังคับภายในเวลาที่ศาลกำหนดหรือมีข้อขัดข้องในการปฏิบัติตามคำบังคับของศาล ศาลมีอำนาจที่จะแสวงหาข้อเท็จจริงและมีคำสั่งกำหนดวิธีการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่ง หรือมีคำสั่งใดๆ เพื่อให้การบังคับคดีเสร็จสิ้น หากยังปรากฏว่าหัวหน้าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องไม่ปฏิบัติตามคำบังคับภายในเวลาที่ศาลกำหนดให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าโดยไม่มีเหตุอันควร ให้ดำเนินการตามระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่มีได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาล ให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าเกินสมควร พ.ศ. 2560 ดังนี้

2.1) ในกรณีที่ศาลปกครองชั้นต้นมีคำสั่งให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐชำระค่าปรับ ผู้ได้รับคำสั่งมีสิทธิอุทธรณ์ต่อศาลปกครองสูงสุดได้ภายในสามสิบวันนับแต่วันที่รับแจ้งคำสั่งศาลในกรณีที่ศาลปกครองสูงสุดไต่สวนหรือแสวงหาข้อเท็จจริงแล้วปรากฏว่าไม่มีข้อเท็จจริงรับฟังได้ว่าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐ

มิได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลปกครองให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าโดยไม่มีเหตุอันสมควร ให้ศาลมีคำสั่งยกคำขอหรือมีคำสั่งตามที่เห็นสมควร และคำสั่งดังกล่าวให้เป็นที่สุด

2.2) กรณีที่ความปรากฏว่าเจ้าหน้าที่ของรัฐนั้นไม่ชำระค่าปรับภายในเวลาที่ศาลกำหนดให้ศาลออกหมายบังคับคดีแต่งตั้งเจ้าพนักงานบังคับคดีเพื่อทำการยึดหรืออายัดทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ของรัฐผู้นั้นและขายทอดตลาดเสมือนหนึ่งเป็นลูกหนี้ตามคำพิพากษา โดยให้ถือว่าสำนักงานศาลปกครองเป็นเจ้าหน้าที่ตามคำพิพากษาและเป็นผู้มีอำนาจหน้าที่ในการดำเนินการบังคับคดี โดยให้นำบทบัญญัติว่าด้วยการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งตามประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความแพ่งมาใช้บังคับโดยอนุโลม

2.3) เมื่อศาลออกหมายบังคับคดีแล้ว ให้แจ้งให้สำนักงานศาลปกครองในฐานะเจ้าหน้าที่ตาม คำพิพากษาทราบ ให้สำนักงานศาลปกครองตรวจสอบทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ไม่ชำระค่าปรับ หากพบว่ามีทรัพย์สินที่สามารถยึดหรืออายัดมาชำระค่าปรับได้ ให้สำนักงานศาลปกครองยื่นคำแถลงพร้อมรายละเอียดของทรัพย์สินต่อเจ้าพนักงานบังคับคดี เพื่อดำเนินการบังคับคดีแก่ทรัพย์สินนั้น แต่หากไม่สามารถตรวจพบทรัพย์สินของเจ้าหน้าที่ของรัฐ ให้สำนักงานศาลปกครองรายงานต่อศาลที่ออกหมายบังคับคดี

2.4) เมื่อเจ้าพนักงานบังคับคดีดำเนินการบังคับคดีแล้ว ไม่พอชำระค่าปรับและไม่มีทรัพย์สินอื่นที่จะยึดหรืออายัดได้ หรือมีเหตุอื่นที่ไม่สามารถบังคับคดีได้ ให้เจ้าพนักงานบังคับคดีรายงานศาลเพื่อขอให้ศาลมีคำสั่งงดการบังคับคดีไว้ภายในระยะเวลาหรือเงื่อนไขตามที่ศาลกำหนด

3) กรณีที่ศาลมีคำพิพากษาและกำหนดค่าบังคับให้หน่วยงานทางปกครองใช้เงิน ให้ดำเนินการบังคับคดีโดยติดตามว่าหน่วยงานทางปกครองนั้นได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลถูกต้องครบถ้วนแล้วหรือไม่ ในกรณีที่ยังไม่ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลภายในเวลาที่ศาลกำหนดหรือมีข้อขัดข้องในการปฏิบัติตามคำบังคับของศาล ศาลมีอำนาจที่จะแสวงหาข้อเท็จจริงและมีคำสั่งกำหนดวิธีการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่ง หรือมีคำสั่งใดๆ เพื่อให้การบังคับคดีเสร็จสิ้น และหากว่าหน่วยงานทางปกครองไม่ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลภายในเวลาที่ศาลกำหนดให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าโดยไม่มีเหตุอันควร ให้ดำเนินการปรับตามระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยหลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไข ในการปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่มีได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าเกินสมควร พ.ศ. 2560 ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น หรือในกรณีที่ศาลพิพากษาและกำหนดค่าบังคับให้หน่วยงานทางปกครองที่ไม่มิกฎหมายห้ามไม่ให้ทรัพย์สินอยู่ในความรับผิดชอบแห่งการบังคับคดีใช้เงิน ถ้าไม่ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลทั้งหมดหรือบางส่วนภายในระยะเวลาที่ศาลกำหนด เจ้าหน้าที่ตามคำพิพากษาขอที่จะร้องขอต่อศาลให้มีการบังคับคดีโดยวิธียึดทรัพย์สินหรืออายัดสิทธิเรียกร้องหรือบังคับคดีโดยวิธีอื่นตามที่กฎหมายกำหนด และในกรณีที่ศาลมีคำพิพากษาและกำหนดค่าบังคับให้หน่วยงานทางปกครองหรือ เจ้าหน้าที่ของรัฐกระทำการหรืองดเว้นกระทำการ ให้นำวิธีการบังคับคดีในกรณีที่ศาลพิพากษาและกำหนดค่าบังคับให้หัวหน้าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องปฏิบัติตามหน้าที่ภายในเวลาที่ศาลกำหนดโดยศาลมีอำนาจที่จะแสวงหาข้อเท็จจริงและมีคำสั่งกำหนดวิธีการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่ง หรือมีคำสั่งใดๆ เพื่อให้การบังคับคดีเสร็จสิ้น หากไม่ปฏิบัติตามให้ดำเนินการปรับตามระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่มีได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าเกินสมควร พ.ศ. 2560 ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นมาบังคับใช้โดยอนุโลม และหากศาลเห็นว่าวิธีการบังคับคดีตามที่กำหนดไม่อาจบรรลุผลตามคำพิพากษาของศาลได้ ให้ศาลมีอำนาจกำหนดวิธีการบังคับคดีตามที่ศาลเห็นสมควรเท่าที่สภาพแห่งการบังคับคดีจะเปิดช่องให้กระทำได้

4) กรณีศาลกำหนดคำบังคับให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐถือปฏิบัติต่อสิทธิหรือหน้าที่ของบุคคลที่เกี่ยวข้อง ให้นำวิธีการบังคับคดีในกรณีที่ศาลพิพากษาและกำหนดคำบังคับให้หัวหน้าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องปฏิบัติตามหน้าที่ ภายในเวลาที่ศาลกำหนดโดยศาลมีอำนาจที่จะแสวงหาข้อเท็จจริงและมีคำสั่งกำหนดวิธีการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่ง หรือมีคำสั่งใดๆ เพื่อให้การบังคับคดีเสร็จสิ้นหากไม่ปฏิบัติตามให้ดำเนินการปรับตามระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไข ในการปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ไม่ได้ปฏิบัติตามคำบังคับของศาลให้ถูกต้องครบถ้วนหรือปฏิบัติล่าช้าเกินสมควร พ.ศ. 2560 ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น มาใช้บังคับโดยอนุโลม

เมื่อคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นคดีที่มีลักษณะเฉพาะและมีผลกระทบต่อประชาชนเป็นจำนวนมาก เมื่อศาลได้มีคำพิพากษาหรือคำสั่งเกี่ยวกับคดีสิ่งแวดล้อมแล้ว การเยียวยาความเสียหายแก่ผู้ฟ้องคดีและแก่สิ่งแวดล้อมไม่อาจจะประสบผลสำเร็จได้หากผู้กรณีไม่ปฏิบัติตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาล การบังคับคดีโดยการติดตามตรวจสอบให้ข้อเสนอแนะให้ความช่วยเหลือและดำเนินการมาตรการบังคับคดี เพื่อให้ผู้กรณีปฏิบัติตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลจึงถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้การพิพากษาคดีสิ่งแวดล้อมเสร็จสมบูรณ์และเป็นไปตามเป้าประสงค์ในการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) อย่างไรก็ตาม การบังคับคดีต่อเอกชนในคดีสิ่งแวดล้อมไม่ประสบปัญหามากนักเมื่อเทียบกับการบังคับคดีต่อหน่วยงานของรัฐ เนื่องจากมีกฎหมายให้อำนาจลงโทษเอกชนผู้ฝ่าฝืนไม่ปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำพิพากษาไว้อย่างชัดเจน เช่น การจับกุมหรือคุมขัง แต่สำหรับกรณีที่เป็นหน่วยงานของรัฐซึ่งเป็นลูกหนี้ตามคำพิพากษา ปัญหาและอุปสรรคในการบังคับคดีที่พบจะดำเนินการอย่างไรให้มีการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำพิพากษาของศาล (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง สำนักงานศาลปกครอง, 2556) จึงขอยกตัวอย่างปัญหาการบังคับคดีที่พบในคดีสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

1) ปัญหาเรื่องระยะเวลาการบังคับคดีที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน การนำโทษปรับและโทษทางวินัยมาใช้บังคับคดีกับหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐตามที่พระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2559 ให้อำนาจแก่ที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดดำเนินการออกระเบียบกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการดำเนินการบังคับคดี หากศาลปกครองพบว่าหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐยังมิได้ปฏิบัติตามคำพิพากษาให้ถูกต้องครบถ้วน หรือปฏิบัติล่าช้าเกินไปโดยไม่มีเหตุอันสมควร อาจจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาระยะเวลาการบังคับคดีที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานได้ เนื่องจากการติดตามการบังคับคดีคือการติดตามว่าหน่วยงานของรัฐปฏิบัติตามคำพิพากษาของศาลแล้วหรือไม่ จึงต้องพิจารณาถึงเนื้อหากรอบแห่งคำบังคับที่ศาลกำหนดให้ซึ่งคำบังคับที่ศาลกำหนดให้นั้นมักเป็นคำบังคับที่มาจากคำขอท้ายฟ้องของผู้ฟ้องคดีที่นำคดีฟ้องต่อศาลปกครอง โดยกฎหมายได้ออกแบบให้ประเภทคดีและคำขอท้ายฟ้องมีความสอดคล้องกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล (สงกรานต์, สุรัชย์ และอัมรินทร์, 2561) ซึ่งคำฟ้องในคดีสิ่งแวดล้อมจะต้องมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกับคำขอท้ายฟ้องที่ขอให้ศาลปกครองมีคำพิพากษา และการกำหนดคำบังคับในคดีปกครองของศาลปกครองจะขึ้นอยู่กับคำฟ้องของผู้ฟ้องคดี (อำพน, 2550) เป็นสำคัญ เพราะเมื่อ “คำบังคับ” เป็นสิ่งที่เชื่อมต่อระหว่างการสิ้นสุดการดำเนินกระบวนการพิจารณาของศาลกับการบังคับคดีตามคำพิพากษา (นฤมล, 2554) เพราะฉะนั้น การบังคับคดีจึงขึ้นอยู่กับเนื้อหาแห่งคำพิพากษาและคำบังคับที่ผู้ฟ้องคดีมีคำขอท้ายฟ้องขอให้ศาลมีคำพิพากษา และการปฏิบัติตามคำบังคับที่พบเป็นปัญหามากเป็นกรณีที่ศาลปกครองกำหนดคำบังคับสั่งให้หน่วยงานของรัฐกระทำการ ซึ่งคำบังคับที่ศาลสั่งให้หน่วยงานของรัฐกระทำการนั้นเป็นจุดหนึ่งที่ทำให้เนื้อหาแห่งคำบังคับในคดีสิ่งแวดล้อมในกรณีคดีพิพาทเดียวกันแต่มีคำบังคับที่ศาลกำหนดให้หน่วยงานของรัฐกระทำการใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน เช่น การบังคับคดีบ่อขยะราชะเขาทะเลใช้เวลาดำเนินการบังคับคดีถึง 8 ปี เพราะคดีดังกล่าวศาลได้ออกคำบังคับ

เป็นเงื่อนไขให้ผู้ถูกฟ้องคดีระงับเหตุเดือดร้อนรำคาญจากการทิ้งขยะภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ และเหตุที่ใช้ระยะเวลายาวนานถึง 8 ปี เพราะกรอบของคำบังคับมีคำว่าให้ “ระงับให้หมดสิ้นไป” จึงเป็นจุดหลักที่ต้องนำมาพิจารณาในการบังคับคดี (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) เมื่อพิจารณาตีความคำว่าระงับให้หมดสิ้นไปนั้น อย่างไรจึงจะถือว่ามี การดำเนินการระงับให้หมดสิ้นไป หากนำคำบังคับในคดีบ่อขยะราชะเวดกล่าวมาเทียบเคียงกับคดีบ่อขยะบางคดีหนึ่งที่ศาลกำหนดคำบังคับแต่เพียงว่า “การให้คำแนะนำต้องเป็นไปตามหลักวิชาการเท่านั้น โดยไม่ได้ระบุชัดเจนว่าต้องระงับให้หมดสิ้นไป” (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) จึงทำให้มีระยะเวลาที่ใช้ดำเนินการบังคับคดีที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการบังคับคดีเพื่อให้มีการปฏิบัติตามคำพิพากษาที่จะเป็นไปตามที่ศาลปกครองกำหนดไว้ในคำบังคับ การกำหนดกรอบเนื้อหาแห่งคำบังคับนั้นจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การบังคับคดีสิ่งแวดล้อมในแต่ละคดีที่มีกรณีพิพาทอย่างเดียวกันใช้ระยะเวลาดำเนินการบังคับคดีที่แตกต่างกัน รวมทั้งในกรณีที่ศาลปกครองมีคำพิพากษาให้หน่วยงานของรัฐปฏิบัติหน้าที่ตามที่กฎหมายกำหนดไว้และศาลกำหนดคำบังคับให้ฝ่ายปกครองปฏิบัติหน้าที่นั้นเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทางเทคนิควิชาการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม เช่น คดีสารตะกั่วปนเปื้อนลำห้วยคลิตี้ ที่ศาลปกครองให้กรมควบคุมมลพิษดำเนินการฟื้นฟูตรวจและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ดิน พืชผัก และสัตว์น้ำในลำห้วยคลิตี้ หรือคดีฟ้องให้ระงับและเพิกถอนใบอนุญาตประกอบกิจการขุดดินคูทราย ต.ลาดหลุมแก้ว จ.ปทุมธานี ที่ศาลปกครองให้กระทำการฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในพื้นที่ของผู้เสียหายเพื่อแก้ไขปัญหาในการพังทลายของดิน ซึ่งกรณีของคำบังคับที่ศาลปกครองกำหนดนั้นเป็นเรื่องยากที่คนทั่วไปรวมทั้งศาลปกครองจะเข้าไปตรวจสอบว่าได้มีการดำเนินการตามคำพิพากษาและคำบังคับของศาลอย่างถูกต้องครบถ้วนแล้ว ซึ่งในขั้นตอนการบังคับคดี ก็จะมีปัญหาถกเถียงกันว่าการดำเนินการของฝ่ายปกครองนั้นถือเป็นการปฏิบัติตามคำพิพากษาแล้วหรือไม่ (สงกรานต์, ม.ป.ป.) และการดำเนินการดังกล่าวของหน่วยงานของรัฐนั้นเป็นไปตามหลักการทางเทคนิควิชาการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมอย่างถูกต้องแล้วหรือไม่

2) ปัญหาเกี่ยวกับขอบเขตอำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานบังคับคดีในการดำเนินการบังคับตามคำพิพากษาศาลปกครอง เนื่องด้วยอำนาจบังคับคดีเป็นอำนาจของศาล ไม่ใช่อำนาจของสำนักบังคับคดีปกครอง ศาลมีหน้าที่ติดตามการบังคับคดีสำนักบังคับคดีปกครองเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) ตามที่มาตรา 77 (3) แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 กำหนดให้สำนักงานศาลปกครองมีอำนาจหน้าที่ดำเนินการบังคับให้เป็นไปตามคำบังคับของศาลปกครอง โดยให้พนักงานคดีปกครองที่ปฏิบัติหน้าที่บังคับคดีปกครองหรือเจ้าพนักงานบังคับคดีที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นเจ้าพนักงานบังคับคดีในการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษาของศาลปกครอง ตามข้อ 3 (6) และ (7) แห่งระเบียบสำนักงานศาลปกครองว่าด้วยการดำเนินการบังคับให้เป็นไปตามคำบังคับของศาลปกครอง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2555 และให้เจ้าพนักงานบังคับคดีมีอำนาจหน้าที่ตามที่ข้อ 125 แห่งระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 กำหนดไว้ ซึ่งการติดตามการดำเนินการบังคับคดีเพื่อให้เป็นไปตามคำบังคับของศาลนั้น เจ้าพนักงานบังคับคดีมีหน้าที่ติดตามการบังคับคดีเพื่อให้เป็นไปตามคำบังคับของศาล โดยที่มีขอบเขตอำนาจที่จำกัด เพราะกฎหมายไม่ได้ให้อำนาจเจ้าพนักงานบังคับคดีไว้ เช่น ในกรณีการออกตรวจสถานที่อำนาจของเจ้าพนักงานบังคับคดีต้องขอศาลเป็นกรณีไป รวมทั้งการตั้งผู้เชี่ยวชาญในบางกรณี เช่น กลิ่นเหม็น การขอให้กรมควบคุมมลพิษเข้ามาเป็นพยานผู้เชี่ยวชาญเป็นอำนาจของศาลตั้งทำให้มีความล่าช้าหลายอย่างในการดำเนินการบังคับคดี (วิจิต, 13 กุมภาพันธ์ 2562) หรือในกรณีที่เจ้าพนักงานบังคับคดีพบว่าหน่วยงานของรัฐยังไม่มีการปฏิบัติตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติตามคำพิพากษาไม่ถูกต้องตามคำบังคับ เจ้าพนักงานบังคับคดีเพียงแต่ออกหนังสือเตือนให้ฝ่ายปกครองทราบและชี้แจงเป็นหนังสือกลับมาภายในระยะเวลาที่กำหนด

หากฝ่ายปกครองไม่ชี้แจงเป็นหนังสือกลับมา เจ้าพนักงานบังคับคดีก็ไม่มีบทลงโทษฝ่ายปกครองได้เลย ซึ่งเจ้าพนักงานบังคับคดีทำได้เพียงรวบรวมข้อเท็จจริงในชั้นบังคับคดีเพื่อทำรายงานเสนอให้ศาลปกครองทราบ (วิจิต, 13 กุมภาพันธ์ 2562) หลังจากนั้นศาลจะดูว่าการบังคับคดีเป็นไปไม่ได้เพราะเหตุผลใด เพราะเจ้าหน้าที่เองก็ต้องทำตามบังคับของศาลไม่มีอำนาจตัดสินใจได้ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) เช่น คดีรื้อถอนอาคารศาลมีคำสั่งให้สำนักงานเขตไปดำเนินการรื้อถอนอาคาร เมื่อทางสำนักบังคับคดีปกครองได้ติดตามคดีไปแล้ว ทางเจ้าหน้าที่ของเขตก็แสดงท่าทีไม่กระตือรือร้นต่อการบังคับคดีใช้เวลาประมาณไป 30 ถึง 60 วัน ศาลจึงมีหมายเรียกตัวผู้อำนวยการเขตมาไต่สวนโดยไม่ได้อำนาจ ต่อมาตัวผู้อำนวยการเขตได้สั่งการให้ดำเนินการรื้อถอนอาคารจนเสร็จสิ้น (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556)

เมื่อพิจารณาเรื่องขอบเขตอำนาจในการดำเนินการบังคับคดี จะพบว่ามาตรา 77 (3) แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 กำหนดให้สำนักงานศาลปกครองมีอำนาจหน้าที่ดำเนินการบังคับให้เป็นไปตามคำบังคับของศาลปกครอง โดยให้พนักงานคดีปกครองที่ปฏิบัติหน้าที่บังคับคดีปกครอง หรือเจ้าพนักงานบังคับคดีที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นเจ้าพนักงานบังคับคดีในคดีปกครองเพื่อบังคับตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาลปกครองตามที่ระเบียบสำนักงานศาลปกครองว่าด้วยการดำเนินการบังคับให้เป็นไปตามคำบังคับของศาลปกครอง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2555 ตามข้อ 3 (6) และ (7) กำหนดไว้ประกอบข้อ 125 แห่งระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 กำหนดอำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานบังคับคดีไว้ 7 ประการคือ

- 1) ดำเนินการบังคับให้เป็นไปตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาล
- 2) ส่งเอกสารเกี่ยวกับการบังคับคดีตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาล
- 3) ติดตามผลการปฏิบัติตามคำพิพากษาหรือคำสั่งของศาล เพื่อรายงานและเสนอความเห็นต่อศาลประกอบการพิจารณาและมีคำสั่งเกี่ยวกับการบังคับคดี
- 4) สอบถามหรือแจ้งให้คู่กรณี พยานบุคคล หรือพยานผู้เชี่ยวชาญ ชี้แจงข้อเท็จจริงหรือ แสดงความเห็นเกี่ยวกับการบังคับคดี และบันทึกถ้อยคำของบุคคลดังกล่าวรวมไว้ในสำนวนการบังคับคดี
- 5) แจ้งให้หน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่เกี่ยวข้องชี้แจงข้อเท็จจริงหรือ ให้ความเห็นเป็นหนังสือเกี่ยวกับการบังคับคดี
- 6) ออกตรวจสอบสถานที่ บุคคล หรือสิ่งอื่นใดอันเกี่ยวกับการบังคับคดี และมีอำนาจ บันทึกภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งบันทึกเหตุการณ์หรือพฤติการณ์รวมไว้ในสำนวนการบังคับคดี
- 7) ปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ตามคำสั่งศาล

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าอำนาจการดำเนินการบังคับคดีของเจ้าพนักงานบังคับคดีจะมีอำนาจในการบังคับคดี ตามที่ข้อ 125 แห่งระเบียบของที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2562 กำหนดไว้เท่านั้น หากเป็นในกรณีอื่นที่อยู่นอกเหนือจากที่ข้อ 125 แห่งระเบียบดังกล่าวกำหนดไว้เจ้าพนักงานบังคับคดีไม่มีอำนาจที่จะดำเนินการได้เลยหรือหากเจ้าพนักงานบังคับคดีพบปัญหาหรืออุปสรรคในการดำเนินการบังคับคดี เจ้าพนักงานบังคับคดีต้องทำรายงานเสนอให้ศาลทราบเพื่อให้ศาลมีดุลพินิจสั่งการให้เจ้าพนักงานบังคับคดีปฏิบัติหน้าที่ตามที่ข้อ 125 (7) แห่งระเบียบดังกล่าวกำหนดเปิดช่องไว้ให้คือ “ปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ตามคำสั่งศาล” แสดงว่าอำนาจในการบังคับคดีทั้งหมดทั้งปวงแท้จริงแล้วเป็นอำนาจของศาลปกครองที่จะติดตามการบังคับคดีให้เป็นไปตามคำบังคับ เพียงแต่กฎหมาย

กำหนดให้พนักงานคณิศปกรองที่ปฏิบัติหน้าที่บังคับคณิศปกรองหรือเจ้าพนักงานบังคับคณิศที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นเจ้าพนักงานบังคับคณิศเป็นผู้ปฏิบัติหน้าที่แทนศาลในการติดตามการบังคับคณิศให้เป็นไปตามคำบังคับของศาล

3) ปัญหาการไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้า การนำโทษปรับและโทษทางวินัยมาใช้บังคับคดีกับหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐตามที่พระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2559 ให้อำนาจแก่ที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุดดำเนินการออกระเบียบกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการดำเนินการบังคับคดี หากศาลปกครองพบว่าหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐยังมิได้ปฏิบัติตามคำพิพากษาให้ถูกต้องครบถ้วน หรือปฏิบัติล่าช้าเกินไปโดยไม่มีเหตุอันสมควร อาจจะไม่สามารถแก้ไข ปัญหาการไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้าได้ เพราะการที่หน่วยงานของรัฐไม่สามารถปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้า นั้นอาจมีสาเหตุมาจากการที่หน่วยงานของรัฐผู้ต้องปฏิบัติตามคำพิพากษานั้นติดขัดในด้านความรู้หรือติดขัดในด้านกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับภายในหน่วยงาน ซึ่ง ปัญหาการไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้าในลักษณะนี้เป็นปัญหาที่มีสาเหตุสืบเนื่องมาจากกรณีที่ผู้ฟ้องคดีมีคำขอท้ายฟ้องให้ศาลปกครองมีคำพิพากษาและในการพิพากษาศาลปกครองมีอำนาจที่จะกำหนดคำบังคับให้หน่วยงานของรัฐกระทำการดังที่กล่าวอธิบายไว้ในปัญหาเรื่องระยะเวลาการบังคับคดีที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ซึ่งคำบังคับที่ศาลกำหนดให้หน่วยงานของรัฐกระทำการนั้นอาจเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทางเทคนิคทางวิชาการทางวิทยาศาสตร์ ที่หน่วยงานของรัฐผู้ถูกบังคับให้ปฏิบัติตามคำพิพากษาไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนในเรื่องที่ศาลกำหนดให้กระทำการ ซึ่งการไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้า โดยมีสาเหตุมาจากหน่วยงานของรัฐผู้ต้องปฏิบัติตามคำพิพากษานั้นติดขัดในด้านองค์ความรู้ที่จะดำเนินการตามคำพิพากษานี้ เป็นปัญหาที่เจ้าพนักงานบังคับคดีได้พบในระหว่างการติดตามการบังคับคดีถึงสาเหตุที่ฝ่ายปกครองไม่ปฏิบัติตามคำสั่งศาล เนื่องจากฝ่ายปกครองไม่มีความรู้ ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติตามคำสั่งศาล (วิชิต, 13 กุมภาพันธ์ 2562) เช่น คดีโรงงานปล่อยน้ำเสีย ศาลพิพากษาให้ให้หน่วยงานทางปกครองส่วนท้องถิ่น (เขต) ไปดำเนินการ การบังคับคดีจำเป็นต้องเข้าไปดูพื้นที่ก่อนว่าสภาพปัญหาเป็นอย่างไร เมื่อไปดูแล้วจะพบว่าการจัดการของหน่วยงานทางปกครองส่วนท้องถิ่นไม่ได้เป็นไปตามหลักวิชาการ เพราะหน่วยงานทางปกครองส่วนท้องถิ่นใช้วิธีง่ายๆ โดยทำแผ่นเหล็กมาปิดไม่ให้ระบายน้ำลงแม่น้ำ โดยที่หน่วยงานทางปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่กระทำการใดๆ เพื่อควบคุมน้ำทิ้งไม่ให้กระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นซึ่งการจัดการในลักษณะกรณีนี้เป็นเพียงการระงับได้ชั่วคราวระยะหนึ่ง หรือกรณีคดีขยะ ศาลสั่งให้เทศบาลเร่งบังคับเก็บหมิ่นภายใน 90 วัน เทศบาลก็ทำโดยการนำไปทิ้งที่อื่น ซึ่งต้นเหตุของปัญหาอยู่ที่วิธีการกำจัดขยะ คือ การนำขยะมาพักไว้เกินกว่าปริมาณที่โรงงานกำจัดขยะสามารถรองรับได้ รวมทั้งควรจะมีปริมาณน้ำชีวภาพมากเพียงใด ทำให้ต้องประสานไปยังกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งเป็นหน่วยงานกลางมาช่วยในการบังคับคดีเพื่อให้หน่วยงานที่ถูกบังคับคดีได้ทราบถึงแนวทางการจัดการน้ำเสีย (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) หรือคดีลำห้วยคลิตี้ การดำเนินการตามคำสั่งศาลเป็นเรื่องยากเพราะศาลสั่งแต่เพียงว่าให้ติดตามและฟื้นฟูระดับมลพิษไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง, 2556) และคดีนี้ศาลปกครองมีคำพิพากษาไปเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2556 ให้กรมควบคุมมลพิษดำเนินการฟื้นฟูลำห้วยคลิตี้ แต่เนื่องจากการดำเนินการฟื้นฟูลำห้วยคลิตี้ใช้งบประมาณสูงถึง 454,000,000 บาท (สี่ร้อยห้าสิบล้านบาท) ซึ่งเป็นงบประมาณผูกพัน 4 ปี ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2559-2562 (แนวน้ำ, 2561) ซึ่งการที่กรมควบคุมมลพิษปฏิบัติตามคำพิพากษาเป็นไปอย่างล่าช้าในส่วนหนึ่งก็อาจมาจากการติดขัดในเรื่องการใช้งบประมาณจำนวนมากเพื่อนำมาเป็นค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมตามคำบังคับรวมทั้งคำบังคับที่ศาลกำหนดเป็นเรื่องที่มีทางเทคนิควิชาการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ปัญหาการไม่ปฏิบัติหรือปฏิบัติไม่ถูกต้องตามคำพิพากษาหรือปฏิบัติด้วยความล่าช้า จากการที่หน่วยงานของรัฐต้องปฏิบัติตามคำพิพากษานั้นติดขัดในด้านกฎหมาย ระเบียบข้อบังคับภายในหน่วยงาน ก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่เจ้าพนักงานบังคับคดีได้พบในระหว่างการติดตามการบังคับคดี เพราะโดยปกติการฟ้องคดีสิ่งแวดล้อมต้องฟ้องหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแลควบคุม กรณีกฎหมายหรือระเบียบข้อบังคับภายในหน่วยงานของรัฐ ยังมิได้มีการแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัย ไม่มีความยืดหยุ่นให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ทำให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานไม่กล้าปฏิบัติงานนอกเหนือจากที่กฎหมาย ระเบียบข้อบังคับภายในหน่วยงานกำหนดไว้ เพราะเกรงว่าอาจจะต้องมีความรับผิดชอบเป็นการส่วนตัวจากการปฏิบัติหน้าที่ เช่น คดีเรื่องกลิ่นตามกฎหมายกำหนดให้เทศบาลมีหน้าที่ดูแลเรื่องกลิ่น ทางบก ทางอากาศ ทางน้ำ เทศบาลเป็นหน่วยงานที่ดูแลตามหน้าที่ที่กฎหมายกำหนดไว้ การบังคับคดีจึงต้องบังคับให้เทศบาลปฏิบัติตามคำพิพากษา ถ้าหากเทศบาลจะต้องปฏิบัติตามคำพิพากษาก็ต้องไปดูแลกฎหมายที่ศาลปกครองวินิจฉัยว่าเทศบาลละเลยกฎหมายในส่วนใด ทางเทศบาลก็ต้องไปดูแลระเบียบกฎหมายที่เกี่ยวข้องว่าต้องดำเนินการอย่างไร บางครั้งกฎหมายระเบียบที่ศาลวินิจฉัยให้เทศบาลกระทำการแต่กฎหมายระเบียบนั้นไม่เปิดช่องให้ใช้ดุลพินิจกระทำการได้หรือเป็นกฎหมายเก่าที่ไม่ทันสมัย ทางเทศบาลผู้ต้องผูกพันตามคำพิพากษาก็ไม่รู้ว่าจะต้องปฏิบัติอย่างไร (วิจิต, 11 กรกฎาคม 2562)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น เป็นปัญหาที่หน่วยงานของรัฐต้องผูกพันให้ปฏิบัติตามคำพิพากษาไม่อาจปฏิบัติตามคำพิพากษาให้เป็นผลสัมฤทธิ์ได้ ด้วยสาเหตุที่สืบเนื่องมาจากกรณีที่ศาลกำหนดคำบังคับให้หน่วยงานของรัฐกระทำการตามคำขอท้ายฟ้องของผู้ฟ้องคดี เพราะโดยหลักแล้วศาลจะไม่ออกคำสั่งหรือคำพิพากษาที่บังคับไม่ได้ (คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง สำนักงานศาลปกครอง, 2556) ซึ่งคำบังคับที่ศาลกำหนดให้กระทำการนั้นเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทางเทคนิคทางวิชาการทางวิทยาศาสตร์ ที่หน่วยงานของรัฐถูกบังคับให้ปฏิบัติตามคำพิพากษาไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนในเรื่องที่ศาลกำหนดให้กระทำการหรือคำบังคับที่ศาลกำหนดให้หน่วยงานของรัฐไปดำเนินการนั้น หรือหน่วยงานของรัฐไม่สามารถกระทำการได้เนื่องจากติดขัดในด้านของกฎหมาย ระเบียบภายในหน่วยงาน โดยที่กฎหมายหรือระเบียบนั้นไม่เปิดช่องให้เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติหน้าที่โดยใช้ดุลพินิจของตนได้ ลำพังการนำโทษปรับและโทษทางวินัยมาใช้เพื่อให้หน่วยงานของรัฐปฏิบัติตามคำพิพากษาอาจจะช่วยให้หน่วยงานของรัฐมีการดำเนินการให้เป็นไปตามคำพิพากษา แต่สิ่งแวดล้อมอาจจะไม่ได้รับการฟื้นฟูเยียวยาตามหลักการที่คำพิพากษากำหนดไว้ ศาลควรมีมาตรการอย่างไรเพื่อช่วยบรรเทาความเสียหายของสิ่งแวดล้อมในระหว่างที่รอการปฏิบัติการของหน่วยงานของรัฐ เพราะหากปล่อยให้ความเสียหายทางด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลและปรากฏอยู่นานไปอาจทำให้ยากต่อการแก้ไขสิ่งเป็นพิษในการเยียวยาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมให้กลับคืนมาเป็นดังปกติได้ ลำพังการนำโทษปรับและโทษทางวินัยตามแนวทางที่การบังคับคดีปกติทั่วไปกำหนดไว้มาใช้ หากพบว่าหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐยังมิได้ปฏิบัติตามคำพิพากษาให้ถูกต้องครบถ้วน หรือปฏิบัติล่าช้าเกินไปโดยไม่มีเหตุอันสมควรมาใช้ในการแก้ไขสิ่งเป็นพิษในการเยียวยาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากคดีปกครองทั่วไป อาจทำให้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือความเสียหายที่เกิดจากปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ได้รับการแก้ไข ฟื้นฟู ได้อย่างทันทั่วถึง

4) ปัญหาการไม่มีระบบการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมเป็นการเฉพาะ สืบเนื่องจากประเทศไทยได้เลือกแนวทางการจัดตั้งศาลสิ่งแวดล้อมแบบ (Green Bench) คือจัดตั้งเป็นแผนกคดีสิ่งแวดล้อมในระบบศาลเดิม (ถุณณะ, 2556) ทั้งศาลยุติธรรมและศาลปกครอง แม้ว่าจะมีการจัดตั้งแผนกคดีสิ่งแวดล้อมในศาลปกครองขึ้นมาเพื่อพิจารณาพิพากษาคดีสิ่งแวดล้อมเป็นการเฉพาะก็ตาม แต่การบังคับคดีสิ่งแวดล้อมในศาลปกครองก็ยังไม่มีการแบ่งแยกระบบการบังคับคดีเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมออกมาอย่างชัดเจนเป็นผลให้ต้องนำระบบการบังคับคดีปกติทั่วไปมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อม ซึ่งการบังคับคดีปกติทั่วไปจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาคำบังคับในคำพิพากษา ซึ่งคำพิพากษาศาลปกครองมีผลผูกพันเพียงแก่คู่กรณีเท่านั้น ตามมาตรา 70 แห่ง

พระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542 เมื่อคำพิพากษาศาลปกครองมีผลผูกพันเพียงแก่คู่กรณี การบังคับคดีจึงทำการทำการบังคับได้เพียงแก่คู่กรณีเท่านั้น และหากคู่กรณีมีความพึงพอใจต่อการดำเนินการบังคับคดีแล้ว เจ้าพนักงานบังคับคดีก็อาจทำรายงานเสนอต่อศาลปกครองเพื่อขอให้ยุติการบังคับคดีได้ เช่น กรณีฟ้องว่าหน่วยงานของรัฐดำเนินการออกใบอนุญาตให้เจ้าของอาคารข้างเคียงต่อเติมอาคารโดยไม่ชอบด้วยกฎหมาย หากศาลปกครองมีคำพิพากษาให้เพิกถอนใบอนุญาตและให้ดำเนินการรื้อถอนอาคารที่ต่อเติม การดำเนินการบังคับคดีในคดีที่มีลักษณะกรณีแบบนี้มักจะไม่มีข้อยุ่งยากหรือซับซ้อนในทางข้อเท็จจริง เพราะคำพิพากษามีผลผูกพันเฉพาะหน่วยงานของรัฐผู้ถูกฟ้องคดีกับผู้ฟ้องคดีเท่านั้น การติดตามการบังคับคดีก็จะไปอยู่ที่กรอบของคำบังคับกำหนดไว้โดยติดตามว่ามีการปฏิบัติตามคำพิพากษาแล้วหรือไม่ หรือดำเนินการสอบถามไปยังคู่กรณีอีกฝ่ายหนึ่งหากคู่กรณีฝ่ายนั้นพึงพอใจต่อการปฏิบัติตามคำพิพากษาดังกล่าวแล้ว ก็สามารถที่จะดำเนินการยุติการบังคับคดีได้ ดังนั้น การแสวงหาข้อเท็จจริงเพื่อติดตามการบังคับคดีในคดีปกติทั่วไปจึงไม่มีข้อเท็จจริงที่ยุ่งยากหรือซับซ้อน จึงเป็นการแสวงหาข้อเท็จจริงที่มีลักษณะที่แตกต่างจากการบังคับคดีสิ่งแวดล้อม

ด้วยลักษณะพิเศษของคดีสิ่งแวดล้อมที่มีสภาพความแตกต่าง ความซับซ้อนในข้อเท็จจริงของแต่ละคดี และความเสียหายที่เกิดจากคดีสิ่งแวดล้อมก็ไม่ได้ส่งผลกระทบเพียงแก่คู่กรณีอย่างเดียว แต่ส่งผลกระทบแก่คนจำนวนมากและขยายออกไปเป็นบริเวณกว้าง การนำวิธีการบังคับคดีแบบปกติมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อมนั้น ในความเห็นของเจ้าพนักงานบังคับคดีเห็นว่า คดีสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบต่อประชาชนโดยกว้าง การนำการบังคับคดีปกติทั่วไปมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อม โดยให้นำการปรับต่อหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐที่ไม่ปฏิบัติตามคำพิพากษาหรือการแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาดำเนินการลงโทษทางวินัยนั้น โดยการปรับต่อหน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐเป็นการเร่งให้หน่วยงานของรัฐหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐรับผิดชอบต่อการปฏิบัติตามคำพิพากษา อาจจะได้แก้ไขปัญหาคดีสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงและไม่เป็นการแก้ไขปัญหาแบบยั่งยืน และการบังคับคดีปกติทั่วไปกระทำการบังคับได้เพียงแก่คู่กรณีเท่านั้น เช่น กรณีการเกิดมลพิษทางเสียง ในพื้นที่ที่มีผู้ประกอบการมากกว่า 1 ราย แต่มีการฟ้องผู้ประกอบการเป็นคดีเพียงแค่ 1 ราย ซึ่งการบังคับคดีทำได้เพียงคู่กรณี ไม่สามารถบังคับคดีไปถึงผู้ประกอบการรายอื่นได้ ทำให้ยังได้รับการร้องเรียนว่ามลพิษทางเสียงยังคงมีอยู่ในพื้นที่ หรือในกรณีการเกิดมลพิษทางอากาศจากโรงงานเลี้ยงสุกรส่งกลิ่นเหม็นไปทั่วตำบล ประชาชนที่อาศัยอยู่ในตำบลนั้นต่างได้รับผลกระทบแม้จะไม่ใช่ว่าผู้ฟ้องคดีก็ตาม หากนำการบังคับคดีปกติทั่วไปมาใช้ก็จะทำการบังคับคดีได้เพียงแก่คู่กรณี ถ้าพิจารณาความเห็นคู่กรณีเพียงอย่างเดียว เพื่อให้การบังคับคดียุติอาจไม่เพียงพอเพราะคู่กรณีในคดีอาจมีเรื่องความพึงพอใจส่วนตัวที่ทำให้คู่กรณีพอใจที่จะยุติการบังคับคดีได้ (วิจิต, 11 กรกฎาคม 2562)

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ความเสียหายทางด้านสิ่งแวดล้อมไม่ใช่เพียงส่งผลกระทบต่อปัจเจกชนคนใดคนหนึ่งเท่านั้น ยังส่งผลกระทบต่อสังคมโดยรวม การนำการบังคับคดีปกครองทั่วไปที่ศาลปกครองมีอำนาจในการสั่งปรับหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐครั้งละไม่เกินห้าหมื่นบาท รวมทั้งมีอำนาจแจ้งให้ผู้บังคับบัญชาทราบเพื่อให้ดำเนินการลงโทษทางวินัยแก่เจ้าหน้าที่ของรัฐ หากพบหน่วยงานทางปกครองหรือเจ้าหน้าที่ของรัฐยังมิได้ปฏิบัติตามคำพิพากษาให้ถูกต้องครบถ้วน หรือปฏิบัติล่าช้าเกินไปโดยไม่มีเหตุอันสมควรมาใช้กับคดีสิ่งแวดล้อมนั้น อาจจะไม่เหมาะสมเพราะคดีสิ่งแวดล้อมมีความสลับซับซ้อนในเชิงข้อเท็จจริง ทางเทคนิค ทางวิชาการหรือทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนความเสียหายที่เกิดขึ้นล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบที่แตกต่างกันไปในแต่ละคดี ถ้าพิจารณาการบังคับคดีปกครองทั่วไปมาใช้กับการแก้ไขสิ่งเป็นพิษในการเยียวยาฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากคดีปกครองทั่วไป อาจทำให้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือความเสียหายที่เกิด

จากปัญหาสิ่งแวดล้อมไม่ได้รับการแก้ไข พื้นที่ได้อย่างทั่วถึง เพราะการขยายพื้นที่ความเสียหายของสิ่งแวดล้อมตามคำพิพากษานั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการเข้ามาจัดการให้เป็นไปตามคำพิพากษาอย่างถูกต้องตามหลักการที่ควรจะเป็น จึงขอเสนอแนะให้มีระบบการบังคับคดีสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างจากจากระบบการบังคับคดีปกติทั่วไปออกมาเป็นการเฉพาะ เพื่อให้สิ่งแวดล้อมได้รับการขยายพื้นที่ตามคำพิพากษาอย่างถูกต้องตามหลักการหรือมีกระบวนการ มาตรการบางอย่างที่สามารถหยุดยั้งความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมได้ทันทีหลังจากที่ศาลมีคำพิพากษาแล้ว โดยกระบวนการ มาตรการดังกล่าว นั้นอาจจะกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของระเบียบที่ประชุมใหญ่ตุลาการในศาลปกครองสูงสุด เพื่อเป็นแนวทางให้ศาลปกครองนำมาพิจารณากำหนดไว้ในคำบังคับเพื่อให้ผู้กรณีใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติตามคำพิพากษา เพื่อให้คำพิพากษานั้นสัมฤทธิ์ผลเป็นไปตามเป้าประสงค์ในการฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณะ ข่างกล่อม. (2556). การจัดตั้งศาลสิ่งแวดล้อมกับปัญหากระบวนการยุติธรรมไทย. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์วิญญูชน.
- กอบกุล ราชนาคร. (2550). กฎหมายกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์วิญญูชน.
- คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง สำนักงานศาลปกครอง.(2556). การเสวนาโต๊ะกลม
ตุลาการอาเซียนด้านสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3 “ความท้าทายทางสิ่งแวดล้อมของอาเซียนกับบทบาทของศาล”.
กรุงเทพฯ:บริษัท พี.เพรส จำกัด.
- คณะกรรมการด้านวิชาการเกี่ยวกับกฎหมายสิ่งแวดล้อม ศาลปกครอง. (2556). รายงานผลโครงการพัฒนาตุลาการศาล
ปกครองด้านสิ่งแวดล้อม (Green Judges) ปี 2556:วิวิจิตรคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพฯ:บริษัท
ประชาชน จำกัด.
- คณะกรรมการปฏิรูปทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมสภาพัฒนาปฏิรูปแห่งชาติ. (2558). เรื่อง การจัดตั้งศาลสิ่งแวดล้อมและ
ร่างพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลสิ่งแวดล้อมและวิธีพิจารณาคดีสิ่งแวดล้อม พ.ศ., 1 เมษายน 2562.
<http://library2.parliament.go.th>
- ณรงค์ ใจหาญ. (2560). ศาลสิ่งแวดล้อม :ศาลชำนัญพิเศษเพื่อคุ้มครองสิ่งแวดล้อมไทย, 22 เมษายน 2562.
<https://siamrath.co.th/n/19975>
- นฤมล ชนะรัตน์. 2554. ปัญหาการจัดทำคำพิพากษาและการกำหนดคำบังคับในคดีปกครอง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- แนวหน้า. (2561). ปกครองลงพื้นที่ฟื้นฟูสร้างฝายตะกอนบริเวณลำห้วยคลิตี้พร้อมจ่ายเงินชดเชยกว่า3ล้าน!, 14
สิงหาคม 2562. <https://www.naewna.com/local/344247>
- เบ๊จก์ งามอรุณโชติ. (2556). ความยุติธรรม – คำพิพากษา – ปัญหาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ:ปนไท.
- ประพนธ์ คล้ายสุบรรณ. (2550). แนวคิด ทฤษฎี และหลักกฎหมายที่เกี่ยวข้องในคดีสิ่งแวดล้อม.วารสารวิชาการศาล
ปกครองกฎหมายมหาชนสิ่งแวดล้อม, 7(2), 11.
- ปิยะสร พวงบุบผา. 2555. สิทธิในการขอบังคับคดีโดยผู้ไม่ใช่ผู้กรณีในคดีปกครอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. กรุงเทพฯ.
- พิพากษ์ เกียรติกรมเลศ.(ม.ป.ป.). ปัญหาอำนาจฟ้องและเขตอำนาจศาลคดีสิ่งแวดล้อมของศาลยุติธรรมและศาลปกครอง, 26
เมษายน 2562. <https://webcache.googleusercontent.com>

พรทิพย์ บุญมานะ. 2555. ปัญหาและอุปสรรคทางกฎหมายเกี่ยวกับการเยียวยาผู้เสียหายในคดีสิ่งแวดล้อม โดยผลผูกพัน
ของคำพิพากษาและคำบังคับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, ชลบุรี.

กมล วัฒนกุล. 2558. ปัญหาการบังคับคดีปกครองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม: ศึกษากรณีเอกชนก่อให้เกิดความเสียหายตามมาตรา
72 วรรคหนึ่ง (1) (2) และ (3) แห่งพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธีพิจารณาคดีปกครอง พ.ศ. 2542.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2544). การจัดตั้ง “แผนกคดีสิ่งแวดล้อม” ในศาลปกครอง, 1 เมษายน 2562.

<http://www.law.nu.ac.th/DocumentL/230330/230330-11012013-P01.pdf>

วชิรพงศ์ พลอยแหวนรัตน. 2558. สิทธิชุมชนในการได้รับการคุ้มครองและเยียวยาจากปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายหลัง
ศาลปกครองมีคำพิพากษาถึงที่สุด: ศึกษากรณีชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากโรงไฟฟ้าชีวมวล. วิทยานิพนธ์ปริญญา
โทบริหารคดี, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.

วิจิต ขอดเตชะ. พนักงานคดีปกครองชำนาญการ ศาลปกครองเชียงใหม่. (13 กุมภาพันธ์ 2562). สัมภาษณ์

วิจิต ขอดเตชะ. พนักงานคดีปกครองชำนาญการ ศาลปกครองเชียงใหม่. (11 กรกฎาคม 2562). สัมภาษณ์

วิริยะ ว่องวานิช. 2546. วิธีพิจารณาคดีสิ่งแวดล้อมของศาลปกครอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ศาลฎีกา. (ม.ป.ป.). แผนกคดีสิ่งแวดล้อม, 2 เมษายน 2562. <http://www.supremecourt.or.th>

สงกรานต์ ป้องบุญจันทร์. (2557). การก่อกำเนิดขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมอเมริกา (US-EPA), 20 เมษายน 2562.

<https://enlawfoundation.org>

สงกรานต์ ป้องบุญจันทร์. (ม.ป.ป.). “ข้อพิจารณาสำคัญในการฟ้องคดีละเลยต่อหน้าที่หรือปฏิบัติหน้าที่ล่าช้าจนเกินสมควร
: ศึกษากรณีการฟ้องคดีปกครองด้านสิ่งแวดล้อม”, 11 มีนาคม 2562. <https://enlawfoundation.org>

สงกรานต์ ป้องบุญจันทร์, สุรัชย์ ตรงงาม และอัมรินทร์ สายจันทร์. (2561). คู่มืออันกกฎหมายว่าด้วยการดำเนินคดีปกครอง
ด้านสิ่งแวดล้อมโครงการเสริมสร้างศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมให้ชุมชนและองค์กรพัฒนาเอกชนในประเทศไทย.
ม.ป.ท.

สงกรานต์ ป้องบุญจันทร์. (2556). งานแปลเรื่อง “ผู้พิพากษาศาลปกครองและกฎหมายสิ่งแวดล้อม”, 1 เมษายน 2562.

<https://enlawfoundation.org/newweb/?p=940>

สำนักงานคดีปกครอง สำนักงานอัยการสูงสุด. (ม.ป.ป.). การดำเนินการของตัวความในชั้นบังคับคดี, 22 มิถุนายน 2562.

<http://www.admin.ago.go.th/index.php/5>

ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์สุโขทัย สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา. (2558). ร่างพระราชบัญญัติจัดตั้งศาลปกครองและวิธี
พิจารณาคดีปกครอง (ฉบับที่ ..) พ.ศ. ... (การบังคับคดีปกครอง), 24 มิถุนายน 2562.

http://library.senate.go.th/document/mSubject/Ext48/48005_0001.PDF

อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์. (2556). กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิญญูชน.

อรพรรณ ณ บางช้าง และละอิตทิพย์ ศรีเสาวลักษณ์. (2552). โครงการศึกษาแนวทางการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจจาก
ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อสนับสนุนกระบวนการยุติธรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วิบูลย์การปก(1977) จำกัด.

อภิรดี พลอยเลื่อมแสง. 2549. การบังคับคดีก่อนและหลังการจัดตั้งศาลปกครอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารคดี,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

อำพน เจริญชีวินทร์. (2550). คำอธิบายการฟ้องและการดำเนินคดีในศาลปกครอง(พิมพ์ครั้งที่3). กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์
ดิธรรม.

iLaW. (2559) . 'โอนคดีสิ่งแวดล้อม' ไปศาลแพ่ง หนุนความเป็นธรรมหรือสร้างภาระ?, 1 เมษายน 2562.

<https://ilaw.or.th/node/4006>

MGR ONLINE. (2555). 11 ปี ‘ศาลปกครอง’กับการยื่นหยัดด้าน‘เกมการเมือง’ (2), 1 เมษายน 2562.

<https://mgronline.com/specialscoop/detail/9550000033226>

แนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

How to utilization of sludge from ready-mixed concrete plants

ซูไรยา เจ้าคาริ¹✉, เสรีย์ ตู๊ประกาย¹, วรานนท์ คงสง¹ และ โกวิท สุวรรณหงษ์²

Suraiya Chowdhry¹✉, Seree Tuprakay¹, Waranon Kongsong¹ and Kowit Suwannahong²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

¹Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

²คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

²Faculty of Public Health, Burapha University

Corresponding E-mail : Suraiya.t5@gmail.com✉

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จโดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process :AHP) และเสนอแนะแนวทางการจัดการกากคอนกรีตที่ได้จากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Quantitative Research) ใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (Interview) จากระดับวิศวกร ผู้จัดการ ผู้บริหาร และผู้เชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมคอนกรีต จำนวน 10 ท่าน โดยศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในการเลือกแนวทางการจัดการกากคอนกรีต โดยใช้เทคนิคกระบวนการเชิงลำดับชั้นมาวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญภายใต้ปัจจัยด้านประสิทธิภาพในการผลิต , ปัจจัยด้านบุคลากร , ปัจจัยด้านต้นทุน , ปัจจัยด้านวิศวกรรม , ปัจจัยด้านสังคม , ปัจจัยด้านปริมาณของเสีย ผลจากการตอบแบบสอบถามสามารถสรุปค่าน้ำหนักของปัจจัยเฉลี่ยเท่ากับ 0.379, 0.046, 0.070, 0.176, 0.038, 0.290 ตามลำดับ จากนั้นทำการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตทั้ง 5 แนวทาง ภายใต้ปัจจัยข้างต้น พบว่าแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานผสมเสร็จโดยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สามารถสรุปได้ว่าสารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีตเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากกว่าทางเลือกอื่น ๆ ทั้งยังเป็นแนวทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมให้อยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างยั่งยืน ปัจจุบันสังคมหันมาให้ความสนใจในเรื่องของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและ การเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลผลิตในท้องตลาดที่มีเครื่องหมายเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี ดังนั้นภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมควรมีการปรับตัวให้สามารถดำเนินกิจการควบคู่กับการอนุรักษ์ธรรมชาติ เพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การจัดการกากคอนกรีต โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ABSTRACT

The objectives of this research are to study process to utilization sludge plants ready-mixed concrete by using decision-making process is analyzed using Analytic Hierarchy Process technique or AHP and to suggest guidelines for concrete waste management. This research is a qualitative research. Interview to engineers, managers and experts who have experience in the concrete industry. Factors that affect the decision to choose the method of using concrete waste. Using hierarchical process techniques to analyze the weight values of importance under productivity factors, personnel factors, cost factors, engineering factors, social factors, and waste factor. Determining the weight of the alternative value of the concrete sludge in options. It was found that guideline for adding concrete residue from ready-mixed factories by hierarchical analysis (AHP) involves the replacement of lime from sludge concrete that is more suitable for improvement than other alternatives. This approach is used to systematically recycle industrial waste and effectively process.

Keywords: Concrete waste management, Analytic Hierarchy Process, Ready mixed concrete plant

บทนำ

ปัจจุบันการใช้คอนกรีตยังเป็นส่วนประกอบหลักในงานก่อสร้าง ทั้งโครงการขนาดเล็ก และโครงการขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นวัสดุหลักในงานก่อสร้างหลักในงานบ้านพักอาศัย งานอาคาร โรงงาน และสาธารณูปโภค ทั่วประเทศ เนื่องจากความคงทนแข็งแรง ปัจจุบันประเทศไทยกำลังอยู่ในช่วงพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน อีกทั้งการขยายตัวของเมืองใหญ่ต่างๆ ทั่วประเทศ ทำให้เกิดความต้องการใช้คอนกรีตเป็นจำนวนมาก ซึ่งหมายถึงการใช้ทรัพยากร หิน ทราย จากสัมปทานเหมืองหิน ทราย ทั่วประเทศด้วยเช่นกัน และจากการสำรวจปริมาณการใช้คอนกรีตของ BUILK เว็บไซต์ด้านการบริหารงานก่อสร้าง ได้สำรวจระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 15 เมษายน 2560 สมาชิก BUILK PRO NETWORK ทั่วประเทศใน 65 จังหวัด มีปริมาณการเทคอนกรีตมากกว่า 62,320 ลูกบาศก์เมตร เติบโตขึ้น 226% เทียบกับช่วงเดียวกันของปี 59 (Patai 2560) จากการใช้งานคอนกรีตผสมเสร็จที่เพิ่มมากขึ้น ข้อมหมายถึงกากคอนกรีตเหลือทิ้งที่เพิ่มมากขึ้นด้วย กากคอนกรีตเหลือทิ้งเกิดจากการสั่งซื้อคอนกรีตเกินความต้องการใช้งานจริง การสั่งคอนกรีตเผื่อเหลือเผื่อขาดจากลูกค้า การเผื่อปริมาณคอนกรีตจากโรงงานเอง คอนกรีตที่จัดส่งล่าช้าไม่ทันเวลาทำให้คอนกรีตผสมเสร็จเสื่อมคุณภาพ กากคอนกรีตที่เกิดจากการล้างไม่ หลังจากเสร็จงานในแต่ละวันเพื่อป้องกันคอนกรีตค้างอยู่ในโม้ และจากการล้างทำความสะอาดโรงงาน กากคอนกรีต เหล่านี้จะถูกทิ้งพักไว้ในบ่อคลายคอนกรีตตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด เมื่อกากคอนกรีตมีปริมาณถึงที่กำหนด(เต็มบ่อ) โรงงานต้องดำเนินการกำจัดกากคอนกรีตเหล่านี้ แนวทางที่นิยมในการกำจัดกากคอนกรีตในปัจจุบันคือการฝังกลบ (Landfill) ซึ่งวิธีการฝังกลบแน่นอนว่าไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด ยังคงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ทั้งยังมีค่าใช้จ่าย และเป็นการเปิดช่องให้เกิดการลักลอบทิ้งกากคอนกรีตในพื้นที่โดยไม่ได้รับอนุญาต อีกด้วย ทั้งนี้จากงานวิจัยต่างๆพบว่า พื้นที่ฝังกลบในปัจจุบันมีปริมาณขยะจากงานก่อสร้าง (กากคอนกรีต เศษเหล็กที่ชำรุด อื่นๆ) ถึงร้อยละ 30-40 ของพื้นที่ฝังกลบในเมืองต่างๆ และยังพบการลักลอบทิ้งกากของเสียเกิดขึ้น ในพื้นที่จังหวัดระยอง จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดชลบุรี ในบริเวณบ่อดินเก่า และบริเวณข้างถนนที่เป็นเส้นทางขนส่งที่ลำบาก การลักลอบทิ้งรวมกับบ่อฝังกลบขยะมูลฝอยทั่วไป ส่วนใหญ่มีแหล่งที่มาจากผู้ประกอบการที่รับขนส่งและกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรมโดยไม่ได้รับอนุญาต และโรงงานรับกำจัดและรีไซเคิลกากของเสียอุตสาหกรรมที่ลักลอบดำเนินการอย่างผิดกฎหมาย (กรมควบคุมมลพิษ 2560) ปริมาณกากของเสียจากอุตสาหกรรมที่เข้าสู่ระบบการจัดการในปี 2560 มีทั้งหมด 33 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ 2560) และมีการใช้

ประโยชน์จากกากของเสียนี้ โดยมีการนำวัสดุรีไซเคิลกลับมาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด 20.84 ล้านตัน โดยวิธีต่างๆ อาทิ คัดแยกประเภท นำมาใช้ซ้ำ ทำเชื้อเพลิงผสม เป็นวัตถุดิบทดแทน ในเตาเผาปูนซีเมนต์เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ถมทะเลหรือที่ถม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2560) ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังมีส่วนต่างของกากของเสียที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ถึงอีกประมาณ 13 ล้านตัน ยังไม่รวมถึงกากของเสียที่ไม่ได้เข้าสู่ระบบ และลักลอบทิ้งตามที่ต่างๆ และจากสถิติของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับใบอนุญาตและแจ้งประกอบกิจการ เพิ่มขึ้นมากที่สุด 3 อันดับแรก ตั้งแต่ปี 57-61 โรงงานผลิตภัณฑ์คอนกรีตและคอนกรีตผสมเสร็จ ติดอันดับ 1 ใน 3 โรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับใบอนุญาตและแจ้งประกอบกิจการ เพิ่มขึ้นมากที่สุด (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2561) ดังนั้นจึงหมายถึงปริมาณกากคอนกรีตที่เพิ่มมากขึ้นด้วย กากคอนกรีตเหล่านี้ถือเป็นขยะอุตสาหกรรมที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ทางโรงงานยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากคอนกรีตเหล่านี้ นอกจากจะต้องทำบ่อคลายคอนกรีตตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว โรงงานยังต้องเสียค่าขนทิ้ง ค่าจ้างกำจัดอยู่ที่ประมาณ 30,000 ถึง 100,000 บาท ต่อครั้งต่อบ่อเลยทีเดียว ในขณะที่เดียวกันในหลายๆ ประเทศกากคอนกรีตกลับมีมูลค่า มีการนำมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากร อีกทั้งข้อกำหนดในเรื่องของการควบคุมมลพิษ และการควบคุมการใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด เมื่อมองย้อนกลับมาในประเทศไทย ที่ยังมีทรัพยากรอยู่มากจึงยังมีได้ให้ความสำคัญกับการจัดการใช้ทรัพยากร และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด แล้วจะรอให้ทรัพยากรหมดไปหรือเกิดปัญหาก่อนจึงจะเริ่มดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง จึงเกิดแนวคิดที่ว่าทำอย่างไรให้กากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ (Plant ready mix) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ หรือสร้างมูลค่าเพื่อก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า หากสามารถทำให้กากคอนกรีตเหล่านี้มีมูลค่าและนำมาใช้ประโยชน์ได้ทางใดทางหนึ่ง นอกจากโรงงานจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากคอนกรีต ยังเป็นรายได้ให้กับโรงงานอีกทางหนึ่ง ทั้งยังช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร ลดปริมาณขยะอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นมากมายในแต่ละปี และยังเป็นการสร้างมูลค่าและเป็นการนำกากของเสียในอุตสาหกรรมที่ไม่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจมาก่อให้เกิดมูลค่าและสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด

1. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จโดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP)

2) เพื่อเสนอแนะแนวทางการจัดการกากคอนกรีตที่ได้จากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการนำกากคอนกรีตกลับมาใช้ประโยชน์ แนวทางใดที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเกิดเป็นแนวทางให้กับอุตสาหกรรมคอนกรีตเพื่อนำกากคอนกรีตมาใช้ประโยชน์ สร้างมูลค่าในทางเศรษฐศาสตร์ ทำให้ผู้ประกอบการโรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากคอนกรีต และเพิ่มรายรับจากการเพิ่มมูลค่ากากคอนกรีต ลดการปล่อยกากของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม สร้างความตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสังคม ชุมชน และสิ่งแวดล้อม

3. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษากระบวนการจัดการกากคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ (Plant ready mix) เท่านั้น ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาเป็นโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี สระบุรี โดยการศึกษาเพื่อหาแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ (Plant ready mix)

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (Interview) จากระดับวิศวกร ผู้จัดการ ผู้บริหาร และผู้เชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมคอนกรีตมาเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธี เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในประเด็นที่แตกต่างกัน ได้แก่ วิศวกร ผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญ หลักการสัมภาษณ์นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง ลักษณะการสัมภาษณ์ใช้คำถามที่นำไปสู่การสนทนา โดยจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อต้องการข้อมูลที่ถูกต้องในทัศนะของผู้ให้ข้อมูลเป็นหลัก และส่วนที่ 2 เป็นการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) มีประเด็นคำถามจัดเตรียมไว้ล่วงหน้ามีโครงสร้างคำถามชัดเจน โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลหลัก 10 ท่านดังนี้

1) ระดับผู้จัดการ-ผู้บริหาร ของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เป็นบุคลากรระดับผู้จัดการแผนก/ฝ่าย จนถึงระดับผู้บริหาร ซึ่งดูแลภาพรวมในการดำเนินการทั้งด้านการผลิต ด้านการขาย นโยบายในการดำเนินงาน ตลอดจนด้านการจัดการกับกากคอนกรีตที่เกิดขึ้น ซึ่งมีประสบการณ์ทำงาน หรืออยู่ในอุตสาหกรรมคอนกรีตมาแล้วไม่ต่ำกว่า 8 ปี จึงจะสามารถให้ข้อมูล ข้อคิดเห็น เกี่ยวกับการจัดการกากคอนกรีต และแนวโน้มในการนำกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จไปใช้ประโยชน์ได้

2) ระดับวิศวกรปฏิบัติงานของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เป็นบุคลากรระดับวิศวกรควบคุมการปฏิบัติงานของโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ เป็นผู้ควบคุมคุณภาพ ควบคุมกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เป็นต้น ซึ่งมีประสบการณ์ทำงานในอุตสาหกรรมคอนกรีตตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป จึงจะสามารถให้ข้อมูล ข้อคิดเห็น เกี่ยวกับการจัดการกากคอนกรีต และแนวโน้มในการนำกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จไปใช้ประโยชน์ได้

3) ผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์สูง และเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมคอนกรีต เช่น นักวิชาการ นักวิจัยและพัฒนา มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรม อย่างน้อย 5 ปี จึงสามารถให้แนวคิดในการนำกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จไปใช้ประโยชน์ได้

รวบรวมข้อมูลจากการศึกษางานวิจัย เอกสารที่เกี่ยวข้อง ศึกษาฐานโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ และการสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาปัจจัยในการเลือกแนวทาง และความเป็นไปได้ของการเพิ่มมูลค่ากากคอนกรีต แนวทางเลือกใดเป็นการนำกากคอนกรีตกลับมาใช้ที่เหมาะสม คุ่มค่า และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการพิจารณาต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน เพื่อให้เกิดการพิจารณาอย่างรอบด้าน โดยการวิเคราะห์ทางเลือกนั้นใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) มาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการถอดข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณตามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) เพื่อได้ทางเลือกที่ดีที่สุดในการนำกากคอนกรีตไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในการสัมภาษณ์ได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มระดับผู้จัดการ-ผู้บริหาร จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมี 2 ท่านที่มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมคอนกรีตเกิน 20 ปี และมีผลงานด้านการวิจัยและพัฒนา จึงจัดว่าอยู่ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วย และได้สัมภาษณ์ระดับวิศวกรปฏิบัติงาน 5 ท่าน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย แนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานผสมเสร็จ โดยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการเพิ่มมูลค่าและการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น โดยกำหนดทางเลือกดังนี้

1) แผ่นพื้นจากกากคอนกรีต หมายถึง การนำกากคอนกรีตมาเป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตแผ่นพื้นตามสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องเติมสารเคมีตามสัดส่วนเพื่อให้ได้ความแข็งแรงตามมาตรฐาน

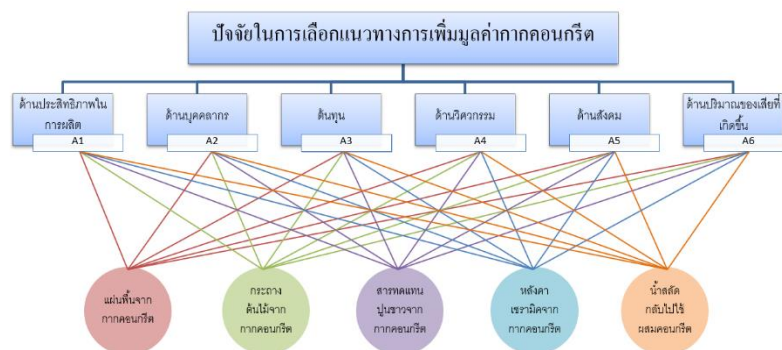
2) กระดาษต้นไม้จากกากคอนกรีต หมายถึง การนำกากคอนกรีตมาเป็นส่วนผสมในการผลิตกระดาษต้นไม้ แจกัน แผ่นปูทางแต่งสวน หรือผลิตภัณฑ์ตกแต่งอื่นๆที่ไม่ต้องรับแรงและเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย ในขั้นตอนการผลิตอาจต้องเติมสารเคมีเพื่อเพิ่มการเกาะตัว

3) สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต หมายถึง การนำกากคอนกรีตมาผ่านกระบวนการกรองผ่านเครื่องอัดตะกอนหรือเครื่องฟیلเตอร์เพรส (filter press) แยกตะกอนกับน้ำ นำตะกอนไปอบหรือตากแดด จะได้สารที่มีฤทธิ์เป็นด่างคล้ายปูนขาว สามารถนำไปปรับความเป็นกรดในดิน น้ำ หากเลือกใช้เครื่องจักรที่มีคุณภาพสูงและแผ่นเครื่องอัดตะกอน (filter plate) ผลิตด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย จะมีประสิทธิภาพที่ดีและให้ได้ตะกอนที่มีความชื้นต่ำ

4) หลักรวมจากกากคอนกรีต หมายถึง การนำกากคอนกรีตมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้องหลังคาในสัดส่วนที่เหมาะสมในกระบวนการผสมคอนกรีต (Mixing) ผ่านกระบวนการบีบขึ้นรูป (Pressing) ด้วยเครื่องกดแรงดันสูงเพื่อให้เนื้อกระเบื้องแน่นได้มาตรฐาน

5) น้ำสลัดจกกลับปใช้ผสมคอนกรีต หมายถึง การนำน้ำสลัดจกโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จจกกลับมมาใช้ผลิตคอนกรีตผสมเสร็จโดยกระบวนการผสมคอนกรีต (Mixing) เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต

ทั้งนี้แนวทางและการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ จะนำเสนอการวิเคราะห์โดยวิธี AHP โดยพิจารณาแนวทางการใช้ประโยชน์และการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จจากทางเลือกทั้ง 5 ทางเลือกภายใต้ปัจจัยด้านประสิทธิภาพในการผลิต ด้านบุคลากร ด้านต้นทุน ด้านวิศวกรรม ด้านสังคม และด้านปริมาณของเสีย ซึ่งแต่ละทางเลือกมีข้อดีในแต่ละปัจจัยมากน้อยไม่เท่ากัน สามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นแผนภาพตามรูปที่ 1 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์ของปัจจัยกับทางเลือกโดยแต่ละปัจจัยมีน้ำหนักความสำคัญไม่เท่ากัน



ภาพ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกและปัจจัยในรูปแบบ AHP

โดยกำหนดชื่อย่อของปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ของการเลือกแนวทางดังต่อไปนี้

A1 : ประสิทธิภาพในการผลิต คือ ความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิต ในการนำกากคอนกรีตเข้าสู่กระบวนการเพื่อเพิ่มมูลค่าได้อย่างมีประสิทธิภาพในเชิงอุตสาหกรรม

A2 : บุคลากร คือ การใช้คนในกิจการงานตลอดทั้งกระบวนการ ตั้งแต่กระบวนการออกแบบ วางแผน คิดวิเคราะห์ ตลอดจนแรงงานในกระบวนการผลิต ทั้งหมดจนเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมดนี้คือบุคลากร ประกอบด้วย จำนวนบุคลากรในการดำเนินการ และ ความชำนาญของบุคลากร

A3 : ต้นทุน คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยงบประมาณในการลงทุน ค่าแรงงาน ค่าเครื่องมือเครื่องจักรที่ต้องใช้ในกระบวนการ ค่าซ่อมบำรุงและค่าซ่อมเครื่องจักรในกรณีขัดข้อง ต้นทุนวัตถุดิบอื่น ที่ไม่ใช่กากคอนกรีต โดยถือว่ากากคอนกรีตไม่มีต้นทุนเพราะเป็นกากของเสียจากอุตสาหกรรมเดิมอยู่แล้ว

A4 : ด้านวิศวกรรม คือ การประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ในการออกแบบระบบ เครื่องมือ กระบวนการ เพื่อตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้อย่างปลอดภัยเชื่อถือได้และใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการได้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพได้มาตรฐาน มีนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ สร้างสรรค์ เป็นที่ต้องการของตลาด มีมูลค่าและสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้

A5 : สังคม คือ การรับผิดชอบต่อสังคม การดำเนินงานคำนึงถึงความผาสุกของชุมชน ครอบคลุมถึงหน้าที่ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการดำเนินงานที่ตั้งอยู่บนหลักการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งต้องคำนึงทั้งในด้านกระบวนการ และผลิตภัณฑ์

A6 : ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น คือ ความสูญเสียเนื่องจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตไม่คุ้มค่า กากของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการโดยเปรียบเทียบความแตกต่างเชิงปริมาณ (ปริมาตรหรือน้ำหนัก) ของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อของเสียที่เกิดขึ้น

ตาราง 1 ข้อมูลการเปรียบเทียบเบนรายคู่ระหว่างปัจจัยโดยวิธี AHP จากการระดมสมองร่วมกับ ผู้เกี่ยวข้องและผู้ชำนาญการ

การเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ กับเป้าหมายของปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison)					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
A1	1	7	5	3	5	3
A2	1/7	1	1/2	1/5	2	1/7
A3	1/5	2	1	1/5	3	1/7
A4	1/3	5	5	1	5	1/3
A5	1/5	1/2	1/3	1/5	1	1/7
A6	1/3	7	7	3	7	1
รวม	2.21	22.	18.8	7.60	23.0	4.762

เมื่อได้นำข้อมูลจากตาราง 1 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละเกณฑ์ แล้วจะได้ค่าน้ำหนักจากการให้ค่าความสำคัญในแต่ละเกณฑ์ สามารถนำไปทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติ ระหว่างปัจจัย ได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ข้อมูลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติระหว่างปัจจัยโดยวิธี AHP

การเปรียบเทียบปัจจัย ต่างกับเป้าหมายของ ปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติ (Normalized Comparison)						รวม	คะแนน ความสำคัญ	Priority
	A1	A2	A3	A4	A5	A6			
A1	0.453	0.311	0.265	0.395	0.217	0.630	2.271	0.379	1
A2	0.065	0.044	0.027	0.026	0.087	0.030	0.279	0.046	5
A3	0.091	0.089	0.053	0.026	0.130	0.030	0.419	0.070	4

การเปรียบเทียบปัจจัย ต่างๆกับเป้าหมายของ ปัญหา	การเปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติ (Normalized Comparison)						รวม	คะแนน ความสำคัญ	Priority
	A1	A2	A3	A4	A5	A6			
A4	0.151	0.222	0.265	0.132	0.217	0.070	1.058	0.176	3
A5	0.091	0.022	0.018	0.026	0.043	0.030	0.230	0.038	6
A6	0.151	0.311	0.372	0.395	0.304	0.210	1.743	0.290	2
รวม	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	6.000	1.000	

ความสอดคล้องของเหตุผล

การพิจารณาความสอดคล้องของเหตุผลผู้ตัดสินใจได้ทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ของทุก องค์ประกอบย่อย และคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยและแต่ละทางเลือกได้ถูกคำนวณไว้ก่อนที่จะคำนวณค่าคะแนนความสำคัญรวม (Overall Priority Weights) ของแต่ละทางเลือก และกำหนดคะแนนความสำคัญของแต่ละทางเลือก ผู้ตัดสินใจควรตรวจสอบความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ในแต่ละคู่ของปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่มีความจำเป็นต้องมีการตรวจสอบ ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอต่อไป โดย Saaty (1980) ได้นำเสนอขั้นตอนการคำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio หรือ CR) ซึ่งเป็นตัววัดความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำค่าคะแนนความสำคัญสัมพัทธ์ (Relative Importance Scale) จากการ เปรียบเทียบเป็นรายคู่ของแต่ละปัจจัยในตารางที่ 4.1 คูณกับคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย (Criterion Priority Weights) ซึ่งได้จากตัวเลขในตาราง 2

$$\begin{bmatrix} 1 & 7 & 5 & 3 & 5 & 3 \\ 1/7 & 1 & 1/2 & 1/5 & 2 & 1/7 \\ 1/5 & 2 & 1 & 1/5 & 3 & 1/7 \\ 1/3 & 5 & 5 & 1 & 5 & 1/3 \\ 1/5 & 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1 & 1/7 \\ 1/3 & 7 & 7 & 3 & 7 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.379 \\ 0.046 \\ 0.070 \\ 0.176 \\ 0.038 \\ 0.290 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.645 \\ 0.289 \\ 0.430 \\ 1.173 \\ 0.237 \\ 2.029 \end{bmatrix}$$

ขั้นตอนที่ 2 นำผลลัพธ์ที่ได้จากผลคูณในขั้นตอนที่ 1 นี้มาหารด้วยคะแนนความสำคัญของ แต่ละปัจจัยซึ่งได้จากตัวเลขในตาราง 2 เพื่อนำไปคำนวณค่า

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 2.645 & & 0.379 & 6.988 \\ \hline 0.289 & & 0.046 & 6.217 \\ \hline 0.430 & & 0.070 & 6.160 \\ \hline 1.173 & \div & 0.176 & = 6.655 \\ \hline 0.237 & & 0.038 & 6.186 \\ \hline 2.029 & & 0.290 & 6.984 \\ \hline \end{array}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า $\lambda_{\max}$ ได้จากค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2

$$\lambda_{\max} = \frac{6.988 + 6.217 + 6.160 + 6.655 + 6.186 + 6.984}{6} = 6.5315$$

6

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index หรือ CI) และ อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio หรือ CR) ตามสมการที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ โดยที่ n เท่ากับขนาดของตารางการเปรียบเทียบรายคู่ หรือ จำนวนปัจจัยที่ทำการเปรียบเทียบ ซึ่งในที่นี้ n = 6 และ RI คือค่าความสอดคล้องแบบสุ่มเฉลี่ย (Average Random Consistency) ซึ่งค่า R นี้สามารถหาค่าได้จากตาราง 3 ในที่นี้ RI = 1.24 เมื่อ n = 6

ตาราง 3 ตารางค่า RI เทียบกับจำนวนทางเลือก

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

ตาราง 4 แสดงผลค่าความเชื่อมั่นจากการหาค่า Normalized

$\lambda_{\max}$	6.5315
N	6
CI	0.1063
RI (n=6)	1.24
CR	0.0857

ในที่นี้ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง หรือค่า CR มีค่าเท่ากับ 0.0857 หรือ 8.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.10 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ผู้ตัดสินใจได้ทำการเปรียบเทียบ เป็นรายคู่ของปัจจัยต่าง ๆ และให้คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยได้อย่างมีความสอดคล้องกัน

จากตาราง 2 ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการให้คะแนนในแต่ละปัจจัยหรือเกณฑ์กับทางเลือกนั้น ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการพิจารณาและระดมสมองร่วมกับผู้เกี่ยวข้องและผู้ชำนาญการ รวมถึงจากการสัมภาษณ์ ผลที่ได้เป็น จากองค์ประกอบต่าง ๆ ผู้ตัดสินใจสามารถสร้างตารางการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison) เพื่อใช้ในการกำหนดคะแนนความสำคัญ (Priority Weight) ของแต่ละองค์ประกอบย่อย ข้อดีของการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ในวิธี AHP คือ ผู้ตัดสินใจสามารถแปลงปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนออกเป็นการเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ ของแต่ละองค์ประกอบย่อย และอนุญาตให้ผู้ตัดสินใจได้พิจารณาให้คะแนนความสำคัญโดยการเปรียบเทียบทีละ 2 องค์ประกอบใด ๆ เท่านั้นซึ่งทำให้ง่ายแก่การตัดสินใจการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ การคำนวณคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย รวมถึงแสดงการคำนวณคะแนนความสำคัญของแต่ละทางเลือกเมื่อเทียบกับแต่ละปัจจัย วัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบ เป็นรายคู่ เพื่อกำหนดคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย (Criterion Priority Weights) เมื่อเทียบกับเป้าหมายของปัญหาส่วน เป็นการคำนวณค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยโดยพิจารณาจากเป้าหมายของปัญหาและค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดย

พิจารณาจากปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย คะแนนความสำคัญสัมพัทธ์จากการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ทั้งหมด ต้องถูกแปลงเป็นค่าปกติ (Normalized) ค่าคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัย และแต่ละทางเลือก คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนการเปรียบเทียบเป็นรายคู่แบบปกติ (Normalized Comparisons) ในแต่ละแถวในแนวนอน ตารางการเปรียบเทียบรายคู่แบบปกติ พบว่า ค่าน้ำหนักความสำคัญสุทธิของปัจจัย A1: ประสิทธิภาพในการผลิต มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.379 อยู่ลำดับที่ 1 ปัจจัย A6: ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.290 อยู่ลำดับที่ 2 ปัจจัย A4: ด้านวิศวกรรม มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.176 อยู่ลำดับที่ 3 ปัจจัย A3: ด้านต้นทุน มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.070 อยู่ลำดับที่ 4 ปัจจัย A2: ด้านบุคลากร มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.046 อยู่ลำดับที่ 5 และปัจจัย A5: ด้านสังคม มีคะแนนความสำคัญสุทธิ เท่ากับ 0.038 อยู่ลำดับที่ 6

ผลการเปรียบเทียบทางเลือกทีละคู่ ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับแนวทางเลือก เมื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญสุทธิของแต่ละปัจจัย ที่มีผลต่อการเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มมูลค่ากากคอนกรีตแล้ว เราจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญรายคู่ของทางเลือกภายใต้ความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ทางเลือกหรือหลักเกณฑ์รองทั้ง 5 หลักเกณฑ์ ได้แก่ แผ่นพื้นจากกากคอนกรีต, กระถางต้นไม้จากกากคอนกรีต, สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต, หลังคาเซรามิกจากกากคอนกรีต และน้ำสลัดจกลับไปใช้ผสมคอนกรีต เพื่อหาแนวทางที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการต่อไป ตามทฤษฎีของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งได้คะแนนความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงลำดับความสำคัญรวม ของแต่ละทางเลือก

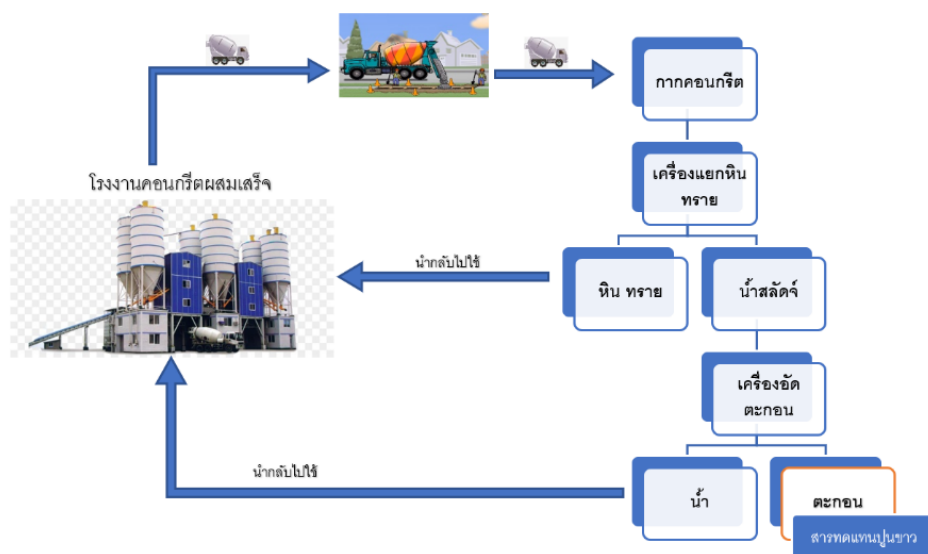
ปัจจัย	A1: ด้านประสิทธิภาพในการผลิต	A2: ด้านบุคลากร	A3: ด้านต้นทุน	A4: ด้านวิศวกรรม	A5: ด้านสังคม	A6: ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น	ลำดับความสำคัญรวม	Priority
คะแนนความสำคัญ	0.3786	0.0465	0.0699	0.1763	0.0384	0.2905		
แผ่นพื้นจากกากคอนกรีต	0.0696	0.0762	0.1641	0.0640	0.2000	0.0804	0.0836	5
กระถางต้นไม้จากกากคอนกรีต	0.2623	0.2879	0.0867	0.2407	0.1000	0.1496	0.2084	2
สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต	0.4674	0.4836	0.0480	0.4547	0.1000	0.1496	0.3302	1
หลังคาเซรามิกจากกากคอนกรีต	0.0696	0.0762	0.1641	0.1203	0.2000	0.4152	0.1908	3
น้ำสลัดจกลับไปใช้ผสมคอนกรีต	0.1311	0.0762	0.5372	0.1203	0.4000	0.2052	0.1869	4
รวม	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	

จากตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบทางเลือกที่ละคู่ ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับแนวทางเลือก เมื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญสุทธิของแต่ละปัจจัย ที่มีผลต่อการเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพิ่มมูลค่าและการจัดการกากคอนกรีตแล้ว เราจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญรายคู่ของทางเลือกภายใต้ความสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์รองทั้ง 5 หลักเกณฑ์ ได้แก่ แผ่นพื้นจากกากคอนกรีต กระดาษดินไม้จากกากคอนกรีต สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต หลังคาเซรามิกจากกากคอนกรีต และการนำน้ำสลัดจกลับไปใช้ผสมคอนกรีต เพื่อหาแนวทางที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการต่อไป ตามทฤษฎีของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นสามารถกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยได้ จากคะแนนลำดับความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือกนั้น พบว่า สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต มีคะแนนสูงสุดเป็นลำดับแรกเท่ากับ 0.3302 คะแนน รองลงมา คือ กระดาษดินไม้จากกากคอนกรีต มีคะแนน เท่ากับ 0.2084 คะแนน ลำดับ ถัดไปคือ หลังคาเซรามิกจากกากคอนกรีต มีคะแนน เท่ากับ 0.1908 คะแนน ส่วนน้ำสลัดจกลับไปใช้ผสมคอนกรีต มีคะแนน เท่ากับ 0.1869 คะแนน และ แผ่นพื้นจากกากคอนกรีต มีคะแนน เท่ากับ 0.0836 คะแนน ตามลำดับ

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าสารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงมากกว่าทางเลือกอื่น ๆ เนื่องจากมีคะแนนความสำคัญรวมมากกว่า ทางเลือกอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการพิจารณาในประเด็นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมด้วย โดยพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน และผลตอบแทนต่อเงินลงทุน ทั้งนี้สามารถพิจารณาเครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ หรือหากมีโรงงาน บริษัทในเครือ ที่มีเครื่องมือ เครื่องจักรที่สามารถแปรรูปและสร้างมูลค่าให้กับกากคอนกรีตได้ควรนำมาพิจารณา เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มมูลค่าและการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จต่อไป

เสนอแนะแนวทางในการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ

จากศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานผสมเสร็จ โดยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) พบว่า สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสม และมีความเป็นไปได้ในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถออกแบบกระบวนการให้มีความต่อเนื่อง เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน สำหรับโรงงานที่มีเครื่องแยกหินทรายแล้ว จัดหาเครื่องอัดตะกอน (filter plate) ก็สามารถดำเนินการได้ เครื่องแยกหินทราย และเครื่องอัดตะกอน (filter plate) อาจเป็นการลงทุนที่มีมูลค่าสูง แต่หากเทียบกับการลดต้นทุน หิน ทราย น้ำ และค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ อีกทั้งตะกอนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ และอาจสร้างมูลค่าต่อไปได้ ทั้งทำให้เกิดกระบวนการรีไซเคิล 100% ได้นั้นถือว่ามีความคุ้มค่า และหากเมื่อเทียบกับการจัดการแบบเดิมที่ยังคงใช้การฝังกลบในการกำจัดกากคอนกรีต แนวทางของสารทดแทนปูนขาวเป็นกระบวนการนำกลับมาใช้ซ้ำและเป็นการกำจัดของเสียจากอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ดังที่แสดงในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าเกิดกระบวนการนำกลับมาใช้ซ้ำทั้ง หิน ทราย น้ำ และ กากตะกอน โดยกระบวนการเริ่มจากการทำความสะอาดถังรถบรรทุกที่เข้ามา น้ำจะถูกระบายออกไปยังเครื่องแยกทรายและหินในถังคอนกรีต ถูกคัดแยกโดยการชะล้างเพื่อแยกวัสดุซีเมนต์ออกจากทรายฟิลเลอร์มวลรวม วัสดุนี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับงานคอนกรีตที่ไม่สำคัญนักเช่น งานถนน งานทางเท้า ส่วนน้ำสลัดจที่เหลือจากกระบวนการจะไหลลงสู่ถังเก็บเพื่อสูบเข้าเครื่องอัดตะกอน(filter press) ตัวกรองจะแยกของเหลวออกจากอนุภาคละเอียดของซีเมนต์ได้น้ำแยกจากกากตะกอน น้ำที่ได้สามารถนำมาใช้ผสมปูนซีเมนต์ใหม่หรือล้างรถบรรทุก ใช้ในกิจการภายในโรงงาน ส่วนสุดท้ายของแข็งหรือตะกอนที่ได้มาจากตัวกรองนำมาตากแดดให้แห้ง บดขายให้กับเกษตรกรเพื่อการปรับปรุงดินแทนการใช้ปูนขาว หรือพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป



ภาพ 2 แสดงกระบวนการจัดการกากคอนกรีตซึ่งสามารถนำวัสดุและน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้ 100%



ภาพ 3 เครื่องแยกหิน ทราย น้ำสลัดจ์ ในกระบวนการคัดแยกหินทรายเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ ของโรงงานกรณีศึกษา



ภาพ 4 กากคอนกรีตจากรถโม้เข้าเครื่องแยก หิน ทราย น้ำสลัดจ์
ที่มา: WAM Thailand (2562) เรื่อง เครื่องแยกหินทราย



ภาพ 5 เครื่องอัดตะกอน(filter plate) จะแยกของเหลวออกจากอนุภาคละเอียดของซีเมนต์

ที่มา: MW Watermark (2562) เรื่อง ตัวกรองกดสำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษา บริษัท ออสบอร์นคอนกรีต.



