รายงานการวิจัย

โครงการการวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์ผังการไหล และจัดทำระบบฐานข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย

Material Flow Analysis and Material Flow Account Database for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and Municipal Hazardous Waste Management in Thailand

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2562

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2563

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์ผังการไหล และจัดทำระบบฐานข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2562 อีกทั้งได้รับการสนันสนุนข้อมูล/ประชุมกลุ่มย่อย องค์ความรู้จากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างต่อเนื่อง ที่ทำให้ดำเนินงานได้อย่างราบรื่น ได้แก่ ผู้สนับสนุนข้อมูล สำนักงานสถิติแห่งชาติ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมศุลกากร สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สภาอุตสาหกรรมกลุ่มผู้ประกอบการเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรนิกส์ กรมอนามัย การไฟฟ้านครหลวง มูลนิธิเพื่อการพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ รวมทั้งผู้ประกอบการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ให้ความเห็นในงานประชุมกลุ่มย่อย ได้แก่ ที่ได้ให้ความเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานและการจัดทำผังการไหลที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ทางโครงการยังได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยเครือข่าย ได้แก่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ทำให้การเก็บข้อมูลแบบสอบถามครัวเรือนทั่วประเทศได้อย่างทั่วถึง และมหาวิทยาลัยสวนดุสิต (สวนดุสิตโพล) ที่ช่วยทางโครงการในการแนะนำการเก็บข้อมูล การออกแบบแบบสอบถาม และการวิเคราะห์แบบสอบถาม นอกจากนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผู้ประกอบกิจการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทศบาลตำบลบ้านกอก รวมถึงอาสาสมัครชุมชนและผู้ประกอบกิจการคัดแยกชุมชน ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับสนับสนุนงานวิจัยนี้ ทางโครงการจึงขอขอบพระคุณผู้สนับสนุน ที่ปรึกษา ทีมวิจัยโครงการย่อยอื่นๆ และศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย ที่ได้สนับสนุนโครงการวิจัยมา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

มีนาคม 2563

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลให้ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การจัดการยังขาดแคลนข้อมูลที่จำเป็น เพื่อให้เข้าใจถึงสถานการณ์ในปัจจุบัน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์ของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 การจัดทำผังการไหลที่สมบูรณ์ของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต และของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ และถ่านไฟฉาย โดยใช้วิธี Consumption use model ในการคาดการณ์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพบว่า มาจากภาคองค์กร 290,435.63 ± 25,512.16 ตัน/ปี และมาจากครัวเรือน 386,298.85 ± 26,557.56 ตัน/ปี ซึ่งซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะถูกนำไปจัดการโดยชุมชน (ร้อยละ 53.57) รองลงมาคือโรงงานอุตสาหกรรม (ร้อยละ 28.74) และมีส่วนหนึ่งไม่ได้มีการจัดการ (ร้อยละ 17.69) เมื่อพิจารณาถึงสิ่งที่ได้จากการคัดแยก พบว่า ส่วนที่ได้มากที่สุด คือ โลหะ (ร้อยละ 57.99) รองลงมา คือ อโลหะ (ร้อยละ 30.54) และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ร้อยละ 3.25) และมีส่วนที่ไม่สามารถแยกชนิดได้ คิดเป็นร้อยละ 8.22 เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากผังการไหลมาคาดการณ์การสะสมของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หากมีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมด้วย SimpleBox model พบว่า โลหะหนักส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในดิน และเมื่อประเมินความเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักจากการรีไซเคิลแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พบว่าเครื่องปรับอากาศมีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณมากที่สุด และจากการประเมินมูลค่าที่ได้ร่วมกับความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่า แผงวงจรโทรศัพท์และคอมพิวเตอร์จะมีศักยภาพในการนำมารีไซเคิลสูง เนื่องจากมีองค์ประกอบที่มีค่าอยู่มาก ในขณะที่จากการศึกษาผังการไหลของเสียอันตรายชุมชน พบว่า มีปริมาณหลอดไฟจากภาคองค์กรและครัวเรือน 35,949.51 ± 485.31 ตัน /ปี และ 26,920.07 ± 363.42 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนถ่านไฟฉายจากภาคองค์กรและครัวเรือนมีปริมาณ 232.21 ± 3.13 ตัน/ปี และ 1,240.30 ± 16.74 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าของเสียอันตรายชุมชนทั้งสองชนิดถูกทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด จากข้อมูลที่ได้ทั้งหมดได้นำมาจัดทำระบบฐานข้อมูล (smartform.net/WEEE) เพื่อให้มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รวมทั้งสามารถติดตามและปรับปรุงข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและเป็นปัจจุบัน โดยผู้ที่สนใจสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อจำลองผังการไหลของตนเองได้

คำสำคัญ (Keyword) ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ของเสียอันตรายชุมชน การประเมินความเสี่ยง ระบบฐานข้อมูล ผังการไหล การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

Abstract

Rapid technological change results in high volume of waste from electrical and electronic equipment (WEEE) and municipal hazardous waste but data for the management are deficient. Thus, this study aims to assess the situation of WEEE and municipal hazardous waste in Thailand in 2019. The completed material flow of 7 types of WEEE (television, refrigerator, air conditioner, washing machine, personal computer, notebook, and mobile phone/tablet) and 2 types of municipal hazardous waste (light bulb and battery) were done by using consumption use model. The results indicated that WEEE was generated from organization 290,435.63 ± 25,512.16 ton/year and from household 386,298.85 ± 26,557.56 ton/year. Moreover, most of WEEE was managed by informal sector (53.57%), then formal sector (28.74%) and some did not have any management (17.69%). The highest volume of dismantled product was metal (57.99%), then non-metal (30.54%), printed circuit boards or PCB (3.25%) and others (8.22%). Data from material flow were input in SimpleBox model to predict the accumulation in environment of heavy metals, which are the components in WEEE. As a result, the majority of heavy metals will be accumulated in soil. Considering the health risk from heavy metals from the recycle process of PCB in WEEE, air conditioner had a highest risk due to its largest volume. By evaluating each WEEE using value and health risk, PCB from mobile phone/tablet and computer had high potential to recycle due to large amount of valuable compositions. Furthermore, material flow of studied municipal hazardous waste showed that light bulb volumes from organization and household were 35,949.51 ± 485.31 ton/year and 26,920.07 ± 363.42 ton/year, respectively. And, volumes of battery from organization and household were 232.21 ± 3.13 ton/year and 1,240.30 ± 16.74 ton/year, respectively. It was also found that all of these municipal hazardous wastes were discarded with municipal waste. Finally, the entire data were used to establish the material flow account database (smartform.net/WEEE) in order to get systematical data collection, and also enable continuous and up-to-date in monitoring and data improvement. In addition, this database allows users to change data to obtain their own material flow.

Keyword Waste from electrical and electronic equipment, Municiple hazardous waste, Risk assessment, Database, Material flow analysis, WEEE management of Thailand

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผล 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความหมายและประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ 4

2.2 ความสำคัญของการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ 5

2.3 กระบวนการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด 7

2.4 กระบวนการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ 16

2.5 การทำผังการไหล (Material Flow Analysis) 17

2.6 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ผังการไหล (Material Flow Analysis) 20

2.7 ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ผังการไหล (Material Flow Analysis) 21

2.8 กระบวนการประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ 21

2.9 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล 23

2.10 การประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม 26

2.11 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/การจัดลำดับความสำคัญ 27

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย 31

3.1 สมมติฐานและแนวคิดการวิจัย 31

3.2 ขั้นตอนในการศึกษาของโครงการ 31

บทที่ 4 ผลการวิจัย 38

4.1 ผลการศึกษาผังการไหล 38

4.2 การประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับความสำคัญของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย 64

4.3 กรณีศึกษา: ชุมชนคัดแยกขยะ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี 69

บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล 84

5.1 ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562 84

5.2 การนำข้อมูลจากผังการไหลมาใช้ประโยชน์ 85

5.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ 86

5.4 กรณีศึกษา: ชุมชนคัดแยกขยะ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี 96

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 100

6.1 สรุปผลการวิจัย 100

6.2 ข้อเสนอแนะต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง 102

บรรณานุกรม 104

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล 25

ตารางที่ 2-2 สัดส่วนของโลหะในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมจาก SimpleBox 4.0 26

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบของโลหะในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และค่า RfC 27

ตารางที่ 2-4 ค่ามาตรฐานโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท 29

ตารางที่ 3-1 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บแบบสอบถาม 34

ตารางที่ 4-1 ผลการสำรวจโรงงานจำนวน 10 แห่ง 45

ตารางที่ 4-2 ผลการสำรวจชุมชน 46

ตารางที่ 4-3 สัดส่วนองค์ประกอบของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด 49

ตารางที่ 4-4 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนจำแนกตามช่วงรายได้ 50

ตารางที่ 4-5 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนที่ประเมินได้ 52

ตารางที่ 4-6 จำนวนตัวอย่างปริมาณตัวอย่างและประเภทขององค์กร 52

ตารางที่ 4-7 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กรที่ประเมินได้ 53

ตารางที่ 4-8 ปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม 68

ตารางที่ 4-9 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณผู้ประกอบการคัดแยก ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี 69

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในพื้นที่ประกอบกิจการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ 72

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในพื้นที่รอบๆ บริเวณประกอบกิจการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ . 73

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2-1 ร่างผังการไหลของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศสวิตเซอร์แลนด์ 6

รูปที่ 2-2 กระบวนการรีไซเคิลโทรทัศน์และจอ CRT ที่ไม่ใช้แล้ว 7

รูปที่ 2-3 กระบวนการรีไซเคิลโทรทัศน์จอ LCD 8

รูปที่ 2-4 กระบวนการรีไซเคิลตู้เย็นที่ไม่ใช้แล้ว 9

รูปที่ 2-5 กระบวนการรีไซเคิลเครื่องซักผ้าที่ไม่ใช้แล้ว 10

รูปที่ 2-6 กระบวนการรีไซเคิลเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้ว 11

รูปที่ 2-7 กระบวนการรีไซเคิล PCB ที่ไม่ใช้แล้ว 12

รูปที่ 2-8 กระบวนการรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือที่ไม่ใช้แล้ว 13

รูปที่ 2-9 กระบวนการรีไซเคิลของวัสดุในโทรศัพท์มือถือ 14

รูปที่ 2-10 กระบวนการหลอมและพลังงานที่ใช้สำหรับโทรศัพท์มือถือ 1 ตัน 14

รูปที่ 2-11 กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศญี่ปุ่น 15

รูปที่ 2-12 กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศไทย 15

รูปที่ 2-13 เส้นทางการเดินทางและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ 18

รูปที่ 2-14 ผังการไหลของการจัดการคอมพิวเตอร์ในเมือง Lagos ประเทศไนจีเรีย 19

รูปที่ 2-15 ผังการไหลของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยปี 2561 20

รูปที่ 2-16 ประโยชน์ของการทำผังการไหล 21

รูปที่ 3-1 แนวคิดในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม “Leverage of Change Model” 31

รูปที่ 3-2 ภาพรวมของการศึกษาโครงการ 31

รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด 32

รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับรายได้ต่อครัวเรือน 39

รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับอาชีพ 40

รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับระดับการศึกษา.. 41

รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 42

รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับภูมิภาค 43

รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในบ้าน 44

รูปที่ 4-7 จำนวนรายได้ต่อครัวเรือนแยกตามรายจังหวัด 50

รูปที่ 4-8 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิดแยกตามรายจังหวัด 51

รูปที่ 4-9 ปริมาณของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิดแยกตามรายจังหวัด 51

รูปที่ 4-10 ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 54

รูปที่ 4-11 ผังการไหลการจัดการซากโทรทัศน์จอตู้ (CRT television) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 55

รูปที่ 4-12 ผังการไหลการจัดการซากโทรทัศน์จอแบน (Flat television) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 56

รูปที่ 4-13 ผังการไหลการจัดการซากตู้เย็น (Refrigerator) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 57

รูปที่ 4-14 ผังการไหลการจัดการซากเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 58

รูปที่ 4-15 ผังการไหลการจัดการซากเครื่องซักผ้า (Washing machine) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 59

รูปที่ 4-16 ผังการไหลการจัดการซากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Personal computer) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 60

รูปที่ 4-17 ผังการไหลการจัดการซากคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก (Notebook) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 .. 61

รูปที่ 4-18 ผังการไหลการจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ต (Mobile phone/tablet) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 62

รูปที่ 4-19 ผังการไหลการจัดการซากหลอดไฟของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 63

รูปที่ 4-20 ผังการไหลการจัดการซากแบตเตอรี่ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 64

รูปที่ 4-21 รูปจากฐานข้อมูลแสดงปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม 65

รูปที่ 4-22 จุดเก็บตัวอย่าง ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี 70

รูปที่ 4-23 จุดเก็บตัวอย่าง ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี (ภาพถ่ายดาวเทียม) 71

รูปที่ 4-24 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในดินจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 74

รูปที่ 4-25 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในดินจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 74

รูปที่ 4-26 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในน้ำจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 75

รูปที่ 4-27 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในน้ำจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 75

รูปที่ 4-28 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในพืชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 76

รูปที่ 4-29 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในพืชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 76

รูปที่ 4-30 ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ในตัวอย่างต่างๆ 78

รูปที่ 4-31 ความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างต่างๆ 79

รูปที่ 4-32 ความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างต่างๆ 80

รูปที่ 4-33 ความเข้มข้นของสารหนู (As) ในตัวอย่างต่างๆ 81

รูปที่ 4-34 ความเข้มข้นของปรอท (Hg) ในตัวอย่างต่างๆ 82

รูปที่ 5-1 ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 (ไม่รวม Stock) 87

รูปที่ 5-2 สัดส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด 87

รูปที่ 5-3 ปริมาณแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562 88

รูปที่ 5-4 มูลค่าของขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย (บาท/ตัน WEEE) 89

รูปที่ 5-5 มูลค่าของวัตถุมีค่าทั้งหมดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในปี 2562 89

รูปที่ 5-6 มูลค่าทั้งหมดของ PCB ต่อตันขยะอิเล็กทรอนิกส์ (บาท/ตัน WEEE) 90

รูปที่ 5-7 มูลค่ารวมทั้งหมดของขยะอิเล็กทรอนิกส์จากการถอดคัดแยกด้วยมือของ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu) (บาท/ตัน WEEE) 91

รูปที่ 5-8 มูลค่าทั้งหมดของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด (บาท) 92

รูปที่ 5-9 มูลค่าทั้งหมดของโลหะที่ได้จากการถอดแยกด้วยมือ 92

รูปที่ 5-10 ความเสี่ยงสูงสุดที่อาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (DPHI) 93

รูปที่ 5-11 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เทียบกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น (Value/DPHI) 95

รูปที่ 5-12 การเผาสายไฟของชาวบ้านในชุมชน 97

รูปที่ 5-13 แบบประเมินอย่างง่ายเพื่อให้ผู้ประกอบกิจการหรือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้ประเมินตนเองได้ในฐานข้อมูล 99

List of Abbreviations

WEEE	Waste from Electrical and Electronic Equipment	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ หรือซากผลิตภัณฑ์ฯ
E-waste	Electronic waste	ขยะอิเล็กทรอนิกส์
HZW	Hazardous waste	ขยะอันตราย
RfC	Inhalation reference concentration	ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศที่สามารถสัมผัสทางการหายใจเข้าได้ทุกวันตลอดช่วงชีวิต
DPHI	Normalized potential harm indicator	ค่าความเสี่ยงที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ
MFA	Material flow analysis	ผังการไหล
CV	Coefficient of variation	สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน
SD	Standard deviation	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 1 บทนำ

โครงการ **(ภาษาไทย)** โครงการการวิจัยเพื่อศึกษาวิเคราะห์ผังการไหล และจัดทำระบบฐานข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย

(ภาษาอังกฤษ) Material Flow Analysis and Material Flow Account Database for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and Municipal Hazardous Waste Management in Thailand

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2562 **จำนวน** 4,000,000.00 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี **เริ่มทำการวิจัยเมื่อ** กุมภาพันธ์ 2562 ถึง กุมภาพันธ์ 2563

หัวหน้าโครงการ ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา

หน่วยงาน ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เบอร์โทรศัพท์ 02 218 3954 **อีเมล์** jirdsak.t@eng.chula.ac.th

1.1 หลักการและเหตุผล

ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีปริมาณสูงขึ้นตามปริมาณการบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่สูงขึ้นในปัจจุบัน จากสถานการณ์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2559 ประมาณ 393,070 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) โดยในองค์ประกอบของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีส่วนประกอบของโลหะหนักที่เป็นอันตราย หากมีการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม อาจก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อธรรมชาติและขสุขภาพอนามัยของประชาชน

ปัจจุบันมีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ด้วยกระบวนการคัดแยกและรีไซเคิล เนื่องจากในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีโลหะหนักที่สามารถรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่ กระบวนการรีไซเคิลซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จะได้โลหะที่มีมูลค่า เช่น ทองแดง เหล็ก ซิลิกอน นิกเกิล และทองคำ จึงมีการรับกำจัดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั้งในระดับโรงงานอุตสาหกรรมและระดับชุมชน ขณะเดียวกันในซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นี้ มีองค์ประกอบของ สารอันตราย เช่น ปรอท ตะกั่ว ฯลฯ ในกรณีที่มาการจัดการที่ไม่ถูกต้อง สารอันตรายเหล่านี้อาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม แล้วก่อให้เกิดความเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ ดังนั้นการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นประเด็นที่ทุกภาคส่วนตระหนักและห่วงกังวลด้วยสถานการณ์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มมากขึ้น

นอกจากจะมีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในประเทศ ยังมีการรับซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศเข้ามาจัดการในประเทศไทย เนื่องด้วยประเทศจีนที่เคยรับกำจัดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากทั่วโลกได้มีการยกเลิกการนำซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาจัดการ จึงทำให้ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เหล่านี้ บางส่วนถูกส่งเข้ามายังประเทศไทย จากสถิตินำเข้าซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณการนำเข้า 64,436.71 ตัน และในปี พ.ศ. 2561 ตั้งแต่เดือนมกราคม - พฤษภาคม พบว่ามีปริมาณการนำเข้าจำนวน 52,221.46 ตัน (กรมศุลกากร, 2561) แม้ว่าในปัจจุบัน มติคณะรัฐมนตรีมีการออกประกาศมาตรการในการจัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์นำเข้าตั้งแต่วันที่ 6 กรกฎาคม 2561 แต่มาตรการสามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ อีกทั้งปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในประเทศมีปริมาณมากกว่าที่นำเข้า จึงควรมีมาตรการในการจัดการอย่างเหมาะสม (พลวุฒิ, 2561)

ทั้งนี้ในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการข้อมูลและเข้าใจถึงภาพรวมเชิงปริมาณของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั้งในระดับผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบที่สำคัญในเส้นทางต่างๆ ของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เกิดการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อให้มองเห็นสภาพปัญหาอย่างเป็นองค์รวมและแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุดมากขึ้น อีกทั้งปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีการนำแนวคิดการทำระบบฐานข้อมูลมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการติดตามตรวจสอบข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงเป็นการจัดทำผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ในระดับผลิตภัณฑ์และองค์ประกอบที่สำคัญ สำหรับการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ทั้งระบบเพื่อนำไปสู่การประเมินศักยภาพในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ผลของเทคโนโลยี ประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเสี่ยงที่เกิดขึ้น รวมถึงการทำระบบฐานข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์ข้อมูลปริมาณซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถคาดการณ์ปริมาณได้อย่างต่อเนื่อง นำไปสู่การกำหนดนโยบายสำหรับป้องกันและรับมือกับปัญหาได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อจัดทำผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทยในระดับผลิตภัณฑ์ และองค์ประกอบที่สำคัญ

1.2.2 เพื่อจัดทำเกณฑ์ และประเมินความสำคัญของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนแต่ละชนิด

1.2.3 เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูลที่จะทำให้มีการแลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์จากข้อมูลอย่างเป็นระบบ

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่หมดอายุการใช้งาน หรือไม่ต้องการใช้งานอีกต่อไป เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้ผู้บริโภคเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บ่อยครั้งขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องมีการจัดการอย่างถูกหลักวิชาการต่อไป เนื่องจากชิ้นส่วนของอุปกรณ์เหล่านั้น มีความเป็นพิษและไม่สามารถย่อยสลายเองตามธรรมชาติได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร ปริ้นเตอร์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เป็นต้น (กรมอนามัย, 2558)

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic waste หรือ E-waste) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่หมดอายุการใช้งานหรือที่เราไม่ต้องการแล้ว กรมควบคุมมลพิษเลือกที่จะใช้คำว่า “ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์” (Waste Electrical and Electronic Equipment หรือ WEEE) ตามคำศัพท์ทางกฎหมายของสหภาพยุโรป (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

ในวารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา ปีที่ 3 ฉบับที่ 6 กรกฎาคม - ธันวาคม 2556 ขยะอิเล็กทรอนิกส์หรือ อีเวสต์ (E-waste) เป็นของเสียที่เกิดจากการใช้งานระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งประกอบด้วย เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสียหรือไม่มีคนต้องการแล้ว (ประทีป, 2556)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ให้ความหมาย ขยะอิเล็กทรอนิกส์ หรือ e-waste เป็นขยะอีกชนิดหนึ่งที่ไม่สามารถย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่ไม่ใช้แล้วในชีวิตประจำวัน เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ แบตเตอร์รี่ และโทรศัพท์มือถือ ขยะเหล่านี้เป็นขยะที่อันตรายอาจจะมีสารเคมีรั่วไหลจนก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมได้ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2554)

สำหรับในต่างประเทศได้ให้ความหมายของขยะอิเล็กทรอนิกส์หรือซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คือ ชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Equipment: EEE) รวมถึงชิ้นส่วนและองค์ประกอบที่เจ้าของไม่ต้องการและไม่ถูกนำไปใช้ซ้ำอีกครั้ง (Baldé et al., 2017) สามารถแบ่งประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature exchange equipment) เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

2. จอภาพ และมอนิเตอร์ (Screens and Monitors) เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก แท็บเล็ต เป็นต้น
3. หลอดไฟ (Lamp) ประเภทต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent lamps) high intensity discharge lamps และ LED lamps เป็นต้น
4. อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Large equipment) เช่น เครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า เครื่องล้างจาน เตาอบ แผงวงจรโซลาร์เซลล์ เป็นต้น
5. อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small equipment) เช่น เครื่องดูดฝุ่น ไมโครเวฟ เครื่องปิ้งขนมปัง กาต้มน้ำไฟฟ้า วิทยุ กล้องถ่ายรูป เป็นต้น
6. อุปกรณ์ IT และการสื่อสารขนาดเล็ก (Small IT and telecommunication equipment) เช่น โทรศัพท์มือถือ Global Positioning Systems (GPS) หรือ pocket calculators routers เป็นต้น (Baldé et al., 2015)

2.2 ความสำคัญของการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์

การเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ในกลุ่มโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ที่ผู้บริโภคเริ่มมีค่านิยมในการเปลี่ยนเครื่องก่อนที่เครื่องเดิมจะเสื่อมสภาพลง เป็นผลนำไปสู่การเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2558) ซึ่งมีการคาดการณ์ว่า ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นทั่วโลกน่าจะมีปริมาณมากกว่า 40 ล้านตันต่อปี (Huisman et al., 2008) และมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึงร้อยละ 4 ต่อปี (Ravi, 2012) ทั้งนี้มีรายงานวิจัยที่ได้คาดการณ์ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ในต่างประเทศ ดังนี้

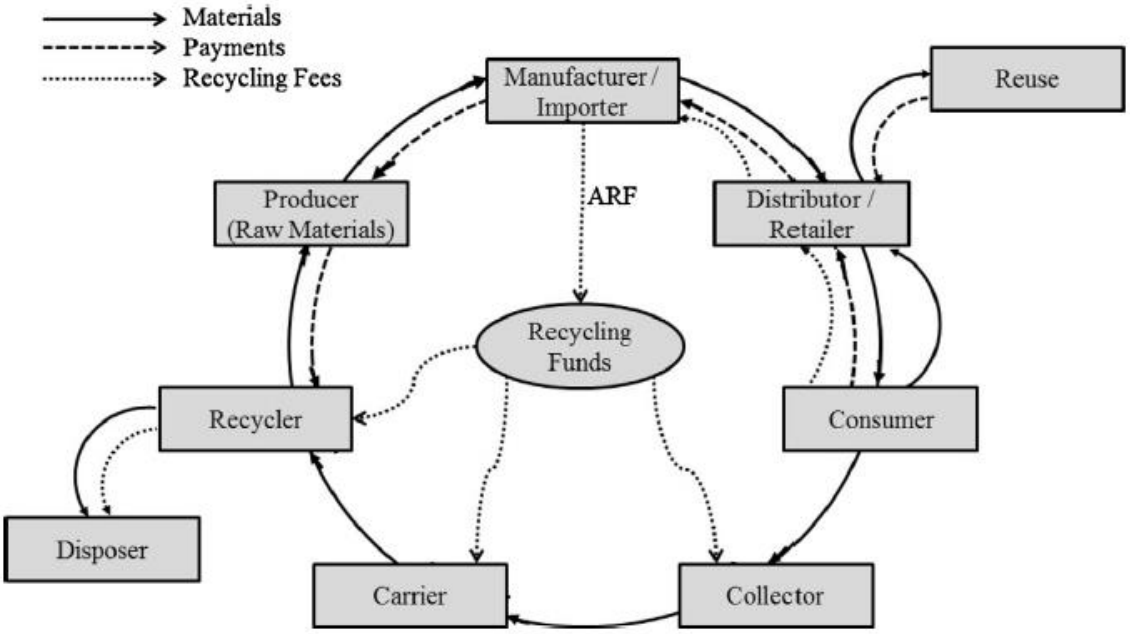
- ประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปได้ก่อให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ ประมาณ 8.3 - 9.1 ล้านตัน และด้วยอัตราการเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.5 - 2.7 ต่อปี จึงคาดการณ์ได้ว่าปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ในยุโรปจะมีจำนวนมากถึง 12.3 ล้านตัน ภายในปี พ.ศ. 2563 (EU, 2016)