ภาพ 6 ขวดตะกอนซีเมนต์ ซ้ำ: น้ำที่ได้จากระบวนการแยกซีเมนต์

ที่มา: MW Watermark (2562) เรื่อง ตัวกรองกดสำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษา บริษัท ออสบอร์นคอนกรีต.

ในการนำมวลรวมรีไซเคิล และกากคอนกรีตกลับมาใช้ซ้ำในส่วนผสมของคอนกรีตจะต้องคำนึงถึงมาตรฐานข้อจำกัดของการนำมาใช้ในงานต่าง ๆ อย่างเหมาะสม สำหรับมาตรฐานในการออกแบบในประเทศไทย ใช้มาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ที่อ้างอิงมาจาก ACI 318M-14 (2014) Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

ปัจจุบันสังคมหันมาให้ความสนใจในเรื่องของการอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติ และการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลักดันให้ในท้องตลาดที่มีเครื่องหมายที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม จึงได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี ดังนั้นภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมควรมีการปรับตัว ให้สามารถดำเนินกิจการควบคู่กับการอนุรักษ์ธรรมชาติ เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน แนวทางสารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นกระบวนการที่ช่วยกำจัดกากของเสียจากอุตสาหกรรมไม่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดกระบวนการจัดการกากคอนกรีตอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เกิดการนำกลับมาใช้ซ้ำ 100% จากการบริหารจัดการกากคอนกรีตที่มีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถแยกองค์ประกอบของกากคอนกรีตมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม โดยไม่เหลือและไม่มี ความจำเป็นที่ต้องนำกากคอนกรีตไปฝังกลบอีกต่อไป จึงสามารถหยุดการฝังกลบกากคอนกรีตได้ต่อไปในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับโครงการอุตสาหกรรมสีเขียวซึ่งมีวัตถุประสงค์ให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถอยู่ร่วมกับสังคมชุมชนและสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน กระทรวงอุตสาหกรรมได้ให้คำนิยามไว้ว่า “อุตสาหกรรมสีเขียว คืออุตสาหกรรมที่ยึดมั่นในการประกอบกิจการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน มุ่งเน้นการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตและการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง รวมถึง ความรับผิดชอบ

ต่อสังคมทั้งภายในและภายนอกองค์กรตลอดห่วงโซ่อุปทาน” แนวทางสารถแทนปูนขาวเป็นทางเลือกระบบสีเขียว (Green System) เป็นส่วนหนึ่งในการดูแลสังคมและชุมชน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมคอนกรีต

อภิปรายผล

1) แนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานผสมเสร็จ โดยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ผู้วิจัยตัดสินใจสามารถสรุปได้ว่าสารถแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงมากกว่าทางเลือกอื่น ๆ เนื่องจากมีคะแนนความสำคัญรวมมากกว่าทางเลือกอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการพิจารณาในประเด็นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมด้วย โดยสามารถพิจารณาทางเลือกจากเครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ และสายการผลิตอื่นๆในโรงงานร่วมด้วยหากมี รวมทั้งประเมินผลตอบแทน ความคุ้มค่าในการลงทุน เพื่อทำการเลือกทางเลือกในการจัดการกากคอนกรีตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตและการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยสารถแทนปูนขาวซึ่งสอดคล้องกับงานของ D. W. S. Ho et al. (2016) ศึกษาการนำผงหินปูนมาใช้ในคอนกรีตอัดแน่นด้วยตัวเอง (Self-Compacting Concrete) เพื่อช่วยควบคุมการแยกตัวและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคอนกรีต จากการทดลองพบว่า สามารถนำผงหินปูนมาใช้ได้อย่างได้ผลโดยทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงความสามารถไหลผ่านของคอนกรีตด้วยการเพิ่มปริมาณการใช้น้ำยาลดน้ำอันเนื่องมาจากลักษณะ รูปร่างที่เป็นเหลี่ยมมุมและความผันแปรของการกระจายขนาดคละของผงหินปูน

2) เสนอแนะแนวทางในการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ การออกแบบโครงสร้างสำเร็จรูปสำหรับมาตรฐานในการออกแบบในประเทศไทย ใช้มาตรฐานการออกแบบของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ที่อ้างอิงมาจาก ACI 318M-14 (2014) Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary ในเรื่องของการอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติ และการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลักดันให้ในท้องตลาดที่มีเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงได้รับ การตอบรับเป็นอย่างดี ดังนั้นภาครัฐกิจและอุตสาหกรรมควรมีการปรับตัว ให้สามารถดำเนินกิจการควบคู่กับการอนุรักษ์ธรรมชาติเพื่อเป็นการ ส่งเสริมอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน หากใช้สารถแทนปูนขาวจากกากคอนกรีตเป็นทางเลือกระบบสีเขียว (Green System) คือ การบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบมีการติดตาม ประเมินผลและทบทวนเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หรือการได้รับรางวัลด้านสิ่งแวดล้อมอันเป็นที่ยอมรับ หรือได้รับการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยการนำกลับมาใช้ใหม่. การนำกลับมาใช้ใหม่คือการนำเอาสิ่งของ, หรือวัสดุ(ขยะ)ที่จะทิ้ง ไปแปรรูปในกระบวนการอุตสาหกรรม ซึ่งส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน สอดคล้องกับงานของมฤดี โตพิสิฐ และ สาลินี อาจารีย์ (2561) งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการนำกากคอนกรีตกลับมาใช้ประโยชน์และกระบวนการจัดการกากคอนกรีตที่ใช้กระบวนการที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากที่สุด โดยให้แนวทางการกำจัดกากคอนกรีตคือ วิธี 3 R ได้แก่ R1.Reduce คือ การลดการใช้ การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นให้น้อยลง ลดการก่อให้เกิดของเสีย R2. Reuse การใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้ มาใช้ซ้ำ และ R3. Recycle คือ การนำสิ่งของที่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบเดิมไม่ได้ไปจัดการด้วยกระบวนการต่าง ๆ แล้วแปรรูปเป็นสิ่งใหม่เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป การใช้ประโยชน์กากคอนกรีตด้วยแนวทางสารถแทนปูนขาวในงานวิจัยนี้ คือ Reuse เกิดกระบวนการใช้ซ้ำได้100% (น้ำ หิน ทราย) และ Recycle โดยกากตะกอนนำมาตากแดด บด เพื่อจำหน่ายหรือแจกให้เกษตรกรใช้แทนปูนขาวเป็นการแปรรูปเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใหม่

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลสรุป

แนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานผสมเสร็จ โดยการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ผู้ตัดสินใจสามารถสรุปได้ว่าสารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงมากกว่าทางเลือกอื่น และเป็นแนวทางในการจัดการกากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ลดค่าต้นทุนวัตถุดิบ และค่าใช้จ่ายในการฝังกลบ ไม่เกิดขยะอุตสาหกรรมสู่สิ่งแวดล้อม เป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนาให้เกิดกระบวนการได้จริงในเชิงอุตสาหกรรม เนื่องจากมีกระบวนการต่อเนื่อง เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถผลักดันให้หยุดการฝังกลบกากคอนกรีตได้ต่อไปในอนาคต ทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ปัจจุบันสังคมมีความตื่นตัวและหันมาให้ความสนใจในเรื่องของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผลกระทบในท้องตลาดที่มีเครื่องหมายที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจึงได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี ดังนั้นภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมควรมีการปรับตัว ให้สามารถดำเนินกิจการควบคู่กับการอนุรักษ์ธรรมชาติเพื่อเป็นการ ส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน แนวทางสารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีต เป็นทางเลือกในระบบสีเขียว (Green System) ที่มีการบริหารจัดการใช้ประโยชน์กากของเสียจากอุตสาหกรรมอย่างเป็นระบบ

ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยเรื่อง แนวทางการใช้ประโยชน์กากคอนกรีตจากโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) นั้นมีข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปดังนี้

1) ในการพัฒนาทางเลือกของการเพิ่มมูลค่าและการจัดการกากคอนกรีตนั้น แต่ละบริษัทมีแนวทางแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับทรัพยากรและขีดจำกัดที่เป็นไปได้ของแต่ละบริษัท ดังนั้น การพิจารณาทางเลือกจึงไม่จำเป็นต้องเป็นแค่ทางเลือกที่ระบุไว้ในงานวิจัยนี้ สามารถพิจารณาทางเลือกได้จากอุปกรณ์เครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ ดังนั้นการประชุมปรึกษาผู้ชำนาญหรือผู้ที่รับผิดชอบในแผนกที่เกี่ยวข้องของแต่ละองค์กรจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

2) สารทดแทนปูนขาวจากกากคอนกรีตในงานวิจัยนี้หมายถึงตะกอนที่ได้จากกระบวนการกรองซึ่งมีคุณสมบัติเป็นต่าง ซึ่งตะกอนคอนกรีตของคอนกรีตแต่ละชนิดอาจมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับสารผสม ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าตะกอนจากแหล่งที่ต่างกันมีส่วนผสมคอนกรีตต่างกันมีความเป็นไปได้ว่าคุณสมบัติของกากตะกอนอาจต่างกันด้วยซึ่งโรงงานคอนกรีตหรือผู้ที่สนใจควรศึกษาถึงคุณสมบัติทางเคมีของตะกอนเพื่อนำตะกอนไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

3) จากงานวิจัยนี้เห็นได้ว่าเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน สามารถออกแบบกระบวนการจัดการกากคอนกรีตได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ หากได้รับการนำไปศึกษาต่อและได้รับการผลักดันให้เกิดกระบวนการนี้ได้จริงจะสามารถยกเลิกการฝังกลบที่ยังมีอยู่ในปัจจุบันได้

4) ตะกอนจากกากคอนกรีตซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีเป็นด่าง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยให้เกษตรกรใช้ในการปรับสภาพดินเพื่อการเกษตร ซึ่งมีการใช้กันแล้วในต่างประเทศ โดยโรงงานสามารถแจกจ่ายให้เกษตรกรเพื่อเป็นการคืนกำไรสู่สังคมและเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรม CSR.

5) แนวทางการจัดการกากคอนกรีตในงานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้กับโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จได้ ทั้งโรงงานขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และโรงงานชั่วคราว เพราะมีกระบวนการจัดการที่เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน แต่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การ

เลือกขนาดเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ ทั้งเครื่องแยกหินทราย และเครื่องอัดกะกอนคอนกรีต (filter plate) ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของโรงงานและปริมาณกากคอนกรีตที่เกิดขึ้น

6) ผู้วิจัยเชื่อว่าด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันและศักยภาพของบริษัทปูนซีเมนต์ชั้นนำในประเทศไทยนั้น สามารถพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยนี้โดยการนำตะกอนคอนกรีตนี้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจและสร้างมูลค่าได้ อย่างไรก็ตามในการแปรรูปตะกอนคอนกรีตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ควรตระหนักและคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการด้วย ควรให้ความสำคัญกับทางเลือกที่ใช้กระบวนการที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมควบคู่กับการดูแลสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2560). สถิติอุตสาหกรรม ปี 2560. กรุงเทพฯ :กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2561). สถิติอุตสาหกรรม ปี 2561. กรุงเทพฯ :กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมควบคุมมลพิษ. (2560). *สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2560*. กรุงเทพฯ :ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ กรมควบคุมมลพิษ.

มลฤดี ไตพิสิฐ และ สาลินี อาจารย์. (2561). *แนวทางการนำกากคอนกรีตกลับมาใช้ประโยชน์*. งานวิจัย สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Ho, D. W. S. (2016) “A feasibility study on the utilization of r-FA in SCC.” *Cem. Concr. Res.*, 34_12_, 2337–2339.

MW Watermark.(2562). ตัวกรองกดสำหรับคอนกรีตผสมเสร็จ กรณีศึกษา บริษัท ออสบอร์นคอนกรีต.สืบค้นจาก http://www.mwwatermark.com/en_US/case-study-ready-mixed-concrete/ เมื่อวันที่ 22 มกราคม 2562

Patai (2017). ราคาคอนกรีตผสมเสร็จทั่วประเทศ ครั้งที่1/2560 สืบค้นโดยบีลค์.สืบค้นจาก <https://www.builk.com/th/ราคา-คอนกรีตผสมเสร็จ-1-2560/> เมื่อวันที่ 16 มกราคม 2562

แรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน
ที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Motivation Behaviour and Complacency of Tourist and Seller at Nan Walking Street:
The Impact Factors to Frame Guideline for Environmental Impact Reduction

วีระสิทธิ์ แก้วปอง^{1✉} และ ทศนาวัลย์ อุฑารสกุล¹
Weerasit Kaewpong^{1✉} and Tatsanawalai Utarasakul¹

¹ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹ Suan Sunandha Rajabhat University

Corresponding E-mail : weerasit.kaew@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยจัดทำแบบสอบถามแบ่งออกเป็น กลุ่มผู้ซื้อจำนวน 337 คนและกลุ่มผู้ค้าจำนวน 91 ร้านค้า ผลการวิจัยกลุ่มผู้ซื้อพบว่า เหตุผลในการเดินทางมาท่องเที่ยวถนนคนเดินมากที่สุดคือ นักท่องเที่ยวทดลองนั่งรับประทานอาหารที่ขึ้นชื่อ ด้านพฤติกรรมที่แสดงถึงการเป็นนักท่องเที่ยวที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม คือ ทั้งขยะให้ถูกต้องตามภาชนะ รองลงมาคือ เลือกใช้ร้านค้าที่ใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ด้านทัศนคติในการท่องเที่ยวถนนคนเดิน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การจัดการส่งเสริมการทิ้งขยะให้ถูกต้องตามภาชนะที่รองรับ ผลการสอบถามกลุ่มผู้ค้า ด้านพฤติกรรมในการขายสินค้าของร้านค้าในพื้นที่ถนนคนเดินพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ เป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริมเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวรองลงมาคือ มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ด้านทัศนคติด้านการจัดการการท่องเที่ยวของถนนคนเดิน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การจัดการส่งเสริมการทิ้งขยะให้ถูกต้องตามภาชนะที่รองรับทั้งนี้ กลุ่มนักท่องเที่ยวปรากฏระดับคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างสูงในกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรมเฉพาะพื้นที่และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ข้อเสนอแนะ คือ การประชาสัมพันธ์ด้วยป้ายและเสียงตามสาย ให้นักท่องเที่ยวทราบถึงการคัดแยกและทิ้งขยะบริเวณจุดที่กำหนด โดยเทศบาลเมืองน่านควรบูรณาการรักษาวัฒนธรรมกับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งการจัดการขยะและน้ำเสียและเพิ่มการประชาสัมพันธ์ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ: ถนนคนเดิน, แรงจูงใจ, ความพึงพอใจ, พฤติกรรม

ABSTRACT

The objectives of this study was to investigate motivation, behaviour and Complacency of tourists and sellers at Nan walking street and identify the impact factors to frame guideline for environmental impact reduction at Nan walking street in Nan province by using questionnaires. Sampling group were divided into tourist group with the number of 337 people and 91 merchants. The results found that the reasons for traveling to walking street were to sit and eat at Khantoke local lifestyle, followed by to visit Phumin Temple. The behavior that represents being a tourist who is environmentally friendly was found that the highest average value is to separate garbage correctly according to the bin provided followed by choosing a shop that uses environmentally friendly packaging. When focusing on an attitude of tourists it was found that the highest average value is management to promote the proper disposal of garbage separation followed by the management of pedestrian roads, promoting awareness of responsibility for environmental conservation tourism such as public relations, signage and sound documents, etc. The majority of merchants group about an attitude toward tourism management of Nan walking Street was found that the highest average value was the promotion of waste separation. The tourist groups appear to have a relatively high average score in the questions related to specific areas of society, culture and environmental impacts. Suggestions were to publicized the sign and sound along the walking route in order to let the tourists know the sorting and discarding of garbage at the designated point, to propose activities to promote awareness and be responsible for the waste management of tourists, to promote ecotourism in other areas of Nan. Nan Municipality should expand the operation to reduce the environmental impact for all activities by integrating cultural preservation and reducing environmental impacts in both waste and water management.

Keywords: Walking street, Motivation, Complacency, Behaviour

บทนำ

กิจกรรมของมนุษย์ส่วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไม่มากนักน้อย ในอดีตผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาจไม่เด่นชัดนัก เนื่องจากธรรมชาติยังมีศักยภาพพอที่จะฟื้นฟูตัวเอง จนถึงปัจจุบัน การเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากของประชากรโลกประกอบกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย ส่งผลให้เกิดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมด้วยอัตราเร่งจนไม่สามารถฟื้นฟูตัวเองได้ทัน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณาคำเนินการอย่างเหมาะสมและเร่งด่วน เพื่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ที่ต้องพึ่งธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีความสมดุลอย่างยั่งยืน

ถนนคนเดิน เป็นชื่อเรียกกิจกรรมการปิดถนนและจัดรูปแบบตลาดตามแผนพัฒนาเมืองมาอยู่ ตั้งแต่ปี 2545 โดยมีเป้าหมายที่มีความเชื่อมโยงด้านสิ่งแวดล้อม 3 ประการ คือ ส่งเสริมการท่องเที่ยว ประหยัดพลังงาน และลดมลพิษ ซึ่งถนนคนเดินเป็นกิจกรรมที่มีในหลายประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทยมีเอกลักษณ์ต่างจากประเทศอื่นคือมีรูปแบบของความเป็นตลาดนัดซ้อนทับอยู่อย่างชัดเจน สินค้าส่วนใหญ่จึงประกอบด้วย อาหารพื้นเมืองที่เป็นที่นิยม สินค้าที่ส่งเสริมภาพลักษณ์ของพื้นที่ เช่น สินค้า OTOP สินค้ารักษ์สิ่งแวดล้อม ของทำมือ ของสะสม เป็นต้น การบริหารจัดการถนนคนเดินเกี่ยวข้องกับหลายภาคส่วน โดยส่วนใหญ่จะมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นแกนหลัก โดยกลุ่มคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับถนนคนเดินมักประกอบด้วย 4 กลุ่ม ได้แก่ ชุมชนเจ้าของพื้นที่ นักท่องเที่ยว ผู้ค้า และผู้บริหารจัดการ ซึ่งมีความต้องการ

แตกต่างกัน ดังนั้น การทำความเข้าใจและยอมรับวิธีการบริหารจัดการที่เหมาะสมของทุกฝ่าย ทั้งด้านการจัดการสินค้าและบริการ การจัดการรายได้รายจ่าย รวมถึงการจัดการสิ่งแวดล้อม จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักท่องเที่ยว และผู้ค้า ซึ่งเป็นสองกลุ่มคนหลักที่ขับเคลื่อนให้เกิดกิจกรรมบนถนนคนเดิน

ถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน เป็นถนนคนเดินแห่งหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนักท่องเที่ยว โดยมีเทศบาลเมืองน่านเป็นแกนหลักในการบริหารจัดการ ซึ่งมีนโยบายการพัฒนาเมืองควบคู่กับการรักษาอัตลักษณ์ และการจัดการสิ่งแวดล้อม จนได้รับการสนับสนุนและต่อยอดจากภาครัฐและองค์กรระหว่างประเทศภายใต้ โครงการส่งเสริมเมืองในอนาคตอย่างยั่งยืนของประเทศไทย อย่างไรก็ดี การบริหารจัดการถนนคนเดินช่วงเมืองน่านตามเป้าหมาย 3 ประการข้างต้น พบว่า การจัดการสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษจากขยะ รวมถึงการอำนวยความสะดวกของพื้นที่โดยรอบ ยังไม่สมบูรณ์ในหลายประการ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาแรงจูงใจ พฤติกรรม และทัศนคติของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน จังหวัดน่าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาแรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มนักท่องเที่ยว ประมาณ 1,000 คนต่อวัน (ระหว่างฤดูหนาว นักท่องเที่ยวประมาณ 2,000 - 3,000 คนต่อวัน) และ กลุ่มผู้ค้าประมาณ 200 ร้านค้า ในถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ช่วงเวลาเปิด วันศุกร์-เสาร์-อาทิตย์ ระหว่างเวลา 16.00 – 22.00 น. โดยมีระยะเวลาในการศึกษา เดือนมกราคม ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2562 รวม 3 เดือน

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับ การสร้างและพัฒนาแบบสอบถามที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ การนำแบบสอบถามไปใช้ในการจัดเก็บข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ศึกษาเอกสารและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับ การจัดการสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการถนนคนเดิน และการพัฒนาเมืองยั่งยืน รวมทั้งข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเทศบาลเมืองน่าน
3. ประชากรในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ กลุ่มผู้ซื้อและกลุ่มผู้ค้าที่ไม่ทราบจำนวน จึงคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ทราบค่าประชากรตามสูตรของ W.G. Cochran โดยกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 5 โดยมีขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้คือ 384 ตัวอย่าง
4. สร้างและพัฒนาเครื่องมือแบบสอบถาม โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด สำหรับ กลุ่มนักท่องเที่ยว และกลุ่มผู้ค้า โดยชุดแบบสอบถามแบ่งเป็น 4 ตอน ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมในการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบประจักษ์แบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) โดยมีระดับการให้คะแนนจากน้อยไปหามาก 1-2-3-4-5 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติที่มีต่อการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบปรนัยแบบมาตราส่วนค่า (Rating Scale) โดยมีระดับการให้คะแนนจากน้อยไปหามาก 1-2-3-4-5 ตามลำดับ และตอนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด (Open-ended Question)

5. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ด้วยการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อคำถามในแบบสอบถามโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 จึงจะถูกนำมาใช้ในแบบสอบถามที่เป็นเครื่องมือในการวิจัย

6. การทดสอบแบบสอบถาม (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน จำนวน 30 ชุด เพื่อทดสอบความชัดเจนของข้อคำถาม และความเข้าใจวัตถุประสงค์ของข้อคำถาม พร้อมทั้งคำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) จากค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบัค (Cronbach's Alpha Coefficient) ปรากฏค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามที่เป็นเครื่องมือในการวิจัยเท่ากับ 0.944

7. นำแบบสอบถามไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรส่วนใหญ่และยินดีให้ข้อมูล

8. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อหาค่าแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากการประชุมแบบมีส่วนร่วม เพื่อสรุปและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ซึ่งจะนำไปสู่การสรุปแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน จังหวัดน่าน ต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. กลุ่มนักท่องเที่ยว ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลนักท่องเที่ยวโดยใช้แบบสอบถามมีผลการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลพื้นฐาน แรงจูงใจ ทัศนคติและพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 1 ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของนักท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

ลักษณะพื้นฐานของนักท่องเที่ยว	จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง
เพศหญิง	68.8
อายุ 30-40 ปี	35.6
การศึกษาระดับปริญญาตรี	57.0
รับราชการ หรือ รัฐวิสาหกิจ	32.0
รายได้ 10,001-20,000 บาทต่อเดือน	29.7
ภูมิลำเนาในจังหวัดน่าน	59.6
จะกลับมาท่องเที่ยวอีก	100

จากตาราง 1 เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างนักท่องเที่ยวพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประชากรที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 68.8 ประชากรอายุ 30-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.6 ประชากรมี

การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 57.0 ประชากรประกอบอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 32.0 ประชากรมีรายได้ 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 29.7 และภูมิถิ่นอาศัยของประชากรเป็นคนจังหวัดน่าน คิดเป็นร้อยละ 59.6 เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่เป็นคนจังหวัดน่านที่มาจากเที่ยวพักผ่อน บริเวณถนนคนเดิน ซึ่งเป็นสถานที่พักผ่อนของคนในพื้นที่ ประชากรจะกลับมาเที่ยวถนนคนเดินอีกคิดเป็นร้อยละ 100 แสดงว่าตลาดมีเอกลักษณ์ที่น่าสนใจในการดึงดูดให้นักท่องเที่ยวกลับมาเยือนถนนคนเดินอีก

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจและพฤติกรรมในการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบประยุกต์แบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) โดยแยกเป็นกลุ่มข้อคำถามได้ 3 กลุ่ม คือ แรงจูงใจในการท่องเที่ยว พฤติกรรมเกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน และประสบการณ์ที่ได้รับและประทับใจจากการท่องเที่ยว ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 2 แรงจูงใจในการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

แรงจูงใจในการท่องเที่ยว	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
ถ่ายภาพถนนคนเดิน	3.59	1.05	5
รับประทานอาหารบนชั้นตึก	4.05	0.87	1
ชมวัดภูมินทร์	4.00	0.96	2
แต่งกายแบบพื้นเมือง	3.21	1.15	6
ฟังดนตรีพื้นเมือง	3.60	1.01	4
ซื้อของใช้พื้นเมือง	3.74	0.93	3
เฉลี่ย	3.69		

จากตาราง 2 แรงจูงใจในการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน พบว่าแรงจูงใจในการเดินทางมาท่องเที่ยวถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 3.69 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ การได้นั่งรับประทานอาหารบนชั้นตึก คิดเป็นค่าเฉลี่ย 4.05 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ การได้แต่งกายแบบพื้นเมือง คิดเป็นค่าเฉลี่ย 3.21 ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับระดับคะแนนปานกลาง

ตาราง 3 พฤติกรรมเกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

พฤติกรรมของนักท่องเที่ยว	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
คัดแยกและทิ้งขยะตามจุดที่กำหนด	4.43	0.74	1
รับประทานอาหารหมดไม่เหลือทิ้ง	3.99	0.86	3
ประหยัดการใช้น้ำ	3.93	0.91	4
ซื้อสินค้าบรรจุภัณฑ์เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	4.15	0.78	2
เฉลี่ย	4.12		

จากตาราง 3 พฤติกรรมเกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน พบว่า พฤติกรรมเกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.12 เมื่อ

พิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ คัดแยกและทิ้งขยะตามจุดที่กำหนด คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ประหยัดการใช้น้ำ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93 ซึ่งก็ยังอยู่ในระดับคะแนนค่อนข้างสูง

ตาราง 4 ประสิทธิภาพที่ได้รับและประทับใจจากการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

ประสิทธิภาพที่ได้รับและประทับใจ	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
เรียนรู้วัฒนธรรมท้องถิ่น	4.21	0.81	3
ความสวยงามบริเวณวัดภูมินทร์	4.36	0.67	1
พักผ่อนในบรรยากาศที่สงบ	4.09	0.92	4
พบปะผู้คนใหม่ๆ ที่มาท่องเที่ยว	4.03	0.86	5
รับประทานอาหารพื้นเมือง	4.21	0.82	2
เฉลี่ย	4.18		

จากตาราง 4 ประสิทธิภาพที่ได้รับและประทับใจจากการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน พบว่า ประสิทธิภาพที่ได้รับและประทับใจจากการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.18 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ การได้ชมความสวยงามบริเวณวัดภูมินทร์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 รองลงมาคือการรับประทานอาหารพื้นเมือง คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ การได้พบปะคนน่านและคนที่เขาน่าน คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 ซึ่งก็ยังอยู่ในระดับคะแนนค่อนข้างสูง

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบประยุกต์แบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) มีระดับการให้คะแนนจากน้อยไปหามาก 1-2-3-4-5 ตามลำดับ ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 5 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
ที่จอดรถเหมาะสมและเพียงพอ	3.00	1.00	9
สถานที่ตั้งถนนคนเดินมีความเหมาะสม	3.77	0.82	3
สุขาสะอาดและเพียงพอ	3.15	0.87	8
ขั้นโศกและพื้นที่บริการเพียงพอ	3.55	0.82	7
บริเวณถนนคนเดินมีความสว่างเพียงพอ	3.69	0.83	4
เจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยเหมาะสม	3.67	0.85	5
การจัดการจุดทิ้งขยะเหมาะสม	3.97	0.83	1
การเรียนรู้จากการท่องเที่ยวถนนคนเดิน	3.62	0.89	6
การส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อม	3.85	0.81	2
เฉลี่ย	3.58		

จากตาราง 5 ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน พบว่าทัศนคติของนักท่องเที่ยวที่มีต่อการท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 3.58 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ การจัดการจุดทิ้งขยะเหมาะสม คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ที่จอดรถเหมาะสมและเพียงพอ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 ซึ่งอยู่ในระดับคะแนนปานกลาง

ตอนที่ 4 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด (Open-ended Question) นั้น สามารถสรุปประเด็นจากข้อเสนอแนะของนักท่องเที่ยวบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ได้ 2 ประเด็น คือ การประชาสัมพันธ์ด้วยป้าย และเสียงตามสาย ให้นักท่องเที่ยวทราบถึงการคัดแยกและทิ้งขยะบริเวณจุดที่กำหนด และเสนอให้มีกิจกรรมส่งเสริมความตระหนักและมีส่วนร่วมรับผิดชอบในการจัดการขยะของนักท่องเที่ยว เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ในบริเวณอื่นของจังหวัดน่านอีกทางหนึ่ง

3.1 กลุ่มผู้ค้า ได้ทำแบบสอบถามจำนวน 91 ชุด จากจำนวนผู้ค้าประมาณ 200 ร้านค้า โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรส่วนใหญ่และยินดีให้ข้อมูล

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน ลักษณะคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check List) ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 6 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

ลักษณะพื้นฐานของผู้ค้า	จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง
เพศหญิง	72.5
อายุ	มีทุกช่วงวัย
การศึกษาระดับปริญญาตรี	52.7
ค้าขาย หรือ ธุรกิจส่วนตัว	68.1
รายได้ 10,001-20,000 บาทต่อเดือน	46.2
ภูมิลำเนาในจังหวัดน่าน	100
ได้รับประโยชน์จากกิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน	100
เห็นด้วยกับกิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน	100

จากตาราง 6 เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของผู้ค้าพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประชากรที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 72.5 ประชากรมีทุกช่วงวัย ประชากรมีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 52.7 ประชากรประกอบอาชีพค้าขาย หรือ ธุรกิจส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 68.1 ประชากรมีรายได้ 10,001-20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 46.2 ภูมิลำเนาของประชากรเป็นคนจังหวัดน่าน คิดเป็นร้อยละ 100 ได้รับประโยชน์จากกิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืองน่านคิดเป็นร้อยละ 100 และเห็นด้วยกับกิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืองน่านคิดเป็นร้อยละ 100

ตอนที่ 2 แรงจูงใจและพฤติกรรมของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบประยุกต์แบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) มีระดับการให้คะแนนจากน้อยไปหามาก 1-2-3-4-5 ตามลำดับ โดยแยกเป็นกลุ่มข้อคำถามได้ 2

กลุ่ม คือ แรงจูงใจในการค้าขายบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน และพฤติกรรมพึงประสงค์ของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดิน
ช่วงเมืงน่าน ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 7 แรงจูงใจในการค้าขายบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน

แรงจูงใจในการค้าขาย	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
เป็นอาชีพที่สร้างรายได้	4.70	0.56	1
ส่งเสริมสินค้าและวิถีพื้นเมือง	4.03	1.00	8
การรวมกลุ่มผู้ค้า	4.23	0.88	5
เรียนรู้และได้ประสบการณ์	4.21	0.78	6
สามารถจำหน่ายสินค้าได้หลากหลาย	4.12	0.86	7
ระเบียบ ความสะอาด และคุณภาพสินค้า	4.42	0.73	3
การบริหารจัดการพื้นที่ค้าเป็นธรรม	4.41	0.68	4
มีส่วนร่วมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม	4.43	0.71	2
เฉลี่ย	4.32		

จากตาราง 7 แรงจูงใจในการค้าขายบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน พบว่าแรงจูงใจในการค้าขายบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.32 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ เป็นอาชีพที่สร้างรายได้ให้กับครอบครัว คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ การมีส่วนร่วมเป็นผู้ค้าที่ส่งเสริมสินค้าและวิถีพื้นเมือง คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 ซึ่งก็ยังคงอยู่ในระดับคะแนนค่อนข้างสูง

ตาราง 8 พฤติกรรมของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน

พฤติกรรมของผู้ค้า	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
แต่งกายเหมาะสมและสะอาด	4.38	0.67	3
มีธรรมาศยสุภาพเรียบร้อย	4.40	0.71	2
ให้คำแนะนำสินค้าแก่นักท่องเที่ยว	4.35	0.68	4
ขายสินค้าคุณภาพด้วยราคาเป็นธรรม	4.41	0.71	1
เฉลี่ย	4.38		

จากตาราง 8 พฤติกรรมพึงประสงค์ของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน พบว่าพฤติกรรมพึงประสงค์ของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่าน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่กลุ่มผู้ค้าถือปฏิบัติโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.38 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ขายสินค้าคุณภาพด้วยราคาเป็นธรรม คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ให้คำแนะนำสินค้าแก่นักท่องเที่ยว คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ซึ่งก็ยังคงอยู่ในระดับคะแนนค่อนข้างสูง

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจที่มีต่อการบริหารจัดการบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบประยุกต์แบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) มีระดับการให้คะแนนจากน้อยไปหามาก 1-2-3-4-5 ตามลำดับ ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 9 ความพึงพอใจของผู้ค้าที่มีต่อการบริหารจัดการบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

ความพึงพอใจของผู้ค้า	ค่าเฉลี่ย(Mean)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)	ลำดับที่
ที่จอดรถเหมาะสมและเพียงพอ	3.25	1.07	9
สถานที่ตั้งถนนคนเดินมีความเหมาะสม	3.98	0.99	2
สุขาสะอาดและเพียงพอ	3.46	0.88	8
ชั้น โตกและพื้นที่บริการเพียงพอ	3.49	0.95	7
บริเวณถนนคนเดินมีความสว่างเพียงพอ	3.61	0.90	5
เจ้าหน้าที่ดูแลความปลอดภัยเหมาะสม	3.76	0.88	3
การจัดการจุดทิ้งขยะเหมาะสม	4.00	0.90	1
การเรียนรู้จากการท่องเที่ยวถนนคนเดิน	3.65	0.83	4
การส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อม	3.53	1.02	6
เฉลี่ย	3.64		

จากตาราง 9 ความพึงพอใจของผู้ค้าที่มีต่อการบริหารจัดการบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน พบว่าทัศนคติของผู้ค้าที่มีต่อการบริหารจัดการบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่านโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 3.64 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อคำถาม จะเห็นได้ว่า ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ การจัดการจุดทิ้งขยะเหมาะสมคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ส่วนข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ที่จอดรถเหมาะสมและเพียงพอ คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 ซึ่งอยู่ในระดับคะแนนปานกลาง

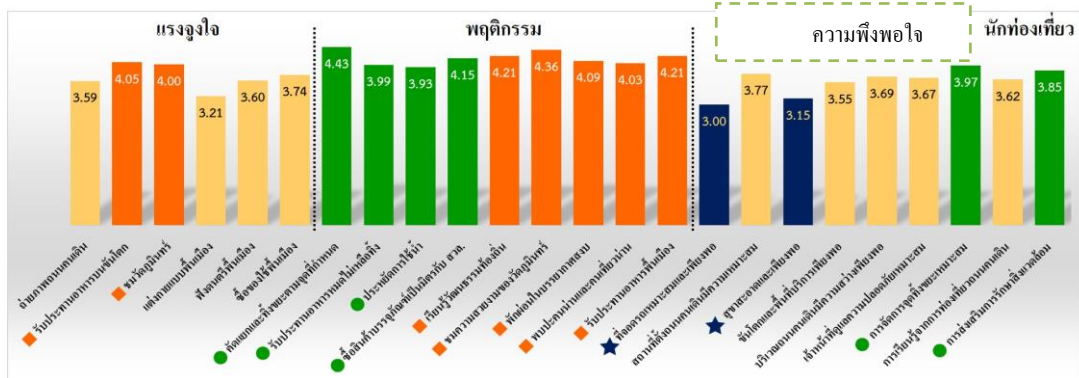
ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด (Open-ended Question) นั้น สามารถสรุปประเด็นจากข้อเสนอแนะของผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ได้ 2 ประเด็น คือ การจัดการขยะ และสถานที่ตั้งของกิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน โดยผู้ค้ายินดีสนับสนุนและมีความพึงพอใจในการจัดการขยะและที่ตั้งของถนนคนเดิน

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

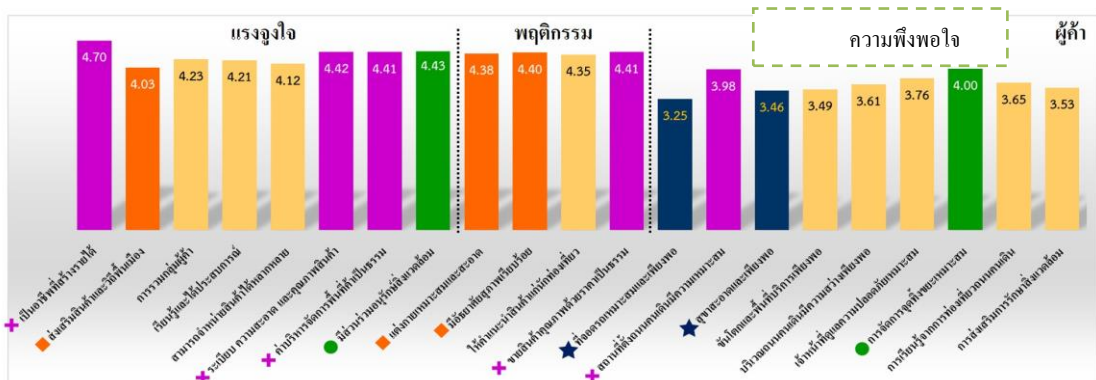
จากผลการวิจัย ที่มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาแรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ที่เป็นปัจจัยต่อแนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของสองกลุ่มคนหลักที่ขับเคลื่อนให้เกิดกิจกรรมบนถนนคนเดิน ได้แก่ นักท่องเที่ยว และผู้ค้า จากกลุ่มคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับถนนคนเดินมักประกอบด้วย 4 กลุ่ม ได้แก่ ชุมชนเจ้าของพื้นที่ นักท่องเที่ยว ผู้ค้า และผู้บริหารจัดการ ซึ่งมีความต้องการแตกต่างกันนั้น เมื่อนำผลการวิจัยมาเปรียบเทียบระดับคะแนนในแต่ละข้อคำถามโดยแบ่งเป็นส่วนของ แรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจ จากทั้ง นักท่องเที่ยวและผู้ค้าบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน อำเภอเมืองน่าน จังหวัดน่าน ในภาพรวมสามารถสรุปได้จากระดับคะแนนในทุกข้อคำถามที่ปรากฏคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า 3.00 ว่าทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจในการท่องเที่ยวและค้าขายบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่านในระดับปานกลางขึ้นไป

เมื่อวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อความที่มีระดับคะแนนค่อนข้างสูงจากกลุ่มข้อความทั้งหมด สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่มข้อความ ได้แก่

- ✚ ข้อความที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ
- ◆ ข้อความที่เกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรมเฉพาะพื้นที่
- ข้อความที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- ★ ข้อความที่เกี่ยวข้องกับการอำนวยความสะดวก



ภาพ1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระดับคะแนนในแต่ละข้อความโดยแบ่งเป็นส่วนของ แรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจ ของนักท่องเที่ยว



ภาพ2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระดับคะแนนในแต่ละข้อความโดยแบ่งเป็นส่วนของ แรงจูงใจ พฤติกรรม และความพึงพอใจ ของผู้ค้า

โดยกลุ่มนักท่องเที่ยวปรากฏระดับคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างสูงในกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรมเฉพาะพื้นที่ (◆) และกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม (●) ซึ่งสรุปได้ว่ากลุ่มนักท่องเที่ยวให้ความสำคัญในสองประเด็นดังกล่าว สำหรับกลุ่มผู้ค้าปรากฏระดับคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างสูงในกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจ (✚) อย่างชัดเจน ซึ่งสรุปได้ว่ากลุ่มผู้ค้าให้ความสำคัญกับประเด็นนี้ แต่ให้ความสำคัญกับกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับสังคมและวัฒนธรรมเฉพาะพื้นที่ (◆) และกลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม (●) แม้ว่าจะมีจำนวนข้อความน้อยแต่ก็ปรากฏคะแนนเฉลี่ยค่อนข้างสูง นอกจากนั้น คะแนนเฉลี่ยที่ทั้งนักท่องเที่ยวและผู้ค้าให้ความสำคัญปานกลาง ได้แก่ กลุ่มข้อความที่เกี่ยวข้องกับการอำนวยความสะดวก (★) โดยเฉพาะในประเด็นของ ความเหมาะสมและเพียงพอของที่จอดรถ และความสะอาดและเพียงพอของสุขาบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน

สรุปได้แนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของถนนคนเดินช่วงเมืองน่าน ในระยะต่อไป ได้แก่

1) การรักษาเอกลักษณ์ทางสังคมและวัฒนธรรมของพื้นที่ ควบคู่ไปกับการดำเนินการอย่างต่อเนื่องในการให้นักท่องเที่ยวมีส่วนร่วมจัดการขยะและลดการใช้น้ำ จะทำให้กิจกรรมถนนคนเดินช่วงเมืงน่านคงความนิยมจากนักท่องเที่ยวได้อย่างยาวนานและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย

2) สร้างความร่วมมือในการกำหนดแนวทางการดำเนินการจัดการขยะและน้ำที่กลุ่มผู้ค้าเป็นสำคัญเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากขยะและน้ำตั้งแต่ต้นทาง

3) บริหารจัดการการเดินทางมายังบริเวณถนนคนเดินช่วงเมืงน่านด้วยรถบริการให้มากขึ้น เพื่อลดความต้องการพื้นที่จอดรถ จัดการความสะอาดของสุขา และพิจารณาเพิ่มรถสุขาบริการในช่วงฤดูหนาวที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก

โดยมีข้อเสนอแนะให้เทศบาลเมืงน่านขยายการดำเนินการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปในการจัดกิจกรรมทุกกิจกรรมในพื้นที่ โดยผู้รวมการรักษาวัฒนธรรมกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งการจัดการขยะและน้ำ และเพิ่มการประชาสัมพันธ์ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯพิมพ์ครั้งที่2: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- ธนภูมิ อติเวทิน. (2558). แนวทางการพัฒนาตลาดนัดสีเขียวสำหรับคนเมืง. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นำสวัสดิ์ พาณิษฐ์ จำกิด. (2552). ความเป็นมาของ ถนนคนเดิน จ.เชียงใหม่. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 สิงหาคม 2560,จาก <http://www.chiangmaiwalkingstreet.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=310802>.
- ปรีชญะ โรจน์ฤดากร. (2559). แนวทางการพัฒนาตลาดสดสีเขียววังสิต. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ไพบูลย์ แจ่มพงษ์. (2553). การจัดการขยะโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สุพาดา สิริกุดตา และไพบูลย์ อาชารุ่งโรจน์. (2558). ปัจจัยสู่ความสำเร็จของโมเดลต้นแบบถนนคนเดิน ประเทศจีน: กรณีศึกษาเมืงกวางโจว และหางโจว. กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่
ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

An application of geoinformatics for land use change Study in Meatom watershed, Omkoi District,
Chiang Mai Province

เจนจิรา นงศ์บาง^{1✉}, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร¹, วาสนา วิรุณรัตน์¹, ทิพย์สุดา ตั้งตระกูล¹
และผานิตย์ นากายน¹

Janejira Nongbang^{1✉}, Pathipan Sutigoolabud¹, Vassana Viroonrat¹, Tipsuda Tangtragoon¹
and Phanit Nakayan¹

¹มหาวิทยาลัยแม่โจ้

¹Maejo University

Corresponding E-mail : noujane08@gmail.com[✉]

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553- 2561 โดยศึกษาจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2553 ของกรมพัฒนาที่ดิน จำแนกพื้นที่ออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ นาข้าว พืชสวน/ไร่นา ไร่หมุนเวียน ไม้ยืนต้น/ไม้ผล ชุมชน แหล่งน้ำ และที่รกร้างว่างเปล่า พบว่าปี 2553 พื้นที่ป่าไม้ 140,120 ไร่ พืชสวน/ไร่นา 15,708 ไร่ นาข้าว 7,945 ไร่ ชุมชน 2,119 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 756 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่า 480 ไร่ แหล่งน้ำ 56 ไร่ ปี 2557 และ 2561 ศึกษาจากการจำแนกด้วยภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชด 1 พบว่าปี 2557 พื้นที่ป่าไม้ 130,832 ไร่ พืชสวน/ไร่นา 19,662 ไร่ นาข้าว 9,568 ไร่ ชุมชน 2,417 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,417 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่า 3,413 ไร่ และแหล่งน้ำ 72 ไร่ ปี 2561 พื้นที่ป่าไม้ 122,817 ไร่ พืชสวน/ไร่นา 26,322 ไร่ นาข้าว 11,390 ไร่ ชุมชน 2,568 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่า 2,483 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,303 ไร่ และแหล่งน้ำ 293 ไร่ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553-2557 พื้นที่ป่าไม้ลดลง 140,120 ไร่ จากปี 2553 เหลือเพียง 130,832 ไร่ ในปี 2557 มีการเพิ่มขึ้นของ พืชสวน/ไร่นามากที่สุด 3,954 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่า 2,933 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,661 ไร่ นาข้าว 1,623 ไร่ ชุมชน 298 ไร่ และแหล่งน้ำ 16 ไร่ ตามลำดับ และปี 2557 – 2561 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลง 8,015 ไร่ และที่รกร้างว่างเปล่าลดลง 930 ไร่ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชสวน/ไร่นา 6,660 ไร่ นาข้าว 1,822 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,114 ไร่ แหล่งน้ำ 221 ไร่ และชุมชน 151 ไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน, ลุ่มน้ำแม่ต๋อม, อำเภออมก๋อย

ABSTRACT

The purposes of a Study of Application of Geoinformatics Information System for land use change Study in Mae Tom watershed, Omkoi District, Chiang Mai Province were to: Study the utilization of land use and its changes in the years from 2010 to 2018, by studying from the 2010 land use map of the Land Development Department classified the areas into 7 categories: forest, rice fields, horticulture / rotational plants, perennials / fruit trees, communities, water sources and neglected and uncultivated areas. The results of study found that in 2010, there were: forest area = 140,120 rai(s), horticulture / rotational plants = 15,708 rai(s), rice fields = 7,945 rai(s), community = 2,119 rai(s), perennials / fruit trees = 756 rai(s), neglected and uncultivated areas = 480 rai(s), water resources = 56 rai(s) in 2014. Also the study in 2018 from the classification by eye vision and Thai Chot Satellite Images, it found that in 2014, there were forest area = 130,832 rai(s), horticulture / rotational plants = 19,662 rai(s), rice fields = 9,568 rai(s), community = 2,417 rai(s), perennials / fruit trees = 1,417 rai(s), neglected and uncultivated areas = 3,413 rai(s), and water resources = 293 rai(s). In addition, it found that a change of utilization of land use from 2010- to 2014, the forest areas only decreased by 140,120 rai(s) from 2010 to 130,832 rai(s). By the year of 2014, it found that there was a highest increase of horticulture / rotational plants = 3,954 rai(s), followed by neglected and uncultivated areas = 2,933 rai(s), perennials / fruit trees = 1,661 rai(s), rice field = 1,623 rai(s), community = 298 rai(s), and water resources = 16 rai(s), respectively. It found that the forest areas and the neglected and uncultivated areas decreased by 8,015 rai(s) and by 930 rai(s), from 2014 to 2018, respectively. Lastly, it also found that there were increases of horticulture / rotational plants = 6,660 rai(s), rice fields = 1,822 rai(s), perennials / fruit trees = 1,114 rai(s), water resources = 221 rai(s) and community = 151 rai(s), respectively.

Keywords: Utilization of Land use, Meatom watershed, Omkoi District

บทนำ

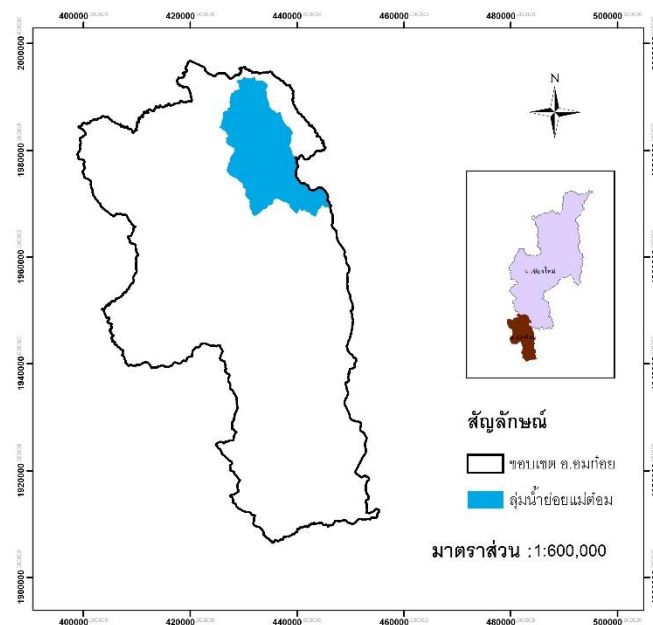
พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นส่วนหนึ่งของสันปันน้ำส่วนใต้ของเทือกเขานนทขัย ตะวันออก อยู่ในระดับความสูงระหว่าง 795-1,439 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพภูมิประเทศตอนบนด้านทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือเป็นเทือกเขาสูงชันซึ่งเป็นแนวแบ่งระหว่างลุ่มน้ำสาละวินใช้สันคอยพุยเป็นแนวแบ่ง จุดสูงสุดของลุ่ม น้ำคอยพุย 1,439 เมตรจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม 267.58 ตร.กม คิดเป็นร้อยละ 9.21 ของลุ่มน้ำสาขาแม่ตื่น และ เนื้อที่ร้อยละ 0.77 ของลุ่มน้ำแม่ปิง แม่น้ำแม่ต๋อมไหลลงมารวมกับน้ำแม่ตื่นที่อำเภออมก๋อย ก่อนไหลลงแม่น้ำปิงที่บ้าน นาไฮเหนือเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก พื้นที่ราบมีประมาณร้อยละ 10-15 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ บริเวณหุบเขาโดยเฉพาะบริเวณที่มี ลำน้ำไหลผ่านจะพบแปลงนาข้าวขนาดเล็ก ๆ เป็นแนวยาวไปตามทางน้ำ พื้นที่ราบลุ่มส่วนใหญ่อยู่ทางตอนใต้ บริเวณใกล้ ปากน้ำแม่ต๋อมเป็นที่ตั้งของชุมชนเมืองย่านเศรษฐกิจและส่วนราชการของอำเภออมก๋อย พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อมร้อยละ 74 อยู่ในเขตป่าเพื่อการอนุรักษ์ แบ่งเป็นป่าสงวนแห่งชาติ 2 ป่าได้แก่ ป่าขุนแม่สาย ป่าอมก๋อย ไม่เหมาะสำหรับการเกษตร (ชิน พักตร์ เจริญพจน์ , 2546)

ชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อมนั้นเป็นชุมชนชาวไทยภูเขาเผ่ากระเหรี่ยง ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่สูง มีหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่จำนวน 14 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านขุน บ้านทุ่งกว้าง บ้านมะกอกสามต้น บ้านตุงตึง บ้านตุงลอย บ้านทุ่งจำเริง บ้านแม่ต๋อมใต้ บ้านแม่ต๋อมเหนือ บ้านของกือ บ้านยางแก้ว บ้านใหม่ดินแดง บ้านใหม่โป่งดิน บ้านยางครก และบ้านยางเปียงเหนือ ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม มีการถือครองพื้นที่ทำการเกษตรมาเป็นระยะเวลานาน และมีการขยายพื้นที่เกษตรในที่สูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าต้นน้ำมาเป็นพื้นที่การเกษตรส่งผลให้เกิด ปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่การเกษตรส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำ โดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากที่ทำให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.8 และมีตะกอนแขวนลอยที่มากขึ้นน้ำเพิ่มขึ้นขึ้น (สุติมา ศรียาภรณ์ และ สุชาติ เจริญทอง, 2556) ปัญหาอุทกภัยและภัยแล้ง ดินถล่ม อีกทั้งปัญหาการปนเปื้อนสารเคมีจากการทำการเกษตรลงแหล่งน้ำธรรมชาติ

งานวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2553, 2557 และ 2561 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากอดีตจนถึงปี พ.ศ. 2561 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

วิธีการวิจัย

1. พื้นที่การศึกษา ลุ่มน้ำแม่ต๋อมพื้นที่ 267.58 ตร.กม หรือ 167,237 ไร่ อยู่ในพื้นที่ อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่



ภาพที่ 1 ที่ตั้งลุ่มน้ำแม่ต๋อม

2. ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี 2553 กรมพัฒนาที่ดิน แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) มาตรฐาน 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต 1 ปี 2557 และ 2561

3. ขั้นตอนการวิจัย

- 3.1 การปรับแก้เชิงตำแหน่งและเรขาคณิต (Geometric Correction) เป็นการนำภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลา ได้แก่ปี 2557 และ 2561 เพื่อแก้ไขความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นของข้อมูล กำหนดพิกัดทั้ง

สองภาพให้มีความถูกต้องตรงกันโดยใช้ระบบพิกัดอ้างอิง ระบบ UTM WGS 84 zone 47N ใช้แผนที่ภูมิประเทศ 1: 50,000 เป็นแผนที่ฐาน และเลือกตัดเฉพาะขอบเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่ต๋อม

3.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกด้วยสายตา จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต 1 ช่วงปี พ.ศ. 2557 และ 2561 โดยจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พืชสวน/ไร่นา ไร่หมุนเวียน ไม้ยืนต้น/ไม้ผล นาข้าว แหล่งน้ำ ชุมชน และที่รกร้างว่างเปล่า ด้วยโปรแกรม Arc map 10.4 และนำข้อมูลแต่ละปีมาซ้อนทับกับแผนที่ฐาน เลือกจุดควบคุมภาพ (Ground Control Point) ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนไม่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่น ถนนสายหลัก สถานีราชการ เป็นต้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำแม่ต๋อม ในปี พ.ศ. 2553 จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปี 2553 และการจำแนกด้วยสายตาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2557 และ 2561 แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 7 ประเภท ได้แก่ ป่าไม้ นาข้าว พืชสวน/ไร่นา ไร่หมุนเวียน ไม้ยืนต้น/ไม้ผล ชุมชน แหล่งน้ำ ที่รกร้างว่างเปล่า ดังตารางที่ 1-4

ตาราง 1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2553	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ป่าไม้	140,120	83.79
นาข้าว	7,945	4.75
พืชสวน/ไร่นา	15,708	9.4
ไม้ยืนต้น/ไม้ผล	756	0.45
ชุมชน	2,119	1.27
แหล่งน้ำ	56	0.09
ที่รกร้างว่างเปล่า	480	0.29
รวม	167,237	100

จากตารางที่ 1 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อมในปี พ.ศ. 2553 จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน (ภาพที่ 2) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 83.79 หรือ 140,120 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่ พืชสวน/ไร่นา ไร่หมุนเวียนร้อยละ 9.4 หรือ 15,708 ไร่ นาข้าวร้อยละ 4.75 หรือ 7,945 ไร่ ชุมชนร้อยละ 1.27 หรือ 2,119 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผลร้อยละ 0.45 หรือ 756 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่าร้อยละ 0.29 หรือ 480 ไร่ และแหล่งน้ำร้อยละ 0.09 หรือ 56 ไร่ ตามลำดับ

ตาราง 2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ด้อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2557

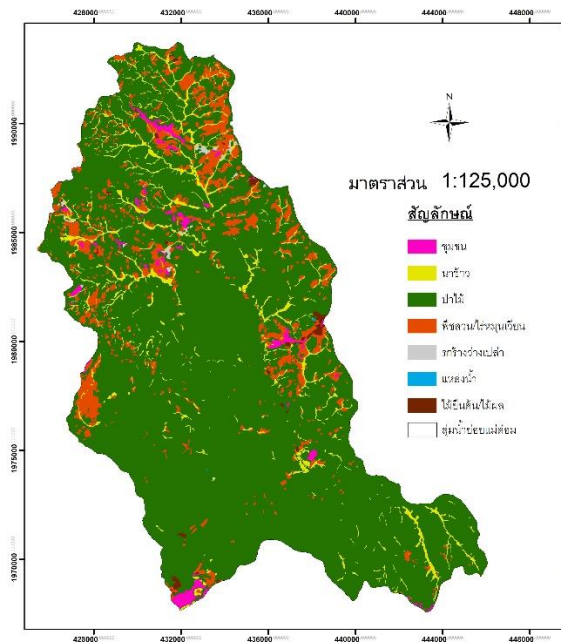
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2557	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ป่าไม้	130,832	78.23
นาข้าว	9,568	5.72
พืชสวน/ไร่นา	19,662	11.76
ไม้ยืนต้น/ไม้ผล	1,417	0.85
ชุมชน	2,417	1.45
แหล่งน้ำ	72	0.04
ที่รกร้างว่างเปล่า	3,413	2.04
รวม	167,237	100

จากตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2557 (ภาพที่ 3) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 78.23 130,832 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่ พืชสวน/ไร่นาร้อยละ 11.76 19,662 ไร่ นาข้าวร้อยละ 5.72 9,568 ไร่ ชุมชนร้อยละ 1.45 2,417 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผลร้อยละ 0.85 1,417 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่าร้อยละ 2.04 3,413 ไร่ และแหล่งน้ำร้อยละ 0.04 72 ไร่ ตามลำดับ

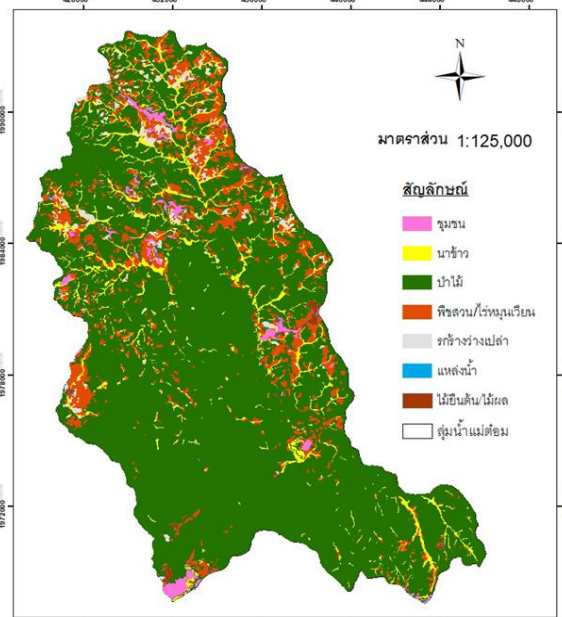
ตาราง 3 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ด้อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2561

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2561	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ป่าไม้	122,817	73.44
นาข้าว	11,390	6.81
พืชสวน/ไร่นา	26,322	15.74
ไม้ยืนต้น/ไม้ผล	1,303	0.78
ชุมชน	2,568	1.54
แหล่งน้ำ	293	0.18
ที่รกร้างว่างเปล่า	2,483	1.48
รวม	167,237	100

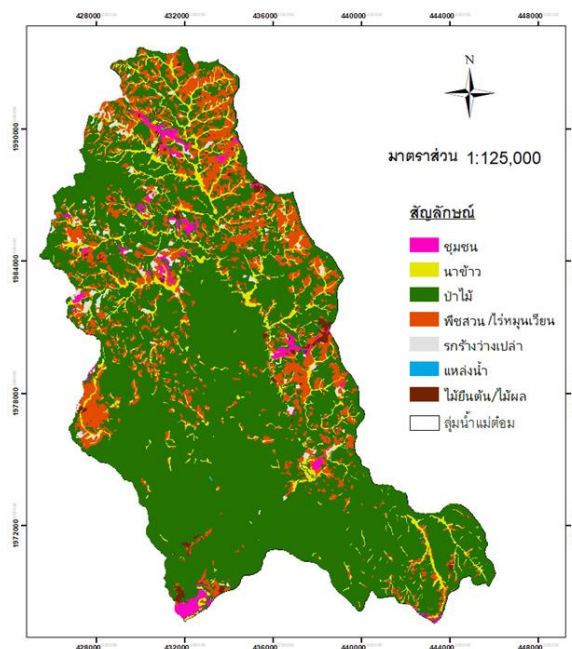
จากตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2561 (ภาพที่ 4) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 73.44 122,817 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่ พืชสวน/ไร่นาร้อยละ 15.74 26,322 ไร่ นาข้าวร้อยละ 6.81 11,390 ไร่ ชุมชนร้อยละ 1.54 2,568 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่าร้อยละ 1.48 2,483 ไร่ ไม้ยืนต้น/ไม้ผลร้อยละ 0.78 1,303 ไร่ และแหล่งน้ำร้อยละ 0.18 293 ไร่ ตามลำดับ



ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2553



ภาพที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2557



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2561

ตาราง 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่คู่ม่าน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553-2561

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)				
	ปี 2553	ปี 2557	การเปลี่ยนแปลง ปี 2553-2557 (ร้อยละ)	ปี 2561	การเปลี่ยนแปลง ปี 2557-2561 (ร้อยละ)
ป่าไม้	140,120	130,832	9,288 (-5.55)	122,817	8,015 (-4.7)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)				
	ปี 2553	ปี 2557	การเปลี่ยนแปลง ปี 2553-2557 (ร้อยละ)	ปี 2561	การเปลี่ยนแปลง ปี 2557-2561 (ร้อยละ)
นาข้าว	7,945	9,568	1,623 (+0.97)	11,390	1,822 (+1.09)
พืชสวน/ไร่หมุนเวียน	15,708	19,662	3,954 (+2.36)	26,322	6,660 (+3.98)
ไม้ยืนต้น/ไม้ผล	756	2,417	1,661(+0.99)	1,303	1,114 (+0.66)
ชุมชน	2,119	2,417	298 (+0.18)	2,568	151 (+0.01)
แหล่งน้ำ	56	72	16 (+0.01)	293	221 (+0.13)
ที่รกร้างว่างเปล่า	480	3,413	2,933 (+1.7)	2,483	930 (-0.55)

จากตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2553-2557 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ เป็นประเภทเดียวที่มีการลดลง จากปี 2553 ที่มีพื้นที่ป่าไม้ 140,120 ไร่ เหลือเพียง 130,832 ไร่ ในปี 2557 ลดลงร้อยละ 5.55 พืชสวน/ไร่หมุนเวียน เพิ่มขึ้นมากที่สุด 3,954 ไร่ ร้อยละ 2.36 รองลงมาเป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่า เพิ่มขึ้น 2,933 ไร่ ร้อยละ 1.7 ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,661 ไร่ ร้อยละ 0.99 นาข้าว 1,623 ไร่ ร้อยละ 0.97 ชุมชน 298 ไร่ ร้อยละ 0.18 และแหล่งน้ำ 16 ไร่ ร้อยละ 0.01

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2557 – 2561 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท ป่าไม้ และที่รกร้างว่างเปล่าลดลง พื้นที่ป่าไม้ลดลง 8,015 ไร่ ร้อยละ 4.7 ที่รกร้างว่างเปล่า 930 ไร่ ร้อยละ 0.55 พื้นที่พืชสวน/ไร่หมุนเวียนเพิ่มขึ้น 6,660 ไร่ ร้อยละ 3.98 นาข้าว เพิ่มขึ้น 1,822 ไร่ ร้อยละ 1.09 ไม้ยืนต้น/ไม้ผล 1,114 ไร่ ร้อยละ 0.66 แหล่งน้ำ 221 ไร่ ร้อยละ 0.13 และชุมชน 151 ไร่ ร้อยละ 0.01 ตามลำดับ

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต๋อม ช่วงปี 2553 – 2561 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2553 มีพื้นที่ป่าไม้จำนวนมากที่สุด 140,120 ไร่ พื้นที่ พืชสวน/ไร่หมุนเวียน 15,708 ไร่ นาข้าว 7,945 ไร่ พื้นที่ไม้ยืนต้น/ไม้ผล ชุมชน แหล่งน้ำ ที่รกร้างว่างเปล่า รวม 3,411 ไร่ ปี 2557 พื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุด 9,288 ไร่ และมีการเพิ่มขึ้นของ พื้นที่พืชสวน/ไร่หมุนเวียน 3,954 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่า 2,933 ไร่ นาข้าว 1,623 ไร่ พื้นที่ไม้ยืนต้น/ไม้ผล ชุมชนและแหล่งน้ำรวม 1,975 ไร่ ปี 2561 พื้นที่ป่าไม้ลดลง 8,015 ไร่ ที่รกร้างว่างเปล่าลดลง 930 ไร่ พื้นที่พืชสวน/ไร่หมุนเวียนเพิ่มขึ้นมากที่สุด 6,660 ไร่ พื้นที่นาข้าว เพิ่มขึ้น 1,822 ไร่ จากการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ทำการเกษตร ได้แก่ พื้นที่นาข้าว และพื้นที่พืชสวน มีขยายพื้นที่ด้านข้างของนาขั้นบันได และการปรับพื้นที่พืชสวนที่มีความลาดชันสูง ให้กลายเป็นนาขั้นบันได มีการจัดการ ช่วยในเรื่องการอนุรักษ์ดินและน้ำ (กรมอุทยานสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2558) ไม้ยืนต้น/ไม้ผล เพิ่มขึ้น 1,114 ไร่ แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 221 ไร่ และ ชุมชน 151 ไร่ ในทุกช่วงของการศึกษามีการลดลงของป่าไม้ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ทำการเกษตรในพื้นที่สูงอย่างต่อเนื่อง ควรมีมาตรการในการควบคุมและให้ความรู้ในเรื่องการทำเกษตรอย่างจริงจัง เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะตามมาทางด้านสิ่งแวดล้อมในภายหลัง

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (10 มิถุนายน 2562). นาขั้นบันได จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โครงการทำขั้นบันไดดิน. สืบค้นจาก <http://www.dnp.go.th/watershed/ส่วนอำนวยการ/จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ20โครงการทำบันไดดิน.PDF>
- คำไถ่ ธรรมวงศ์. (2554). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินกลุ่มหมู่บ้านสะนกงมกม เมืองจอมเพชร แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชุติมา ศรียาภรณ์ และสุชาติ เจริญทอง. (2556). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท ในอุทยานแห่งชาติเขาน้ำหนาวต่อปริมาณน้ำท่า ตะกอนแขวนลอย และคุณภาพน้ำบางประการในคลองสก จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิจัย มสค สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, 6(12), 115-126.
- ส่วนประเมินทรัพยากรดินน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการดินน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2546). รายงานข้อมูลพื้นฐานลุ่มน้ำแม่ด้อม.
- นัฐพงษ์ พวงแก้ว และรุสนา สะแหละ. (2559). การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนาช้าง. ในมหาวิทยาลัยหาดใหญ่, การประชุมภาคใต้วชิการระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 7 (น. 1377-1386). สงขลา.
- นฤนาถ พยัคฆา และแสงดาว วงศ์สาย. (2555). ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการลดลงของทรัพยากรป่าไม้จังหวัดภูเก็ต. ใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 (น. 381-388). นครปฐม

วิกฤติสิ่งแวดล้อมกับการจัดการร่วมของชุมชนบริเวณลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี:

บทเรียนและการจัดการ

Environmental Crisis and Co-Management of Community at Lam Dome Yai River,

Ubon Ratchathani: Learning and Management

ประภาพรรัตน์ สุขดิษฐ์¹

Prapphanrat Sukdit¹

¹ คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

¹ Faculty of Law, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Corresponding E-mail : enzyme_sai@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์บทเรียนและแนวทางที่เป็นประโยชน์สำหรับการจัดการร่วมของชุมชนบริเวณลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี โดยศึกษาภายใต้กรอบแนวคิดการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวคิดสิทธิของชุมชน แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน กฎหมายและนโยบายเกี่ยวกับการจัดการร่วมทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศ ข้อค้นพบจากงานเขียนนี้ พบว่า เหตุการณ์คันดินกั้นบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งแตกและไหลลงสู่แม่น้ำลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี เมื่อปี พ.ศ. 2558 เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศ น้ำเน่าเสีย ปลาตายเป็นจำนวนมากและส่งกลิ่นเหม็นต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ริมแม่น้ำลำโดมใหญ่ จำนวน 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอนาเยีย อำเภูปทุมธานีและอำเภอสว่างวีระวงศ์ ทำให้วิถีชีวิตของชาวบ้านและชุมชนจากที่เคยใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคเปลี่ยนไป คือไม่กล้าใช้น้ำอีกเพราะเกรงว่าจะได้รับอันตรายจากตะกอนสารพิษ วิกฤติลำโดมใหญ่นี้ได้ให้บทเรียนแก่สังคมไทยและทำให้เห็นปัญหาหลายด้านด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นมาตรการควบคุมทางกฎหมาย การขาดจิตสำนึก การขาดรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชน สำหรับข้อเสนอแนวทางการจัดการ ชุมชนควรมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตัดสินใจดำเนินการ ซึ่งจะช่วยให้ผลักดันให้มีการดำเนินกิจกรรมต่างๆที่เหมาะสมตามบริบทของชุมชน หน่วยงานรัฐและโรงงานอุตสาหกรรมควรร่วมมือกับชุมชนด้วย ตามที่รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยได้รับรองให้ประชาชนมีสิทธิในสิ่งแวดล้อมในการอนุรักษ์ รักษาและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ หรืออาจเรียกได้ว่าแปรวิกฤติให้เป็นโอกาสในการแก้ไขปัญหาและป้องกันมิให้เกิดขึ้นอีก

คำสำคัญ: วิกฤติ สิ่งแวดล้อม การจัดการร่วม ชุมชน

ABSTRACT

The objective of academic article was to analyze learning and guidelines that benefit for co-management of community at Lam Dome Yai River, Ubon Ratchathani. The concept of natural resource and environmental management, right of community, public participation, international and domestic laws and policies toward co-management was

employed to explore. It was found that the broken soil barrier of waste water pond from a factory and flowed into the Lam Dom Yai River, Ubon Ratchathani Province, in 2015, it led to full destruction to the ecosystem, polluted water, dead fish, and a lot of foul smells on people living along the Lam Dom River in 3 districts which were Na Yia District, Phibun Mangsahan District and Sawang Wirawong District. The water consuming by the villagers and communities has changed. Villagers and communities do not consume water due to terrifying of harmed by toxic sediments. The huge crisis in Lam Dome Yai River provided lessons to Thai society and face several problems in terms of legal control measures, lack of consciousness and insufficiency of public participation model. The suggestion for management guideline is that the community shall participate in exchanging ideas, making-decision in process that possibly assist to force for appropriate activities in the context of the community. Public agencies and industrial plants shall cooperate with the community under the Constitution of the Kingdom of Thailand that proclaims the individual right of environmental conservation, maintaining and utilize natural resource or it can be said that co-management is able to change crisis to be an opportunity to solve problems and prevent from reoccurring.

Keywords: Crisis, Environment, Co-management, Community

บทนำ

จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่และมีโรงงานอุตสาหกรรมเข้ามาดำเนินการหลายแห่ง จากการพัฒนาอุตสาหกรรม ทำให้เศรษฐกิจจังหวัดอุบลราชธานีดีขึ้น เมื่อมีการผลิตมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมย่อมก่อให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเพิ่มตามไปด้วย หากมิได้จัดการของเสียอย่างระมัดระวัง ย่อมก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่าง และเมื่อย้อนกลับไปในปลายเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ได้เกิดเหตุการณ์คันบ่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง ได้พังทลายบางส่วนและไหลลงสู่แม่น้ำลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ปลาตายเป็นจำนวนมาก สาหร่ายสีเขียวมีมากกว่าปกติ ส่งกลิ่นเหม็นต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ริมแม่น้ำลำโดมใหญ่ จำนวน 3 อำเภอ คือ อำเภอนาเยีย อำเภอม่วงสามสิบ และ อำเภอสว่างวีระวงศ์ ซึ่งปัญหาน้ำเน่าเสียของลำโดมใหญ่ส่งผลกระทบต่อชาวบ้านที่อาศัยติดบริเวณลำโดมใหญ่ ทำให้ชาวบ้านไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคได้และขาดรายได้จากการทำอาชีพประมงน้ำจืดอีกด้วย ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว จำเลยหมายเลขหนึ่งที่ชาวบ้านนึกถึงคือโรงงานอุตสาหกรรมโดยชาวบ้านได้รวมตัวกันฟ้องขอให้ศาลปกครองมีคำพิพากษาเพิกถอนใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงานของกลุ่มบริษัทอุบลไบโอเอทานอล จำกัด เนื่องจากปล่อยน้ำเสียลงสู่ลำโดมใหญ่ เมื่อวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2559 และวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ศาลปกครองอุบลราชธานี นัดไต่สวนผู้ฟ้องคดีในชั้นพิจารณาคำฟ้อง ในคดีหมายเลขดำที่ ส.8/2559 ระหว่างนายทองคำ เกาะแก้ว ที่ 1 กับพวกรวม 736 คน ผู้ฟ้องคดี กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ 1กับพวกรวม 2 คน เป็นผู้ถูกฟ้องคดี (ศาลปกครอง, 2559) ซึ่ง ณ ปัจจุบัน (เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2562) คดียังอยู่ในกระบวนการของศาลปกครองอุบลราชธานี ยังไม่เป็นที่สิ้นสุด จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ผู้ที่มีส่วนได้เสียทั้งหน่วยงานรัฐ ชาวบ้านในชุมชนที่อาศัยบริเวณลำโดมใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรมได้พยายามแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น มีมาตรการทั้งระยะสั้นและระยะยาว เช่น การเปิดประตุน้ำเพื่อลดการเกิดสาหร่าย สูบน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนใต้น้ำต่อเนื่องจนกว่าค่าออกซิเจนน้ำจะกลับเข้าสู่ภาวะปกติ การซ่อมแซมคันดินที่แตก การตรวจคุณภาพน้ำ การเสริมคันบ่อบำบัดน้ำเสียด้วยคอนกรีต การกักเก็บตะกอนน้ำเสียและวัชพืช และการเยียวยาให้กับชาวบ้านผู้ที่ได้รับผลกระทบ แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมของลำน้ำ นอกจากนี้ การนำเสีย

ของลำโดมใหญ่ ได้ส่งผลโดยตรงต่อปลาและสัตว์น้ำในแม่น้ำมูลด้วย และจากรายงานสถานการณ์แม่น้ำมูล บริเวณท้ายเขื่อนปากมูล ระบุว่า สภาพแม่น้ำเป็นสีดำ โดยข้อสันนิษฐานของชาวบ้านคือ น่าจะเกิดจากน้ำเน่าเสียที่ระบายจากโรงงานแห่งหนึ่งจากลำโดมใหญ่ (ข่าวสด, 2562) ซึ่งปัญหานี้ส่งผลสะท้อนกลับมาคุกคามการดำรงชีวิตของมนุษย์ในรูปของวิกฤติการณ์สิ่งแวดล้อมอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ หากไม่รับดำเนินการแก้ไข จะส่งผลเสียหลายประการทั้งด้านสุขภาพอนามัย ด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคมได้ จึงเป็นหน้าที่ของทุกคนที่จะต้องช่วยกันแก้ไขและหาแนวทางการจัดการร่วมกัน

ดังนั้น ผู้เขียนใคร่ขอนำบทเรียนจากเหตุการณ์นี้ มานำเสนอและศึกษาวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดเป็นประเด็นในการค้นหาแนวทางในการจัดการร่วมของชุมชนต่อการอนุรักษ์ พื้นฟูลำโดมใหญ่ให้ยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

บทความวิชาการนี้เป็นการศึกษาเอกสาร (Documentary Research) โดยศึกษาค้นคว้าจากหนังสือ กฎหมาย บทความวารสาร งานวิจัย วิทยานิพนธ์ สื่ออินเทอร์เน็ต โดยศึกษาภายใต้กรอบแนวคิดการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวคิดสิทธิของชุมชน แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน กฎหมายและนโยบายเกี่ยวกับการจัดการร่วมทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศและนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์เพื่ออภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากเหตุการณ์คันบ่อบำบัดน้ำเสียแตกทำให้น้ำเสียที่อยู่ในบ่อไหลลงสู่ลำโดมใหญ่เป็นจำนวนมาก เป็นเหตุให้น้ำเน่าเสีย มีปลาตายจำนวนมาก เกิดสาหร่ายบูมและส่งกลิ่นเหม็น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชน 3 อำเภอที่อยู่ริมลำโดมใหญ่ คือ อำเภอนาเยีย อำเภอฟันผา และอำเภอสว่างวีระวงศ์ ทำให้ชาวบ้านทั้ง 3 อำเภอ ยื่นฟ้องต่อศาลปกครองอุบลราชธานี โดยขอให้มีคำพิพากษาเพิกถอนใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานของกลุ่มบริษัท อุบลไบโอเอทานอล จำกัด แต่ในกรณีดังกล่าว ศาลยังไม่ได้วินิจฉัยในประเด็นที่ชาวบ้านได้ฟ้องร้อง ดังนั้นจึงยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่า การกระทำของโรงงานอุตสาหกรรมของผู้ถูกฟ้องคดีได้กระทำความผิดตามที่กล่าวอ้างหรือไม่ ผู้เขียนจึงมีอาจกล่าวถึงในประเด็นที่อยู่ในระหว่างการวินิจฉัยของศาลปกครองอุบลราชธานี แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดปัญหาขึ้นแล้ว ประชาชนในชุมชน ผู้ประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม และหน่วยงานภาครัฐมีความพยายามในการช่วยกันแก้ไขปัญหา แต่บางครั้งก็ทำให้เกิดข้อร้องเรียนได้ ดังที่สมัชชาคนจน กรณีเขื่อนปากมูล ออกแถลงการณ์ต่อผู้ว่าราชการจังหวัดอุบลราชธานีเร่งให้ตั้งคณะกรรมการร่วมเพื่อทำการตรวจสอบข้อเท็จจริงถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำในลำโดมใหญ่เน่าเสีย (ประชาไท, 2558)

การจัดการร่วมของชุมชนโดยใช้หลักการมีส่วนร่วมของชุมชน

สำหรับการจัดการร่วมในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของชุมชนเป็นการสร้างความร่วมมือที่หลากหลาย โดยให้ความสำคัญกับผู้มีส่วนได้เสีย เปิดโอกาสให้ชุมชนมีอิสระในการตัดสินใจ จัดทำกิจกรรมต่างๆ ในทุกขั้นตอนเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและความจำเป็นภายในชุมชนของคน ซึ่งรูปแบบกฎเกณฑ์ การแบ่งหน้าที่การจัดการ ข้อตกลงในการจัดการร่วม การกำหนดผู้ที่เข้ามาดำเนินการ การจัดการจึงควรมีลักษณะยืดหยุ่น เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของแต่ละพื้นที่ชุมชน ซึ่งลักษณะและองค์ประกอบของการจัดการร่วม อาจพิจารณาได้จากแนวทางการจัดการที่ชุมชนเป็นผู้มีบทบาทหลักในการดำเนินการร่วมกับรัฐ (อุคมศักดิ์ สินธิพงษ์, 2557: 67) และให้ความสำคัญกับความเป็นประชาธิปไตยของชุมชน มีการแบ่งบทบาทอำนาจหน้าที่ตามความเหมาะสม มิใช่เป็นหน้าที่เพียงฝ่ายใดฝ่ายเดียว

สำหรับหลักการมีส่วนร่วมของชุมชนมีพัฒนาการมาจากแนวความคิดที่ว่า สิ่งแวดล้อมถือเป็นสมบัติร่วมกันของมวลมนุษยชาติ (อูคมศักดิ์ สนิธิพงษ์, 2556: 56) ซึ่งหลักการมีส่วนร่วมของประชาชน ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ.1972 ภายใต้ออกโตกโฮล์ม (The Stockholm Declaration) ในหลักการข้อ 1 ได้วางกรอบไว้ว่า “มนุษย์มีสิทธิพื้นฐานในเสรีภาพ ความเสมอภาค และมีสถานะความเป็นอยู่ที่ดีพอเพียงในชีวิต ในสิ่งแวดล้อมที่มีคุณภาพ ที่ยอมให้ชีวิตอยู่ได้อย่างภาคภูมิใจและดีและมนุษย์มีความมุ่งมั่นที่จะมีความรับผิดชอบในการป้องกันและปรับปรุงสิ่งแวดล้อมสำหรับชนยุคปัจจุบันและอนาคต...” (เขตไท ลังการ์พินธุ์, 2561: 32) ต่อมาในปี ค.ศ.1992 ในการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (The United Nations Conference on Environment and Development: UNCED) ได้กำหนดหลักการมีส่วนร่วมของประชาชนไว้ในปฏิญญาว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (The Rio Declaration on Environment and Development) ข้อที่ 10 ได้วางหลักการมีส่วนร่วมของประชาชนไว้ว่า “การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี ด้วยการให้ประชาชนที่เกี่ยวข้องทุกคน เข้ามามีส่วนร่วม ประเทศต่างๆควรส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่จัดทำโดยหน่วยงานภาครัฐ...”