- ประเทศกำลังพัฒนา มีปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นกัน ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่ยังไม่มีกฎหมายและระบบจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างถูกต้อง จึงคาดการณ์ว่าภายในปี พ.ศ. 2561 ประเทศกำลังพัฒนาจะทิ้งขยะประเภทเครื่องคอมพิวเตอร์มากกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว และจะทิ้งในปริมาณที่มากกว่าสองเท่าภายในปี พ.ศ. 2573 (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2558)

- มหาวิทยาลัยสหประชาชาติ (ยูเอ็นยู) หน่วยงานด้านการวิจัยและการศึกษาของสหประชาชาติ (ยูเอ็น) ได้รายงานเรื่องปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกในปี พ.ศ. 2557 มีตัวเลขสูงสุดที่ 41.8 ล้านตัน

มีเพียง 6.5 ล้านตัน เท่านั้นที่ถูกนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ขณะที่ปริมาณขยะเมื่อปี พ.ศ. 2556 มีเพียง 39.8 ล้านตัน และคาดว่าปริมาณจะเพิ่มสูงถึง 50 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2561 (UN, 2017)

ด้วยปริมาณที่เพิ่มขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์ จึงทำให้การจัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์กลายเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องด้วยองค์ประกอบที่เป็นอันตรายที่อยู่ภายในที่อาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมและก่อผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (Kahhat et al., 2008) อย่างไรก็ตามในซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีองค์ประกอบที่มีค่า เช่น ในอุปกรณ์สื่อสาร (ICT) เช่น แกลเลียม (Gallium) อินเดียม (Indium) แทนทาลัม (Tantalum) เป็นต้น ซึ่งเป็นโลหะหายากเป็นองค์ประกอบ (Kim et al., 2015) นอกจากนี้องค์ประกอบหลักของขยะอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วย เหล็ก ร้อยละ 37 พลาสติก ร้อยละ 22 อะลูมิเนียม ร้อยละ 12 ทองแดง ร้อยละ 11 และแก้ว ร้อยละ 7 (Vadoudi et al., 2015) ดังนั้นการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นการเพิ่มปริมาณการหมุนเวียนธาตุกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งอีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมนโยบายเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ดังรูปที่ 2-1

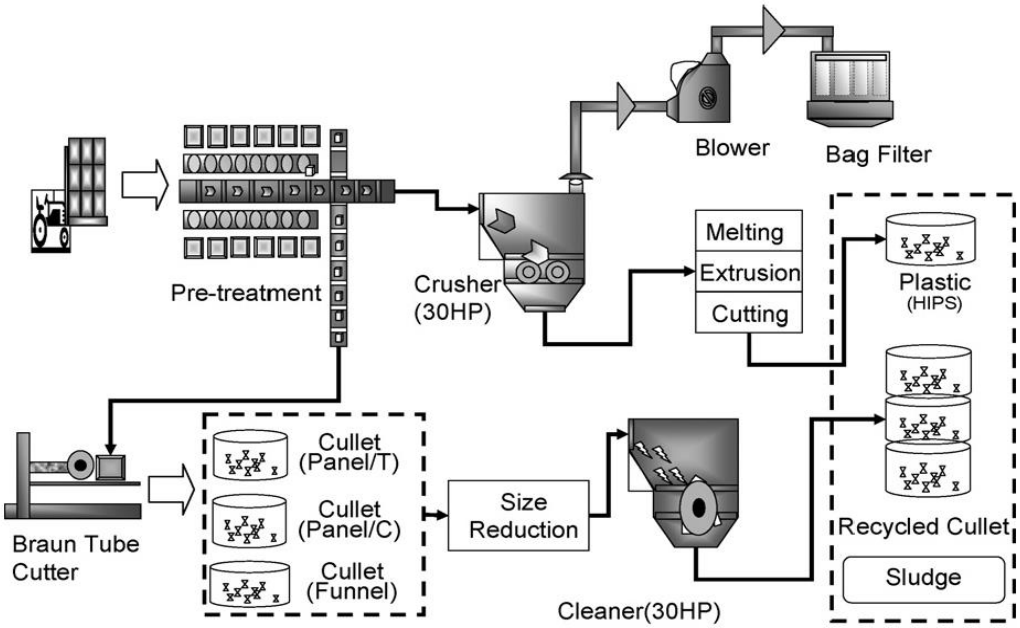


รูปที่ 2-1 ร่างผังการไหลของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศสวิตเซอร์แลนด์
(Sinha-Khertriwal et al., 2009)

2.3 กระบวนการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด

2.3.1 โทรทัศน์

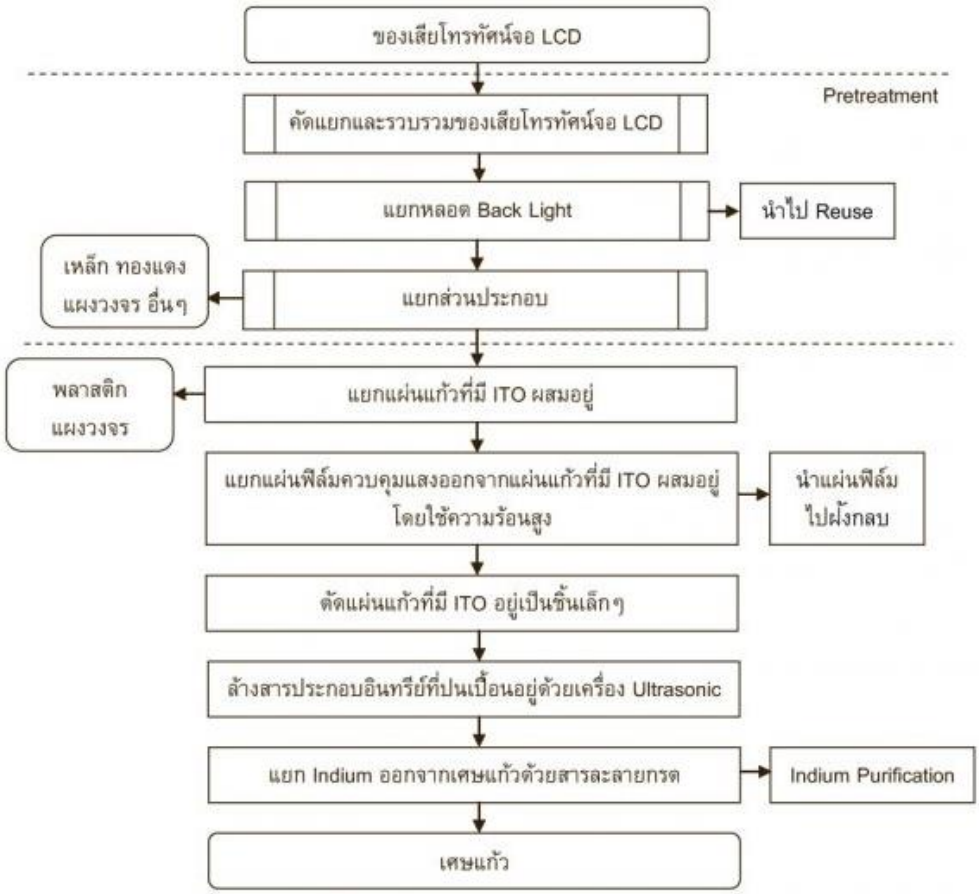
กระบวนการรีไซเคิล จอรับโทรทัศน์แบบ cathode-ray tube (CRT) ที่เป็นส่วนประกอบหลักของโทรทัศน์ (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก) และองค์ประกอบอื่นๆ เริ่มจากการคัดแยกส่วนประกอบเบื้องต้นด้วยมือ ได้แก่ จอ CRT PCB และพลาสติก (ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกชนิด High-impact polystyrene และ Acrylonitrile butadiene styrene) ไม้ และเหล็ก สำหรับพลาสติกจะถูกนำไปบดให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำไปหลอม และอัดขึ้นรูปหรือตัดเพื่อส่งไปขาย สำหรับจอ CRT สามารถจำแนกชนิดเป็น 2 ชนิด ได้แก่ Color picture tube (CPT) และ Color display tube (CDT) จากนั้นจะนำไปตัดและบดให้มีขนาดเล็กลง และกำจัดส่วนที่เป็นหน้ากาก (Shadow mask) ซึ่งเป็นแผ่นโลหะมีรูตามจุดของ Phosphor ออก นำชิ้นส่วนแยกได้ไปบดให้ขนาดเล็กลงและล้าง ส่วนแก้วที่แตกหรือถูกบดจะถูกนำมาหลอมและนำกลับมาใช้ใหม่ แสดงดังรูปที่ 2-2 สำหรับวิธีทั่วไปในการกำจัดสารเคลือบผิว สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การล้างโดยใช้แรงดันสูง การล้างด้วยกรดหรือด่าง เป็นต้น



รูปที่ 2-2 กระบวนการรีไซเคิลโทรทัศน์และจอ CRT ที่ไม่ใช้แล้ว (Lee et al., 2007)

องค์ประกอบสำคัญของจอ LCD (Liquid crystal displays) ได้แก่ โลหะที่มีส่วนประกอบของเหล็ก (ร้อยละ 47) พลาสติก (ร้อยละ 22) แหล่งกำเนิดแสง Back light (Back light module) (ร้อยละ 12) แก้วที่เคลือบฟิล์มที่มีส่วนผสมของ Indium tin oxide (ร้อยละ 7) อะลูมิเนียม (ร้อยละ 5) แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ร้อยละ 4) และตะกั่ว (ร้อยละ 3) ส่วนประกอบที่เป็นอันตราย ได้แก่ ผลึกเหลว (Liquid crystals) ซึ่งเป็น

สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) กว่า 10-20 ชนิด หลายชนิดเป็นสารอันตราย/สารก่อมะเร็ง เช่น Phenylcyclohexane, Cyclohexane, Biphenyl และ Pyrimidine นอกจากนี้ ยังมีปรอทในหลอด Back light อีกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ซึ่งการรีไซเคิลโทรทัศน์แบบ LCD/ Plasma/ LED มีขั้นตอนการรีไซเคิล ดังรูปที่ 2-3

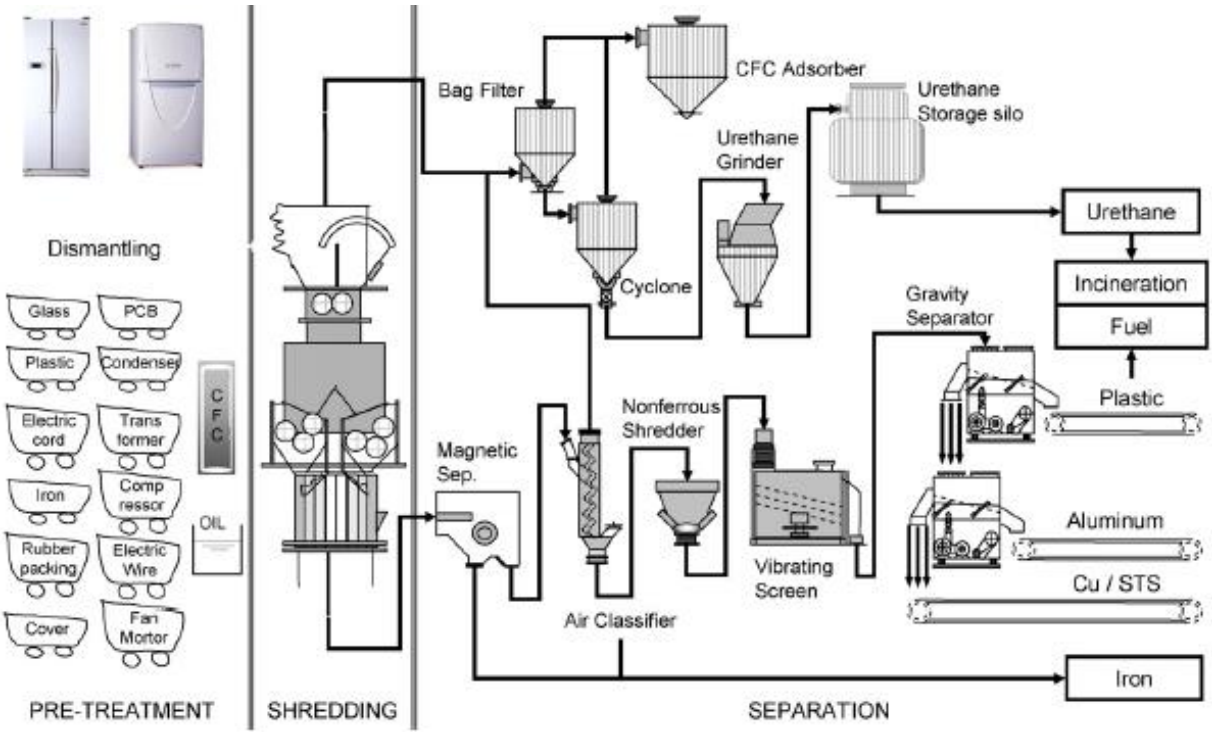


รูปที่ 2-3 กระบวนการรีไซเคิลโทรทัศน์จอ LCD (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)