ดังนั้น ทุกคนจึงควรมีสิทธิและมีส่วนร่วมในการจัดการและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การมีส่วนร่วมที่ริเริ่มโดยรัฐ หมายถึง การที่รัฐเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจการที่รัฐได้ริเริ่มหรือกำหนดขึ้น (อูคมศักดิ์ สนิธิพงษ์, 2556: 57) และการมีส่วนร่วมที่ริเริ่มโดยประชาชน หมายถึง การที่ประชาชนมีความคิดริเริ่มที่จะทำกิจกรรมและโครงการต่างๆ โดยเกิดจากความต้องการของชุมชนหรือของประชาชน (อูคมศักดิ์ สนิธิพงษ์, 2556: 57) ซึ่งรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย ตั้งแต่พุทธศักราช 2550 จนถึง พุทธศักราช 2560 มาตรา 43 ได้ให้บุคคลและชุมชนมีสิทธิในการอนุรักษ์ จัดการ บำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และยังให้สิทธิบุคคลและชุมชนเข้าชื่อกันเพื่อเสนอแนะต่อหน่วยงานของรัฐให้ดำเนินการใดอันจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนหรือชุมชน หรือขอเว้นการดำเนินการใดอันจะกระทบต่อความเป็นอยู่อย่างสงบสุขของประชาชนหรือชุมชนและได้รับแจ้งผลการพิจารณาโดยรวดเร็ว ซึ่งเห็นได้ว่าบทบัญญัติแห่งรัฐธรรมนูญเป็นหลักการขั้นพื้นฐานที่จะต้องนำไปบัญญัติไว้ในกฎหมายลำดับรองเพื่อให้มีผลบังคับใช้

สำหรับพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้รับรองสิทธิการมีส่วนร่วมของประชาชนในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารของทางราชการที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ในมาตราที่ 6 และพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540 มีบทบัญญัติให้หน่วยงานของรัฐต้องจัดให้มีข้อมูลข่าวสาร

สำหรับรูปแบบของการมีส่วนร่วมของ International Association of Public Participation หรือ IAP (อรทัย ก๊กผล, 2554: 17-18) แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับการเสริมอำนาจให้ประชาชน โดยให้ประชาชนเป็นผู้มีอำนาจตัดสินใจด้วยตนเอง 2. ระดับสร้างความร่วมมือ โดยให้บทบาทแก่ประชาชน รัฐ ทำงานและตัดสินใจร่วมกัน เช่น คณะกรรมการร่วมภาครัฐและชุมชนด้านสิ่งแวดล้อม 3. ระดับเข้ามามีบทบาท เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มต้น แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างรัฐกับประชาชน แต่อำนาจตัดสินใจสุดท้ายเป็นของรัฐ 4. ระดับรับฟังความคิดเห็น และ 5. ระดับให้ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งเป็นเพียงการให้ข้อมูลว่ารัฐจะดำเนินการเรื่องใดบ้าง เช่น การจัดทำผลงานประจำปี ทำให้บทบาทของประชาชนจะมีน้อย

จากเหตุการณ์นี้ เห็นได้ว่าชุมชนทั้ง 3 อำเภอต่างเข้ามามีส่วนรวมในระดับต่างๆ สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทและอำนาจของประชาชนในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับให้ข้อมูลข่าวสาร การรับรู้ข่าวสารจากหน่วยงานราชการ เป็นขั้นที่ประชาชนมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ระดับเข้ามามีบทบาท เช่น การประชุมคณะกรรมการระดับอำเภอ ระดับจังหวัด กรมชลประทานและชาวบ้านประชุมร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาปลาตายและสาหร่ายบุ่มที่ขึ้นอย่างรวดเร็วและฟื้นฟู

สภาพลำโคมใหญ่ จนถึงระดับสร้างความร่วมมือ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ประชาชนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง แต่การมีส่วนร่วมของชุมชนนั้น ไม่อาจกล่าวได้ว่าจะเป็นไปด้วยดีเสมอไป บางครั้งเกิดข้อขัดแย้งระหว่างชาวบ้านและผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม จนนำไปสู่การฟ้องร้องต่อศาลปกครองอุบลราชธานี หรือแม้กระทั่งการเรียกร้องให้ผู้ว่าราชการจังหวัดอุบลราชธานีย้ายข้าราชการเนื่องจากไม่สามารถแก้ไขปัญหาแม่น้ำเสีย ให้ตั้งคณะกรรมการร่วมเพื่อทำการตรวจสอบข้อเท็จจริง ถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำในลำโคมใหญ่เน่าเสีย ดังนั้น สิ่งที่จะทำได้คือ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูล ซึ่งจะช่วยให้เกิดการยอมรับความจริงในการอยู่ร่วมกันของวิถีชีวิตที่แตกต่างได้ เมื่อพิจารณาจากเหตุการณ์ การมีส่วนร่วมของชาวบ้านในชุมชนทั้งสามอำเภอนั้น ชาวบ้านได้พยายามแก้ไขปัญหาาร่วมกัน และมีผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนต่างๆ เข้ามามีส่วนร่วมด้วย ดังนี้

1) มีการทำงานวิจัยชุมชน

2) มีการจัดโครงการเวทีสาธารณะเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เช่น โครงการ การเฝ้าระวังและอนุรักษ์ลุ่มน้ำลำโคมใหญ่เพื่อสันติสุขของชุมชน จังหวัดอุบลราชธานี ของสถาบันพระปกเกล้าประจำปี พ.ศ.2561 เมื่อวันที่พฤหัสบดีที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561 (วรัญญา นันตาแก้ว, 2561) การจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเครือข่ายเฝ้าระวังและฟื้นฟูคุณภาพน้ำลำโคมใหญ่ ปี พ.ศ. 2561 ครั้งที่ 2 เมื่อวันที่พุธที่ 9 พฤษภาคม 2561 จัดโดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 อุบลราชธานี ร่วมกับ องค์การบริหารส่วนตำบลโคมประดิษฐ์ (สำนักงานสิ่งแวดล้อม ภาคที่ 12 อุบลราชธานี, 2561) สำนักงานสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุบลราชธานี ร่วมกับ องค์การบริหารส่วนตำบลนาดี จัดโครงการนักสืบสายน้ำ เพื่อสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังลำโคมใหญ่ เมื่อวันที่ 9 มกราคม 2562 มีผู้เข้าร่วมกิจกรรม 60 คน

3) การจัดกิจกรรมต่างๆ เพื่อฟื้นฟูระบบนิเวศ เช่น องค์การบริหารส่วนตำบลไร่ใต้ ร่วมกับประมงอำเภอพิบูลมังสาหาร จัดโครงการส่งเสริมความอุดมสมบูรณ์แม่น้ำลำโคมใหญ่ โดยจัดกิจกรรมปล่อยปลาและกึ่งก้ามกราม (องค์การบริหารส่วนตำบลไร่ใต้, 2561) ผู้ว่าราชการจังหวัดอุบลราชธานี พร้อมด้วย นายอำเภอน้ำยืน ข้าราชการ พนักงาน องค์การบริหารส่วนตำบลโคมประดิษฐ์ และประชาชนจิตอาสาในพื้นที่ ร่วมทำกิจกรรมจิตอาสา ปลูกป่า ปล่อยปลา เพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูลำโคมใหญ่ เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ณ บริเวณบ้านเข้ดอน หมู่ที่ 1 ตำบลโคมประดิษฐ์ อำเภอน้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี (เอกชัย โปธา, 2562)

จึงเห็นได้ว่าการนำการจัดการร่วมมาใช้ในการพัฒนาลำโคมใหญ่นั้น ผ่านกลุ่มกิจกรรมต่างๆ ที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชน น่าจะเป็นสิ่งที่เอื้อต่อการสร้างการมีส่วนร่วมมากที่สุด เนื่องจากชุมชนมีภูมิปัญญาของตนเองที่สามารถนำมาดำเนินการปฏิบัติในกิจกรรมของชุมชนได้ แม้ว่าการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจะถูกมองว่าเป็นหน้าที่ของภาครัฐ ผู้ที่กำหนดนโยบายและแนวทางในการปฏิบัติ และประชาชนเป็นผู้รับนโยบายแล้วนำไปปฏิบัติ ทำให้บางครั้งเกิดปัญหาอันเนื่องมาจากข้อบังคับของกฎหมายหรือนโยบายของรัฐไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิตและความต้องการในการดำเนินชีวิตของคนในชุมชนท้องถิ่น ประกอบกับหน่วยงานของรัฐบาลประสิทธิภาพในการบังคับใช้กฎหมาย ขาดแคลนงบประมาณและบุคลากร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องบูรณาการทั้งการให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยรัฐต้องสนับสนุน และผลักดันให้เกิดสิ่งต่างๆ ขึ้นมาโดยมีกฎหมายรองรับ จึงจะทำให้การมีส่วนร่วมของประชาชนเกิดประสิทธิผลได้

สิทธิชุมชน

สิทธิชุมชน มีผู้ให้คำนิยามไว้ดังนี้

“สิทธิชุมชนเป็นสิทธิจากความสัมพันธ์ของผู้คนในชุมชน” (นิตยา โพธิ์นอก, 2557: 2)

สิทธิชุมชน คือ “ข้อตกลง กฎเกณฑ์ทางสังคม ที่พัฒนาให้กลุ่มคนร่วมกันจัดการทรัพยากร การจัดการทางเศรษฐกิจ สังคมและอื่นๆ โดยชุมชนได้สร้างข้อตกลงหรือกติกาในการจัดการทรัพยากร อาจทำเป็นลายลักษณ์อักษร หรือกฎจารีต ประเพณี สิทธิชุมชนสามารถยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนได้” (สำนักเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2555: 21)

สิทธิชุมชน คือ “ชุมชนมีสิทธิจัดการทรัพยากรทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่ไม่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเพื่อ ดำรงไว้ซึ่งการอนุรักษ์ การฟื้นฟู ตลอดจนการจัดการเพื่อการดำรงอยู่อย่างยั่งยืนต่อไป โดยสามารถต่อสู้เพื่อหลุดพ้นจาก กลไกของรัฐที่เข้ามาแทรกแซงอย่างแบบยล และสามารถต่อสู้และดำรงอยู่ได้อย่างเป็นธรรมและสันติสืบไป” (พงศ์สว กอนกงานพร และ นวพร ศิริบันเทงศิลป์, 2555: 185)

ดังนั้น ผู้เขียนจึงมีทรรศนะเกี่ยวกับสิทธิชุมชนว่า “ชุมชนมิใช่สิทธิของบุคคลใดบุคคลหนึ่ง การใช้สิทธิต้องไม่สร้าง ความเดือดร้อนหรือละเมิดสิทธิผู้อื่น สิทธิชุมชนถือเป็นข้อตกลงร่วมกันของชุมชนในการจัดการทรัพยากร ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวเพราะชุมชนย่อมปรับสภาพการณ์ไปตามกาลเวลา ตั้งอยู่บนสำนึกและการรับรู้ร่วมกันของชุมชน เน้นการมีส่วนร่วม ตั้งแต่ระดับรัฐจนถึงระดับท้องถิ่นและสิทธิชุมชนนั้นได้ให้ความสำคัญกับคนในชุมชนก่อนเป็นอันดับแรก คนภายนอกจะอ้างสิทธิเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนในสังคมให้อยู่เหนือกว่าคนในชุมชนไม่ได้” นอกจากนี้สิทธิชุมชนมีลักษณะของการมีส่วนร่วมจากภายนอกชุมชน ตั้งแต่ระดับท้องถิ่น สาธารณะ และรัฐ ร่วมด้วย

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 ได้บัญญัติคุ้มครองสิทธิชุมชนไว้ใน มาตรา 43 ไม่ว่าจะเป็นการ การอนุรักษ์ฟื้นฟู ส่งเสริมภูมิปัญญา วัฒนธรรม จารีตประเพณี และการจัดการ บำรุงรักษาและใช้ประโยชน์จาก ทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ เข้าชื่อเพื่อเสนอแนะต่อหน่วยงานของรัฐให้ดำเนินการหรือดำเนินการ ดำเนินการ ตลอดจนการจัดให้มีสวัสดิการของชุมชน ด้วยเหตุนี้รัฐต้องมีหน้าที่ในการดำเนินการรับรองสิทธิชุมชน

กฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวกับการจัดการร่วมต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตามระบอบประชาธิปไตยของไทย ซึ่งมีรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยเป็นกฎหมายสูงสุด ได้มีหมวดว่าด้วย แนวนโยบายแห่งรัฐซึ่งใช้เป็นแนวทางในการบริหารราชการแผ่นดิน (อำนาจ วงศ์บัณฑิต, 2557: 53) โดยแนวนโยบายมัก รวมถึงเรื่องของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ซึ่งแนวนโยบายพื้นฐานของรัฐตามรัฐธรรมนูญฉบับนี้จะเน้นให้ความสำคัญแก่เรื่องที่ดิน และเน้นการมีส่วนร่วมของ ประชาชน ชุมชนท้องถิ่นและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดสมัยก่อนที่มักถือว่าการคุ้มครอง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นหน้าที่ของรัฐที่ต้องจัดการ ซึ่งถือเป็นผลดีต่อรัฐด้วย เพราะลำพังรัฐ อาจไม่มี งบประมาณและบุคลากรเพียงพอในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ทั้งหมด (อำนาจ วงศ์บัณฑิต, 2557: 55) หากได้รับความ ร่วมมือจากประชาชนในชุมชนหรือผู้ประกอบการ การดำเนินการต่างๆย่อมกระทำได้ง่าย ซึ่งรัฐธรรมนูญ พุทธศักราช 2560 บรรจุนโยบายพื้นฐานแห่งรัฐไว้ในหมวด 6 มาตรา 72 ซึ่งบัญญัติว่า

“รัฐพึงดำเนินการเกี่ยวกับที่ดิน ทรัพยากรน้ำ และพลังงาน ดังต่อไปนี้

(1) วางแผนการใช้ที่ดินของประเทศให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่และศักยภาพของที่ดินตามหลักการพัฒนาอย่าง ยั่งยืน

(2) จัดให้มีการวางผังเมืองทุกระดับและบังคับการให้เป็นไปตามผังเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ รวมตลอดทั้งพัฒนาเมือง ให้มีความเจริญโดยสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่

(3) จัดให้มีมาตรการกระจายการถือครองที่ดินเพื่อให้ประชาชนสามารถมีที่ทำกินได้อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม

(4) จัดให้มีทรัพยากรน้ำที่มีคุณภาพและเพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคของประชาชน รวมทั้งการประกอบเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และการอื่น

(5) ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า รวมทั้งพัฒนาและสนับสนุนให้มีการผลิตและการใช้พลังงานทางเลือกเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานอย่างยั่งยืน

แนวนโยบายพื้นฐานของรัฐตามรัฐธรรมนูญ พุทธศักราช 2560 ได้เน้นเรื่องที่ดิน โดยกล่าวถึงการวางแผนใช้ที่ดิน การกระจายการถือครองที่ดินและและวางผังเมือง นั้นเป็นเพราะที่ดินเป็นแหล่งที่มาของทรัพยากรธรรมชาติประเภทอื่น และแม้โรงงานอุตสาหกรรมจะมีการสร้างก่อนรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2560 ประกาศบังคับใช้ เมื่อพิจารณาตามมาตรา 57 (1) ที่กำหนดให้รัฐต้องอนุรักษ์ฟื้นฟู ส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่นและ ศิลปะ วัฒนธรรม ขนบธรรมเนียม และจารีตประเพณีอันดีงามของท้องถิ่นและของชาติ และจัดให้มีพื้นที่สาธารณะสำหรับกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชน ชุมชน และองค์กรท้องถิ่นได้ใช้สิทธิและมีส่วนร่วมในการดำเนินการด้วย และมาตรา 57 (2) รัฐต้องอนุรักษ์ คุ้มครอง บำรุงรักษา ฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ โดยต้องให้ประชาชนและชุมชนท้องถิ่นมีส่วนร่วมดำเนินการและได้รับประโยชน์จากการดำเนินการดังกล่าวตามที่กฎหมายบัญญัติ ผู้เขียนจึงเห็นว่าในกรณีโรงงานอุตสาหกรรมได้ก่อสร้างขึ้นก่อนรัฐธรรมนูญฉบับนี้บังคับใช้ แต่ในการจัดการสิ่งแวดล้อมในชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรม ที่อาจก่อให้เกิดมลพิษและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ ดังนั้นในการจัดการร่วมของชุมชนในการบริหารจัดการและป้องกันมิให้เกิดมลพิษในพื้นที่ ควรให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการปัญหาดังกล่าว

นอกจากนี้ กฎหมายสิ่งแวดล้อมไทยที่สำคัญ คือ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ(ฉบับที่2) พ.ศ. 2561 และกฎหมายพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ที่ถูกนำมาบังคับใช้ เมื่อพิจารณาจากประเทศอเมริกามีกฎหมายที่ใช้ในระดับต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระดับรัฐบาลกลาง ระดับมลรัฐ และระดับท้องถิ่น เช่น กฎหมายในระดับรัฐบาลกลาง (Federal law) คือ กฎหมายนโยบายสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ค.ศ.1970 (National Environmental Policy Act 1970: NEPA) กฎหมายระดับมลรัฐ เช่น มลรัฐอิลลินอยส์ (Illinois State) มีพระราชบัญญัติปกป้องสิ่งแวดล้อม (Illinois Environmental Protection Act) และมีกฎหมายที่รัฐเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการกำหนดกฎเกณฑ์ ขั้นตอนแผนการดำเนินงาน คือ กฎหมาย Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act 1980 (เขตไท่ ลังการ์พินธุ์, 2561: 290) ส่วนประเทศสิงคโปร์ มีกฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เช่น พระราชบัญญัติการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและการจัดการ ค.ศ. 1999 (Environmental Protection and Management Act, 1999) ประเทศมาเลเซียมี พระราชบัญญัติคุณภาพสิ่งแวดล้อม ค.ศ.1974 (The Environmental Quality Act 1974) ประเทศกัมพูชามีกฎหมายว่าด้วยการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ค.ศ. 1996 (Law on Environmental Protection and Natural Resource Management, 1996) จึงกล่าวได้ว่า ประเทศที่พัฒนาแล้วต่างก็ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม โดยมีกฎหมายบัญญัติเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม รวมถึงการรับรองสิทธิของประชาชนในการดำเนินการเกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วย

สำหรับนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ได้วางแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระยะ 20 ปีข้างหน้า ให้รองรับกับประเด็นที่เป็นแนวโน้มและประเด็นเกิดใหม่ของโลกและภูมิภาค โดยมีแนวคิดสำคัญ คือ หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง เป็นปรัชญาที่ชี้ถึงแนวทางการดำรงอยู่บนพื้นฐานของความพอประมาณ มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างพอประมาณและเหมาะสมกับพื้นที่ และแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจังหวัด

อุปราชธานีได้ดำเนินการตามนโยบาย โดยต้องการที่จะขับเคลื่อนให้เป็นอุตสาหกรรมในเชิงนิเวศ หรือ Green Industry เพื่อสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ.2560- 2579) คือ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายที่สำคัญคือ การบริโภคที่ยั่งยืนและการผลิตที่ยั่งยืน การดำเนินการที่สำคัญคือเร่งวางระบบการอนุรักษ์ ฟื้นฟูและสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรธรรมชาติ ปรับตัวไปสู่รูปแบบของการผลิตและการบริโภคที่ปล่อยคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพและพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศและเมืองที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการจัดการขยะ สารพิษ และของเสียอันตรายอย่างมีประสิทธิภาพ นโยบายและมาตรการภาครัฐที่มุ่งสู่การพัฒนาและแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในพื้นที่จึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเห็นได้ว่า การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในอดีตจะอยู่ในความดูแลของชุมชน ซึ่งแต่ละชุมชนมีความแตกต่างกันทั้งบริบทพื้นที่ จารีตประเพณี วัฒนธรรมและวิถีชีวิตของชุมชน โดยชุมชนมักใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สั่งสมมาจัดการทรัพยากรธรรมชาติและนำมาใช้เพื่อการดำรงชีพ แต่เมื่อความเจริญทางเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เข้ามาแทนที่ การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจึงถูกลดบทบาทลง การนำนโยบายมาใช้ บางครั้งอาจไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของชุมชน ดังนั้นหน่วยงานของรัฐจึงควรส่งเสริมการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจและตระหนักในความสำคัญของสิ่งแวดล้อม โดยให้องค์กรเอกชน ประชาชนมีส่วนร่วมและต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมการวิจัยชุมชน นอกจากนี้การพัฒนาระบบเทคโนโลยีก็เป็นเรื่องที่สำคัญ เช่น การจัดตั้งศูนย์กลางระบบสารสนเทศ การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการรักษาสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชน (อำนาจ วงศ์บัณฑิต, 2557: 79)

อย่างไรก็ตาม นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 เป็นการวางกรอบกว้างๆในระยะยาว ซึ่งจังหวัดอุบลราชธานีมีแผนพัฒนาจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ.2561-2564 ฉบับที่ 1 ได้มีประเด็นการพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยมีวัตถุประสงค์คือการมีส่วนร่วมและบูรณาการ (แผนพัฒนาจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ.2561-2564 ฉบับที่ 1, 45) จากผลสรุปการดำเนินงานปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ซึ่งผลผลิตการบริหารจัดการด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 5 โครงการ โดยแยกเป็นกิจกรรมอนุรักษ์และฟื้นฟูลำโดมใหญ่ โดยใช้งบประมาณสองล้านบาท (แผนพัฒนาจังหวัดอุบลราชธานี พ.ศ.2561-2564 ฉบับที่ 1, 58-60)

ซึ่งผู้เขียนเห็นว่าจังหวัดอุบลราชธานีต้องจัดทำแผนลงรายละเอียดดีกว่าในแต่ละช่วงเวลาจะต้องดำเนินโครงการ หรือแผนปฏิบัติการใดบ้าง มีการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละโครงการ เพื่อให้เกิดความชัดเจนในทางปฏิบัติแก่หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง การพัฒนาที่ยั่งยืน และประชาชนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา ซึ่งเมื่อได้ดำเนินโครงการแล้วจะต้องมีการตรวจสอบ ติดตาม ประเมินผล และต้องจัดทำเป็นรายงานเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารให้คนในชุมชนและประชาชนทั่วไปรับทราบด้วย

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

วิกฤติลำโดมใหญ่ที่เกิดขึ้นเป็นบทเรียนที่ประชาชนในจังหวัดอุบลราชธานีต่างกังวลใจเพราะลำโดมใหญ่เป็นแหล่งน้ำสำคัญ โดยเฉพาะชุมชนทั้งสามอำเภอที่ใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต เมื่อความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นแล้วยากต่อการเยียวยา หรืออาจเยียวยาไม่ได้เลย สิ่งเดียวที่จะแก้ไขสภาพน้ำให้กลับมามีสภาพเหมือนเดิมหรือให้ใกล้เคียงกับสภาพเดิมมากที่สุดนั้นคือการร่วมแรงร่วมใจของประชาชน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ติดกับแม่น้ำ ซึ่งการมีส่วนร่วมของชุมชนในเรื่องสิ่งแวดล้อม เป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของชุมชนในการช่วยกันแก้ไขและดำเนินกิจกรรมปรับปรุงสิ่งแวดล้อม ซึ่ง

คนในชุมชนควรจะมีส่วนร่วมทั้งในสิทธิที่จะได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สิทธิที่จะได้รับการชดเชยเยียวยาความเสียหายและมีหน้าที่ดูแล แก้ไขและฟื้นฟูคุณภาพของลำโดมใหญ่ ซึ่งหน่วยงานของรัฐก็ต้องดำเนินการให้ประชาชนในชุมชนได้รับรู้ข้อมูลข่าวสาร สนับสนุนงบประมาณ สร้างจิตสำนึกที่ดีให้แก่คนในชุมชนในการหวงแหน อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รับฟังความคิดเห็นและแนวทางแก้ไขปัญหาลำโดมใหญ่หรือพัฒนาสิ่งแวดล้อมจากประชาชนในชุมชนร่วมกัน มิใช่มองแต่เพียงว่าเป็นหน้าที่ของภาครัฐและเจ้าหน้าที่แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของขงจื๊อ จันทิม และดร.อรรถ ธิงจินดาถาวร (2554: 117) ที่เสนอแนะว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ผลิตขยะจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องได้รับเงื่อนไขสนับสนุนจากนโยบาย อปท. รวมทั้งนโยบายอื่น ๆ เช่น นโยบายการแสวงหาความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ในท้องถิ่น เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะ และสอดคล้องกับงานวิจัยของสโรชนี ศิริวัฒนา (2556: 145) ที่เสนอแนะว่าควรคำนึงถึงการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติเป็นสำคัญมากกว่าประโยชน์ทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์สาเหตุ แนวทางการป้องกันปัญหามิให้เกิดขึ้นอีก รวมถึงความต้องการของชุมชน น่าจะเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพที่สุด

สำหรับข้อเสนอแนะ มีดังนี้

1. ด้านการมีส่วนร่วม

ต้องเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ปัญหา คัดสินใจ กำหนดแนวทางพัฒนาตามความต้องการของชุมชนและดำเนินกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการประชุม คณะกรรมการอนุรักษ์และฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมพื้นที่ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี ครั้งที่ 6/ 2560 เมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ณ หาดทรายทอง หมู่ที่ 2 บ้านผักหย่า ตำบลไร่ใต้ อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดอุบลราชธานี ที่ได้รายงานเมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ทีมวิจัยและผู้นำกลุ่มพิทักษ์ลำโดมใหญ่ได้ร่วมแลกเปลี่ยนแนวคิดและมีข้อสรุป คือ การแก้ไขปัญหาต้องมาจากการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน เปิดให้มีการรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้เสียและประชาชนและชุมชนที่เกี่ยวข้อง โดยต้องกระจายอำนาจให้แก่ชุมชน เช่น คณะกรรมการหมู่บ้าน สนับสนุนงบประมาณวิจัยแก่ชุมชนหรือกลุ่มอนุรักษ์ที่ดูแลอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และควรให้องค์กรเอกชน สถาบันการศึกษา สื่อมวลชนในท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมในการให้ความรู้และนำข้อมูลมาจัดกิจกรรมต่างๆ มีการแสดงนิทรรศการ นอกจากนี้ การจัดการร่วมของชุมชนท้องถิ่นควรใช้วัฒนธรรมภูมิปัญญาชาวบ้าน เช่น วิธีการทำเรือไฟโบราณ เพื่ออนุรักษ์เรือไฟโบราณให้ลอยตามลำน้ำโดมเพื่อให้คนรุ่นใหม่ได้ชื่นชมด้วย

2. ด้านนโยบาย

ภาครัฐตั้งแต่ระดับจังหวัดจนถึงระดับตำบลต้องมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารหรือจัดโครงการที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์ลำโดมใหญ่ อย่างต่อเนื่องและเป็นประจำทุกปี มีการจัดประชุมเพื่อทบทวนแผนพัฒนาทั้งระยะสั้นและระยะยาว และควรจะต้องระบุกิจกรรมต่างๆ ช่วงระยะเวลาดำเนินการให้ชัดเจน

3. ด้านกฎหมาย

ควรมีการออกพระราชบัญญัติวิธีพิจารณาคดีสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ... เพราะคดีสิ่งแวดล้อมเป็นคดีที่มีลักษณะพิเศษ ผู้พิพากษาจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเป็นการเฉพาะและควรกำหนดให้พิจารณาคดีเป็นพิเศษเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว ซึ่งขณะนี้ร่างพระราชบัญญัติวิธีพิจารณาคดีสิ่งแวดล้อม พ.ศ. ... ซึ่งเมื่อพิจารณาดูตามมาตรา 15-18 แล้วจะเห็นว่าอำนาจฟ้องและผู้เสียหาย คือ องค์กรเอกชนทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จดทะเบียนแล้วตามกฎหมาย ตัวแทนชุมชนที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดประธานศาลฎีกา รวมถึงบุคคลใดที่มีผู้เสียหายและมีอาศัยอยู่ในชุมชนท้องถิ่นซึ่งพบเห็นการ

กระทำได้ที่จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อม อาจแจ้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการนั้น ผู้เขียนมีข้อเสนอเพิ่มเติมว่าหน่วยงานที่ได้รับแจ้งจะต้องมีระบบการสอบสวน สืบสวน การค้นหาความจริงในเบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพและต้องทำโดยรวดเร็ว

ควรเพิ่มบทลงโทษทางอาญาเพราะถือเป็นความเสียหายต่อสังคม เมื่อพิจารณาร่างข้อบทว่าด้วยความรับผิดชอบของรัฐ (Draft Article on State Responsibility) ที่จัดทำโดยคณะกรรมการกฎหมายระหว่างประเทศของสหประชาชาติ (International Law Commission of The United Nations: ILC) (อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์, 2556: 133) ได้วางหลักเกณฑ์ว่าจะต้องเป็นการกระทำที่จงใจฝ่าฝืนพันธกรณีระหว่างประเทศ ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาสิ่งแวดล้อมของมนุษย์ และในร่างประมวลข้อบทอาชญากรรมที่เป็นภัยต่อสันติสุขและความมั่นคงของมนุษยชาติ (Draft Code of Crimes Against the Peace and Security of Mankind) โดยคณะกรรมการกฎหมายระหว่างประเทศของสหประชาชาติ (ILC) ระบุถึงความรับผิดชอบอาญาในทางสิ่งแวดล้อมไว้ 2 กรณีคือ ร่างข้อบทที่ 22 เป็นความรับผิดชอบในฐานะอาชญากรรมสงครามโดยประสงค์หรือคาดหมายที่จะให้เกิดความเสียหายในระยะยาวและรุนแรงต่อสิ่งแวดล้อม และ ร่างข้อบทที่ 26 เป็นความรับผิดชอบอาญาทั่วไปสำหรับผู้ใดก็ตามที่เจตนากระทำความเสียหายหรือเป็นเหตุให้เกิดความเสียหาย (อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์, 2556: 133- 134) ซึ่งจากทั้งสองกรณีจะต้องเป็นความเสียหายที่ร้ายแรง และส่งผลเป็นระยะเวลานานซึ่งถือเป็นความเสียหายต่อสาธารณชน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทยแล้ว ผู้เขียนขอเสนอว่าความรับผิดชอบอาญาที่นำมาใช้ในการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม จะต้องมิลักษณะเป็นการป้องกันโดยการยับยั้งให้ผู้กระทำความผิดเกิดความเกรงกลัวและตัดโอกาสมิให้กระทำความผิดอีก

4. ภาครัฐ โรงเรียน ผู้นำชุมชนและหน่วยงานต่างๆ ต้องสร้างจิตสำนึกให้ประชาชนได้ตระหนักถึงศักยภาพของตนเองในการพัฒนาและความสนใจที่จะดำเนินกิจการร่วมกันภายในชุมชน เพราะถ้าคนในชุมชนขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์ลำโพงใหญ่และขาดการมีส่วนร่วม การพัฒนาลำโพงใหญ่ให้กลับมามีสภาพที่เหมือนเดิม ย่อมเป็นไปได้ยาก

5. เนื่องจากในพื้นที่ตำบลนาคี อำเภอนาเยื้องถึงตำบลไร่ใต้ อำเภอบึงนาราง ที่อยู่ติดบริเวณลำโพงใหญ่มีการดำรงชีพที่คล้ายคลึงกัน คือ เกษตรกร การหาปลาเพื่อเลี้ยงชีพ ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐ คือ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 อุบลราชธานี โรงงานอุตสาหกรรม ร่วมกับเครือข่ายเฝ้าระวังคุณภาพน้ำลำโพงใหญ่ ต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำ ตรวจสอบสัตว์ในน้ำ หากพบว่ามีปลาตายจนผิดปกติต้องรีบตรวจสอบสาเหตุทันที และควรตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทุกเดือน เพื่อให้ชาวบ้านในชุมชนสามารถใช้ประโยชน์จากลำโพงใหญ่ได้

6. ชุมชนที่อยู่ติดลำโพงใหญ่ต้องเตรียมรับอุทกภัยที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนด้วย ดังนั้น สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดอุบลราชธานี ต้องมีระบบเตือนภัย ซึ่งองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้นำชุมชน และประชาชนต้องหุ้วตาไวติดตามข้อมูลข่าวสารโดยตลอด

7. โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชนเครือข่ายโครงการอนุรักษ์ลำโพง ทั้ง 3 อำเภอ หน่วยงานราชการ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้นำชุมชน ประชาชนและเยาวชน ควรมีกิจกรรมต่างๆ ร่วมกัน เช่น การปล่อยพันธุ์ปลา กุ้งสู่แม่น้ำลำโพงใหญ่เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมในการจัดการพื้นที่ลำโพงใหญ่อย่างยั่งยืนและฟื้นฟูระบบนิเวศ โดยควรทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องทุกปี ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณสัตว์น้ำและในอนาคตสัตว์น้ำเหล่านี้จะเป็นแหล่งสร้างรายได้ในการประกอบอาชีพให้แก่ชุมชนด้วย

จากผลสรุปและข้อเสนอแนะที่กล่าวมานั้น หากสังคมไทยได้เรียนรู้ผ่านความวิกฤติในครั้งนี้ ก็ถือว่าสามารถแปรวิกฤติให้เป็นโอกาสในการป้องกันและแก้ไขปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นอีก

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญฤดี จันทิมา และ อรทัย เลียงจินดาถาวร. (2557). การนำนโยบายการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไปปฏิบัติวิเคราะห์การจัดการขยะของเทศบาลและองค์การบริหารส่วนตำบลในจังหวัดอุบลราชธานีและจังหวัดอำนาจเจริญ. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 6(11), 117.
- ข่าวสด. (2562). แม่น้ำมูลท่วมน้ำท่วม ท้ายเขื่อนน้ำเน่า-ดำทั้งลำน้ำ ชาวบ้านคาบโรงงานใหญ่แอบปล่อยน้ำเสีย. สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2562, จาก https://www.khaosod.co.th/around-thailand/news_2716827
- เขตไท ลังการพันธุ์. (2561). กฎหมายสิ่งแวดล้อมขั้นสูง. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยพายัพ.
- นิตยา โพธิ์นอก. (2557). ชุมชนกับสิทธิในทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.
- ประชาไท. (2558). สมาชิกคนจนออกแถลงการณ์ จี้หน่วยราชการเร่งแก้ปัญหา ลำน้ำโดม หลังปล่อยน้ำ 3 เดือน. สืบค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2562, จาก <https://prachatai.com/journal/2015/06/59851>.
- พงศ์เสวก เอนกจำนงพร และ นวพร ศิริบันเทงศิลป์. (2555). สิทธิชุมชนกับการแก้ปัญหามลพิษในสังคมไทย. วารสารนักบริหาร. 32(1), 185.
- วรัญญา นันตาแก้ว. (2561). สถาบันพระปกเกล้า เฝ้าระวังและอนุรักษ์ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่เพื่อสันติสุขของชุมชน จังหวัดอุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2562, จาก http://thainews.prd.go.th/th/website_th/news/print_news/WNSOC6102050010024
- สโรชินี ศิริวัฒนา. (2556). สิทธิของประชาชนในการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามรัฐธรรมนูญ: ศึกษากรณีการทำเกลือสินเธาว์ในพื้นที่จังหวัดสกลนคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์).
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุบลราชธานี. (2560). รายงานการประชุม คณะกรรมการอนุรักษ์และฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมพื้นที่ลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ จังหวัด อุบลราชธานี ครั้งที่ 6/ 2560, 23 พฤศจิกายน 2560 ณ หาดทรายทอง หมู่ที่ 2 บ้านผักหย่า ตำบลไร่ใต้ อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดอุบลราชธานี. สืบค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2562, จาก <http://ubonratchathani.mnre.go.th/th/information/more/100/page/3>
- สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2555). สิทธิชุมชนตามรัฐธรรมนูญ. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 อุบลราชธานี. (2561). การประชุมเชิงปฏิบัติการ เครือข่ายเฝ้าระวังและฟื้นฟูคุณภาพน้ำลำโดมใหญ่ พ.ศ. 2561 ครั้งที่ 2. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2562, จาก <http://www.mnre.go.th/reo12/th/news/detail/16341>
- อรทัย กักพล. (2554). คู่มือคู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชนสำหรับผู้บริหารท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.
- อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์. (2556). กฎหมายว่าด้วยความเสียหายทางสิ่งแวดล้อม ความรับผิดชอบทางแพ่ง การชดเชยเยียวยา และการระงับข้อพิพาท. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์. (2557). มาตรการทางกฎหมายสำหรับการจัดการร่วมในทรัพยากรธรรมชาติ: ศึกษาการประมงทะเลพื้นบ้าน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

เอกชัย โปธา. (2562). อุบลราชธานี-จัดกิจกรรมคืนชีวิตให้สายน้ำ ลำโดมใหญ่ ให้สะอาด ปูกลำ ป่วยปลา เพื่ออนุรักษ์และ
ฟื้นฟูผืนน้ำลำโดมใหญ่ เพื่อเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในโอกาสมหามงคลวันเฉลิมพระชนมพรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ. สืบค้นเมื่อ 14 สิงหาคม 2562, จาก <http://www.4forcenews.com/93613>

อำนาจ วงศ์บัณฑิต. (2557). กฎหมายสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: วิญญูชน.

Draft Code of Crimes Against the Peace and Security of Mankind. (1996). Retrieved August 14, 2019,

from:http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Dgz2P0pxr08J:legal.un.org/ilc/texts/instruments/english/commentaries/7_4_1996.pdf+&cd=3&hl=en&ct=clnk&gl=th

The Rio Declaration on Environment and Development. (1992). Retrieved August 14, 2019, from:

<https://www.cbd.int/doc/ref/rio-declaration.shtml>.

การศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงด้านสุขภาพของพนักงานพื้นที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม
ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จังหวัดระยอง

Health risk assessment of sprayer operation working in automotive parts industry,
Rayong province, Thailand

ปฐมาวดี มาสอน¹ และ สยาม อรุณศรีมรกด¹
Pathamawadee Masorn¹ and Sayam Aroonsrimorakot¹

¹ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

¹ Affiliation Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakorn Pathom, Thailand

Corresponding E-mail: pathamawadee.m@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาวะสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมในยุคปัจจุบันต้องพิจารณาประเด็นสำคัญในการทำงานทั้งในด้านสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ด้านคุณภาพ คุณสมบัติในการใช้งาน ความก้าวหน้าเทคโนโลยี และความปลอดภัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงจากกลุ่มอายุการปฏิบัติงานตำแหน่งพนักงานพื้นที่ชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการสัมผัสสารเคมีตลอดระยะเวลาทำงาน โดยมีอายุงานตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของพนักงาน การสุ่มติดตามกล้องวงจรปิดในกระบวนการผลิตและการประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพของพนักงานจากผลการตรวจสุขภาพประจำปีเพื่อศึกษาความเสี่ยงที่และปัจจัยในการเกิดโรคที่อาจจะเกิดขึ้น

ผลการศึกษาพบว่าพนักงานทุกระดับอายุมีผู้ที่มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ต่ำกว่าร้อยละ 95 และทุกระดับอายุมีผู้ที่มีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ปลอดภัยมากกว่าร้อยละ 75 รวมทั้งข้อมูลค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเคมีจำแนกตามสารเคมีแต่ละชนิดในปี 2558-2560 จะพบว่าส่วนใหญ่ค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสของสารเคมีจำแนกตามสารเคมีแต่ละชนิดจะมีค่าความเสี่ยงในระดับที่ไม่มีอันตรายและอันตรายน้อย ดังนั้นนอกจากการบริหารจัดการด้านสภาพแวดล้อมในการทำงานแล้วควรเพิ่มข้อมูลข่าวสาร กิจกรรมที่ให้พนักงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคจากการทำงานเพิ่มเข้ามาในวิธีการดูแลสุขภาพของพนักงานด้วย

คำสำคัญ: พฤติกรรมความเสี่ยงด้านสุขภาพ พนักงานที่ปฏิบัติงานพื้นที่ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

ABSTRACT

The health condition of employees in a factory is an important issue for consideration in this age in terms of environmental, quality, application feature, technology advancement, and safety of worker. The research aimed to study

the Study risk behaviors and environmental factors that affect health of sprayer operation working in automotive parts industry. This research used a purposive sampling method selected from those age groups workers sprayers of automotive parts who had chemical contacts and working experience's form 4 months up. The data had been collected by using a questionnaire that contained questions about personal information of sprayers, and the risk assessment of sprayer based on results of annual health check of sprayers in order to study the potentiality and factors leading to disease. The results were as follows employees at all age levels had more than 95 % of people with good personal protective equipment and all age level had more than 75% of people with behavior with safe machine. Including information on the risk of chemical exposure classified by each chemical in 2015-2017 found that most of the exposure risk of chemical substances classified by each type of chemical has a risk level that is not dangerous and less dangerous. So, in addition to managing the work environment, information should be added health care activities that allow employees to have more knowledge and understanding about occupational health diseases in the factory.

Keywords: Health risk behaviors, sprayers, automotive part industry

บทนำ

การดำเนินธุรกิจทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ถือว่าเป็นอีกอุตสาหกรรมหลักที่มีความสำคัญและช่วยขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจของประเทศให้มีการพัฒนาและก้าวหน้าในหลายๆด้าน เช่น การพัฒนาในด้านเทคโนโลยีเครื่องจักร/อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต, การขับเคลื่อนตลาดซื้อขายสินค้า, การขับเคลื่อนตลาดการว่าจ้างแรงงาน, การพัฒนามาตรฐานการรับรองคุณภาพการผลิตและสิ่งแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆอีกหลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, อุตสาหกรรมการผลิตสีและสารละลายต่างๆ, อุตสาหกรรมพลาสติก, อุตสาหกรรมเครื่องหนัง และอื่นๆอีกมากมาย เพื่อตอบสนองและให้เข้ากับรูปแบบการใช้ชีวิตประจำวันของผู้คนในสังคมปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว และประหยัดเวลาในการทำงานหรือการเดินทาง แต่เบื้องหลังเทคโนโลยีที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองความสะดวกสบายจากการคิดค้นและประดิษฐ์เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับรูปแบบการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ในยุคปัจจุบันที่มีการดำเนินการและพัฒนาขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีที่สิ้นสุดกลับต้องแลกมาด้วยสุขภาพ อวัยวะร่างกายส่วนต่างๆ รวมทั้งชีวิตของพนักงานผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ถือเป็นฟันเฟืองขนาดเล็กแต่มีความสำคัญและเป็นหัวใจสำคัญ สำหรับการดำเนินธุรกิจจนแล้วคนเล่า ตั้งแต่ยุคที่เริ่มต้นการดำเนินธุรกิจอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ยังไม่มีเทคโนโลยีในการผลิตที่ทันสมัย จนพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่างๆทั้งด้านคุณภาพ, คุณสมบัติการใช้งาน, เทคโนโลยีที่ทันสมัย, เรื่องสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงาน ดังเช่นปัจจุบัน

หนึ่งกระบวนการผลิตที่สำคัญในการผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ คงปฏิเสธไม่ได้ในเรื่องของการเพิ่มสีสน่ภายนอกให้มีสีสน่ต่างๆให้แก่ยานยนต์เพื่อดึงดูดความสนใจและกระตุ้นการซื้อของของกลุ่มลูกค้า กระบวนการผลิตที่เกือบจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนประกอบยานยนต์แต่ละประเภท แต่ละยี่ห้อ นั่นคือกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นหลักและต้องใช้ความประณีต ความละเอียดในการทำงานค่อนข้างสูง โดยสีแต่ละประเภท สารเคมีที่นำมาผสมรวมลงสีที่ใช้ในการพ่นชิ้นส่วนยานยนต์ หากไม่มีการบริหารจัดการกระบวนการผลิตที่ดีย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการทำงานและสิ่งแวดล้อมโดยรอบค่อนข้างสูง รวมทั้งองค์ประกอบ

ต่างๆของสารเคมีในกระบวนการผลิตยังจัดเป็นภัยเงียบในการก่อโรคร้ายหรือทำลายสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงาน โดยเฉพาะพนักงานที่ต้องปฏิบัติงานในห้องพ่นสีและสัมผัสกับสีชนิดต่างๆ สารเคมีชนิดต่างๆตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงานอย่างน้อย 8-12 ชั่วโมงในการทำงาน / วัน สารเคมีที่เป็นวัตถุอันตรายในกระบวนการผลิตพ่นสีเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบในด้านลบหลายอย่าง หากไม่มีวิธีการควบคุม การจัดการในกระบวนการผลิตที่ดี เช่น ทำให้เกิดอุบัติเหตุในการทำงาน, ทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้เนื่องจากเป็นสารละลายที่มีความไวไฟ, ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ถูกร้องเรียนจากชุมชนรอบข้าง และทำให้เกิดโรคจากการทำงานที่เกิดจากการสะสมของสารเคมีเป็นระยะเวลานานและในปริมาณที่สามารถก่อให้เกิดโรค ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าสารเคมีสามารถก่อให้เกิดทั้งประโยชน์และโทษต่อผู้ใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณการได้รับสัมผัส ระยะเวลาในการได้รับสัมผัส พนักงานกลุ่มเสี่ยง เป็นต้น สารบางชนิดหากได้รับปริมาณเล็กน้อยอาจก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ แต่หากได้รับมากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลเสียได้เช่นกัน ดังที่พาราเซลซัส แพทย์ชาวเยอรมันแห่งศตวรรษที่ 16 กล่าวไว้ว่า สารทุกสารเป็นพิษ ไม่มีสารใดที่ไม่เป็นพิษ ขนาดของสารที่เหมาะสมจะเป็นปัจจัยที่กำหนดว่าสารนั้นเป็นพิษหรือเป็นยารักษาโรค (ปฐมาวดี เอื้อวงศ์วิน , พ.ศ.2554 , น.1)

พนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานไม่ว่าจะเป็นสิ่งคุกคามทางเคมี ทางกายภาพ ทางชีวภาพ และจิตวิทยาทางสังคม ซึ่งสิ่งคุกคามเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ (ธีรวิโรจน์ เทศกะทิก , 2552 , น.5) พนักงานที่ปฏิบัติงานพ่นสีขึ้นส่วนยานยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็น

พนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้รับสัมผัสสิ่งคุกคามจากสิ่งแวดล้อมในการทำงานไม่ว่าจะเป็นสิ่งคุกคามทางเคมี ทางกายภาพ ทางชีวภาพ และจิตวิทยาทางสังคม ซึ่งสิ่งคุกคามเหล่านี้อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ (ธีรวิโรจน์ เทศกะทิก , 2552 , น.5) พนักงานที่ปฏิบัติงานพ่นสีขึ้นส่วนยานยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นพนักงานกลุ่มที่จัดว่ามีความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการทำงานค่อนข้างสูง เนื่องจากส่วนผสมของสีที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายหลายชนิดผสมอยู่ ตัวอย่างเช่น โทลูอิน, ทินเนอร์, ไซลีน, ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์, MEK เป็นต้น และยังต้องปฏิบัติงานกับสารเคมีวันละ 8-12 ชั่วโมงการทำงาน ซึ่งมีโอกาสได้รับการสัมผัสจากสารเคมีทั้งทางการหายใจ การสัมผัสทางผิวหนัง แต่จากลักษณะของการปฏิบัติงานส่วนใหญ่จะได้รับอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีทางการหายใจมากที่สุด ซึ่งการตอบสนองของร่างกายต่อสารพิษของพนักงานแต่ละคนอาจแสดงผลแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆร่วมด้วย เช่น วิธีในการปฏิบัติงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามที่กำหนดหรือไม่ การดูแล การเก็บรักษาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายหลังจากไม่ใช้งาน การดูแลสุขภาพร่างกายของพนักงาน โรคประจำตัวของพนักงาน รวมทั้งปริมาณและความเป็นพิษของสารเคมีที่ได้รับชนิดนั้นๆ โดยอ้างอิงจากข้อมูลผู้ป่วยโรคจากพิษโลหะหนักจากระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข พบว่าในปี พ.ศ.2559 พบผู้ป่วยโรคจากพิษโลหะหนักจำนวน 39 คน จาก 18 จังหวัด ทั่วประเทศ คิดเป็นอัตราป่วยต่อแสนคนเท่ากับ 0.06 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2558 จำนวน 30 คน (อัตราป่วย 0.05)เล็กน้อย โดยกลุ่มอายุที่พบผู้ป่วยมากที่สุดคือ กลุ่มอายุ 15-59 ปี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 76.92 รองลงมาได้แก่กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10.36 ซึ่งในปี พ.ศ. 2559 ยังพบผู้ป่วยโรคจากพิษสารละลายอินทรีย์ จำนวน 673 คน คิดเป็นอัตราป่วยต่อแสนคนเท่ากับ 1.12 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2558 ที่มีผู้ป่วยโรคจากพิษสารละลายอินทรีย์ จำนวน 664 คน (อัตราป่วย 1.12) น้อย กลุ่มอายุที่พบผู้ป่วยมากที่สุดคือ กลุ่มอายุ 15-59 ปี จำนวน 287 คน คิดเป็นร้อยละ 42.64 รองลงมาได้แก่กลุ่มอายุต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 229 คน คิดเป็นร้อยละ 34.03 กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 15.16 ตามลำดับ และยังมีการศึกษาความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในอุ้งฟันสิตรยนต์ในจังหวัดสงขลา โดยใช้ผ้าเช็ดผิวแบบเปียก (Moist wipes) เก็บตัวอย่างฝุ่นพื้นจากพื้นที่ต่างกันในอุ้งฟันสิตรยนต์ใน 3 ช่วงเวลา ซึ่งแบ่งตามปริมาณการเข้าใช้บริการฟันสิตรยนต์ในแต่ละเดือน คือช่วงที่มีการใช้บริการฟันสิตรยนต์มาก ปานกลาง

และน้อย ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างฝุ่นพื้น มีค่าสูงสุดเท่ากับ 89.79 ไมโครกรัมต่อตารางฟุต ความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่าง ฝุ่นพื้น มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.743 ไมโครกรัมต่อตารางฟุต และพบความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างฝุ่นพื้น มีค่าสูงสุดเท่ากับ 481.757 ไมโครกรัมต่อตารางฟุต ส่วนการเดินสำรวจและสัมภาษณ์คนงานพบว่า คนงานในอุ้งพันสัรยณต์ยังขาดสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ดี ตลอดจนขาดความตระหนักต่ออันตรายจากการได้รับสารโลหะหนักในที่ทำงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายในขณะที่ทำงานได้ นอกจากนี้ จากการสำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมในการทำงานของคนงานหรือเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในสถานประกอบการเคาะพันสัรยณต์ ในจังหวัดเชียงใหม่ ร้อยละ 71.01 คนงานได้สัมผัสฝุ่นละอองจากการพันสัรยณต์ที่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่ฟุ้งกระจายในบริเวณพื้นที่ทำงานและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของคนงานในอุ้งพันสัรยณต์ (ณัฐนันท์ ยอดวงศ์, 2554 , น. 52) ดังนั้น ทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนจึงได้พยายามผลักดันและหาวิธีการในการป้องกันอันตรายของพนักงานที่ปฏิบัติงานภายในโรงงานอุตสาหกรรมโดยได้มีการกำหนดเข้าไปในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ.2560-2564 ส่วนที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาอย่างยั่งยืนที่มุ่งเน้นแก้ปัญหาเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มสูงขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจและชุมชนเมือง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน ภาคเศรษฐกิจและห่วงโซ่การผลิตภายในประเทศ ดังนั้นจึงมีการกำหนดแนวทางในการดำเนินการเพื่อสนับสนุนการเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชน เร่งแก้ปัญหาวิกฤติสิ่งแวดล้อมเพื่อลดมลพิษที่เกิดจากการผลิตและการบริโภค โดยเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำสารเคมีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต โดยกำหนดให้มีการควบคุมตั้งแต่กระบวนการขออนุญาตนำสารเคมีแต่ละชนิดเข้ามาใช้งาน การตรวจวัดปริมาณสารเคมีในพื้นที่การปฏิบัติงาน การส่งเอกสารรายงานการบริหารจัดการการใช้สารเคมีภายในโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งวิธีการควบคุมการใช้งานและผลกระทบที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการความเสี่ยงในการทำงานกับสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพแก่พนักงานผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งบุคคลที่มีโอกาสสัมผัสสารเคมีในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ลูกจ้างที่เข้ามาเยี่ยมชมกระบวนการผลิต ช่างซ่อมบำรุงระบบภายในกระบวนการผลิต พนักงานแผนกช่างเคียง รวมไปถึงชุมชนที่อยู่บริเวณรอบๆพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยได้มากที่สุดและลดผลกระทบที่จะเกิดจากสารเคมีให้น้อยที่สุด

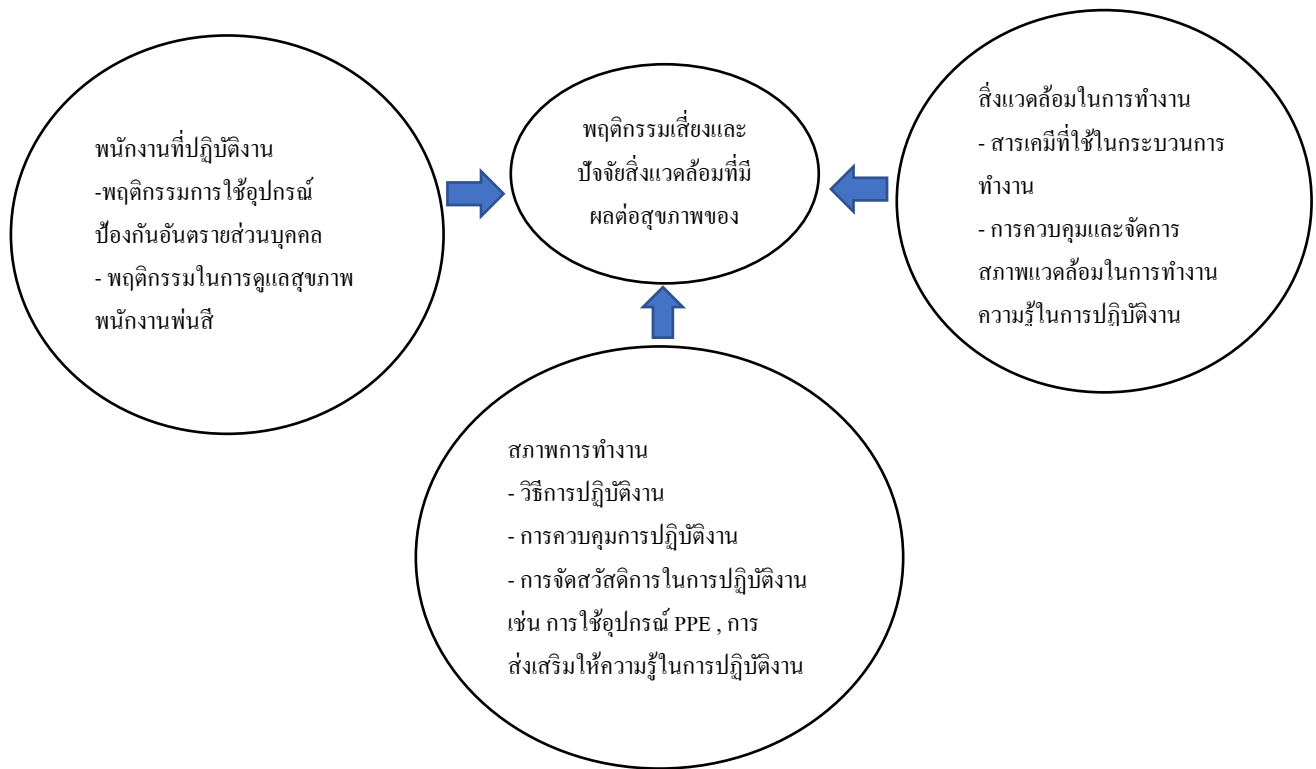
การปฏิบัติงานพ้นสิขั้นส่วนยานยนต์ หากผู้ปฏิบัติงานขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งด้านวิธีการปฏิบัติงาน และอันตรายที่จะเกิดขึ้นอาจนำมาซึ่งความเสียหายร้ายแรงต่อทรัพย์สินของสถานประกอบการ สุขภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในสถานประกอบการ ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงด้านสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานพ้นสิขั้นส่วน ยานยนต์ จึงเป็นการศึกษาเชิงทำนายจากข้อมูลพฤติกรรมการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ข้อมูลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน และผลการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงย้อนหลังจากปี 2558-2560 เพื่อทำนายพฤติกรรมความเสี่ยงที่มีผลต่อสุขภาพของพนักงานว่าอยู่ในระดับใด เพื่อนำไปสู่มาตรการและวิธีการควบคุม ความเสี่ยงนั้นให้ลดลงและมีระดับความเสี่ยงที่น้อยที่สุด

วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมความเสี่ยงด้านสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานพ้นสิขั้น โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
2. เพื่อศึกษาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อระดับความเสี่ยงด้านสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานพ้นสิขั้นส่วน ยานยนต์

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง (retrospective study) กลุ่มประชากรคือ พนักงานที่ปฏิบัติงานพ่นสีในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ที่มีอายุงานตั้งแต่ 4 เดือนขึ้นไป จำนวนทั้งหมด 70 คน ที่ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ช่วงระหว่างปี พ.ศ.2558-2560



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของพนักงานและแบบสอบถามพฤติกรรมในการปฏิบัติงานของพนักงาน
2. การสุ่มสังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานพ่นสีผ่านกล้องวงจรปิดในกระบวนการผลิต

การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการคัดเลือกกลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยและดำเนินการยื่นเสนอแบบโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในคนจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนส่วนกลาง มหาวิทยาลัยมหิดลผ่านเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้ร่วมการวิจัยโดยประสานงานไปยังเจ้าหน้าที่ธุรการแผนกพ่นสีและหัวหน้างานแผนกพ่นสี เพื่อช่วยดำเนินการแจกแบบสอบถามและรวบรวมแบบสอบถามกลับมายังผู้วิจัย โดยให้ผู้ทำแบบสอบถามส่งคืนแบบสอบถามด้วยการหย่อนลงกล่องรับแบบสอบถามที่ด้านหน้าห้องปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ธุรการแผนกพ่นสี โดยจะใช้ระยะเวลาในการตั้งกล่องรับแบบสอบถามคืนเป็นระยะเวลา 1 เดือนนับตั้งแต่วันที่ดำเนินการแจกแบบสอบถาม และทางเจ้าหน้าที่ธุรการจะส่งกล่องเก็บรวบรวมแบบสอบถามคืนผู้วิจัยเพื่อนำแบบสอบถามกลับมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลในแบบสอบถามและนำไปสู่การวิเคราะห์ผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ลักษณะของกลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้ พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 91) ร้อยละ 48.6 มีอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 80 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา และร้อยละ 31.4 มีอายุการปฏิบัติงานกับบริษัทระหว่าง 6-10 ปี

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	64	91
หญิง	6	9
อายุ		
ต่ำกว่า 30 ปี	25	35.7
31-40 ปี	34	48.6
41 ปีขึ้นไป	11	15.7
ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษา	56	80
ปวช.	3	5
ปวส.หรืออนุปริญญา	10	14
ปริญญาตรี	1	1
ดัชนีมวลกาย		
น้อยกว่าเกณฑ์	0	0
ปกติ	34	48.6
มากกว่าเกณฑ์	36	51.4
ระยะเวลาในการปฏิบัติงานกับบริษัทฯ		
1 ถึง 5 ปี	20	28.6
6 ถึง 10 ปี	22	31.4
11 ถึง 15 ปี	16	22.9
16 ถึง 20 ปี	12	17.1

ข้อมูลสภาพแวดล้อมในพื้นที่การทำงาน

จากการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงานย้อนหลัง 3 ปี (ระหว่างปี 2558-2560) ของผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน โดยกำหนดให้มีการตรวจวัด 2 ครั้งต่อปี ในพื้นที่ที่ทำการศึกษพบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีทุกชนิดในบรรยากาศการทำงานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดตามมาตรฐานของ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

ปีที่ ตรวจวัด	สารเคมี	จำนวนจุด ตรวจวัด	ผลตรวจวัด (ค่าเฉลี่ย)	ขีดจำกัดความ เข้มข้น (TLVS)	ผลการประเมิน
2558	Total Dust	34	0.64	15 mg/m ³	ไม่เกิน
	Xylene	47	1.34	100 ppm	ไม่เกิน
	Toluene	51	10.99	200 ppm	ไม่เกิน
	Styrene	14	0.30	100 ppm	ไม่เกิน
	Isopropyl Alcohol	46	5.32	400 ppm	ไม่เกิน
	Methyl Isobutyl - Ketone	29	2.20	50 ppm	ไม่เกิน
2559	Carbon Monoxide	27	0.5185	50 ppm	ไม่เกิน
	Xylene	16	0.4338	100 ppm	ไม่เกิน
	Iron	4	0.0018	10 mg/m ³	ไม่เกิน
	Isopropyl Alcohol	21	37.5476	400 ppm	ไม่เกิน
	Methyl Isobutyl Ketone	14	0.6314	50 ppm	ไม่เกิน
	n-Hexane	4	0.0875	500 ppm	ไม่เกิน
	Respirable Dust	2	0.0500	5 mg/m ³	ไม่เกิน
	Styrene	15	0.1167	100 ppm	ไม่เกิน
	Naphthas	4	1.5900	400 mg/m ³	ไม่เกิน
	Toluene	22	3.6850	200 ppm	ไม่เกิน
	Total Dust	53	0.2917	15 mg/m ³	ไม่เกิน
2560	Carbon Monoxide	25	0.0800	50 ppm	ไม่เกิน
	Isopropyl Alcohol	26	4.9869	400 ppm	ไม่เกิน
	Methyl Isobutyl Ketone	16	0.4706	50 ppm	ไม่เกิน
	n-Hexane	8	0.0913	500 ppm	ไม่เกิน
	Naphthas	8	3.9159	400 mg/m ³	ไม่เกิน
	Respirable Dust	4	0.1100	5 mg/m ³	ไม่เกิน
	Styrene	14	0.0536	100 ppm	ไม่เกิน
	Toluene	26	1.9592	200 ppm	ไม่เกิน
	Total Dust	59	0.2968	15 mg/m ³	ไม่เกิน
	Xylene	18	0.3311	100 ppm	ไม่เกิน

ข้อมูลผลการตรวจร่างกายตามปัจจัยเสี่ยงของกลุ่มตัวอย่าง

จากข้อมูลการตรวจร่างกายตามปัจจัยเสี่ยงของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ พ.ศ. 2558 ถึง พ.ศ. 2560 ของพนักงานพื้นที่จำนวนทั้งหมด 70 คนพบว่ามีการเอกซเรย์ทรวงอกปกติ (ร้อยละ 100) ผลการตรวจปัสสาวะสมบูรณ์แบบปกติ (ร้อยละ 92.5) ผลตรวจการทำงานของตับซึ่งพิจารณาจากค่า SGOT ปกติ (ร้อยละ 91.4) ผลตรวจการทำงานของตับซึ่งพิจารณาจากค่า SGPT ปกติ (ร้อยละ 88.6) และ ผลตรวจการทำงานของไตพิจารณาจากค่า BUN ปกติ (ร้อยละ 100) และผลตรวจการทำงานของไตพิจารณาจากค่า Creatinine ปกติ (ร้อยละ 94.3) ในส่วนผลการตรวจร่างกายจำแนกตามสารเคมีที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพพนักงานพบว่าผลการตรวจหาสารโทลูอีน, ไซลีน, เบนซีน, เฮกเซน และ MEK ในปัสสาวะของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าปกติ (ร้อยละ 100) ผลการตรวจหาเมธานอล, ตะกั่ว, โครเมียม, อลูมิเนียม, พรอท, แคดเมียมในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมีค่าปกติ (ร้อยละ 100)

ผลการตรวจร่างกาย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เอกซเรย์ทรวงอก (CXR)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจปัสสาวะสมบูรณ์แบบ (UA)		
ปกติ	65	92.9
ผิดปกติ	5	7.1
ตรวจการทำงานของตับ (SGPT)		
ปกติ	62	88.6
ผิดปกติ	8	11.4
ตรวจการทำงานของไต (BUN)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจการทำงานของไต (Creatinine)		
ปกติ	66	94.3
ผิดปกติ	4	5.7
ตรวจหาสารโทลูอีนในปัสสาวะ (Toluene in Urine)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจหาสารไซลีนในปัสสาวะ (Xylene in Urine)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจเบนซีนในปัสสาวะ (Benzene in urine(Phenol))		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0

ผลการตรวจร่างกาย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ตรวจเฮกเซนในปัสสาวะ (Hexane in Urine)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจเมทานอลในเลือด (Methanol in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจหาสารตะกั่วในเลือด (Lead in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจโครเมียมในเลือด (Chromium in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจอะลูมิเนียมในเลือด (Aluminum in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจปรอทในเลือด (Mercury in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0
ตรวจแคดเมียมในเลือด (Cadmium in Blood)		
ปกติ	70	100
ผิดปกติ	0	0

การประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากสารเคมี

การประเมินตามหลักการการประเมินความเสี่ยงสุขภาพที่แนะนำโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินการตามขั้นตอนการชี้บ่งอันตราย การประเมินความเป็นพิษและการประเมินการสัมผัสจากการได้รับสัมผัสสารเคมีที่ทำการศึกษาก่อน 5 ชนิด ซึ่งสารทั้งหมดนี้เป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ตามข้อกำหนดของ International Agency for Research on Cancer (IARC) ดังนั้นจึงพิจารณาความเสี่ยงเฉพาะกรณีสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งและคำนวณการตอบสนองของร่างกายต่อการเกิดพิษของสารแต่ละชนิดเท่านั้น

พื้นที่การทำงาน	ปี	สารเคมี	HQ	การประเมินผล
แผนกพ่นสี	2015	Xylene	0.91	อันตรายน้อย
		Toluene	0.01	ไม่มีอันตราย
		Methyl Isobutyl Ketone	0.05	อันตรายน้อย

พื้นที่การทำงาน	ปี	สารเคมี	HQ	การประเมินผล
		Styrene	0.13	อันตรายน้อย
		Isopropyl Alcohol	0.26	อันตรายน้อย
	2016	Xylene	0.86	อันตรายน้อย
		Toluene	0.89	อันตรายน้อย
		Methyl Isobutyl Ketone	0.05	ไม่มีอันตราย
		Styrene	0.02	ไม่มีอันตราย
		Isopropyl Alcohol	16.08	อันตรายมาก
	2017	Xylene	0.58	อันตรายน้อย
		Toluene	0.03	ไม่มีอันตราย
		Methyl Isobutyl Ketone	0.03	ไม่มีอันตราย
		Styrene	0.01	ไม่มีอันตราย
		Isopropyl Alcohol	1.73	อันตรายปานกลาง

หมายเหตุ * เกณฑ์ในการประเมินผล (Lemly ,1996,P.157) มีดังนี้

1. HQ มีค่า < 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย
2. HQ มีค่า 0.1-1.0 หมายถึง อันตรายน้อย
3. HQ มีค่า 1.1-10 หมายถึง อันตรายปานกลาง
4. HQ มีค่า > 10 หมายถึง อันตรายมาก

พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)ของกลุ่มประชากร

พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ของกลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้พบว่าพนักงานที่มีอายุ 20-30 ปี และ 31-40 ปี มากกว่าร้อยละ 80 มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่ถูกต้องในทุกหัวข้ออย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งไม่เกินร้อยละ 50 ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เพราะกลัวความผิดของบริษัทฯ ขณะที่พนักงานที่มีอายุมากกว่า 40 ปี มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่ถูกต้องเกือบทุกหัวข้ออย่างสม่ำเสมอ ยกเว้นเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามระยะที่กำหนด หรือเมื่ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชำรุด มีสภาพการใช้งานที่ผิดปกติจากเดิมซึ่งไม่เกินร้อยละ 40 และพบว่าพนักงานทุกระดับอายุมีผู้ที่มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPE)ที่ดี มากกว่าร้อยละ 95

พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	ระดับอายุ			
	20-30 ปี	31-40 ปี	มากกว่า 40 ปี	รวม
1.ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลก่อนนำมาใช้งานทุกครั้ง	96.15	93.94	90.91	94.29
2.ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างถูกต้องวิธีตามประเภทของอุปกรณ์	100.00	93.94	100.00	97.14

พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	ระดับอายุ			
	20-30 ปี	31-40 ปี	มากกว่า 40 ปี	รวม
3.เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท	100.00	90.91	100.00	95.71
4.ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลครบถ้วน ตามที่ระบุในขั้นตอนการปฏิบัติงาน (WI)	100.00	90.91	90.91	94.29
5.มักหยิบยืมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเพื่อนมาใช้งาน	0.00	3.03	9.09	2.86
6.เก็บอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลไว้ในพื้นที่ที่กำหนดทุกครั้งเมื่อเลิกปฏิบัติงาน	100.00	96.97	100.00	98.57
7.ได้รับการอบรมและแนะนำวิธีการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลแต่ละประเภทจนสามารถใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้อย่างถูกต้อง	84.62	87.88	81.82	85.71
8.ได้รับเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลตามระยะที่กำหนด หรือเมื่ออุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลชำรุด มีสภาพการใช้งานที่ผิดปกติจากเดิม	88.46	81.82	63.64	81.43
9.ทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลหลังการใช้งาน	96.15	81.82	81.82	87.14
10.ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเฉพาะช่วงที่มีคนมาตรวจสอบเท่านั้น	7.69	9.09	18.18	10.00
11.ถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลออกเมื่อรู้สึกว่าการทำงานไม่สะดวก	7.69	24.24	0.00	14.29
12.ต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เพราะท่านกลัวความผิดของบริษัทฯ	46.15	42.42	36.36	42.86
13.ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เพราะตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงาน	100.00	100.00	100.00	100.00
รวม	100.00	96.97	100.00	98.57

พฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรของกลุ่มประชากร

พฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรของกลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้ พบว่าพนักงานทุกระดับอายุมีผู้ที่มีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ปลอดภัยมากกว่าร้อยละ 75 ทุกหัวข้อ โดยพบว่าทุกระดับอายุมีผู้ที่มีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ไม่ปลอดภัยในทุกหัวข้อ ไม่เกินร้อยละ 40 และพบว่าทุกระดับอายุทุกคนมีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ดี

พฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักร	ระดับอายุ			
	20-30 ปี	31-40 ปี	มากกว่า 40 ปี	รวม

พฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักร	ระดับอายุ			
	20-30 ปี	31-40 ปี	มากกว่า 40 ปี	รวม
1.ตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	96.15	93.94	90.91	94.29
2.สังเกตความผิดปกติของเครื่องจักร / อุปกรณ์ ในขณะที่ปฏิบัติงาน	100.00	100.00	100.00	100.00
3.เมื่อพบเห็นเครื่องจักร / อุปกรณ์ทำงานผิดปกติไปจากเดิมจะแจ้งหัวหน้างานทันที	100.00	100.00	100.00	100.00
4.ปฏิบัติงานอย่างถูกต้องตามที่ระบุในขั้นตอนการปฏิบัติงาน (WI)	96.15	96.97	100.00	97.14
5.ปฏิบัติงานอย่างถูกต้องตามที่ระบุในขั้นตอนการปฏิบัติงาน (WI) เฉพาะช่วงที่มีคนมาตรวจสอบเท่านั้น	23.08	18.18	9.09	18.57
6.ถอดอุปกรณ์ความปลอดภัยของเครื่องจักร / อุปกรณ์ ออกเมื่อท่านรู้สึกทำงานไม่สะดวก	7.69	9.09	0.00	7.14
7.เมื่อพบอุปกรณ์ความปลอดภัยของเครื่องจักร / อุปกรณ์ชำรุด จะแจ้งหัวหน้างานทันที	96.15	100.00	81.82	95.71
8.เมื่อพบอุปกรณ์ความปลอดภัยของเครื่องจักร / อุปกรณ์ชำรุด จะทำการแก้ไขด้วยตัวเอง	26.92	18.18	36.36	24.29
9.ขณะทำความสะอาดเครื่องจักร / อุปกรณ์ จะปิดเครื่องจักร / อุปกรณ์ก่อน	96.15	100.00	100.00	98.57
10.เก็บอุปกรณ์ในการทำงานในพื้นที่ที่กำหนดให้เท่านั้นเมื่อไม่ได้ปฏิบัติงาน	100.00	93.94	100.00	97.14
11.ได้รับการอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงานกับเครื่องจักรก่อนเริ่มปฏิบัติงานครั้งแรก และมีการทบทวนเรื่องการทำงานที่ปลอดภัยกับเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ	80.77	78.79	100.00	82.86
12.ท่านมีส่วนร่วมในการค้นหาอันตรายหรือการเสนอแนะจุดที่เป็นอันตรายจากการปฏิบัติงานกับเครื่องจักร และข้อเสนอแนะนั้นได้รับการนำไปปรับปรุง หรือแก้ไขเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงานกับเครื่องจักร	88.46	81.82	100.00	87.14
13.ผู้บริหารในหน่วยงานหรือสถานที่ทำงานของท่านให้ความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยและอันตรายจากการทำงานกับเครื่องจักร	96.15	100.00	100.00	98.57
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00

พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานพื้นสี

พบว่า พนักงานทุกระดับอายุมากกว่าร้อยละ 80 นอนหลับวันละ 6-8 ชั่วโมงอย่างสม่ำเสมอ โดยที่พนักงานที่อายุมากกว่า 40 ปีมากกว่าร้อยละ 80 รับประทานอาหารครบ 3 มื้อใน 1 วัน และชอบดื่มเครื่องดื่มชูกำลัง เช่น M150 ,กระทิสด ,กาแฟ ฯลฯอย่างสม่ำเสมอ และพบว่าพนักงานทุกระดับอายุมีร้อยละผู้ที่มีพฤติกรรมสุขภาพที่ดีไม่ถึงร้อยละ 60

พฤติกรรม การดูแลสุขภาพ	ระดับอายุ			
	20-30 ปี	31-40 ปี	มากกว่า 40 ปี	รวม
1.รับประทานอาหารเช้า 3 มื้อใน 1 วัน	80.77	72.73	90.91	78.57
2.ดื่มนมผลิตภัณฑ์จากนม	38.46	42.42	36.36	40.00
3.ดื่มชา กาแฟ	61.54	48.48	72.73	57.14
4.ดื่มเครื่องดื่มชูกำลัง เช่น M150 ,กระทิงแดง ,ลิโพ ฯลฯ	65.38	69.70	81.82	70.00
5.สูบบุหรี่	26.92	30.30	27.27	28.57
6.ดื่มสุราหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์	26.92	36.36	27.27	31.43
7.ในแต่ละวันนอนหลับวันละ 6-8 ชั่วโมง	92.31	84.85	100.00	90.00
8.ออกกำลังกายอย่างน้อยสัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง	7.69	21.21	36.36	18.57
9.ใช้บริการห้องพยาบาลของสถานที่ทำงาน	7.69	12.12	9.09	10.00
10.ซื้อยากินเองทุกครั้งเมื่อมีอาการเจ็บป่วย	23.08	27.27	36.36	27.14
11.ไปพบแพทย์ทุกครั้งเมื่อมีอาการเจ็บป่วย	15.38	21.21	27.27	20.00
12.เข้ารับการตรวจสุขภาพประจำปี	42.31	54.55	72.73	52.86
รวม	46.15	57.58	54.55	52.86

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

1. พฤติกรรมการดูแลสุขภาพของกลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรมีพฤติกรรมการดูแลสุขภาพด้านการออกกำลังกายในภาพรวมอย่างน้อยสัปดาห์ละ 3-4 ครั้ง เพียงร้อยละ 18.57 โดยหากอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเกี่ยวกับการทำงานช่วงเวลาของพนักงานพบว่า มีสูงถึงร้อยละ 97 ของพนักงานที่ปฏิบัติงานพ่นสีทั้งหมด ซึ่งสะท้อนในเรื่องของการใช้เวลาส่วนใหญ่ในแต่ละวันอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม มากกว่าสถานที่อื่นๆ หลังจากเสร็จสิ้นงานในแต่ละวันอาจจะเหลือเวลาในการออกกำลังกายน้อย หรือไม่มีเวลาในการออกกำลังกายอย่างน้อย 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์และยังสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมสุขภาพและภาวะสุขภาพของคนทำงานในสถานประกอบการเขตเมืองใหญ่:กรณีศึกษาพื้นที่เขตสาทร กรุงเทพมหานคร(มงคล การณงามพรรณ และคณะ , 2555) พบว่าพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 398 คน โดยรวมและรายด้านเกือบทุกด้านอยู่ในระดับดี ยกเว้นการออกกำลังกายอยู่ในระดับพอใช้ และสอดคล้องกับรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 (พ.ศ. 2557-2558) พบว่าประชากรไทยอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ(วิชัย เอกพลากรและ คณะ, 2557 ,น.82-84) ผลการวิจัยนี้พบว่าประชากรไทยอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไปมีกิจกรรมทางกายที่ใช้สัดส่วนเวลามากที่สุด คือการทำงาน (ร้อยละ66.4 ของเวลากิจกรรมทางกาย) รองลงมาคือใช้เวลาในการเดินทาง (ร้อยละ 17.6) และใช้กิจกรรมยามว่าง (ร้อยละ 16.1)

กลุ่มประชากรมีพฤติกรรมการดูแลสุขภาพด้านการพักผ่อนและโภชนาการในภาพรวมทุกระดับอายุมากกว่าร้อยละ 80 นอนหลับวันละ 6-8 ชั่วโมงอย่างสม่ำเสมอโดยที่พนักงานที่อายุมากกว่า40 ปีมากกว่าร้อยละ 80 รับประทานอาหารเช้า 3 มื้อใน 1 วัน ทั้งนี้การที่กลุ่มประชากรมีพฤติกรรมด้านด้านการพักผ่อนและโภชนาการมากกว่าร้อยละ 80 อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาในการเดินทางไปปฏิบัติงานที่แน่นอนเพราะมีการจัดสวัสดิการเรื่องรถรับ-ส่งพนักงานในการมาปฏิบัติงาน รวมถึงช่วงเวลาในการปฏิบัติงานและช่วงเวลาในการพักผ่อนรับประทานอาหารที่แน่นอน รวมไปถึงพฤติกรรมที่ชอบดื่มเครื่องดื่ม

สูงกำลัง เช่น M150 กระทั่งแดง ลิโพ ฯลฯ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 5 (พ.ศ. 2557-2558) พบว่าประชากรไทยอายุตั้งแต่ 15 ปี ขึ้นไปพบว่าร้อยละ 76 ขึ้นไปกินอาหารครบ 3 มื้อ (วิชัย เอกพลากรและคณะ, 2557, น.89)

กลุ่มประชากรที่จบการศึกษาระดับ ประถมศึกษา – มัธยมศึกษา มีร้อยละผู้ที่พฤติกรรมสุขภาพที่ดีมากกว่าพนักงานที่จบการศึกษาระดับ ปวช. ขึ้นไป อาจเนื่องจากส่วนใหญ่พนักงานที่จบการศึกษาระดับ ปวช. ขึ้นไป จะอยู่ในระดับหัวหน้างาน ทำให้มีการระมัดระวังคิดชอบในการปฏิบัติงานที่มากกว่าจนเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานคลุกคลีช่วงเวลาในการพักผ่อนระหว่างวันลดน้อยลงกว่าพนักงานระดับปฏิบัติการ ทำให้เกิดการละเลยเกี่ยวกับพฤติกรรมในการดูแลพฤติกรรมสุขภาพที่ดีส่วนบุคคลลดลง

2. พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ของกลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรมีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ของกลุ่มประชากรพบว่า พนักงานทุกระดับการศึกษามากกว่าร้อยละ 70 มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่ถูกต้องทุกหัวข้อ รวมทั้งน้อยกว่าร้อยละ 50 พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่ไม่ถูกต้องทุกหัวข้อ และพบว่าพนักงานทุกระดับการศึกษามีผู้ที่ไม่มีพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่ดี มากกว่าร้อยละ 95 อาจเนื่องมาจากพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เป็นกลุ่มที่มีโอกาสได้รับอันตรายหรือสิ่งคุกคามจากการทำงาน โดยเฉพาะการได้รับสัมผัสสารเคมีในสภาพแวดล้อมการทำงานซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้ รวมทั้งบริษัทฯ มีกฎระเบียบสำหรับการปฏิบัติงานที่พนักงานต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด กฎระเบียบด้านความปลอดภัยในการทำงานที่อ้างอิงมาจากข้อกำหนดของกฎหมายและข้อกำหนดของบริษัทฯ เพื่อพัฒนาในเรื่องคุณภาพของชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานไปควบคู่กัน ซึ่งพนักงานต้องปฏิบัติตัวไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมดเมื่ออยู่ในพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม

3. พฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรของของกลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรมีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรพบว่าพนักงานทุกระดับอายุมีผู้ที่ไม่มีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ปลอดภัยมากกว่าร้อยละ 75 ทุกหัวข้อ โดยพบว่าทุกระดับอายุมี ผู้ที่มีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ไม่ปลอดภัยในทุกหัวข้อไม่เกินร้อยละ 40 และพบว่าทุกระดับอายุทุกคนมีพฤติกรรมการทำงานกับเครื่องจักรที่ดี อาจเนื่องมาจากบริษัทฯ มีกฎระเบียบสำหรับการปฏิบัติงานที่พนักงานต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด กฎระเบียบด้านความปลอดภัยในการทำงานที่อ้างอิงมาจากข้อกำหนดของกฎหมายและข้อกำหนดของบริษัทฯ เพื่อให้พนักงานปฏิบัติตัวขณะทำงานไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด คือ ต้องได้รับการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยก่อนเริ่มปฏิบัติงาน การฝึกอบรมขณะทำงาน การตรวจสอบเครื่องจักร และการปฏิบัติตัวเมื่อพบว่าเครื่องจักรเกิดความผิดปกติจะต้องดำเนินการอย่างไร

4. ข้อมูลการตรวจร่างกายของกลุ่มประชากร

ข้อมูลการตรวจร่างกายของกลุ่มประชากรในปี 2558-2560 ของกลุ่มประชากรที่ทำงานเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงทั้งหมดจำนวน 70 คน พบว่า ส่วนใหญ่มีผลการเอ็กซเรย์ทรวงอกปกติ (ร้อยละ 97.8) สมรรถภาพการทำงานของไตปกติ ซึ่งพิจารณาจากค่าสารยูเรียในเลือดปกติ (ร้อยละ 100) และค่าครีเอตินินปกติ (ร้อยละ 98.5) สมรรถภาพการทำงานของตับปกติพิจารณาจากค่า SGOT ปกติ (ร้อยละ 93) และค่า SGPT ปกติ (ร้อยละ 84.6) ตามลำดับ ผลการตรวจร่างกายของกลุ่มประชากรจำแนกตามสารเคมีที่ได้รับสัมผัส พบว่า สารโทลูอีน, ไซลีน, เบนซีน, เฮกเซน และสาร MEK ในปัสสาวะของพนักงานพื้นที่ทั้งหมด พบว่ามีค่าปกติ (ร้อยละ 100) รวมทั้งการจำแนกตามสารเคมีที่ได้รับสัมผัสตรวจหาสารตะกั่ว โครเมียม, อลูมิเนียม, โปรท และแคดเมียมในเลือดของพนักงานพื้นที่ทั้งหมด พบว่ามีค่าปกติ (ร้อยละ 100) ตามลำดับ โดย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความเสี่ยงสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเคมีของพนักงาน คือลักษณะกิจกรรมในการทำงานและระยะเวลาในการปฏิบัติงาน การบริหารจัดการเรื่องความปลอดภัยในพื้นที่การปฏิบัติงาน พฤติกรรมการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) รวมไปถึงการปฏิบัติตามกฎระเบียบข้อบังคับในการปฏิบัติงานของบริษัทอย่างเคร่งครัดและการประเมินความเสี่ยงรวมไปถึงการจัดการความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจคุกคามสุขภาพอนามัยในสถานที่ทำงาน ก็เพื่อช่วยป้องกันในเรื่องของความเสี่ยงด้านสุขภาพที่จะเกิดแก่ตัวผู้ปฏิบัติงานในระยะยาวได้

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่พบพฤติกรรมการดูแลสุขภาพด้านการออกกำลังกาย พฤติกรรมดูแลสุขภาพที่ดีของพนักงาน ควรจัดกิจกรรมเพื่อสื่อสารและให้ความรู้แก่พนักงานเพื่อให้พนักงานเข้าใจและเห็นความสำคัญของการมีสุขภาพที่ดีทำให้เกิดความตระหนักและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพไปสู่การมีพฤติกรรมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพที่ดี และควรมีการเฝ้าระวังและปรับปรุงแก้ไขลักษณะการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างของความเสี่ยงจากการทำงานที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา สะสมและก่อให้เกิดโรคจากการทำงานในระยะเวลานานๆแก่พนักงานผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2555). การประเมินความเสี่ยงด้านสารเคมีต่อสุขภาพผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 21 กันยายน 2555.

ณัฐนันท์ ขอดวงศ์ .(2554).สิ่งแวดล้อมในการทำงาน สภาพการทำงาน และพฤติกรรมการทำงาน ที่ปลอดภัยของคนงานในสถานประกอบการเคาะฟันสีรถยนต์ = Working environments, working conditions and safe work behaviors among workers in auto body repair shops. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

ปฐมาวดี เอื้อวงศ์สิน.(2554). การประเมินความเสี่ยงสุขภาพของพนักงานต่อการได้รับสัมผัสสารเคมีหลายชนิด:

กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์.ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,คณะสาธารณสุขศาสตร์.

พุทธิชัย นิลเพชรและคณะ.(2555). ความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และ โครเมียมในอุ้งฟันสีรถยนต์ในจังหวัดสงขลา.

ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม.

มงคล การุณงามพรรณและคณะ.(2555). พฤติกรรมสุขภาพและภาวะสุขภาพของคนทำงานในสถานประกอบการเขตเมืองใหญ่: กรณีศึกษาพื้นที่เขตสาทร กรุงเทพมหานคร, วารสารวิชาการพยาบาลสงขลานครินทร์ ปีที่ 32 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2555.

วิชัย เอกพลกร. (บก.).(2557). รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557.

นนทบุรี : สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.

สำนักงานพัฒนาโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ.(2556).วารสารคนแบกโรค ปีที่ 1 ฉบับที่1/2556.

นนทบุรี:กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักงานพัฒนาโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ.(2558). ภาวะโรคระดับเขตสุขภาพและภูมิภาคของประชากรไทย

พ.ศ.2554. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข.รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย

ครั้งที่ 5 พ.ศ.2557.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม.รายงานสถานการณ์การดำเนินงาน เฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคและ
ภัยสุขภาพผู้ประกอบอาชีพภาคอุตสาหกรรม ปีงบประมาณ 2558.