2.3.2 ตู้เย็น

กระบวนการรีไซเคิลตู้เย็นมีกระบวนการหลักทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การคัดแยกชิ้นส่วนด้วยมือ 2) การบดย่อยชิ้นส่วนให้มีขนาดเล็กลง 3) การสกัดแยกและคืนสภาพยูรีเทน และ 4) การสกัดแยกและคืนสภาพส่วนที่เป็นโลหะและไม่ใช่โลหะ การคัดแยกตู้เย็นที่มีสารให้ความเย็น (CFC หรือ R12) จะต้องแยกออกมาก่อนจะทำการบด จากนั้นชิ้นส่วนหลักจะถูกนำไปผ่านกระบวนการบด โดยชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่า 70 มิลลิเมตร จะถูกบดให้มีขนาดเล็กกว่า 30 มิลลิเมตร และบดต่อไปจนได้ขนาด 19 มิลลิเมตร ในกระบวนการนี้ก่อให้เกิดฝุ่นโพลียูรีเทน (Polyurethane) ซึ่งจะถูกดักจับด้วย bag filter เมื่อชิ้นส่วนผ่าน

กระบวนการบดแล้วจะถูกส่งต่อไปที่กระบวนการแยกชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็กโดยการใช้แม่เหล็ก ในส่วนที่เป็นเหล็กจะถูกนำกลับมาใช้ใหม่และส่วนที่ไม่ใช่เหล็กจะถูกส่งไปคัดแยกผ่านตัวกรองอากาศที่ใช้สำหรับแยกยูรีเทนและโลหะอื่นๆ โดยยูรีเทนจะถูกเก็บรวบรวมอยู่ในถุงกรอง ส่วนโลหะอื่นจะถูกส่งไปกระบวนการบดให้มีขนาด 5-8 มิลลิเมตร และถูกเก็บไว้โดยแยกตามชนิด จากกระบวนการบดจะแบ่งชิ้นส่วนออกเป็น 3 ขนาด คือ 3 – 5, 5 - 8 และ มากกว่า 8 มิลลิเมตร ชิ้นส่วนทั้ง 3 ขนาดจะถูกคัดแยกด้วยการสั่นสะเทือน จากนั้นพลาสติกและชิ้นส่วนทองแดง จะถูกคัดแยกออกจากกันโดยอาศัยหลักการแยกด้วยแรงโน้มถ่วง อนุภาคยูรีเทนที่ผ่านการกรองและพลาสติกจะถูกส่งไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน โดยการเผาที่โรงปูนซีเมนต์ ส่วนชิ้นส่วนที่ถูกคัดแยกออกมาเมื่อนำมารีไซเคิลจะถูกส่งออกไปขาย ทั้งนี้ ยังไม่มีการพัฒนากระบวนการสกัดโลหะที่มีค่ากลับคืน แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก จึงถูกนำไปเผาร่วมกับยูรีเทนและพลาสติก แสดงดังรูปที่ 2-4

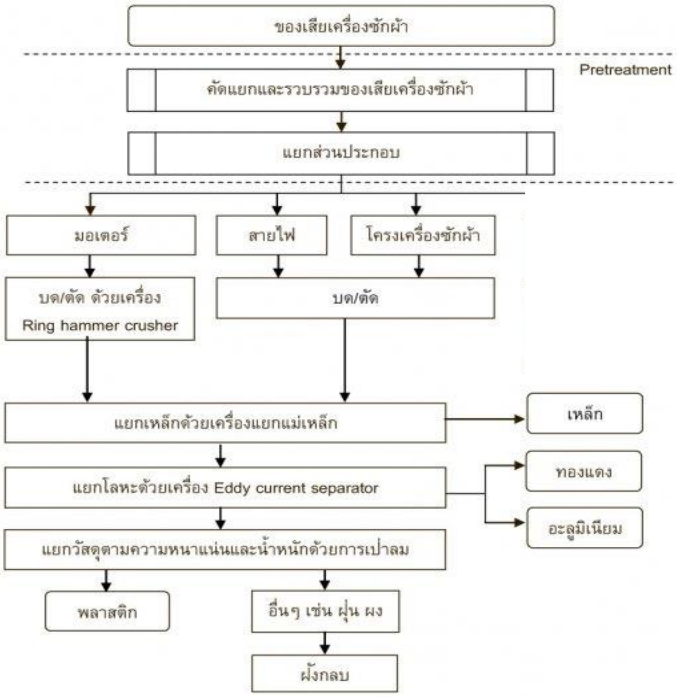


รูปที่ 2-4 กระบวนการรีไซเคิลตู้เย็นที่ไม่ใช้แล้ว (Lee et al., 2007)

2.3.3 เครื่องซักผ้า

กระบวนการรีไซเคิลเครื่องซักผ้าที่ไม่ใช้แล้ว แสดงดังรูปที่ 2-5 เริ่มจากการบันทึกน้ำหนักของเครื่อง จากนั้นนำตัวเครื่องเข้าสู่กระบวนการบดและคัดแยกวัสดุ ส่วนที่เป็นโลหะและพลาสติกจะถูกแยกออกจากกันด้วยเครื่องเป่าลม และอาศัยความหนาแน่นของวัสดุ โดยวัสดุน้ำหนักเบาจะลอยขึ้น ส่วนวัสดุน้ำหนักมากจะตกลงสู่ด้านล่างห้องบด ซึ่งวัสดุน้ำหนักมากส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ และถูกส่งไปตามสายพานที่ผ่านแม่เหล็ก ทำให้

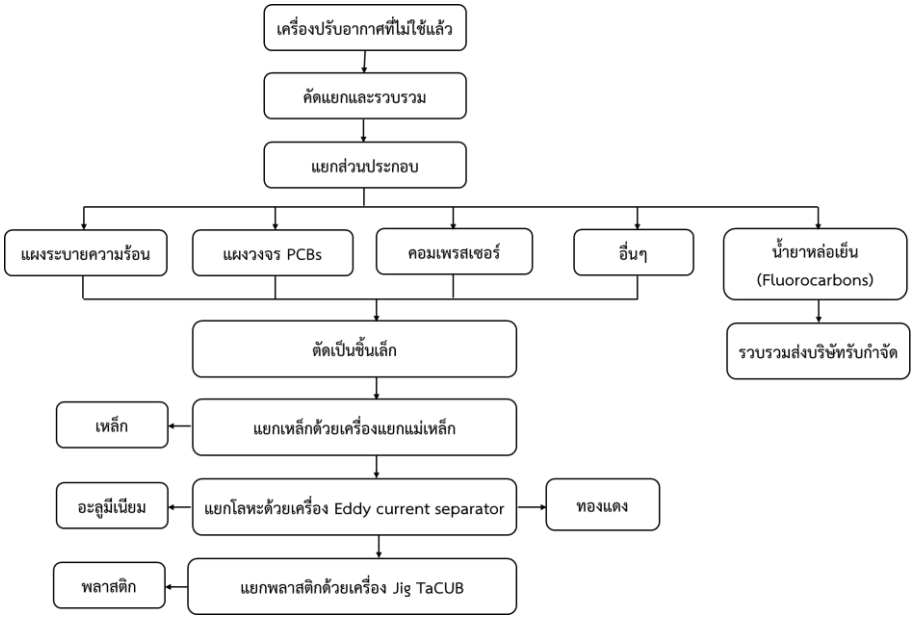
ได้ส่วนที่เป็นเหล็กออกจากโลหะอื่น ส่วนวัสดุอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง และโลหะอื่นที่ไม่มีสมบัติทางแม่เหล็ก จะถูกส่งไปคัดแยกทองแดง และอะลูมิเนียมด้วยมือแล้วส่งต่อไปขายที่โรงงานรีไซเคิล (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2561)



รูปที่ 2-5 กระบวนการรีไซเคิลเครื่องซักผ้าที่ไม่ใช้แล้ว
(กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)

2.3.4 เครื่องปรับอากาศ

กระบวนการรีไซเคิลเครื่องปรับอากาศแสดงดังรูปที่ 2-6 องค์ประกอบหลักของเครื่องปรับอากาศประกอบไปด้วย เหล็กร้อยละ 50 พลาสติก Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) และพลาสติก polystyrene (PS) ร้อยละ 23 ทองแดงร้อยละ 14 อะลูมิเนียมร้อยละ 5 และสังกะสีร้อยละ 1 การคัดแยกขั้นตอนแรกต้องคัดแยกส่วนประกอบหลัก ได้แก่ หน้ากากเครื่อง แผงท่อระบายความร้อน คอมเพรสเซอร์ และน้ำยาหล่อเย็น ส่วนที่เป็นเหล็กจะถูกแยกด้วยเครื่องแยกชนิดแม่เหล็ก ส่วนโลหะอื่นๆ ได้แก่ ทองแดง และอะลูมิเนียม จะถูกนำไปแยกโลหะด้วยเครื่องแยกโลหะ (Eddy current separator) สำหรับพลาสติกจะถูกส่งไปคัดแยกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง



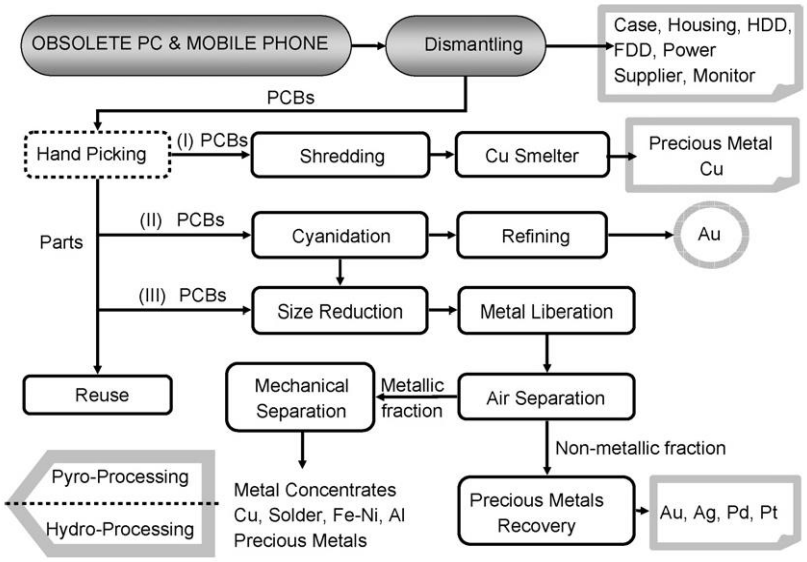
รูปที่ 2-6 กระบวนการรีไซเคิลเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้ว
(กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556)

2.3.5 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ/คอมพิวเตอร์พกพา

กระบวนการรีไซเคิลคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer; PC) ผู้ที่รับรีไซเคิลจะให้ความสนใจ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) เนื่องจากมีโลหะที่มีมูลค่า เช่นทองคำ เงิน แพลเลเดียม และโรเดียม เป็นต้น แต่ทั้งนี้ปริมาณ PC มีการแข่งขันของผู้รับรีไซเคิลน้อย เนื่องจากของเสียที่เกิดขึ้นมีเพียงร้อยละ 30 ซึ่งเป็น PC รุ่นเก่า ดังนั้นการรีไซเคิลโลหะที่มีมูลค่าจึงไม่เป็นที่นิยม ส่วนใหญ่ PC ที่ไม่ใช้แล้วจะถูกส่งออกไปให้ประเทศที่กำลังพัฒนา และจะถูกนำไปขายต่อเป็นของมือสอง (Lee, 2003) PC สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) แป้นพิมพ์ 2) จอภาพ และ 3) ตัวเครื่องจอภาพส่วนใหญ่จะถูกส่งไปรีไซเคิลที่ศูนย์รับรีไซเคิลโทรทัศน์ ส่วนตัวเครื่องจะถูกถอดแยกเป็น เมนบอร์ด (Mainboard) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Harddisk) ฟล๊อปปี้ดิสก์ไดร์ฟ (Floppy disk drive) และแหล่งจ่ายพลังงาน (Power supplier) ส่วนแป้นพิมพ์จะถูกถอดแยกออกเป็นเคสและบอร์ด ซึ่งส่วนประกอบหลักเป็นพลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) เป็นต้น ส่วนของพลาสติกจะถูกแยกเป็น Polystyrene (PS) และ Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) จากนั้นนำไปบดย่อยให้มีขนาดเล็กและนำไปอัดรีดและตัดตามขนาดแล้วส่งขาย สำหรับเม็ดพลาสติกและเศษเหล็กจะถูกส่งออกไปขายเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบ

สิ่งที่สำคัญในการรีไซเคิล PC และโทรศัพท์มือถือควรใช้เทคโนโลยีการสกัดโลหะจาก PCB ที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีขั้นตอนหลัก แสดงดังรูปที่ 2-7 ดังนี้ 1) กระบวนการแยกโลหะด้วยความร้อน (Pyrometallurgical) ส่วนใหญ่จะถูกส่งไปจัดการที่โรงถลุงทองแดง สำหรับกระบวนการนี้หาก