สำนักอนามัยกรุงเทพมหานคร.(2556).คู่มือและหลักเกณฑ์การประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภท
พันธุ์สัตว์.กรุงเทพมหานคร: กองสุขภาพ.

สุนิสา ชาญเกลี้ยงและคณะ.(2560). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัส
สารเบนซีนในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. วารสารวิชาการสาธารณสุข ปีที่26 ฉบับที่ 2 มีนาคม-
เมษายน 2560.

อนามย์ (ธีรวิโรจน์) เทศกะทีก .(2552). การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากสารเคมี.
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

U.S.Environmental Protection Agency. (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund volume I Human Health
Evaluation Manual (Part A). Retrieved January 20, 2016. from [http://www.epa.gov/oswer/risk-
assessment/ragsa/pdf/rags-vol1-pta_complete.pdf](http://www.epa.gov/oswer/risk-assessment/ragsa/pdf/rags-vol1-pta_complete.pdf).

Vapattanawong P, Prasartkul P. Under-registration of deaths in Thailand in 2005-2006: results of cross-matching
data from two sources. Bulletin of the World Health Organization.2011.

การใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวชี้วัดการไหลเวียนของมวลน้ำ
ในพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี
อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Using Zooplankton as an Indicator for Water Circulation in Mangrove Area of Sirinart Rajini
Ecosystem Learning Center, Pranburi, Prachuab Kirikhan

ทัชชา พรรณรักษ์^{1✉}, ธวัชชัย ศุภดิษฐ์¹
Thatcha Punnarak^{1✉}, Tawadchai Suppadit¹

¹คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

¹Graduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail: chokpamitt@gmail.com✉

บทคัดย่อ

การศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์เพื่อเป็นดัชนีของการไหลเวียนน้ำในศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในช่วงก่อน (เดือนกันยายน พ.ศ. 2559) และหลัง (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560) การขุดลอกร่องน้ำซึ่งดำเนินการในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 เพื่อแก้ปัญหากลากเปลี่ยนของมวลน้ำในป่ากับแม่น้ำปราณบุรี โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตา 100 และ 330 ไมโครเมตร ลากในแนวระดับในสถานีศึกษา 5 สถานี คือ ด้านในของป่า (สถานี A และ B), คลองย่อยที่อยู่รอบป่า (สถานี C และ D) และบริเวณปากคลองติดกับแม่น้ำปราณบุรี (สถานี E) พบว่า อุณหภูมิ ความเค็ม และความเป็นกรด – เบสของน้ำทะเลระหว่างช่วงก่อนและหลังการขุดลอกร่องน้ำแตกต่างกัน ($p < 0.05$) และพบว่าความเค็มและปริมาณออกซิเจนละลายระหว่างสถานีแตกต่างกัน ($p < 0.05$) แต่ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ไม่แตกต่างกันทั้งระหว่างช่วงเวลาและระหว่างสถานี อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำมีค่าสูงกว่าช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำเล็กน้อย โดยเฉพาะสถานีด้านในของป่าชายเลนช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำจะพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มที่ชอบอาศัยอยู่ในทะเล เช่น กลุ่มไฮโดรเมดูซีสและกลุ่มหนอนธนู เพิ่มขึ้นกว่าช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำ สะท้อนถึงการไหลเวียนของน้ำจากด้านนอกเข้าสู่พื้นที่ป่าได้ดีขึ้น นอกจากนี้ การพบกลุ่มลูกสัตว์น้ำเช่น ลูกกุ้ง ลูกปู ลูกหอยและลูกปลา ในบริเวณศึกษาบ่งบอกถึงความสำคัญของป่าชายเลนในการเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนสัตว์ คุณภาพน้ำ ป่าชายเลน ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี ปราณบุรี

ABSTRACT

Study on zooplankton as an indicator for water circulation in mangrove area of Sirinart Rajini Ecosystem Learning Center, Pranburi, Prachuab Khirikhan was carried out in pre- (September, 2016) and post- (February, 2017) dredge up for water circulation management plan which conducted in December, 2016. Zooplankton was collected by horizontal trawled using conical plankton nets mesh size of about 100 and 330 micrometers. Five sampling stations were assigned which located as following, the inner side of mangrove (station A and B), small creeks around the mangrove (station C and D), and the outer side of mangrove which is the canal that connect to the Pranburi River (station E). The results showed that water temperature, salinity and pH were significantly different between pre- and post- dredge up ($p < 0.05$) and salinity and dissolved oxygen were different between sampling stations ($p < 0.05$). In contrast, zooplankton density showed a non-significant different between both spatial and temporal aspects. However, zooplankton density in post-dredge up period was slightly higher than that in pre-dredge up period especially for sampling stations located at the inner side of mangrove which can found the true marine zooplankton species such as, hydromedusae and chaetognaths. This result reveals that the water circulation in this mangrove area has been improved. In addition, shrimp larvae, crab larvae, mollusk larvae and fish larvae can be found in this study reflected the ecological roles of this mangrove area as nursing ground for further fishery resources.

Keywords: zooplankton, water quality, mangrove, Sirinart Rajini Ecosystem Learning Center, Pranburi.

บทนำ

แพลงก์ตอนสัตว์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยลอยอยู่ในมวลน้ำ ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้เชื่อมโยงในสายใยอาหารในระบบนิเวศ โดยแพลงก์ตอนสัตว์จะกินแพลงก์ตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิต (Producer) ที่สำคัญในระบบนิเวศ ในขณะที่ตัวของแพลงก์ตอนสัตว์เองก็จะเป็นอาหารให้แก่สัตว์น้ำอื่น ๆ ต่อไป ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศ เป็นการรักษาสมดุลของระบบนิเวศชายฝั่งได้ นอกจากนี้ แพลงก์ตอนสัตว์ยังสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำและเป็นตัวชี้วัดถึงทรัพยากรประมงในบริเวณต่าง ๆ ได้อีกด้วย เช่น แพลงก์ตอนกลุ่ม Copepod สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในเชิงบวก กล่าวคือ เป็นผู้เชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคลำดับสูงขึ้นไป (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2543) รวมทั้งการเลี้ยงแพลงก์ตอนกลุ่มไรน้ำเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงและอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนชนิดต่าง ๆ เช่น ลูกกุ้ง และลูกปลา เป็นต้น อีกทั้งบางชนิดยังเป็นอาหารสำหรับมนุษย์ เช่น กลุ่มแมงกะพรุน หรือกลุ่มกุ้งเคย ที่คนไทยนิยมนำมาแปรรูปเป็นกะปิ ทั้งนี้ แพลงก์ตอนสัตว์บางกลุ่มบางชนิดมักจะอาศัยอยู่ในบริเวณที่จำกัด เช่น กลุ่มโรติเฟอร์หรือน้ำจืด ก็จะพบกระจายอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำจืด ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ กลุ่มหนอนธนู (Arrow worms หรือ Chaetognath) หรือกลุ่มไฮโดรเมดูซ่า (Hydromedusae) ซึ่งได้แก่ พวกแมงกะพรุนและหิววันจะอาศัยอยู่ในบริเวณน้ำทะเลที่มีความเค็มค่อนข้างสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2543) ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มนี้จึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำหรือการไหลเวียนของมวลน้ำในระบบนิเวศชายฝั่งได้เนื่องจากแพลงก์ตอนเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถว่ายทวนกระแสน้ำได้แต่จะสามารถเคลื่อนที่ไปตามกระแสน้ำที่พัดพาไป ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของมวลน้ำในป่าชายเลนจึงส่งผลกระทบต่อแพลงก์ตอนสัตว์โดยตรง ความเค็ม การแลกเปลี่ยนมวลน้ำ และระดับความสูงของน้ำทะเลที่ท่วมเข้ามาในป่าชายเลนล้วนส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบ ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนสัตว์ (Roberth and Blaber

1992 ; อธิษิตา พรหมทอง, 2546; Krumme and Liang, 2004) ดังเช่นการศึกษาของณิษฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2552) พบว่าหากพื้นที่ป่าชายเลนมีการแลกเปลี่ยนของมวลน้ำลดลงจนกระทั่งเกิดภาวะน้ำขังเป็นเวลานาน ปริมาณออกซิเจนจะลดต่ำลงและการสะสมปริมาณซัลไฟด์ในดินซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในกลุ่มลูกปูแสมที่มีความไวต่อสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำมาก มีอัตราการรอดลดต่ำลง และการศึกษาการเลือกดินตะกอนเพื่อลงเกาะในระยะเมกาลีปา พบว่าลูกปูเลือกลงเกาะและอยู่ในดินเลนที่ไม่มีซากใบไม้ตกทับถมมากและไม่มีการกลืนซัลไฟด์ ดังนั้น ถ้าลักษณะดินตะกอนไม่เหมาะสมก็จะมีผลให้มีโอกาสรอดของลูกปูลดลง เป็นต้น

ป่าชายเลนศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี มีเนื้อที่ทั้งหมด 848 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ คลองเก่า – คลองคอย ตำบลปากน้ำปราณ อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นหนึ่งในพื้นที่ของโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร เนื่องในวโรกาสทรงครองราชย์ปีที่ 50 โดยบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) กรมป่าไม้ และชุมชนปากน้ำปราณ ร่วมมือร่วมใจฟื้นฟูพื้นที่ ในปี พ.ศ. 2539 จากเดิมที่เคยเป็นนาเกลือร้าง พลิกฟื้นกลายเป็นผืนป่าชายเลนอันอุดมสมบูรณ์ ต่อมา ในปี พ.ศ. 2557 ได้มีการวิจัยประเมินสภาพความอุดมสมบูรณ์ทรัพยากรธรรมชาติของพื้นที่ พบว่า การที่พื้นที่ยังมีคนนำกุ้งที่คงสภาพเดิม มีคลองที่เชื่อมต่อ และล้อมรอบด้วยปากแม่น้ำปราณบุรี ทำให้กระแสน้ำมีความเร็วต่ำส่งผลให้การแลกเปลี่ยนมวลน้ำกับแม่น้ำปราณบุรีต่ำตามไปด้วย น้ำในพื้นที่ป่าจึงเป็นน้ำกร่อยตลอดปี นอกจากนี้ ยังเกิดปัญหาออกซิเจนในน้ำต่ำ ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในป่าชายเลนด้วย (ณิษฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2558) ดังนั้น ผู้ที่รับผิดชอบดูแลพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี จึงมีแนวคิดที่จะทำการขุดลอกร่องน้ำในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 เพื่อให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างในพื้นที่ป่าด้วยกันเองและระหว่างพื้นที่ป่าชายเลนกับแม่น้ำปราณบุรี เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มอัตราการไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนดังกล่าวและจะเป็นการช่วยให้ระบบนิเวศสามารถรักษาเสถียรภาพและจะช่วยทำให้พื้นที่ป่าชายเลนแห่งนี้มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นได้

การศึกษาในครั้งนี้ เป็นการศึกษาองค์ประกอบและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี โดยจะทำการเปรียบเทียบใน 2 ระยะ คือ ช่วงก่อนที่จะมีการขุดลอกร่องน้ำและหลังจากดำเนินการขุดลอกร่องเสร็จสิ้นแล้ว (ประมาณ 2 เดือน) เพื่อประเมินผลสำเร็จของการแก้ไขปัญหาการไหลเวียนของน้ำในศูนย์ฯ สิรินาถราชินี โดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวชี้วัด อันจะเป็นประโยชน์ต่อการเป็นต้นแบบการจัดการบำรุงรักษาและอนุรักษ์พื้นที่ป่าชายเลนปลูกในประเทศไทยให้เกิดความยั่งยืนต่อไป

วิธีการวิจัย

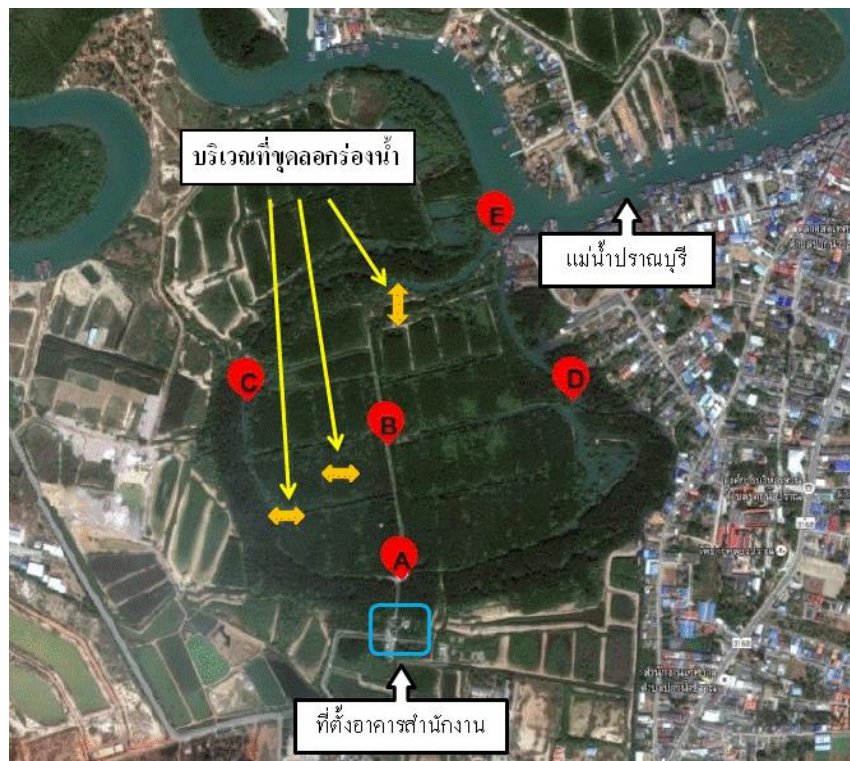
บริเวณที่เก็บตัวอย่าง

ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาความหนาแน่นและความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ จำนวนทั้งสิ้น 5 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ป่าชายเลนด้านในและบริเวณคลองเล็กซึ่งเป็นทางเชื่อมจากแม่น้ำปราณบุรี โดยมีพิกัดตำแหน่งและสภาพพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 พิกัดตำแหน่งและลักษณะสภาพพื้นที่ของสถานีเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สถานี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ลักษณะพื้นที่
A	12° 23.7394	99° 58.8798	ด้านในของป่าชายเลนใกล้กับที่ตั้งของอาคารสำนักงาน

B	12° 23.888	99° 58.8931	ด้านในซึ่งอยู่บริเวณกลางแปลงปลูกปาล์ขน
C	12° 24.0759	99° 58.8437	คลองขนาดเล็กซึ่งจะมีทางน้ำไหลเข้าพื้นที่ปาล์ขนทางด้านทิศตะวันตกของแปลงปาล์ขน
D	12° 23.8390	99° 59.1412	คลองขนาดเล็กซึ่งจะมีทางน้ำไหลเข้าพื้นที่ปาล์ขนทางด้านทิศตะวันออกของแปลงปาล์ขน
E	12° 24.1090	99° 58.9790	ปากคลองขนาดเล็กซึ่งเป็นบริเวณที่เชื่อมต่อกับกับแม่น้ำปารณบุรี



ภาพที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์และคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณปาล์ขนศูนย์ศึกษาระบบนิเวศปาล์ขนสิรินธรราชินี อำเภอปารณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์และปัจจัยสิ่งแวดล้อมจำนวน 2 ครั้ง คือ ช่วงเวลาก่อนขุดลอกร่องน้ำในพื้นที่ปาล์ขนศูนย์ฯ สิรินธรราชินี ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 และหลังการขุดลอกร่องน้ำไปแล้วเป็นเวลา 2 เดือน คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

การศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์

ทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตาฝากรอง 100 และ 300 ไมโครเมตร โดยติดเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter) ไว้ที่ปากถุงลากแพลงก์ตอนเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน ทำการลากในแนวระดับที่ความลึกประมาณ 0.500 เมตรจากผิวน้ำเป็นเวลาประมาณ 1 นาที นำตัวอย่างที่ได้ใส่ในขวดพลาสติกและทำการรักษาสภาพตัวอย่างด้วยสารละลายฟอร์มาลินที่ทำให้เป็นกลางให้มีความเข้มข้นสุดท้าย

ร้อยละ 4.00 – 6.00 จากนั้นทำการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ห้องปฏิบัติการโดยจำแนกแพลงก์ตอนสัตว์จนถึงระดับกลุ่มภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo Microscope; Olympus SZ40) นับจำนวนแพลงก์ตอนสัตว์และรายงานความหนาแน่นในหน่วยตัวต่อปริมาตรน้ำ 100 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ ยังทำการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมของน้ำก่อนทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละสถานี ได้แก่ ความลึกของน้ำด้วยเชือกผูกตุ้มน้ำหนัก ความโปร่งแสงของน้ำด้วยแผ่น Secchi disc ตรวจวัดอุณหภูมิและความเค็มด้วยเครื่อง SCT Meter (ยี่ห้อ YSI รุ่น 30) วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH Meter (ยี่ห้อ YSI รุ่น 63) และปริมาณออกซิเจนละลายด้วยเครื่อง DO Meter (ยี่ห้อ YSI รุ่น 55) เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่าง (ANOVA) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ระหว่างแต่ละสถานีและแต่ละช่วงเวลา (ก่อน – หลังการขุดลอกร่องน้ำ) ตลอดจนความสัมพันธ์ (Pearson's Correlation) ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์โดยใช้โปรแกรม SPSS Ver.22

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในมวลน้ำ

จากการตรวจวัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมของน้ำทะเลในแต่ละสถานีในช่วงก่อนและหลังการขุดลอกร่องน้ำ คือ ความลึกของน้ำ ความโปร่งแสงของน้ำ อุณหภูมิ ความเค็ม ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) และปริมาณออกซิเจนละลาย แสดงได้ดังตารางที่ 2 โดยพบว่า ความลึกของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0.900 – 2.100 เมตร โดยบริเวณด้านนอกป่าชายเลนซึ่งเป็นคลองที่จะเชื่อมต่อกับแม่น้ำปรางบุรี (สถานี C และ E) จะมีความลึกสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความลึกในช่วงก่อนและหลังการขุดลอกร่องน้ำ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ดี ความลึกของน้ำในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำในบริเวณด้านในของพื้นที่ป่าชายเลน (สถานี A และ B) จะมีค่ามากกว่าช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำเล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลจากการขุดลอกร่องน้ำที่ทำให้น้ำทะเลจากภายนอกมีการไหลเวียนเข้ามาในพื้นที่ด้านในของป่าชายเลนได้มากขึ้น ค่าความโปร่งแสงของน้ำในแต่ละสถานีและระหว่างช่วงก่อน – หลังการขุดลอกร่องน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.800 – 1.300 เมตร (ภาพที่ 2ก) อุณหภูมิของน้ำในช่วงก่อนขุดลอกร่องน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 30.3 – 31.1 °C สูงกว่าช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำ 29.5 – 29.6°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิของอากาศที่จะมีค่าในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (หลังการขุดลอกร่องน้ำ) ซึ่งเป็นช่วงลมหนาว (ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของน้ำในช่วงก่อนและหลังการขุดลอกร่องน้ำ ($p > 0.05$) ส่วนความเค็มของน้ำนั้นมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างช่วงเวลาที่ทำการศึกษาและระหว่างสถานีศึกษา ($p < 0.05$) โดยความเค็มของน้ำในช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 28.9 – 31.1 PSU ต่ำกว่าช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำที่มีค่าอยู่ในช่วง 30.1 – 32.4 PSU และพบว่า บริเวณด้านในของป่าชายเลน (สถานี A) จะมีความเค็มต่ำกว่าบริเวณคลองขนาดเล็กที่อยู่ด้านนอก แต่จะเห็นได้ว่าในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำความเค็มของน้ำในบริเวณกลางแปลงป่าชายเลน (สถานี B) มีความเค็มของน้ำสูงขึ้นและใกล้เคียงสถานีด้านนอก ซึ่งสะท้อนถึงการไหลเวียนน้ำจากด้านนอกเข้ามาในพื้นที่ป่าชายเลนได้ดีขึ้น (ภาพที่ 2ข) ความเป็นกรด – เบส (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 7.20 – 7.94 โดยพบว่า ช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำจะมีค่าสูงกว่าช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานีที่เก็บตัวอย่าง ส่วนค่าของปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen; DO) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างช่วงก่อน – หลังการขุดลอกร่องน้ำแต่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานีศึกษาโดยบริเวณด้านในของป่าชายเลน (สถานี A) มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในช่วง 3.30 – 3.33 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าบริเวณอื่น ๆ ที่มีค่าอยู่ในช่วง 4.94 – 5.88 มิลลิกรัม/ลิตร

อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังภาพที่ 2ก ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี ในช่วงปี พ.ศ. 2556 พบว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ตรวจวัดได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในพิสัยเดียวกับที่เคยรายงานไว้โดยความลึกของน้ำอยู่ในช่วง 0.650 – 2.00 เมตร ค่าความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 0.650 – 0.900 เมตร อุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 26.47 – 29.57°C ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 28.40 – 30.27 PSU ซึ่งอุณหภูมิและความเค็มนั้นจะมีการผันแปรตามฤดูกาล ส่วนค่าความเป็นกรด – เบสอยู่ในช่วง 7.29 – 7.97 และปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าอยู่ในช่วง 2.6 – 5.2 มิลลิกรัม/ลิตร (ณัฐวรรัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2558)

ตารางที่ 2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

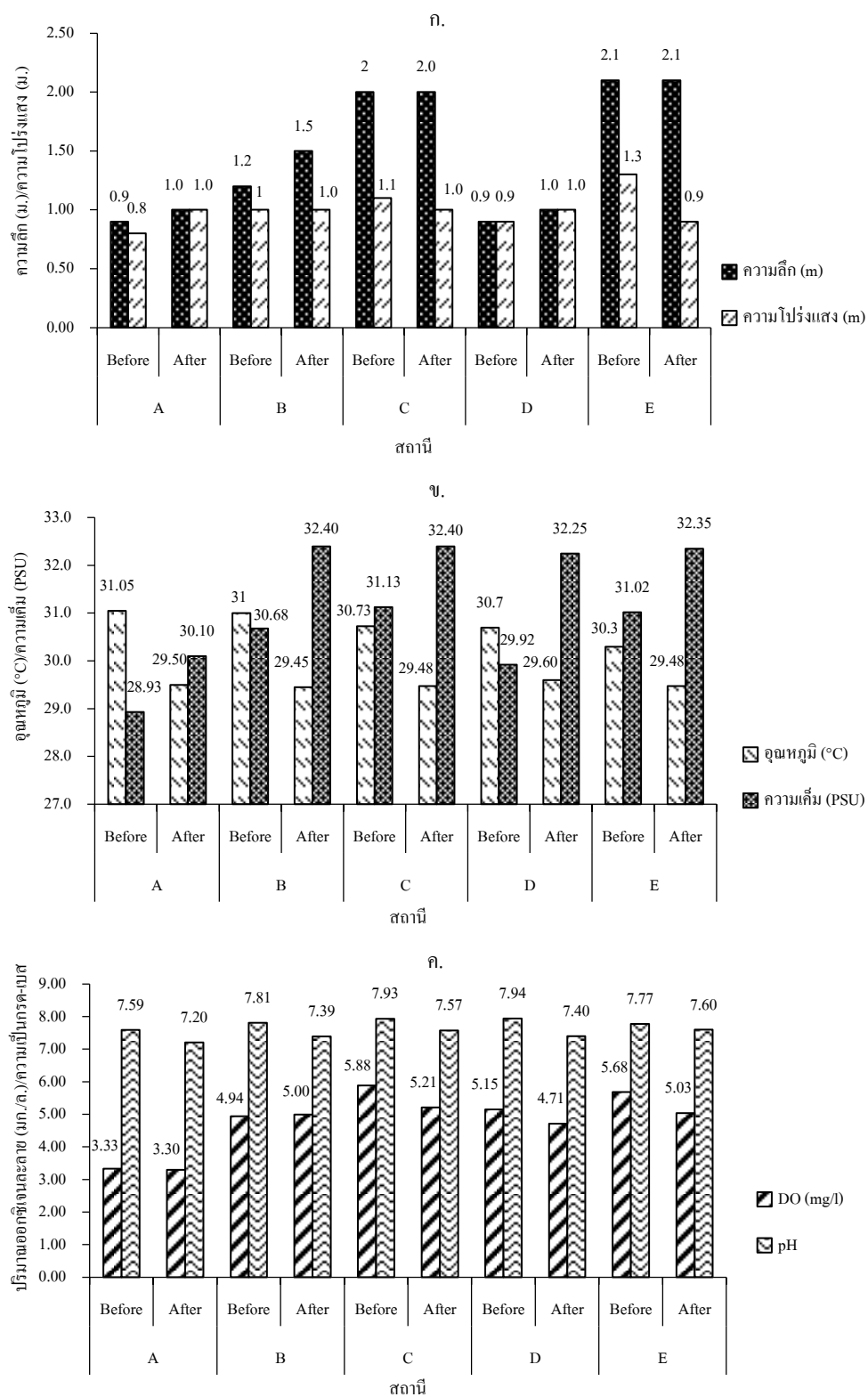
ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	A		B		C		D		E	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ความลึก (m)	0.900	1.00	1.20	1.50	2.00	2.00	0.900	1.00	2.10	2.10
ความโปร่งแสง (m)	0.800	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	0.900	1.00	1.30	0.900
อุณหภูมิ (°C)	31.1	29.5	31.0	29.5	30.7	29.5	30.7	29.6	30.3	29.5
ความเค็ม (PSU)	28.9	30.1	30.7	32.4	31.1	32.4	29.9	32.3	31.0	32.4
DO (mg/l)	3.33	3.30	4.94	5.00	5.88	5.21	5.15	4.72	5.68	5.03
pH	7.59	7.20	7.81	7.39	7.93	7.57	7.94	7.40	7.77	7.60

ความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์

จากการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนสัตว์โดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอน 2 ขนาด คือ 100 ไมโครเมตร ซึ่งพบจะแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก (Microzooplankton) เช่น กลุ่มโคพิพอด เป็นต้น และขนาด 300 ไมโครเมตร ซึ่งคาดว่าจะได้แพลงก์ตอนสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ (Mesozooplankton) เช่น หนอนธนู (Chaetognaths) ไฮโดรมедуซ่า (Hydromedusae) และกลุ่มตัวอ่อนของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เป็นต้น ทั้งนี้ ความหลากหลายขององค์ประกอบชนิดหรือจำนวนกลุ่มของแพลงก์ตอนสัตว์ รวมทั้งปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบจะสามารถบ่งชี้ถึงการไหลเวียนของมวลน้ำที่ไหลเข้ามายังพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีได้ โดยเฉพาะกลุ่มที่ชอบอาศัยอยู่ในทะเลซึ่งมีความเค็มค่อนข้างสูงซึ่งคาดว่าจะเข้ามากับมวลน้ำที่ไหลเข้ามาในผืนป่าชายเลน อีกทั้งการพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนซึ่งหลายชนิดเป็นลูกสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจะสามารถบ่งบอกถึงสภาพของป่าชายเลนที่มีการไหลเวียนของน้ำที่ดีเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ได้ ซึ่งถือเป็นบทบาทที่สำคัญของป่าชายเลน

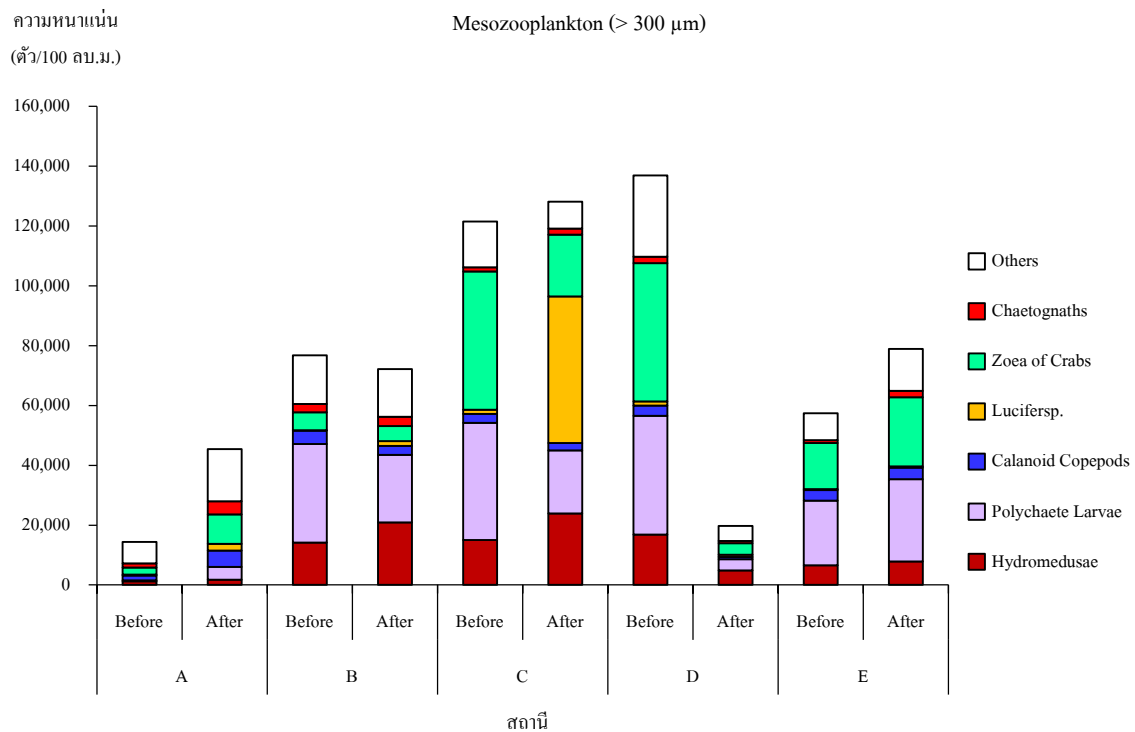
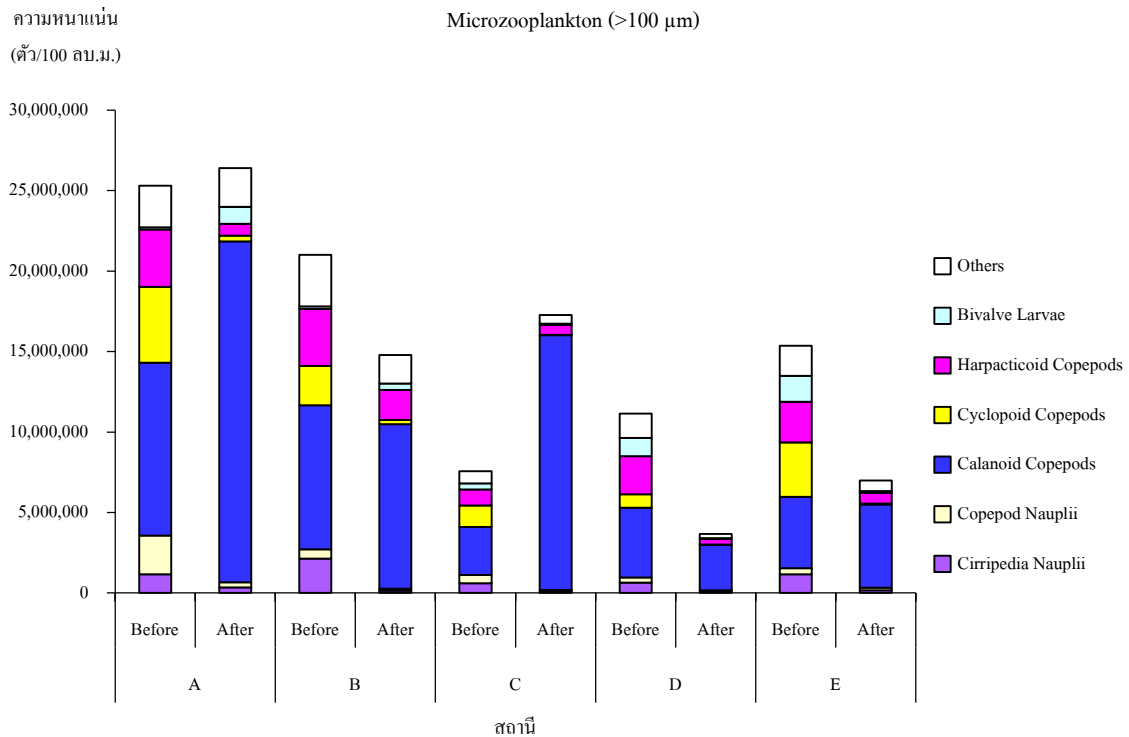
ในการศึกษาครั้งนี้พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์รวมทั้งสิ้น 43 กลุ่ม จาก 12 ไฟลัม โดยแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มหลักที่พบในป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี คือ แพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Arthropoda พบความหลากหลาย 21 กลุ่ม รองลงมา คือ Phylum Chordata พบ 5 กลุ่ม และ Phylum Echinodermata พบ 4 กลุ่ม แพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็ก (ขนาดเล็กกว่า 100 ไมโครเมตร) พบจำนวนกลุ่มทั้งสิ้น 20 – 29 กลุ่ม โดยความหลากหลายของจำนวนกลุ่มแพลงก์ตอนขนาดเล็กมีแนวโน้มลดลงในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำซึ่งสัมพันธ์กับการที่พบว่าจำนวนกลุ่มของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่ (ใหญ่กว่า 300 ไมโครเมตร) ในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 25 – 33 จากเดิมที่ก่อนขุดลอกร่องน้ำพบจำนวน 21 – 27 กลุ่ม ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการที่มวลน้ำในป่าชายเลนมีการแลกเปลี่ยนกับภายนอกได้มากขึ้นทำให้แพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่รวมทั้งลูกสัตว์น้ำต่าง ๆ สามารถเข้ามาอาศัยอยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนได้มากขึ้น รวมทั้งการที่จำนวนกลุ่ม

ของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กที่พบลดลงในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำนั้นอาจกลายเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่ที่เพิ่มมากขึ้น (ลัดดา วงษ์รัตน์, 2543)

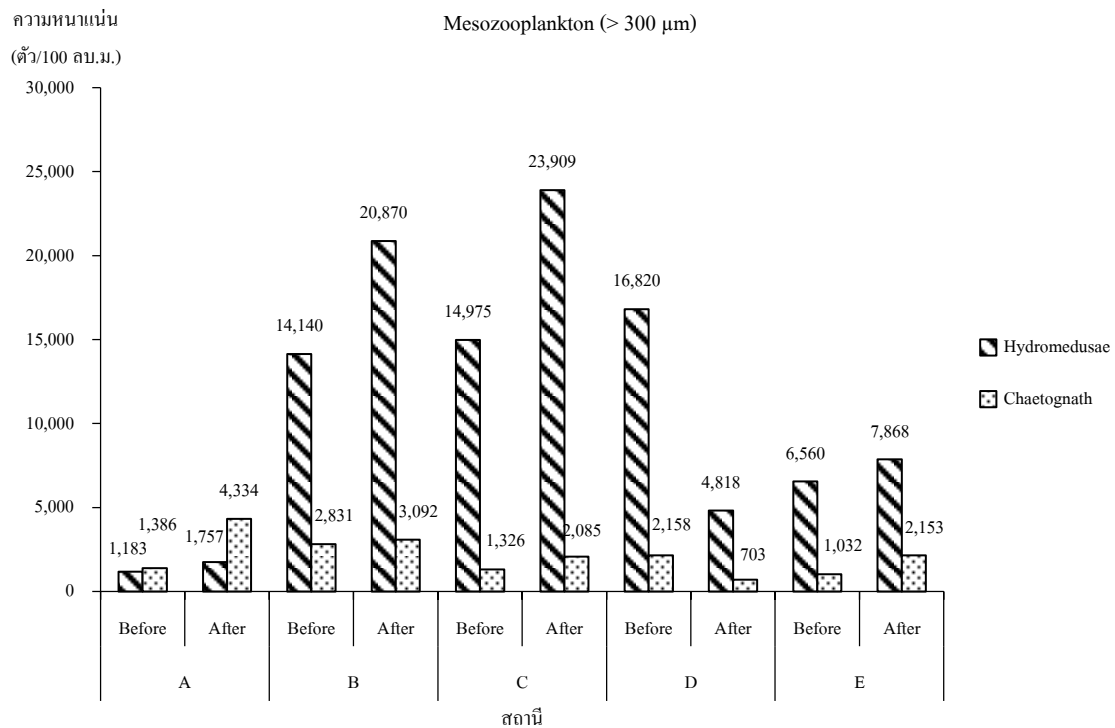
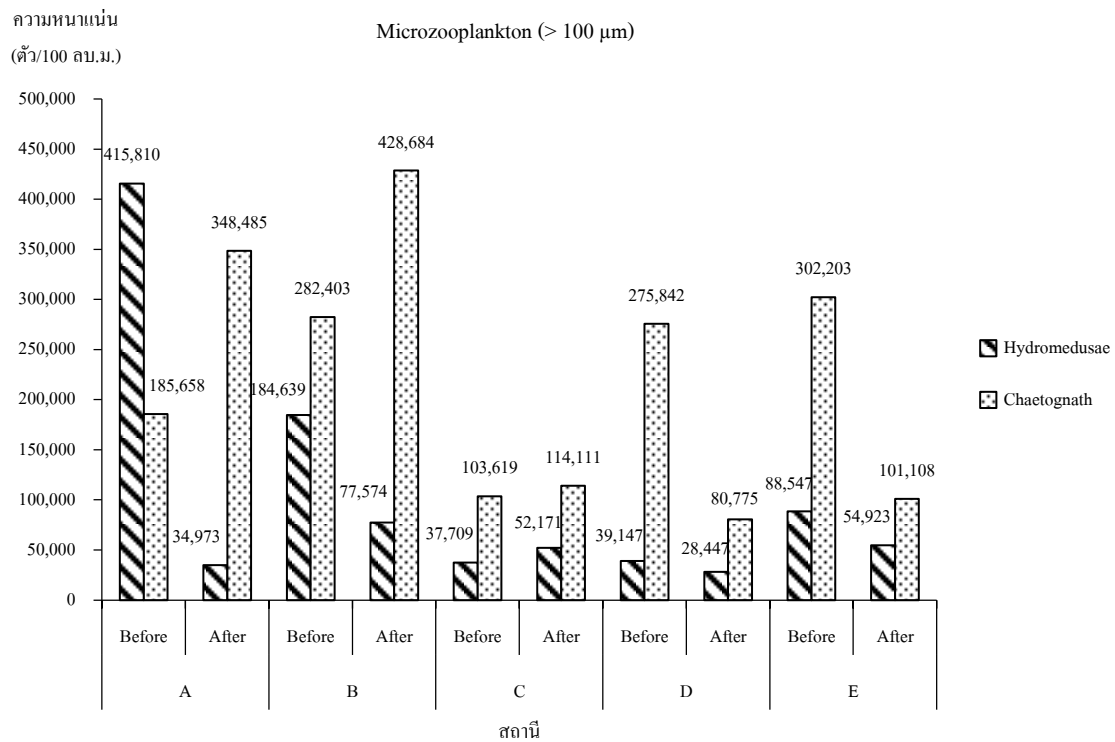


ภาพที่ 2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
(Before = กันยายน พ.ศ. 2559 และ After = กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)

ปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ที่ทำการศึกษา พบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.67×10^6 ถึง 2.64×10^7 ตัว/100 ลูกบาศก์เมตร ส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 1.44×10^4 ถึง 1.28×10^5 ตัว/100 ลูกบาศก์เมตร สูงกว่าผลการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2556 โดย ญิฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2558) ที่เคยรายงานไว้ว่า ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของแพลงก์ตอนสัตว์ทั้งขนาดเล็ก (> 100 ไมโครเมตร) และขนาดใหญ่ (> 330 ไมโครเมตร) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.76×10^5 ถึง 9.64×10^6 ตัว/100 ลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556) และ 1.64×10^5 ถึง 3.68×10^6 ตัว/100 ลูกบาศก์เมตร ในฤดูฝน (มิถุนายน 2556) แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มหลักที่พบคือ กลุ่ม Copepod ได้แก่ Calanoid Copepod, Cyclopoid Copepod และ Harpacticoid Copepod รวมทั้งตัวอ่อนในระยะนอเพิลียซของโคฟีพอด (Nauplius Larvae) เช่นเดียวกับที่เคยรายงานไว้ในช่วงปี พ.ศ. 2556 (ญิฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2558) และยังเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีรายงานไว้ว่า สามารถพบเป็นกลุ่มเด่นได้ในบริเวณชายฝั่งและปากแม่น้ำของไทย เช่น บริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก (พรเทพ พรณรงค์ และคณะ, 2556) ปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา (ญิฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, 2548) ปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร (ศิริลักษณ์ ช่วยพจน์ และคณะ, 2540) ป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม (บัณฑิต ลิขันทกสมิต, 2545) จนถึงบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี (นาฏอนงค์ พุทธา, 2546) ซึ่งโคฟีพอดนั้นจัดเป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้เชื่อมโยงในสายใยอาหารระหว่างผู้ผลิตขั้นต้น (Primary Producer) คือ แพลงก์ตอนพืช กับผู้บริโภค (Consumer) ในลำดับสูงขึ้นไป เช่น ลูกสัตว์น้ำอื่น ๆ เป็นต้น (Raymont, 1983) โดยในช่วงก่อนการขุดลอกร่องน้ำจะพบ Cyclopoid Copepod เป็นกลุ่มเด่นในสัดส่วนความหนาแน่นร้อยละ 29.0 – 43.0 ซึ่งสอดคล้องกับที่ ญิฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ (2558) ได้รายงานไว้ว่า พบ Cyclopoid Copepod เป็นกลุ่มเด่นในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน แต่ในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำ กลับพบว่า แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มหลักได้เปลี่ยนไปเป็นกลุ่ม Calanoid Copepod โดยพบในสัดส่วนความหนาแน่นสูงถึงร้อยละ 69.0 – 92.0 ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้พบจำนวนกลุ่มของแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดเล็กลดลงในช่วงเวลาดังกล่าวด้วย สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์ขนาดใหญ่ที่พบเป็นกลุ่มเด่น ได้แก่ Polychaete Larvae, Zoea of Crab และ Hydromedusae โดยพบในสัดส่วนความหนาแน่นร้อยละ 3.00 – 43.0, 7.00 – 38.0 และ 4.00 – 29.0 ตามลำดับ (ภาพที่ 3) นอกจากนี้ ยังพบว่า ในช่วงหลังการขุดลอกร่องน้ำจะพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่ม Hydromedusae และ Chaetognaths ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มที่ชอบอาศัยอยู่ในน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง (True Marine Species) (Graham et al., 2001; Haghi et al., 2010) มีปริมาณเพิ่มขึ้นในบริเวณด้านในของป่าชายเลนใกล้กับที่ตั้งของอาคารสำนักงาน (สถานี A) และบริเวณกลางแปลงปลูกป่าชายเลน (สถานี B) ดังภาพที่ 4 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการขุดลอกร่องน้ำทำให้การไหลเวียนของระบบน้ำในป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีมีแนวโน้มที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มลูกสัตว์น้ำเศรษฐกิจเช่น ลูกหอย ลูกกุ้ง ลูกปู และลูกปลา ได้ในพื้นที่ศึกษาซึ่งสะท้อนถึงการที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีสามารถเป็นแหล่งอนุบาลสำหรับทรัพยากรประมงในพื้นที่ปราณบุรีได้อีกด้วย



ภาพที่ 3 สัดส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปรางค์บุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (Before = กันยายน พ.ศ. 2559 และ After = กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่ม Hydromedusae และ Chaetognaths ในบริเวณป่าชายเลนศูนย์ศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (Before = กันยายน พ.ศ. 2559 และ After = กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560)

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้พบแพลงก์ตอนสัตว์รวมทั้งสิ้น 43 กลุ่ม จาก 12 ไฟลัม โดยแพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Arthropoda เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายสูงที่สุด องค์ประกอบหลักของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี คือ กลุ่มโคปีพอด ได้แก่ Calanoid Copepod, Cyclopoid Copepod และ Harpacticoid Copepod รวมทั้งตัวอ่อนในระยะนอพลีซของโคปีพอด เช่นเดียวกับผลการศึกษาในอดีตช่วงปี พ.ศ. 2556 ปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าค่าที่เคยรายงานในอดีต อีกทั้งในช่วงหลังจากการขุดลอกร่องน้ำแล้ว พบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มที่ชอบอาศัยอยู่ในทะเล เช่น หนอนธนูและไฮโดรเมดูซ่าได้มากขึ้นในพื้นที่ด้านในของป่าชายเลน จึงอาจสรุปได้ว่าการดำเนินการขุดลอกร่องน้ำในครั้งนี้ช่วยให้การไหลเวียนของน้ำในพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีมีแนวโน้มที่ดีขึ้น และยังพบแพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มลูกสัตว์น้ำ เช่น ลูกหอย ลูกกุ้ง ลูกปู และลูกปลา ในบริเวณที่ศึกษาซึ่งแสดงถึงบทบาทที่สำคัญของป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินี ในการเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำในบริเวณป่าและพื้นที่ใกล้เคียงกับแม่น้ำปรางบุรีซึ่งจะสามารถเติบโตเป็นทรัพยากรประมงที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต

ทั้งนี้ หน่วยงานที่ต้องรับผิดชอบเกี่ยวข้องกับการดูแลและจัดการพื้นที่ป่าชายเลนศูนย์ฯ สิรินาถราชินีสามารถนำผลจากการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อประกอบการพิจารณาในการจัดการพื้นที่ป่าชายเลนแห่งนี้ให้ดีขึ้นในอนาคต แต่อย่างไรก็ดี การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาในช่วงสั้น ๆ หลังจากการจัดการขุดลอกร่องน้ำได้เพียงประมาณ 2 เดือนเท่านั้น ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศป่าชายเลนอาจจะยังอยู่ในช่วงของการปรับตัวเข้าสู่สมดุล ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่อย่างต่อเนื่องทั้งในด้านขององค์ประกอบชนิดและความชุกชุมของแพลงก์ตอนสัตว์ รวมทั้งควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมถึงสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ เช่น แพลงก์ตอนพืช รวมทั้งสัตว์ทะเลหน้าดิน และทรัพยากรประมงอื่น ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการทรัพยากรป่าชายเลน ทรัพยากรประมง ตลอดจนการจัดการการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าชายเลนแห่งนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ. 2552. ผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการทดแทนประชากรปูแสม *Neopisesarma Mederi* ที่อาศัยในป่าชายเลน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์, ศิริวรรณ ศิริบุญ, จิรวรรณ ใจเพิ่ม และพัฒน์วรรณ หมู่คุ้ม (บรรณาธิการ). 2558. ศูนย์ศึกษาเรียนรู้ระบบนิเวศป่าชายเลนสิรินาถราชินี...จากคนสร้างป่า สู่ป่าสร้างคน. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หจก. ประจักษ์การพิมพ์ กรุงเทพมหานคร. 635 หน้า.
- นาถอนงค์ พุทธา. 2546. องค์ประกอบของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณชายฝั่งทะเล ตำบลบางขุนไทร อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. ปัญหาพิเศษปริญญาบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.
- บัณฑิต ลิขัณทกสมิต. 2545. การแปรผันในรอบปีของประชากร Copepod, Cladocera และ Rotifer ในป่าชายเลนบ้านคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พรเทพ พรณรงค์, อธิภา ศิวายพราหมณ์, ณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และอัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2556. ความอุดมสมบูรณ์ของแพลงก์ตอนสัตว์บริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันตก. ใน ประมวลผลงานวิจัยการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2555. วันที่ 17 – 19 ตุลาคม พ.ศ. 2555 ณ โรงแรมดิวันนา กรุงเทพมหานคร. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 342 – 353.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. แพลงก์ตอนสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- ศิริลักษณ์ ช่วยพินิจ, ประเสริฐ ทองหนู่น้อย, ณิชฐินี เอี่ยมสมบูรณ์, อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์. 2540. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนสัตว์ในป่าชายเลน: กรณีศึกษาคลองสิเกา จังหวัดตรัง และบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร. ใน การสัมมนาในระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 "การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน: บทเรียนในรอบ 20 ปี". ณ โรงแรม เจ.บี. หาดใหญ่ จ.สงขลา หน้า III – 2, 25 – 28 สิงหาคม 2540.
- อธิภา พรหมทอง. 2546. วิธีการศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์. ใน คู่มือวิธีการประเมินแบบรวดเร็วเพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพื้นที่ชายฝั่งทะเล: ระบบนิเวศป่าชายเลน. ณิชฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ, บรรณาธิการ. กรุงเทพมหานคร: ประสพชัยการพิมพ์. หน้า 167 – 217.
- Graham, W.M., Pagès, F. and Hamner, W.M. 2001. A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. Hydrobiologia, 451, 199 – 212.
- Haghi, M., Savari, A., Madiseh, S.D. and Zakeri, M. 2010. Abundance of pelagic chaetognath in northwestern Persian Gulf. Plankton and Benthos Research, 5(1), 44 – 48.
- Krumme, U. and Liang, T. H. 2004. Tidal – Induced Changes in a Copepod – Dominated Zooplankton Community in a Macrotidal Mangrove Channel in Northern Brazil. Zoological Studies. 43 (2): 404 – 414.
- Raymont, J.G.E. 1983. Plankton and Productivity in the Oceans. 2nd ed., Vol. 2, Oxford: Pergamon Press,
- Robertson, A. I. and Blaber, S. J. M. 1992. Plankton, Epibenthos and Fish Communities. In Tropical Mangrove Ecosystems – (Coastal and Estuarine Series). Robertson, A. I. and Alongi, D. M., eds. The American Geophysical Union: Washington, D.C., United States. pp. 173 – 224.

**การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
อย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค**

**Carbon Footprint for Organization and Sustainability Reduction of Greenhouse Gas
Emissions for Regional Environmental Office**

พัชรี ศรีรอด^{1✉} และ วิสาखा ภู่จินดา¹

Patcharee Srirod^{1✉} and Wisakha Phoochinda¹

¹ คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

¹ Graduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail: pansrirod@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และเสนอแนวทางการลด การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากรายงานการปล่อยและดูดกลับ ก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2559 แบบสอบถามข้อมูลและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) ในปีงบประมาณ 2560-2561 ซึ่งมีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂e) ที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานต่างๆ ขององค์กร และก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2559 เท่ากับ 1,412.09 tonCO₂e ต่อปี แบ่งออกเป็นประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร เท่ากับ 558.13 tonCO₂e ต่อปี ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร เท่ากับ 676.06 tonCO₂e ต่อปี และประเภทที่ 3 รายงานแยกเพิ่มเติม เท่ากับ 177.90 tonCO₂e ต่อปี โดยประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร ได้แก่ กิจกรรมการใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.88 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

โดยแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคาร การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบทำความเย็นเป็นระบบประหยัดพลังงาน การวางแผนก่อนออกเดินทางไปราชการทุกครั้ง การขับรถสำนักงานด้วยความเร็วที่ประหยัดน้ำมัน การมีมาตรการลดการใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นชนิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เป็นต้น

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

ABSTRACT

The objectives of this research are to analyze and assess Carbon Footprint of Organization and to suggest reduction of greenhouse gas emissions for Regional Environmental Office. By analyzing information from the Report of the emissions and absorption of greenhouse gases for Regional Environmental Office in fiscal year 2559. Questionnaire was used as a tool to collect data and assess Carbon Footprint of Organization for Regional Environmental Office 7 (Saraburi) in fiscal year 2560-2561. Carbon footprint of each activities in the office is calculated in term of the carbon dioxide equivalent (CO₂e), which contribute to greenhouse gas emissions. This approach is used to assess the carbon footprint of the organization by Greenhouse Gas Management Organization. (Public Organization).

The results showed that the amount of greenhouse gas emissions of Regional Environmental Office is 1,412.09 tonCO₂e per year, which can be divided into 3 type: type 1, the emissions direct (Direct Emission) is 558.13 tonCO₂e per year, type 2 emissions indirectly from the energy (Energy Indirect Emission) is 676.06 tonCO₂e per year, and the additional report type is 177.90 tonCO₂e per year. Type 2 emissions indirectly from the energy (Energy Indirect Emission) is the use of electricity in the Regional Environmental Office generated the highest greenhouse gas emission at 47.88 percent of the emissions on the type 1, type 2 and additional report type more compared to the personnel on the greenhouse gas emissions equivalent to 2.70 tonCO₂e per year.

Measures of Reduction of Greenhouse Gas Emissions for Regional Environmental Office involve introducing new technology to reduce greenhouse gases, such as solar energy for buildings, changing electrical equipment and cooling systems into energy saving systems, planning before leaving for government service every time, driving office cars at an economical speed, having measures to reduce electricity usage of the office, changing air conditioners using low-emissions refrigerants etc.

Keywords: carbon footprint for organization, reduction of greenhouse gas emissions, Regional Environmental Office

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ท้าทายมนุษยชาติมากที่สุดอันหนึ่งในศตวรรษที่ 21 ปัญหานี้เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) สู่ชั้นบรรยากาศโลกมากเกินไปจนเกินสมดุลธรรมชาติ ทำให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกไม่สามารถระบายออกสู่บรรยากาศชั้นนอกของโลกได้ จึงเกิดการกักเก็บความร้อนหรือที่เรียกกันว่า ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตที่สำคัญ ได้แก่ การละลายของภูเขาน้ำแข็งและธารน้ำแข็ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและมหาสมุทร ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ และการเกิดพายุและภัยธรรมชาติที่รุนแรงและบ่อยครั้งขึ้น เป็นต้น (มิ่งสรรพ ขาวสอาด และกอบกุล ราชะนาคร, 2553: 7) ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกตื่นตัวในการดำเนินงาน เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งจากการคำนวณหาปริมาณการติดตามตรวจสอบ การรายงานผล การทวนสอบการปล่อยหรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการริเริ่ม

แผนงาน เพื่อจำกัดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ โดยประเทศไทยมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมลดก๊าซเรือนกระจกพร้อมกันกับนานาประเทศ และได้กำหนดเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 7-20 โดยความสมัครใจ ดังนั้น ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องจึงต้องมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากส่วนที่ตนรับผิดชอบ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559: 3)

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกปี พ.ศ. 2554 ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2558: 15) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent, CO₂e) ประกอบด้วย ภาคพลังงานปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นรวม 222.94 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภาคกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นรวม 18.23 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ภาคเกษตรกรรมปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นรวม 52.92 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และภาคของเสียปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นรวม 11.43 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อรวมการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 43.19 และ -114.13 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับแล้ว การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของประเทศไทยจะมีค่าลดลงเหลือ 234.58 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เนื่องจากการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ -70.94 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งแสดงข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กรจากกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งการผลิตและการบริการขององค์กรนั้น และจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในระดับหน่วยงาน บริษัท โรงงาน ระดับอุตสาหกรรม และระดับประเทศ อีกทั้งสามารถใช้เป็นเครื่องมือประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น และช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้แก่ผู้ประกอบการและธุรกิจของไทยให้สามารถแข่งขันได้ในเวทีการค้าโลก ตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐต้องรายงานปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Reporting) ขององค์กรต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2559: 5-6)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค สังกัดสำนักปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และจะต้องดำเนินการขับเคลื่อนด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะการส่งเสริมหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคการศึกษา และภาคประชาชน การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะสามารถเป็นหน่วยงานต้นแบบให้กับหน่วยงานอื่นได้ และเป็นตัวอย่างที่ดีในการส่งเสริมให้หน่วยงานอื่นปฏิบัติตาม ตลอดจนเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่หน่วยงานภาครัฐต้องรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อใช้เป็นแนวทางบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย โดยผู้ศึกษาจะวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค และเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อวิเคราะห์และประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค
- 2) เพื่อเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

3. ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตด้านเนื้อหา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ประกอบด้วย

- ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค เช่น การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Diesel) การใช้รถยนต์สำนักงาน (Gasohol 95) การใช้รถยนต์สำนักงาน (Gasohol 91) การใช้ Ethanol ในห้องปฏิบัติการ การใช้ Acetylene ในห้องปฏิบัติการ ห้องน้ำ (ระบบ septic tank) การทำปุ๋ยหมัก การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบตู้เย็น ตู้กดน้ำ ตู้แช่ และตู้บ่ม (R-134A) เป็นต้น

- ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยอ้อมจากการใช้พลังงานที่ถูกนำมาจากภายนอก เพื่อใช้งานภายในสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นก๊าซเรือนกระจกที่พิจารณาเพิ่มเติม เช่น การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศ (R-22) การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ และตู้บ่ม (R-22) เป็นต้น

ขอบเขตด้านพื้นที่: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16

ขอบเขตด้านประชากร: บุคลากรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

ขอบเขตด้านระยะเวลา: ปีงบประมาณ 2559-2561 (1 ตุลาคม 2558 - 30 กันยายน 2561)

วิธีการวิจัย

1. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

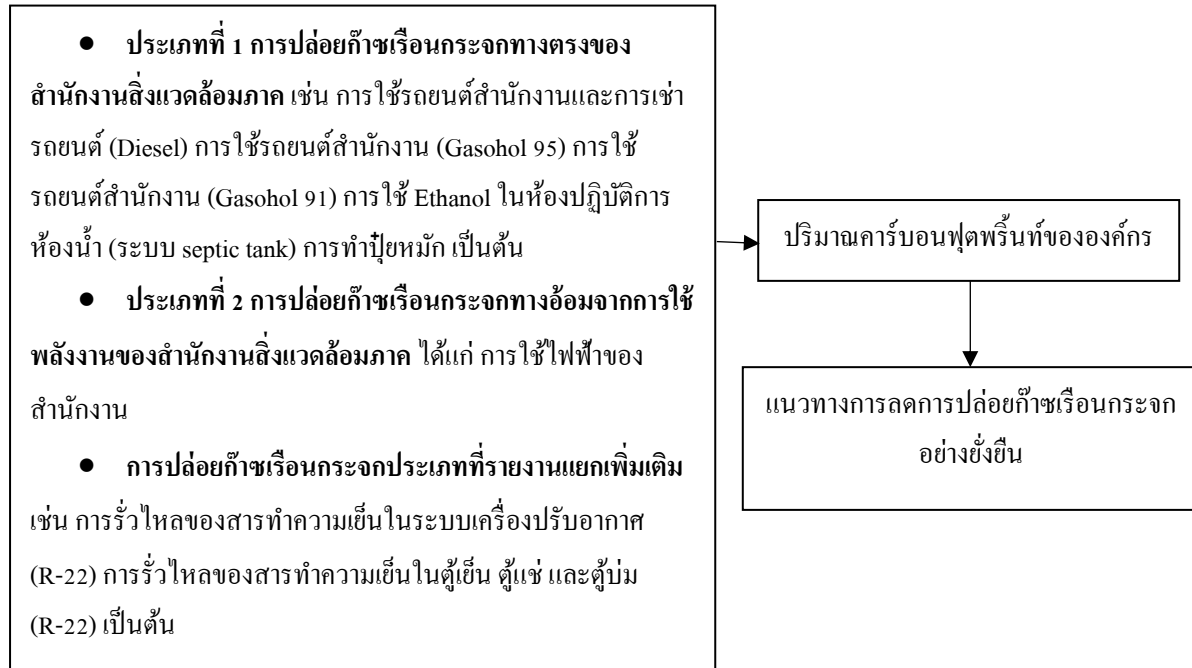
การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ โดยเก็บข้อมูลปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคจากรายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2559 แบบสอบถามข้อมูลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2560-2561 และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) ในปีงบประมาณ 2560-2561 ซึ่งคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ที่เกิดจากกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ ขององค์กรตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยใช้สูตร ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม $\times$ ค่าการปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคจากแบบสัมภาษณ์ โดยเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) เป็นตัวแทนของทุกสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค จำนวน 7 คน ประกอบด้วยผู้อำนวยการและคณะทำงานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี)

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2559 แยกตามประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม ในรูปแบบร้อยละ และวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

ต่อบุคลากรและพื้นที่ใช้สอย นอกจากนี้ยังวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบางสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ในปีงบประมาณ 2559-2561

3. กรอบแนวคิด



3.1 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

3.1.1 ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงของสำนักงานสิ่งแวดล้อม ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่ 1 ปีงบประมาณ 2559 พบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 558.13 tonCO₂e เมื่อวิเคราะห์ตามกิจกรรม พบว่า การใช้รถยนต์สำนักงาน และการเช่ารถยนต์ (Diesel) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 86.56 รองลงมาเป็นห้องน้ำ (ระบบ Septic tank) คิดเป็นร้อยละ 7.61 การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Gasohol 91) คิดเป็นร้อยละ 3.52 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-410a) คิดเป็นร้อยละ 0.87 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (R-134A) คิดเป็นร้อยละ 0.33 การใช้รถยนต์สำนักงาน (Gasohol 95) คิดเป็นร้อยละ 0.32 การใช้เครื่องตัดหญ้า (Gasohol 95) คิดเป็นร้อยละ 0.23 ตามลำดับ แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่ 1 ปีงบประมาณ 2559

กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	ร้อยละ
การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Diesel)	483.12	86.56
ห้องน้ำ (ระบบ Septic tank)	42.46	7.61
การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Gasohol 91)	19.67	3.52

กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่ 1	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	ร้อยละ
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-410a)	4.88	0.87
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (R-134A)	1.82	0.33
การใช้รถยนต์สำนักงาน (Gasohol 95)	1.81	0.32
การใช้เครื่องตัดหญ้า (Gasohol 95)	1.30	0.23
การใช้เครื่องตัดหญ้า (Gasohol 91)	0.67	0.12
การทำปุ๋ยหมัก	0.60	0.11
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-32)	0.49	0.09
การใช้รถยนต์สำนักงาน (NGV)	0.20	0.04
ระบบบำบัดน้ำเสีย (ระบบ Anaerobic Filter Media)	0.20	0.04
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (HFC-134A)	0.17	0.03
การใช้เรือ (Gasohol 91)	0.09	0.02
การใช้ Ethanol ในห้องปฏิบัติการ	0.11	0.02
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (R407 C)	0.09	0.02
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (R-500)	0.10	0.02
การใช้ก๊าซ Acetylene ในห้องปฏิบัติการ	0.08	0.01
การใช้น้ำมันสำหรับการซ่อมดับเพลิง (Gassoline 91)	0.04	0.01
การใช้เรือ (Gasohol 95)	0.04	0.01
การใช้น้ำมันสำหรับการซ่อมดับเพลิง (LPG)	0.05	0.01
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น (R-410A)	0.08	0.01
การใช้น้ำมันสำหรับการซ่อมดับเพลิง (Gassoline 95)	0.01	0.00
การใช้น้ำมันสำหรับการซ่อมดับเพลิง (Diesel)	0.01	0.00
การใช้เครื่องปั่นไฟ (Gasohol 91)	0.01	0.00
การใช้ Methanol ในห้องปฏิบัติการ	0.01	0.00
การทำน้ำหมักชีวภาพ	0.01	0.00
รวม	558.13	100.00

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)

3.1.2 ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่ 2 ปีงบประมาณ 2559 พบว่า การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 676.06 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า

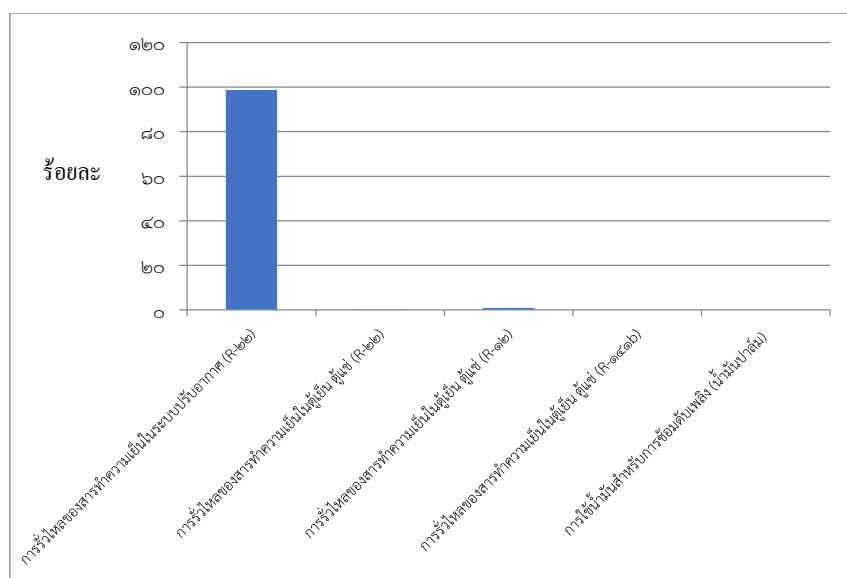
3.1.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติมของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม ปีงบประมาณ 2559 พบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 177.90 tonCO₂e เมื่อวิเคราะห์ตามกิจกรรม พบว่า การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 98.76 รองลงมาเป็น การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-12) คิดเป็นร้อยละ 0.91 การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-22) คิดเป็นร้อยละ 0.31 และการรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-141b) คิดเป็นร้อยละ 0.02 ตามลำดับ แสดงตามตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติมของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559

กิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	ร้อยละ
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22)	175.69	98.76
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-22)	0.55	0.31
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-12)	1.62	0.91
การรั่วไหลของสารทำความเย็นในตู้เย็น ตู้แช่ (R-141b)	0.04	0.02
การใช้น้ำมันสำหรับการซ่อมดับเพลิง (น้ำมันปาล์ม)	0.01	0.00
รวม	177.90	100.00

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)



ภาพที่ 1 ร้อยละของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติมของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559

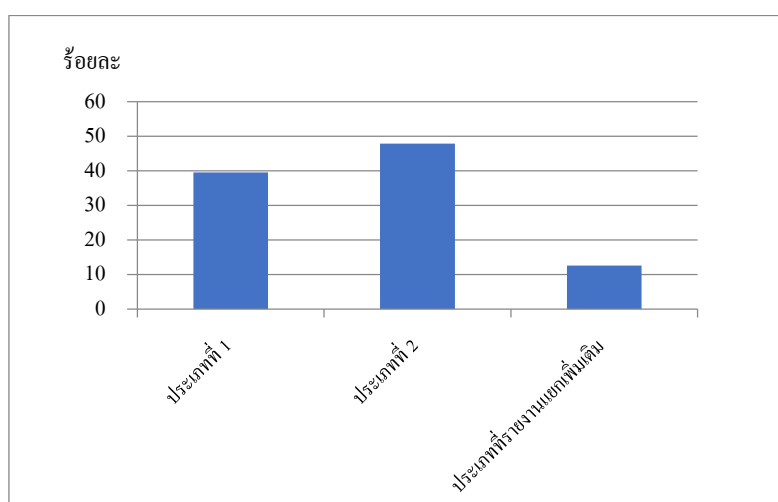
3.1.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแยกตามประเภท ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปังบประมาณ 2559 พบว่า การดำเนินงานขององค์กรก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1,412.09 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อวิเคราะห์ตามประเภท พบว่า ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.88 รองลงมาเป็นประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร คิดเป็นร้อยละ 39.53 และประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 12.60 ตามลำดับ แสดงตามตารางที่ 3 และภาพที่ 2

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแยกตามประเภท ปีงบประมาณ 2559

ประเภท	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	ร้อยละ
ประเภทที่ 1	558.13	39.53
ประเภทที่ 2	676.06	47.88
ประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม	177.90	12.60
รวม	1,412.09	100.00

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)



ภาพที่ 2 ร้อยละของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแยกตามประเภท ปีงบประมาณ 2559

3.1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อบุคลากร ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อบุคลากร ปีงบประมาณ 2559 พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อบุคลากร เท่ากับ 2.70 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อวิเคราะห์ตามรายสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อบุคลากรมากที่สุด เท่ากับ 4.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมาเป็นสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4 (นครสวรรค์) เท่ากับ 3.71

ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อบุคลากร น้อยที่สุด เท่ากับ 1.93 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แสดงตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อบุคลากร ปีงบประมาณ 2559

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	จำนวน บุคลากร* (คน)	การปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ต่อบุคลากร (tonCO ₂ e/คน)
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 (เชียงใหม่)	70.24	31	2.27
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 (ลำปาง)	70.10	31	2.26
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก)	121.19	30	4.04
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4 (นครสวรรค์)	114.96	31	3.71
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (นครปฐม)	82.44	33	2.50
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 (นนทบุรี)	101.53	32	3.17
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี)	77.93	32	2.44
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี)	100.25	35	2.86
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 9 (อุดรธานี)	64.00	32	2.00
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 (ขอนแก่น)	96.72	40	2.42
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 (นครราชสีมา)	93.81	34	2.76
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (อุบลราชธานี)	93.25	33	2.83
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี)	102.23	31	3.30
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 14 (สุราษฎร์ธานี)	79.15	35	2.26
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต)	57.86	30	1.93
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (สงขลา)	86.45	33	2.62
รวม	1,412.11	523	2.70

หมายเหตุ: *จำนวนบุคลากร ปีงบประมาณ 2559 ณ วันที่ 30 กันยายน 2559

ที่มา: สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)

3.1.6 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อพื้นที่ใช้สอย ปีงบประมาณ 2559

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อพื้นที่ใช้สอย ปีงบประมาณ 2559 พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย เท่ากับ 0.02 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อวิเคราะห์ตามราย สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (นครปฐม) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย มากที่สุด เท่ากับ 0.13 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า รองลงมาเป็นสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก) เท่ากับ 0.10 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 (นนทบุรี) สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 (ขอนแก่น) สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 14 (สุราษฎร์ธานี) และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.01 ดันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เท่ากัน แสดงตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อพื้นที่ใช้สอย ปีงบประมาณ 2559

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค	ปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)	พื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร)	การปล่อย ก๊าซเรือนกระจก ต่อพื้นที่ใช้สอย (tonCO ₂ e/ตารางเมตร)
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1 (เชียงใหม่)	70.24	1,008	0.07
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 (ลำปาง)	70.10	1,441	0.05
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก)	121.19	1,200	0.10
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 4 (นครสวรรค์)	114.96	2,880	0.04
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 5 (นครปฐม)	82.44	653	0.13
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 6 (นนทบุรี)	101.53	11,520	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี)	77.93	3,117	0.03
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี)	100.25	11,360	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 9 (อุดรธานี)	64.00	950	0.07
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 (ขอนแก่น)	96.72	8,000	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 (นครราชสีมา)	93.81	2,236	0.04
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12 (อุบลราชธานี)	93.25	2,400	0.04
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี)	102.23	10,648	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 14 (สุราษฎร์ธานี)	79.15	12,800	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต)	57.86	4,304	0.01
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 16 (สงขลา)	86.45	1,057	0.08
รวม	1,412.11	64,214	0.02

ที่มา: แบบสอบถามข้อมูลและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)

3.1.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบางสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559-2561

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบางสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559-2561 พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงทุกปี ได้แก่ ปีงบประมาณ 2559 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 102.23 ดันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ปีงบประมาณ 2560 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ เท่ากับ 94.98 ดันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และปีงบประมาณ 2561 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 86.57 ดันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) มีปริมาณการปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกเพิ่มขึ้นทุกปี ได้แก่ ปีงบประมาณ 2559 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 77.94 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ปีงบประมาณ 2560 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ เท่ากับ 87.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และปีงบประมาณ 2561 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 103.66 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แสดงตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบางสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559-2561

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (tonCO ₂ e)		
	ปีงบประมาณ 2559	ปีงบประมาณ 2560	ปีงบประมาณ 2561
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 2 (ลำปาง)	70.10	92.18	61.92
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี)	77.94	87.60	103.66
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 (ราชบุรี)	100.25	87.13	92.79
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี)	102.23	94.98	86.57
รวม	350.52	361.79	345.07

ที่มา: แบบสอบถามข้อมูลและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, (2561)

3.1.8 อภิปรายผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559 พบว่า กิจกรรมการดำเนินงานประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.88 เนื่องจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคเป็นหน่วยงานภาครัฐที่มีห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทำให้มีอุปกรณ์และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ต้องการใช้ไฟฟ้าสูง ซึ่งเกิดจากตัวเครื่องมือเองและเกิดจากเครื่องปรับอากาศ เพราะเครื่องมือบางตัวมีมาตรฐานจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้อุณหภูมิห้องต่ำในการเปิดเครื่องและวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ การดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคยังมีจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก ทำให้การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

กิจกรรมการดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมา ได้แก่ กิจกรรมการดำเนินงานประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) คิดเป็นร้อยละ 39.53 โดยกิจกรรมการใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Diesel) ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เนื่องจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีทั้งหมด 16 แห่ง สำนักงานตั้งอยู่ในพื้นที่ 16 จังหวัด แต่ละสำนักงานมีพื้นที่รับผิดชอบครอบคลุมหลายจังหวัด เมื่อรวมทุกสำนักงานจะครอบคลุมทุกจังหวัดทั่วประเทศ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแต่ละที่จึงมีความจำเป็นต้องเดินทางไปราชการในพื้นที่ต่างจังหวัดที่สำนักงานรับผิดชอบ และรถยนต์สำนักงานกับรถยนต์เช่าส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิง Diesel ทำให้การใช้เชื้อเพลิงชนิด Diesel ของรถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของการดำเนินงานประเภทที่ 1

ส่วนกิจกรรมการดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม พบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) เนื่องจากสำนักงาน

สิ่งแวดล้อมภาคเป็นหน่วยงานที่ปรับเปลี่ยนมาจากหน่วยงานอื่นที่มีการก่อตั้งมานานหลายสิบปี ทำให้เครื่องปรับอากาศมีอายุการใช้งานมานาน และเป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่ใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 ที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าสารทำความเย็นชนิดอื่น ๆ โดยสารทำความเย็นชนิดอื่นที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าชนิด R-22 เช่น R-134a เป็นต้น

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อบุคลากร ปีงบประมาณ 2559 พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมทุกสำนักงานมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีไม่เกินค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยต่อคนต่อปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.3 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2554) โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 3 (พิษณุโลก) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีมากที่สุด เท่ากับ 4.04 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีน้อยที่สุด เท่ากับ 1.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อพื้นที่ใช้สอย ปีงบประมาณ 2559 พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคแต่ละภาคมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกัน เนื่องจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 เป็นการโอนกิจการบริหารและอำนาจหน้าที่ของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-12 สังกัดสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 1-12 (ยกเว้นกลุ่มงานสุขาภิบาลอาหาร กลุ่มงานอาชีวอนามัย และกลุ่มงานจัดหาน้ำสะอาด) กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข มาจัดตั้งเป็นสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 ดังนั้น พื้นที่ใช้สอยของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 จึงเป็นพื้นที่ใช้สอยเดิมของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-12 และศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 1-12 ซึ่งทำให้พื้นที่ใช้สอยของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16 มีความแตกต่างกัน และส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ใช้สอยที่แตกต่างกัน

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของบางสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559-2561 พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงทุกปี เนื่องจากผู้บริหารให้ความสำคัญในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงาน และบุคลากรของสำนักงานให้ความร่วมมือในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงาน โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีการปรับปรุงพื้นที่จังหวัดในความรับผิดชอบ ซึ่งสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) รับผิดชอบจังหวัดที่ต้องเดินทางไปราชการไกลขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มเครื่องปรับอากาศที่ต้องคำนวณการรั่วไหลของสารทำความเย็นคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากได้รับเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อมของห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น ซึ่งมีมาตรฐานจำนวนชั่วโมงที่ต้องใช้อุณหภูมิห้องต่ำในการเปิดเครื่องและวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค

แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมาจากการแบบสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ คือ ผู้อำนวยการและคณะทำงานการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) แบ่งออกเป็น การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559 พบว่า กิจกรรมการดำเนินงานประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคจากการใช้ไฟฟ้าขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคาร การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบทำความเย็นเป็นแบบประหยัดพลังงาน

การมีมาตรการลดการใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน เช่น การเปิดเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศา การกำหนดเวลาในการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ การปิดไฟดวงที่ไม่จำเป็นหรือไม่ได้ใช้งาน การปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในเวลาพักเที่ยง เป็นต้น

กิจกรรมการดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมา ได้แก่ กิจกรรมการดำเนินงานประเภท 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) โดยกิจกรรมการใช้รถยนต์สำนักงาน และการเช่ารถยนต์ (Diesel) ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด สำหรับแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคจากการใช้เชื้อเพลิงประเภท Diesel ของรถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ เช่น การวางแผนก่อนออกเดินทางไปราชการทุกครั้ง การขับรถสำนักงานด้วยความเร็วที่ประหยัดน้ำมัน การเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุดในการเดินทางไปราชการ เพื่อช่วยในเรื่องการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการประหยัดเวลา เป็นต้น

กิจกรรมการดำเนินงานของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม พบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) โดยแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) เช่น สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคควรพิจารณาการจัดซื้อเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นชนิดอื่นที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า เช่น สารทำความเย็นชนิด R-134a นอกจากนี้สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคควรมีการตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคต่อบุคลากร ปีงบประมาณ 2559 พบว่า สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศอย่างมาก ดังนั้น สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคอื่น ๆ ควรมีการศึกษาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) เพื่อให้ทุกสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคสามารถเป็นหน่วยงานต้นแบบในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้เหลือน้อยลงได้มากที่สุด โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 15 (ภูเก็ต) มีมาตรการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นแบบประหยัดพลังงาน การวางแผนก่อนออกเดินทางไปราชการ การขับรถสำนักงานด้วยความเร็วที่ประหยัดน้ำมัน เป็นต้น

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค ปีงบประมาณ 2559 พบว่าการดำเนินงานขององค์กรก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 1,412.09 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อวิเคราะห์เป็นรายประเภท พบว่า กิจกรรมการดำเนินงานประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.88 รองลงมาเกิดจากกิจกรรมประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 39.53 โดยกิจกรรมของประเภทที่ 1 ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Diesel) คิดเป็นร้อยละ 86.56 และประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 12.60 โดยกิจกรรมของประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม

ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) คิดเป็นร้อยละ 98.76 โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคควรมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรอย่างยั่งยืนของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค จากกิจกรรมการดำเนินงานประเภท 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร (Direct Emission) ได้แก่ การใช้รถยนต์สำนักงานและการเช่ารถยนต์ (Diesel) เช่น การวางแผนก่อนออกเดินทางไปราชการทุกครั้ง การขับรถสำนักงานด้วยความเร็วที่ประหยัดน้ำมัน การเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุดในการเดินทางไปราชการ เป็นต้น จากกิจกรรมการดำเนินงานประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร (Energy Indirect Emission) ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน สิ่งแวดล้อมภาค เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคาร การเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบทำความเย็นเป็นแบบประหยัดพลังงาน และการมีมาตรการลดการใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน เป็นต้น และจากกิจกรรมประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม ได้แก่ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ (R-22) เช่น ควรพิจารณาการจัดซื้อเครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นชนิดที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย เช่น สารทำความเย็นชนิด R-134a และควรมีการตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

มิ่งสรรพ ขาวสอาด และกอบกุล ราชะนาค. (2553). นโยบายสาธารณะเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.

เชียงใหม่: ล็อกอินดิไซน์เวิร์ค.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). รายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี ฉบับที่ 1

ภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16. (2561). รายงานการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร. กรุงเทพมหานคร:

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โครงการส่งเสริม

การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2559). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. กรุงเทพมหานคร:

บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด.

การใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจของพืชในป่าเสม็ดต่อท้องถิ่น อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
Utilization and Economic Value of Plants in Melaleuca Forest for Local Community, Sikao District,
Trang Province

วิกัญดา แสงเงิน¹✉, ขวัญตา ตันติกำธน¹, กนกรัตน์ รัตนพันธุ์¹ และ สุวิทย์ จิตรภักดี¹
Wikanda Sangnguen¹✉, Khwanta Tantikamton¹, Kanokrat Rattanapan¹ and Suwit Jitpukdee¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

¹Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang campus

Corresponding E-mail : wik_da@hotmail.com ✉

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจของชนิดพันธุ์พืชป่าเสม็ด ในพื้นที่ศึกษา ตำบลไม้ฝาด ตำบลบ่อหิน และตำบลเขาไม้แก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เครื่องมือการวิจัยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ จากตัวแทนครัวเรือนและปราชญ์ชาวบ้าน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง ทั้งหมด 120 ครัวเรือน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติร้อยละ ร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการสำรวจขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ดและจัดทำแผนที่

ผลการศึกษาพบว่า การนำพืชจากป่าเสม็ดมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ ใช้เป็นอาหาร จำหน่ายในท้องตลาดของท้องถิ่น ทำวัสดุก่อสร้าง, ทำเรือ, ยาสมุนไพร และไม้ประดับ ชนิดพันธุ์พืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ด้านการบริโภคมากที่สุดมีทั้งสิ้น 6 ชนิด ได้แก่ เสม็ดแดง (*Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra) ผักหวานป่า (*Champereia manillana* (Blume) Merr.) ผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz.) Sw.) มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* Linn) หลาวชะโอน (*Oncosperma tigillaria* (Jack) Ridl) และสมุยป่า (*Micromelum minutum* G.Forst.) โดยมีการใช้ประโยชน์ถึงร้อยละ 70.83 ด้วยการนำไปหรือยัดออ่อนไปเป็นเครื่องเคียงน้ำพริก และแกงเลียง รองลงมาคือการนำไม้มาใช้ด้านก่อสร้าง ร้อยละ 39.17 เช่น ก้นกระรา (*Fagraea fragrans* Roxb) เถียงพ้านางแอ (*Carallia brachiata* (Lour) Merr.) และคันทัน (*Calophyllum pulcherrimum* Wall.) เป็นต้น พื้นที่ป่าเสม็ดที่มีการเข้าไปใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ตำบลไม้ฝาด ซึ่งมีพื้นที่ป่าเสม็ด 844.02 ไร่ นอกจากนี้จากการศึกษาคุณค่าทางเศรษฐกิจ พบว่า มูลค่าทางเศรษฐกิจของการบริโภค คิดเป็นมูลค่า 12,943 บาทต่อปี และมูลค่าทางเศรษฐกิจของการจำหน่าย คิดเป็นมูลค่า 202,850 บาทต่อปี

คำสำคัญ: ป่าเสม็ด การใช้ประโยชน์ มูลค่าทางเศรษฐกิจ

Abstract

The purposes of this research were to survey the utilization and economic value of plants in the Melaleuca forest at Mai - Fad, Bo – Hin and Khao Mai Kaeo sub district in Sikao district, Trang province. Questionnaires and interviews were used as research tools by collecting data from households and local wisdom villagers. The questionnaires were use to specific sampling of local people in 120 households. Data were analyzed by percentage and using geographic information system (GIS) for mapping.

The results found that Melaleuca forest utilization by local people were food, sale as food in local market, general construction materials, boatbuilding materials, herbal medicine and decoration. The most 6 species of most used plants for food (70.83%) were *Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra, *Champereia manillana* (Blume) Merr., *Diplazium esculentum* (Retz.) Sw., *Anacardium occidentale* Linn, *Oncosperma tigillaria* (Jack) Ridl, and *Micromelum minutum* (G.Forst.). Of these, local people using them for fresh vegetable and vegetable soup. The second utilization was construction materials (39.17%) including *Fagraea fragrans* Roxb, *Carallia brachiata* (Lour) Merr., and *Calophyllum pulcherrimum* Wall. The Melaleuca forest area that most people use was in Mai – Fad sub district which the area was 844.02 rai. In addition, economic value of plants of Melaleuca forest for consumption were 12,943 baht/year and value of plants in Melaleuca forest for sale were 202,850 baht/year.