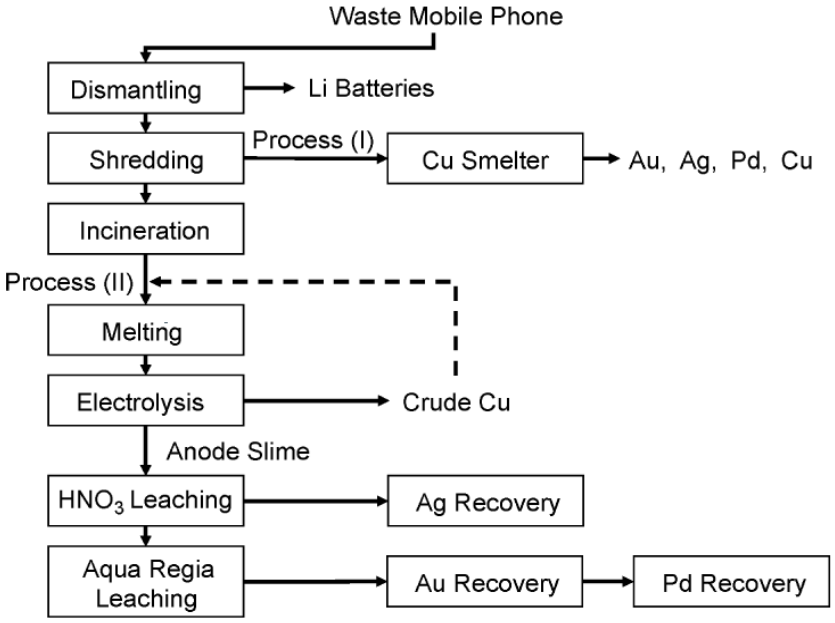
ดำเนินการในระยะยาวอาจก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ มีการสูญเสียโลหะมีค่า และค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีราคาสูง 2) กระบวนการปรับสภาพเชิงกล และ 3) กระบวนการแยกโลหะด้วยตัวทำละลาย (Hydrometallurgical)



รูปที่ 2-7 กระบวนการรีไซเคิล PCB ที่ไม่ใช้แล้ว (Lee et al., 2007)

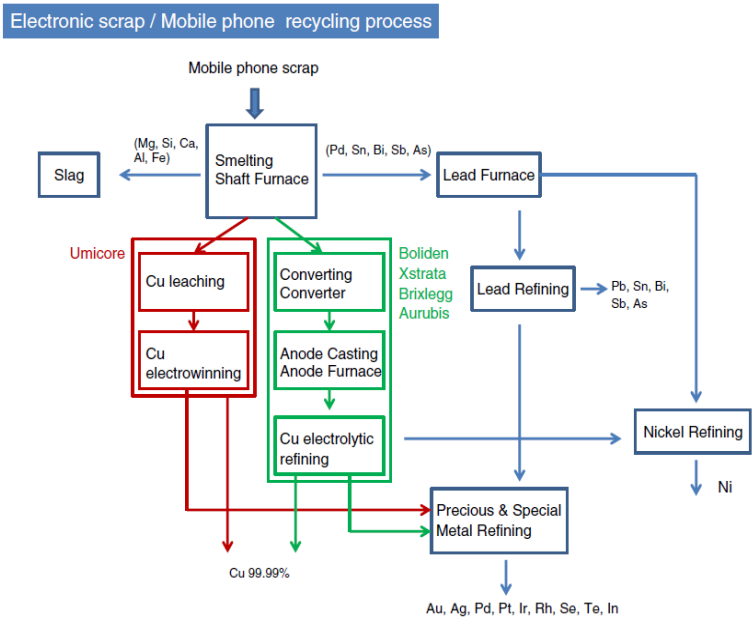
2.3.6 โทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ต

การรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากมีโลหะที่มีค่าค่อนข้างสูง เช่น ทอง เงิน แพลเลเดียม เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 2-8 อนุภาคของโลหะและส่วนที่ไม่ใช่โลหะจะถูกคัดแยกออกจากกันด้วยวิธีการแยกอากาศ (Air separation method) โลหะ ทองแดง นิกเกิล และเหล็กที่มีลักษณะเป็นชั้นบางๆ จะถูกนำมาชะละลายโลหะด้วย Aqua regia ส่วนที่เหลือจากการชะละลายจะถูกส่งไปเผาหรือส่งไปโรงถลุงทองแดงเพื่อดำเนินการต่อไป ส่วนที่เป็นเหล็กที่มีนิกเกิล ทองแดง และอะลูมิเนียมจะถูกนำไปแยกด้วยแม่เหล็ก กระแสไหลวน (Eddy current) และไฟฟ้าสถิต (Lee et al., 2007)

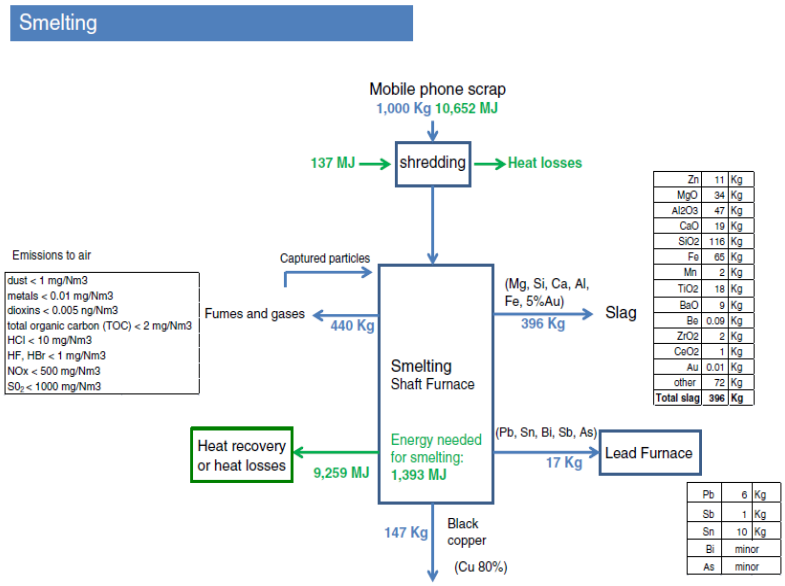


รูปที่ 2-8 กระบวนการรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือที่ไม่ใช้แล้ว (Lee et al., 2007)

อุตสาหกรรมที่นำวัสดุในโทรศัพท์มือถือกลับมาใช้ใหม่จะเริ่มจากการนำกลับของทองแดงเนื่องจากเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 8.7 - 14.2 โดยน้ำหนักของโทรศัพท์มือถือ การรีไซเคิลทองแดงมี 2 กระบวนการหลัก คือ การใช้ความร้อน (Pyrometallurgy) และการใช้ตัวทำละลาย (Hydrometallurgy) โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการใช้ความร้อนจากเตาหลอม เครื่องแปลง เตาแอโนด และการกลั่นด้วยไฟฟ้า สำหรับการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในขั้นตอนการหลอมจะมีกระบวนการชะล้างและ Electrowinning แสดงดังรูปที่ 2-9 โดยขั้นตอนแรกนำโทรศัพท์มือถือเข้าเครื่องหลอม ผลพลอยได้นอกจากเหล็ก เช่น แผงวงจรพิมพ์ สามารถนำเข้าสู่กระบวนการนี้ได้ในเวลาเดียวกัน (Brusselaers et al., 2005) อย่างไรก็ตามเพื่อวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุนี้จะพิจารณากรณีที่โทรศัพท์มือถือถูกทิ้งร้อยละ 100 ไม่มีแบตเตอรี่และฝาปิดด้านหลัง และใช้ข้อมูลการหลอมและพลังงานที่ใช้สำหรับโทรศัพท์มือถือ 1 ตัน แสดงดังรูปที่ 2-10



รูปที่ 2-9 กระบวนการรีไซเคิลของวัสดุในโทรศัพท์มือถือ (Navazo et al., 2014)

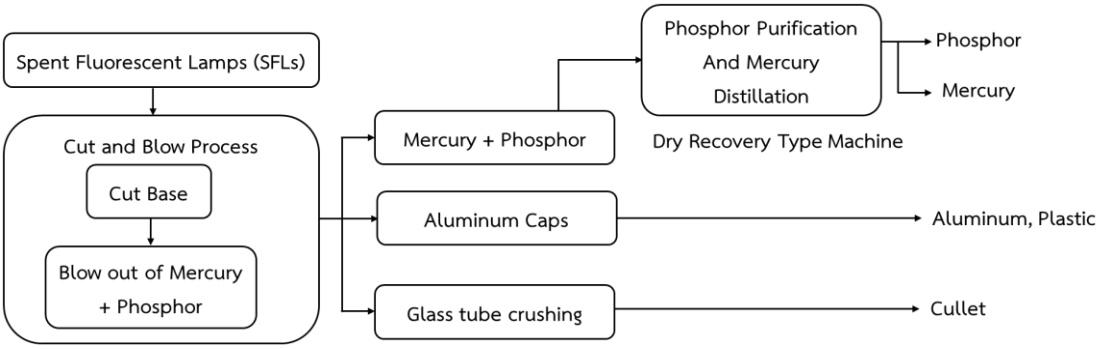


รูปที่ 2-10 กระบวนการหลอมและพลังงานที่ใช้สำหรับโทรศัพท์มือถือ 1 ตัน
(Navazo et al., 2014)

การนำกลับโลหะจากโทรศัพท์มือถือ 1 ตัน พบว่าสามารถสกัดทอง แพลเลเดียม เงิน ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว พลวง และดีบุก เท่ากับ 0.347, 0.15, 3.63, 128, 15, 6, 1 และ 10 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งพลังงานทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับกระบวนการใช้ความร้อน (Pyrometallurgy) คือ 7,763 เมกะจูล/ตัน ในขณะที่กระบวนการ Pyrometallurgy และ Hydrometallurgy รวมกันจะใช้พลังงานทั้งหมด 7,568 เมกะจูล/ตัน

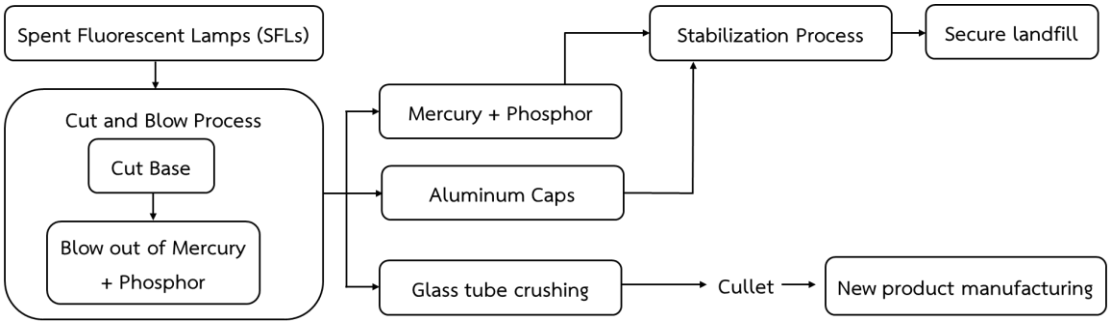
2.3.7 หลอดไฟ

กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศญี่ปุ่น เมื่อได้รับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ไม่ใช้แล้วจะนำมาตัด แยกโลหะและหลอดออกจากกัน สารที่ตกค้างอยู่ในแก้ว เช่น ผงฟลูออเรสเซนต์และไอปรอทจะถูกเป่าออกมา ผงฟลูออเรสเซนต์จะถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการ Phosphor purification และปรอทจะเข้าสู่กระบวนการกลั่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ผงฟลูออเรสเซนต์และปรอทที่บริสุทธิ์ สำหรับหลอดแก้วจะถูกนำไปบดและส่งไปยังโรงงานผลิตหลอดแก้ว เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตหลอดแก้วใหม่ ส่วนโลหะอื่นจะส่งไปกระบวนการคัดแยก แสดงดังรูปที่ 2-11



รูปที่ 2-11 กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศญี่ปุ่น
(Apisitpuvakul et al., 2008)

เมื่อเปรียบเทียบการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยจะรีไซเคิลเพียงเศษแก้ว แต่ส่วนอื่นๆ ที่เหลือจะถูกส่งไปฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure landfill) แสดงดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 กระบวนการรีไซเคิลหลอดฟลูออเรสเซนต์ของประเทศไทย
(Apisitpuvakul et al., 2008)

2.4 กระบวนการจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นจากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

กระบวนการรีไซเคิลนอกจากจะได้วัสดุมีค่าที่สามารถนำไปรีไซเคิลได้แล้ว ยังทำให้มีของเสียเกิดขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากองค์ประกอบภายในของซากผลิตภัณฑ์ฯ รวมถึงสารเคมีหรือกระบวนการที่ใช้ในการรีไซเคิล เช่น หากมีสารละลายกรดที่ใช้ในกระบวนการชะละลายทองออกจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดของเสียอันตราย น้ำที่ใช้ในการล้าง หรือการเผาวัสดุที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้เพื่อนำไปผลิตพลังงาน ที่ทำให้เกิดมลพิษขึ้น ดังนั้นกระบวนการทั้งหมดของการรีไซเคิลชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะต้องมีการจัดการด้านมลพิษ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยระบบต่างๆ ตัวอย่างเช่น