Keyword: Melaleuca forest, Utilization, Economic value

บทนำ

ป่าเสม็ดหรือป่าพรุเปลี่ยนสภาพ เป็นสังคมป่าดงดิบชนิดพิเศษชนิดหนึ่ง ที่มีคุณค่าทางด้านนิเวศวิทยา (จิตรประภา นุ่มนวล, 2554) ให้คุณประโยชน์แก่มวลมนุษย์ ไม่น้อยไปกว่าพืชชนิดอื่น อีกทั้งยังมีศักยภาพในเชิงเศรษฐกิจและพันธุ์ไม้ที่หายากอีกหลายชนิดในประเทศไทย (กมลวรรณ เรือนก้อน และฐิติมา บุญมา, 2557) นอกจากนี้ทรัพยากรป่าเสม็ดเอื้อประโยชน์ให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโดยรอบ มีวิธีการดำรงชีวิตเกี่ยวพันกับพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาตั้งแต่อดีต (กิตติภพ จันทรประวัติ, 2557; รอสานี เจะแม 2558) โดยการนำชนิดพันธุ์พืชจากป่าเสม็ด มาบริโภคเป็นอาหาร เนื่องจากพันธุ์พืชพื้นบ้านสามารถนำมาปรุงอาหารได้ง่าย รวมทั้งอาหารพื้นเมืองที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุ สารอาหารที่เป็นประโยชน์แก่ร่างกาย มีสรรพคุณเป็นสมุนไพร ซึ่งสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมในท้องถิ่น (สุภาพร พงศ์ธรพฤษ, 2557) รวมถึงการจำหน่าย เพื่อเป็นรายได้เสริมแก่ตนเองและครอบครัว (ดนกัธ กัณฐะลี, 2558)

จากการศึกษาพบว่า ป่าเสม็ดในพื้นที่อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ยังมีความอุดมสมบูรณ์ แต่เนื่องจากป่าเสม็ดในอำเภอสิเกา ยังเป็นป่าที่เปิดให้ชาวบ้านทั่วไปเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ ยังไม่มีกฎหมายในเชิงอนุรักษ์ เป็นเพียงข้อห้ามของ

ชุมชนที่บอกเล่าระหว่างกัน โดยไม่มีเป็นลายลักษณ์อักษร เช่น ห้ามตัดไม้ใหญ่ในผืนป่าเสม็ด เป็นต้น ที่ผ่านมาถึงแม้จะมีข้อห้ามของชุมชนดังกล่าว ยังพบการบุกรุกเพื่อใช้ประโยชน์ในพื้นที่ เช่น การปลูกปาล์มน้ำมันรุกเข้ามาในพื้นที่ป่าเสม็ดที่เป็นเขตของหน่วยงานราชการ นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากป่าเสม็ดของชาวบ้าน ยังมีการฝ่าฝืนกฎระเบียบของชุมชนที่วางไว้และมีการใช้ประโยชน์อย่างไม่ระมัดระวัง ข่มก่อกำเนิดการทำลายคุณภาพของระบบนิเวศ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ส่งผลเสียหายทางเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคงของประชาชนในพื้นที่ทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ในการสำรวจขอบเขตของพื้นที่ป่าเสม็ดที่ยังคงเหลืออยู่ในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เนื่องจากพบว่ายังไม่มีข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจของพืชในป่าเสม็ด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่ามีสำคัญอย่างยิ่ง ในการศึกษาเรื่องการใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจของพืชในป่าเสม็ด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและสารสนเทศ นำไปสู่การสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความตระหนักให้กับประชาชน ที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากป่าเสม็ด ตลอดจนทั้งผู้นำชุมชน องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การจัดการและการอนุรักษ์ป่าเสม็ดให้ยั่งยืนต่อไป

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา คือ ตำบลไม้ฝาด ตำบลบ่อหิน และตำบลเขาไม้แก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชน ตำบลไม้ฝาด ตำบลบ่อหิน และตำบลเขาไม้แก้ว อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง จำนวน 120 ครัวเรือน ซึ่งคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปของเครซีและมอร์แกน และการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) (Somyol Khumhangritthirong, 2016)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามการใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อท้องถิ่นของพืชในป่าเสม็ด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้ 1) ข้อมูลทั่วไป 2) การใช้ประโยชน์จากป่าเสม็ด 3) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการเก็บผักพื้นบ้าน 4) ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับป่าเสม็ดในปัจจุบัน

การศึกษการใช้ประโยชน์และคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อท้องถิ่นของพืชในป่าเสม็ด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง มีขั้นตอน ดังนี้

- 1) การกำหนดขอบเขตพื้นที่ของป่าเสม็ด ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เพื่อให้สามารถศึกษาพื้นที่ได้ในบริเวณกว้าง ด้วยวิธีการแปลตีความด้วยสายตา (On Screen Digitizing) จากแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม ที่ความละเอียด 1: 4000 ซึ่งเป็นความละเอียดที่สามารถมองเห็นความแตกต่างของพื้นที่ป่าต่างประเภทกันได้ เพื่อให้ได้ขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ด
- 2) ใช้แบบสอบถาม ที่สร้างขึ้นจากเอกสาร ข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย มีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อให้ข้อเสนอแนะในการ

ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และตรวจสอบค่าความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยการหาค่า (IOC: Index of Item Objective Condruence) และแบบสอบถามที่สร้างขึ้นค่า IOC ที่ได้อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.0 ซึ่งข้อคำถามที่นำไปใช้ได้ ต้องมีค่า $IOC \geq 0.5$ และมีการใช้กับกลุ่มทดลองที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 20 คน เพื่อนำไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) (จากเกณฑ์เลือกข้อที่มีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.7 ขึ้นไป) ดังนั้น แบบสอบถามที่สร้างขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

- 3) เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว
- 4) การสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้าน
- 5) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis) โดยใช้ค่าสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ และประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ชนิดพันธุ์พืชป่าเสม็ด จากสมการ

$$\text{มูลค่าทั้งหมด} = \sum_{Q=1}^m X \sum_{i=1}^n (Q_i \times P_i)$$

- โดยที่
- Q_i คือ ปริมาณผักพื้นบ้านทั้งหมดชนิดที่ i ที่ชาวบ้านเก็บหา
 - P_i คือ ราคาตลาดท้องถิ่นของผักพื้นบ้านชนิดที่ i
 - i คือ ชนิดของผักพื้นบ้าน
 - n คือ จำนวนชนิดของผักพื้นบ้านทั้งหมดที่มีการใช้ประโยชน์
 - Q คือ จำนวนชาวบ้านที่เก็บหาผักพื้นบ้าน
 - m คือ จำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่มีการใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

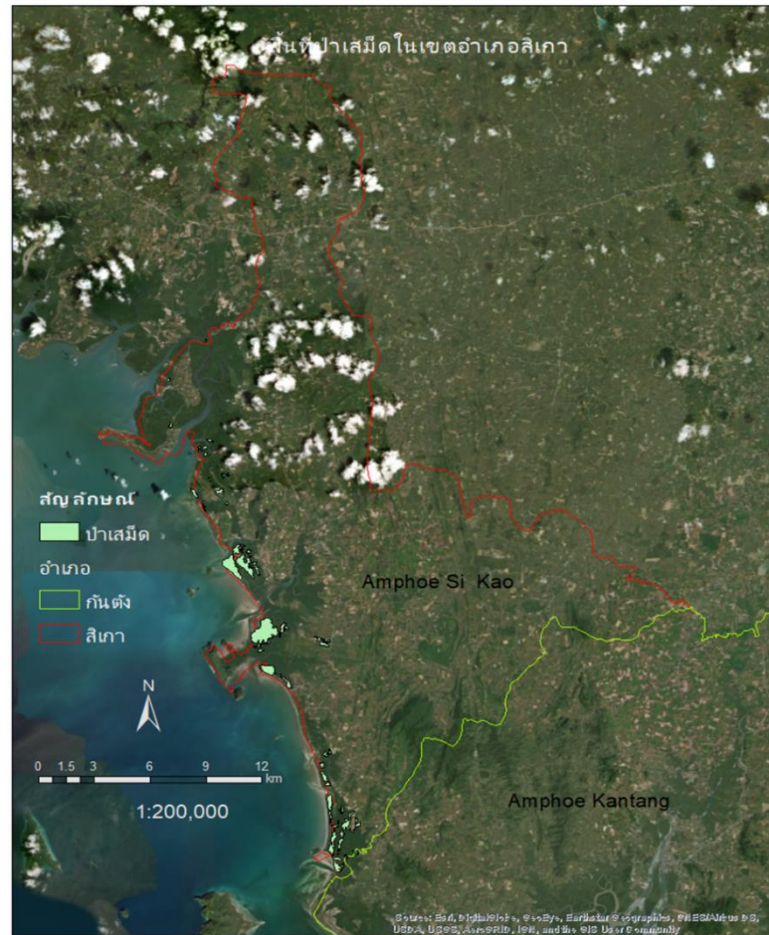
1. ขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ดอำเภอลิเกาจังหวัดตรัง

จากการศึกษาขอบเขตของพื้นที่ป่าเสม็ด อำเภอลิเกา จังหวัดตรัง ด้วยวิธีการดิจิทัล (Digitizing) ในการหาขอบเขตของพื้นที่ป่าเสม็ดในอำเภอลิเกา จังหวัดตรัง พบว่า พื้นที่อำเภอลิเกามีพื้นที่ป่าเสม็ดทั้งหมด 4,546.78 ไร่

ตำบลไม้ฝาดมีพื้นที่ 3,392.54 ไร่ พื้นที่ใหญ่สุด 844.02 ไร่ พื้นที่เล็กสุด 21.14 ไร่

ตำบลบ่อหินมีพื้นที่ 1,092.01 ไร่ พื้นที่ใหญ่สุด 452.40 ไร่ พื้นที่เล็กสุด 8.01 ไร่

ตำบลเขาไม้แก้วมีพื้นที่ 62.23 ไร่ พื้นที่ใหญ่สุด 22.76 ไร่ พื้นที่เล็กสุด 12.17 ไร่ สามารถแสดงได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่พื้นที่ป่าเสม็ดในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

1.1 ตำบลไม้ฝาด

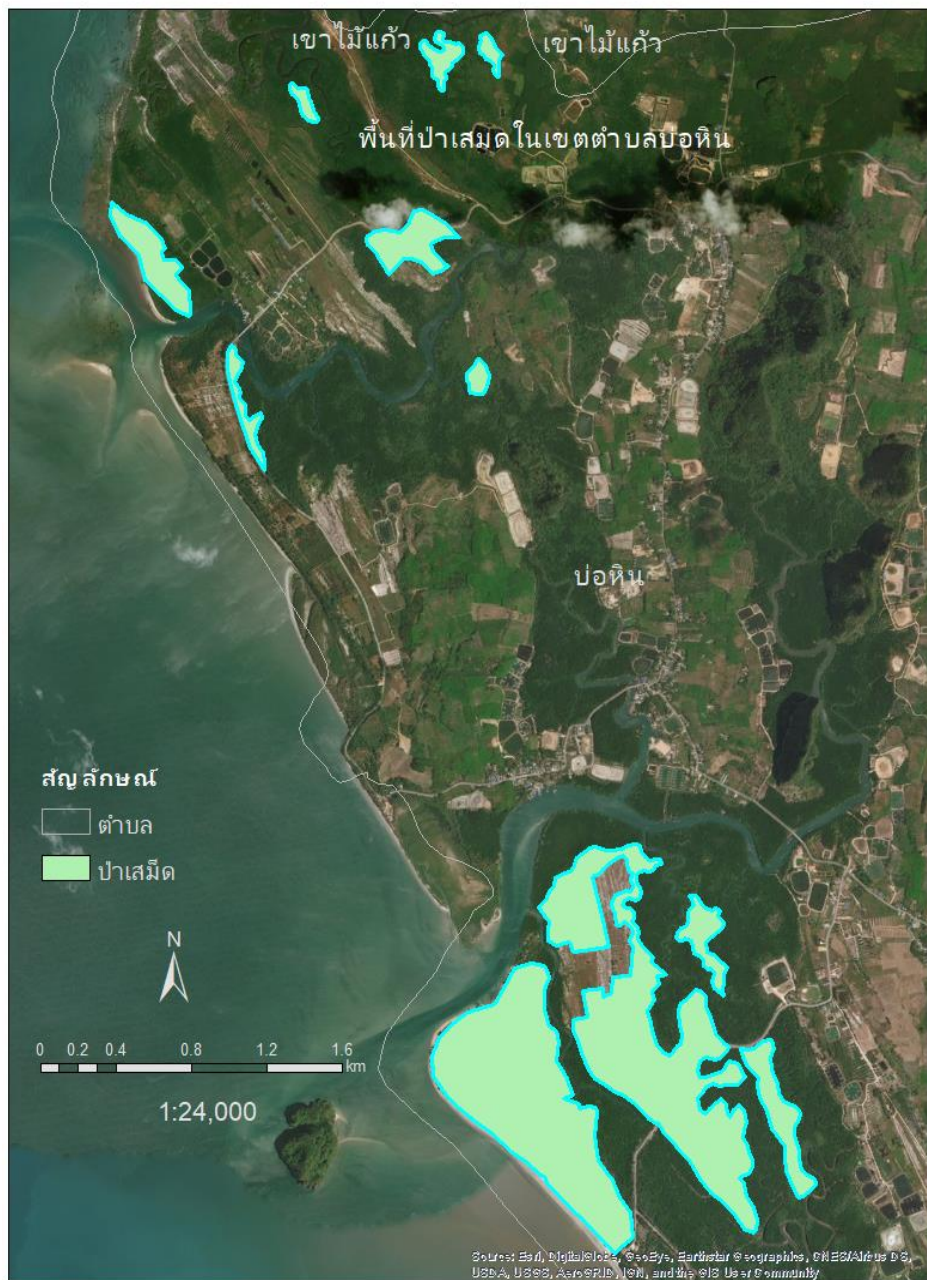
เขตตำบลไม้ฝาด พบมีป่าเสม็ดในพื้นที่ ทั้งหมด 14 แห่ง เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ใกล้เขต ตำบลบ่อหิน และพบเป็นพื้นที่แคบแต่เรียงตัวยาวไปตามแนวชายฝั่งจนถึงเขตพื้นที่ตำบลบางสัก แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ดในตำบลไม้ฝาด

1.2 ตำบลบ่อหิน

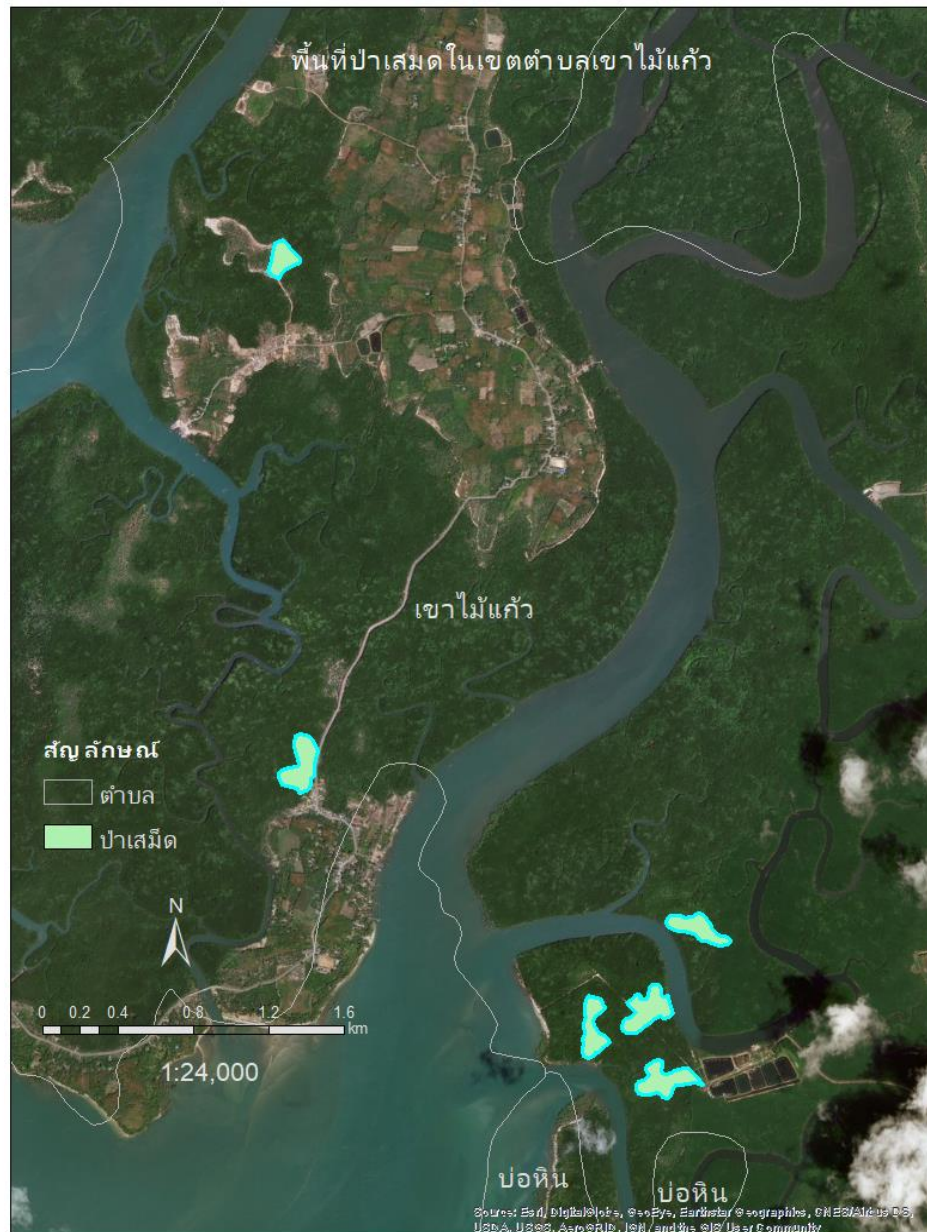
เขตตำบลบ่อหิน พบมีป่าเสม็ดทั้งหมด 11 แห่ง มีกระจายตัวบริเวณชายฝั่งทางทิศเหนือของพื้นที่ใกล้แนวเขต ตำบลเขาไม้แก้ว และเป็นพื้นที่ป่าเสม็ดขนาดใหญ่ 2 แห่ง ตอนใต้ของพื้นที่ บริเวณปากแม่น้ำตอนใต้ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ดในตำบลบ่อหิน

1.3 ตำบลเขาไม้แก้ว

เขตตำบลเขาไม้แก้ว พบมีการปรากฏของป่าเสม็ด 6 แห่ง โดยการกระจายตัวของป่าเสม็ดเป็น สามบริเวณ คือ ตอนทางเหนือของพื้นที่ ตอนกลางของพื้นที่ และพบมีการกระจุกตัวเป็นพื้นที่ย่อย สี่แห่งใกล้กับแนวเขตตำบลบ่อหิน แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ป่าเสม็ดในตำบลเขาไม้แก้ว

2. ข้อมูลทั่วไป ของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 60.83 โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41-50 ปี ร้อยละ 36.67 ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นอาชีพหลัก ร้อยละ 46.67 และไม่มีอาชีพเสริม ร้อยละ 83.33 พื้นที่ป่าเสม็ดที่มีการเข้าไปใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ตำบลไม้ฝาด ร้อยละ 70

3. การใช้ประโยชน์จากป่าเสม็ด

3.1 ชนิดพันธุ์พืชที่นำมาใช้ประโยชน์

จากการตอบแบบสอบถามการใช้ประโยชน์จากพันธุ์พืชในป่าเสม็ด ร่วมกับการสัมภาษณ์ปราชญ์ชาวบ้านพบว่า ชนิดพันธุ์พืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์มีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป พืช 1 ชนิด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งด้านอุปโภค-บริโภค ด้านสมุนไพรและด้านอื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น การทำเครื่องจักสาน การทำเครื่องมือประมง การประดับตกแต่งสวนบ้าน การทำเครื่องเล่นให้เด็กๆ เป็นต้น แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ชนิดและลักษณะการใช้ประโยชน์จากพันธุ์พืชในพื้นที่ป่าเสม็ด

ลำดับที่	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	ลักษณะการใช้ประโยชน์
1	หวายลิง	<i>Flagellaria indica.</i>	ดินเล็กไม่มีหนามใช้เย็บจาก
2	หว่า	<i>Syzygium cumini.</i>	รับประทานผลสุก
3	กันเกรา	<i>Fagraea feagrans</i> Roxb.	เนื้อไม้แข็ง ใช้ทำโครงสร้างบ้าน
4	หัสสุณ	<i>Spirolobium cambodianum</i> Baillon	เป็นยาสมุนไพร
5	เตยปาหนัน	<i>Pandanus odorifer</i> (Forssk.) Kuntze	ใช้ทำเลื้อและงานจักสาน
6	ติเมียบืออย่าง	<i>Henslowia umbellate</i> Bl.	รับประทานยอดอ่อน
7	กระแตไต่ไม้	<i>Drynaria quercifolia</i> (L.) J.Sm.	ใช้เป็นสมุนไพร
8	เสม็ดแดง	<i>Syzygium gratum</i> (Wight) S.N. Mitra	รับประทานยอดอ่อนและผลสุก เนื้อไม้ใช้ก่อสร้างทั่วไป
9	ทุ	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Aiton) Hassk.	ใช้ลำต้นทำไม้กวาด
10	ลิเกายูง	<i>Lygodium flexuosum</i> (L.) Sw.	ในอดีตใช้ประดับโรงศพ
11	นูกางคก	<i>Amorphophallus paeoniifolius</i> (Dennst.) Nicolson.	นำยอดอ่อนมาปรุงอาหาร
12	เถียงพรา้งนางแอ	<i>Carallia brachiata</i> (Lour) Merr.	ลำต้นใช้ก่อสร้างบ้านได้ แต่ไม่นิยมนำมาทำเสาบ้าน
13	ลำเท็ง	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm. f) Bedd.	รับประทานยอดอ่อน ย่านและลำต้น สามารถใช้ทำยา

			รักษาน้ำได้
--	--	--	-------------

ตาราง 1 ชนิดและลักษณะการใช้ประโยชน์จากพันธุ์พืชในพื้นที่ป่าเสม็ด (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อพืช	ชื่อวิทยาศาสตร์	ลักษณะการใช้ประโยชน์
14	หญ้าหนูต้น	<i>Dianella ensifolia</i> (L.) DC.	ในอดีตใช้ทำของเล่นให้เด็กๆ
15	กระโดน	<i>Careya arborea</i> Roxb.	ดอกใช้ทำอาหารโดยเป็นผักเคียง
16	ขี้ใต้	<i>Decaspermum fruticosum</i> Forst	ไม้ใช้ทำก่อสร้าง
17	ปอทะเล	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	เปลือกใช้ทำเชือกผูกกรองเท้า
18	หนามเค็ด	<i>Catunaregam tomentosa</i> (Blume ex DC.) Triveng	ใช้ผลทำยาสระผม
19	ไต้ใบ	<i>Phyllanthus amarus</i> Schumach. & Thonn.	เป็นยาสมุนไพร
20	เข็มป่า	<i>Ixora cibdela</i> Craib	ใช้เป็นไม้ประดับ
21	กะทัง	<i>Litsea grandis</i> Hook. F.	โครงสร้างเรือและโครงสร้างบ้าน
22	หม้อข้าวหม้อแกงลิง	<i>Nepenthes mirabilis</i> (Lour.) Druce	เป็นไม้ประดับใช้จัดสวน และส่วนหม้อ (ใบ) ใช้ห่อข้าวเหนียวหนึ่ง
23	ขอป่า	<i>Morinda coreia</i> Buch.-Ham.	ส่วนยอดนำไปทำชาข่อย
24	ผักหวานป่า	<i>Champereia manillana</i> (Blume) Merr.	รับประทานยอดอ่อน
25	หลาวชะโอน	<i>Oncosperma tigillaria</i> (Jack) Ridl.	ยอดนำมาแกงกะทิ ไม้ใช้ทำผ้าปูพื้น
26	ดาเป็ดดาไก่	<i>Ardisia lenticellata</i> Fletch.	ผลใช้รับประทานรักษาโรคความดัน

3.2 ชนิดพันธุ์พืชที่นำไปบริโภค

จากผลการศึกษาโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าพืชที่นำมาบริโภคส่วนใหญ่มีตลอดทั้งปี ซึ่งชนิดพันธุ์พืชหลักที่นำมาบริโภคและนำมาจำหน่ายในตลาดท้องถิ่นเพื่อบริโภคมีทั้งสิ้น 6 ชนิด ได้แก่ เสม็ดแดง ผักหวานป่า ผักกูด มะม่วงหิมพานต์ หลาวชะโอน สมุยป่า นอกจากนี้ยังมีเห็ดเสม็ดที่หาเก็บได้จากป่าเสม็ดโดยในงานวิจัยนี้จัดเป็นผักพื้นบ้านแสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ชนิดพันธุ์ผักพื้นบ้านในพื้นที่ป่าเสม็ดที่นำไปบริโภค

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่นำมาใช้ ประโยชน์	วิธีการบริโภค
1	เสม็ดแดง	<i>Syzygium gratum</i> (Wight) S.N. Mitra	ยอดอ่อน และผล สุก	ยอดอ่อนใช้เป็นผักเคียง ผล สุกรับประทานเล่น
2	ผักหวานป่า	<i>Champereia manillana</i> (Blume) Merr.	ยอดอ่อน	ยอดอ่อนใช้ทำแกงเลียง แกงจืด แกงส้ม ผักลวก
3	ผักกูด	<i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.	ลำต้นอ่อน	ต้นอ่อนใช้ทำยำ ผัดผัก ลวก
4	มะม่วงหิม พานต์	<i>Anacardium occidentale</i> Linn	ผล, เมล็ดและยอด	ผลรับประทานสุกและใช้ ทำแกงเลียง เมล็ดนำไปคั่ว แล้วกระเทาะเปลือกออก นำไปทานเล่น หรือ ประกอบอาหาร ยอดอ่อน ใช้เป็นผักเคียง
5	หลาวชะโอน	<i>Oncosperma tigillaria</i> (Jack) Ridl.	ปลาขอ่อนของลำ ต้น	ลำต้นส่วนปลาขอ่อนๆ นำมาปอกเปลือกแล้วนำไป แกงกะทิ
6	สมุยป่า	<i>Micromelum minutum</i> (G.Forst.)	ยอดอ่อน	รับประทานยอดอ่อน
7	เห็ดเสม็ด	<i>Boletus griseipurpureus</i> Corner	ส่วน fruiting body	ส่วน fruiting body นำมา บริโภค เช่น ต้ม กะทิ แกง เผ็ด

3.3 การใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ

การนำไม้มาใช้ประโยชน์ทางด้านก่อสร้าง ร้อยละ 39.17 โดยไม้ที่นำมาใช้ คือ ไม้เสม็ดแดง มาทำเป็นโครงสร้างหลังคาหรือนำมาทำเป็นกระเบื้อง เพื่อใช้พักอาศัยชั่วคราว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำลอง และคณะ (2534) นอกจากนี้มีการนำพันธุ์พืชมาทำเป็นยาสมุนไพรเพื่อใช้ในการรักษาโรคต่างๆ เช่น ลูกตาเปิดตาไก่ สามารถรับประทานรักษาโรคความดันได้ ร้อยละ 0.83 อย่างไรก็ตามการนำพืชสมุนไพรไปรักษาโรคนั้นจำเป็นต้องมีความรู้และประสบการณ์ไม่ว่าจะเป็นชื่อพืชสมุนไพร วิธีการเก็บ ส่วนต่างๆ ของพืชที่นำไปใช้ในการรักษาโรค และปริมาณที่ใช้ ซึ่งหากมีขั้นตอนใด

ตอนหนึ่งผลิตพลาสติกชีวภาพจากกล้วยเป็นพิษ เป็นอันตรายต่อชีวิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hong Nguyen Thi Hai et al. (2019)

4. การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจ

4.1 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจด้านการบริโภค

จากการศึกษาพบว่า การเข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าเสม็ดของประชาชนส่วนใหญ่ เข้าไปหาผักพื้นบ้านมาบริโภค ร้อยละ 70.83 ด้วยการนำไปหรือยกออกไปเป็นเครื่องเคียงน้ำพริก และแกงเลียง ซึ่งสอดคล้องกับ Prayoonsri (2015) เนื่องจากประชาชนอาศัยอยู่ใกล้บริเวณพื้นที่ป่าเสม็ด สามารถช่วยลดต้นทุนในการซื้อพืชผักมาบริโภค และเป็นพื้นที่ที่สามารถเข้าไปได้ตลอดทั้งปี เมื่อนำมาคิดเป็นมูลค่ารวมราคาทั้งหมดในการบริโภคต่อ กิโลกรัม ภายในหนึ่งปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 12,943 บาท ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการซื้อพืชผักมาประกอบอาหารต่างๆ ชนิดพันธุ์พืชและผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ (การบริโภคต่อปี)

ลำดับ	ชื่อสามัญ	ส่วนที่นำมาบริโภค	จำนวนครัวเรือน	ปริมาณที่นำมาบริโภค (กิโลกรัม)	ปริมาณที่นำมาบริโภค (กิโลกรัม)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	มูลค่ารวม (บาท)
1	เสม็ดแดง	ยอด	38	0.1	0.1	100	380
2	ผักหวานป่า	ยอด	85	0.5	0.5	150	6,375
3	ผักกูด	ยอด	54	0.2	0.2	150	1,620
4	มะม่วงหิมพานต์	ยอด	41	0.1	0.1	100	410
5	หลาวชะโอน	ยอด	21	0.3	0.3	200	1,260
6	สมุยป่า	ยอด	111	0.1	0.1	100	1,110
7	เห็ดเสม็ด	ดอกเห็ด	13	0.5	0.5	275	1,788
รวมทั้งหมด							12,943

4.2 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจด้านการจำหน่าย

จากการศึกษาพบว่าประชาชนที่เข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าเสม็ด จะเข้าไปเก็บพืชผักไปจำหน่ายเพื่อเป็นการเสริมสร้างรายได้ให้กับตนเองและครอบครัว ร้อยละ 38.33 สามารถลดต้นทุนในการซื้อเมล็ดมาปลูกหรือไปซื้อต้นมา โดยพืชผักที่นำไปขาย ได้แก่ เสม็ดแดง ผักหวานป่า ผักกูด มะม่วงหิมพานต์ หลาวชะโอน สมุยป่า และโดยเฉพะเห็ดเสม็ด ในช่วงฤดูฝนประมาณ เดือน เมษายน - พฤษภาคม ของทุกปี เมื่อประเมินมูลค่าทั้งหมดในการจำหน่ายต่อกิโลกรัม ภายในหนึ่งปีคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 202,850 บาทต่อปี แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ (การจำหน่ายต่อเดือน)

ลำดับที่	ชื่อพืช	ส่วนที่นำมาจำหน่าย	จำนวนครัวเรือนที่นำมาจำหน่าย	ปริมาณที่นำมาจำหน่าย (กิโลกรัม)	ปริมาณทั้งหมดที่นำมาจำหน่าย (กิโลกรัม)	ราคา (บาท) ต่อ กิโลกรัม	ราคารวมทั้งหมด (บาท)
1	เสม็ดแดง	ยอด	30	5.00	150	100	15,000
2	ผักหวานป่า	ยอด	35	5.00	175	150	17,500
3	ผักกูด	ยอด	20	5.00	100	150	15,000
4	มะม่วงหิมพานต์	ยอด	17	3.00	51	100	5,100
		เมล็ด	21	4.00	84	250	21,000
		ผล	9	10.00	90	100	9,000
5	หลาวชะโอน	ยอด	18	10.00	180	200	36,000
6	สมุยป่า	ยอด	54	10.00	540	100	54,000
7	เห็ดเสม็ด	เห็ดเสม็ด	11	10.00	110	275	30,250
รวมทั้งหมด							202,850

5. ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับป่าเสม็ดในปัจจุบัน

จากการศึกษา พบว่าชาวบ้านมีความคิดเห็นต่อการใช้ประโยชน์จากป่าเสม็ด ในด้านต่างๆ ดังนี้ 1) เป็นแหล่งอาหารของชุมชน 2) เป็นแหล่งไม้ใช้สอยของชุมชน 3) เป็นแหล่งสมุนไพร 4) เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ/ท่องเที่ยว ชาวบ้านทั้งหมดให้ความคิดเห็นว่าพื้นที่ป่าเสม็ดในปัจจุบัน มีแนวโน้มลดลงและได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้มีการบุกรุกพื้นที่โดยชาวบ้านที่มีที่ดินติดต่อกับพื้นที่ป่าเสม็ด เพื่อการเพาะปลูกพืชเกษตร การสร้างถนนตัดผ่านป่าเสม็ดเพื่ออำนวยความสะดวกในการคมนาคม ตลอดจนการบุกรุกแผ้วถางให้กลายเป็นป่าเสื่อมโทรมเร็วขึ้น เพื่อเป็นเหตุผลในการครอบครองพื้นที่ นอกจากนี้ประชาชนในพื้นที่บางส่วนคิดว่าการเข้าไปใช้ประโยชน์ป่าเสม็ด ของชาวบ้าน มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าเสม็ด อาจมีการเก็บพันธุ์ไม้ออกมา

จากป่าเสม็ด ส่งผลให้เสียสมดุลธรรมชาติ แต่เป็นแค่ช่วงระยะเวลาสั้นๆ ที่ชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามยังมีประชาชนบางส่วนแสดงความคิดเห็นว่าการเข้าไปใช้ประโยชน์ ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ป่าเสม็ด เนื่องจากพันธุ์พืชต่างๆ ที่อยู่ในพื้นที่ป่าเสม็ดเป็นพันธุ์ไม้ตามฤดูกาล เมื่อมีการนำพันธุ์ไม้มาใช้ประโยชน์ ก็จะมีช่วงเวลาให้พันธุ์ไม้ออกผลผลิตอีกครั้ง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ชาวบ้านเว้นว่างจากการหาผลผลิตเพราะหมดฤดูกาล

สรุป

จากการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในสถานะสมาชิกครอบครัวที่ไม่ได้เป็นหัวหน้าครอบครัว โดยเป็นครอบครัวขนาดกลาง มีสมาชิกในครอบครัวประมาณ 1-4 คน นับเป็นกำลังสำคัญในการหารายได้ให้กับครอบครัว มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 41-50 ปีขึ้นไป ประกอบอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก รองลงมาคืออาชีพประมง เนื่องจากพื้นที่อาศัยอยู่ใกล้ทะเล ประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีอาชีพเสริม พื้นที่ป่าเสม็ดที่มีการเข้าไปใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ตำบลไม้ฝาด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำพืชจากป่าเสม็ดมาใช้ในการบริโภคมากที่สุด รองลงมาคือการใช้ไม้ในการก่อสร้าง และใช้ด้านสมุนไพรพื้นบ้าน ในการรักษาโรค นอกจากนี้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ป่าเสม็ดในอำเภอสีเกา จังหวัดตรัง มีความสำคัญต่อชุมชนทั้งเป็นแหล่งอาหารและสร้างมูลค่าให้กับชุมชนเป็นอย่างมาก โดยสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของการบริโภคคิดเป็นมูลค่า 12,943 บาทต่อปี และมูลค่าทางเศรษฐกิจของการจำหน่ายคิดเป็น 202,850 บาทต่อปี ซึ่งผู้นำชุมชน องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการป่าเสม็ดในเชิงอนุรักษ์ รวมทั้งเป็นข้อมูลทางวิชาการเพื่อกระตุ้น ปลูกสำนึกและพลังชุมชน ให้กับชาวบ้านที่อยู่โดยรอบพื้นที่ป่าเสม็ด เห็นคุณค่าของทรัพยากรป่าเสม็ด เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์ป่าเสม็ดอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กมลวรรณ เรือนก้อน และจิตติมา บุญมา. (2557). ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์และการใช้ประโยชน์ของพืชพื้นล่างและไม้หนุ่ม ในสวนวนเกษตรบ้านห้วยโพธิ์ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ , มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- กิตติภาพ จันทรประวัตติ. (2557). ความหลากหลายของพรรณปลาป่าพรุโต๊ะแดงกับสถานะการถูกคุกคาม. (<http://www.fisheries.go.th>) เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2560.
- จำลอง เฟื่องคล้าย, ขวลิศ นิยมธรรม, วิวัฒน์ เอื้อจิราล. (2534). พรรณไม้ป่าพรุ จังหวัดนราธิวาส. กรุงเทพฯ: ส.สมบุญการพิมพ์
- จิตรประภา นุ่มนวล. (2554). มาตรการทางกฎหมายในการอนุรักษ์และคุ้มครองพื้นที่ป่าพรุ: กรณีศึกษาพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

คลนภัส กันชะลี. (2558). ความหลากหลายของพืชอาหารและพืชสมุนไพรกับการใช้ประโยชน์ของชุมชน บ้านปิตุคี อำเภอมวกชัย จังหวัดเชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้).

รอสานี เจ๊ะแม. (2558). การใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรของประชาชนที่อาศัยรอบพื้นที่เขาปกโย๊ะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา).

สุภาพร พงศ์ธรพฤษ. (2557). ความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรและผักพื้นบ้านบริเวณพื้นที่วนเกษตร ต.แม่พูล อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์).

Feuerbacher, A., Ashit Chhetric, M., Lippert C., Sander, K. (2016). *Increasing forest utilization within Bhutan's forest conservation framework: The economic benefits of charcoal production*. Forest Policy and Economic, 73, 99-111.

Thi Hai, H., Rimbawanto, A., Prastyono, Noor K.Kartikawati, Wu, H. (2019). *Genetic improvement for essential oil yield and quality in Melaleuca cajuputi*. Industrial Crops & Products, 137, 681–686.

Viyarupee, P. (2015). *Guidelines For Diversity Conservtion Of Herbal Plants in Bo-Ngoen Subdistrict, Lat Lum Kaeo Ditriect, Pathum Thani Province*. (The degree of master of science in environmental education, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage Pathum Thani).

Khumhangritthirong, S. (2016). *Statistics, Research and Evaluation in Education*.^{8th} ed. Nonthaburi: The Office of the Sukhothaihammathirat Open University Press.

การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

Life cycle assessment of products from 3D printer technology

นภัสสรณ์ ทตัญญู¹, สิทธิโชค พวงทองทัບ²✉ และ วรพจน์ กนกกันตพงษ์²

Naphatsanan Tatithanukul¹, Sitthichok Puangthongtub²✉ and Vorapot Kanokkantapong²

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Interdisciplinary Program of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² Department of Environmental Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Corresponding E-mail: sitthichok.p@chula.ac.th✉

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการได้มาของวัตถุดิบ การใช้งาน และการกำจัดซากชิ้นงาน ของการผลิตโมเดลที่วางโทรศัพท์ 1 ชิ้น โดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด เอฟดีเอ็ม (การพิมพ์แบบใช้หัวฉีด) ซึ่งขึ้นรูปด้วยพลาสติก 3 ชนิด คือ พีแอลเอ เอบีเอส และไนลอน ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง โดยทำการลงพื้นที่เก็บข้อมูลมลพิษทางอากาศ และพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงขณะใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตด้วยโปรแกรม Simapro 8.3 ด้วยวิธี IMPACT 2002+ รุ่น 2.13 ผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ส่งผลกระทบสูงสุด เนื่องจากการใช้ไฟฟ้า รองลงมาคือ การจัดการผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน และการได้มาของวัตถุดิบ ตามลำดับ ซึ่งระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มสูง โดยพลาสติกเอบีเอส ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงกว่าพลาสติกไนลอน และพลาสติกพีแอลเอตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิที่หัวฉีดสูงกว่า ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุดของพลาสติกเอบีเอส ในขั้นตอนการใช้งานที่ 6 ชั่วโมง คือ ด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำที่ 3.09 kg TEG water ดังนั้นการใช้พลาสติกรีไซเคิลหรือพลาสติกชีวภาพในการขึ้นรูปชิ้นงานจึงเป็นสิ่งที่ควรนำมาพิจารณา

คำสำคัญ: ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, การพิมพ์แบบใช้หัวฉีด, พีแอลเอ, เอบีเอส, ไนลอน

Abstracts

This study was aimed to compare the environmental impacts of one piece of phone holder model produced by Fused deposition modeling (FDM) 3D printer technology. The steps of material acquisition, use and disposal processes were considered. Three plastic types i.e., Polylactic-acid (PLA), Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) and Nylon were used as materials to generate product with different time (3 and 6 hours). Primary data of air pollution and electricity consumption were measured and life cycle assessment (LCA) result was analyzed via Simapro 8.3 software with IMPACT 2002+ version 2.13 methods. The results found that the main environmental impacts were occurred in use process because of electricity consumption follows by disposal and material acquisition processes, respectively. Longer

use time tended to increase in environmental impact. ABS provided higher environmental impact over Nylon and PLA respectively due to its higher temperature of nozzle. The most environmental impact aspect of ABS at 6 hours was aquatic ecotoxicity for 3.09 kg TEG water. Hence, the use of recycled plastics or bioplastics as a material should be considered.

Keywords: Life Cycle Assessment, FDM, PLA, ABS, Nylon

บทนำ

อุตสาหกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3d-printer) เป็นนวัตกรรมใหม่ที่นิยมอย่างแพร่หลาย McCue (2018) กล่าวว่า Wohlers Report รายงานว่าปัจจุบันมีการผลิตเครื่องพิมพ์ 3 มิติประมาณ 530,000 เครื่องทั่วโลก และมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 21 ต่อปี เนื่องจากเทคโนโลยีนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบหรือพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบ เพราะนอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในระยะเวลาอันสั้นแล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายการจ้างแรงงานอีกด้วย เครื่องพิมพ์ 3 มิติถูกนำไปใช้ในด้านอุตสาหกรรมต่างๆ มากขึ้น เช่น อุตสาหกรรมการออกแบบ อุตสาหกรรมยานยนต์ งานด้านวิศวกรรม การบิน สถาปัตยกรรม การแพทย์ การออกแบบแฟชั่นและเครื่องประดับ และอาหาร เป็นต้น เครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบ่งได้เป็น 7 ชนิด ได้แก่ Vat Photopolymerisation, Material Jetting, Binder Jetting, Material Extrusion, Power Bed Fusion, Sheet Lamination และ Direct Energy Deposition (เลเซอร์ไอพี, 2560) แต่ชนิดที่นิยมที่สุดคือ Material Extrusion หรือ Fused deposition modeling (FDM) เพราะเป็นเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่มีราคาไม่แพง ใช้งานสะดวก มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย รวมถึงในต่างประเทศเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM ได้หมดอายุการจดสิทธิบัตรลง ทำให้มีการก่อตั้งกลุ่มเพื่อต้องการผลิต และสร้างเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ใช้งานเองขึ้นมาหลากหลายกลุ่ม เช่น กลุ่มที่เรียกว่า Replicating Rapid Prototype (Reprap) เพื่อนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มาแลกเปลี่ยนข้อมูลกันภายในกลุ่ม (สยาม เรปเรป, 2560) ด้วยเหตุนี้ทำให้การซื้อขายของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ขยายตัวอย่างรวดเร็วจนได้รับอิทธิพลมายังประเทศไทย โดยหลักการทำงานของ FDM จะใช้วิธีการฉีดเส้นวัสดุที่มีความหนืดออกมาจากหัวฉีดที่มีขนาดเล็ก ทับซ้อนกันไปเรื่อยๆ จนเกิดเป็นรูปผลิตภัณฑ์ 3 มิติขึ้นมา ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติก่อให้เกิดผลกระทบด้านบวกอย่างมากทั้งในมิติเทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตามผลกระทบในมิติด้านสิ่งแวดล้อมยังคงมีการศึกษากันไม่มากนัก

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle assessment) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยพิจารณาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดซาก ทำให้ทราบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ เช่น การทำให้โลกร้อน การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ การใช้พลังงานใช้แล้วหมดไป เป็นต้น และทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดในวัฏจักรผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (Cerdas et al., 2017) ซึ่งทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบทุกด้าน เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาอย่างยั่งยืน สามารถนำผลที่ได้ไปใช้เปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต และนำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัลของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ทำให้ทราบว่าบริการงานพิมพ์เกิดผลกระทบที่ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบเป็นหลัก และส่งผลกระทบด้านการเกิดภาวะโลกร้อน 7.8593 kg CO₂eq. ผลกระทบด้านการเกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ 0.1477 m²eq. ผลกระทบจากการได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า ผลกระทบด้านการเกิดความเป็นพิษต่อแหล่งน้ำ 451.2660 m³ 116.3633 m³ เป็นต้น (สริญญา สินคำ, 2560) จะเห็นได้ว่า

LCA เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยหาแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (เศรษฐ์ สัมภักตะกุล, 2555) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM ซึ่งจะทำให้สามารถหาแนวทางการป้องกันและบริหารจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต นอกจากนี้ผู้บริโภคได้ทราบข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และเลือกใช้วัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

1. วัตถุประสงค์การศึกษา

เพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการได้มาของของวัตถุดิบ การใช้งาน และการกำจัดซากชิ้นงานของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM โดยใช้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิต

2. ชนิดและรุ่นเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ทำการศึกษา

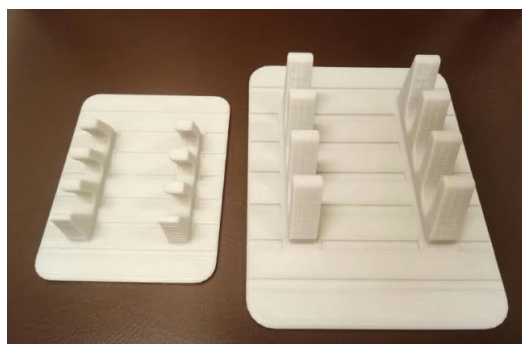
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM เนื่องจากมีปริมาณการใช้งานสูงในประเทศไทย โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทที่ผลิตแห่งหนึ่งให้เข้าทำการเก็บข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

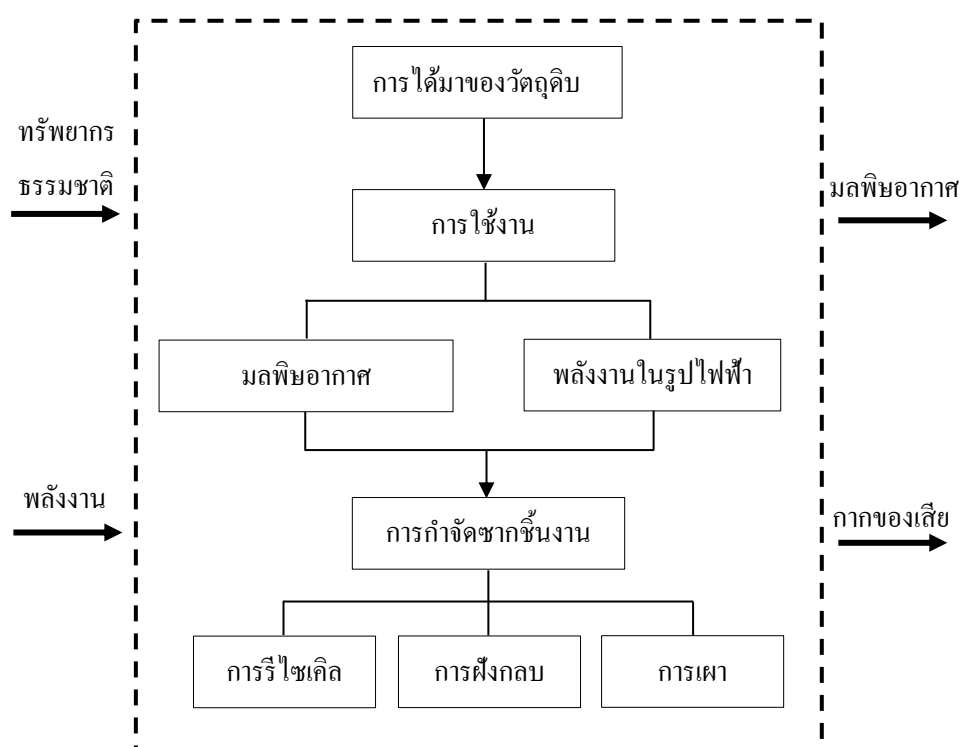
ทำการออกแบบตารางการเก็บข้อมูล สำหรับการเก็บข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ จากบริษัทที่มีการผลิต การจัดทำหมาย และการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ การใช้งาน และการกำจัดซากชิ้นงาน ข้อมูลปฐมภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์ กระบวนการใช้งาน ข้อมูลสารขาเข้า เช่น วัตถุดิบพลังงานที่ใช้ เป็นต้น ข้อมูลสารขาออก เช่น มลพิษทางอากาศ กากของเสีย เป็นต้น ข้อมูลทุติยภูมิที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ การได้มาของวัตถุดิบ การกำจัดซากชิ้นงานหลังการใช้งาน โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะดำเนินการตามขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040:2006 และ ISO 14044:2006 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน (ฐานข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์, 2558) ดังนี้

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and scope definition)

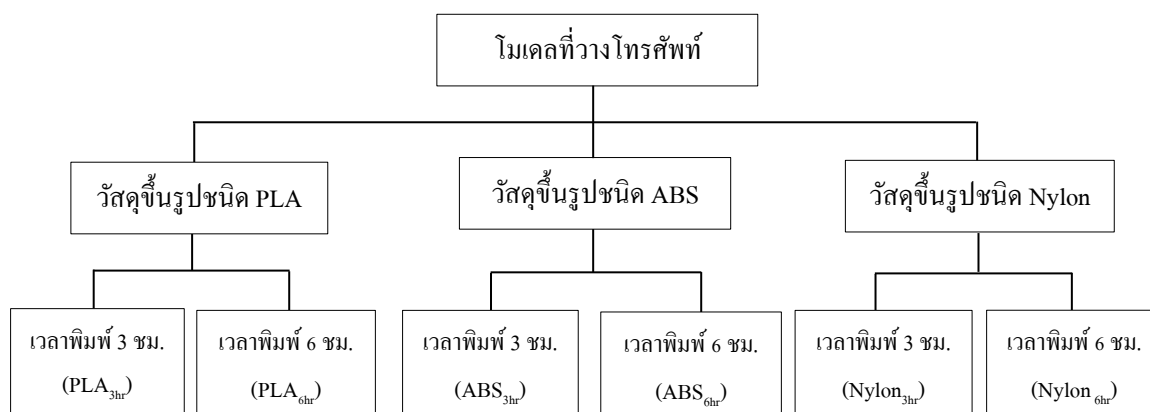
เป้าหมายของการศึกษานี้ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตของการขึ้นรูปชิ้นงาน “โมเดลที่วางโทรศัพท์ 1 ชิ้น” (ภาพ 1) ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM โดยมีขอบเขตแบบ Cradle to Grave คือ พิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และการกำจัดซากชิ้นงาน ซึ่งไม่นับรวมขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ และการขนส่ง (ภาพ 2) ทำการเปรียบเทียบการผลิต โมเดลที่วางโทรศัพท์ 2 ขนาด ที่ใช้ระยะเวลาในการพิมพ์ 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง โดยใช้วัสดุขึ้นรูป 3 ชนิด คือ พลาสติก Polylactic acid (PLA) พลาสติก Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) และพลาสติก Nylon (ภาพที่ 3) ซึ่งการฉีดขึ้นรูปด้วยความเร็ว 60 30 และ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับผลิตชิ้นงานได้ละเอียด 0.2 มิลลิเมตร



ภาพ 1 ที่วางโทรศัพท์



ภาพ 2 ขอบเขตของการศึกษา



ภาพ 3 วัสดุขึ้นรูป 3 ชนิด

การทำบัญชีรายการของสารขาเข้าและสารขาออก (Inventory analysis)

เป็นการรวบรวมสารขาเข้าและขาออกของกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ทำการเก็บข้อมูลในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในบริษัทผู้ผลิตโดย

1) ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัยที่ผ่านมา และจากฐานข้อมูล Ecoinvent 3.0

2) ขั้นตอนการใช้งาน ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ด้วยวิธีกราวิเมตริกไฮวอลุ่ม (Gravimetric High Volume Method) (NIOSH method 0500, 1994) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOC) ด้วยเครื่อง TOC Analyzer รุ่น MiniRAE 3000 และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ด้วยเครื่องเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (Gas Chromatography Mass Spectrometry) รุ่น 7890A (NIOSH method 2549, 1996) และตรวจวัดกระแสไฟฟ้าในขณะที่ทำการพิมพ์ชิ้นงาน ด้วยเครื่องวัดพลังงานกระแสไฟฟ้า (Micro Power Monitor) (ปราโมช เชื้อชาชาญ, 2554)

3) การกำจัดซากชิ้นงาน โดยการชั่งปริมาณน้ำหนักรายวันที่ต้องการกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ (Landfill) ประกอบด้วยเส้นใยวัสดุที่ปล่อยออกมาขณะใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปชิ้นงานที่ไม่ใช้งาน

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment)

เป็นการเปลี่ยนหน่วยของปริมาณที่ได้จากการทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในหน่วยของผลกระทบ เพื่อบ่งชี้ค่าความสามารถในการก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ Characterization factor ในการคูณเพื่อเปลี่ยนจากน้ำหนักของแต่ละข้อมูลเป็นค่าบ่งชี้ผลกระทบประเภทต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้มีการใช้ค่า Characterization factor จากฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 8.3 ทำการประเมินผลกระทบด้วยวิธี IMPACT 2002+ Version 2.13 ในการประเมินผลกระทบชั้นกลาง (Midpoint Category) และการเทียบหน่วย (Normalization) ซึ่งการประเมินผลกระทบชั้นกลางประกอบไปด้วย 15 ผลกระทบ ได้แก่ 1) การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) 2) การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity) 3) การแผ่รังสีไอออน (Ionizing radiation) 4) การทำให้โลกร้อน (Global warming) 5) การใช้พลังงานใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) 6) สารก่อมะเร็ง (Carcinogens) 7) สารไม่ก่อมะเร็ง (Non carcinogens) 8) การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone layer depletion) 9) การเกิดความเป็นกรดในดิน (Terrestrial acidification) 10) การลดลงของที่ดิน (Land occupation) 11) การเกิดความเป็นกรดในแหล่งน้ำ (Aquatic acidification) 12) การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Aquatic eutrophication) 13) การสกัดแร่ (Mineral extraction) 14) การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ (Respiratory inorganics) และ 15) การเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ (Respiratory organics)

การแปลผลการศึกษา (Life cycle interpretation)

การแปลผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์ เป็นการวิเคราะห์ผลการศึกษา การประเมินค่าและสรุปผลของการศึกษาให้ครบถ้วน ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยนำผลที่ได้จากการประเมินผลกระทบมาแปลผล เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาข้อมูลบัญชีรายการการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยพลาสติก PLA, ABS และ Nylon ดังตาราง 1 แสดงน้ำหนักขยะที่นำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบ และตาราง 2 บัญชีรายการมวลสารของการผลิตชิ้นงานโดยการใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ตาราง 1 แสดงน้ำหนักขยะที่นำไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบ

ชิ้นงาน	น้ำหนักชิ้นงาน (กรัม)	น้ำหนักขยะ (กรัม)
PLA _{3hr}	32.19	0.47
PLA _{6hr}	74.50	0.83
ABS _{3hr}	14.35	0.71
ABS _{6hr}	15.85	0.74
Nylon _{3hr}	21.27	0.81
Nylon _{6hr}	35.42	0.96

ตาราง 2 บัญชีรายการมวลสารของการผลิตชิ้นงานโดยการใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ต่อหน่วยการทำงาน 1 ชิ้นงาน ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง ด้วยพลาสติก PLA, ABS และ Nylon

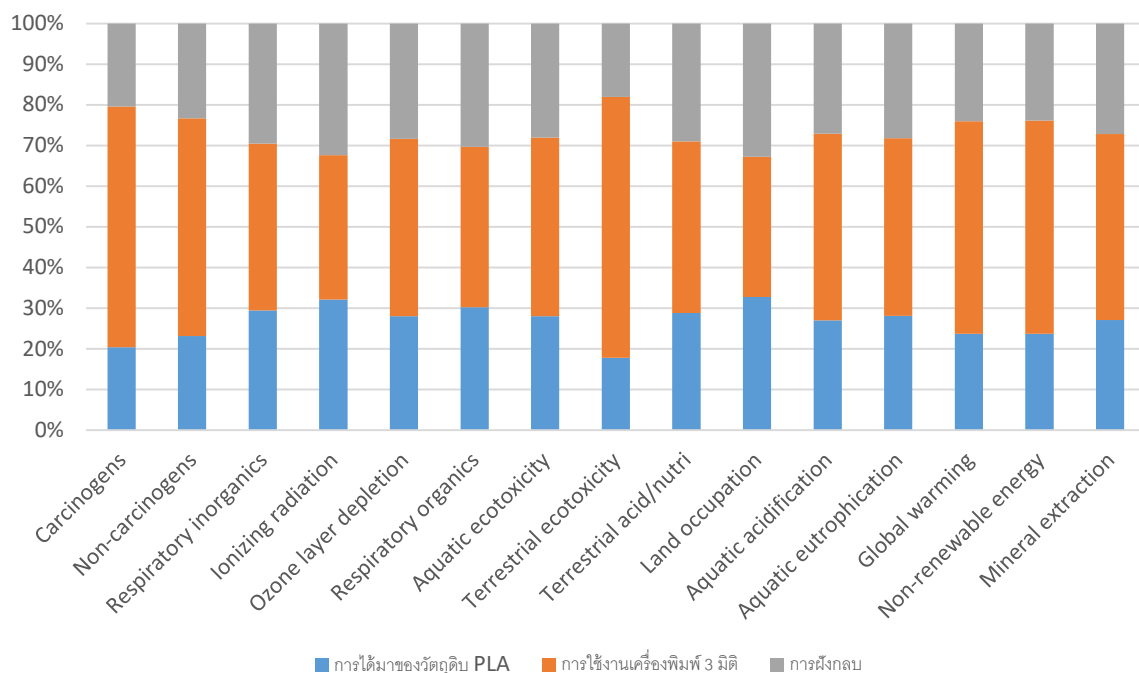
	ปริมาณ						หน่วย
	PLA 3hr	PLA 6hr	ABS 3hr	ABS 6hr	Nylon 3hr	Nylon 6hr	
มวลสารขาเข้า							
พลาสติก	32.66	75.33	15.06	16.59	22.08	36.38	g
ไฟฟ้า	180	360	600	1,200	600	1,200	Wh
มวลสารขาออก							
PM _{2.5}	1.100E-4	4.700E-4	1.400E-4	-	1.800E-4	-	mg
PM ₁₀	8.300E-4	-	-	-	1.440E-3	9.000E-4	mg
VOCs							
- Acetone	-	3.420E-4	2.48E-3	7.700E-4	-	7.440E-3	mg
- Dichloromethane	-	1.250E-4	1.630E-3	-	-		mg
- Ethanol	4.700E-4	3.120E-3	2.980E-3	1.540E-2	-	2.442E-3	mg
- Ethylbenzene	-	-	-	-	1.581E-3	2.767E-3	mg
- m-xylene	-	3.130E-4	-	-	6.250E-4	7.820E-4	mg
- o-xylene	-	-	-	-	1.560E-4	1.560E-4	mg
เส้นใยพลาสติก	0.47	0.83	0.71	0.74	0.81	0.96	g

จากตารางการจัดทำบัญชีรายการ ABS และ Nylon มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่า PLA เนื่องจากมีการใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวที่หัวฉีดสูงกว่า โดย PLA ใช้อุณหภูมิประมาณ 180-230 องศาเซลเซียส ในขณะที่ ABS และ Nylon ใช้อุณหภูมิประมาณ 210-250 และ 220-260 องศาเซลเซียส ตามลำดับ นอกจากนี้พื้นฐานรองขึ้นงานของพลาสติก ABS และ Nylon จะต้องใช้อุณหภูมิสูงอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการหดตัวของชิ้นงาน ซึ่ง ABS และ Nylon ใช้อุณหภูมิที่ฐานรองอยู่ที่ 50-100 องศาเซลเซียส ในขณะที่ PLA ไม่ต้องใช้อุณหภูมิที่ฐานรอง เนื่องจากไม่มีการหดตัวของชิ้นงาน

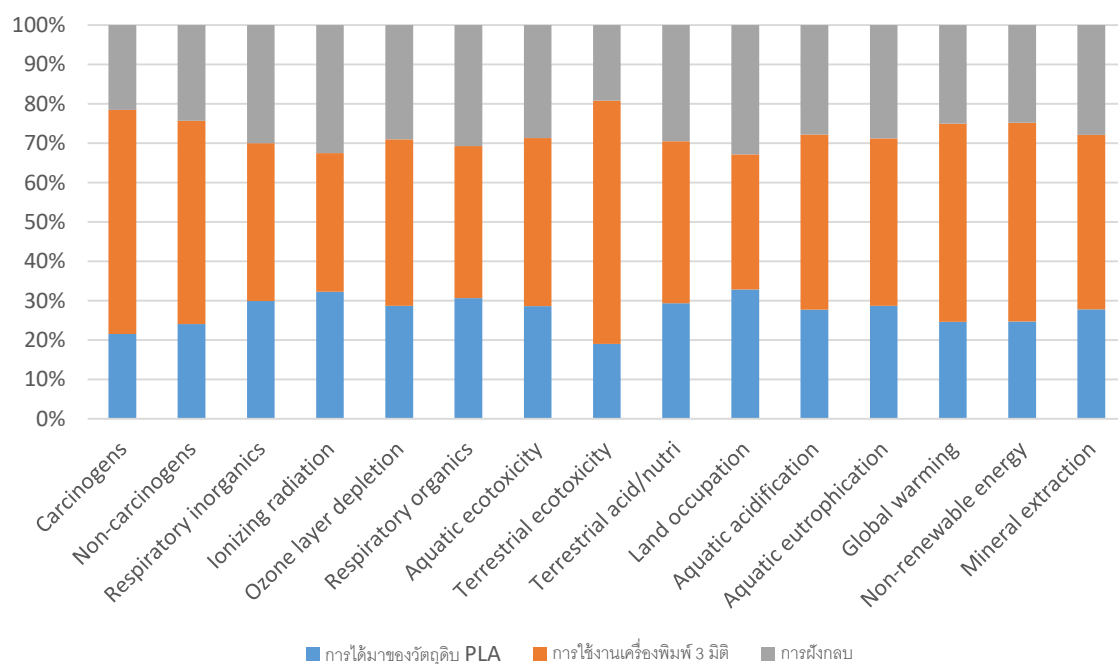
1. ผลการประเมินผลกระทบชั้นกลาง (Midpoint Categories)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในประเทศไทย วัสดุ PLA ABS และ Nylon ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง แสดงผลภาพ 4-9 พบว่าผลกระทบสูงสุดเกิดจากกระบวนการใช้งานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) มีผลกระทบสูงสุด รองลงมา คือ ด้านพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity) ตามลำดับ ในส่วนผลกระทบจากการใช้วัสดุขึ้นรูปชิ้นงานของพลาสติกทั้งสามชนิดเกิดค่าสูงในด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) ด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity) ด้านสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) และด้านการเกิดสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ (Respiratory organics) โดยมีสัดส่วนผลกระทบส่วนใหญ่มาจากไฟฟ้า และการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายในกระบวนการใช้งาน สำหรับ PLA พบว่าเอทานอล และ ไดคลอโรมีเทน ที่ปลดปล่อยในขณะที่ทำการพิมพ์เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบดังกล่าว ส่วน ABS พบสารที่ปลดปล่อยหลัก คือ เอทานอล และอะซิโตน ในขณะที่ Nylon พบสารเอทิลเบนซีน และสารเอทานอล

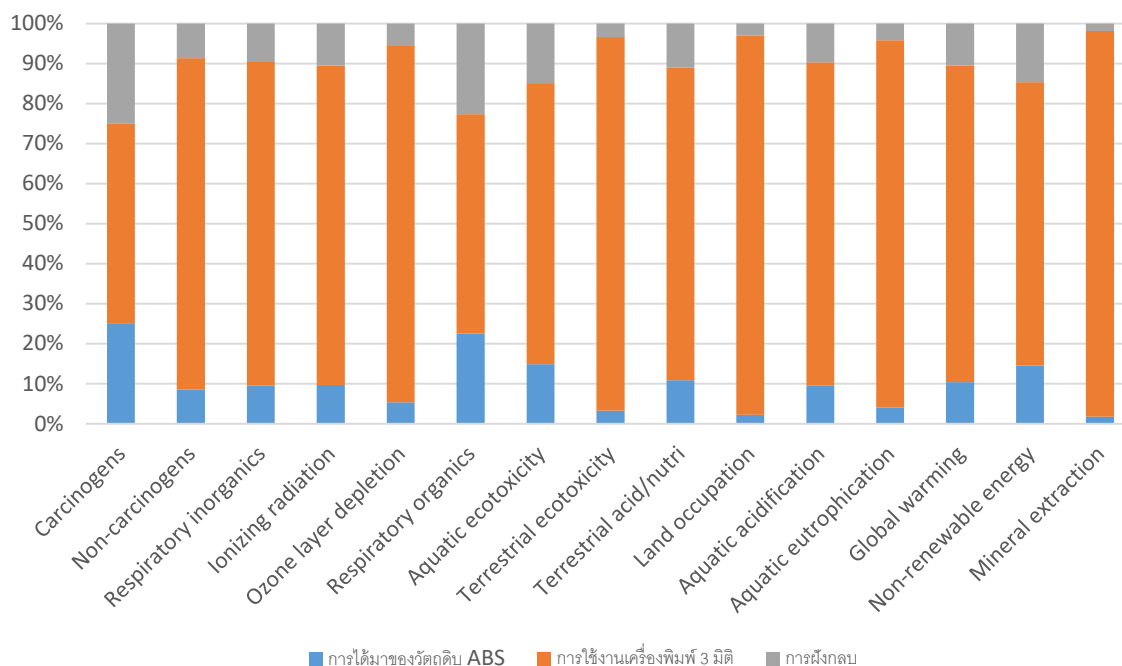
นอกจากนี้วัสดุทั้งสามชนิดยังส่งผลกระทบด้านการเกิดสารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ (Respiratory inorganics) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปลดปล่อยฝุ่นละอองในกระบวนการใช้งาน และผลกระทบด้านพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) ด้านการแผ่รังสีไอออน (Ionizing radiation) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) มีสาเหตุหลักมาจากการใช้ไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าในด้านผลกระทบทั้ง 8 ด้าน มีสาเหตุหลักมาจากไฟฟ้า โดยได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Faludi (2015) กล่าวว่า การใช้ไฟฟ้ามีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยเฉพาะในด้านนิเวศวิทยา เช่น ด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันด้วย



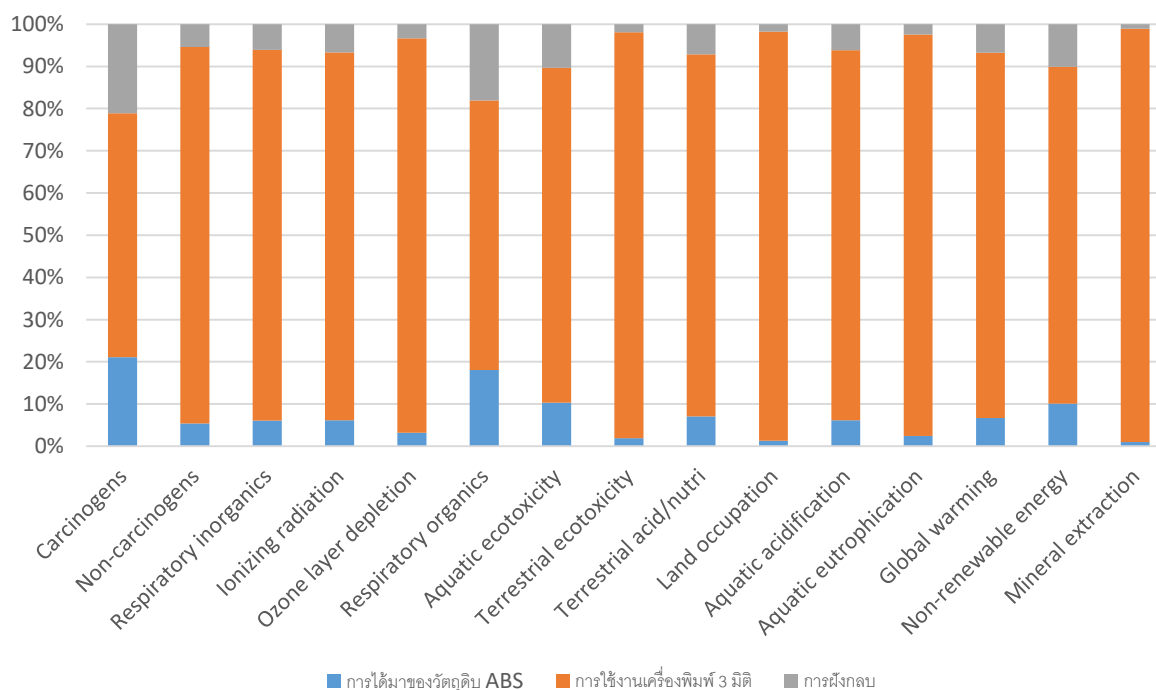
ภาพ 4 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก PLA ระยะเวลา 3 ชั่วโมง



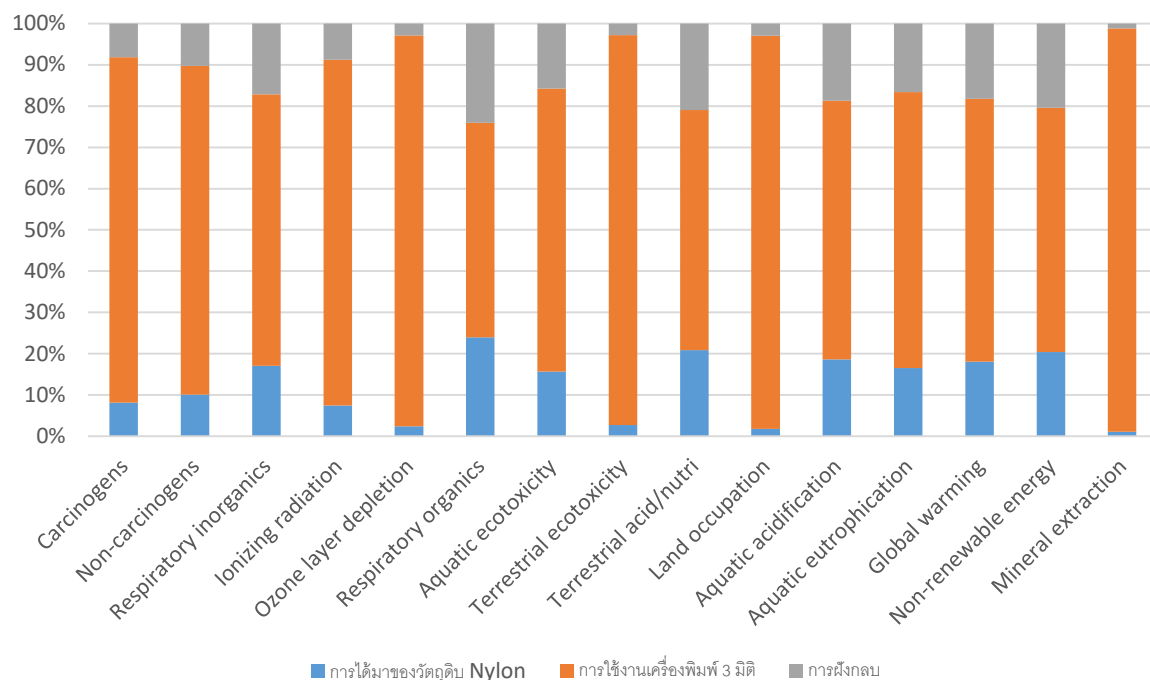
ภาพ 5 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก PLA ระยะเวลา 6 ชั่วโมง



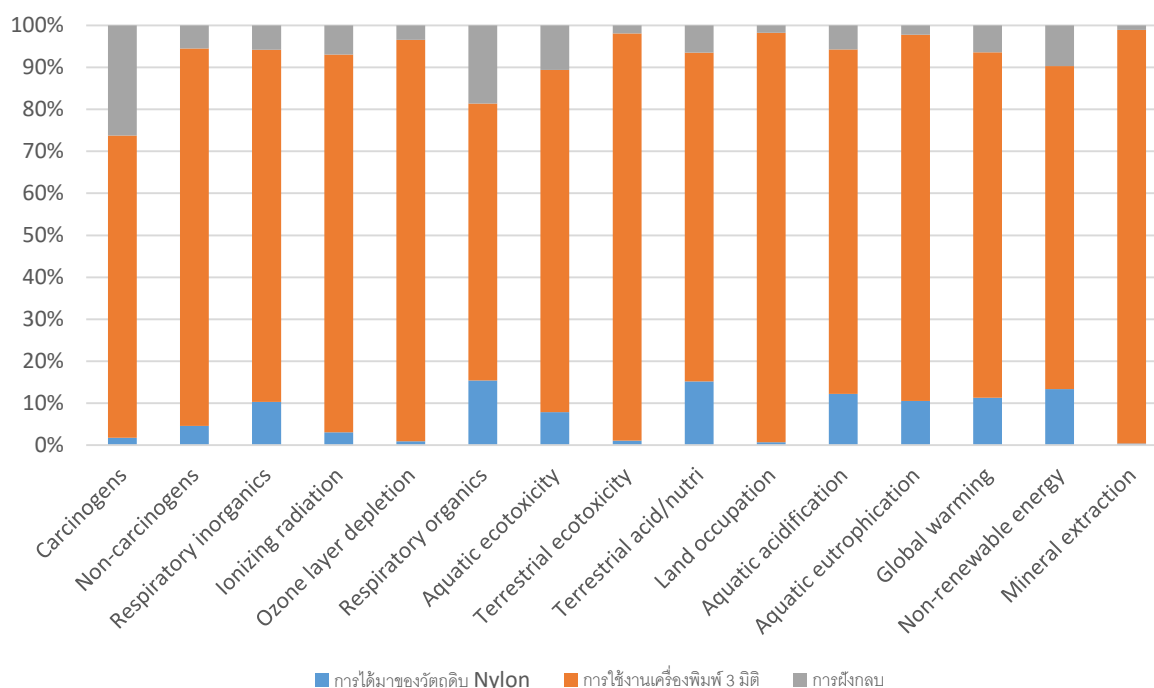
ภาพ 6 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก ABS ระยะเวลา 3 ชั่วโมง



ภาพ 7 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก ABS ระยะเวลา 6 ชั่วโมง



ภาพ 8 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก Nylon ระยะเวลา 3 ชั่วโมง



ภาพ 9 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของประเทศไทย โดยใช้พลาสติก Nylon ระยะเวลา 6 ชั่วโมง

2. ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลาย (Endpoint categories)

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของวัสดุ PLA ABS และ Nylon สามารถนำมาคำนวณเป็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นปลาย โดยใช้ ค่าแฟก

เตอร์ความเสียหาย (Damage factor) ที่อ้างอิงตามวิธีการ IMPACT 2002+ version 2.13 และการประเมินความเสียหาย (Damage assessment) ดังแสดงในตารางที่ 3-5 พบว่าผลกระทบการผลิตชิ้นงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ของวัสดุ ABS ส่งผลด้านสุขภาพมนุษย์ (Human health) มากที่สุด รองลงมา คือ Nylon และ PLA ตามลำดับ วัสดุ Nylon ส่งผลด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และด้านทรัพยากรที่ลดลง (Resources) มากที่สุด ในขณะที่วัสดุ PLA ส่งผลกระทบด้านคุณภาพระบบนิเวศ (Ecosystem quality) มากที่สุด รองลงมา คือ Nylon และ ABS ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลการจัดกลุ่มความเสียหาย (Damage categories) ของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ วัสดุ PLA

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การได้มา ของวัตถุดิบ	การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ		การกำจัดซาก ชิ้นงาน (ฝังกลบ)	รวม
Human health	DALY	4.320E-9	3 ชั่วโมง	6.21E-9	4.340E-9	1.490E-8
			6 ชั่วโมง	6.51E-9		1.520E-8
Ecosystem quality	PDF*m ² *yr	1.525E-3	3 ชั่วโมง	1.966E-3	1.531E-3	5.020E-3
			6 ชั่วโมง	2.037E-3		5.090E-3
Climate change	kg CO ₂ eq	2.997E-3	3 ชั่วโมง	6.126 E-3	3.050E-3	1.220E-2
			6 ชั่วโมง	6.623E-3		1.270E-2
Resources	MJ primary	4.244E-2	3 ชั่วโมง	8.671E-2	4.272E-2	1.720E-01
			6 ชั่วโมง	9.374E-2		1.790E-1

ตาราง 4 ผลการจัดกลุ่มความเสียหาย (Damage categories) ของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ วัสดุ ABS

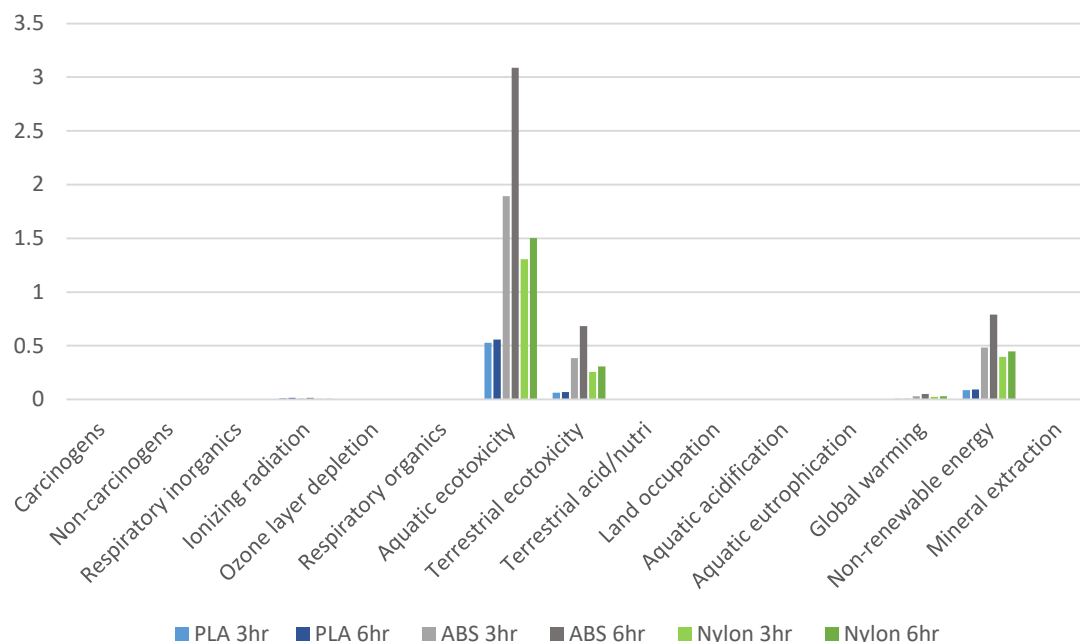
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การได้มา ของวัตถุดิบ	การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ		การกำจัดซาก ชิ้นงาน (ฝังกลบ)	รวม
Human health	DALY	5.830E-9	3 ชั่วโมง	3.100E-6	5.850E-9	3.110E-6
			6 ชั่วโมง	4.920E-6		4.930E-6
Ecosystem quality	PDF*m ² *yr	1.840E-4	3 ชั่วโมง	2.820E-7	1.900E-4	3.740E-4
			6 ชั่วโมง	4.980E-7		3.740E-4
Climate change	kg CO ₂ eq	4.085E-3	3 ชั่วโมง	3.140E-6	4.138E-3	8.230E-3
			6 ชั่วโมง	5.330E-6		8.230E-3
Resources	MJ primary	9.953E-2	3 ชั่วโมง	3.180E-6	9.981E-2	1.990E-1
			6 ชั่วโมง	5.200E-6		1.990E-1

ตาราง 5 ผลการจัดกลุ่มความเสียหาย (Damage categories) ของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ วัสดุ Nylon

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การได้มาของ วัตถุดิบ	การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ	การกำจัดซาก ชิ้นงาน (ฝังกลบ)	รวม
Human health	DALY	3.070E-9	3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง	1.39E-8 1.60E-8	3.090E-09 2.010E-8 2.220E-8
Ecosystem quality	PDF*m ² *yr	1.890E-4	3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง	2.668E-3 3.163E-3	1.950E-4 3.052E-3 3.547 E-3
Climate change	kg CO ₂ eq	7.271E-3	3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง	2.562E-2 2.917E-2	7.323E-3 4.021E-2 4.376E-2
Resources	MJ primary	1.371E-1	3 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง	3.980E-1 4.479E-1	1.374E-1 6.725E-1 7.224E-1

3. ผลการประเมินการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ด้วยวัสดุต่างชนิดกัน

ผลการประเมินการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ด้วยวัสดุต่างชนิดกัน แสดงผลในภาพที่ 10 พบว่า วัสดุ ABS มีผลกระทบสูงกว่า Nylon และ PLA ในด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) รองลงมา คือ ด้านพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) และด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity) ตามลำดับ เนื่องจาก ABS เป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก ซึ่งมีส่วนประกอบของสารจำพวกปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน ทำให้พลาสติก ABS เป็นพลาสติกที่มีความทนทานย่อยสลายยาก เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก PLA ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติกที่ผลิตมาจากธรรมชาติ ได้แก่ ข้าวโพด และอ้อย มีการย่อยสลายได้ง่ายทางชีวภาพโดยจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เห็ด และรา เป็นต้น และ PLA ยังไม่มีพิษต่อมนุษย์ ดังนั้นจึงเป็นพลาสติกที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด นอกจากนี้ ABS และ Nylon มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการหลอมเหลวที่หัวฉีดสูงกว่า PLA และที่ฐานรองชิ้นงานของพลาสติก ABS และ Nylon จะต้องใช้อุณหภูมิสูงอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการหดตัวของชิ้นงาน ดังนั้นการตั้งค่าอุณหภูมิที่หัวฉีด ให้มีอุณหภูมิค่าเป็นการประหยัดไฟฟ้า ซึ่งจะต้องเป็นอุณหภูมิที่ทั้งวัสดุ และเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ยอมรับได้ (Davis et al., 2016) นอกจากนี้กระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ระยะเวลา 6 ชม. มีค่าผลกระทบสูงกว่ากระบวนการใช้งานที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าที่ระยะเวลาการใช้งานที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มให้ผลกระทบสูงขึ้น



ภาพ 10 เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัสดุ 3 ชนิด คือ PLA, ABS และ Nylon ในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ระยะเวลา 3 ชั่วโมง และ 6 ชั่วโมง

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยพิจารณาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบ การใช้งาน และการกำจัดซากชิ้นงาน ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมลพิษอากาศและการใช้ไฟฟ้าโดยตรง สอบถามผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และจากฐานข้อมูลที่ได้รับคำแนะนำเชื่อถือในระดับสากล คือ Ecoinvent 3.0 โดยผลการศึกษารูปได้ดังนี้

1. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ชนิด FDM เกิดจากกระบวนการใช้งานมากกว่ากระบวนการได้มาของวัตถุดิบ และการกำจัดซากชิ้นงาน
2. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการผลิตชิ้นงานโดยการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในกระบวนการใช้งานพบว่า ผลกระทบสูงสุด คือ ด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) รองลงมา คือ ด้านพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity) ตามลำดับ
3. ระยะเวลาการใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่เพิ่มขึ้น จาก 3 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง ส่งผลให้มลพิษที่ปลดปล่อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
4. ผลการเปรียบเทียบการใช้งานพลาสติกทั้ง 3 ชนิด พบว่า ABS ส่งผลกระทบมากที่สุด รองลงมา คือ Nylon และ PLA ตามลำดับ ในด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางน้ำ (Aquatic ecotoxicity) ด้านพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non-renewable energy) และความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางบก (Terrestrial ecotoxicity)

นอกจากนี้เพื่อนำผลของงานวิจัยไปใช้ประโยชน์แก่ผู้ผลิตและผู้บริโภค เช่น การปรับการเลือกใช้วัสดุในกระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ จากผลของงานวิจัยพลาสติก PLA เป็นวัสดุที่เหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติก ABS และ Nylon อีกทั้งช่วยลดการใช้พลังงาน

ไฟฟ้า เนื่องจากใช้คุณสมบัติที่หวั่นน้อยกว่าพลาสติกชนิดอื่น และไม่ต้องใช้คุณสมบัติที่ฐานรอง เพราะไม่มีการหดตัวของชิ้นงาน พลาสติก PLA สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ราคาใกล้เคียงกับพลาสติกชนิดอื่น ๆ และใช้งานเฉพาะกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ดังนั้นผู้ผลิตและผู้บริโภคควรหันมาใช้วัสดุ PLA ในการขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม และให้ผู้บริโภคได้ทราบข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุ และผลิตภัณฑ์เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

เอกสารอ้างอิง

- ฐานข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์. (2558). ISO 14000 มาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก https://packaging.oie.go.th/new/admin_control_new/html-demo/file/1547268930.pdf
- ปราโมช เชื้อวชาญ. (2554). การเก็บตัวอย่างมลพิษอากาศ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://www.stou.ac.th/Schools/Shs/booklet/book543/sanitation.html/>
- เศรษฐ์ สัมภักตะกุล. (2555). การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก https://www.researchgate.net/profile/Sate_Sampattagul/publication/
- สยาม เรปเรป จำกัด. (2560). เครื่องพิมพ์ 3 มิติ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://www.siamregrap.com/>
- สรินญา สินคำ. (2560). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการบริการงานพิมพ์แบบออฟเซตและดิจิทัล: กรณีศึกษาโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)
- เออาร์ไอพี จำกัด. (2560). 7 ประเภท ของปริ้นเตอร์ 3 มิติ เทคโนโลยีสร้างสรรค์งานลอยตัวที่ใกล้เรามากขึ้นทุกขณะ. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://www.aripfan.com/7-types-of-3d-printers/>
- Cerdas, F., Juraschek, M., Thiede, S., & Herman, C. (2017). Life cycle assessment of 3d printed in a distributed manufacturing system. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 80-93.
- Davis, A., Black, M., Zhang, Q., Wong, J., & Weber, R. (2016). Fine particulate and chemical emissions from desktop 3D printers, *ASHRAE Annual Conference*.
- Faludi, J., Hu, Z., Alrashed, S., Braunholz, C., Kaul, S., & Kassaya, L. (2015). Does material choice drive sustainability of 3D printing. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 9(2).
- McCue, T. (2018). Wohlers reports 2018. [online]. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/vinnielauria/2019/07/17/>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1994). NIOSH method 0500. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1996). NIOSH method 2549. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/2549.pdf>

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำ

Enhancement Efficiency of Plasma Discharge System for Removal of Toxic Organic Contaminants in Water

มันทิยา รณนิษฐ์¹ และ พีรพงษ์ พรวงษ์ทอง[✉]

Mantiya Ratanit¹ and Peerapong Pornwongthong[✉]

¹ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหาร และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹Department of Agro-industrial, Food and Environmental Technology, Faculty of Applied Science,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800, Thailand

Corresponding E-mail : peerapong.p@sci.kmutnb.ac.th[✉]

บทคัดย่อ

ระบบพลาสมาดิสชาร์จเป็นระบบบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำที่อาศัยการส่งกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงระหว่างขั้วอิเล็กโทรดและทำให้อิออนน้ำแตกตัวกลายเป็นพลาสมา การกำเนิดพลาสมาในรูปแบบดังกล่าวก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระและอัตราไอโอไลต์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เอื้อให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำโดยเฉพาะสารก่อมะเร็ง 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัด 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนด้วยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การทดสอบการบำบัด 1,4-ไดออกเซนที่กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ พบว่าระบบพลาสมาดิสชาร์จสามารถบำบัด 1,4-ไดออกเซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ร้อยละ 73.5 ภายในเวลา 15 นาที ในสภาวะที่ไม่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และร้อยละ 73.6 ภายในเวลา 9 นาที เมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่การทดสอบการบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จที่กำลังไฟฟ้า 14 วัตต์ พบว่าระบบสามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ร้อยละ 99.5 ภายในเวลา 8 นาที ในสภาวะที่ไม่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และลดลงเป็น 3 นาทีเมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพระบบพลาสมาดิสชาร์จและสามารถบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: สารปนเปื้อนอุบัติใหม่, สารทำลายที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ, กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง, การบำบัดน้ำ, สารก่อมะเร็ง

ABSTRACT

Plasma discharge system is a water treatment system for removal toxic organic compound by transferring electricity between two electrodes at high voltage, resulting in plasma generation from dissociation of water vapor. Once

plasma generated, it releases reactive oxygen species and ultraviolet which are the essential component for advanced oxidation processes. The plasma discharge system can be used for removal of toxic and carcinogenic organic contaminant, including 1,4-dioxane and trichloroethylene. In this study, we evaluated the effectiveness of hydrogen peroxide addition on removal of 1,4-dioxane and trichloroethylene by the plasma discharge system. The results revealed that the plasma discharge system operated at the power of 50 W could remove 73.5% of 100 mg/L 1,4-dioxane within 15 minutes, while it could remove 73.6% of 100 mg/L within 9 minutes with addition of 30 mg/L hydrogen peroxide. In contrast, the plasma discharge system operated at the power of 14 W could remove 99.5% of 35 mg/L trichloroethylene within 8 minutes, but remove trichloroethylene at the same percentage within 3 minutes when 30 mg/L hydrogen peroxide was supplemented. Therefore, the addition of hydrogen peroxide can increase the efficiency of the plasma discharge system and fasten the removal of toxic organic compounds in water.

Keywords: Emerging Water Contaminant, Chlorinated Solvent, Advanced Oxidation Process, Water Treatment, Carcinogen

บทนำ

การผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์จำเป็นต้องใช้สารเคมีโดยเฉพาะตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ ในกระบวนการผลิต การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ในปริมาณมากประกอบกับการจัดการกากของเสียที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในสิ่งแวดล้อม การปนเปื้อนสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ มีเสถียรภาพสูงและไม่สามารถย่อยสลายได้ในสภาวะตามธรรมชาติทำให้สารเคมีดังกล่าวคงทนในสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และระบบนิเวศในระยะยาว

1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่จัดเป็นสารก่อมะเร็งตามการจัดจำแนกขององค์การวิจัยมะเร็งนานาชาติ (IARC, 1999) ปัจจุบันแหล่งน้ำหลายแห่งได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ดังกล่าวโดยมากมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทิ้งของเสียและสารอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม และการหลุดร่วงของสารพิษจากหลุมฝังกลบที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนเป็นสารอินทรีย์ปนเปื้อนที่เป็นพิษและมักพบในแหล่งน้ำใต้ดิน หากเกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำแล้ว สารเคมีดังกล่าวสามารถเคลื่อนที่และแพร่กระจายไปตามการเคลื่อนที่ของน้ำและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมเป็นบริเวณกว้าง นอกจากนี้การปนเปื้อนของสารดังกล่าวในแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภคของประชาชนยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ดังนั้นการบำบัดการปนเปื้อนของ 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนในแหล่งน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนในปัจจุบัน

1,4-ไดออกเซนเป็นสารพลอยได้ที่ได้จากการผลิตเส้นใยโพลีเอทิลีนในอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม การผลิตเรซินในอุตสาหกรรมเมมเบรน และการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อการดูแลตัวเอง เช่น สบู่ ยาสระผม และสารซักฟอก 1,4-ไดออกเซนยังเป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมการผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจต สีทาบ้าน และยาฆ่าแมลง นอกจากนี้ยังถูกใช้เป็นสารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Stabilizer) ของตัวทำละลายคลอรีน (Mohr, 2010; Bowman, 2001) เนื่องจากโมเลกุลของ 1,4-ไดออกเซนเป็นเฮเทอโรอีเทอร์ที่มีสมมาตรทำให้โมเลกุลมีเสถียรภาพสูงในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ทนต่อกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation) และออกซิเดชัน (Oxidation) (Stoye, 2005) นอกจากนี้ ออกซิเจนในโมเลกุลยังเอื้อให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ ทำให้ 1,4-ไดออกเซนละลายน้ำได้ดีและกำจัดออกจากน้ำได้ยาก

ด้วยกระบวนการไล่อากาศหรือการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ลักษณะเหล่านี้ทำให้ 1,4-ไดออกเซนเป็นสารเคมีที่ตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีการตรวจพบการปนเปื้อนของ 1,4-ไดออกเซนในหลายพื้นที่ทั่วโลก (Abe, 1999; Anderson et al., 2012; Isaacson et al., 2006) โดยมีจะพบการปนเปื้อนของ 1,4-ไดออกเซนร่วมกับตัวทำละลายคลอรีน เช่น ไตรคลอโรเอทิลีน เป็นต้น (Mohr, 2010; Anderson et al., 2012; Karges et al., 2017; Adamson et al., 2014)

ไตรคลอโรเอทิลีนเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (ATSDR, 2014) ถึงแม้ว่าไตรคลอโรเอทิลีนจะละลายน้ำได้ปานกลาง แต่มีคุณสมบัติในการละลายสารอินทรีย์ได้หลายชนิดจึงถูกใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าหลายประเภท ได้แก่ กาว สารปราบศัตรูพืช น้ำยาลบคำผิด น้ำยาล้างฟิล์ม น้ำยาซักแห้ง น้ำยาทำความสะอาด และน้ำยาลบสี เป็นต้น ไตรคลอโรเอทิลีนยังถูกใช้เป็นตัวทำละลายไขมันออกจากโลหะและทำให้โลหะเป็นมันวาว จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมโลหะต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมชิ้นส่วนนาฬิกาและอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Bakke, 2007) แม้ว่าไตรคลอโรเอทิลีนจะสามารถย่อยสลายได้ในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ แต่อาจสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีพิษสูงในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ได้แก่ ไดคลอโรเอทิลีน (Dichloroethylene) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) และไวนิลคลอไรด์ (Vinyl chloride) (ATSDR, 2004) การบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพยังใช้ระยะเวลาเวลานานในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนที่แหล่งกำเนิดอีกด้วย

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำอยู่หลายวิธี หนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมคือการใช้กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advanced Oxidation Processes: AOPs) เนื่องจากเป็นกระบวนการบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และสามารถบำบัดสารปนเปื้อนความเข้มข้นสูงที่แหล่งกำเนิดมลพิษ กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงเป็นกระบวนการที่อาศัยการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical: OH[•]) ที่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ผ่านปฏิกิริยาโฟโตไลซิสของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โอโซน และไทเทเนียมไดออกไซด์ (Coleman et al., 2007) อนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่เกิดขึ้นจะออกซิไดส์สารอินทรีย์ที่เป็นพิษในน้ำให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และไอออน จึงสามารถลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์ได้โดยไม่มีของเสียเกิดขึ้น (Mills et al., 1993)

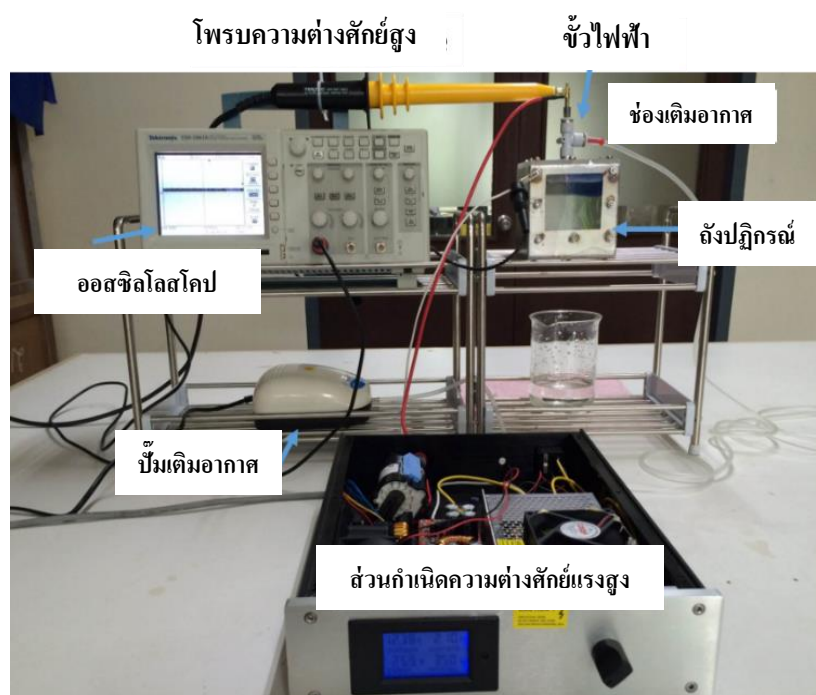
ระบบพลาสมาดิสชาร์จ (Plasma Discharge System) เป็นระบบกำเนิดพลาสมาในน้ำจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นแก๊ส และทำให้เกิดการแตกตัวของแก๊สเป็นพลาสมาโดยการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า การแตกตัวของแก๊สก่อให้เกิดอนุพันธ์ของโมเลกุลหรืออะตอมที่มีอำนาจในการออกซิไดส์สูง เช่น อนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโอโซน เป็นต้น นอกจากนี้พลาสมาในน้ำยังสามารถกำเนิดคลื่นกระแทก (Shock wave) รั้งสีอัลตราไวโอเลต และระเบิดโพรงอากาศ (Cavitation) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เอื้อให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Jiang et al., 2014; Roland et al., 2005) การกำเนิดพลาสมาในน้ำจึงจัดเป็นกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงที่มีการเติมอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลลงไปในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม (Joshi and Thagard, 2013) เทคโนโลยีการบำบัดสารปนเปื้อนด้วยพลาสมาจึงเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการอย่างมากในการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมหรือแหล่งน้ำดื่มที่ปนเปื้อนสารมลพิษอินทรีย์ในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ระบบพลาสมาดิสชาร์จ และการใช้ระบบพลาสมาดิสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัด 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนในน้ำ โดยมีสมมติฐานว่าการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จและลดระยะเวลาในการบำบัดสารมลพิษอินทรีย์ในน้ำได้

วิธีการวิจัย

1. ระบบพลาสมาดิสชาร์จ

ระบบพลาสมาดิสชาร์จ (ภาพที่ 1) ประกอบด้วย (1) ส่วนกำเนิดความต่างศักย์แรงสูงทำหน้าที่สร้างความต่างศักย์แรงสูงสำหรับการกำเนิดพลาสมาและทำหน้าที่ส่งกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์สูงไปยังขั้วไฟฟ้า (2) ขั้วไฟฟ้าที่ทำจากทังสเตนปลายแหลม ที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงและทนการกัดกร่อนได้ดี โดยปลายแหลมของขั้วทั้งสแตนเลสด้วยท่อแก้ว ปลายเปิดต่อเข้ากับข้อต่อสามทางที่สามารถเติมอากาศหรือเลือกใช้แก๊สชนิดต่างๆ ในการกำเนิดพลาสมา และ (3) ถึงปฏิกิริยาทรงลูกบาศก์ ทำจากสแตนเลส ความจุ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตรขนาด $10 \times 10 \times 10$ เซนติเมตร ด้านบนและด้านหน้าเป็นแผ่นอะคริลิกใส มีช่องด้านบนสำหรับติดตั้งขั้วไฟฟ้า ส่วนช่องด้านหน้าเป็นช่องหน้าต่างที่สามารถสังเกตลักษณะของพลาสมาที่เกิดขึ้นในถังปฏิกิริยาได้



ภาพ 1 องค์ประกอบของระบบพลาสมาดิสชาร์จ

2. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซน

งานวิจัยนี้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 710 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่กำลังไฟ 50 วัตต์ ในสภาวะเติมอากาศที่อัตรา 1.2 ลิตรต่อนาที โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 0 1 3 6 9 12 และ 15 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณ 1,4-ไดออกเซนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันโดยใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลความเข้มข้นจากการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมของการกำจัดสารเคมีในถังปฏิกิริยา คำนวณประสิทธิภาพการบำบัด และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายพฤติกรรมบำบัด 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ

3. การทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีน

งานวิจัยนี้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสติกชีวภาพในการบำบัดไตรกลีเซอไรด์ที่ความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 710 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่กำลังไฟ 14 วัตต์ ในสภาวะเดิมอากาศที่อัตรา 1.2 ลิตรต่อนาที โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่เวลา 0.5 และ ทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 9 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ตัวตรวจวัดเฟลมไอออไนเซชันโดยใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 ข้อมูลความเข้มข้นจากการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ศึกษาพฤติกรรมของการกำจัดสารเคมีในถังปฏิกรณ์ คำนวณประสิทธิภาพการบำบัด และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายพฤติกรรมของการบำบัดไตรกลีเซอไรด์ด้วยระบบพลาสติกชีวภาพ

ตาราง 1 สภาวะการวิเคราะห์สาร 1,4-ไดออกเซนด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีการตรวจวัดแบบเฟลมไอออไนเซชัน

A. Instrumentation

Gas chromatograph: Hewlett-Packard 6890 Chromatograph

Column: Agilent Technologies, Inc. DB 5 (30 m X 0.25 mm id X 1µm)

Detector: Flame Ionization Detector

B. GC Conditions

Inlet: Splitless injection (2 µL liquid injection)

- Heater: 220 °C
- Pressure: 16.3 psi
- Total flow : 31.5 mL min⁻¹
- Carrier gas: Helium

Oven program: Isothermal 75 °C

Detector: Flame Ionized Detector

- Heater: 300 °C
- H₂ flow: 40 mL min⁻¹
- Air flow: 450 mL min⁻¹
- N₂ make up: 25 mL min⁻¹

4. การทดสอบผลของการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัด

เพื่อศึกษาผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัด 1,4-ไดออกเซนและไตรกลีเซอไรด์ในถังปฏิกรณ์พลาสติก ผู้วิจัยได้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร (Coleman et al., 2007) ลงไปในถังปฏิกรณ์ที่สภาวะการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2.2 และ 2.3 ก่อนนำข้อมูลความเข้มข้นมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการบำบัดสารดังกล่าวด้วยระบบพลาสติกชีวภาพเพียงอย่างเดียว และการบำบัดด้วยระบบพลาสติกชีวภาพร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5. การทดสอบผลของการเติมสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ต่อประสิทธิภาพการบำบัด

เพื่อยืนยันว่าการกำจัด 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนในระบบพลาสมาดิสชาร์จเกิดจากอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ผู้วิจัยได้ทดสอบการเติมสารต้านอนุมูลอิสระเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดักจับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตรลงไปในถังปฏิกรณ์ในสภาวะการทดสอบเช่นเดียวกันกับข้อ 2.2 และ 2.3 ก่อนนำข้อมูลความเข้มข้นมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการบำบัดสารดังกล่าวในสภาวะที่มีการเติมและไม่เติมสารต้านอนุมูลอิสระเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์

ตาราง 2 สภาวะการวิเคราะห์สารไตรคลอโรเอทิลีนด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีการตรวจวัดแบบไอออนไนเซชัน

A. Instrumentation

Gas chromatograph: Hewlett-Packard 6890 Chromatograph

Column: Agilent Technologies, Inc. DB wax (30 m X 0.53 mm id X 1 μ m)

Detector: Flame Ionization Detector

B. GC Conditions

Inlet: Splitless injection (2 μ L liquid injection)

- Heater: 270 $^{\circ}$ C
- Pressure: 9.50 psi
- Total flow : 99.8 mL min⁻¹
- Carrier gas: Helium

Oven program: Isothermal 150 $^{\circ}$ C

Detector: Flame Ionized Detector

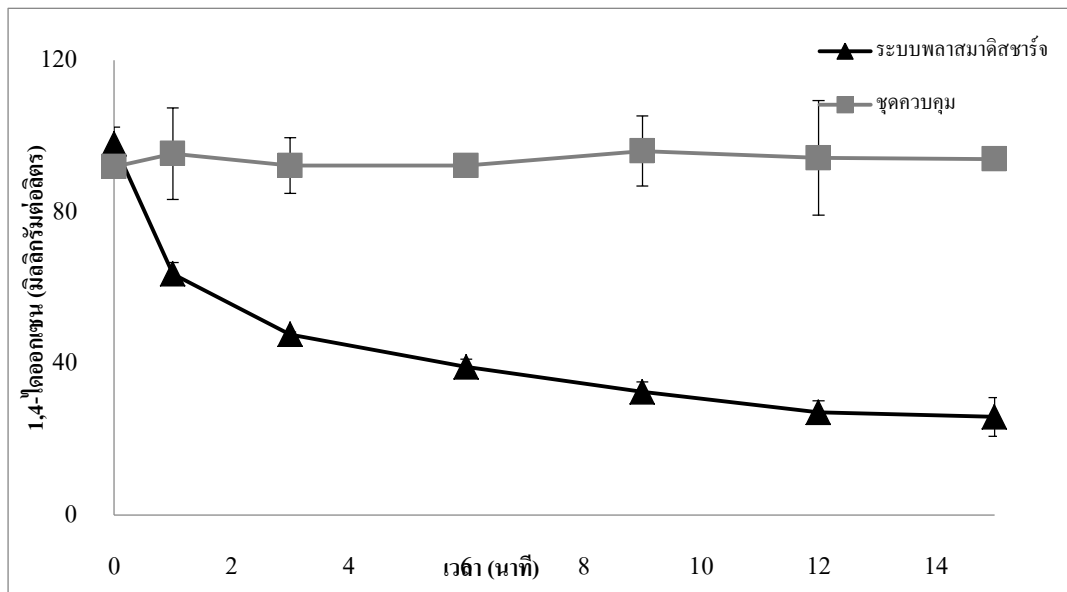
- Heater: 300 $^{\circ}$ C
- H₂ flow: 40 mL min⁻¹
- Air flow: 450 mL min⁻¹
- N₂ make up: 25 mL min⁻¹

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การทดสอบการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ

ภาพที่ 2 แสดงพฤติกรรมผลการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ ผลการทดสอบพบว่าระบบพลาสมาดิสชาร์จสามารถบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนได้ร้อยละ 73.5 (จากความเข้มข้น 97.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 25.90 มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในระยะเวลา 15 นาที (ตารางที่ 3) ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบพลาสมาดิสชาร์จสามารถบำบัด 1,4-ไดออกเซนที่มีเสถียรภาพทางโครงสร้างและย่อยสลายยากได้ จากการสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการย่อยสลาย 1,4-ไดออกเซน (ภาพที่ 3) พบว่าการลดลงของ 1,4-ไดออกเซนเมื่อบำบัดด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ สามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยปฏิกิริยาอันดับสอง (พิจารณาจากค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R² ที่มีค่าสูงสุด) โดยพบว่าค่าคงที่ของปฏิกิริยาในระบบพลาสมาดิสชาร์จเท่ากับ 0.0019 นาที⁻¹ และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 5.37 นาที แสดงให้เห็นว่าอัตรา

การลดลงของ 1,4-ไดออกเซนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ 1,4-ไดออกเซนเริ่มต้นยกกำลังสอง หรือขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นสองชนิดคือ 1,4-ไดออกเซนและอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล

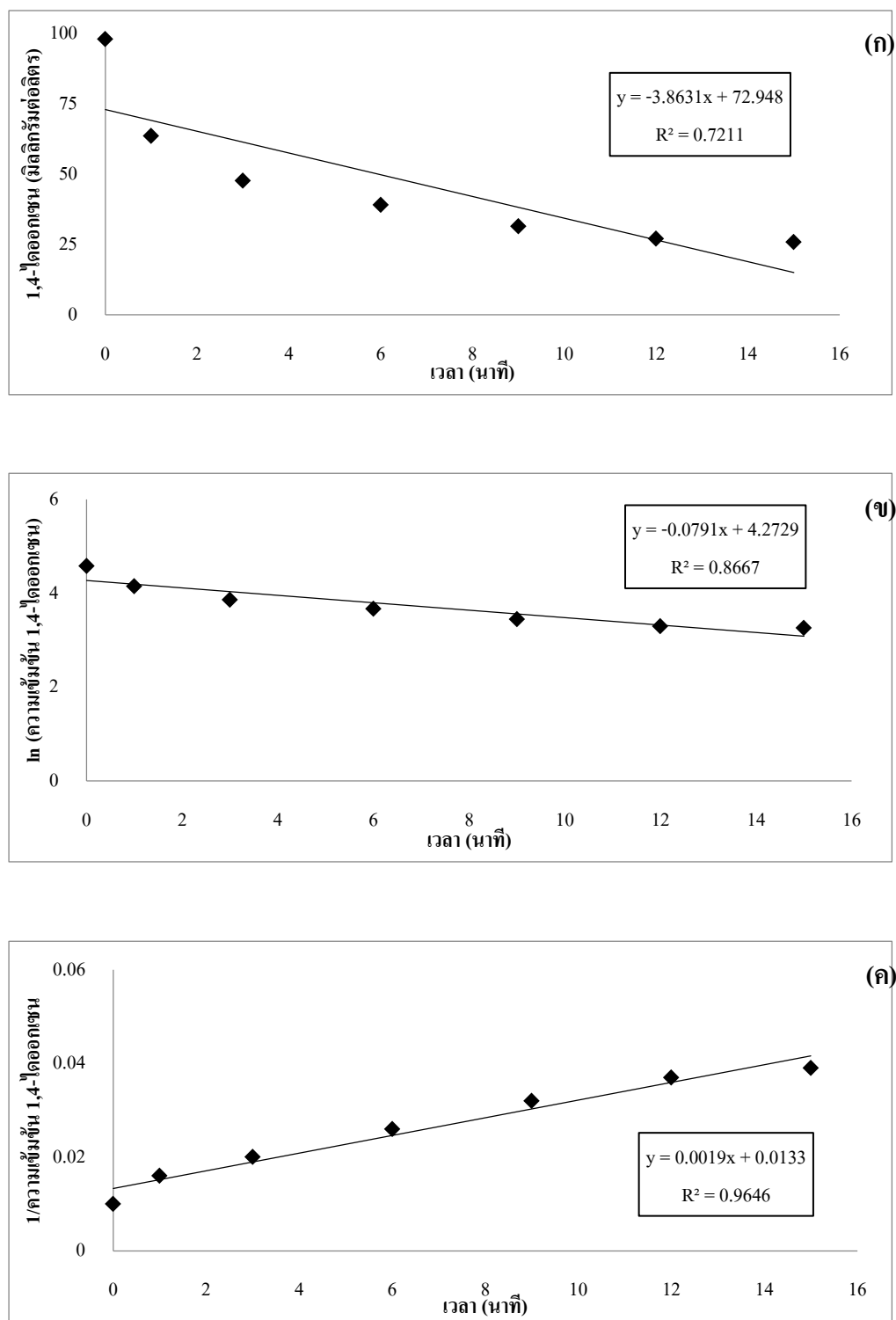


ภาพ 2 ผลการทดสอบการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดีสชาร์จที่กําลังไฟฟ้า 50 วัตต์

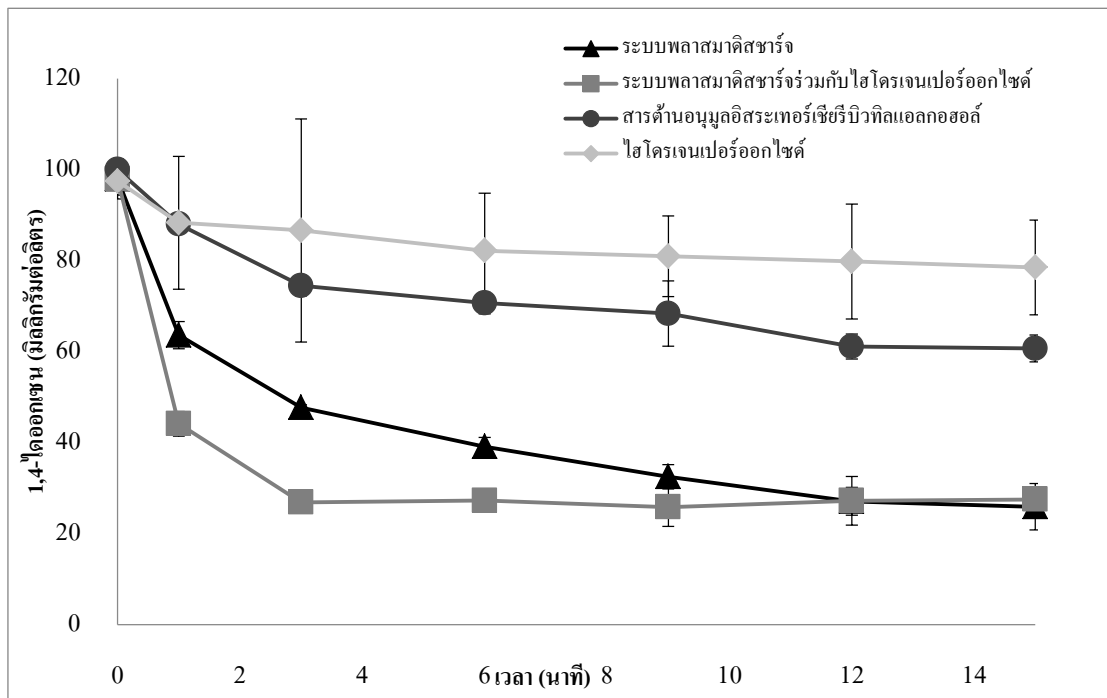
2. ผลของการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซน

เมื่อบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดีสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนได้ร้อยละ 73.6 (ตารางที่ 3) (จากความเข้มข้น 97.94 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลงเหลือ 25.86 มิลลิกรัมต่อลิตร) ภายในระยะเวลา 9 นาที โดยความเข้มข้นของ 1,4-ไดออกเซนลดลงอย่างรวดเร็ว ในระยะเวลา 3 นาทีแรก และค่อยๆ คงที่ (ภาพที่ 4) และเมื่อทดสอบการลดลงของสาร 1,4-ไดออกเซน ด้วยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยไม่ใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จ พบว่าสาร 1,4-ไดออกเซนลดลงเพียงร้อยละ 19.44 แสดงให้เห็นว่าการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซน จำเป็นต้องอาศัยองค์ประกอบต่างๆ ที่เอื้อให้เกิดกระบวนการออกซิเดชันขึ้นสูงจากการกำเนิดพลาสมา การเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในระบบแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่มีความสามารถในการสลายสารอินทรีย์ที่เป็นพิษได้ ดังนั้นการใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จจึงจำเป็นในการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซน

ผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบพลาสมาดีสชาร์จที่มีการกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเลตขณะที่เกิดพลาสมาทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นในระบบ (สมการที่ 1) (Coleman et al., 2007) ส่งผลให้กำจัด 1,4-ไดออกเซนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ (สมการที่ 2) ในถังปฏิกรณ์ได้เร็วขึ้น ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าระบบพลาสมาดีสชาร์จสามารถกำจัด 1,4-ไดออกเซนที่ความเข้มข้นสูงที่มักพบในแหล่งกำเนิดได้อย่างรวดเร็ว การบำบัดที่รวดเร็วที่แหล่งกำเนิดจะช่วยลดแพร่กระจายของสารเคมีดังกล่าวและลดผลกระทบที่เกิดจากการปนเปื้อนดังกล่าวได้ แต่อย่างไรก็ตามการบำบัด 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดีสชาร์จและระบบพลาสมาดีสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่สามารถบำบัด 1,4-ไดออกเซนให้มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าแนะนำในน้ำดื่มของ องค์การอนามัยโลกที่ 50 ไมโครกรัมต่อลิตรได้ จึงมีความจำเป็นต้องใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จร่วมกับการบำบัดด้วยอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพ



ภาพ 3 การตรวจสอบอันดับของปฏิกิริยาของการกำจัด 1,4-ไดออกเซนด้วยระบบพลาสมาดีสชาร์จ (ก) ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (ข) ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ค) ปฏิกิริยาอันดับสอง จากการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Model Fit) พบว่าการลดลงของ 1,4-ไดออกเซนในระบบพลาสมาดีสชาร์จเป็นปฏิกิริยาอันดับสอง



ภาพ 4 ผลของการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซน



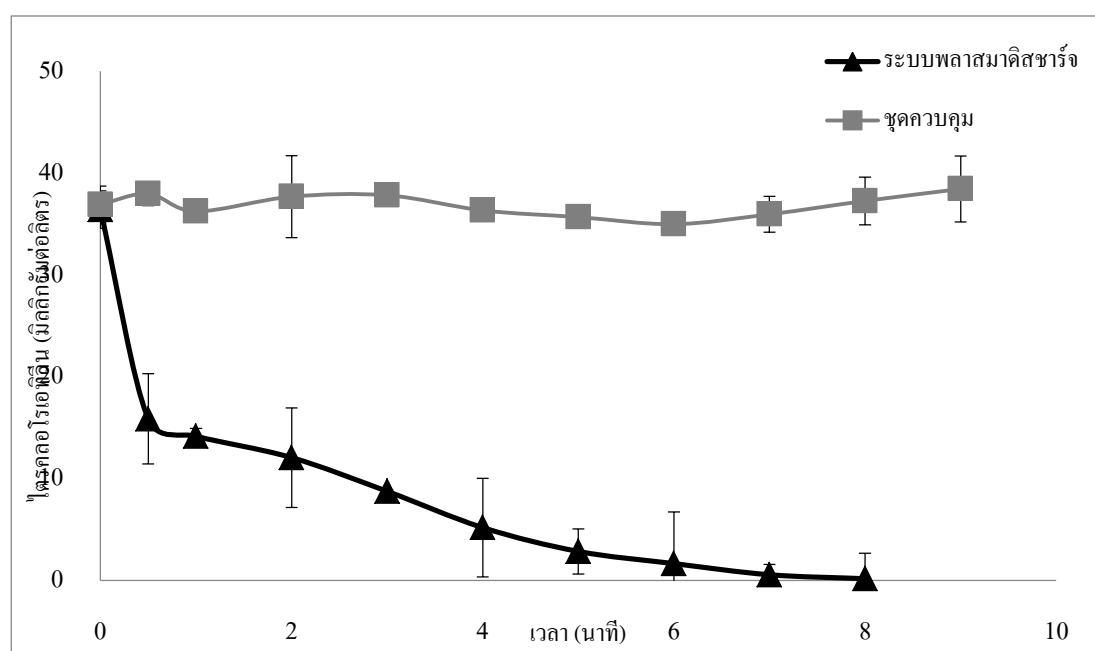
การใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงเป็นที่นิยมในหลายงานวิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันเนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้ (Mihaela and Bolton, 1998; Suh and Mohseni, 2004; Barndok et al., 2014) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ควรเติมในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณมากอาจจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำบัด นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนจะลดลงถ้ามีการปนเปื้อนร่วมของสารอินทรีย์อื่นๆ ในแหล่งน้ำและอาจจะทำให้ต้องเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ทราบปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการบำบัด 1,4-ไดออกเซนในพื้นที่ปนเปื้อน การทดสอบการบำบัดในห้องปฏิบัติการโดยใช้ตัวอย่างจากแหล่งปนเปื้อนจึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการใช้เทคโนโลยีพลาสมา ร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการบำบัด 1,4-ไดออกเซน

การเติมสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดับจับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลลงไปในระบบพลาสมาดีสชาร์จพบว่า การบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรมีประสิทธิภาพต่ำลง (ภาพที่ 4) โดยระบบพลาสมาดีสชาร์จสามารถกำจัด 1,4-ไดออกเซนได้เพียงร้อยละ 39.27 (จากความเข้มข้น 99.50 เป็น 60.50 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลา 15 นาที) (ตารางที่ 3) ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นเมื่ออนุมูลอิสระถูกดับจับด้วยเทอร์เชียรี

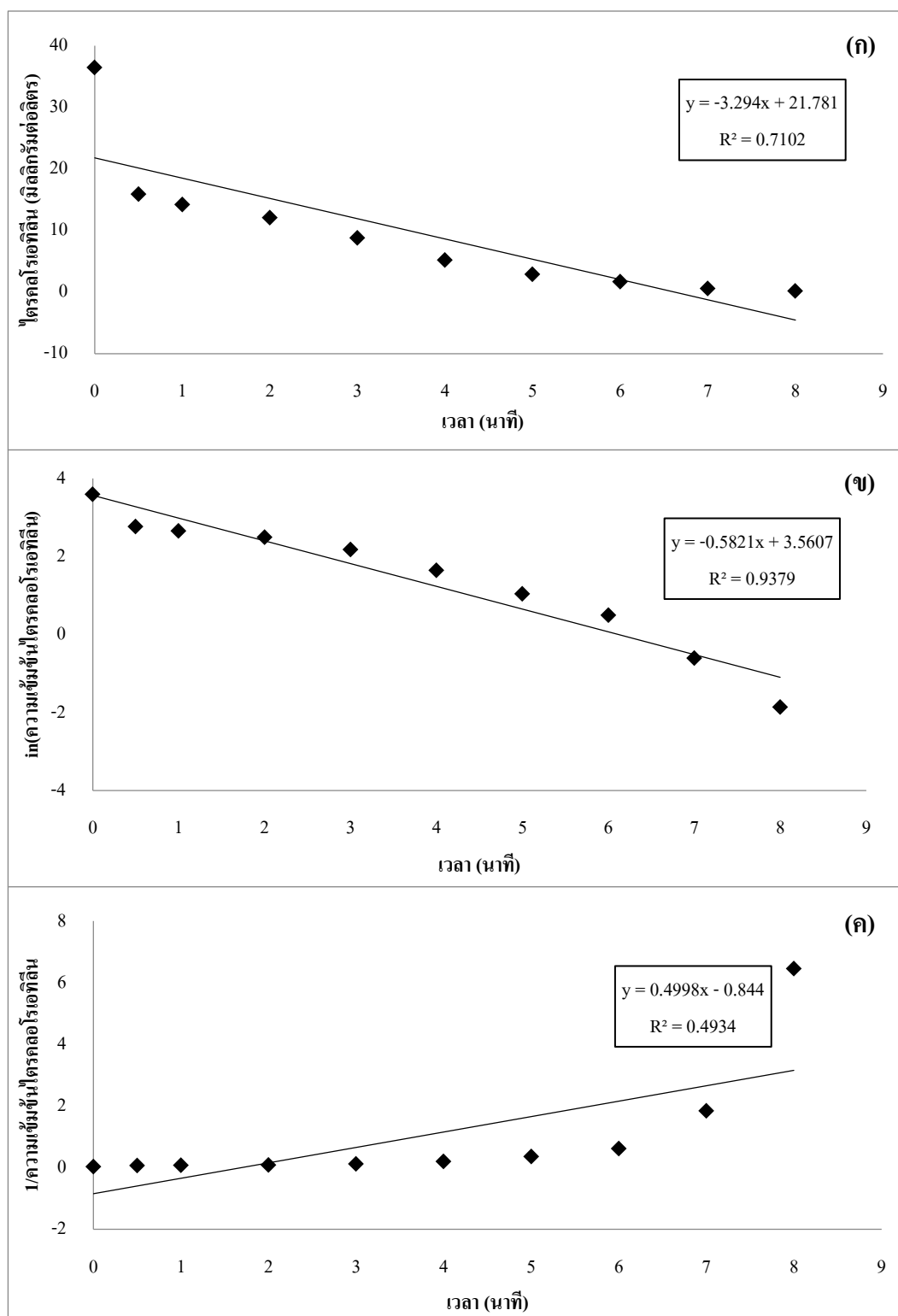
บิวทิลแอลกอฮอล์แล้วจะทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลลดลง ดังนั้นการลดลงของประสิทธิภาพการบำบัดของระบบจึงอาจจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล การทดสอบนี้จึงแสดงให้เห็นว่าพลาสมาดิสชาร์จสามารถกำจัด 1,4-ไดออกเซนได้โดยอาศัยการทำงานของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล

3. การทดสอบการบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ

ภาพที่ 5 แสดงพฤติกรรมการบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จ ผลการทดสอบพบว่าระบบพลาสมาดิสชาร์จสามารถบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีนความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ต่ำกว่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ (160 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลา 8 นาที คิดเป็นร้อยละ 99.5 (ตารางที่ 3) การสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการย่อยสลายไตรคลอโรเอทิลีน (ภาพที่ 6) พบว่าการลดลงของไตรคลอโรเอทิลีนเมื่อบำบัดด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จสามารถอธิบายได้ดีที่สุดด้วยปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (พิจารณาจากค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ R^2 ที่มีค่าสูงสุด) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการลดลงของไตรคลอโรเอทิลีนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไตรคลอโรเอทิลีนเริ่มต้น จากแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับหนึ่งพบว่าค่าคงที่ของปฏิกิริยาในระบบพลาสมาดิสชาร์จเท่ากับ 0.5821 นาที^{-1} และมีครึ่งชีวิตเท่ากับ 1.19 นาทีซึ่งรวดเร็วกว่าการออกซิเดชันของไตรคลอโรเอทิลีนโดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่เกิดจากการริ้วขั้วเรณอนโทรไนต์ที่มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 0.54 ชั่วโมง (Lui et al., 2017)



ภาพ 5 ผลการทดสอบการบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีนด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จที่ก่้างไฟฟ้า 14 วัตต์

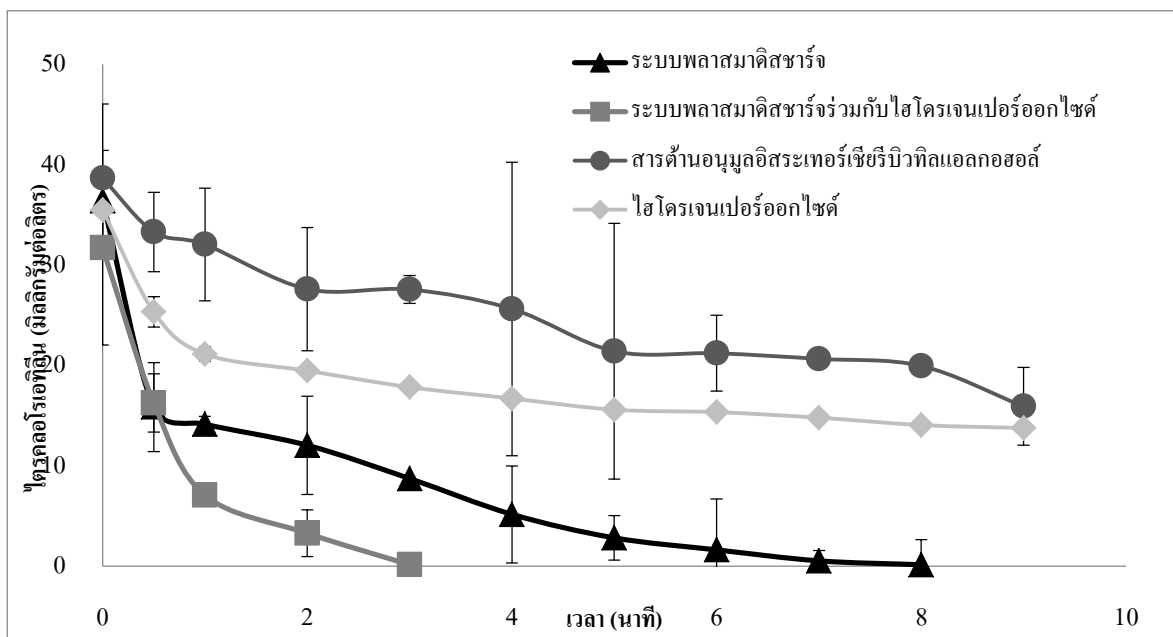


ภาพ 6 การตรวจสอบอันดับของปฏิริยาของการกำจัดไตรคลอโรเอทีนด้วยระบบพลาสมาดีซาร์จ (ก) ปฏิริยาอันดับศูนย์ (ข) ปฏิริยาอันดับหนึ่ง (ค) ปฏิริยาอันดับสอง จากการตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง (Model Fit) พบว่าการลดลงของไตรคลอโรเอทีนในระบบพลาสมาดีซาร์จเป็นปฏิริยาอันดับหนึ่ง

4. ผลของการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ต่อประสิทธิภาพการบำบัด ไตรคลอโรเอทิลีน

เมื่อบำบัดด้วยระบบพลาสมาดีสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนได้ต่ำกว่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ (160 ไมโครกรัมต่อลิตร) ในระยะเวลา 3 นาที คิดเป็นร้อยละ > 99.5 (ตารางที่ 3) เปรียบเทียบกับสถานะที่ไม่มีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใช้เวลา 8 นาที (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นว่าการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นสารต้นกำเนิดอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลในระบบพลาสมาสามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนได้เร็วขึ้น และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบเมื่อเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนลดลงเหลือเพียงร้อยละ 61.18 ประสิทธิภาพการบำบัดที่ลดลงจากการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์นี้อาจเกิดจากการขาดองค์ประกอบต่างๆ ที่เอื้อให้เกิดกระบวนการออกซิเดชัน ขึ้นสูงจากการกำเนิดพลาสมา ทำให้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เติมลงไปในระบบไม่สามารถแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลได้ ดังนั้นการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่าการใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จหรือการใช้ระบบพลาสมาดีสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

การเติมสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวดักจับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลลงไปในระบบพลาสมาดีสชาร์จพบว่าการบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีนมีประสิทธิภาพต่ำลง (ภาพที่ 7) โดยระบบพลาสมาดีสชาร์จไม่สามารถลดปริมาณไตรคลอโรเอทิลีนให้ต่ำกว่าขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (160 ไมโครกรัมต่อลิตร) เหมือนในสถานะที่ไม่เติมสารเคมีหรือสถานะที่เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในสถานะที่มีการเติมเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบพลาสมาดีสชาร์จสามารถกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนได้เพียงร้อยละ 55.8 (จากความเข้มข้น 36.92 เป็น 15.93 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ระยะเวลา 8 นาที) (ตารางที่ 3) ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเป็นตัวแปรสำคัญในการบำบัดไตรคลอโรเอทิลีน



ภาพ 7 ผลของการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และสารเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดสารไตรคลอโรเอทิลีน

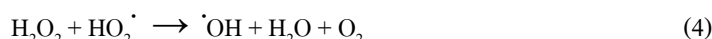
ตาราง 3 ประสิทธิภาพการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนที่สภาวะการบำบัดต่างๆ

สภาวะการบำบัด	1,4-ไดออกเซน		ไตรคลอโรเอทิลีน	
	ร้อยละการกำจัด	เวลา (นาทีก)	ประร้อยละการกำจัด	เวลา (นาทีก)
ระบบพลาสมาดิสชาร์จ	73.50	15	> 99.50	8
ระบบพลาสมาดิสชาร์จ ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	73.60	9	> 99.50	3
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	19.44	15	61.18	8
ระบบพลาสมาดิสชาร์จ ร่วมกับเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์	39.27	15	55.80	8

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าระบบพลาสมาดิสชาร์จและระบบพลาสมาดิสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนออกไซด์มีประสิทธิภาพในการบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนและไตรคลอโรเอทิลีนความเข้มข้นสูงในน้ำ โดยสามารถบำบัดสาร 1,4-ไดออกเซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ร้อยละ 73.5 ภายในระยะเวลา 15 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ และในระยะเวลา 9 นาที เมื่อใช้ระบบพลาสมาดิสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นอกจากนี้ยังสามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ต่ำกว่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ (160 ไมโครกรัม ต่อลิตร) คิดเป็นร้อยละการกำจัด > 99.5 ภายในระยะเวลา 8 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 14 วัตต์ และสามารถบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนให้ต่ำกว่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ที่เวลา 3 นาที เมื่อใช้ระบบพลาสมาดิสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แม้ว่าการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะไม่ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ทั้งสองชนิด แต่ทำให้ระยะเวลาในการบำบัดลดลง ดังนั้นการบำบัดด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จร่วมกับการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จึงเหมาะต่อการบำบัดสารอินทรีย์ที่แหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องการการบำบัดที่รวดเร็วเพื่อป้องกันผลกระทบทางสุขภาพและระบบนิเวศจากการแพร่กระจายของสารเคมีจากแหล่งกำเนิดสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงการใช้ระบบพลาสมาดิสชาร์จในน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่เป็นพิษ การรับน้ำในปริมาณมากต่อวันของระบบบำบัดน้ำเสียส่งผลให้ระยะเวลาในการบำบัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษมีความสำคัญ หากใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการลดระยะเวลาในการบำบัด จะทำให้สามารถบำบัดน้ำเสียต่อวันได้มากขึ้น

แม้ว่าการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถลดระยะเวลาการบำบัดสารอินทรีย์ในระบบพลาสมาดิสชาร์จ แต่การเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณที่สูงเกินไปจนทำให้ปริมาณของสารดังกล่าวเหลือในระบบ จะทำให้เกิดการยับยั้งอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเกิดเป็นอนุมูลอิสระเปอร์ไฮดรอกซิล ($\text{HO}_2^{\cdot}$) ที่มีค่าศักย์ออกซิเดชันต่ำกว่าอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล น้ำ และออกซิเจน ดังแสดงในสมการที่ (3) และ (4) ดังนั้นการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบควรทำอย่างระมัดระวัง โดยไม่ควรให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่อาจส่งผลให้อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาการกำจัดลดลง (Malato et al., 2000)



ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเทอร์เชียรีบิวทิลแอลกอฮอล์แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จขึ้นกับปริมาณของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลที่มีในระบบ การเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในระบบจึงเป็นการเพิ่มปริมาณของอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลโดยตรงและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบพลาสมาดิสชาร์จในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำที่เป็นพิษได้ แต่อย่างไรก็ตามการนำระบบพลาสมาดิสชาร์จไปใช้ในการบำบัดน้ำปนเปื้อนสารอินทรีย์ที่เป็นพิษที่แหล่งกำเนิดในสิ่งแวดล้อมควรมีการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารปนเปื้อนของระบบพลาสมาดิสชาร์จโดยใช้แหล่งน้ำดังกล่าวก่อน เนื่องจากสารอินทรีย์อื่นๆ ในแหล่งน้ำอาจจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดที่ลดลง และแม้ว่าการเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบพลาสมาดิสชาร์จ แต่ก็เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำบัด ดังนั้น การเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จึงอาจใช้กับช่วงเวลาหรือในสถานะที่มีน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดจำนวนมาก และการบำบัดด้วยระบบพลาสมาดิสชาร์จเพียงอย่างเดียวโดยไม่เติมสารเคมีใดๆ อาจเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

เอกสารอ้างอิง

- Abe, A. (1999). Distribution of 1,4-dioxane in relation to possible sources in the water environment. *Sci. Total Environ*, 227(1), 41-47.
- Adamson, D. T., Mahendra, S., Walker, K. L.Jr., Rauch, S. R., Sengupta, S. & Newell, C. J. (2014). A Multisite Survey To Identify the Scale of the 1,4-Dioxane Problem at Contaminated Groundwater Sites. *Environmental Science & Technology Letter*, 254-258.
- Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR). (2019). *Toxicological profile for Trichloroethylene (TCE)*. U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: [Atlanta, Ga.]
- Agency for Toxic Substances Disease Registry (ATSDR). (2007). *Interaction profile for 1,1-Chloroform, 1,1-Dichloroethylene, Trichloroethylene, and Vinyl Chloride*. U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry: [Atlanta, Ga.]
- Anderson, R. H., Anderson, J. K. & Bower, P. A., (2012). Co-occurrence of 1,4-dioxane with trichloroethylene in chlorinated solvent groundwater plumes at US Air Force installations. Fact or fiction. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 8(4), 731-737.
- Bakke, B., Stewart, P. A., & Waters, M. A. (2007). Uses of and Exposure to Trichloroethylene in U.S. Industry: A Systematic Literature Review. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(5), 375-390.
- Barndok, H., Cortijo, L., Hermosilla, D., Negro, C. & Blanco, A. (2014). Removal of 1,4-dioxane from industrial wastewater: Routes of decomposition under different operational conditions to determine the ozone oxidation capacity. *Journal of Hazardous Materials*. 280, 340-347.

-
- Bowman, R. H., Miller, P., Purchase, M. & Schoellerman, R., (2001). Ozone-Peroxide Advanced Oxidation Water Treatment System for Treatment of Chlorinated Solvents and 1,4-Dioxane. In *Proceedings of the American Chemical Society National Meeting*, San Diego, CA.
- Coleman, H. M., Vimonses, V., Leslie, G. & Amal R. (2007). Degradation of 1,4-dioxane in water using TiO₂ based photocatalytic and H₂O₂/UV processes. *Journal of Hazardous Materials* 146, 496-501.
- International Agency for Reserach on Cancer (IARC). (1999). *Monograph on 1,4-Dioxane*. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France, 589-602.
- Isaacson, C., Mohr, T.K.G. & Field, J.A., (2006). Quantitative determination of 1,4-dioxane and tetrahydrofuran in groundwater by solid phase extraction GC/MS/MS. *Environ. Sci. Technol*, 40, 7350-7311.
- Jiang, B., Zheng, J., Qiu, S., Wu, M., Zhang, Q., Yan, Z. & Xue, Q. (2014). Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation. *Chemical Engineering Journal*. 236, 348-368.
- Joshi, R. P. & Thagard, S. M. (2013). Streamer-like electrical discharges in water: Part II.Environmental applications. *Plasma Chem. Plasma Process*. 33, 17-49.
- Karges, U., Backer, J. & Püttmann, W. (2017). 1,4-Dioxane pollution at contaminated groundwater sites in western Germany and its distribution within a TCE plume. *Sci. Total Environ*. 619-620, 712-20.
- Liu, X., Yuan, S., Tong, M. & Liu, D. (2017). Oxidation of trichloroethylene by the hydroxyl radicals produced from oxygenation of reduced nontronite. *Water Research*. 113, 72-79
- Malato, S., Blanco, J., Maldonado, M. I., Fernandez-Ibanez, P. & Campos, A. (2000). Optimising solar photocatalytic mineralisation of pesticides by adding inorganic oxidising species; application to the recycling of pesticide containers. *APPLIED CATALYSIS B* 28(3-4), 163-174.
- Mills, A., Davies, R. H. & Worsley, D. (1993). Water purification by semiconductor photocatalysis. *Chem. Soc. Rev*. 22, 417-425.
- Mohr, T. K. G., Stickney, J. A. & DiGuseppi, W. H., (2010). *Environmental Investigation and Remediation :1,4-Dioxane and other Solvent Stabilizers*. 1 ed. Taylor and Francis/CRC Press: Boca Raton, FL.
- Roland, U., Holzer, F. & Kopinke, F. D. (2005). Combination of non-thermal plasma and heterogeneous catalysis for oxidation of volatile organic compounds Part 2. Ozone decomposition and deactivation ofg-Al₂O₃. *Applied Catalysis B: Environmental*. 58, 217-226.
- Stefan, I. M. & Bolton, R. J. (1998). Mechanism of the degradation of 1,4-dioxane in dilute aqueous solution using the uv/hydrogen peroxide process. *Environ. Sci. Technol*. 32, 1588-1595.
- Stoye, D. (2005). Solvents. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, Germany.
- Suh, H. J. & Mohseni, M. (2004). A study on the relationship between biodegradability enhancement and oxidation of 1,4-dioxane using ozone and hydrogen peroxide. *Water Research*. 38, 2596-2604.

แนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ: กรณีศึกษา นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

Guidelines for developing to Eco Industrial Town: A case study of Kaeng Khoi

Industrial Estate, Saraburi province.

จิรนนท์ พุทธา¹✉ และ จำลอง โพธิ์บุญ²

Jiranon Putta¹✉ and Chamlong Poboon²

¹ สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

¹ School of Generation Education, Kasem Bundit University

² คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

² Graduate School of Environmental Administration, National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail : jiranon.put@kbu.ac.th ✉

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยในการยกระดับเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศตามข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในระดับ Eco-Champion จำนวน 5 มิติ 22 ตัวชี้วัด ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) การเก็บรวบรวมข้อมูลได้มีการวิเคราะห์และแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของนิคมฯ ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ โรงงาน ชุมชน และหน่วยงานราชการในพื้นที่บริเวณโดยรอบนิคมฯ และจัดประชุมกลุ่มย่อยจำนวน 2 ครั้ง เพื่อระดมความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่อแนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

จากการศึกษาพบว่า แนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย มี 5 แนวทาง ประกอบด้วย 1) การพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม 2) การส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนที่มั่นคง 3) การพัฒนาระบบการจัดการด้านความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม 4) การเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีในทุกภาคส่วน และ 5) การยกระดับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ, นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย, สระบุรี

ABSTRACT

This study aimed to study the development of Kaeng Khoi Industrial Estate to the Eco Industrial Town in accordance with the criteria of Eco Industrial Town at the Eco-champion level consisting of 5 dimensions 22 Indicators of the Industrial Estate Authority of Thailand (IEAT). Data collection was conducted by analyzing and dividing the stakeholders of the Kaeng Khoi Industrial Estate into 3 groups, consist of 1) factories, 2) communities and 3) government agencies in the area, and organizing 2 focus group discussions for brainstorming and public hearing of the stakeholders to obtain for the ideas and opinions towards development of the Eco Industrial Town.

The results of study suggest that the 5 ways to develop the Eco Industrial Town of Kaeng Khoi Industrial Estate are; 1) develop public utilities and facilities effectively and environmental friendly; 2) promote and develop a stable local economy; 3) develop safety and environment management system; 4) strengthen good relationships with all sectors; and 5) enhance the efficiency and sustainability of the management system.

Keywords: Eco Industrial Town, Kaeng Khoi Industrial Estate, Saraburi

บทนำ

การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้สร้างความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจให้แก่ประเทศเป็นอย่างมาก แต่การพัฒนาดังกล่าวมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานเป็นจำนวนมาก รวมทั้งการเป็นแหล่งกำเนิดของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และด้านอื่น ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ถึงแม้ว่าภาคอุตสาหกรรมมีวิธีการและมาตรการในการลดปัญหาและผลกระทบต่าง ๆ ให้น้อยลง แต่อาจยังไม่เพียงพอต่อ (จรีพร บุญหลง, 2558) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการบริหารจัดการ การควบคุมและป้องกันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และการบริหารจัดการทรัพยากรและของเสียร่วมกัน จึงก่อให้เกิดพื้นที่อุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรม โดยมีกฎระเบียบและข้อบังคับที่ต้องปฏิบัติตามเพื่อป้องกันผลกระทบที่มีต่อผู้ปฏิบัติงานและชุมชนโดยรอบ การพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town) เป็นแนวคิดของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) เพื่อมุ่งสู่การพัฒนาและการยกระดับนิคมอุตสาหกรรมสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชนในชุมชน ตลอดจนการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่าและยั่งยืน (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560)

หลักการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Industrial Town) เป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยให้มีความเชื่อมโยงของนิคมอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรมหรือชุมชนอุตสาหกรรมกับกลุ่มโรงงาน องค์กรหน่วยงานท้องถิ่นและชุมชนโดยรอบ ให้เจริญเติบโตไปด้วยกัน ภายใต้การกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมที่ดี และการร่วมมือกันขับเคลื่อนอย่างจริงจังของคนในพื้นที่ โดยสามารถดำเนินการได้ทุกระดับตั้งแต่ ระดับปัจเจกชน เช่น ครอบครัวและโรงงาน (Eco Family / Eco Factory) ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมหรือชุมชน เช่น นิคมอุตสาหกรรมหรือหมู่บ้านหรือตำบล (Eco Industrial Zone / Estate) ระดับเมือง (Eco Town / Eco City) หรือเครือข่ายของเมืองหรือจังหวัด (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560) ซึ่งประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1) ประโยชน์ต่อกลุ่มผู้ประกอบการ สามารถลดรายจ่าย และเพิ่มผลกำไรจากการลดต้นทุนการผลิต และการเพิ่มประสิทธิภาพของวัตถุดิบและพลังงาน การส่งเสริมสุขภาพของบุคลากรในสถานประกอบการ และการเสริมสร้างภาพลักษณ์ของสถานประกอบการ 2) ประโยชน์ต่อด้านสิ่งแวดล้อม สามารถลดการเกิดของเสีย ลดความต้องการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดการใช้สารเคมีที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลงได้ และ 3) ประโยชน์ต่อชุมชนและสังคม สามารถช่วยขยายโอกาสทางธุรกิจ การสร้างงาน สร้างอาชีพ และการส่งเสริมสุขภาพอนามัย (จรีพร บุญหลง, 2558; การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560)

สำหรับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย ตั้งอยู่ที่ตำบลบ้านธาตุ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยจัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2535 และเปิดดำเนินการจนถึงปัจจุบัน โดยมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 579.29 ไร่ ประกอบด้วย พื้นที่เขตอุตสาหกรรมทั่วไป 430 ไร่ พื้นที่สาธารณูปโภค 115 ไร่ พื้นที่สีเขียว 29.29 ไร่ และพื้นที่สำนักงานนิคมฯ และบ้านพัก 6 ไร่ มีสถานประกอบการที่ดำเนินการจำนวนทั้งสิ้น 2 แห่ง และกำลังจะเริ่มดำเนินการภายในปี 2562 จำนวน 1 แห่ง และมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ได้แก่

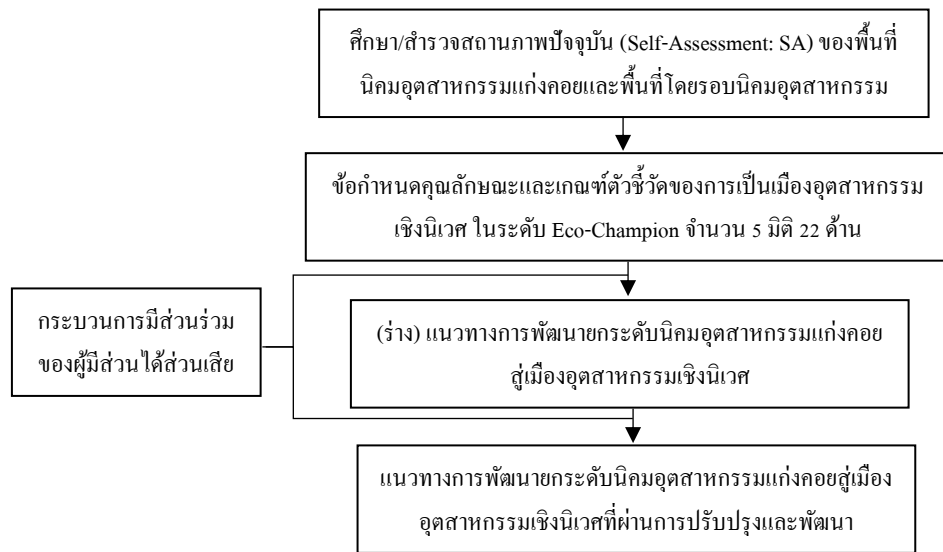
ระบบน้ำประปาที่ใช้แหล่งน้ำจากแม่น้ำป่าสัก มีกำลังผลิต 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีแหล่งน้ำสำรอง ความจุทั้งสิ้น 70,000 ลูกบาศก์เมตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า 22 กิโลโวลต์ มีความสามารถในการจ่ายไฟฟ้า 50 เมกะโวลต์ -แอมแปร์ ระบบถนนกว้าง 30 เมตร ผิวจราจรกว้าง 12 เมตร ระบบป้องกันน้ำท่วม เป็นเขื่อนถาวร ประเภทคันดิน ความกว้างประมาณ 5 เมตร ยาว 4.5 กิโลเมตร สูง 0.75 เมตร และมีระบบป้องกันอัคคีภัยในพื้นที่นิคม (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2558) ในการดำเนินการของสถานประกอบการภายในนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสุขภาพอนามัยของบุคลากร ผู้ประกอบการภายในนิคม และประชาชนที่อยู่โดยรอบหรือพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างนิคมฯ สถานประกอบการ และชุมชน รวมทั้งหน่วยงานท้องถิ่น ดังนั้น การนำหลักการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมและมีความชัดเจนสามารถช่วยในการกำหนดทิศทาง แนวทางการพัฒนาและประเด็นการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับสถานภาพและศักยภาพของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย และสอดคล้องกับความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ตามข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ปี 2562 ในมิติ 5 มิติ (กายภาพ, เศรษฐกิจ, สิ่งแวดล้อม, สังคม และการบริหารจัดการ) 22 ด้าน เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยเพื่อยกระดับเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco industrial Town) จากกระบวนการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และสามารถสร้างความสัมพันธ์และการอยู่ร่วมกันอย่างเกื้อกูลระหว่างนิคมอุตสาหกรรม สถานประกอบการ ชุมชน และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยในการยกระดับเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศตามข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในระดับ Eco-Champion ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.)

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยใช้ข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ปี 2562 เป็นกรอบในการศึกษาวิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพ และศักยภาพของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย และความต้องการจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของนิคมฯ ซึ่งใช้วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) และการจัดประชุมกลุ่มย่อย (Focus group) โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการศึกษาวิจัย

สำหรับวิธีการศึกษาวิจัย มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) เก็บรวบรวมข้อมูลสถานภาพปัจจุบัน (Self-Assessment: SA) ของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยและพื้นที่โดยรอบนิคมอุตสาหกรรม ปัจจุบันภายใน (จุดแข็ง-จุดอ่อน) และปัจจัยภายนอก (โอกาส-อุปสรรค) ในการดำเนินงานของสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการ และเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบของสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย
- 2) วิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน โอกาส-อุปสรรค (SWOT Analysis) ของการดำเนินงานของสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย และวิเคราะห์ช่องว่างการดำเนินการ (Gap Analysis) โดยทำการเปรียบเทียบที่ละมิติ ในแต่ละด้าน ในแต่ละเกณฑ์ตัวชี้วัดตามข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion จำนวน 5 มิติ 22 ด้าน
- 3) จัดทำ (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยกำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าประสงค์ กลยุทธ์ และแนวทางการดำเนินการ โดยมุ่งสู่เป้าหมายตามข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion
- 4) จัดประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการระดมความคิดเห็นต่อ (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ประกอบด้วย ผู้แทนจากการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จำนวน 1 คน สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย จำนวน 3 คน ผู้แทนจากผู้ประกอบการ จำนวน 9 คน ผู้แทนจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 3 คน ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านธาตุ จำนวน 1 คน และผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ จำนวน 12 คน รวมทั้งสิ้น จำนวน 28 คน
- 5) พัฒนาและปรับปรุง (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ให้สอดคล้องกับความต้องการ และความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) จากการจัดประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 1 โดยใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

6) จัดประชุมกลุ่มย่อย ครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการรับฟังความคิดเห็นต่อ (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยผู้เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศหลังจากนำมาพัฒนา และปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ประกอบด้วย ผู้แทนจากการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จำนวน 1 คน สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย จำนวน 3 คน ผู้แทนจากผู้ประกอบการ จำนวน 7 คน ผู้แทนจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 3 คน ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านธาตุ จำนวน 1 คน และผู้นำชุมชน และประชาชนในพื้นที่ จำนวน 12 คน รวมทั้งสิ้นจำนวน 26 คน

7) ทบทวนและสรุปแนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion และข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นจากการจัดประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 2

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษา

ข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion

ข้อกำหนดคุณลักษณะและเกณฑ์ตัวชี้วัดการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion ซึ่งพัฒนาและจัดทำโดย การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (กนอ.) ซึ่งประกอบด้วย 5 มิติ 22 ด้าน 10 ตัวชี้วัด โดยมีรายละเอียดดังนี้ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2562)

1) ข้อกำหนดคุณลักษณะขั้นต้น จำนวน 3 ข้อ ประกอบด้วย การจัดทำนโยบายด้านการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ การแต่งตั้งคณะทำงานพัฒนานิคมอุตสาหกรรมผู้เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team) และคณะกรรมการมีส่วนร่วมเพื่อยกระดับนิคมอุตสาหกรรมผู้เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Committee) พร้อมทั้งจัดทำแผนการดำเนินงานของคณะกรรมการทั้ง 2 คณะกรรมการ และการจัดทำและขอรับรองมาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) ทั้งนี้ นิคมอุตสาหกรรมต้องดำเนินการตามข้อกำหนดคุณลักษณะขั้นต้นดังกล่าวให้เสร็จและต้องดำเนินการตามเกณฑ์บังคับในทุกด้าน

2) ตัวชี้วัด และเกณฑ์การให้คะแนนเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion คือ ตัวชี้วัดที่นิคมฯ สามารถเลือกดำเนินการตามเกณฑ์การประเมินในระดับคะแนนต่าง ๆ โดยตัวชี้วัดดังกล่าว มีจำนวน 10 ตัวชี้วัด มีคะแนนเต็ม เท่ากับ 50 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละตัวชี้วัด มี 3 ระดับคะแนน ได้แก่ 1, 3 และ 5 คะแนน นิคมฯ สามารถเลือกตัวชี้วัดที่นิคมฯ มีศักยภาพและสามารถดำเนินการได้ โดยอาจไม่ครบทั้ง 10 ตัวชี้วัด ทั้งนี้ นิคมฯ ที่เข้ารับการประเมิน ต้องได้รับคะแนนการประเมิน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 หรือ ต้องได้รับคะแนน เท่ากับ 25 คะแนน จึงจะผ่านการรับรองการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco-Champion

สำหรับองค์ประกอบของการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ จำนวน 5 มิติ 22 ด้าน ประกอบด้วย 1. มิติสภาพภาพ ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และอาคารของโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม 2. มิติเศรษฐกิจ ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ เศรษฐกิจของภาคอุตสาหกรรม เศรษฐกิจชุมชน และเศรษฐกิจท้องถิ่น 3. มิติสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย 9 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการทรัพยากร การบริหารจัดการพลังงาน ระบบการผลิตและผลิตภัณฑ์ มลภาวะทางน้ำ การควบคุมมลภาวะทางอากาศ กากของเสีย มลภาวะทางเสียง กลิ่น ฟุ้ง ควัน เหตุเดือดร้อนรำคาญ ความปลอดภัยและสุขภาพ และการพึ่งพาเกื้อกูลซึ่งกันและกันของอุตสาหกรรม 4. มิติสังคม

ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ คุณภาพชีวิตและสังคมของพนักงาน และคุณภาพชีวิตและสังคมของชุมชนโดยรอบ และ 5. มิติการบริหารจัดการ ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ การบริหารจัดการพื้นที่อย่างมีส่วนร่วม การยกระดับการกำกับดูแลโรงงาน ส่งเสริมให้โรงงานเข้าสู่ระบบบริหารจัดการระดับสากลและระดับประเทศ การรณรงค์ส่งเสริมให้โรงงานประยุกต์ใช้นวัตกรรม/เครื่องมือการจัดการ/ระบบบริหารจัดการใหม่ๆ และการเปิดเผยข้อมูลข่าวสารและการจัดทำรายงาน

ผลการวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย

จากการประเมินสถานภาพของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย (Self-Assessment: SA) และการวิเคราะห์ช่องว่างการดำเนินการ (Gap Analysis) เปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะการเป็นเมืองนิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ พบว่า

นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย มีนโยบายการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ มีการจัดตั้งคณะทำงาน Eco (Eco Team) และคณะทำงานเครือข่าย (Eco Committee) ของกลุ่มนิคมอุตสาหกรรม และนิคมฯ ได้รับการรับรองมาตรฐานระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) เมื่อวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2560 และจะหมดอายุในวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2563) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นของนิคมฯ ที่เข้ารับการตรวจประเมิน

ผลการวิเคราะห์มิติกายภาพ พบว่า อยู่ในระหว่างดำเนินการ และนิคมฯ มีแผนในการพัฒนาและจัดสรรพื้นที่สีเขียวเพิ่มเติม รวมทั้งการสำรวจข้อมูลสถานประกอบการที่เข้าข่ายการดำเนินกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และ/หรือพลังงาน สำหรับการออกแบบระบบสาธารณูปโภคของนิคมฯ มีความสอดคล้องตามข้อบังคับคณะกรรมการการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ว่าด้วยมาตรฐานระบบสาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวก และบริการในนิคมอุตสาหกรรม พ.ศ. 2555

ผลการวิเคราะห์มิติเศรษฐกิจ พบว่า นิคมฯ ยังไม่ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนเงินลงทุนของผู้ประกอบการในนิคมฯ และยังไม่มีการดำเนินการเกี่ยวกับการส่งเสริม และพัฒนาอาชีพให้แก่ประชาชนบริเวณรอบพื้นที่นิคมฯ รวมทั้งยังไม่มีการส่งเสริมให้มีการจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนและยกระดับผลิตภัณฑ์/บริหารให้ได้มาตรฐานสินค้าชุมชน (มผช.) หรือมาตรฐานอื่นที่ราชการรับรอง โดยที่ชุมชนยังไม่มีผลิตภัณฑ์ของชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนเช่นกัน อย่างไรก็ตามนิคมฯ ได้วางแผนโดยร่วมมือกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในพื้นที่ในการส่งเสริมกิจกรรมดังกล่าว สำหรับการจ้างแรงงานท้องถิ่นของสถานประกอบการในนิคมฯ พบว่า มีการจ้างแรงงานท้องถิ่น เกินร้อยละ 50 ของจำนวนพนักงานในทุกโรงงาน

ผลการวิเคราะห์มิติสิ่งแวดล้อม พบว่า นิคมฯ มีการจัดทำฐานข้อมูลการใช้ทรัพยากรน้ำ โดยมี GUSCO เป็นผู้รวบรวมข้อมูล อย่างไรก็ตามนิคมฯ ได้ดำเนินการวางแผนการลดการสูญเสียในระบบโดยร่วมกับ GUSCO ในการดำเนินการต่าง ๆ และมีการวางแผนในการประหยัดพลังงาน และการนำ Solar cell เข้ามาติดตั้งภายในนิคมฯ เพื่อช่วยลดค่าไฟฟ้า สำหรับมาตรฐานการควบคุมมลภาวะทางน้ำ และอากาศของนิคมฯ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งนิคมฯ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลกากของเสียของสถานประกอบการทั้งหมดสำหรับเป็นข้อมูลในการดำเนินการที่เกี่ยวข้อง ส่วนการจัดตั้งเครือข่ายหรือความเชื่อมโยงที่ก่อให้เกิดการเกื้อกูลกันของภาคอุตสาหกรรม และการสำรวจกระบวนการหรือกิจกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและดำเนินการ

ผลการวิเคราะห์มิติสังคม พบว่า นิคมฯ มีการดำเนินการตามแนวทางการเป็นที่ทำงานมีสุข (Happy Workplace) โดยได้จัดกิจกรรมร่วมบุคลากรของนิคมฯ รวมทั้งสถานประกอบการ นิคมฯ มีการจัดตั้งคณะทำงาน Green Network อย่างเป็นรูปธรรม และมีการดำเนินการตามแผนแม่บท CSR ในบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสานสัมพันธ์กับชุมชน รวมถึงการสร้างความร่วมมือร่วมกันระหว่างนิคมฯ และชุมชน

ผลการวิเคราะห์มิติการบริหารจัดการ พบว่า นิคมฯ มีการจัดกิจกรรมโครงการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ และการจัดประชุม EIA Monitoring เพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนิคมฯ สถานประกอบการ และชุมชนโดยรอบนิคมฯ มีการจัดทำเกณฑ์จัดกลุ่มโรงงาน และจัดทำแผนในการยกระดับการกำกับดูแลโรงงานในด้านต่าง ๆ และสถานประกอบการในนิคมฯ ได้รับการรับรองระบบมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม (ISO 14001) จำนวน 1 แห่ง และได้รับการรับรองมาตรฐานอุตสาหกรรมสีเขียว ระดับ 3 จำนวน 1 แห่ง อย่างไรก็ตาม นิคมฯ ยังไม่มีการรณรงค์ส่งเสริมให้โรงงานประยุกต์ใช้นวัตกรรมเครื่องมือการจัดการ/ระบบบริหารจัดการ/เทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม/การผลิต และไม่มีการจัดทำแผนเปิดเผยข้อมูลข่าวสารสู่สาธารณะ ซึ่งอยู่ในระหว่างการจัดทำแผนดำเนินการและนำไปปฏิบัติต่อไป

ผลการวิเคราะห์จุดแข็ง (Strength) ของนิคมฯ พบว่า มีศักยภาพในการพัฒนาในทุกด้าน และผู้อำนวยการของสำนักงานนิคมฯ มีความมุ่งมั่นในการพัฒนานิคมฯ สำหรับจุดอ่อน (Weakness) พบว่า จำนวนบุคลากร ศักยภาพของบุคลากร และทรัพยากรของนิคมฯ ยังมีข้อจำกัดและมีจำนวนไม่เพียงพอ และเนื่องจากนิคมฯ เป็นนิคมเก่า ดังนั้นข้อมูลและเอกสารมีการสูญหายไปบางส่วน รวมทั้งพื้นที่ของนิคมฯ มีขอบเขตจำกัดต่อการพัฒนาพื้นที่สีเขียว

ผลการวิเคราะห์โอกาส(Opportunity) ของนิคมฯ พบว่า ชุมชน และหน่วยงานรอบนิคมฯ พร้อมให้การสนับสนุนรวมทั้งสถานประกอบการภายในนิคมฯ มีศักยภาพในการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนานิคมฯ สำหรับอุปสรรค (Threat) พบว่า การดำเนินงานของสถานประกอบการภายในนิคมฯ บางแห่ง ส่งผลกระทบต่อชุมชนในระดับหนึ่ง และชุมชนโดยรอบนิคมฯ บางแห่ง มีข้อขัดแย้งกับสถานประกอบการทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างชุมชน-สถานประกอบการ-นิคมฯ ไม่ดีเท่าที่ควร อีกทั้งพื้นที่ของนิคมฯ ส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่ของสถานประกอบการทำให้การพัฒนาต้องอาศัยความร่วมมือและความสัมพันธ์เป็นอย่างมาก

ผลจากการจัดประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ต่อ (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

การจัดประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ต่อ (ร่าง) แนวทางการพัฒนาระดับนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้มีข้อเสนอแนะ/ข้อคิดเห็นในมิติต่าง ๆ ดังนี้

1) มิติด้านกายภาพ ประกอบด้วย การพัฒนาพื้นที่สีเขียวให้ครอบคลุมพื้นที่และตลอดแนวกันชนระหว่างนิคมฯ และชุมชน และแนวกันชนดังกล่าว ควรมีการพัฒนาให้สามารถเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจให้กับประชาชนในพื้นที่ได้ รวมทั้งสร้างความร่วมมือกับสถานประกอบการในการปลูกต้นไม้ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับนิคมฯ และบริเวณชุมชนโดยรอบนิคมฯ

2) มิติเศรษฐกิจ ประกอบด้วย การส่งเสริมอาชีพของชุมชนที่เคยมีการดำเนินการมาก่อนหน้าให้สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง การสนับสนุนและส่งเสริมองค์ความรู้ในด้านต่าง ๆ เช่น การตลาด การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ให้กับผลิตภัณฑ์ของชุมชน และการสนับสนุนวัสดุเหลือใช้หรือของเสียที่ไม่ขัดต่อกฎหมายหรือระเบียบต่าง ๆ และไม่เป็นอันตรายต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม ให้กับประชาชนในพื้นที่ได้นำมาต่อยอดและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และสร้างรายได้ให้กับประชาชนในพื้นที่

3) มิติสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย การเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในนิคมฯ ให้กับสาธารณะชนรับทราบ การเชื่อมโยงเงินร่วมกันระหว่างนิคมฯ สถานประกอบการ และชุมชน การส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมทางด้านสุขภาพของชุมชน และการจัดตั้งเครือข่าย Eco green network เพื่อทำกิจกรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมร่วมกัน

4) มิติสังคม ประกอบด้วย การพัฒนาศักยภาพของบุคลากรทั้งภายในและภายนอกนิคม เช่น ชุมชน สถานประกอบการ หรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่สนใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมอบรมให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ การจัดตั้งกลุ่มเครือข่ายหรือคณะกรรมการที่มีผู้แทนชุมชนเข้าร่วมเป็นคณะกรรมการ การสนับสนุนทุนการศึกษาให้กับสถานศึกษาในพื้นที่ การจัดการแข่งขันกีฬาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างนิคมฯ สถานประกอบการ และชุมชน

5) มิติการบริหารจัดการ ประกอบด้วย การส่งเสริมให้สถานประกอบการขอรับรองมาตรฐานในระดับสากลและระดับประเทศ และการสนับสนุนส่งเสริมให้มีการนำนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในนิคมฯ หรือชุมชน

แนวทางการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ

จากผลการวิเคราะห์สถานภาพและศักยภาพของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย (Self-Assessment: SA) การวิเคราะห์ช่องว่างการดำเนินการ (Gap Analysis) เปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานการเป็นเมืองนิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ และการวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน โอกาส-อุปสรรค (SWOT Analysis) และผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยทั้ง 2 ครั้งสามารถนำมากำหนดวิสัยทัศน์ พันธกิจ เป้าประสงค์ และแนวทางการพัฒนา ดังนี้

1) วิสัยทัศน์ของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย

“นิคมอุตสาหกรรมแก่งคอยเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศที่มีการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพ สภาพแวดล้อมดี มีความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน”

2) พันธกิจ

มุ่งพัฒนาระบบบริการที่สะดวก และรวดเร็ว พัฒนาระบบสาธารณูปโภคและระบบจัดการความปลอดภัยด้านสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ ส่งเสริมเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเสริมสร้างความร่วมมือที่เข้มแข็งในทุกภาคส่วนอย่างยั่งยืน

3) เป้าประสงค์

เพื่อยกระดับและพัฒนาการบริการ ระบบสาธารณูปโภค และระบบการจัดการความปลอดภัยด้านสุขภาพ และสิ่งแวดล้อมที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด และเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือที่เข้มแข็งระหว่างนิคมอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการ และชุมชนท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

4) แนวทางการพัฒนา

แนวทางการพัฒนาสำหรับการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศของนิคมอุตสาหกรรมแก่งคอย ประกอบด้วย 5 แนวทางการพัฒนา ดังนี้

แนวทางการพัฒนาที่ 1 การพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

นิคมฯ มีการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่เพียงพอต่อการให้บริการต่อสถานประกอบการในนิคมฯ ด้วยข้อจำกัดของนิคมฯ ที่มีการเปิดดำเนินการมาเป็นระยะเวลานาน จึงควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการบางส่วน มีการดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ และพัฒนาให้มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อยกระดับระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่มีประสิทธิภาพ ทันสมัย และเพียงพอต่อการให้บริการ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ใน 1 มิติ 2 ด้าน ได้แก่ มิติกายภาพ ด้านพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม และระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ

แนวทางการพัฒนาที่ 2 การส่งเสริมและพัฒนาระบบเศรษฐกิจฐานรากที่มั่นคง

นิคมฯ ให้ความสำคัญกับการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชน โดยรอบนิคมฯ ซึ่งการดำเนินงานที่ผ่านมา นิคมฯ มีกิจกรรมร่วมกับชุมชน หน่วยงานท้องถิ่น และสถานศึกษา โดยรอบนิคมฯ ในระดับหนึ่ง โดยแนวทางการพัฒนาที่ 2 มุ่งเน้นให้เกิดการส่งเสริมอาชีพต่อชุมชน เพื่อส่งเสริมและสร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น รวมถึงการสนับสนุนการสร้างกลุ่มอาชีพของชุมชน ให้เกิดการรวมกลุ่มเพื่อจัดตั้งวิสาหกิจชุมชน และสามารถพัฒนาและยกระดับผลิตภัณฑ์ของชุมชนให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเพิ่มช่องทางการตลาด รวมทั้งการส่งเสริมและสนับสนุนการบริหารจัดการกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้เกิดความยั่งยืน เข้มแข็ง และพึ่งพาตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศใน 1 มิติ 1 ด้าน ได้แก่ มิติเศรษฐกิจ ด้านเศรษฐกิจชุมชน

แนวทางการพัฒนาที่ 3 การพัฒนาระบบการจัดการด้านความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม

นิคมฯ มีระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปตามกฎหมาย ระเบียบ และข้อบังคับ ซึ่งการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของนิคมฯ ในปัจจุบันมีปัญหาและอุปสรรคพอสมควร ซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับความร่วมมือของโรงงานอุตสาหกรรมภายในนิคมฯ อย่างไรก็ตามนิคมฯ ให้ความสำคัญทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยและการส่งเสริมสุขภาพอนามัยของชุมชนโดยรอบนิคมฯ เพื่อให้ประชาชนได้รับการดูแล และเฝ้าระวังด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และสุขภาพอนามัยอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการประสานความร่วมมือของนิคมฯ กับหน่วยงานด้านสุขภาพและความปลอดภัยในพื้นที่ เพื่อสร้างความมั่นใจต่อการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย และสุขภาพอนามัยของชุมชนโดยรอบนิคมฯ และเป็นไปตามหลักวิชาการ มีการป้องกันและเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม และกิจกรรมที่อาจเกิดผลกระทบต่อชุมชน โดยประสานความร่วมมือร่วมกับหน่วยงานด้านสุขภาพและความปลอดภัย รวมทั้งสร้างเครือข่ายหรือความเชื่อมโยงที่ก่อให้เกิดการเกื้อกูลซึ่งกันและกันของภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศใน 1 มิติ 4 ด้าน ได้แก่ มิติสิ่งแวดล้อม ด้านการบริหารจัดการทรัพยากร การบริหารจัดการพลังงาน ความปลอดภัยและสุขภาพ และการพึ่งพาเกื้อกูลซึ่งกันและกันของอุตสาหกรรม

แนวทางการพัฒนาที่ 4 การเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีในทุกภาคส่วน

นิคมฯ มุ่งมั่นดำเนินงานเพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์และยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา นิคมฯ มีความพยายามในการดำเนินโครงการ/กิจกรรมร่วมกันระหว่างนิคมอุตสาหกรรม สถานประกอบการ และชุมชน เป็นประจำทุกปี เพื่อกระชับความสัมพันธ์และสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับภาคส่วนต่าง ๆ รวมทั้งการดำเนินงานตามแผนแม่บท CSR ที่มีประสิทธิภาพและสร้างรูปแบบกิจกรรมการต่อยอดหรือความร่วมมือของนิคมฯ โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนโดยรอบนิคมฯ ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศใน 1 มิติ 1 ด้าน ได้แก่ มิติสังคม ด้านคุณภาพชีวิตและสังคมของพนักงาน

แนวทางการพัฒนาที่ 5 การยกระดับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน

นิคมฯ ให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการภายในนิคมฯ เพื่อยกระดับพัฒนาสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ด้วยการส่งเสริมการดำเนินงานอย่างมีส่วนร่วม เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อม การกำกับและควบคุมดูแลโรงงานในนิคมอุตสาหกรรม และการส่งเสริมการนำเทคโนโลยี/นวัตกรรมที่ทันสมัยเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมฯ เพื่อให้นิคมฯ สามารถกำกับดูแล และบริหารจัดการ โรงงานอุตสาหกรรมในนิคมฯ และดำเนินการตามหลักเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งสอดคล้องตามข้อกำหนดคุณลักษณะมาตรฐานสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศใน 1 มิติ 2 ด้าน ได้แก่ มิติการบริหารจัดการ ด้านส่งเสริมให้

โรงงานเข้าสู่ระบบบริหารจัดการระดับสากลและระดับประเทศ และการรณรงค์ส่งเสริมให้โรงงานประยุกต์ใช้นวัตกรรม/เครื่องมือการจัดการ/ระบบบริหารจัดการใหม่ ๆ

สำหรับการดำเนินงานของนิคมฯ ตามเกณฑ์ข้อบังคับในด้านอื่น ๆ ที่ไม่ได้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาทั้ง 5 แนวทาง นิคมฯ สามารถบริหารจัดการได้เป็นอย่างดี อีกทั้งเป็นบทบาทและหน้าที่ของนิคมฯ ที่ต้องดำเนินการเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงไม่นำมากำหนดเป็นแนวทางการพัฒนาในการศึกษานี้

2. อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาแนวทางการพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแห่งการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ เป็นการพัฒนาระดับนิคมฯ ในระดับ Eco-Champion ซึ่งเป็นระดับเริ่มต้นในการเข้าสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ตามข้อกำหนดคุณลักษณะฯ ของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มีทั้งสิ้น 3 ระดับ ระดับแรก คือ Eco-Champion ซึ่งเป็นขั้นแรกของการดำเนินการตามข้อกำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ ประกอบด้วย 5 มิติ 22 ด้าน โดยส่วนใหญ่การดำเนินการระดับ Eco-Champion มุ่งเน้นผลการดำเนินงานของนิคมฯ แต่ในบางด้านต้องอาศัยความร่วมมือจากสถานประกอบการ และประชาชน เช่น การจ้างแรงงานท้องถิ่น กระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจ หรือกลุ่มอาชีพของชุมชน ผลผลิตของชุมชน เป็นต้น ดังนั้นการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion จึงเป็นก้าวแรกที่สำคัญในการมุ่งไปสู่ระดับที่สูงขึ้น สำหรับการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco-Excellence ประกอบด้วย 5 มิติ 9 ตัวชี้วัด ส่วนใหญ่ต้องอาศัยความร่วมมือ และการสนับสนุนข้อมูล รวมทั้งทรัพยากรต่าง ๆ จากสถานประกอบการในนิคมฯ ที่มีบทบาทมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นทั้งผู้ให้ข้อมูลและร่วมดำเนินการ เช่น การพัฒนาและส่งเสริมโลจิสติกส์สีเขียว (Green Logistic) การร่วมกันส่งเสริมและสนับสนุนวิสาหกิจชุมชนหรือผลิตภัณฑ์ของชุมชนในลักษณะของ CSV การส่งเสริมให้สถานประกอบการได้รับรองมาตรฐานความรับผิดชอบต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมต่อสังคม (CSR-DIW) หรือ ISO 26000 และการส่งเสริมการแลกเปลี่ยน เกื้อกูลทรัพยากรร่วมกันระหว่างสถานประกอบการ หรือการเปลี่ยนของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ให้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการผลิต ตามแนวคิดของอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (กิดิกร จามรุตติ, ม.ป.ป.) และการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับสุดท้าย คือ ระดับ Eco-World Class ประกอบด้วย 5 มิติ 7 ตัวชี้วัด เน้นการบูรณาการและเป็นการดำเนินงานที่สอดคล้องกับประเด็นปัญหาและความท้าทายในระดับประเทศ ระดับภูมิภาค และระดับโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา การได้รับการรับรองมาตรฐานอาคารเขียว การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศ (Eco efficiency) ของสถานประกอบการ การส่งเสริมการเป็นชุมชนเชิงนิเวศ (Eco community) และโรงเรียนเชิงนิเวศ (Eco School) และการจัดทำรายงานการพัฒนาที่ยั่งยืน (SD report) เป็นต้น รวมทั้งการส่งเสริมการเป็นอุตสาหกรรมเชิงนิเวศตลอดห่วงโซ่อุปทาน

ในการดำเนินการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศให้มีประสิทธิภาพสามารถประยุกต์ใช้มาตรฐาน/เครื่องมือ เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานในมิติต่าง ๆ เช่น ระบบบริหารงานคุณภาพ (ISO 9001) ระบบบริหารจัดการการให้บริการสารสนเทศ (ISO/IEC 20000) ความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR-DIW) หรือ ISO 26000 ก๊าซเรือนกระจก-เล่ม 1: ข้อกำหนดและข้อเสนอแนะระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณและการรายงานการปลดปล่อยและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ISO 14064-1) เป็นต้น (จุริพร บุญหลง, 2558) ซึ่งบางมาตรฐาน/เครื่องมือมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดคุณลักษณะฯ ในบางตัวชี้วัด เช่น มาตรฐานความรับผิดชอบต่อสังคม (CSR-DIW) หรือ ISO 26000 สอดคล้องกับตัวชี้วัด มิติสังคม ในระดับ Eco-Excellence และก๊าซเรือนกระจก-เล่ม 1: ข้อกำหนดและข้อเสนอแนะระดับองค์กรสำหรับการวัดปริมาณและการรายงาน

การปลดปล่อยและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ISO 14064-1) สอดคล้องกับตัวชี้วัด มิติสิ่งแวดล้อม ในระดับ Eco-World Class ที่กำหนดให้นิคมฯ และสถานประกอบการต้องเข้ารับการขึ้นทะเบียนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560) รวมทั้งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco efficiency) ซึ่งปรากฏอยู่ในข้อกำหนดคุณลักษณะ มิติสิ่งแวดล้อม ทั้งในระดับ Eco-Champion และระดับ Eco-World Class โดยการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ ช่วยให้เกิดดุลยภาพในมิติเศรษฐกิจควบคู่ไปกับมิติสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตขององค์กรเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับองค์กรหรือภาคธุรกิจอื่น ๆ ที่มีบริบทคล้ายคลึงกัน (กิตติกร จามรดุสิต, 2558; ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ และสุภากร ภิบาลย์นัตริจินดา, 2560)

อย่างไรก็ตาม การดำเนินการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในปัจจุบัน ยังขาดมาตรการและแรงจูงใจให้กับนิคมฯ และสถานประกอบการ ซึ่งอาจทำให้การดำเนินการไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่าที่ควร อีกประการหนึ่งคือ ชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบนิคมฯ ส่วนใหญ่นิคมฯ ดำเนินกิจกรรมกับชุมชนที่อยู่ภายในรัศมี 5 กิโลเมตร หรือยึดตามกรอบรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) ของนิคมฯ ซึ่งทำให้ชุมชนบางชุมชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการดำเนินการของนิคมฯ ขาดโอกาสในการได้รับการดูแล หรือช่วยเหลือ หรือส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ (สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, 2560) ดังนั้น การมุ่งสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับ Eco-Champion, Eco-Excellence และ Eco-World Class ต้องอาศัยความร่วมมือและการดำเนินการที่เกื้อกูลกันในทุกภาคส่วนทั้งประชาชน นิคมอุตสาหกรรม และสถานประกอบการ รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐในด้านนโยบาย กฎระเบียบ ข้อบังคับ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อผลักดันและส่งเสริมการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศให้ประสบผลสำเร็จ ลดปัญหาและผลกระทบในด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และสร้างความยั่งยืนความยั่งยืน (สมชาย มุ้ยจีน, 2559; จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์ และธราธร พชรวิฑูริกุล, 2560)

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแห่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ในระดับ Eco-Champion มีแนวทางการพัฒนา ทั้งสิ้น 5 แนวทาง ประกอบด้วย การพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมและพัฒนาระบบเศรษฐกิจฐานรากที่มั่นคง การพัฒนาระบบการจัดการด้านความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม การเสริมสร้างความสัมพันธ์ที่ดีในทุกภาคส่วน และการยกระดับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดคุณลักษณะฯ และตัวชี้วัดและเกณฑ์ให้คะแนนสำหรับการประเมินฯ เพื่อให้การดำเนินงานของนิคมอุตสาหกรรมแห่งคอยสามารถยกระดับสู่เมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และเกิดความยั่งยืน จึงมีข้อเสนอแนะต่อสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแห่งคอยในการดำเนินงาน ดังนี้

1) ควรมีการสับเปลี่ยนหมุนเวียนของคณะกรรมการพัฒนานิคมฯ สู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team) และคณะกรรมการความร่วมมือในการมีส่วนร่วมเพื่อยกระดับนิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Committee) เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมากยิ่งขึ้น ซึ่งรับผิดชอบโดย ผู้อำนวยการสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมแห่งคอย

2) ควรมีการแปลงแนวทางการพัฒนาไปสู่การปฏิบัติที่เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม โดยสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแนวทางการพัฒนา ซึ่งอาจขอคำปรึกษา และความคิดเห็นต่าง ๆ จากคณะกรรมการร่วม ฯ Eco Committee เพื่อใช้ประกอบการจัดทำรายละเอียดของโครงการต่าง ๆ ภายใต้แผนปฏิบัติการ ซึ่งรับผิดชอบโดย คณะทำงานพัฒนานิคมอุตสาหกรรมแห่งคอยสู่การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team)

3) ควรจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรอย่างเพียงพอ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งควรประมาณการงบประมาณตั้งแต่วัตถุดิบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ รวมทั้งการบริหารจัดการทรัพยากรที่ได้รับอนุมัติให้เพียงพอต่อการดำเนินการ และบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ โดยอาจใช้วิธีจัดลำดับความสำคัญ (Priority setting) ของดำเนินการต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการ ซึ่งรับผิดชอบโดย คณะทำงานพัฒนานิคมอุตสาหกรรมangkongyutการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team)

4) ควรมีการประชาสัมพันธ์สร้างความเข้าใจและการมีส่วนร่วมให้แก่ทุกภาคส่วนให้เข้าใจถึงการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ซึ่งจะส่งผลดีและเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการของนิคม ฯ โดยสามารถใช้สื่อที่หลากหลายรูปแบบ เช่น วารสาร แผ่นพับ เว็บไซต์ วิทยูทูปสน หอกระจายข่าว เป็นต้น รวมถึงการประชาสัมพันธ์ผ่านการจัดประชุมอบรม และการประชุมคณะกรรมการที่มีผู้นำชุมชนเข้าร่วม ซึ่งรับผิดชอบโดย คณะทำงานพัฒนานิคมอุตสาหกรรมangkongyutการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team)

5) ควรมีการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขแผนงาน โครงการ และแนวทางการปฏิบัติได้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งรับผิดชอบโดย คณะทำงานพัฒนานิคมอุตสาหกรรมangkongyutการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (Eco Team)

เอกสารอ้างอิง

- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2558). นิคมอุตสาหกรรมangkongyut. [เว็บไซต์]. สืบค้นจาก <https://www.ieat.go.th/investment/about-industrial-estates/industrial-estates-in-thailand/g236-นิคมอุตสาหกรรมangkongyut>
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2560). คู่มือเกณฑ์การเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco – Excellence และ Eco - World Class. กรุงเทพฯ: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
- การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2562). คู่มือการตรวจประเมินเพื่อให้การรับรองการเป็นเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ ระดับ Eco-Champion. กรุงเทพฯ: การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
- กิตติกร จามรดุสิต. (2558.). เมืองเชิงนิเวศและการประยุกต์ใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อการพัฒนาเมืองเชิงนิเวศ (Eco-city and Application of Eco-efficiency for the Development of an eco-city), วารสารสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง, 1(1), 32-45.
- กิตติกร จามรดุสิต. (ม.ป.ป.). นิคมอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ: นิยาม หลักการ และตัวอย่าง. นครปฐม, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- จิรรัตน์ ชีระวรพฤษ และธรรพร พชรจิตกุล. (2560). แนวคิดการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนกับการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในประเทศไทย. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 10(3), 120-131.
- จิรพร บุญหลง. (2558). แนวคิดการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมและความเคลื่อนไหวของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันรับรองมาตรฐานเอสไอ.
- ประเสริฐ ปันปฐมรัฐ และสุภากร ภิญญัตติจินดา. (2560). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอาหาร กรณีศึกษา นิคมอุตสาหกรรมบางชัน ลาดกระบัง สมุทรสาคร บางพลี และบางปู. Veridian E-Journal, Silpakorn University, 10(3), 716-735.