- ระบบบำบัดมลพิษอากาศ ตัวอย่างของวิธีการจัดการมลพิษอากาศจากการกำจัดของเสียอันตราย ได้แก่ วิธีการดูดซับ ซึ่งสารดูดซับสวนใหญ่ที่ใชในอุตสาหกรรม คือ activated carbon, silica gel, activated alumina (alumina oxide) และ zeolites (molecular sieves) สารดูดซับมีคุณสมบัติในการดูดซับ ขึ้นกับธรรมชาติของสารที่ โดยคุณสมบัตินี้รวมถึงพื้นที่ผิวของสารดูดซับรูปรางและขนาดของชองวาง คุณสมบัติที่สำคัญอีกอยางหนึ่งในการดูดซับของสารดูดซับคือ ประจุไฟฟาที่ผิวสัมผัส ซึ่งจะช่วยดักจับมลพิษได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547) ระบบดักจับฝุ่น จะทำการดักจับฝุ่นที่ฟุ้งกระจายในโรงงานโดยเครื่องดักจับ และนำไปบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกโรงงาน และระบบดักจับกรด เพื่อดักจับกรดที่ฟุ้งกระจายในโรงงาน และทำให้บริสุทธิ์ เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการใหม่

- ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อบำบัดน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกโรงงาน (เปรมฤดี กาญจนปิยะ. 2559)

- การฝังกลบอย่างปลอดภัย ใช้สำหรับฝังกลบกากของเสียอันตรายที่ผ่านการทำลายฤทธิ์โดยปรับเสถียรแล้ว ซึ่งขั้นตอนในการกำจัดขยะแบบฝังกลบเป็นการนำขยะมากองรวมกันไว้ในบ่อดินแล้วเกลี่ยและบดอัดทับขยะให้แน่นโดยรถแทรกเตอร์ หลังจากนั้นนำดินมากลบทับหน้าขยะพร้อมบดอัดทับให้แน่นอีกครั้ง ชั้นบนสุดจะต้องกลบดินบดทับให้แน่น ทำเป็นชั้นๆ จนสามารถปรับระดับพื้นดินได้ตามต้องการ แล้วปล่อยให้ขยะสลายตัว ซึ่งระหว่างการรอเวลาสลายตัวนั้นจะต้องทำการตรวจสอบและกั้นรั้วบริเวณปฏิบัติการเพื่อป้องกันการบุกรุกอื่นๆ และขณะที่ขยะกำลังสลายตัวจะก่อให้เกิดน้ำจากการหมักของขยะ ซึ่งน้ำดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือก่อนนำน้ำที่ได้บำบัดนั้นกลับมาใช้ใหม่ (ไฮโดรเทค, มมป)

2.5 การทำผังการไหล (Material Flow Analysis)

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) หรือการวิเคราะห์ผังการไหลของสสาร (Substance Flow Analysis; SFA) เป็นทฤษฎีการวิเคราะห์ที่ใช้อธิบายปริมาณสารขาเข้าและออก รวมถึงปริมาณสารที่สะสมในระบบหนึ่งภายในขอบเขตและระยะเวลาที่กำหนด โดยในการศึกษานี้ ได้ใช้ซอฟแวร์ Substance flow analysis (STAN) version 2.6 ซึ่งเป็นฟรีแวร์ ที่พัฒนาโดย Technische Universitat Wien และสามารถดาวน์โหลดได้ที่ www.stan2web.net ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ ระดับวัสดุ และระดับสสาร โดยใช้หลักการสมดุลมวล (Mass balance) โดยมีสมการที่เกี่ยวข้องคือ

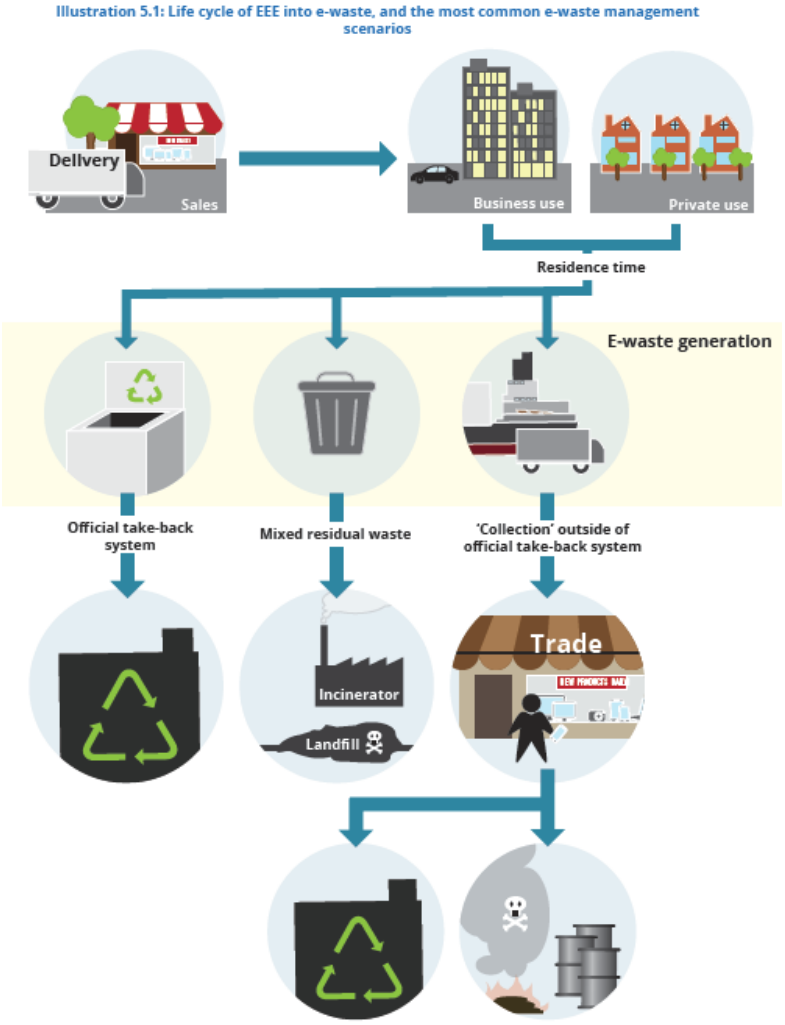
สารที่สะสมในระบบ = สารที่เข้าสู่ระบบ – สารที่ออกจากระบบ

ขั้นตอนเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์การไหลของสาร อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การวิเคราะห์ระบบ และการเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแยกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้ (Baccini and Bader, 1996; Brunner and Rechberger, 2004; Kwonpongsagoon et al., 2007)

1. เลือกขอบเขตของระบบ (System boundary) สารหรือวัสดุ (Substance, Material) และระยะเวลาที่สนใจจะศึกษาเก็บข้อมูล
2. ระบุผลิตภัณฑ์สินค้า กระบวนการผลิต ขนส่ง แปรรูป ที่เกี่ยวข้องกับสารที่สนใจ
3. เขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการย่อย และการไหลของสาร
4. เก็บข้อมูล เช่น ปริมาณผลิตภัณฑ์สินค้า (การผลิต ขนส่ง อุปโภคบริโภค) ปริมาณสินค้าที่หมดสภาพกลายเป็นขยะเพื่อทิ้ง กำจัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ปริมาณสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงปริมาณมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม
5. คำนวณปริมาณการไหลของสาร ใช้หลักสมดุลมวลสารที่กล่าวแล้วข้างต้น
6. เขียนแผนภูมิเชิงปริมาณสรุปผลการวิเคราะห์ แสดงการไหลของสารทั้งระบบ (Wongsoonthornchai et. al, 2016)

สำหรับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้เห็นภาพรวมของการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ (ดังรูปที่ 2-13) เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลิตจะถูกนำมาใช้โดยผู้บริโภคทั้งภาคธุรกิจ ภาคประชาชนทั่วไป หลังจากหมดอายุการใช้งานก็จะถูกรวบรวมเป็นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและ

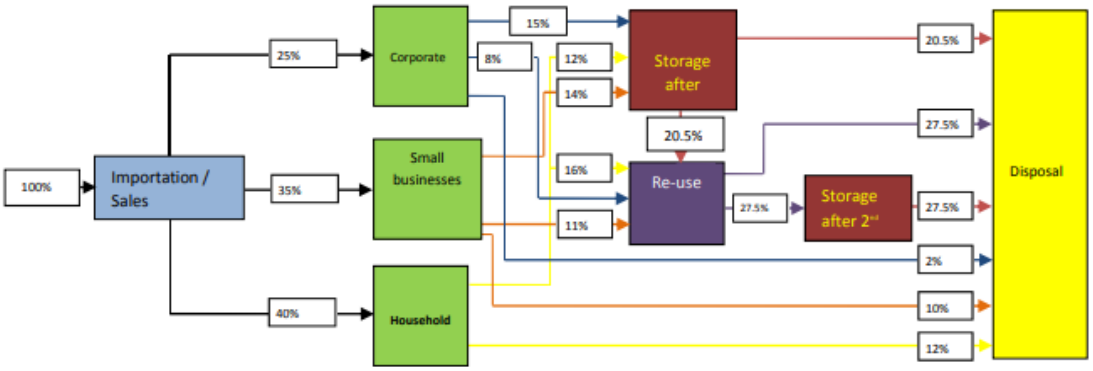
อิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการรีไซเคิล และมีการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นโดยวิธีฝังกลบ (Landfill) และการเผาในเตาเผา (Incineration)



รูปที่ 2-13 เส้นทางการเดินทางและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Baldé et al., 2017)

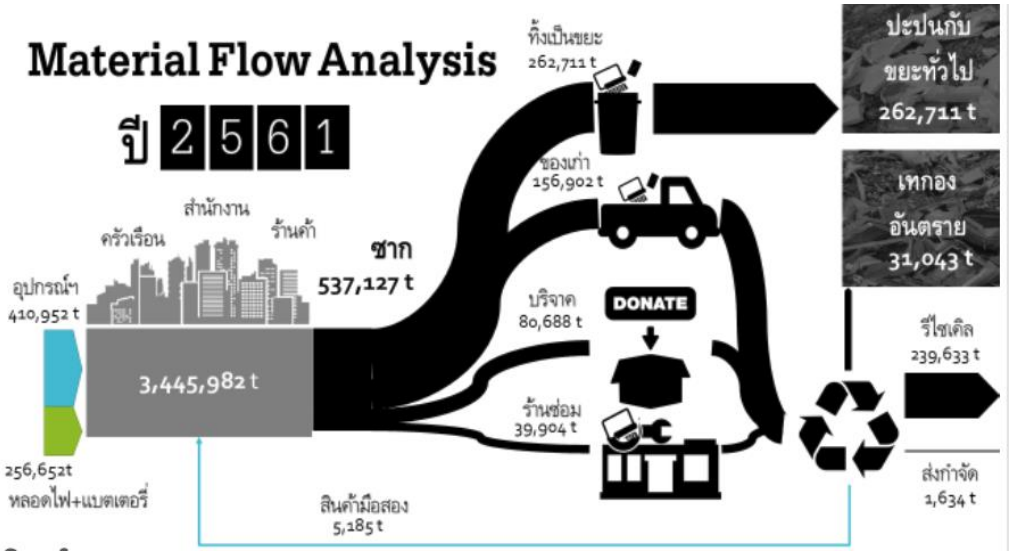
ซึ่งผังการไหลจะช่วยให้เข้าใจเส้นทาง ปริมาณ และวิธีการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นประโยชน์สำหรับผู้ออกแบบ กำหนดนโยบายใช้สำหรับการออกแบบนโยบาย มาตรการที่เหมาะสมสำหรับการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ได้ ทั้งนี้ผังการไหลที่จัดทำสามารถทำได้ทั้งในระดับวัสดุคือปริมาณมวลของซากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด และในระดับสสารที่แสดงเฉพาะธาตุที่สนใจทั้งโลหะที่มีค่าและมลพิษที่เกิดขึ้น ดังนั้นการทำผังการไหลเพื่อนำมาช่วยในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายทั้งในต่างประเทศและในประเทศโดยมีตัวอย่างต่อไปนี้