สถาบันธรรมรัฐเพื่อการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. (2560). รายงานการวิจัย โครงการการพัฒนานิคมอุตสาหกรรม

ภาคเหนือสู่รูปแบบเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ. สืบค้นจาก

http://203.131.219.242/cdm/ref/collection/trf_or_th/id/32808

สมชาย มุ้ยจีน. (2559). แนวทางการพัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศในพื้นที่เทศบาลเมืองมาบตาพุด (GUIDELINES FOR

ECO-INDUSTRIAL TOWN DEVELOPMENT IN THE MAP TA PUT MUNICIPALITY). วารสารการ

จัดการสิ่งแวดล้อม, 12(2), 24-41.

ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วของประชาชน

ในกรุงเทพมหานคร : ศึกษากรณีเขตห้วยขวาง

Factors influencing behavior of Bangkok residents in reducing the use of plastic bag handles: A case study of Huai Khwang District

วิษณุ คงสุวรรณ^{1✉} และ จำลอง โพธิ์บุญ¹

Wisanu Khongsuwan^{1✉} and Chamlong Phoboon¹

¹ คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

¹ Graduate School of Environmental Development Administration, National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail : iamwisanu@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้ว ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว ศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลประชาชนในเขตห้วยขวาง จำนวน 100 ตัวอย่าง แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และกลุ่มที่ยังมีพฤติกรรมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ t – Test, F – Test และ Pearson Correlation Coefficient

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถาม ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับปานกลาง มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับสูง มีความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับสูง มีความเห็นด้วยต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับสูง มีความเห็นด้วยต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับสูง มีความเห็นด้วยต่อมาตรการสมัครใจ (การณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) อยู่ในระดับสูง และมีพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับปานกลาง

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า ประชาชนที่มีอาชีพแตกต่างกันมีพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว ได้แก่ ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว และความคิดเห็นที่มีต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก ระดับปานกลาง ส่วนการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความคิดเห็นต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และความคิดเห็นต่อมาตรการสมัครใจ มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวก ระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: พฤติกรรมการลดการใช้ ถุงพลาสติกหิ้ว ประชาชนในกรุงเทพมหานคร

ABSTRACT

This research aims to study the extent of information received by Bangkok residents in relation to plastic bag handles, their knowledge and understanding on the issue, their awareness on the problem, their opinions toward the government's policy on the reduction of plastic bag handle using, their behavior and factors influencing their behavior in reducing the use of plastic bag handles. The study conducted 100 questionnaire surveys to collect data from residents living in Huai Khwang District. The samples were divided into two groups, whereas Group 1 represents a group of residents who had reduced the use of plastic bag handles and Group 2 represents a group of residents who continued using plastic bag handles. The data were then analyzed using descriptive and inferential statistics, comprising of t-Test, F-Test and Pearson Correlation Coefficient.

The survey data reveals that the samples moderately received information on the situation of waste arising from plastic bag handles. Their knowledge and understanding on plastic bag handle were high. Their awareness on the problem of waste arising from plastic bag handle was high. Their supports on the application of tax or fee on the use of plastic bag handle were high. Their supports on measures to ban plastic bag handle were high. Their supports on the voluntary measures (promotion to reduce the use of plastic bag handle) were high. Finally, their behavior to reduce the use of plastic bag handle was moderate.

The hypothesis test found that there is a significant difference of behavior of reducing the use of plastic bag handle among people with different occupations ($p < 0.05$). Factors significantly influence people's behavior in reducing the use of plastic bag handle are information about the situation of plastic bag handle (low positive correlation); awareness on the problem of waste generated from plastic bag handle (moderate positive correlation); opinion toward tax or fee measures in relation to the use of plastic bag handle (moderate positive correlation); opinion toward the ban of plastic bag handle (low positive correlation) and opinion toward voluntary measures (low positive correlation) ($p < 0.01$).

Keywords: Behavior in reducing the use, Plastic bag handles, Bangkok residents

บทนำ

ในช่วงระยะเวลา 20 ปี ที่ผ่านมามีการนำถุงพลาสติกหิ้วมาใช้มากขึ้น สาเหตุมาจากความพยายามในการหาวัสดุทดแทนกระดาษและวัสดุอื่น ๆ ในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากถุงพลาสติกหิ้วมีน้ำหนักเบา ทนทาน และมีความยืดหยุ่น ทำให้ถุงพลาสติกหิ้วมีข้อดีเหนือกว่าวัสดุอื่น ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้มีการใช้ถุงพลาสติกหิ้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากสถิติพบว่า ประเทศไทยมีการบริโภคถุงพลาสติกหิ้ว จำนวน 45,000 ล้านใบต่อปี โฟมบรรจุอาหาร จำนวน 6,758 ล้านใบต่อปี แก้วพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว จำนวน 9,750 ล้านใบ โดยในส่วนของปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหิ้วในตลาดสดเทศบาลและเอกชน แผงลอย และอื่น ๆ มีการใช้ถุงพลาสติก จำนวน 18,000 ล้านใบ คิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณการใช้ถุงพลาสติกทั่วประเทศ จากร้านขายของชำ จำนวน 400,000 แห่ง จำนวน 13,500 ล้านใบ คิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้ถุงพลาสติกทั่วประเทศ และจากห้างสรรพสินค้า ร้านสะดวกซื้อ จำนวน 16,330 แห่ง จำนวน 13,500 ล้านใบ คิดเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้ถุงพลาสติกทั่วประเทศ

พลาสติกและโฟมเหล่านี้เป็นวัสดุที่ย่อยสลายยากเมื่อไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้องภายหลังการบริโภค จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางบกและทางทะเล และมีแนวโน้มเกิดการรั่วไหลของสารปรุงแต่งหรือสารประกอบที่ใช้ในการผลิตพลาสติกและโฟมที่ใช้บรรจุอาหารซึ่งอาจเป็นพิษและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และถุงพลาสติกซึ่งมีอายุยาวนานแต่มีอายุการใช้งานสั้นมาก จะถูกทิ้งเป็นขยะมูลฝอยด้วยปริมาณและสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขยะถุงพลาสติกเหล่านี้จะถูกนำไปฝังกลบรวมกับขยะมูลฝอยอื่น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขยะพลาสติกจะใช้พื้นที่ในการฝังกลบมากกว่าขยะประเภทเศษอาหาร เนื่องจากขยะพลาสติกมีความคงทนและสามารถทนต่อแรงอัดได้สูง อีกทั้งยังใช้เวลาในการย่อยสลายนับร้อยปี ทำให้ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณและพื้นที่ฝังกลบ หากนำถุงพลาสติกไปเผาไม่ถูกวิธีก็จะทำให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และเกิดสารไดออกซินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ นอกจากนี้ การทิ้งขยะถุงพลาสติกกระจัดกระจายทั่วไป มักก่อให้เกิดปัญหาการอุดตันตามท่อระบายน้ำทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมเมื่อฝนตกหนัก ปัญหาขยะในแม่น้ำ ลำคลอง และบางส่วนไหลลงสู่ทะเล ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น เต่าทะเล หรือปลาวาฬขนาดใหญ่ โดยจะคิดว่าถุงพลาสติกเป็นแมงกระพรุน เมื่อกินเข้าไปในกระเพาะอาหาร ถุงพลาสติกไม่สามารถย่อยได้ทำให้สัตว์ทะเลเหล่านี้เสียชีวิต ในกรณีที่ถุงพลาสติกถูกทิ้งในสถานที่ท่องเที่ยวในเขตอุทยานอาจส่งผลกระทบต่อสัตว์ป่า ได้แก่ สัตว์จำพวกกวาง เก้ง และลิง ที่มักจะกินถุงพลาสติกเข้าไปทำให้เกิดหกลดลง หายใจลำบาก กินอาหารอื่นไม่ได้ ปวดท้องอย่างรุนแรง และตายในที่สุด

ปัญหามลพิษขยะพลาสติกกลายเป็นวิกฤติสำคัญด้านสิ่งแวดล้อม เช่นเดียวกับปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญระดับโลกที่นานาชาติให้ความสำคัญและถูกหยิบยกขึ้นมาหารือควบคู่กันในการประชุมระดับนานาชาติ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ขยะพลาสติกกำลังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมเราจึงต้องช่วยกันลดปริมาณขยะพลาสติก

การลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว เพื่อลดปริมาณขยะถุงพลาสติกหูหิ้ว เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดปัญหาและค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะได้เป็นอย่างดี จึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรการต่าง ๆ ในการลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วโดยเร่งด่วน เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ประกอบกับการที่ถุงพลาสติกหูหิ้วเป็นของฟุ่มเฟือย สามารถใช้สิ่งอื่นทดแทนได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของผู้คนมากนัก ซึ่งแตกต่างจากถุงพลาสติกประเภทอื่น ๆ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจและต้องการที่จะศึกษาเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในการลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว มาตรการที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยว่ามีความครอบคลุมหรือไม่ เพียงใด ตลอดจนศึกษาหลักการและมาตรการต่าง ๆ ในการลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วของต่างประเทศ เพื่อเป็นข้อมูลในการหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมมาตรการของประเทศไทย เพื่อให้สามารถลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นรูปธรรม ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วของประชาชนในกรุงเทพมหานคร โดยเลือกกรณีศึกษาเขตห้วยขวาง เนื่องจากผู้วิจัยอาศัยอยู่ในเขตนี้ อีกทั้งเป็นเขตที่มีความหลากหลายในพื้นที่ มีทั้งส่วนราชการ ภาครัฐกิจ คอนโดมิเนียม บ้านเดี่ยว ชุมชนในพื้นที่ รวมถึงห้างสรรพสินค้าและตลาดสดขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วเป็นจำนวนมากอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหูหิ้ว ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหูหิ้ว ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหูหิ้วและความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐในการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ แล้วจึงนำข้อมูล มาทำการวิเคราะห์ผลการศึกษา ดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามจากประชากรตัวอย่างในเขตห้วยขวาง เพื่อทราบถึงพฤติกรรมและปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วในชีวิตประจำวันของประชาชนในกรุงเทพมหานคร

2. ข้อมูลทุติยภูมิ ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วในชีวิตประจำวันของประชาชน จากเอกสารด้านวิชาการของหน่วยงานต่าง ๆ รายงาน ผลงานทางวิชาการ บทความจากวารสาร สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาประกอบด้วยตัวแปรต้นและตัวแปรตาม รายละเอียด มีดังนี้

1. ตัวแปรต้น ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ลักษณะที่อยู่อาศัย การเดินทางไปสถานที่จับจ่ายซื้อสินค้า และสถานที่จับจ่ายซื้อสินค้าที่ไปบ่อยที่สุด

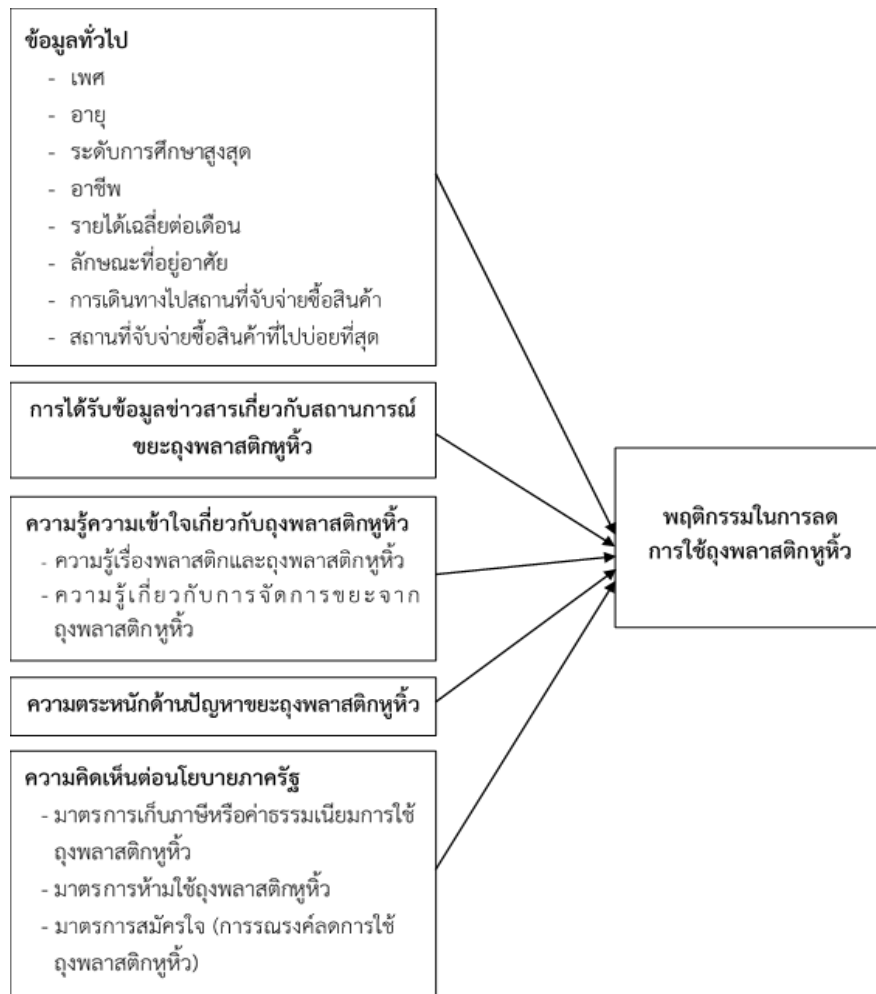
2) การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว

3) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้ว เช่น ความรู้เรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้ว ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจากถุงพลาสติกหิ้ว

4) ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว

5) ความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐ เช่น การเก็บค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว การห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว (มาตรการสมัครใจ)

2. ตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชากรในเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชากรประมาณ 81,675 คน (สำนักงานเขตห้วยขวาง : ข้อมูลเดือน มกราคม พ.ศ. 2562) โดยพิจารณาการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 90 เมื่อยอมให้ความคลาดเคลื่อนของค่าการประมาณค่าสัดส่วนเกิดขึ้นได้ในระดับร้อยละ ± 10

2. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ประชากรในเขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชากรโดยประมาณ 81,675 คน คำนวณได้จำนวน 100 ตัวอย่าง จากการคำนวณโดยใช้สูตรของ Taro Yamane

การสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ (Stratified Sampling) และแบบบังเอิญ (Accidental Selection) โดยเลือกสถานที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ตลาดสด ห้างสรรพสินค้า หรือบริเวณแหล่งชุมชนที่มีร้านค้าแผงลอย และหน่วยงานราชการ ทั้งนี้ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ ได้แก่ กลุ่มที่มีพฤติกรรม การลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว และกลุ่มที่ยังมีพฤติกรรมการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว ในแต่ละกลุ่มใช้

วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ โดยสังเกตจากพฤติกรรมรายบุคคล เช่น กลุ่มที่มีการใช้ถุงผ้า มีการปฏิเสธถุงพลาสติกหิ้วจากผู้ขาย ซึ่งถือเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติก และกลุ่มที่ยังมีการใช้หรือรับถุงพลาสติก

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS) โดยใช้สถิติ ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นสถิติพื้นฐานวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย โดยใช้คุณสมบัติความต่อเนื่องของคะแนนเป็นแบบการวิเคราะห์ค่ามัธยฐานเลขคณิต (ค่าเฉลี่ย) โดยมีหลักเกณฑ์การพิจารณาจัดระดับของตัวแปรด้านต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{ความกว้างของข้อมูลในแต่ละชั้น} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$$

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

สถิติ t-Test ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การทดสอบ t-Test ระหว่างตัวแปรเพศ กับตัวแปรพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

สถิติ F-Test (One-way ANOVA) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การทดสอบ F-Test ระหว่างตัวแปรอายุ ระดับการศึกษาสูงสุด อาชีพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ลักษณะที่อยู่อาศัย การเดินทางไปสถานที่จำหน่ายซื้อสินค้า และสถานที่จำหน่ายซื้อสินค้าไปอยู่ที่สุด กับตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

ค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) เป็นสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ได้แก่ การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้ว ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว และความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐ กับตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม มีเกณฑ์ดังนี้ (Hinkle D. E. & Stephen G. J., 1998: 118)

- 0.90 - 1.00 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก
- 0.70 - 0.90 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
- 0.50 - 0.70 มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
- 0.30 - 0.50 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
- 0.00 - 0.30 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วของประชาชนในกรุงเทพมหานคร : ศึกษากรณีเขตห้วยขวาง ผู้ศึกษาสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาเชิงพรรณนา

1) การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว คะแนนเฉลี่ย การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 0.67 คะแนน ซึ่งถือได้ว่าการได้รับข้อมูลข่าวสารอยู่ในระดับปานกลาง

2) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้ว คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 0.74 คะแนน ซึ่งถือได้ว่ามีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับสูง

3) ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว คะแนนเฉลี่ยความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 4.11 คะแนน ซึ่งถือได้ว่ามีความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับสูง

4) ความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐ

1) ความคิดเห็นต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว โดยคะแนนเฉลี่ยรวมความคิดเห็นต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 3.77 คะแนน ถือได้ว่ามีความเห็นด้วยต่อมาตรการใน ระดับสูง

2) ความคิดเห็นต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว โดยคะแนนเฉลี่ยรวมความคิดเห็นต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 3.67 คะแนน ซึ่งถือได้ว่ามีความเห็นด้วยต่อมาตรการใน ระดับสูง

3) ความคิดเห็นต่อมาตรการสมัครใจ (การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) โดยคะแนนเฉลี่ยความเห็นต่อมาตรการสมัครใจ (การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) คิดเป็น 3.92 คะแนน ซึ่งถือได้ว่ามีความเห็นด้วยต่อมาตรการใน ระดับสูง

5) พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว โดยคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว คิดเป็น 1.87 คะแนน ซึ่งถือได้ว่ามีความประพฤติในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในระดับปานกลาง

6) สาเหตุที่ยังใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในชีวิตประจำวัน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นว่าสาเหตุที่ยังใช้ถุงพลาสติกหิ้วอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยเรียงลำดับเหตุผล ที่มีผู้เลือกตอบจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ 1) ห้างสรรพสินค้า ร้านสะดวกซื้อ ร้านค้าต่าง ๆ ยังให้ถุงพลาสติกหิ้วเมื่อไปซื้อสินค้า 2) สามารถหาได้ง่าย สะดวกสบาย ตอบสนองต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน 3) ยังไม่มีวัสดุที่สามารถใช้ทดแทนถุงพลาสติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4) ยังไม่มีการห้ามการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอย่างจริงจัง 5) ยังไม่มีการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว 6) ยังไม่มีการรณรงค์ให้ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอย่างเป็นรูปธรรม 7) ยังไม่เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว

2. ผลการทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว จากการทดสอบสมมติฐานการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ลักษณะที่อยู่อาศัย การเดินทางไปสถานที่จับจ่ายซื้อสินค้า และสถานที่จับจ่ายซื้อสินค้าที่ไปบ่อยที่สุด แตกต่างกัน มีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมถึงปัจจัยความรู้ความเข้าใจเรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้ว ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ในส่วนของปัจจัยอาชีพที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 รวมถึงปัจจัยการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ ขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความคิดเห็นต่อนโยบายของรัฐเกี่ยวกับการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว (มาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว มาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และมาตรการสมัครใจ) มีความสัมพันธ์กับ

พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งสามารถสรุปผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ได้ตามตาราง ดังนี้

ตาราง 1 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัย

ตัวแปรตาม	ตัวแปรอิสระ	สถิติที่ใช้	ผลการทดสอบ
			สมมติฐาน ยอมรับ
พฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว	1. เพศ	t – test	✗ (P = 0.47)
	2. ช่วงอายุ	F – test	✗ (P = 0.13)
	3. ระดับการศึกษา	F – test	✗ (P = 0.32)
	4. อาชีพ	F – test	✓ (P = 0.00)
	5. รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	F – test	✗ (P = 0.37)
	6. ลักษณะที่อยู่อาศัย	F – test	✗ (P = 0.38)
	7. การเดินทางไปสถานที่จับจ่ายซื้อสินค้า	F – test	✗ (P = 0.78)
	8. สถานที่จับจ่ายซื้อสินค้าที่ไปบ่อยที่สุด	F – test	✗ (P = 0.17)
	9. การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว	Pearson’s Correlation Coefficient	✓ (P = 0.00)
	10. ความรู้ความเข้าใจเรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้ว	Pearson’s Correlation Coefficient	✗ (P = 0.27)
	11. ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว	Pearson’s Correlation Coefficient	✓ (P = 0.00)
	12. ความคิดเห็นต่อนโยบายของรัฐเกี่ยวกับการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว		
	12.1 มาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว	Pearson’s Correlation Coefficient	✓ (P = 0.00)
	12.2 มาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว	Pearson’s Correlation Coefficient	✓ (P = 0.00)
	12.3 มาตรการสมัครใจ (การณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว)	Pearson’s Correlation Coefficient	✓ (P = 0.00)

1. ปัจจัยอาชีพที่แตกต่างกันมีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วแตกต่างกัน

โดยอาชีพนักเรียน/นักศึกษา มีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วแตกต่างกับอาชีพรับราชการ พนักงานเอกชน แม่บ้าน/พ่อบ้าน/ว่างงาน และธุรกิจส่วนตัว ทั้งนี้ เนื่องจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ มีการจัดโครงการ ส่งเสริมการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว การนำถุงพลาสติกหิ้วที่มีสภาพใหม่กลับมาใช้ซ้ำ การส่งเสริมการใช้ถุงผ้า การห้าม ใช้ถุงพลาสติกหิ้วในร้านค้าภายในสถาบันการศึกษา การส่งเสริมการลดพลาสติกอื่น ๆ เช่น โฟมบรรจุอาหาร หลอด พลาสติก แก้วน้ำพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียว รวมถึงการส่งเสริมให้บุคลากร นักศึกษา มีความรู้ ความตระหนักและเห็นคุณค่า ในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด ด้านอาชีพรับราชการ มีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วแตกต่าง กับอาชีพพนักงานเอกชน และรับจ้าง ทั้งนี้ อาจมีผลมาจากคณะรัฐมนตรีมีมติเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2561 เห็นชอบให้ หน่วยงานภาครัฐทุกแห่งดำเนินโครงการ “ทำความดีด้วยหัวใจ ลดภัยสิ่งแวดล้อม” เพื่อขับเคลื่อน การดำเนินกิจกรรมการ ลดปริมาณขยะมูลฝอย ถุงพลาสติกหิ้ว และโฟมบรรจุอาหารในหน่วยงานภาครัฐ เอกชน และประชาชน โดยให้นำผลการ ดำเนินโครงการฯ ไปพิจารณาความเหมาะสมเพื่อกำหนดเป็นตัวชี้วัดเพิ่มเติมในการประเมินผลการปฏิบัติราชการประจำปี ของหัวหน้าหน่วยงานภาครัฐด้วย ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมให้การขับเคลื่อนโครงการฯ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลอย่างเป็น รูปธรรมต่อไป

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้วกับพฤติกรรมในการลดการใช้ ถุงพลาสติกหิ้ว

ผลการศึกษาพบว่า การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว และพฤติกรรมในการลด การใช้ถุงพลาสติกหิ้วมีความสัมพันธ์กัน ในทิศทางบวก ระดับต่ำ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.394) อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่า เมื่อประชาชนได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว จะมีพฤติกรรม ในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจเรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้วกับพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติก หิ้ว

ผลการศึกษาพบว่า ความรู้ความเข้าใจเรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้ว และพฤติกรรมในการลดการใช้ ถุงพลาสติกหิ้วไม่มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 แสดงว่า เมื่อประชาชนที่มีความรู้ความเข้าใจ เรื่องพลาสติกและถุงพลาสติกหิ้ว อาจจะไม่มีพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้วกับพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

ผลการศึกษาพบว่า ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้วและพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติก หิ้ว มีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวก ระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.478) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01 แสดงว่า เมื่อประชาชนมีความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว จะมีพฤติกรรมในการลดการใช้ ถุงพลาสติกหิ้ว

5. ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วกับพฤติกรรมในการลดการใช้ ถุงพลาสติกหิ้ว

1) ความคิดเห็นต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว ผลการศึกษา พบว่า ความคิดเห็นที่ มีต่อมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้วและพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วมี ความสัมพันธ์กัน ในทิศทางบวก ระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.488) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2) ความคิดเห็นต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วมีความสัมพันธ์กัน ในทิศทางบวก ระดับต่ำ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.317) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3) ความคิดเห็นต่อมาตรการสมัครใจ (การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) ผลการศึกษา พบว่า ความคิดเห็นที่มีต่อมาตรการสมัครใจ (การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) และพฤติกรรมในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้วมีความสัมพันธ์กัน ในทิศทางบวก ระดับต่ำ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ = 0.393) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

แสดงว่า เมื่อประชาชนเห็นด้วยกับมาตรการทั้ง 3 มาตรการ จะมีพฤติกรรม ในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ และการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมลดการใช้ถุงพลาสติกของประชาชนในกรุงเทพมหานคร : ศึกษากรณีเขตห้วยขวาง ได้แก่ อาชีพ การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว ความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว และความคิดเห็นต่อนโยบายภาครัฐในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว จึงมีข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ด้านการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานการณ์ขยะถุงพลาสติกหิ้ว และความตระหนักด้านปัญหาขยะถุงพลาสติกหิ้ว การสื่อสารสาธารณะถือเป็นหนึ่งในมาตรการทางสังคมที่จำเป็นในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว ซึ่งต้องเริ่มต้นจากการสื่อสารเพื่อให้ประชาชนมีความตระหนักในปัญหาการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว โดยมีการสื่อสารเพื่อให้เห็นว่าปัญหาขยะถุงพลาสติกส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตและพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบันอย่างไร ประชาชนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการแก้ไข หากมีการออกแบบแนวทางการสื่อสารในการร่วมผลักดันประเด็นหรือมาตรการสนับสนุนในทิศทางที่ชัดเจนก็จะเป็นประโยชน์ต่อสังคม

กระบวนการสื่อสารสาธารณะในการลดการใช้ขยะถุงพลาสติกควรมีจัดทำ การสื่อสารสาธารณะที่เน้นการสื่อสารการรณรงค์ (Social Campaign) เพื่อมุ่งระดมการมีส่วนร่วมของสมาชิกในสังคมให้ร่วมมือกันปรับปรุงสังคมให้ดีขึ้นจากการลดการใช้ถุงพลาสติก

2. ด้านนโยบายภาครัฐในการลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว จากการศึกษาพบว่า จากประสบการณ์ของประเทศต่าง ๆ การดำเนินมาตรการทางกฎหมาย (มาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และมาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) จะประสบผลสำเร็จในการลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกหิ้วลงได้มากกว่ามาตรการสมัครใจ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพจากมาตรการทางกฎหมายจะลดลง อีกทั้งการดำเนินมาตรการทางกฎหมายของประเทศไทยมีขั้นตอนและกระบวนการที่ค่อนข้างยาวนาน ดังนั้น การดำเนินมาตรการสำหรับประเทศไทยควรดำเนินการควบคู่กันไป ทั้ง 2 รูปแบบ โดยกำหนดแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (วราภรณ์ ศรีนิล, 2555: 104 - 105) โดยสอดคล้องการผลการวิจัย ซึ่งพบว่าประชาชนเห็นด้วยกับมาตรการต่าง ๆ ได้แก่ มาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว มาตรการห้ามใช้ถุงพลาสติกหิ้ว และมาตรการสมัครใจ (การรณรงค์ลดการใช้ถุงพลาสติกหิ้ว) ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางสำหรับ การดำเนินงานให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) มาตรการระยะสั้น

สำหรับการดำเนินงานในระยะสั้นต้องให้ความสำคัญกับการดำเนินมาตรการสมัครใจโดยต้องดำเนินการให้มีความเข้มข้นขึ้น ควรจัดให้มีการดำเนินโครงการนำร่องและดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม โดยเลือก

ดำเนินการในแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญก่อน นอกจากนี้ การดำเนินการตาม Roadmap การจัดการขยะพลาสติก (พ.ศ. 2561 – 2573) ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะมีการห้ามใช้พลาสติก จำนวน 7 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ภายใน ปี 2562 จะเลิกใช้พลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำดื่ม (cap seal) ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีส่วนผสมสารประเภทอ็อกโซ (oxo) ไมโครบีดจากพลาสติก (Microbead) และภายในปี 2565 จะเลิกใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วขนาดความหนา < 36 ไมครอน ก่อสร้างโคมบรจอาหาร แก้วน้ำพลาสติก (แบบบางใช้ครั้งเดียว) และหลอดพลาสติก หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมควบคุมมลพิษ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม รวมถึงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จะต้องมีการดำเนินการอย่างจริงจัง มีการประชาสัมพันธ์สื่อสารให้ประชาชนได้รับทราบอย่างกว้างขวาง ล่วงหน้าอย่างน้อย 1 ปี ให้ประชาชนสามารถวางแผน เตรียมตัวและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการดำเนินชีวิต เพื่อให้การดำเนินการตาม Roadmap การจัดการขยะพลาสติก เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบรรลุเป้าหมายได้

ทั้งนี้ หน่วยงานภาครัฐควรร่วมมือกับหน่วยงานภาคเอกชน ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าร้านค้าสะดวกซื้อ และร้านค้าทั่วไปอื่น ๆ ในการส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชนมีส่วนร่วมในการดำเนินการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วของประชาชน โดยอาจส่งเสริมให้ภาคเอกชนจัดกิจกรรมส่งเสริมการขาย มีการแจกแต้มสะสมคะแนนกรณีที่ลูกค้าปฏิเสธการรับถุงพลาสติกหูหิ้ว หรือให้มีการงดการแจกถุงพลาสติกหูหิ้วตามช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนเกิดความเคยชินในการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว จนกลายเป็นพฤติกรรมติดตัวในการปฏิเสธถุงพลาสติกหูหิ้วต่อไป

2) มาตรการระยะยาว

เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จในการลดปริมาณการใช้ถุงพลาสติกในภาพรวมของประเทศในระยะยาว หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมสรรพสามิต กรมสรรพากร รวมถึงองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องมีการดำเนินมาตรการเก็บภาษีหรือค่าธรรมเนียมการใช้ถุงพลาสติกจากผู้บริโภค ซึ่งควรมีการจัดเก็บค่าธรรมเนียมในอัตราเดียวกันทุกขนาด โดยจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ค่าเฉลี่ยของประชาชนยินดีที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมประมาณ 1 บาท เพื่อให้ได้ใช้ถุงพลาสติกตามปกติ ดังนั้นการกำหนดค่าธรรมเนียมเพื่อกระตุ้นให้ผู้บริโภคลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว ควรกำหนดให้ค่าธรรมเนียมมีอัตราสูงกว่าค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นการลดแรงจูงใจในการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว ทำให้ประชาชนเกิดความตระหนักและเป็นการสร้างจิตสำนึก มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และมีการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วในชีวิตประจำวันอย่างเป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ภาครัฐควรออกมาตรการในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้วัสดุทดแทน โดยอาจใช้มาตรการทางภาษีเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้ผลิตหันมาผลิตสินค้าจากวัสดุทดแทนมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค โดยไม่เป็นการเพิ่มภาระให้กับประชาชน

3) มาตรการทางกฎหมาย

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายในการลดปริมาณการผลิตและการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วโดยตรง ส่งผลให้ไม่มีแนวทางหลักในการลดปริมาณการผลิตและการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว โดยตรง ซึ่งต่างกับในบางประเทศที่มีกฎหมายในการลดปริมาณการผลิตและการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้วโดยตรงและเป็นรูปธรรม โดยในปัจจุบันยังไม่พบว่ามีกฎหมายไทยฉบับใดรองรับมาตรการเกี่ยวกับการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรให้ความสำคัญและเร่งผลักดันให้มีการออกกฎหมายรองรับมาตรการในการลดการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว รวมถึงพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวอื่น ๆ ขึ้นมาบังคับใช้โดยเฉพาะ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (ม.ป.ป.). คู่มือ โครงการทำความดีด้วยหัวใจ ลดภัยสิ่งแวดล้อม กิจกรรม : มาตรการลด และคัดแยกขยะมูลฝอยในหน่วยงานภาครัฐ. กรุงเทพมหานคร: กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2561. ทำความดีด้วยหัวใจ ลดภัยสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย.
- กรมควบคุมมลพิษ. 2561. มาเรียนรู้ เรื่องพลาสติกและโฟม เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สีซุ่จำกัด.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2561. ลดเลิกพลาสติก. กรุงเทพมหานคร: ปาฝน เน็กซ์สเตป.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. โครงการ “ทำความดีด้วยหัวใจ ลดภัยสิ่งแวดล้อม”. (หนังสือราชการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ค่วนที่สุด ที่ ทส 0304/1603 ลงวันที่ 11 กรกฎาคม 2561).
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562. (ร่าง) Roadmap การจัดการขยะพลาสติกพ.ศ. 2561 – 2573. (หนังสือราชการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมค่วนที่สุด ที่ ทส 0304/694 ลงวันที่ 19 มีนาคม 2562).
- กุลทิพย์ ศาสตรระจุ และคณะ. 2560. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษามาตรการที่เกี่ยวข้องในการจัดการถุงพลาสติก. ศูนย์บริการวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ เสนอต่อกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- นิโบล ศรีเสนหัจิต. 2553. แรงจูงใจ และทัศนคติด้านผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อถุงผ้า ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- รัชต์พริษฐา พันธุ์ดี. 2556. ความรู้ และพฤติกรรมการใช้ถุงพลาสติกของครอบครัวในจังหวัดนนทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช.
- ลัดดาวัลย์ กิตดินนท์. 2546. ทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมในเขตกรุงเทพมหานคร. สารนิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (การจัดการ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วรจกณา ศรีนิล. 2555. มาตรการทางนโยบายเพื่อลดการใช้ถุงพลาสติก: ประสพการณ์ของต่างประเทศกับการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2555: 95 – 108.
- วิจารณ์ สิมมาลา. 2561ข. สถานการณ์ขยะของประเทศไทย. เอกสารประกอบการบรรยายการประชุมระดมสมองเพื่อจัดทำกรอบการวิจัยทำทไทย. 26 กุมภาพันธ์ 2561: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ศิวัช ใจวิถิ. 2559. มาตรการทางกฎหมายภาษีสรรพสามิตและภาษีสิ่งแวดล้อมในการลดการปล่อยมลภาวะจากผลิตภัณฑ์ทำจากโฟมและพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- สิตาวิรุ์ ชีรวิรุพห์. 2560. พลาสติก : สิ่งปลอมปนในชีวิตและสิ่งแวดล้อม (เอกสารวิชาการ). กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาการสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.
- เอกฤทธิ์ ลีลาเกรียงศักดิ์. 2555. มาตรการทางกฎหมายในการลดปริมาณการผลิตและการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชนในตำบลสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Ecotourism Development for the Community in Singhanat Subdistrict, Lat Bua Luang District,
Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

เมธาวี บุญหาเรือง^{1✉}, วิสาखा ภู่จินดา¹ และฌริกา คันทา¹
Maytawee Bu-ngaruang^{1✉}, Wisakha Phoochinda¹ and Karika Kunta¹

¹คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

¹The Graduate School of Environmental Development Administration

National Institute of Development Administration

Corresponding E-mail: maytawee.bu@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของชุมชนและเสนอแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชนสิงหนาท โดยทำการสัมภาษณ์หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และประชาชนในพื้นที่ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท คือ นายก ปลัด และผู้อำนวยการกองสวัสดิการสังคม และประชาชนในพื้นที่ ได้แก่ ตัวแทนจากกลุ่มกิจกรรมทั้ง 5 กลุ่ม คือ กลุ่มท่องเที่ยว กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน กลุ่มเกษตรกรรม กลุ่มโซลาร์เซลล์ และกลุ่มปศุสัตว์ รวมทั้งสิ้น 10 คน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการพรรณนาความและจับกลุ่มประเด็น

ผลการศึกษาพบว่า ผู้บริหารได้มีแผนนโยบายในการขับเคลื่อนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ โดยชุมชนมีอัตลักษณ์ เช่น เกษตรปลอดภัย โครงการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ ซึ่งเป็นฐานการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ผู้นำชุมชนมีแนวคิดในการขับเคลื่อนการดำเนินงานการท่องเที่ยว โดย กลุ่มท่องเที่ยว มีแนวคิดที่จะนำเรือพายที่ชาวบ้านมีอยู่แล้วมาใช้ในการท่องเที่ยว และปรับพื้นที่สองฝั่งคลองให้เป็นตลาดน้ำ กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน นำเครื่องมือที่ใช้ในการทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตมาจัดแสดง กลุ่มเกษตรกรรม นำผลผลิตทางการเกษตรที่มีจุดเด่นในเรื่องของผักปลอดภัยมาจัดจำหน่าย กลุ่มโซลาร์เซลล์ จะมีการแสดงนิทรรศการพลังงานทดแทน เช่น โครงการพลังงานทดแทนชุมชน โครงการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์ และกลุ่มปศุสัตว์ มีกิจกรรมให้นักท่องเที่ยวได้ให้อาหารแพะและป้อนนมลูกแพะ เป็นต้น

คำสำคัญ: ศักยภาพของชุมชน การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อบต.สิงหนาท

ABSTRACT

This study is aimed at analyzing the potential of community and addressing guideline for developing eco tourism in Singhanat. Interviews to related units, community leaders and villagers were carried out. Key informants include Chief Executive of the PAO, Chief Administrator of the PAO, Director of Division of Social Welfare in

Singhanat. and villagers including Sail group, Museum group, Agriculture group, Solar cell group and Livestock group. Data and information were analyzed by describing and issue grouping method.

The results showed that managerial level has policy for driving eco-tourism as the community has its resources for instance safe agricultural, water pumping by solar energy which are appropriate activities for developing eco-tourism. In addition, villagers have ambitious to drive eco-tourism. The Sail group has an idea to bring a rowboat that the villagers have already used to travel and develop the area on both sides of the canal to be a floating market. Museum group brings antique tools used in farming in the past for exhibition and being study center. Agriculture group exports agricultural products e.g. safe vegetable to outside. Solar cell group will have an exhibition of alternative energy such as community renewable energy projects e.g. Solar water pumping. Moreover livestock group has activities for tourists to feed goats and feeding milk goats.

Keywords: Community potential, Eco tourism, Singhanat Subdistrict

บทนำ

การท่องเที่ยวเชิงนิเวศเป็นแนวคิดที่จะทำให้กิจกรรมการท่องเที่ยวช่วยส่งเสริมการศึกษาทรัพยากรธรรมชาติและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยให้ความสำคัญแก่การให้การศึกษา การเรียนรู้ และมุ่งเน้นให้เกิดการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นการท่องเที่ยวที่มีความรับผิดชอบในแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ มีการจัดการรักษาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการสร้างรายได้และยังเป็นการสร้างงานให้กับประชาชนในท้องถิ่น เพื่อเพิ่มรายได้ เมื่อประชาชนในท้องถิ่นมีรายได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ก็จะช่วยสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น ด้วยเหตุผลดังกล่าวการท่องเที่ยวเชิงนิเวศจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้การพัฒนาเศรษฐกิจการท่องเที่ยวสามารถดำเนินควบคู่กันไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่าการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเป็นรูปแบบหนึ่งของการพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ตำบลสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นอีกตำบลหนึ่งที่มีการรวมตัวกันของชาวบ้าน เพื่อหาอาชีพเสริมนอกจากการทำนา และพยายามยกระดับผลิตภัณฑ์ของชุมชน ทั้งนี้ ชุมชนสิงหนาทมีความต้องการ ความพร้อม และมีศักยภาพจะได้รับการพัฒนาให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้ จากการที่ชุมชนนี้มีจุดเด่นในเรื่องของอาหารปลอดภัย มีโครงการพลังงานทดแทนชุมชน โครงการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ ซึ่งในชุมชนจะมีการแบ่งกลุ่มกันตามความสามารถและความถนัด เช่น กลุ่มข้าว กลุ่มประมง กลุ่มเกษตรปลูกผัก และกลุ่มปศุสัตว์ เป็นต้น โดยทางชุมชนเองมีความต้องการในการพัฒนาศักยภาพของชุมชนเพื่อให้มีความพร้อมในการพัฒนาตนเองเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ที่สามารถสร้างอาชีพและรายได้ให้กับคนในชุมชน พร้อมกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของชุมชนและเสนอแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของตำบลสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้มีความพร้อมในการรองรับนักท่องเที่ยว และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจของนักท่องเที่ยว เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาที่สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องของตำบลสิงหนาท ให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการพัฒนาชุมชนให้พึ่งพาตัวเองได้ ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมของชุมชน นำวิธีการพัฒนาที่มีประโยชน์มาใช้แก้ปัญหาที่สำคัญของชุมชน และกระตุ้นให้เกิดการลงมือทำ รวมทั้งมีการป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อมและมีความสามารถในการแข่งขันกับภายนอก ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์

ต่อตำบลสิงหนาท ในการใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยและ/หรือเผยแพร่แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศสู่ชุมชนอื่น ๆ หรือหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ในตำบลสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เช่น อัตลักษณ์ ทรัพยากรการท่องเที่ยวและทรัพยากรธรรมชาติ ผลผลิตและปริมาณการผลิต และความต้องการในการพัฒนา ฯลฯ ของทั้ง 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มล่องเรือ กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน กลุ่มเกษตรกรรม กลุ่มโซลาร์เซลล์ และกลุ่มปศุสัตว์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเจาะลึก จึงใช้การสัมภาษณ์กับหน่วยงานของภาครัฐ ชุมชน ตัวแทนกลุ่มกิจกรรม และประชาชนท้องถิ่น จากนั้นจึงทำการออกแบบการเชื่อมโยงกิจกรรมต่าง ๆ ภายในชุมชนโดยผู้วิจัย จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาพัฒนาคุณภาพให้เหมาะสมกับศักยภาพของชุมชน เพื่อพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของตำบลสิงหนาท การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีสัมภาษณ์เจาะลึกและการสังเกตโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญ

การสัมภาษณ์เชิงลึกกับหน่วยงานของภาคที่เกี่ยวข้องและประชาชนท้องถิ่น

1.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) เจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท ได้แก่ นายก ปลัด และผู้อำนวยการกองสวัสดิการสังคม อบต.สิงหนาท

1.2 ประชาชน ได้แก่ ตัวแทนจากกลุ่มกิจกรรมทั้ง 5 กลุ่ม คือ กลุ่มล่องเรือ กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน กลุ่มเกษตรกรรม กลุ่มโซลาร์เซลล์ และกลุ่มปศุสัตว์

ประกอบไปด้วย

1) เจ้าหน้าที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท	จำนวน 3 คน
2) กลุ่มล่องเรือ	จำนวน 1 คน
3) กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน	จำนวน 1 คน
4) กลุ่มเกษตรกรรม	จำนวน 1 คน
5) กลุ่มโซลาร์เซลล์	จำนวน 1 คน
6) กลุ่มปศุสัตว์	จำนวน 3 คน

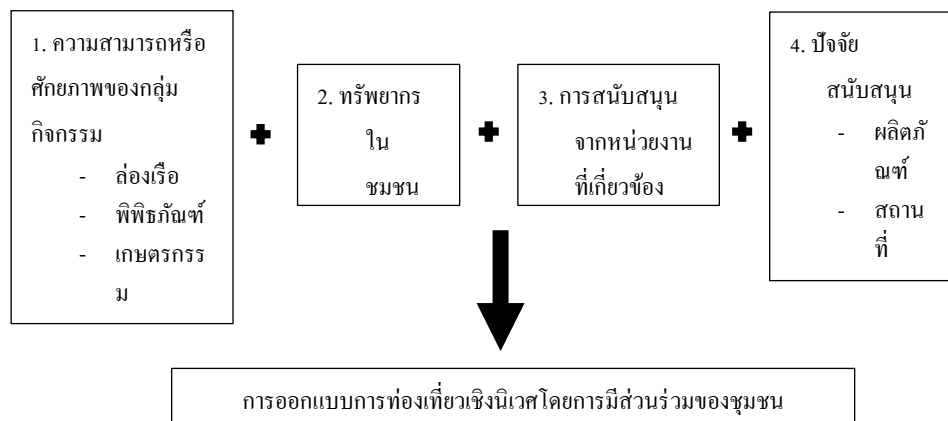
2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งใช้ในการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และประชาชนท้องถิ่น ในตำบลสิงหนาท โดยการสัมภาษณ์ด้วยตนเอง โดยใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 40 นาที - 1 ชั่วโมง ในช่วงเดือนเมษายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์ เช่น แนวทางการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เป็นต้น

3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) จากการสัมภาษณ์หน่วยงานภาครัฐ และประชาชนท้องถิ่น ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกรายบุคคล การเข้าไปสังเกตการณ์การดำเนินการของทั้ง 5 กลุ่มกิจกรรมเพื่อเก็บข้อมูลจากสภาพแวดล้อมจริง เช่น โครงการและกิจกรรมที่จะจัดขึ้นสำหรับนักท่องเที่ยว จุดขายของตนเอง อัตราการผลิต ผลผลิต สินค้า และความต้องการในการพัฒนา เป็นต้น แล้วนำแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาช่วยในการวิเคราะห์ ให้ได้ข้อมูลที่ตรงประเด็น ชัดเจน และเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย จากนั้นนำมาวิเคราะห์และเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มกิจกรรม



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการศึกษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตำบลสิงหนาทมีจำนวนหมู่บ้านทั้งหมด 7 หมู่บ้าน ซึ่งอยู่ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท ประชาชนในตำบลสิงหนาทแต่ละหมู่ประกอบอาชีพ ดังนี้

- หมู่ที่ 1 ทำนา เลี้ยงโคเนื้อ เลี้ยงแพะ เลี้ยงปลา เลี้ยงไก่พื้นเมือง ไก่ชน ปลูกพืชผัก ปลูกหญ้าแพงโกล่า ค้าขาย รับจ้าง
- หมู่ที่ 2 ทำนา ทำปลาสัมบุดู ทำน้ำปลา เลี้ยงโคเนื้อ เลี้ยงแพะ ปลูกมะพร้าว กลัวย่น้ำว่า มะม่วง ปลูกข้าวโพด พืชผักต่าง ๆ ค้าขาย รับจ้าง
- หมู่ที่ 3 รับจ้าง ทำนา
- หมู่ที่ 4 ทำนา ทำสวน เลี้ยงสัตว์ ค้าขาย รับจ้าง
- หมู่ที่ 5 ทำนา รับจ้าง ทำสวน ปลูกพืชผักต่าง ๆ และปลูกผักปลอดสารพิษ
- หมู่ที่ 6 ทำนา ทำสวน รับจ้าง ปลูกพืชผักต่าง ๆ เลี้ยงวัว เลี้ยงปลา ค้าขาย
- หมู่ที่ 7 ทำนา ทำสวน รับจ้าง ปลูกพืชผักต่าง ๆ เลี้ยงวัว ค้าขาย (องค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท, 2556)

ผลการศึกษาศักยภาพและความต้องการในการพัฒนาของชุมชนสิงหนาท พบว่าชุมชนสิงหนาทเกิดจากการรวมตัวกันจากกลุ่มเล็ก ๆ โดยที่ชาวบ้าน เพื่อดำเนินการเสริมสร้างนอกจากการทำนาและพยายามยกระดับผลิตภัณฑ์ของชุมชน ทั้งนี้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารได้มีแนวโน้มนโยบายในการขับเคลื่อนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศโดยให้ชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการด้วย

ตนเอง และไม่ต้องการให้พนักงานท่องเที่ยวในจำนวนมาก แต่ต้องการให้คนในชุมชนมีรายได้มากขึ้นสามารถสร้างรายได้จากท้องถิ่น ไม่ต้องออกไปหางานนอกพื้นที่ มีการแลกเปลี่ยนทรัพยากรร่วมกัน เพื่อลดการเกิดของเสียและใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด อยากให้มีการทำโฮมสเตย์ และให้ชาวบ้านเป็นไกด์นำเที่ยวเอง โดยในแต่ละกลุ่มกิจกรรมมีการดำเนินการ ดังนี้

กลุ่มล่องเรือ

ในปัจจุบันกลุ่มล่องเรื่อนั้นยังไม่มีดำเนินการ แต่เป็นเพียงแนวคิดของกำนันบัญชา พวงสวัสดิ์ (กำนันตำบลสิงหนาท) เท่านั้น ที่อยากให้เกิดอาชีพและสร้างรายได้ให้กับชุมชนโดยการนำเอาทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ เนื่องจากในแต่ละครัวเรือนจะมีเรือพายเป็นของตนเองอยู่แล้ว แต่ไม่ได้นำมาใช้งานบ่อยนัก รวมกับการที่มีคลองหลุมทองกลางไหลผ่านตำบล จึงอยากให้เกิดเป็นตลาดน้ำสิงหนาท ที่มีการบริหารจัดการโดยชุมชน โดยจัดตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชน มีคณะทำงานในการบริหารจัดการตลาดน้ำ



ภาพ 2 คลองหลุมทองกลาง

จากภาพ 2 จะเห็นว่าจะต้องมีการเตรียมพร้อมในการปรับปรุงทัศนียภาพริมสองฝั่งคลอง และบริเวณพื้นดินของทั้งสองฝั่งคลองจะต้องมีการปรับปรุงพื้นที่สำหรับร้านค้าและทำท่าเรือ

กลุ่มพิพิธภัณฑ์

ณ ปัจจุบันยังไม่ได้มีการรวมกลุ่มกันเป็นกลุ่มพิพิธภัณฑ์ เป็นเพียงความต้องการของคุณลุงปทุม เขียวคำ ที่มีจุดเริ่มต้นมาจากการที่ลุงปทุม เริ่มเก็บสะสมสิ่งของที่ เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ ภูมิปัญญาไทยมาตั้งแต่ปี 2530 นับถึงปัจจุบันเป็นเวลานานกว่า 30 ปี บางชิ้นเก่าแก่มากมีอายุนับร้อยปี วิถีชีวิตของลุงปทุมเป็นวิถีชีวิตที่เรียบง่ายไม่ฟุ้งเฟ้อใช้ชีวิตแบบสมถะ ในอนาคตหากจัดสถานที่นี้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศจะมีการรวมกลุ่มของคนในชุมชนเข้ามาเป็นทีมงานในการดำเนินการของพิพิธภัณฑ์ โดยเป็นพิพิธภัณฑ์ในการให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามาเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือภูมิปัญญาชาวบ้านโดยผ่านข้าวของเครื่องใช้ ที่ใช้ในการประกอบอาชีพของชุมชนในสมัยก่อน เช่น เกวียน หม้อต้มยา เครื่องสีข้าว ฯลฯ เป็นการเรียนรู้วิถีชีวิต ศิลปวัฒนธรรม และประเพณีอันดีงามที่คงอยู่ในชุมชนดังกล่าว 3 ส่วนบริเวณภายนอกสถานที่จัดแสดงจะมีการจัดจำหน่ายอาหารและสินค้าจากกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มปศุสัตว์ รวมถึงกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่น ๆ ในตำบลสิงหนาท



ภาพ 3 ข้าวของ เครื่องมือ เครื่องใช้ในอดีต

กลุ่มเกษตรกรกรม

การทำเกษตรกรรมที่นี้ยังไม่ใช่เกษตรอินทรีย์แต่เป็นเกษตรปลอดภัย คือ ผักของที่นี่มีความปลอดภัยประมาณ ร้อยละ 40 จากการเลิกใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงแต่ใช้สารชีวภาพในการกำจัดแมลงแทน รวมทั้งมีการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ในการสูบน้ำเข้าสู่แปลงนา ที่ชุมชนสิงหนาทจะมีจุดรับซื้อผลผลิตทางการเกษตรอยู่ 3 จุดด้วยกัน ชาวบ้านสามารถนำผลผลิตไปขายที่จุดใดก็ได้ โดยราคารับซื้อจะตายตัว ไม่มีการผันผวนตามกลไกตลาด แต่ผลผลิตที่จะนำมาขายได้นั้นจะต้องได้รางวัลมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีและเหมาะสม (Good Agriculture Practices : GAP) ซึ่งหนึ่งในจุดรับซื้ออยู่บริเวณริมฝั่งคลองหลุมทองหลวงซึ่งจะกลายเป็นตลาดน้ำในอนาคต หลังจากรับซื้อมาแล้วจะมีการคัดแยกส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน แล้วนำมาหมักเป็นปุ๋ย เพื่อนำไปใช้ต่อภายในกลุ่ม แล้วจึงนำผลผลิตส่งออกไปยังต่างประเทศ แต่ในอนาคตหากมีการเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มกิจกรรมก็จะมีการนำเอาเศษผักที่คัดแยกเอาไว้ ส่งต่อไปให้กับกลุ่มปศุสัตว์เพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์



ภาพ 4 การดำเนินการของกลุ่มเกษตรกรกรม

จากภาพ 4 เป็นหนึ่งในจุดที่จะมีการรับซื้อผลผลิตจากชาวบ้าน แล้วนำมาคัดแยก เพื่อให้ได้มาตรฐานก่อนส่งออก ซึ่งในทุก ๆ วันจะมีรถจากบริษัทหลายแห่งมารับผลผลิตทางการเกษตรจากแต่ละจุด นอกจากจะมีการรับซื้อผลผลิตทางการเกษตรแล้ว ยังมีการใช้คู่อุปในการทำกล้วยตากทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อลดต้นทุนและเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

กลุ่มโซลาร์เซลล์

ที่ตำบลสิงหนาทมีการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ในการสูบน้ำเข้าให้กับคนในชุมชน เป็นการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ทดแทนการใช้น้ำมัน ซึ่งสถานีโซลาร์เซลล์ในตำบลมีทั้งหมด 5 สถานีด้วยกัน โดยในปัจจุบันทาง อบต.สิงหนาทจะแต่งตั้งทีมงานในการดูแลแต่ละสถานีสำหรับการเปิดปิดเครื่องสูบน้ำ โดยกลุ่มโซลาร์เซลล์มีแนวคิดที่จะเลือก 1 ในสถานีมาจัดแสดงนิทรรศการพลังงานทดแทน เช่น โครงการพลังงานทดแทนชุมชน โครงการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซล่าเซลล์ ดังภาพ 5 เพื่อให้นักท่องเที่ยวหรือบุคคลที่สนใจเข้ามาศึกษาดูงานที่นี่

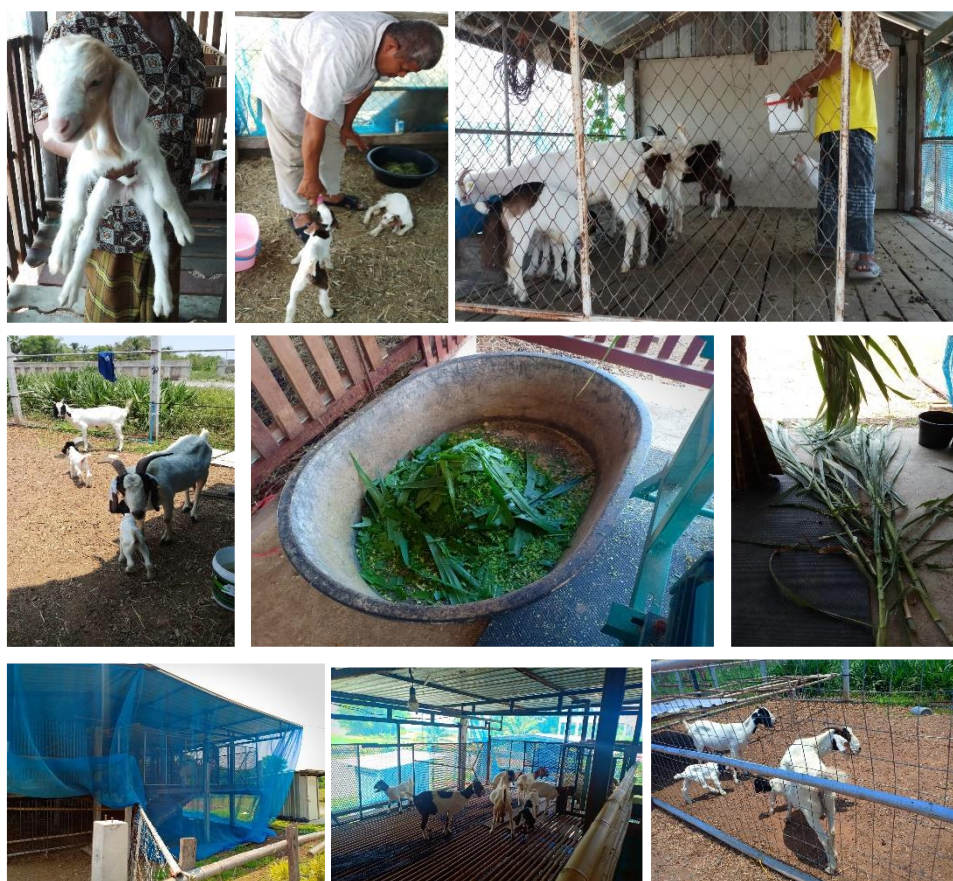


ภาพ 5 สถานีสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์

จากภาพ 5 แสดงสถานีสูบน้ำพลังแสงอาทิตย์ที่มีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ในการสูบน้ำจากคลองมาใช้ในชุมชน

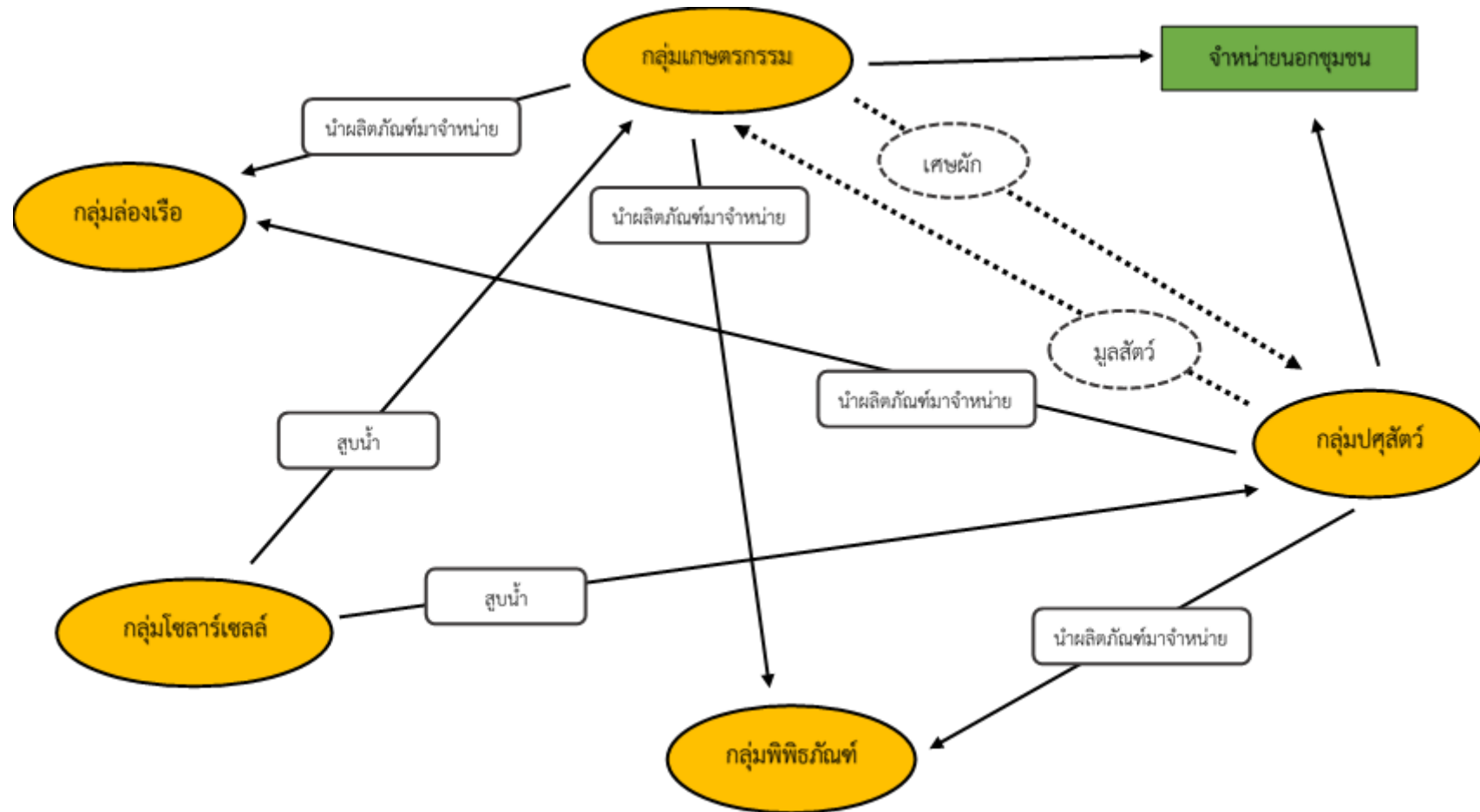
กลุ่มปศุสัตว์

กลุ่มปศุสัตว์มีจุดเริ่มต้นเริ่มมาจากโครงการส่งเสริมอาชีพทั่วประเทศ 9101 ตามรอยเท้าพ่อ ภายใต้ร่มพระบารมี เพื่อการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทำให้เกิดการรวมตัวกันระหว่างเครื่องญาติที่ทำฟาร์มแพะ เป็นวิสาหกิจชุมชนคนรักแพะ หมู่ 2 RD Farm ในปัจจุบันนี้ RD Farm เป็นฟาร์มแพะปลอดโรคระบาดระดับ B ซึ่งกรมปศุสัตว์จะเป็นผู้ตรวจโรคและให้ประกาศนียบัตร ฟาร์มนี้จะมีการเลี้ยงแพะ ขยายพันธุ์แพะ แล้วส่งออกเป็นตัวหรือขายเป็นเนื้อ มีสมาชิกทั้งหมด 15 คน แบ่งเวรในการดูแลเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 คนทำหน้าที่ 2 วัน โดยไม่มีค่าจ้างรายวัน แต่จะมีการเก็บเงินค่าสมาชิก 300 บาทสำหรับผู้ที่จะเข้ากลุ่ม สำหรับแนวคิดในการเป็นแหล่งท่องเที่ยว เนื่องจากสมาชิกในกลุ่มนี้เป็นมุสลิมทั้งหมด จึงอยากให้มีร้านอาหารฮาลาล โดยในผลผลิตจากฟาร์มมาเป็นวัตถุดิบหลักในการประกอบอาหาร นอกจากแพะแล้วกลุ่มนี้จะมีการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นด้วย จึงมีแนวคิดในการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยการมีกิจกรรมให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามามีส่วนร่วมให้อาหารแพะ ป้อนนมลูกแพะ ให้อาหารปลา และขี่ม้าชมทุ่งนา เป็นต้น



ภาพ 6 วิสาหกิจชุมชนคนรักแพะ หมู่ 2 RD Farm

สำหรับการเชื่อมโยงพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศระหว่างแต่ละกลุ่มกิจกรรม จะใช้รถขนส่งสาธารณะที่เป็นอัตลักษณ์ของชุมชนในการเดินทางระหว่างแหล่งท่องเที่ยว เช่น รถอีแต๋น รถอีแต๋น จากผลการศึกษาพบว่าชุมชนมีศักยภาพ ความพร้อม และความต้องการในการพัฒนาชุมชนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิง โดยตั้งเป้าหมายว่าจะพัฒนาชุมชนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศที่มีการดำเนินการด้วยชุมชนเอง



ภาพ 7 การแลกเปลี่ยนทรัพยากร วัตถุประสงค์ และการใช้ทรัพยากรร่วมกันของแต่ละกลุ่มกิจกรรมในชุมชนสิงหนาท อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

หมายเหตุ> คือ วัตถุประสงค์ในการแลกเปลี่ยนทรัพยากร >>> คือ การเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์ระหว่างกลุ่ม

แผนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของชุมชนสิงหนาท

จากการศึกษาศักยภาพและความต้องการของชุมชน เพื่อนำมาพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของสิงหนาทที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตและบริบทของชุมชน ที่เน้นการดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่วนการท่องเที่ยวเป็นเพียงรายได้เสริมของชุมชน โดยนำร่องที่ กลุ่มกิจกรรม 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มล่องเรือ กลุ่มพิพิธภัณฑ์ กลุ่มเกษตรกรรม กลุ่มโซลาร์เซลล์ และกลุ่มปศุสัตว์ สามารถจัดโปรแกรมการท่องเที่ยว ดังนี้

1) กลุ่มล่องเรือ มีกิจกรรม ได้แก่

- การล่องเรือลัดเลาะไปตามคลองชมธรรมชาติและวิถีชีวิตชาวบ้าน
- เลือกซื้อสินค้าจากเรือสินค้าชาวบ้านที่มีการนำผลิตภัณฑ์จากชุมชนมาจำหน่าย
- ทำกิจกรรม CSR เช่น การเก็บผักตบชวา

2) กลุ่มพิพิธภัณฑ์ มีกิจกรรม ได้แก่

- เข้าชมพิพิธภัณฑ์เพื่อเรียนรู้เครื่องมือที่ใช้ในการประกอบอาชีพของชุมชนในสมัยก่อน ผ่านข้าวของเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น เกวียน
- เรียนรู้วิถีชีวิต ศิลปวัฒนธรรม และประเพณีอันดีงามที่คงอยู่ในชุมชน

3) กลุ่มเกษตรกรรม มีกิจกรรม ได้แก่

- การเข้าชมสวนเกษตร โดยนักท่องเที่ยวสามารถเก็บผลผลิตในสวนหรือซื้อผลผลิตโดยเลือกเก็บได้เอง
- การจำหน่ายผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

4) กลุ่มโซลาร์เซลล์ มีกิจกรรม ได้แก่

- มีศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทนที่นักท่องเที่ยวสามารถเข้ามาศึกษาหลักการทำงานของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์
- มีการจัดนิทรรศการพลังงานทดแทน เพื่อให้ความรู้แก่ผู้มาเยือน

5) กลุ่มปศุสัตว์ มีกิจกรรม ได้แก่

- การสัมผัสกับวิถีความเป็นอยู่ของชุมชนในการทำปศุสัตว์ เช่น การให้อาหารสัตว์ การขี่ม้าชมทุ่งนา
- การจำหน่ายผลผลิตและผลิตภัณฑ์จากฟาร์ม เช่น เนื้อแพะ อาหารที่มีวัตถุดิบหลักมาจากแพะ



ภาพ 8 แผนภาพการท่องเที่ยวเชิงนิเวศของสิงหนาท

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

ผู้บริหารได้มีแนวนโยบายในการขับเคลื่อนการท่องเที่ยวเชิงนิเวศโดยมีเป้าหมายคือ “ชุมชนเป็นเจ้าของและดำเนินการด้วยตนเอง” กล่าวคือ เป็นการที่ชุมชนสามารถสร้างรายได้จากท้องถิ่น ไม่ต้องออกไปหางานนอกพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับโครงการ OTOP นวัตกรรม (กรมการพัฒนาชุมชน, ม.ป.ป.) ซึ่งเป็นการบูรณาการการพัฒนาและการส่งเสริมการท่องเที่ยวเข้ากับการพัฒนาและส่งเสริมการตลาดสินค้า OTOP ในชุมชนต่าง ๆ ด้วยความคิดสร้างสรรค์ เพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวและเพิ่มยอดขายสินค้า OTOP ที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละชุมชน โดยมีการแลกเปลี่ยนทรัพยากรร่วมกัน เพื่อลดการเกิดของเสียและใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิสาชา ภูจินดา (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการสิ่งแวดล้อมภายในชุมชนตามหลักนิเวศน์อุตสาหกรรม จะช่วยให้กิจกรรมในกลุ่มของชุมชนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการเป็นการเชื่อมโยงการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในชุมชนให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ตั้งแต่การนำวัตถุดิบตั้งแต่ต้นมาใช้ในการผลิต หากมีการพัฒนาที่ดีจะสามารถใช้วัตถุดิบที่มีในชุมชนมาช่วยลดต้นทุนได้ รวมถึงมีการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ในชุมชน จนเกิดเป็น zero waste ดังนั้นการดำเนินการควรพิจารณาความเป็นไปได้หลาย ๆ ด้าน การใช้ปัจจัยเสริมหรือตัวเร่งกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การใช้ปุ๋ยทางการเกษตร ควรพัฒนาและวางแผนการใช้ให้เหมาะสม พิจารณาความเป็นไปได้ในการนำทรัพยากรที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้ เช่น การนำเศษวัชพืช เศษวัสดุทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ต่อเป็นต้น นอกจากนี้การรวมกลุ่ม การทำงานเป็นทีม การบริหารจัดการภายในกลุ่มต้องพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จของการดำเนินการต่อไป ซึ่งผู้นำแต่ละกลุ่มกิจกรรมมีแนวคิดในการขับเคลื่อนการดำเนินงานการท่องเที่ยว ดังนี้

1) กลุ่มล่องเรือ มีแนวคิดที่จะนำเรือพายที่ชาวบ้านมีอยู่แล้วมาใช้ในการท่องเที่ยว เพื่อเป็นการนำสิ่งของที่มีอยู่แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์และเป็นการลดต้นทุน รวมทั้งลดการปล่อยมลพิษ และปรับพื้นที่สองฝั่งคลองให้เป็นตลาดน้ำ มีการนำผลิตภัณฑ์จากกลุ่มกิจกรรมอื่นมาจัดจำหน่าย เช่น ผลผลิตจากกลุ่มเกษตร กลุ่มปศุสัตว์ รวมทั้งอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ ที่ให้คนในชุมชนมาออกร้าน

2) กลุ่มพิพิธภัณฑสถาน ในปัจจุบันมีการเก็บสะสมเครื่องมือที่ใช้ในการทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีต จึงมีแนวคิดในการขับเคลื่อนการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยนำเครื่องมือที่ใช้ในการทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตมาจัดแสดง และบริเวณภายนอกสถานที่จัดแสดงก็จะมีการนำผลิตภัณฑ์จากกลุ่มกิจกรรมอื่นมาจัดจำหน่าย

3) กลุ่มเกษตรกรรม ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรรมได้มีการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรไปยังต่างประเทศจึงมีแนวคิดในการขับเคลื่อนการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยการนำผลผลิตทางการเกษตรที่มีจุดเด่นในเรื่องของผักปลอดภัยมาจัดจำหน่ายที่จุดท่องเที่ยวของตน บริเวณตลาดน้ำ และพิพิธภัณฑสถาน

4) กลุ่มโซลาร์เซลล์ ที่ตำบลสิงหนาทมีการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ในการสูบน้ำเข้าให้กับคนในชุมชน ซึ่งสถานีโซลาร์เซลล์มีทั้งหมด 5 สถานี โดยมีแนวคิดที่จะเลือก 1 สถานีมาจัดแสดงนิทรรศการพลังงานทดแทน เช่น โครงการพลังงานทดแทนชุมชน โครงการระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์หรือโซลาร์เซลล์

5) กลุ่มปศุสัตว์ ฟาร์มสัตว์ที่สิงหนาทจะเลี้ยงแพะเพื่อส่งออกเป็นหลัก แต่ก็ยังมีการเลี้ยงสัตว์อื่น ๆ ด้วย ทั้ง ปลา ม้า วัว และมีทุ่งนาอยู่ภายในฟาร์มด้วย จึงมีแนวคิดในการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยการมีกิจกรรมให้นักท่องเที่ยวได้เข้ามามีส่วนร่วมให้อาหารแพะ ป้อนนมลูกแพะ ให้อาหารปลา และขี่ม้าชมทุ่งนา เป็นต้น

ชุมชนสิงหนาทมีศักยภาพ ความพร้อม และความต้องการในการพัฒนาชุมชนให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศแต่ประชาชนในชุมชนส่วนมากยังไม่มีความรู้และประสบการณ์ในการดำเนินการท่องเที่ยว จึงต้องได้รับการสนับสนุนจาก

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการให้ความรู้ ส่งเสริม และสนับสนุนชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรวัณษ์ สัจจกิจรัตน์ และกฤษ จรินทร์ (ม.ป.ป.) ที่กล่าวว่า การพัฒนาการท่องเที่ยวจะต้องได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องอย่างจริงจัง ทั้งทางด้านงบประมาณและความรู้ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลอย่างแท้จริง และงานวิจัยของราณี อธิชัยกุล และรชพร จันทร์สว่าง (2560) ที่ได้เสนอให้ภาครัฐ ภาคเอกชนและชุมชน มีแนวทางในการบังคับใช้มาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศอย่างจริงจัง การให้ความรู้และการสร้างจิตสำนึกแก่ผู้มีส่วนได้เสียด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การจัดตั้งอำนวยความสะดวกบริเวณแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และการตลาดและการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และงานวิจัยของวุฒิพงษ์ ผลเพิ่ม (2555) ที่กล่าวถึงปัจจัยภายนอกชุมชน ได้แก่ นโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับแผนพัฒนาด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ การส่งเสริมด้านการตลาดของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ค่าของสกุลเงิน และทัศนคติที่ดีของนักท่องเที่ยวที่มีต่อสถานที่ ที่จะช่วยสนับสนุนและส่งเสริมประสิทธิภาพในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว ดังนั้นชุมชนจะต้องมีการพัฒนาในหลายด้าน ได้แก่

1) พัฒนาศักยภาพ การพัฒนาคนในชุมชน ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุด เพราะการผลิตหรือดำเนินการใด ๆ จะต้องเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยคน ทั้งในด้านความคิด การวางแผน ในการพัฒนาบุคลากรในชุมชน ทั้งนี้บุคลากรในชุมชนยังขาดความรู้และความเข้าใจในการพัฒนาการท่องเที่ยว จึงต้องมีการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ และการวางแผน เพื่อให้คนในชุมชนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของการท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น

2) งบประมาณ การบริหารจัดการงบประมาณต่าง ๆ จะต้องมีการจัดสรรให้ใช้จ่ายต้นทุนน้อยที่สุดและให้เกิดประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงสุด จึงต้องมีการอบรมการทำบัญชี รายรับ-รายจ่ายให้แก่ชุมชน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการบริหารจัดการงบประมาณของชุมชน

3) วัสดุอุปกรณ์ โดยการกำหนดแนวทางการใช้งานเครื่องมือเครื่องใช้ที่เป็นส่วนสำคัญของการผลิตและบริการในทุกกิจกรรม ให้มีคุณภาพและผลิตได้ในระยะเวลาที่กำหนด มีการดูแลรักษาและป้องกันอันตรายหรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงาน ทั้งนี้ วัสดุสิ่งของ วัตถุดิบ ซึ่งมีส่วนนำมาใช้ในการผลิตสินค้าและบริการ เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการจัดการให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สินค้าและบริการของชุมชนมีคุณภาพ ได้มาตรฐาน และเป็นที่ต้องการของนักท่องเที่ยว

4) วิธีดำเนินการ คือ วิธีการ ขั้นตอน หรือขบวนการในการทำงานหรือการผลิต ต้องมีการจัดการ การวางแผน การติดตาม การตรวจสอบ และการควบคุมการผลิตหรือการดำเนินกิจกรรม โดยกำหนดให้มีขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ดีมีประสิทธิภาพ ต้องมีการพัฒนาขั้นตอนการทำงาน นำเอาความรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ และวางแผนขบวนการทำงานให้ดี เพื่อให้การดำเนินงานทั้งหมดของชุมชนมีคุณภาพ ลดการใช้ทรัพยากร ลดการเกิดของเสีย และเกิดประโยชน์สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1 การนำงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการส่งเสริมความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศให้กับผู้นำและสมาชิกในแต่ละกลุ่มกิจกรรม เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และมีความตระหนัก ในการดำเนินงานด้านการท่องเที่ยว โดยให้ความสำคัญกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายในชุมชน เพื่อให้แต่ละกิจกรรมของชุมชนดำเนิน

ไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีการนำหลักอุตสาหกรรมเชิงนิเวศและชุมชนเชิงนิเวศเข้าไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการในการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในแต่ละกลุ่ม

2) พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานในการให้บริการด้านการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ทั้งด้านบุคลากร สิ่งอำนวยความสะดวกและความปลอดภัย เพื่อให้นักท่องเที่ยวประทับใจและเกิดการกลับมาเที่ยวซ้ำ

3) จัดอบรมและเปิดให้มีเจ้าหน้าที่อาสาสมัครประจำท้องถิ่น เพื่อดูแลตรวจสอบแหล่งท่องเที่ยว เมื่อเกิดการบุกรุกหรือทำลายทรัพยากรการท่องเที่ยว รวมถึงการดูแลความปลอดภัยของนักท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวในชุมชนด้วย

4) การจัดกิจกรรมการท่องเที่ยวที่น่าสนใจ โดยประสานความร่วมมือกับกลุ่มกิจกรรมในการจัดทำเป็นโปรแกรมท่องเที่ยว และนำเสนอขายในราคาเหมา (Package) โดยกำหนดราคาที่เหมาะสมและยุติธรรม

2. การศึกษาในอนาคต

1) การศึกษาในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาศักยภาพและความต้องการในพัฒนาของชุมชนเท่านั้น แต่ยังไม่ได้มีการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ (Carrying Capacity) เนื่องจากชุมชนสิงหนาทต้องการพัฒนาชุมชนให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ เพื่อว่าชุมชนสิงหนาทสามารถรับนักท่องเที่ยวได้มากน้อยแค่ไหนถึงจะไม่เกินขีดความสามารถของชุมชนเอง

2) ควรมีศึกษาแนวทางในการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยว เพื่อให้เป็นที่รู้จักแก่นักท่องเที่ยวมากขึ้น โดยเฉพาะการประชาสัมพันธ์เรื่องการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ซึ่งจะทำให้ได้นักท่องเที่ยวกลุ่มใหม่มากขึ้น และการหาแนวทางจูงใจให้นักท่องเที่ยวเกิดความสนใจต่อการท่องเที่ยวที่สิงหนาท อันจะเป็นโอกาสในการเพิ่มรายได้ทางการท่องเที่ยว

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. (ม.ป.ป.). OTOP นวัตกรรม วิถีชีวิต เชื่อมโยงภูมิปัญญา วิถีชุมชน. สืบค้นวันที่ 5 มีนาคม 2562 จาก <http://nawatwithi.com/about/>

ราณี อธิชัยกุล และรชพร จันทร์สว่าง. (2560). การพัฒนามาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศของประเทศไทย. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี, 11(ฉบับพิเศษ), 1-17.

วรวิญญ์ สัจจาภิรัตน์ และกฤษ จรินโท. (ม.ป.ป.). การพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ: กรณีศึกษาชุมชนทุ่งเพล ตำบลฉนวน อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 3-31.

วิสาชา ภูจินดา. (2558). แนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมชุมชนโดยใช้หลักนิเวศวิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วุฒิพงษ์ ผลเพิ่ม. (2555). การศึกษาศักยภาพของชุมชนในการจัดการการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ : กรณีศึกษา สี่พันดอน เมืองโขง แขวงจำปาสัก สปป. ลาว. วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 8(1), 129-151.

องค์การบริหารส่วนตำบลสิงหนาท. (2556). ข้อมูลทั่วไปของสิงหนาท. สืบค้นวันที่ 5 มีนาคม 2562 จาก <http://www.singhanart.net/introduction/tambol-singhanart/>

การศึกษาระบาดวิทยาเชิงพื้นที่และเวลาของการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยโรคหืดกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศและ
มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในจังหวัดสงขลา

The Spatio-temporal Epidemiology of Asthma Patient Visits in Relation to Meteorological Parameters
and Air Pollution Factors as a Result of Seasonal Change in Songkhla Province

สุริชัย บิลฮีม¹✉, ฐิติวรรณ ชูสง¹, หัซซา ศรีปลั่ง², วิรัตน์ เอื้องพูลสวัสดิ์³, ชนนท์ กองกมล¹, จิราภรณ์ โสระมัด⁴
ธรรมสินธุ์ อิงวิยะ¹, ภิญญาณี ณ พัทลุง⁵

Surichai Bilheem¹✉, Thitiworn Choosong¹, Hutcha Sriplung², Wirat Eungpoonsawat³, Chanon Kongkamol¹
Jiraporn Soramad⁴, Thammasin Ingviya¹, Pinyanee Na Phattalung⁵

¹ภาควิชาเวชศาสตร์ครอบครัวและเวชศาสตร์ป้องกัน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

¹ Occupational Medicine, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University

²หน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

² Epidemiology Unit, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University.

³สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 12 สงขลา

³ National Health Security Office, District 12, Songkhla.

⁴กลุ่มงานการกิจบริหารกองทุน, สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 12 สงขลา

⁴ Fund Management Group, National Health Security Office, District 12, Songkhla.

⁵กลุ่มงานสนับสนุนเครือข่ายระบบบริการ, สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ เขต 12 สงขลา

⁵ The Network Service System Support Group, National Health Security Office, District 12, Songkhla

Corresponding E-mail: surichai.bil@gmail.com ✉

บทคัดย่อ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในประเทศไทย อย่างไรก็ตามการวิจัยทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศในท้องถิ่นและการเจ็บป่วยโรคทางเดินหายใจยังมีจำกัด จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อทำความเข้าใจว่ามลพิษทางอากาศและพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อผู้ป่วยโรคหืดในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลาอย่างไร ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิทั้งหมด ระหว่าง 1 มกราคม พ.ศ. 2556 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2560 วิเคราะห์ข้อมูลเป็น Time-series วิถีทางสถิติที่ใช้คือ Poisson Regression with Generalized Additive model รวมทั้ง Distributed lag non-linear models การศึกษาพบว่า มีการวินิจฉัยโรคหืด 250,127 ครั้ง จากจำนวนผู้ป่วย 36,761 คน คิดเป็นอัตราป่วย 448.9 ต่อประชากรหมื่นคน ผู้ป่วยโรคหืดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 61.1) สถานการณ์โรคหืดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่สภาพอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูง และก๊าซ CO เป็นตัวแปรพยากรณ์ที่ทำนายผลกระทบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญของการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยโรคหืดโดยรวม ผลลัพธ์ยังชี้ให้เห็นถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศนั้นแตกต่างกันไปตามเพศและอายุ กลุ่มผู้ป่วยที่อายุน้อยกว่า 20 ปี เป็นกลุ่ม

ที่มีความอ่อนไหวต่อมลพิษทางอากาศมากที่สุด สำหรับพื้นที่ที่มีอัตราป่วยโรคหืดสูงคือ อำเภอเมืองสงขลาและอำเภอหาดใหญ่ ซึ่งตลอดระยะเวลา 5 ปีนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยโรคหืดที่เพิ่มขึ้นและยังคงเกิดโรคสูงในพื้นที่เดิม เพื่อที่จะลดผลกระทบทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นควรติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้นภายในอาคาร และนโยบายสาธารณสุขควรได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อปกป้องเด็กจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ

คำสำคัญ: โรคหืด ความชื้นสัมพัทธ์ มลพิษทางอากาศ ระบาดวิทยา สงขลา

Abstract

Air pollution and climate change have affected to people's health in Thailand. However, geographic epidemiological research on the association between local weather conditions and respiratory disease morbidity is still limited. The aim of this study was to better understand how air pollutants and meteorological parameters affect asthma patient visits in Songkhla province. This study was analyzed secondary data between 1 January 2013 to 31 December 2017 by using time-series analysis. The statistical methods used were Poisson Regression with Generalized Additive model (GAM) combined with a Distributed lag non-linear models (DLNMs). The overall results showed that 250,127 records among 36,761 patients were diagnosed as asthma. The morbidity rate was 448.9 of per 10,000 population. Most of asthma patients were female (61.1%). The asthmatic situation tends to increase during periods of high relative humidity and CO is a predictive variable was the significantly highest impact to total visits of asthma patients. The results also indicate that the health effects of air pollution exposure vary according to gender and age. Patient group that were younger than 20 year, was the most sensitive group to air pollution. The morbidity rate of asthma was higher, especially in Mueang Songkhla and Hat Yai Districts. Over 5-year period, morbidity rate of asthma trend to increase and the highest rate was observed in the same area. In order to reduce human health effects, a humidity controller should be set up in a building. Public health policies should be specifically planned to protect children from air pollution exposure.

Keywords: Asthma Humidity Air Pollutions Epidemiological Songkhla

บทนำ

สถานการณ์โรคมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่ และไม่ได้เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือโดยสุ่ม ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพในแต่ละพื้นที่เป็นตัวกำหนดให้เกิดโรคมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ (ทิพยมงคลกุล & Tipayamongkhogul, 2555) ดังนั้น การศึกษาทางระบาดวิทยาวิทยาภูมิศาสตร์ เป็นการศึกษาสถานการณ์โรคตามลักษณะของบุคคล เวลา และ สถานที่ เพื่อค้นหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โรคนั้น โดยใช้ประโยชน์ของข้อมูลทุติยภูมิที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบอยู่แล้ว รวมถึงการประยุกต์ใช้สถิติเชิงภูมิศาสตร์วิเคราะห์การกระจายตัวของโรคในแต่ละชุมชนเชื่อมโยงกับปัจจัยประชากร สังคม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันพบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมเอื้อต่อการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญด้านสาธารณสุข

ในปัจจุบันผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้รับการกล่าวถึงบ่อยขึ้น เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ โรคหรือกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ได้แก่ อาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจ การหายใจลำบาก โรคภูมิแพ้ โรคหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง เป็นต้น สถิติการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี จากการสำรวจข้อมูลโดยกองยุทธศาสตร์และแผนงาน (Strategy and Planning Division [SPD], ม.ป.ป.) พบว่า จำนวนผู้ป่วยนอกจากปี พ.ศ.2550 ที่มีเพียง 444,090 ราย เพิ่มขึ้นเป็น 457,410 ราย ในปี พ.ศ. 2551 ส่วนปี พ.ศ. 2552 จำนวน 498,160 ราย และสูงขึ้นเป็น 499,530 ราย ในปี พ.ศ. 2553 ในขณะที่อัตราตายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ตั้งแต่ปี 2554 – 2558 อยู่ระหว่าง 49.9 - 61.4 ต่อแสนประชากร โดยมีอัตราตายสูงสุดในปี พ.ศ. 2558

ในขณะที่มลพิษทางอากาศมีความสัมพันธ์ต่อสุขภาพในหลายระบบ เช่น ทางเดินหายใจ ตา ผิวหนัง หัวใจและหลอดเลือด (พงศเทพ, มยุรา, & พชรินทร์, 2551) ผลกระทบนอกจากทำให้เกิดความเจ็บป่วยทั้งระยะสั้นและระยะยาวแล้ว ยังเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตได้เช่นกัน (Katsouyanni et al., 2001) โดยมีการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โอโซน (O_3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ (Brunekreef & Holgate, 2002) โดยมลพิษสิ่งแวดล้อมมักเกิดขึ้นจากการดำเนินชีวิตประจำวันหรือการผลิตสิ่งอำนวยความสะดวกของมนุษย์ เช่น การคมนาคมขนส่ง การผลิตสินค้าทั้งในภาคเกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรม การใช้เชื้อเพลิงจากซากฟอสซิล เป็นต้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก (D'Amato et al., 2010) รวมไปถึงสถานการณ์ปัญหาหมอกควันที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีทั้งในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศไทย (Pentamwa & Oanh, 2008) ส่งผลกระทบต่อประชาชนเป็นจำนวนมากในชุมชนโดยรอบ กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจเหตุจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมลพิษทางอากาศที่สำคัญคือ โรคหืด ซึ่งสมาคมสภาองค์กรโรคหืดแห่งประเทศไทย (Thai Asthma Council [TAC], 2560) ให้นิยามว่าเป็นสภาวะผิดปกติด้านสุขภาพ มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสารภูมิแพ้และสิ่งแวดล้อมมากกว่าคนปกติ ทำให้เกิดอาการไอ แน่นหน้าอก หายใจลำบาก หายใจมีเสียงวี๊ด จากสถิติการรอนามัยโลก (World Health Organization [WHO], ม.ป.ป.) พบว่า ประชากรทั่วโลกป่วยด้วยโรคหืดประมาณ 235 ล้านคน และมีผู้เสียชีวิต 383,000 สำหรับประเทศไทยนั้นปัจจุบันพบมีผู้ป่วยโรคหืดประมาณร้อยละ 7 ของประชากร (TAC, 2560) ในแต่ละปีมีผู้ป่วยโรคหืดจำนวนมากที่มีอาการหอบกำเริบรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาล ซึ่งส่งผลกระทบต่อตัวผู้ป่วยเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆตามมาจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ ข้อมูลในประเทศไทยพบว่าอัตราการนอนโรงพยาบาลของผู้ป่วยโรคหืดสูงถึงร้อยละ 14.8 (TAC, 2560)

ในประเทศไทยอัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสำหรับผู้ป่วยโรคหืดแตกต่างกันไปตามสถานที่ศึกษาและลักษณะสิ่งแวดล้อมในภูมิภาค (Boonsawat et al., 2004) จากการสำรวจข้อมูลโดยกองยุทธศาสตร์และแผนงาน (SPD, ม.ป.ป.) พบว่า ภาคใต้มีจำนวนและอัตราการป่วยสูงเป็นลำดับที่ 1 จาก 4 ภาคของประเทศไทย และในปี พ.ศ. 2560 ภาคใต้คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 265.72 ต่อประชากรแสนคน รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือ คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 208.88, 178.13, 138.93 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ และรายงานข้อมูลผู้ป่วย 43 แพ้ม สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา (ม.ป.ป.) มีสถิติจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการรักษาในโรงพยาบาลทุกแห่ง สำหรับการวินิจฉัยว่าป่วยด้วยโรคหืด

มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2557 ที่มีเพียง 27,666 ครั้ง เพิ่มขึ้นเป็น 37,866 ครั้ง ในปี พ.ศ.2558 ขณะที่ปี พ.ศ.2559 สูงขึ้น 52,283 ครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยสนใจทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยนอกด้วยโรคหืดในจังหวัดสงขลา มีลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ (Spatial) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา (Temporal) และบุคคล (Personal) เป็นอย่างไร เนื่องจากสภาพทั่วไปทางภูมิศาสตร์และทางเศรษฐกิจ โดยจังหวัดสงขลาตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ตอนล่างและใหญ่เป็นอันดับ 3 ของภาคใต้ มีภูมิศาสตร์เป็นที่ราบริมทะเล (ติดต่อกับอ่าวไทย) พื้นที่ลุ่ม (ทะเลสาบสงขลา) และเป็นภูเขาที่ราบสูง (เทือกเขาสนกาลาสิริ) กั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับมาเลเซีย ซึ่งมีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์ จะชี้ให้เห็นถึงขอบเขตพื้นที่ที่มีการระบาดของโรค และบ่งบอกได้ถึงปัจจัยเชิงนิเวศที่อาจมีอิทธิพลต่อการเกิดโรค (ทิพยมงคลกุล & Tipayamongkhogul, 2555) ในส่วนของสภาพทางเศรษฐกิจมีการขยายตัวของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงความเป็นเมือง การก่อสร้างและประกอบกิจการอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น โรงไฟฟ้า โรงแยกก๊าซธรรมชาติ อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล อุตสาหกรรมยางพารา เป็นต้น (สินาด, ปิพิญา, และกฤตยา, 2557) แต่ในขณะที่เดียวกันการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อให้เกิดผลกระทบทางลบในด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพประชาชนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืด
- 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดกับการสัมผัสระดับสารมลพิษทางอากาศ
- 3) เพื่อสร้างแผนที่ทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์สำหรับอัตราป่วยโรคหืด

วิธีการวิจัย

1. ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้ บูรณาการโดยใช้วิธีการทางสถิติ Spatio-Temporal และ Time Series ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิซึ่งเป็นข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2556 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2560

พื้นที่ศึกษา คือ จังหวัดสงขลา ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับ 7,550.6 ตารางกิโลเมตร เขตการปกครองเป็น 16 อำเภอ 127 ตำบล

ประชากรศึกษา คือ ประชากรในจังหวัดสงขลาที่อาศัยอยู่ในเขตรับผิดชอบและอยู่จริงในภูมิลำเนาจังหวัดสงขลา

ขนาดตัวอย่าง คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยหลักด้วยโรคหืดในทุกกลุ่มอายุ

เกณฑ์การคัดเข้า คือ จำนวนผู้ป่วยรายวันได้รับการวินิจฉัยหลักด้วยโรคหืด จำแนกประเภทของโรคด้วยระบบ ICD-10 ตามเกณฑ์ World Health Organization รหัสเป็น J45.XX และ J46.XX ในแต่ละครั้งที่เข้ารับบริการรักษาพยาบาลเป็นผู้ป่วยนอก ในสถานบริการสุขภาพภาครัฐทุกแห่ง สังกัดกระทรวงสาธารณสุขเขตพื้นที่จังหวัดสงขลา

เกณฑ์การคัดออก คือ ผู้ป่วยโรคหืดที่อาศัยอยู่นอกเขตรับผิดชอบและทะเบียนบ้านไม่อยู่ในเขตรับผิดชอบของหน่วยงานบริการสุขภาพ หรือคนต่างด้าว

ขอบเขตด้านข้อมูลและตัวแปร ข้อมูลผู้ป่วยรายวันใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ 43 แห่งของสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) เขต 12 สงขลา ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ เพศ อายุ ณ วันที่วินิจฉัยโรค วันที่ให้บริการ ประเภทการวินิจฉัย รหัสโรคที่วินิจฉัย สถานะบุคคล รหัสที่อยู่ตามกรมการปกครอง และข้อมูลจำนวนประชากร

กลางปีทั้งหมดของชุมชนที่เสี่ยงต่อโรค จำแนกตามอายุและเพศ เป็นรายตำบล ใช้ข้อมูลจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา และข้อมูลสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายวัน ใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตัวแปรที่ศึกษา คือ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ จุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม ทิศนะวิสัย และข้อมูลความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเฉลี่ยรายวัน ใช้ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ ตัวแปรที่ศึกษา คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ การบริหารจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม R

2. การประมวลผลข้อมูล

ส่วนที่ 1 ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล สำหรับค่าเฉลี่ยรายวันของความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศ และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา หากพบมีค่าหายไปจะทำการประมาณค่าใส่แทนค่าที่หายไปด้วยวิธี imputation เนื่องจากกรณีวิเคราะห์ผลการถดถอยสำหรับอนุกรมเวลาไม่ควรมี missing value โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งใน mice package และทำการคัดลอกความซ้ำซ้อนข้อมูลผู้ป่วยรายวัน โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่ง duplicated ใน R base package

ส่วนที่ 2 ประมาณค่าเริ่มสัมผัสแบบเชิงพื้นที่ของข้อมูลมลพิษทางอากาศ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา จำนวน 1,825 วัน และเลือกใช้ค่าประมาณที่ตำแหน่งพิกัดของ 127 ตำบล เป็นค่าเริ่มสัมผัสของผู้ป่วยโรคหืดในจังหวัดสงขลา สถิติที่ใช้ Ordinary Kriging โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งใน gstat package

ส่วนที่ 3 วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืด สถิติที่ใช้ Changepoint Analysis of Time Series โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งใน changepoint package

ส่วนที่ 4 วิเคราะห์อำนาจการทำนายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา และชนิดของก๊าซมลพิษอากาศต่อจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืด ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแจกแจงแบบพัวซอง สถิติที่ใช้ Generalized linear model โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งใน stats package

ส่วนที่ 5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดกับการสัมผัสระดับสารมลพิษทางอากาศ โดยมีการควบคุมตัวแปรสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ จุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม ทิศนะวิสัย และตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ วันประจำสัปดาห์ วันหยุด จำนวนวันที่ศึกษา และจำนวนประชากร สถิติที่ใช้ Distributed lag non-linear models (DLNMs) กับข้อมูลที่สอดคล้องกับตำแหน่งเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน (spatial time series) หน่วยที่ทำการวิเคราะห์เป็น 127 ตำบล รวมถึงการ splines ที่ผ่าน Poisson Regression with Generalized Additive model (GAM) และเลือกแบบจำลองความสัมพันธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เกณฑ์ Backward Stepwise Multiple Regression ด้วย Akaike Information Criterion (AIC) ที่ให้ค่าต่ำสุด วิเคราะห์ lag time ที่ 0-15 lag วัน หมายถึงระยะเวลาที่แสดงให้เห็นอาการในแต่ละการสัมผัสมลพิษตั้งแต่ในวันเดียวกัน (0 lag วัน) และถัดไปทีละวันจนถึงวันที่ 15 (15 lag วัน) ค่าที่วิเคราะห์ออกมาเป็น Relative risk และ 95% confidence intervals (95% CI) โดยปฏิบัติการด้วยชุดคำสั่งใน dlnm package ร่วมกับ mgcv package

ส่วนที่ 6 สร้างแผนที่ทางระบาดวิทยาแสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของอัตราป่วยโรคหืด โดยสร้างโครงร่างพิกัดทางภูมิศาสตร์เฉพาะจังหวัดสงขลา ประกอบด้วย ขอบเขตจังหวัด ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตตำบล และขอบเขตทะเลสาบ มาตราส่วน เป็นระบบ UTM จาก Shape file ของ Global Administrative Areas สถิติที่ใช้ Spatio-temporal Analysis โดยปฏิบัติการประมาณค่าใน ggplot2 package

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปมีลักษณะทางประชากรศาสตร์ของจำนวนผู้ป่วยโรคหืดทั้งสิ้น 36,761 คน พบว่ามีการเข้ารับบริการรักษาพยาบาลเป็นผู้ป่วยนอก 250,127 ครั้ง คิดเป็นอัตราป่วย 448.86 ต่อประชากรหมื่นคน ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 19,761 คน (ร้อยละ 53.76) และมีจำนวนครั้งต่อการวินิจฉัยโรคหืด 152,892 ครั้ง (ร้อยละ 61.1) คิดเป็นอัตราป่วย 529.97 ต่อประชากรหมื่นคน เมื่อพิจารณาแยกช่วงอายุ พบว่า อัตราการป่วยด้วยโรคหืด สูงสุดในกลุ่มวัยผู้สูงอายุ 64 ปีขึ้นไป รองลงมาคือ วัยเด็กในช่วงอายุ 0-19 ปี และวัยผู้ใหญ่ในช่วงอายุ 20-64 ปี ตามลำดับ ได้แสดงในตารางที่ 1 ในขณะที่การกระจายของข้อมูล ความเข้มข้นมลพิษทางอากาศและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 1,825 วัน พบว่า PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ $31.28 \mu g/m^3$ โดยมีค่าเฉลี่ยรายวันสูงสุดเท่ากับ $182.09 \mu g/m^3$ และค่าเฉลี่ยรายวันของ NO_2 SO_2 O_3 และ CO มีค่าเท่ากับ 6.71 ppb 1.97 ppb 22.75 ppb และ 0.47 ppm ตามลำดับ ในส่วนของค่าอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ จุดน้ำค้าง ความเร็วลม ทิศทางลม และทัศนวิสัย พบว่า ทั้งค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นลักษณะการกระจายของข้อมูลเป็นแบบปกติ ได้แสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษาลักษณะของการเจ็บป่วยเชิงระบาดวิทยาโดยรวม พบว่า อนุกรมเวลารายเดือนของจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา และผู้ป่วยเพศหญิงมีแนวโน้มการเกิดโรคหืดสูงกว่าเพศชาย เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโรคหืด พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2560 จำนวนผู้ป่วยโรคหืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงให้เห็นชัดเจนคือ มีรูปแบบการเกิดโรคในช่วงเปลี่ยนผ่านฤดู ซึ่งจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์และลดลงต่ำสุดในเดือนเมษายน สำหรับช่วงเวลาที่มียอดผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นคือ ช่วงต้นฤดูฝนในเดือนมิถุนายน จำนวนผู้ป่วยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และปลายฤดูฝนในเดือนธันวาคมจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในขณะที่แนวโน้มของโรคหืดในช่วงปี พ.ศ. 2556-2557 มียอดผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นในเดือนมกราคม และไม่มีลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ได้แสดงในภาพที่ 1 และเมื่อพิจารณาแนวโน้มรายอายุ พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 0-19 ปี เริ่มลดลงในช่วงอายุ 20-64 ปี และกลับมาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงอายุมากกว่า 64 ปีขึ้นไป ได้แสดงในภาพที่ 2

ตาราง 1 ลักษณะและการกระจายของผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยด้วยโรคหืด แยกประเภทย่อยของเพศและช่วงอายุ ในจังหวัดสงขลา ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2560 (รวม 1,825 วัน)

ตัวแปร	จำนวนผู้ป่วย (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	จำนวนครั้ง การวินิจฉัย (ร้อยละ)	จำนวนครั้งการวินิจฉัย					อัตราป่วย ต่อประชากร หมื่นคน
				Min	25 th	50 th	75 th	Max	
ทั้งหมด	36,761	6.79 $\pm$ 10.09	250,127	1	1	2	8	279	448.86
เพศ									
ชาย	17,000 (46.24)	5.72 $\pm$ 8.50	97,235 (38.9)	1	1	2	7	174	361.79
หญิง	19,761 (53.76)	7.72 $\pm$ 11.20	152,892 (61.1)	1	1	3	10	279	529.97
ช่วงอายุ									
0-19 ปี	15,314 (41.66)	4.88 $\pm$ 6.69	74,752 (29.9)	1	1	2	6	117	455.03
20-64 ปี	15,467 (42.07)	7.83 $\pm$ 11.67	123,421 (49.3)	1	1	3	10	279	362.41
64 ปีขึ้นไป	5,980 (16.27)	7.70 $\pm$ 10.34	51,954 (20.8)	1	1	3	11	111	991.24

ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ จุดน้ำค้าง ($r=0.08$) ความชื้นสัมพัทธ์ ($r=0.07$) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($r=0.06$) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ($r=0.05$) และพบความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความกดอากาศ ($r=-0.06$) ได้แสดงในภาพที่ 3 และผลการศึกษาสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ พบว่า ตัวแปรพยากรณ์ที่มีอิทธิพลทางบวกต่อการทำนายจำนวนการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยนอกด้วยโรคหืดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.550) ทิศวนลี้ (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.076) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.032) ความชื้นสัมพัทธ์ (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.018) ความเร็วลม (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.005) และก๊าซโอโซน (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ =.004) ได้แสดงในตารางที่ 3

ผลลัพธ์ของ DLNMs แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดกับปริมาณคาดการณ์ของสารก่อมลพิษแต่ละชนิดที่เพิ่มขึ้นทุก 10% โดยทำการควบคุมปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา วันประจำสัปดาห์ วันหยุด จำนวนวันที่ศึกษา จำนวนประชากร และสารมลพิษอื่นๆ เมื่อพิจารณาจากกลุ่มประชากรจำแนกตามเพศและช่วงอายุ ในแต่ละการสัมผัสที่มีระยะเวลาพักตัวก่อให้เกิดอาการใน lag time ตั้งแต่ในวันเดียวกัน (0 lag วัน) และถัดไปทีละวันจนถึงวันที่ 15 (15 lag วัน) ได้แสดงในภาพที่ 4 เมื่อกำหนดค่าเริ่มสัมผัสให้ $PM_{10} = 35.59 \mu g/m^3$ $NO_2 = 7.09$ ppb $SO_2 = 2.61$ ppb $O_3 = 26.02$ ppb และ $CO = 0.50$ ppm พบว่า เพศชายมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ NO_2 (lag 5 day) SO_2 (lag 10-11 day) และ O_3 (lag 0-4 day และ lag 13-15 day) ในขณะที่ PM_{10} และ CO ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เพศหญิงพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PM_{10} (lag 3-6 day), SO_2 (lag 10 day), NO_2 (lag 1-2 day) SO_2 (lag 3 day และ lag 9-11 day) และ O_3 (lag 0 day และ lag 15 day) ในขณะที่ CO ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ช่วงอายุ 0-19 ปี พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ NO_2 (lag 4-9 day) SO_2 (lag 0-1 day และ lag 11-14 day)

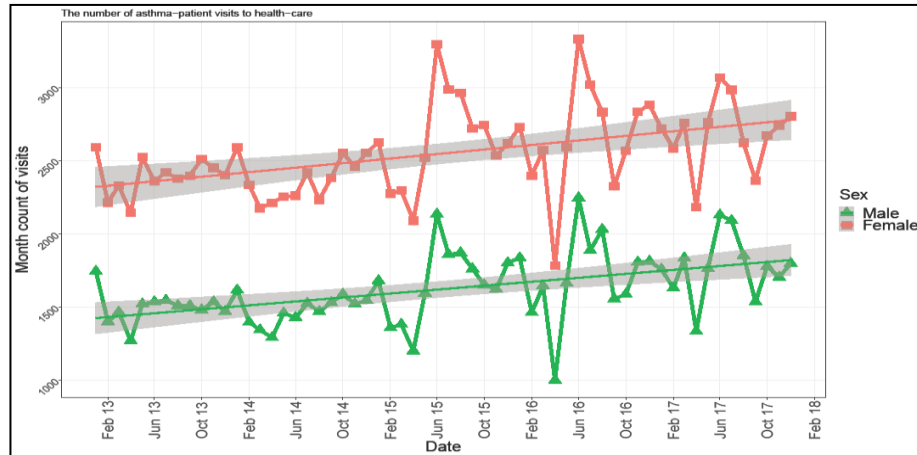
O₃ (lag 0-6 day) และ CO (lag 9-14 day) ในขณะที่ PM₁₀ ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ช่วงอายุ 20-64 ปี พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PM₁₀ (lag 3-5 day) NO₂ (lag 0-4 day) SO₂ (lag 3 day และ lag 9-11 day) และ O₃ (lag 0-2 day และ lag 13-15 day) ในขณะที่ CO ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และช่วงอายุ 64 ปีขึ้นไป พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ PM₁₀ (lag 4-8 day) NO₂ (lag 13-15 day) และ O₃ (lag 0 day และ lag 13-15 day) ในขณะที่ SO₂ และ CO ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 2 สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลความเข้มข้นมลพิษทางอากาศและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดสงขลา ระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2560 (รวม 1,825 วัน)

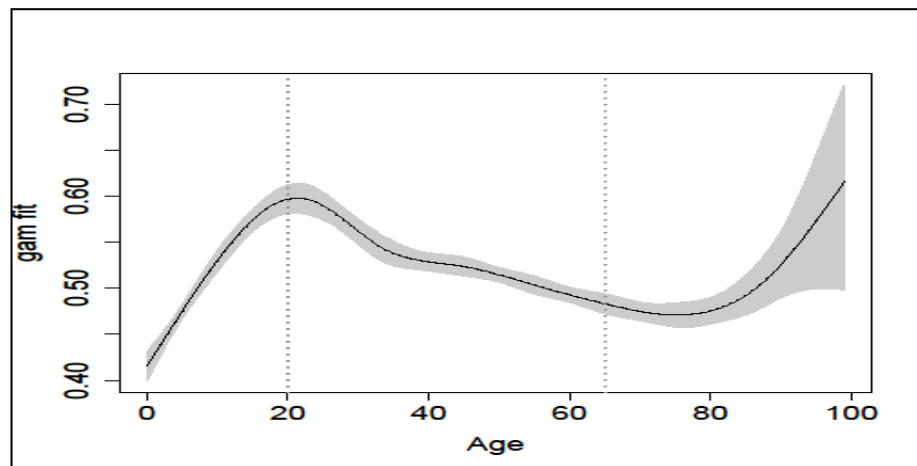
ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์				
		Min	25 th	50 th	75 th	Max
ความเข้มข้นสารมลพิษ						
PM ₁₀ (µg/m ³)	31.28 ± 10.76	13.73	24.66	28.96	35.69	182.09
NO ₂ (ppb)	6.71 ± 2.13	1.87	5.30	6.34	7.75	20.70
SO ₂ (ppb)	1.97 ± 0.86	0.11	1.38	1.85	2.43	7.28
O ₃ (ppb)	22.75 ± 8.83	7.68	16.28	20.88	27.51	65.21
CO (ppm)	0.47 ± 0.11	0.24	0.40	0.46	0.52	1.19
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา						
อุณหภูมิ (°c)	27.84 ± 1.1	23.89	27.14	27.87	28.64	31.14
ปริมาณน้ำฝน (mm)	5.88 ± 11.42	0.00	0.08	1.90	7.24	161.44
ความชื้นสัมพัทธ์ (percent)	80.55 ± 5.06	64.02	76.67	80.34	84.04	97.00
ความกดอากาศ (hPa)	1008.88 ± 1.85	1003.83	1007.59	1008.75	1010.04	1015.00
จุดน้ำค้าง (°c)	23.72 ± 0.9	18.14	23.36	23.90	24.33	25.40
ความเร็วลม (knots)	13.12 ± 3.28	7.00	11.29	12.86	14.43	108.43
ทิศทางลม (degrees)	155.42 ± 77.91	35.71	81.43	137.14	238.57	300.00
ทัศนวิสัย (km)	9.25 ± 0.87	1.14	9.00	9.43	9.71	10.57

ผลการศึกษาทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ของอัตราป่วยโรคหืดในพื้นที่จังหวัดสงขลา ตามปัจจัยด้านสถานที่นั้น ประกอบด้วย การกระจายตัวของผู้ป่วยแบ่งออกเป็น 16 อำเภอ 127 ตำบล พบว่า อำเภอที่เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคสูงสุด 5 อันดับแรก คือ อำเภอเมืองสงขลา คิดเป็นอัตราป่วย 622.70 ต่อประชากรหมื่นคน รองลงมาคือ อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตภูมิ อำเภอนาหม่อม อำเภอบางกล่ำ คิดเป็นอัตราป่วย 545.72, 539.01, 504.54, 501.76 ต่อประชากรหมื่นคน ตามลำดับ สำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่ของตำบลจะพบลักษณะการกระจายการระบาดของผู้ป่วยในทุกตำบล โดยพบสูงสุดที่พื้นที่ตำบล

หาดใหญ่ ซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอหาดใหญ่ คิดเป็นอัตราป่วย 1309.96 ต่อประชากรหมื่นคน และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่ำสุดอยู่ที่ตำบลธารคีรี ตั้งอยู่ในเขตอำเภอสบไชย คิดเป็นอัตราป่วย 59.06 ต่อประชากรหมื่นคน ได้แสดงในภาพที่ 5



ภาพ 1 อนุกรมเวลารายเดือนของจำนวนครั้งการวินิจฉัยผู้ป่วยนอกด้วยโรคหืด จำแนกตามเพศ



ภาพ 2 แสดงแนวโน้มรายอายุของจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดในประชากรทั้งหมด

2. อภิปรายผล

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา (Temporal)

การศึกษครั้งนี้ ศึกษาข้อมูลผู้ป่วยประชากรชาวไทยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดในทุกเพศและทุกอายุ ที่เข้ารับการรักษาเป็นผู้ป่วยนอกในหน่วยบริการสุขภาพภาครัฐ เขตรับผิดชอบสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ พ.ศ. 2556-2560 ผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของโรคหืด พบว่า จำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นเกิดจากปรากฏการณ์โดยธรรมชาติในช่วงฤดูฝน จากการศึกษาของ วารองก้า, เรสติโว, และนูเนส (Valença, Restivo, & Nunes, 2006) รายงานผลการศึกษา

ความผันแปรตามฤดูกาล (ฤดูฝนและฤดูแล้ง) กับการเข้าห้องฉุกเฉินสำหรับอาการกำเริบของผู้ป่วยโรคหืดในเมืองกามาประเทศบราซิล พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงของความชื้นมีความสำคัญมากที่สุด และการเข้าแผนกฉุกเฉินเพื่อรักษาโรคหืดพบบ่อยครั้งมากขึ้นในช่วงฤดูฝนและลดลงในฤดูแล้ง แม้ว่าโรคหืดสามารถเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุรวมทั้งการสูดดมสารมลพิษ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ สถานะทางสังคมและเศรษฐกิจ ดูเหมือนจะสมเหตุสมผลที่จะอธิบายการติดเชื้อไวรัสในระบบทางเดินหายใจที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะกำเริบในผู้ป่วยที่พบเพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูฝน (Cohen et al., 2013; Etemadi et al., 2013)

ตัวพยากรณ์	Regression Coefficient	Std. Error	z-Value	Statistical Significance	
ค่าคงที่	16.530	1.432	11.542	0.000	***
อุณหภูมิ	0.017	0.009	1.874	0.061	
ปริมาณน้ำฝน	-0.002	0.000	-8.168	0.000	***
ความชื้นสัมพัทธ์	0.018	0.002	8.154	0.000	***
ความเร็วลม	0.005	0.001	9.963	0.000	***
Sin (ทิศลม)	-0.020	0.003	-6.824	0.000	***
Cos (ทิศลม)	-3.311	0.003	-11.931	0.000	***
ความกดอากาศ	-0.014	0.001	-10.274	0.000	***
จุดน้ำค้าง	-0.047	0.010	-4.787	0.000	***
ทัศนวิสัย	0.076	0.005	16.416	0.000	***
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	0.550	0.022	25.160	0.000	***
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	0.032	0.001	30.671	0.000	***
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.002	0.002	0.702	0.483	
ก๊าซโอโซน	0.004	0.000	15.575	0.000	***
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	0.000	0.000	0.297	0.767	

ตาราง 3 ผลกระทบของพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาและชนิดของก๊าซมลพิษอากาศ ต่อจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดในประชากรทั้งหมด ระหว่างปี 2556 ถึง 2560

หมายเหตุ: 1. ค่า Regression coefficient แสดงเป็นค่า log

2. *** p-value < 0.001

กลุ่มเสี่ยงในประชากร (Person)

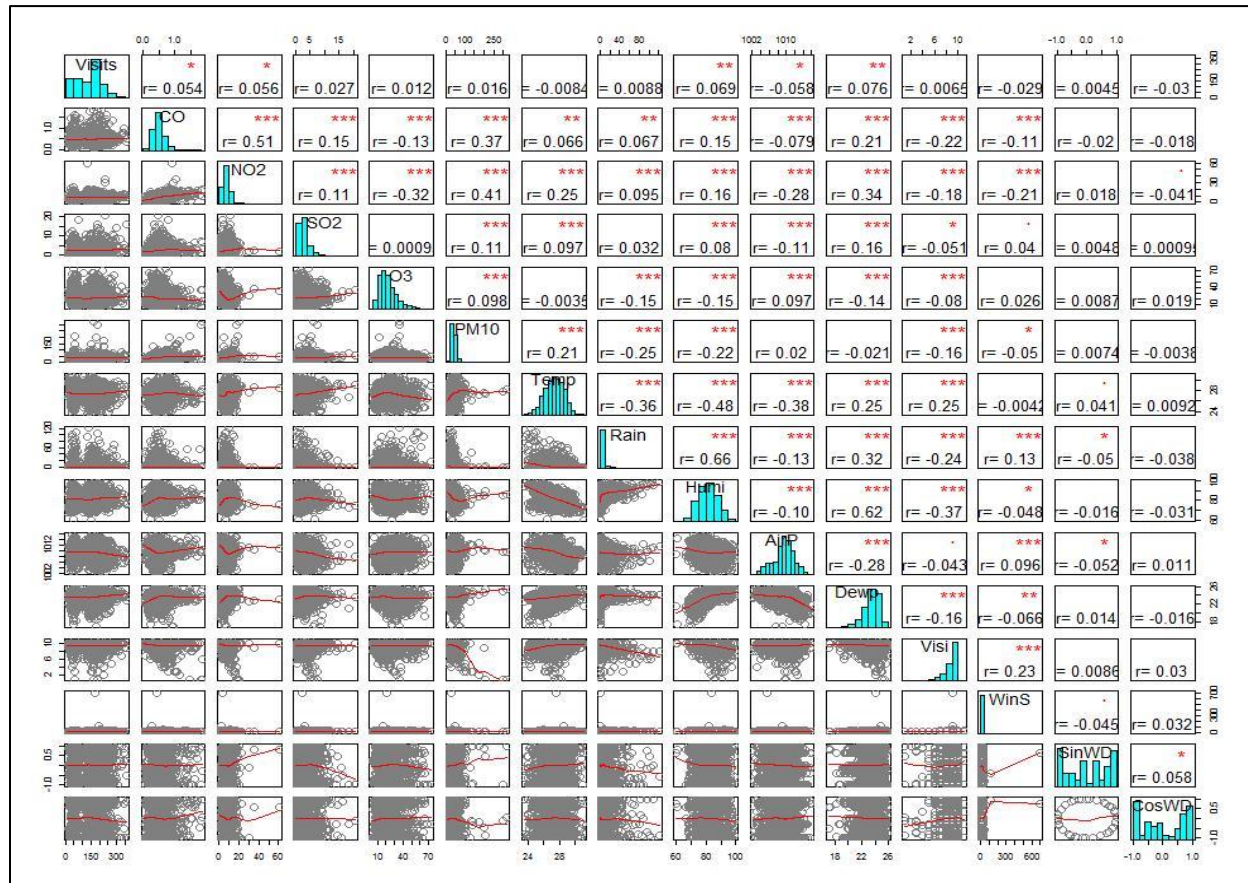
ลักษณะทางประชากรศาสตร์ พบว่า กลุ่มประชากรผู้ป่วยโรคหืดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงและมีแนวโน้มการเกิดโรคหืดสูงกว่าเพศชาย จากสรุปรายงานการป่วย พ.ศ. 2556-2560 โดยกองยุทธศาสตร์และแผนงาน (Strategy and Planning Division

[SPD], ม.ป.ป.) พบว่า โรคหืดในเพศหญิงจะสูงกว่าเพศชายในทุกภาคของประเทศไทย สำหรับภาคใต้ในปี พ.ศ. 2560 เพศหญิงคิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 329.71 ต่อประชากรแสนคน และเพศชาย คิดเป็นอัตราป่วย เท่ากับ 199.78 ต่อประชากรแสนคน และสอดคล้องกับการศึกษาของ บุญสวัสดิ์ และคณะ (Boonsawat et al., 2015) รายงานผลการศึกษาศึกษาการสำรวจโรคหืดในประเทศไทย พบกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 62) แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างระหว่างเพศในผู้ป่วยโรคหืด จากการศึกษาของ ซิลเมอร์ และคณะ (Zillmer et al., 2014) พบว่า เพศหญิงมีความรู้สึกไวต่อการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดอาการมากกว่าเพศชาย ร่วมกับความได้เปรียบลักษณะทางกายภาพและความทนทานที่เพศหญิงมีความแตกต่างจากเพศชาย การศึกษาของ เกเซลแมน และคณะ (Keselman et al., 2017) พบว่า ความชุกและระดับความรุนแรงของโรคหืดส่งผลกระทบต่อส่วนใหญ่ต่อเพศชายในวัยเด็ก และเพศหญิงในวัยผู้ใหญ่ ซึ่งความแตกต่างทางเพศเหล่านี้เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเอสโตรเจน นอกจากนี้ได้จำแนกผู้ป่วยโรคหืดออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามกลุ่มอายุ คือ ประชากรวัยเด็ก (อายุ 0-19 ปี) วัยผู้ใหญ่ (อายุ 20-64 ปี) และวัยสูงอายุ (อายุ 64 ปีขึ้นไป) จากการศึกษาพบว่า โรคหืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประชากรวัยเด็ก และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในประชากรวัยสูงอายุ สอดคล้องกับการศึกษาของ มูร์แมน และคณะ (Moorman et al., 2012) รายงานผลการเฝ้าระวังโรคหืดในประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2544-2553 พบว่า โรคหืดมีความชุกที่สูงขึ้นในกลุ่มเด็กอายุ 0-17 ปี มากกว่าในผู้ใหญ่ และสอดคล้องกับการศึกษาของ มิราเบลลี และคณะ (Mirabelli et al., 2013) พบว่า โรคหืดเริ่มมีอาการก่อนอายุ 16 ปี และประมาณ 42% ของผู้ใหญ่มีโรคหืดจากวัยเด็กและโรคหืดเพิ่มระดับความรุนแรงที่มากขึ้นในผู้สูงอายุ ในขณะที่ผู้ป่วยเด็กมีภาวะหลอดลมไวเกินทำให้หลอดลมไวต่อสารระคายเคืองทางเดินหายใจและมลพิษในสิ่งแวดล้อมก็มีบทบาทเสริมการกระตุ้นให้ผู้ป่วยเด็กเป็นโรคหืดได้ง่ายขึ้น (Wang et al., 2006) และผู้ป่วยสูงอายุที่เป็นโรคหืดนั้นจะมีโอกาสเกิดภาวะหืดกำเริบเฉียบพลันบ่อย จึงต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมากกว่าผู้ป่วยโรคหืดทั่วไป นอกจากนี้ผู้ป่วยสูงอายุมักจะมีโรคร่วม เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน เป็นต้น ซึ่งก่อให้เกิดอาการเหนื่อยหอบที่ต้องแยกโรคจากโรคหืด (Bauer, Reed, Yunginger, Wollan, & Silverstein, 1997; Braman & Hanania, 2007)

ลักษณะการกระจายตัวเชิงพื้นที่ (Spatial)

นอกจากนี้ผลการศึกษาทางระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ แสดงให้เห็นภาพอัตราความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในช่วงระยะเวลาของการศึกษา การวิเคราะห์ Spatio-temporal ระดับอำเภอระบุว่าเขตที่มีอัตราป่วยโรคหืดสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งอำเภอเมืองสงขลาและอำเภอหาดใหญ่ ในขณะที่อำเภอสะบ้าย้อยมีความเสี่ยงต่ำมาก และผลการเคลื่อนไหวข้ามช่วงเวลาทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอัตราป่วยที่เพิ่มขึ้นและยังคงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคสูงในพื้นที่เดิม เหตุผลที่เป็นไปได้ของความแตกต่างเชิงพื้นที่ของโรคหืดในจังหวัดสงขลา อัตราการป่วยที่สูงในอำเภอเมืองสงขลาและอำเภอหาดใหญ่ มีแนวโน้มที่จะอธิบายโดยการสร้างสาธารณูปโภคขนาดใหญ่ มีการเชื่อมต่อทางคมนาคมกับกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่างๆ ในภาคใต้ รวมถึงประเทศมาเลเซีย ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและการพัฒนาอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดผลกระทบทางลบในด้านสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของประชาชนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จากการศึกษาของ ดิโอมาโดะ (D'Amato et al., 2010) พบว่าอุบัติการณ์ของโรกระบบทางเดินหายใจและโรคหืดจะเพิ่มขึ้น กับคนที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองมากกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท สาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศกลางแจ้งที่เกิดจากการใช้พลังงานและการปล่อยไอเสียจากยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้จังหวัดสงขลามีการขยายตัวของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว และมีการประกอบธุรกิจ

อุตสาหกรรมหลายชนิด ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงาน 164 แห่ง โรงงานขนาดใหญ่ คือ โรงไฟฟ้า จะนะ 1 แห่ง โรงแยกก๊าซธรรมชาติ ไทย-มาเลเซีย 1 แห่ง โรงงานยางพารา 18 แห่ง และ โรงงานแปรรูปอาหาร 7 แห่ง เป็นต้น ซึ่งอาจจะส่งผลอย่างมากในความชุกของโรคหืดที่สูงขึ้น



ภาพ 3 กราฟเมทริกซ์ความสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation coefficient) ระหว่างจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดกับ

ปัจจัยภูมิอากาศ ระหว่าง 1 ม.ค. 2556 ถึง 31 ธ.ค. 2560

หมายเหตุ: Visit คือ จำนวนครั้งการวินิจฉัยผู้ป่วยนอกด้วยโรคหืดทุกอายุ CO คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ NO₂ คือ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ SO₂ คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ O₃ คือ ก๊าซโอโซน PM₁₀ คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน Temp คือ อุณหภูมิ Rain คือ ปริมาณน้ำฝน Humi คือ ความชื้นสัมพัทธ์ AirP คือ ความกดอากาศ Dewp คือ จุดน้ำค้าง Visi คือ ทัศนวิสัย WinS คือ ความเร็วลม SinWD (ทิศลม) CosWD (ทิศลม)

สิ่งที่ทำให้เกิดโรค (Agent)

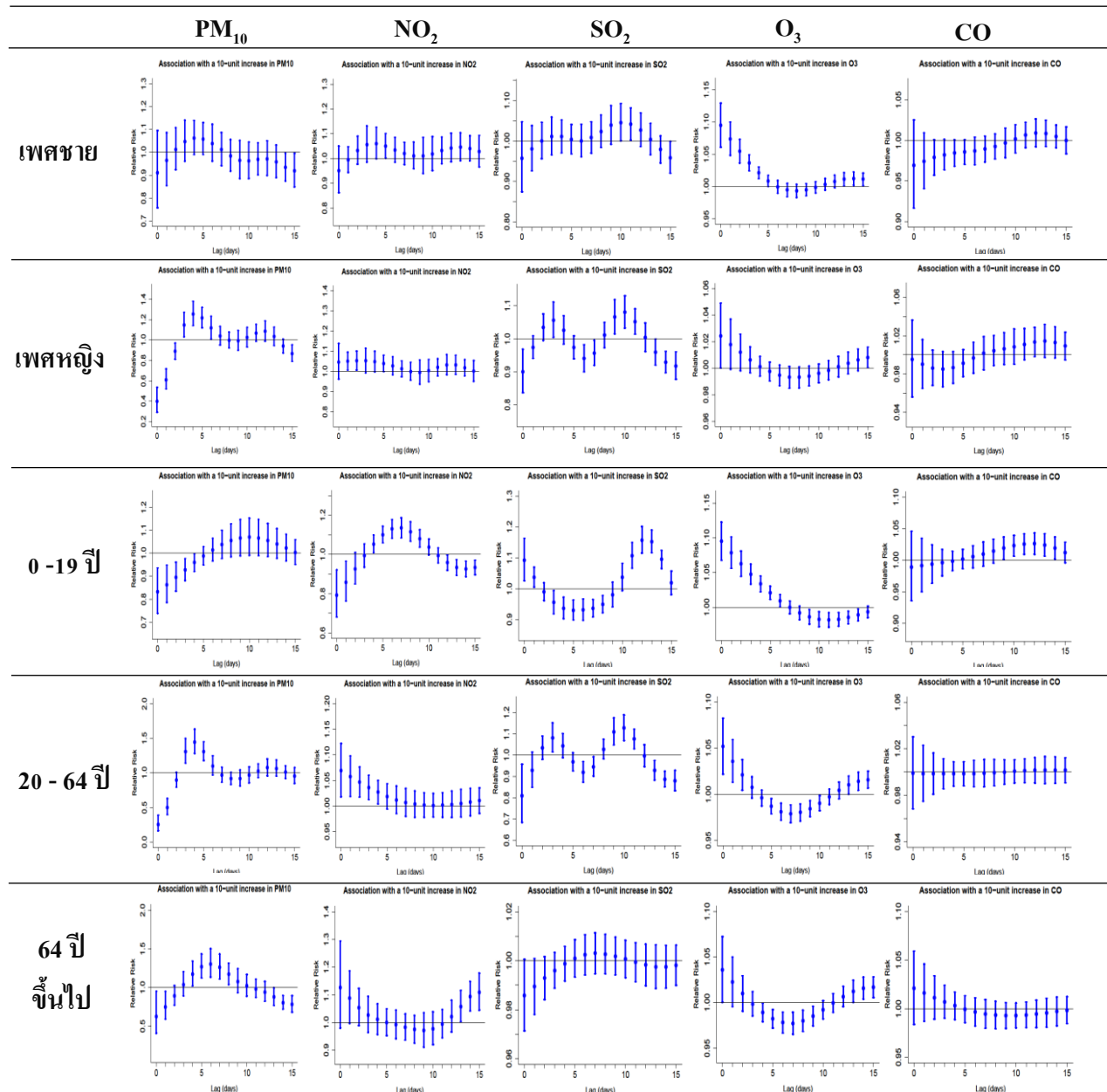
โรคหืดเป็นโรคที่เกิดจากการหดตัวหรือตีบตันของระบบทางเดินหายใจทำให้มีอากาศเข้าสู่ปอดน้อยลง ขณะเดียวกัน เชื้อราบนผนังหลอดลมอักเสบทำให้ไวต่อการกระตุ้นและตอบสนอง (Guy, Neil, David, & Innes, 2014) เป็นที่ทราบกันดีว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อโรคหืด และมีการศึกษาจำนวนมากพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปัจจัยมลพิษทางอากาศ การศึกษานี้ใช้การอนุมานทางสถิติแบบ Distributed lag non-linear models (DLNMs) กับข้อมูลที่สอดคล้องกับตำแหน่งเชิงพื้นที่

ที่แตกต่างกัน (spatial time series) รวมถึงการ splines ที่ผ่าน Generalized Additive model (GAM) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับจำนวนผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดในจังหวัดสงขลา จากผลการศึกษาพบว่ามลพิษทั้งหมด (CO NO_2 SO_2 O_3 PM_{10}) มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่แตกต่างกันไปตามเพศและอายุในผู้ป่วยโรคหืดซึ่งเกิดอาการหลังสัมผัส 0-15 วัน ในขณะที่ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์ถดถอยพหุคูณจะเห็นว่า CO (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ = .550, $p < 0.001$) มีอิทธิพลสูงสุดต่อการเข้ารักษาของผู้ป่วยโรคหืดโดยรวม สอดคล้องกับการศึกษาของ พงษ์เพียจันทร์ (Pongpiachan, 2015) สำหรับ CO จัดเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ ประกอบไปด้วยอะตอมคาร์บอนและออกซิเจนอย่างละ 1 อะตอมได้เป็น CO คุณสมบัติทางกายภาพ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เบากว่าอากาศ ความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาค่ำและสามารถปะปนอยู่ในอากาศได้นาน (Wu & Wang, 2005) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน เกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (CoHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ส่งผลต่อการทำงานของหัวใจผิดปกติ เพิ่มจังหวะการเต้นของหัวใจ เกิดการหอบหืดเนื่องจากขาดอากาศ และอาจเสียชีวิต (ลิมปเสณีย์, 2543) การค้นพบจากการศึกษานี้และผลการศึกษาอื่นๆในปัจจุบันบ่งชี้ว่าในกลุ่มผู้ป่วยโรคหืดมีสมรรถภาพการทำงานของปอดแย่ลงซึ่งสัมพันธ์กับการสัมผัสกับก๊าซ CO ในระดับความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (Canova et al., 2010)

ในประเทศไทยอัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลสำหรับผู้ป่วยโรคหืดแตกต่างกันไปตามสถานที่ศึกษาและลักษณะสิ่งแวดล้อมในภูมิภาค และภาคใต้มีจำนวนและอัตราการป่วยสูงเป็นลำดับที่ 1 จาก 4 ภาค จากการศึกษาของ บุญสวัสดิ์ และคณะ (Boonsawat et al., 2015) พบว่า มีหลายสาเหตุที่ส่งผลต่อผู้ป่วยโรคหืดให้มีอาการแย่ลง และปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบมากที่สุดเกิดจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากผลการศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่จังหวัดสงขลา ด้วยเทคนิคสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณคือ จำนวนเฉลี่ยของตัวแปรตามที่เพิ่มขึ้นเมื่อตัวแปรอิสระเพิ่มขึ้นด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหนึ่งค่าและตัวแปรอิสระอื่นๆจะคงที่ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงขึ้นยังมีอิทธิพลต่อการเข้ารับการรักษาด้วยโรคหืดที่โรงพยาบาล แสดงให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์ และทัศนวิสัย เป็นปัจจัยเด่นชัดมากที่สุดมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพอนามัยของประชากรในผู้ป่วยโรคหืด

สำหรับความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีน้ำหนักถดถอยอย่างมีนัยสำคัญในเชิงบวก (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ = .018) เมื่อระดับความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วยมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคหืดที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.82 จากการศึกษาของ (Sabbah, 2014) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและจำนวนการเข้ารับการรักษาด้วยโรคหืดมีความสำคัญมากที่สุดเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของความชื้นสัมพัทธ์ และการศึกษาของ เกา (Gao et al., 2014) พบว่า การศึกษาทบทวนอย่างเป็นระบบในผลกระทบของความชื้นโดยรอบต่อสุขภาพของเด็ก มีการรายงานคะแนนคุณภาพสูงกว่า 70% แสดงให้เห็นว่าความชื้นในบรรยากาศโดยรอบมีบทบาทสำคัญในการเกิดและความชุกของโรคหืด สำหรับการหายใจในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดและการไหลเวียนของเลือดหลอดเลือดทำให้เกิดความหนาของเยื่อทางเดินหายใจและทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจเร็วขึ้น เมื่อการทำงานของหลอดเลือดมากเกินไปสามารถกระตุ้นให้โรคหืดกำเริบได้ (D'Amato et al., 2018) นอกจากนี้ความชื้นยังทำให้อากาศนิ่งพอที่จะดักจับมลพิษและสารก่อภูมิแพ้ เช่น ละอองเกสรดอกไม้ แบคทีเรีย เชื้อรา และควันเป็นต้น สิ่งเหล่านี้สามารถทำให้เกิดอาการของโรคหืด จากการศึกษาของ ลินสุวณนันทน์ และคณะ (Linsuwanon et al., 2012)

พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศส่งเสริมให้เกิดสิ่งกระตุ้น (เชื้อไวรัสและเอนเทอโรไวรัส) ที่มีความสำคัญทางคลินิกต่อผู้ป่วยโรคหืดทำให้พบอุบัติการณ์ของโรคสูงในฤดูฝน และตรวจพบได้ตลอดทั้งปีเนื่องจากลักษณะอากาศร้อนชื้นของประเทศ

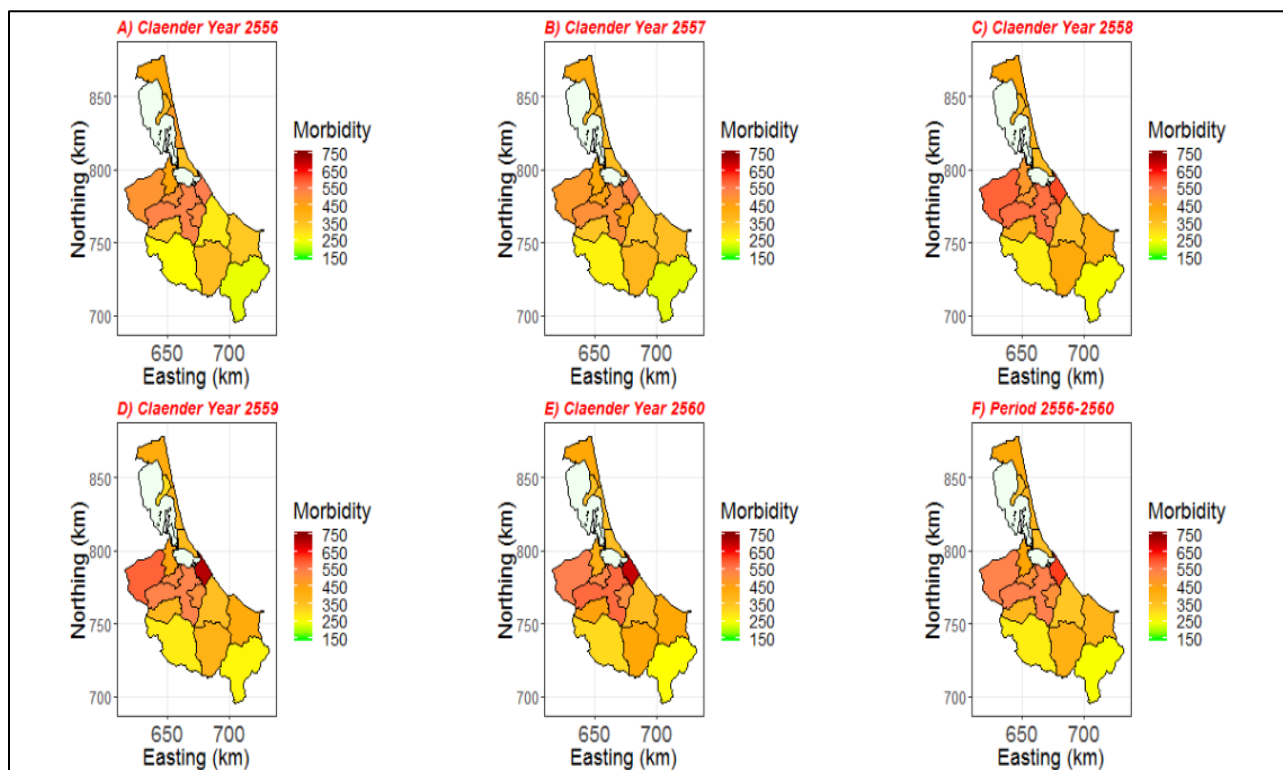


ภาพ 4 ความสัมพันธ์การตอบสนองต่อความล่าช้าเฉพาะวันต่างๆ ระหว่างมลพิษทางอากาศ และค่า Relative Risk สำหรับผู้ป่วยนอกที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหืดในกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน

สำหรับทัศนวิสัย พบว่า มีน้ำหนักรถลอยอย่างมีนัยสำคัญในเชิงบวก (ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ = 0.076) เมื่อระดับที่ทัศนวิสัยเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วยมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยโรคหืดที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.89 จากการศึกษาของ อีเฮเลปโลา และคณะ (Ehelepola et al., 2018) พบว่า โดยทั่วไปคุณภาพอากาศในเมืองแคนดี้ประเทศศรีลังกานั้นดี และมีค่าเฉลี่ยของทัศนวิสัยในช่วงระยะเวลาของการศึกษาเท่ากับ 18.9 กม. แสดงให้เห็นว่าจำนวนวันที่มีทัศนวิสัยต่ำจะมีจำนวนผู้ป่วยโรคหืดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ผลลัพธ์การศึกษาครั้งนี้ พบค่าเฉลี่ยของทัศนวิสัยคือ 9.25 กม. (ต่ำสุด-สูงสุดคือ 1.14-10.57 กม.) แสดงว่า โดยทั่วไปคุณภาพอากาศในจังหวัดสงขลานั้นอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีคุณภาพอากาศที่เกี่ยวข้องของทัศนวิสัยกับสุขภาพ (AQI: USA ระดับทัศนวิสัยที่กำหนดเท่ากับ 9.66 กม.) (Taylor & McMillan, 2013) สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องของทัศนวิสัยกับสุขภาพ โดยทั่วไปเกี่ยวกับเรื่องมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง $<2.5 \mu\text{m}$ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเสื่อมสภาพของทัศนวิสัยในชั้นบรรยากาศ ในขณะที่ก๊าซมลพิษ เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีส่วนร่วมทางอ้อมผ่านการสะสมของอนุภาคเช่นกัน และโอโซนระดับพื้นดินที่ได้จากปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับ NO_2 ก็มีส่วนทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี (D'Amato et al., 2002) นอกจากนี้จากการศึกษาในประเทศอื่นๆ ได้แสดงให้เห็นว่าทัศนวิสัยต่ำนั้นเกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศที่ไม่ดีซึ่งส่งผลกระทบต่ออาการระบบทางเดินหายใจที่สูงขึ้น (Yadav et al., 2003) สำหรับในการศึกษานี้ ช่วงที่มีทัศนวิสัยเลวร้ายหนักเนื่องจากปัญหาหมอกควันข้ามแดนในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 และจากผลการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน พบว่า ปัจจัยทัศนวิสัยมีความสัมพันธ์และอิทธิพลเชิงลบมากที่สุดกับความชื้นสัมพัทธ์ ($r = -0.37, p < 0.001$) ดังนั้น เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นขณะที่ทัศนวิสัยลดลง ผลลัพธ์เหล่านี้จะเห็นว่า ไม่ใช่แค่ทัศนวิสัยแย่ที่จะมีผลกระทบต่อผู้ป่วยโรคหืดอย่างชัดเจน น่าจะเกี่ยวข้องกับผลของความชื้นในระดับสูงที่มีผลต่อระดับทัศนวิสัยในบรรยากาศและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

ผลการวิจัยจากโครงการนี้ แสดงให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์ มีบทบาทสำคัญในการกำเริบของโรคหืด หิสทางของสหสัมพันธ์ที่พบสำหรับตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้บ่งชี้ว่ามีลักษณะที่รวมกันของธรรมชาติแทนที่จะเป็นอิสระจากกัน ซึ่งผลกระทบนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในอาการระบบทางเดินหายใจในช่วงสภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับระดับสูงของปริมาณไอน้ำอ้อมตัวในบรรยากาศ เพื่ออธิบายกลไกของผลกระทบนี้คือ เมื่อปริมาณความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้น ระบบการหายใจจะทำหน้าที่นำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายและ partial pressure ของก๊าซออกซิเจนจะลดลง ซึ่งทำให้เกิดความผิดปกติของกระบวนการขนส่งออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือด จะเกิดภาวะขาดออกซิเจนในถุงลมปอด และเกิดภาวะที่ระดับออกซิเจนในหลอดเลือดแดง (PaO_2) น้อย ส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซช้าลงระหว่างถุงลมปอดกับหลอดเลือดฝอยในปอด (Majid & Sharafkhaneh, 2011) ในขณะที่ภาคใต้จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าภาคอื่นๆ ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 79–80 % หากอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำความชื้นจะระเหยออกจากผิวหนังได้ดีทำให้ผิวหนังแห้ง แต่ถ้าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงความชื้นจะระเหยออกจากผิวหนังได้ยากจนจะรู้สึกเหนียวตัวผิดปกติ ซึ่งทั้งสองกรณีล้วนทำให้คนรู้สึกไม่สบายตัว (Humphreys et al., 2015) และความชื้นในอากาศต่ำหรือสูงเกินไปก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแบคทีเรียและไวรัส ส่งผลต่อผู้ป่วยหลอดลมอักเสบ โรคหืด โรคติดเชื้อทางเดินหายใจเฉียบพลัน ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในพื้นที่ที่มีผู้อาศัยอยู่ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 35% ถึง 70% (Jing et al., 2013) นอกจากนี้ภูมิอากาศภาคใต้เป็นแบบมรสุมเมืองร้อนโดยที่ภูมิประเทศมีลักษณะเป็นคาบสมุทร มีพื้นน้ำขนาบอยู่ทั้งทางด้านตะวันตกและทางด้านตะวันออก จึงทำให้มีฝนตกตลอดปีและเป็นภูมิอากาศที่มีฝนตกมากที่สุด สำหรับจังหวัดสงขลาตั้งอยู่ฝั่งตะวันออกของภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบริมทะเล พื้นที่ลุ่ม และเป็น

ภูเขาที่ราบสูง บ่งบอกได้ถึงปัจจัยเชิงนิเวศของแหล่งมลไอน้ำที่มีความสำคัญต่อปริมาณความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งเกิดจากปริมาณน้ำฝนและตำแหน่งของความใกล้-ไกลจากทะเล จึงสรุปได้ว่า จากสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงตามลักษณะทางภูมิศาสตร์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มจำนวนผู้ป่วยโรคหืด



ภาพ 5 แผนที่แสดงการกระจายทางภูมิศาสตร์ของอัตราป่วยโรคหืดต่อประชากร 10,000 คน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2560
จำแนกรายอำเภอ จังหวัดสงขลา

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือ ค่าเฉลี่ยรายวันของความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศแต่ละตำบล ถูกกำหนดให้เป็นระดับการสัมผัสของประชากรในผู้ป่วยโรคหืด เมื่อสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศไม่ได้ตั้งอยู่ในเขตเดียวกันกับที่อยู่อาศัย อาจมีอคติเกี่ยวกับการประเมินการสัมผัสของแต่ละบุคคลซึ่งอาจมีผลต่อผลลัพธ์ ในการสร้างแบบจำลองการประมาณค่าของมลพิษทางอากาศถูกจำกัดด้วยจำนวนสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่จำกัด ซึ่งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการทำนาย สำหรับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษที่มีอยู่เพียง 6 สถานี ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดสงขลาเพียง 1 สถานีเท่านั้น ส่วนอีก 5 สถานี ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดภูเก็ต จังหวัดยะลา จังหวัดนราธิวาส และจังหวัดสตูล นอกจากนี้ยังมีปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมหลายอย่างที่มีผลต่อการกระจายของมลพิษทางอากาศ เช่น ทิศทางลม และความเร็วลม (Verma & Desai, 2008) ในขณะที่เขตที่อยู่อาศัยของผู้ป่วยโรคหืดถูกสันนิษฐานว่าจะเป็นบริเวณเดียวกันที่ได้สัมผัสกับมลพิษทางอากาศ กรณีนี้อาจไม่ได้เกิดขึ้นเสมอไป เนื่องจากเวลาการสัมผัสจริงประเมินได้ยาก และอาจมีการจำแนกประเภทของการได้รับสัมผัสที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากระยะเวลาระหว่างช่วงเวลาที่ได้รับสารมลพิษกับช่วงเวลาที่ได้รับการรักษาที่โรงพยาบาล (Lokken et al., 2009)

นอกจากนี้ฐานข้อมูลผู้ป่วยโรคหืดจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ มีการปรับปรุงเพื่อพัฒนาการบันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 จึงเป็นจุดเปลี่ยนแปลงของฐานข้อมูลผู้ป่วย ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมากของแนวโน้มการเกิดโรคระหว่างช่วงเวลาก่อนและหลัง ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนของผลการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ในขณะที่มีผลการลงรหัสโรค ICD-10 เป็นกรณีที่ไม่ได้ระบุประเภท ใช้รหัส J45.9 Asthma, unspecified ถึงร้อยละ 92 จึงไม่สามารถบอกถึงกิจกรรมว่าเป็นการป่วยจริง รักษาต่อเนื่อง เป็นต้น จึงขาดความน่าเชื่อถือของรหัสการวินิจฉัยในข้อมูลและการบันทึกทางการแพทย์ (To et al., 2006)

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ป่วยโรคหืดจะมีการจับหืด (Asthmatic Attack) มากขึ้นในช่วงที่สภาพอากาศมีปริมาณความชื้นในบรรยากาศสูง โดยพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ มีบทบาทสำคัญในการกำเริบของโรคหืด และก๊าซ CO เป็นตัวแปรพยากรณ์ที่ทำนายผลกระทบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญของการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยโรคหืดสำหรับประชากรโดยรวม ดังนั้นเพื่อที่จะลดผลกระทบทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นควรติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้นภายในอาคาร และนโยบายสาธารณสุขควรได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อปกป้องเด็กจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มีดังนี้ 1) สถานการณ์โรคหืดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเปลี่ยนผ่านฤดู คือ ช่วงต้นฤดูฝนในเดือนมิถุนายน และปลายฤดูฝนในเดือนธันวาคม ควรมีการเฝ้าระวังผลกระทบอย่างเป็นระบบ ดังนั้น หน่วยงานบริการสุขภาพภาครัฐ ควรมีการแจ้งให้ประชาชนในพื้นที่ตระหนักถึงผลกระทบต่อสุขภาพ และสร้างความรู้ความเข้าใจให้ประชาชนป้องกันตนเอง โดยอาจจัดในลักษณะของโปรแกรมการให้ความรู้ คำแนะนำ และจัดกิจกรรมส่งเสริมการรับรู้สมรรถนะของตนเองเพื่อให้มีพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมในประชากร 2) ความชื้นในบรรยากาศเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการก่อให้เกิดโรคหืด ในขณะที่เดียวกันการแลกเปลี่ยนอากาศจากภายนอกเข้าในอาคาร ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นภายในอาคาร เพื่อช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการรักษาดูแลผู้ป่วยโรคหืด ภาครัฐควรสนับสนุนแนวทางการสร้างความปลอดภัยจากโรคระบบทางเดินหายใจภายในอาคาร ควรมี Comfort Zone (สภาพแวดล้อมนั้นอยู่ในขอบเขตที่น่าสบาย) ภายในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาลและสถานที่ดูแลสุขภาพ 3) จากการประเมินผลกระทบทางด้านมลพิษทางอากาศ แสดงให้เห็นว่า สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สามารถใช้รูปแบบการศึกษาเป็นแนวทางในการวางแผนการป้องกัน และลดผลกระทบของมลพิษในอากาศสู่สิ่งแวดล้อมและประชาชน คือ ต้องลดมลพิษจากแหล่งกำเนิด เช่น รมรงค์ให้ประชาชนเลือกใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษน้อยที่สุด ตรวจสอบระบบบำบัดมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดมาตรฐานการระบายสารมลพิษของโรงงานอุตสาหกรรมที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนน้อยที่สุด 4) ผลการศึกษาสะท้อนความสำคัญของหน่วยงานบริการสุขภาพภาครัฐในพื้นที่จังหวัดสงขลาทุกระดับ ดังนั้น โรงพยาบาลในพื้นที่ต้องมีแผนรองรับและดูแลให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วย เช่น ต้องมีความพร้อมทั้งแพทย์เฉพาะทาง มีแนวทางในการรักษา มียารักษาที่เบิกจ่ายได้ทุกสิทธิประกันสุขภาพ เนื่องจากผู้ป่วยอาจไปที่โรงพยาบาลขนาดเล็กในหมู่บ้านใกล้ๆ ซึ่งอาจไม่มีแพทย์เฉพาะทาง ไม่มีแนวทางการรักษา หรือ ยาสุดพ่นชนิดสเตียรอยด์ให้บริการ และผู้ป่วยหืดส่วนใหญ่จะมาโรงพยาบาลเมื่อมีการกำเริบรุนแรง ซึ่งเป็นการเข้ารับการรักษาแบบฉุกเฉินจึงมักได้พบแพทย์เวชปฏิบัติทั่วไปหรือพยาบาลแทน

ข้อเสนอแนะภาคประชาชนในพื้นที่ มีดังนี้ 1) ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรียที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนั้น ที่อยู่อาศัยสำหรับผู้ป่วยโรคหืดควรติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้นภายในอาคาร เพื่อ

ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมความชื้นได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถควบคุมโรคหืดได้เช่นเดียวกัน 2) เด็ก สตรี และผู้สูงอายุ มักเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงที่จะได้รับผลกระทบ ดังนั้น ควรระมัดระวังหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีกลุ่มควันเยอะอย่างบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น แหล่งโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทุกครั้งที่อยู่จากบ้านควรสวมหน้ากากอนามัย และควรหลีกเลี่ยงการอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสูงเป็นเวลานาน 3) ผู้ป่วยโรคหืด ควรศึกษาสภาพภูมิอากาศก่อนออกจากบ้าน เนื่องจากสภาพอากาศที่เย็นหรือแห้งเกินไปเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดอาการหอบหืดกำเริบได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนบัณฑิตศึกษา และขอขอบคุณกรมควบคุมมลพิษ กรมอุตุนิยมวิทยา และสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณสถานวิจัยการควบคุมโรคมะเร็งในประเทศไทย (MEDRC5936) และโครงการ "ระบบบริการสุขภาพที่เหมาะสมกับบริบทเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมเพื่อการพัฒนาพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย" ภายใต้แผนบูรณาการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2562 (MED6201007S) ที่สนับสนุนอย่างต่อเนื่องตลอดการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กองยุทธศาสตร์และแผนงาน (Strategy and Planning Division [SPD]). (ม.ป.ป.). สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข. สืบค้น 27 มิถุนายน 2019, จาก http://bps.moph.go.th/new_bps/สรุปรายงานการป่วย
- ทิพย์มงคลกุล, ม., & Tipayamongkhogul, M. (2555). ระบาดวิทยาภูมิศาสตร์ในงานสาธารณสุข. สืบค้น จาก <http://repository.li.mahidol.ac.th/dspace/handle/123456789/2457>
- พงศ์เทพ วิวรรณะเดช, มยุรา วิวรรณะเดช, & พัทรินทร์ ปินตา. (2551). โครงการจัดตั้งศูนย์ประสานข้อมูลปัญหามลพิษทางอากาศภาคเหนือ | Open Data ศูนย์ข้อมูลหมอกควัน. สืบค้น 27 มิถุนายน 2019, จาก https://www.cmuccdc.org/opendata/research_detail/22
- ลิ้มปเสนีย์, ว. (2543). มลภาวะอากาศ / (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมาคมสภาองค์กรโรคหืดแห่งประเทศไทย (Thai Asthma Council [TAC]). (2560). แนวทางการวินิจฉัยและรักษาโรคหืดในประเทศไทยสำหรับผู้ใหญ่ พ.ศ.2560.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา. (ม.ป.ป.). ระบบรายงานสาธารณสุขข้อมูลผู้ป่วยนอกจังหวัดสงขลา (43 แฟ้ม). สืบค้น 27 มิถุนายน 2019, จาก <https://www.skho.moph.go.th/dataservice/>
- สินัด ตีวรรณไชย, ปิพิชญา แซ่ลิ้ม, & กฤตยา สังข์เกษม. (2557). สถานการณ์ความเป็นเมืองของภาคใต้และจังหวัดสงขลา. Data & Analytics. สืบค้น จาก https://www.slideshare.net/FURD_RSU/report-final-39546019
- Bauer, B. A., Reed, C. E., Yunginger, J. W., Wollan, P. C., & Silverstein, M. D. (1997). Incidence and outcomes of asthma in the elderly. A population-based study in Rochester, Minnesota. *Chest*, 111(2), 303–310.
- Boonsawat, W., Charoenphan, P., Kiatboonsri, S., Wongtim, S., Viriyachaiyo, V., Pothirat, C., & Thanomsieng, N. (2004).

-
- Survey of asthma control in Thailand. *Respirology* (Carlton, Vic.), 9(3), 373–378.
- Boonsawat, W., Thompson, P. J., Zaeoui, U., Samosorn, C., Acar, G., Faruqi, R., & Poonnoi, P. (2015). Survey of asthma management in Thailand - the asthma insight and management study. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology*, 33(1), 14–20.
- Braman SS, Hanania NA. Asthma in older adults. *Clin Chest Med*. 2007;28:685-702.
- Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *Lancet* (London, England), 360(9341), 1233–1242.
- Canova, C., Torresan, S., Simonato, L., Scapellato, M. L., Tessari, R., Visentin, A., ... Maestrelli, P. (2010). Carbon monoxide pollution is associated with decreased lung function in asthmatic adults. *The European Respiratory Journal*, 35(2), 266–272.
- Cohen, S., Janicki-Deverts, D., Turner, R. B., Marsland, A. L., Casselbrant, M. L., Li-Korotky, H.-S., ... Doyle, W. J. (2013). Childhood socioeconomic status, telomere length, and susceptibility to upper respiratory infection. *Brain, Behavior, and Immunity*, 34, 31–38.
- D’Amato, G., Cecchi, L., D’Amato, M., & Liccardi, G. (2010). Urban air pollution and climate change as environmental risk factors of respiratory allergy: An update. *Journal of Investigational Allergology & Clinical Immunology*, 20(2), 95–102; quiz following 102.
- D’Amato, G., Liccardi, G., D’Amato, M., & Cazzola, M. (2002). Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma. *The European Respiratory Journal*, 20(3), 763–776.
- D’Amato, M., Molino, A., Calabrese, G., Cecchi, L., Annesi-Maesano, I., & D’Amato, G. (2018). The impact of cold on the respiratory tract and its consequences to respiratory health. *Clinical and Translational Allergy*, 8(1), 20.
- Ehelepola, N. D. B., Ariyaratne, K., & Jayaratne, A. (2018). The association between local meteorological changes and exacerbation of acute wheezing in Kandy, Sri Lanka. *Global Health Action*, 11(1), 1482998.
- Etemadi, M. R., Othman, N., Savolainen-Kopra, C., Sekawi, Z., Wahab, N., & Sann, L. M. (2013). Biodiversity and clinico-demographic characteristics of human rhinoviruses from hospitalized children with acute lower respiratory tract infections in Malaysia. *Journal of Clinical Virology: The Official Publication of the Pan American Society for Clinical Virology*, 58(4), 671–677.
- Gao, J., Sun, Y., Lu, Y., & Li, L. (2014). Impact of Ambient Humidity on Child Health: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 9(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112508>
- Guy Marks, Neil Pearce, David Strachan, & Innes Asher. (2014). The Global Asthma Report 2014. สืบค้น 27 มิถุนายน 2019, จาก <http://www.globalasthmareport.org/2014/burden/burden.php>
- Humphreys, M., Nicol, F., Roaf, S., & Sykes, O. (2015). Standards for Thermal Comfort: Indoor Air Temperature Standards for the 21st Century. Routledge.
- Jing, S., Li, B., Tan, M., & Liu, H. (2013). Impact of Relative Humidity on Thermal Comfort in a Warm Environment. *Indoor*

-
- and Built Environment, 22, 598–607.
- Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A., Monopolis, Y., ... Schwartz, J. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: Results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 12(5), 521–531.
- Keselman, A., Fang, X., White, P. B., & Heller, N. M. (2017). Estrogen Signaling Contributes to Sex Differences in Macrophage Polarization during Asthma. *Journal of Immunology (Baltimore, Md.: 1950)*, 199(5), 1573–1583.
- Linsuwanon, P., Puenpa, J., Suwannakarn, K., Auksornkitti, V., Vichi Wattana, P., Korkong, S., ... Poovorawan, Y. (2012). Molecular Epidemiology and Evolution of Human Enterovirus Serotype 68 in Thailand, 2006–2011. *PLOS ONE*, 7(5), e35190.
- Lokken, R. P., Wellenius, G. A., Coull, B. A., Burger, M. R., Schlaug, G., Suh, H. H., & Mittleman, M. A. (2009). Air pollution and risk of stroke: Underestimation of effect due to misclassification of time of event onset. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 20(1), 137–142.
- Majid, H., & Sharafkhaneh, A. (2011). The Pharmacotherapy of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Elderly: An Update. *Clinical Medicine Insights: Therapeutics*, 3, CMT.S3408.
- Mirabelli, M. C., Beavers, S. F., Chatterjee, A. B., & Moorman, J. E. (2013). Age at asthma onset and subsequent asthma outcomes among adults with active asthma. *Respiratory Medicine*, 107(12), 1829–1836.
- Moorman, J. E., Akinbami, L. J., Bailey, C. M., Zahran, H. S., King, M. E., Johnson, C. A., & Liu, X. (2012). National surveillance of asthma: United States, 2001–2010. *Vital & Health Statistics. Series 3, Analytical and Epidemiological Studies*, (35), 1–58.
- Pentamwa, P., & Oanh, N. T. (2008). Air quality in Southern Thailand during haze episode in relation to air mass trajectory. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 30, 539–546.
- Pongpiachan, S. (2015). Hospital out-and-in-patients as Functions of Trace Gaseous Species and Other Meteorological Parameters in Chiang-Mai, Thailand. *Aerosol and Air Quality Research*, 15.
- Sabbah, I. (2014). Influence of Air Quality Conditions on Asthmatic Patient Visits in Kuwait. *journal Allergy & Therapy*, 05.
- Taylor, E., & McMillan, A. (2013). *Air Quality Management: Canadian Perspectives on a Global Issue*. Springer Science & Business Media.
- To, T., Dell, S., Dick, P. T., Cicutto, L., Harris, J. K., MacLusky, I. B., & Tassoudji, M. (2006). Case verification of children with asthma in Ontario. *Pediatric Allergy and Immunology: Official Publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology*, 17(1), 69–76.
- Valença, L. M., Restivo, P. C. N., & Nunes, M. S. (2006). Seasonal variations in emergency room visits for asthma attacks in Gama, Brazil. *Jornal Brasileiro De Pneumologia: Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira De Pneumologia E Tisiologia*, 32(4), 284–289.

- Verma, S., & Desai, B. (2008). Effect of Meteorological Conditions on Air Pollution of Surat City.
- Wang, J., Mochizuki, H., Muramatsu, R., Mizuno, T., Arakawa, H., Tokuyama, K., & Morikawa, A. (2006). Effect of aging on the relationship between asthma severity and bronchial hyperresponsiveness in children with asthma. *The Journal of Asthma: Official Journal of the Association for the Care of Asthma*, 43(8), 607–612.
- World Health Organization [WHO]. (ม.ป.ป.). WHO | Chronic respiratory diseases (CRDs). สืบค้น 27 มิถุนายน 2019, จาก WHO website: <http://www.who.int/respiratory/en/>
- Wu, L., & Wang, R. (2005). Carbon monoxide: Endogenous production, physiological functions, and pharmacological applications. *Pharmacological Reviews*, 57(4), 585–630.
- Yadav, A. K., Kumar, K., Kasim, A. M. bin H. A., Singh, M. P., Parida, S. K., & Sharan, M. (2003). Visibility and Incidence of Respiratory Diseases During the 1998 Haze Episode in Brunei Darussalam. *Pure and Applied Geophysics*, 160(1), 265–277.
- Zillmer, L. R., Gazzotti, M. R., Nascimento, O. A., Montealegre, F., Fish, J., & Jardim, J. R. (2014). Gender differences in the perception of asthma and respiratory symptoms in a population sample of asthma patients in four Brazilian cities. *Jornal Brasileiro De Pneumologia: Publicacao Oficial Da Sociedade Brasileira De Pneumologia E Tisiologia*, 40(6), 591–598.