Ibrahim (2014) ได้ศึกษาผังการไหลของการจัดการคอมพิวเตอร์ในเมืองหลักๆ ของประเทศไนจีเรีย โดยในการศึกษาเป็นการประมาณการปริมาณการเกิดซากคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันและคาดการณ์ไปยังอนาคต ของเมืองคาดูนา (Kaduna) และ อาบูจา (Abuja) ในประเทศไนจีเรีย และเปรียบเทียบกับเมืองลากอส (Lagos) ที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ ซึ่งรวบรวมข้อมูลมาจากปริมาณยอดขายของผู้ขายอิเล็กทรอนิกส์รายใหญ่ในประเทศ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า การจัดการคอมพิวเตอร์แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ เก็บไว้ (Storage) ร้อยละ 27 - 41 ใช้ซ้ำ (Reuse) ร้อยละ 35 - 61 และกำจัดทิ้ง (Disposal) ร้อยละ 12 - 24 และมีการประมาณการปริมาณของคอมพิวเตอร์ที่เกิดขึ้นในเมืองเหล่านี้เพื่อเสนอแนวทางมาตรการในการจัดการต่อไป ซึ่งการศึกษานี้เจาะจงศึกษาเฉพาะคอมพิวเตอร์เท่านั้นยังไม่ครอบคลุมถึงขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ แต่งานวิจัยสามารถเป็นแนวทางขยายผลการศึกษาไปถึงขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ อีกได้



รูปที่ 2-14 ผังการไหลของการจัดการคอมพิวเตอร์ในเมือง Lagos ประเทศไนจีเรีย (Ibrahim et .al., 2014)

ปเนต มโนมัยวิบูลย์ (2561) ได้ศึกษาคาดการณ์ปริมาณซากเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย โดยใช้หลักการคำนวณสมดุลสาร (Mass balance) คำนวณอายุการใช้งานด้วยวิธีของ Weibull การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี (Technology change) เช่น การเปลี่ยนแปลงของ จอ CRT เป็น LCD และLED ช่องทางการรับจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ขายเป็นเศษวัสดุให้ร้านรับซื้อของเก่า ขายเป็นซากผลิตภัณฑ์ฯ ให้ร้านซ่อม บริจาคให้คนรู้จักหรือการกุศล และทิ้งซากผลิตภัณฑ์ฯ เป็นขยะให้ท้องถิ่นผลการศึกษาจะได้ Material flow ดังรูปที่ 2-15 โดยในการศึกษานี้ทำการศึกษา เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า ตู้เย็น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต และโทรศัพท์มือถือ

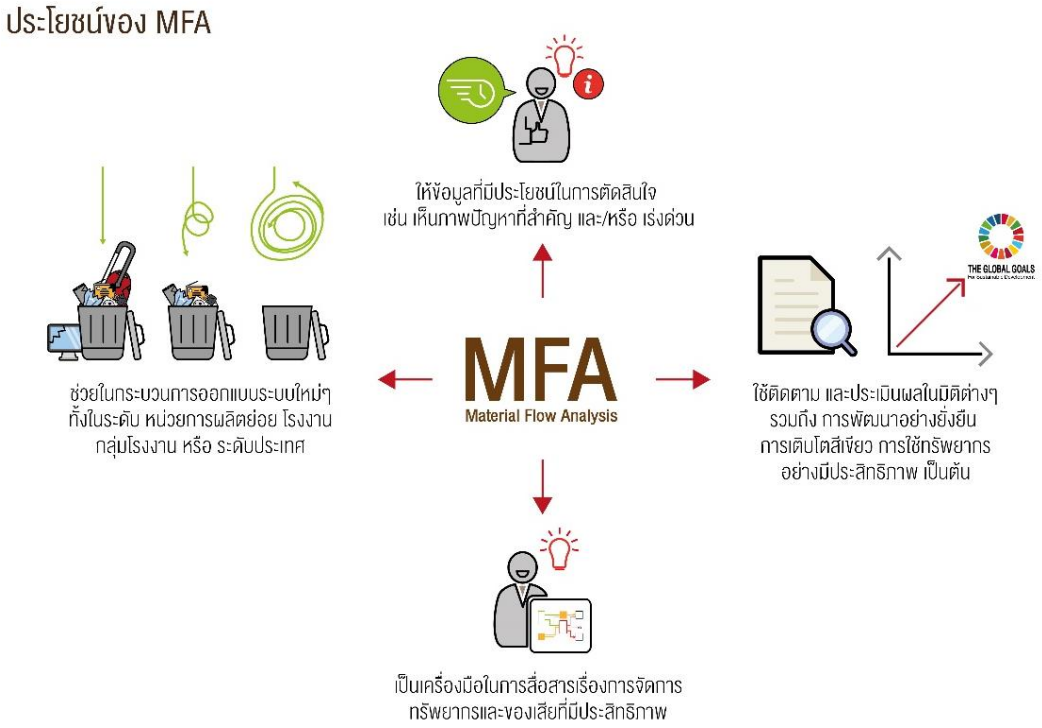


รูปที่ 2-15 ผังการไหลของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยปี 2561
(ปเนต มโนมัยวิบูลย์, 2561)

ในการศึกษาผังการไหลที่ผ่านมาของประเทศไทยเป็นการศึกษาภาพรวมของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งประเทศ โดยไม่ได้ทำการวิเคราะห์แยกตามแต่ละชนิดของซากผลิตภัณฑ์ฯ รวมทั้งยังไม่มีการศึกษาวิเคราะห์ผังการไหลถึงในระดับองค์ประกอบของซากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การศึกษาครั้งนี้เป็นการจัดทำผังการไหลที่แยกแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์และเป็นการศึกษาถึงองค์ประกอบภายในของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด

2.6 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ผังการไหล (Material Flow Analysis)

การวิเคราะห์ผังการไหล (Material flow analysis; MFA) ช่วยให้เข้าใจภาพรวมของเส้นทางและปริมาณการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละเส้นทางเพื่อทราบถึงศักยภาพในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 2-16 ส่วนในเชิงอุตสาหกรรม การจัดทำผังการไหลสามารถช่วยให้ทราบภาพรวมของสสารทั้งหมดในกระบวนการผลิต เพื่อสามารถลดปริมาณของเสีย หรือสารที่สูญเสียอย่างไม่จำเป็นในระบบ อีกทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตและทำให้มีผลกำไรเพิ่มขึ้นได้ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), 2561)



รูปที่ 2-16 ประโยชน์ของการทำผังการไหล
(ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2561)

2.7 ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ผังการไหล (Material Flow Analysis)

การเก็บข้อมูลมีความยากและซับซ้อน ต้องอาศัยความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานที่มีการจัดเก็บข้อมูล และการบูรณาการองค์ความรู้และข้อมูลเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องมีการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษา

2.8 กระบวนการประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์

กระบวนการจัดทำผังการไหลจำเป็นต้องทราบข้อมูลปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี เพื่อสามารถคำนวณกระบวนการการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงมีการศึกษาการประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

2.8.1 Consumption and Use (C&U) method

วิธีการนี้เป็นกระบวนการประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศเนเธอร์แลนด์ (Widmer et al., 2005) ข้อมูลที่ต้องการคือปริมาณ Stock ในปีนั้นๆ จำนวนครัวเรือนในประเทศ ซึ่งจะกำหนดให้ในบ้านเรือนหนึ่งมีเครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างน้อย 1 ชนิด โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้ (Ikhlayel, 2016)

$$WEEE\ (t) = \frac{H(t)N_h(t)W}{L}$$ สมการที่ 1

กำหนดให้ WEEE (t) = ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปีนั้นๆ (ตัน/ปี)

H (t) = จำนวนครัวเรือนในปีนั้นๆ(ครัวเรือน)

N_h (t) = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละครัวเรือนในปีนั้นๆ (ชิ้น/ครัวเรือน)

W = น้ำหนักเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ (กิโลกรัม/ชิ้น)

L = อายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ (ปี)

ซึ่งกระบวนการประเมินด้วยวิธีนี้จะเหมาะสมหรับประเทศที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนและยังไม่มีบัญชีรายการของขยะอิเล็กทรอนิกส์ แต่มีข้อจำกัดคือ ประเมินได้ในปีประเมินได้เฉพาะในปีที่ทำการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถใช้คาดการณ์ปริมาณในอนาคตได้ และไม่ได้นำข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับใช้ในการประเมิน

2.8.2 Time step method

วิธีการนี้เป็นการประมาณปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ข้อมูลจากยอดขายและปริมาณ Stock ในระบบ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ Stock ในระบบของปีปัจจุบัน (t) และปีก่อนหน้า 1 ปี (t-1) โดยมีสมการการคาดการณ์ดังนี้ (lkhlayel, 2016)

$$WEEE\ (t) = S(t) - \{St(t) - St(t-1)\}$$ สมการที่ 2

กำหนดให้ WEEE (t) = ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

S (t) = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ขายได้ในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

St (t) = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็น stock แต่ละครัวเรือนในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

St (t-1) = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็น stock แต่ละครัวเรือนในปีก่อนปัจจุบัน (ตัน/ปี)

I (t) = ข้อมูลการนำเข้าในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

P (t) = ข้อมูลการผลิตในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

E (t) = ข้อมูลการส่งออกในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

กระบวนการนี้ได้มีการนำมาใช้คำนวณปริมาณซากมือถือ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Araújo et al., 2012) ซึ่งวิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้ประเมินเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความผันผวนในตลาดสูง แต่ข้อจำกัดคือข้อมูลที่นำมาใช้จะต้องเป็นข้อมูลที่มีการรายงานในระดับประเทศอย่างชัดเจน

2.8.3 Simple delay method

วิธีการนี้เป็นการประเมินขยะอิเล็กทรอนิกส์ในปีปัจจุบัน (t) จากยอดขายในปี t-L (t คือปีที่ทำการประเมินขยะอิเล็กทรนิกส์ L คือ ปีที่เป็นอายุการใช้งาน) มีสมการการคำนวณดังนี้

$$WEEE\ (t) = S(t - L)$$ สมการที่ 3

กำหนดให้ WEEE (t) = ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปี t

S (t-L) = ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ขายได้ในปี t – L

วิธีการประเมินแบบนี้เป็นการประเมินในตลาดที่มีความแน่นอนและจำนวนครัวเรือนไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก รวมถึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี (Jain and Sareen, 2006)

2.8.4 Mass balance method

วิธีการประเมินแบบ Mass balance method จะคล้ายคลึงกับการประเมินโดยวิธี Simple delay method มีข้อมูลที่ต้องคำนึงถึง 3 อย่าง มีสมการในการคำนวณดังนี้

$$WEEE\ (t) = S(t - L) + R(t - L_r) + Sr(t - L_s)$$ สมการที่ 4

กำหนดให้ WEEE (t) = ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปีปัจจุบัน (ตัน/ปี)

S (t-L) = ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ขายได้ในปี t – L (ตัน/ปี)

R ($t-L_r$) = ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการ reuse (ตัน/ปี)

Sr ($t-L_s$) = ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เก็บไว้ในครัวเรือน (ตัน/ปี)

L_r = อายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการ reuse (ปี)

L_s = อายุของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ถูกเก็บไว้ในบ้าน (ปี)

วิธีการประเมินนี้มีข้อจำกัดคือต้องมีจำนวนข้อมูลที่ละเอียด (lkhlayel, 2016)

2.9 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล

การจัดทำผังการไหลจะต้องประกอบด้วยการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลเพื่อบ่งชี้ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และเพื่อช่วยในการปรับปรุงข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในการศึกษานี้จะใช้วิธีการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลตามงานวิจัยของ Laner et al. (2015) ดังนี้

2.9.1 ประเมินคุณภาพข้อมูล โดยอาศัยข้อมูลประกอบคือ ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความสมบูรณ์ของข้อมูล ช่วงเวลา พื้นที่ของข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2-1

2.9.2 แปลงข้อมูลเป็นคะแนน specific uncertainties โดยมีสูตรในการคำนวณ คือ

Exponential function

Reliability; CV = $a*e^{(b*score)}$ a = 0.75, b = 1.105 สมการที่ 5

Other indicators; Score = 1 CV = 0; Score = [1,4] CV = $a*e^{(b*(score-1))}$ สมการที่ 6

$a_{not\ sensitive}$ = 0.375

$a_{medium\ sensitive}$ = $2*a_{not\ sensitive}$ = 0.75

$a_{highly\ sensitive}$ = $4*a_{not\ sensitive}$ = 1.5

$b_{not\ sensitive}$ = $b_{medium\ sensitive}$ = $b_{highly\ sensitive}$ = 1.105

Expert's estimate; CV = $a*e^{(b*score)}$ a = 1.5, b = 1.105

2.9.3 รวบรวมผลการประเมินข้อมูลเพื่อใช้ประกอบในการวิเคราะห์ผังการไหล โดยมีสูตรในการวิเคราะห์ ได้แก่

Coefficients of Variation (CVs)

$$CV_{tot} = \sqrt{CV1^2 + CV2^2 + CV3^2 + CV4^2 + CV5^2}$$ สมการที่ 7

Uncertainty factors (Ufs)

$$Uf_{tot} = e^{\sqrt{\ln(U1)^2 + \ln(U2)^2 + \ln(U3)^2 + \ln(U4)^2 \ln(U5)^2}}$$ สมการที่ 8

โดย CV_{tot} คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficients of Variation)

Uf_{tot} คือ ปัจจัยของความไม่แน่นอน (Uncertainty factors)

ตารางที่ 2-1 เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

Indicator	*Definition*	*Score: 1*	*Score: 2*	*Score: 3*	*Score: 4*
Reliability	Focus on the data source: documentation of data generation, e.g., assessment of sampling method, verification methods, reviewing processes.	Methodology of data generation well documented and consistent, peer-reviewed data.	Methodology of data generation is described, but not fully transparent; no verification.	Methodology not comprehensively described, but principle of data generation is clear; no verification.	Methodology of data generation unknown, no documentation available.
Completeness	Composition of the date of all relevant mass flows. Possible over- or underestimation is assessed.	Value includes all relevant processes/flows in question.	Value includes quantitatively main processes/flows in question.	Value includes partial important processes/flows, certainty of data gaps.	Only fragmented data available; important processes/mass flows are missing.
Temporal correlation	Congruence of the available date and the ideal date with respect to time reference.	Value relates to the right time period.	Deviation of value 1 to 5 years.	Deviation of value 5 to 10 years.	Deviation more than 10 years.
Geographical correlation	Congruence of the available date and the ideal date with respect to geographical reference.	Value relates to the studied region.	Value relates to similar socioeconomical region (GDP, consumption pattern).	Socioeconomically slightly different region.	Socioeconomically very different region.
Other correlation	Congruence of the available date and the ideal date with respect to technology, product, etc.	Value relates to the same product, the same technology, etc.	Values relate to similar technology, product, etc.	Values deviate from technology/product of interest, but rough correlations can be established based on experience or data.	Values deviate strongly from technology/ product of interest, with correlations being vague and speculative.

Note: GDP = gross domestic product.

ที่มา: Laner et al., 2015

2.10 การประเมินความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม

หนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาความเป็นไปและการเคลื่อนที่ (Fate and transport) ของสารในสิ่งแวดล้อม คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีแบบจำลองมากมายที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินพฤติกรรมของสารในสิ่งแวดล้อม (Mackay et al., 2001; Su et al., 2019) หนึ่งในแบบจำลองที่น่าสนใจ คือ SimpleBox model version 4.0 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้สมดุลมวลในการประเมินการแพร่กระจายของสารในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากแบบจำลองโดยทั่วไปใช้สำหรับประเมินพฤติกรรมของสารอินทรีย์เท่านั้น แต่ SimpleBox 4.0 มีการปรับปรุงให้สามารถนำมาใช้ประเมินสารอนินทรีย์ เช่น โลหะ ได้ (Hollander et al., 2016) และยังสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ของ RIVM (the Dutch National Institute for Public Health and the Environment, https://www.rivm.nl/en/soil-and-water/simplebox) (Schoorl et al., 2014) โดยนำสัดส่วนการแพร่กระจายไปสู่เฟส (phase) ต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม (อากาศ ดิน น้ำ และตะกอนดิน) ของโลหะแต่ละชนิดที่ได้จากแบบจำลอง SimpleBox 4.0 (ตารางที่ 2-2) มาคำนวณกับปริมาณของโลหะชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด จะทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าหากโลหะชนิดนั้นถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม จะไปสะสมอยู่ที่สิ่งแวดล้อมใด และมีปริมาณเท่าใด ทำให้สามารถวางแผนการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ป้องกันการปนเปื้อนของสารออกสู่สิ่งแวดล้อม และช่วยในการวางแผนการตรวจติดตามคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่มีการประกอบกิจการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์ฯ รวมทั้งยังช่วยในการวางแผนฟื้นฟูพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนได้ (Su et al., 2019) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสัดส่วนในเฟสต่างๆ สิ่งแวดล้อมของโลหะแต่ละชนิดที่ได้จาก SimpleBox 4.0 มีค่าเดียวกัน (แสดงเป็น trace metal (โลหะปริมาณน้อย)) จึงเป็นเพียงการคาดการณ์เบื้องต้น แต่หากในอนาคตมีการปรับปรุงสัดส่วนการแพร่กระจายไปเฟสต่างๆ ให้เป็นโลหะแต่ละชนิดจะทำให้การคาดการณ์มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลให้การสะสมในเฟสต่างๆ แตกต่างกัน

ตารางที่ 2-2 สัดส่วนของโลหะในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมจาก SimpleBox 4.0

เฟสในสิ่งแวดล้อม	สัดส่วนในสิ่งแวดล้อม (ร้อยละ)
อากาศ	0.0083
น้ำ	14.8543
ดิน	82.5589
ตะกอนดิน	2.5784

2.11 การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์/การจัดลำดับความสำคัญ

ในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนควรมีการจัดลำดับความสำคัญของขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประเมินถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ในการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด โดยควรพิจารณาทั้งผลกระทบทางบวกและผลกระทบทางลบ ซึ่งผลกระทบทางบวกคือ มูลค่าจากการขายวัสดุมีค่าในขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะโลหะมีค่า (ทองคำ (Au) และเงิน (Ag)) ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และผลกระทบทางลบคือ ความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การได้รับโลหะหนักที่เป็นพิษ (ทองแดง (Cu), แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), สารหนู (As) และปรอท (Hg)) เนื่องจากขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบและปริมาณของโลหะที่แตกต่างกัน (Oguchi et al., 2013) ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ และมูลค่าที่ได้จากการรีไซเคิลที่แตกต่างกัน Potential harm indicator (PHI) เป็นค่าหนึ่งที่ใช้แสดงถึงความเสี่ยงที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ โดยคำนวณจากปริมาณโลหะนั้นๆ ในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Oguchi et al., 2013) หารด้วยความเป็นพิษของโลหะชนิดนั้น โดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศที่สามารถสัมผัสทางการหายใจเข้าได้ทุกวันตลอดช่วงชีวิต (Inhalation reference concentration; RfC) (U.S. EPA, 2019) เนื่องจากในกระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ผู้ปฏิบัติงานอาจได้รับโลหะโดยการหายใจเอาฝุ่นหรือละอองไอโลหะเข้าไป (Cesaro et al., 2018) รายละเอียดในตารางที่ 2-3 จากนั้น รวมค่า PHI ของโลหะทุกชนิดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนั้นๆ และนำค่า PHI รวมของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดมาหารด้วยค่า PHI ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่น้อยที่สุด จะได้เป็นค่า Normalized potential harm indicator (DPHI) ของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ซึ่งหากขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใดมีค่า DPHI สูงแสดงว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนั้นมีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมาก (Cesaro et al., 2018)

ตารางที่ 2-3 องค์ประกอบของโลหะในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และค่า RfC

ชนิดของโลหะ	องค์ประกอบของโลหะในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (mg/kg PCB)[a]								RfC (mg/m^3)[b]
	CRT TV	LCD TV	ตู้เย็น	เครื่องปรับอากาศ	เครื่องซักผ้า	คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก	โทรศัพท์มือถือ	
Cu	72,000	180,000	170,000	75,000	70,000	200,000	190,000	330,000	72,000
Pb	14,000	17,000	21,000	5,800	2,200	23,000	9,800	13,000	14,000
Cd	12	0	85	3	0	9	2	4	12
Cr	57	0	27	11	39	270	610	1,100	57
As	22	22	31	0	21	38	41	48	22
Ag	120	600	42	58	51	570	1,100	3,800	120
Au	5	200	44	15	17	240	630	1,500	5

ที่มา: a = Oguchi et al., 2013 b = U.S. EPA, 2019

คำนวณมูลค่า (value) ที่คาดว่าจะได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ จากปริมาณวัสดุมีค่าในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด เช่น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโลหะที่ได้จากการถอดแยก (เหล็ก (Fe), อลูมิเนียม (Al), และทองแดง (Cu)) ซึ่งมูลค่าที่ได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นกับปริมาณและคุณภาพของวัสดุมีค่าในขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนั้นๆ เช่น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ จะมีราคาสูงกว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากขยะอิเล็กทรอนิกส์อื่น เนื่องจากมีโลหะมีค่าในปริมาณที่สูงกว่า จึงมีมูลค่าสูงกว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีเกรดต่ำ (McCoach et al., 2014) เป็นต้น รวมทั้งควรนำค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าใช้จ่ายในการกำจัดและ/หรือบำบัดซากเหลือ และประสิทธิภาพในการรีไซเคิล มาร่วมพิจารณาด้วยเพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลที่ได้

จากนั้นทำการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์และศักยภาพในการรีไซเคิล โดยนำมูลค่าที่คาดว่าจะได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ หารด้วยโอกาสที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (value/DPHI) ซึ่งหากค่าที่ได้มีค่าสูงแสดงว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนั้นมีศักยภาพในการนำมารีไซเคิลมาก

ตารางที่ 2-4 ค่ามาตรฐานโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท

ชนิดโลหะ	มาตรฐานน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (mg/L)[1]		มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค (mg/L)[2]		เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ (mg/L)[3]	น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (mg/L)[4]	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (mg/L)[5]	มาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน (mg/L)[6]	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (mg/kg)[7]	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (mg/kg)7	มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (mg/kg)[8]
	เกณฑ์ที่กำหนดที่เหมาะสม	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด[a]		เกณฑ์อนุโลมสูงสุด	เกณฑ์กำหนดคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์ ประเภทที่ 3				
As	ต้องไม่มีเลย	0.05	0.05	-	≤ 0.01	0.05	0.01	≤ 0.01	≤ 3.9	≤ 27	≤ 2
Cd	ต้องไม่มีเลย	0.01	-	0.01	≤ 0.003	0.005	0.005*/0.05**	≤ 0.003	≤ 37	≤ 810	-
Cu	≤ 1.0	-	1	1.5	≤ 1	1	0.1	≤ 1.0	-	-	≤ 20
Pb	ต้องไม่มีเลย	0.05	0.05	-	≤ 0.01	0.05	0.05	≤ 0.01	≤ 400	≤ 750	≤ 1
Hg	ต้องไม่มีเลย	0.001	0.001	-	≤ 0.001	0.002	0.002	≤ 0.001	≤ 23	≤ 610	≤ 0.5 (อาหารทะเล)/ 0.02 (อื่นๆ)

หมายเหตุ:

1 ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนพิเศษ 85 ง ลงวันที่ 21 พฤษภาคม 2552

2 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 332 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 68 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2521

a เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุดเป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้สำหรับน้ำประปาหรือน้ำบาดาลที่มีความจำเป็นต้องใช้บริโภคเป็นการชั่วคราวและน้ำที่มีคุณลักษณะอยู่ในระหว่างเกณฑ์กำหนดสูงสุด กับเกณฑ์อนุโลมสูงสุดนั้นไม่ใช่น้ำที่ให้เครื่องหมายมาตรฐานได้

3 ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ ลงวันที่ 13 ตุลาคม 2553

4 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 98 ตอนที่ 157 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 24 กันยายน 2524 ซึ่งได้แก้ไขเพิ่มเติมโดย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ตีพิมพ์ในหนังสือราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 61 ลงวันที่ 2 เมษายน 2534

5 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ
(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
(2) การเกษตร

6 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117 ตอนพิเศษ 95 ง ลงวันที่ 15 กันยายน 2543

7 ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2547) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 119 ง ลงวันที่ 20 ตุลาคม 2547

8 ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปอน

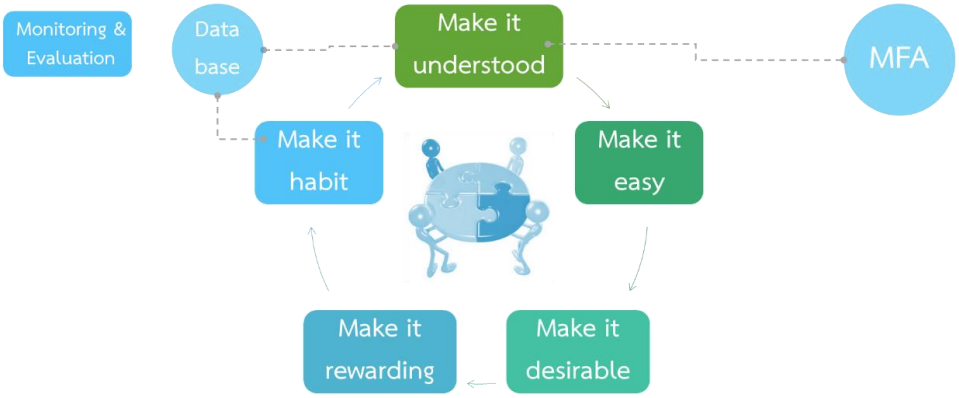
* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สมมติฐานและแนวคิดการวิจัย

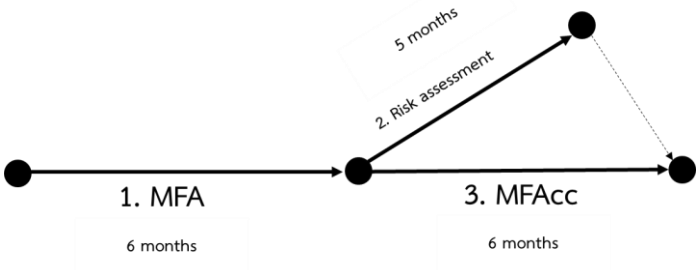
การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาพรวมของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การกำหนดนโยบายและการจัดการปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้อง โดยอาศัยหลักการจัดทำผังการไหลเป็นเครื่องมือในการเข้าใจระบบการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 3-1



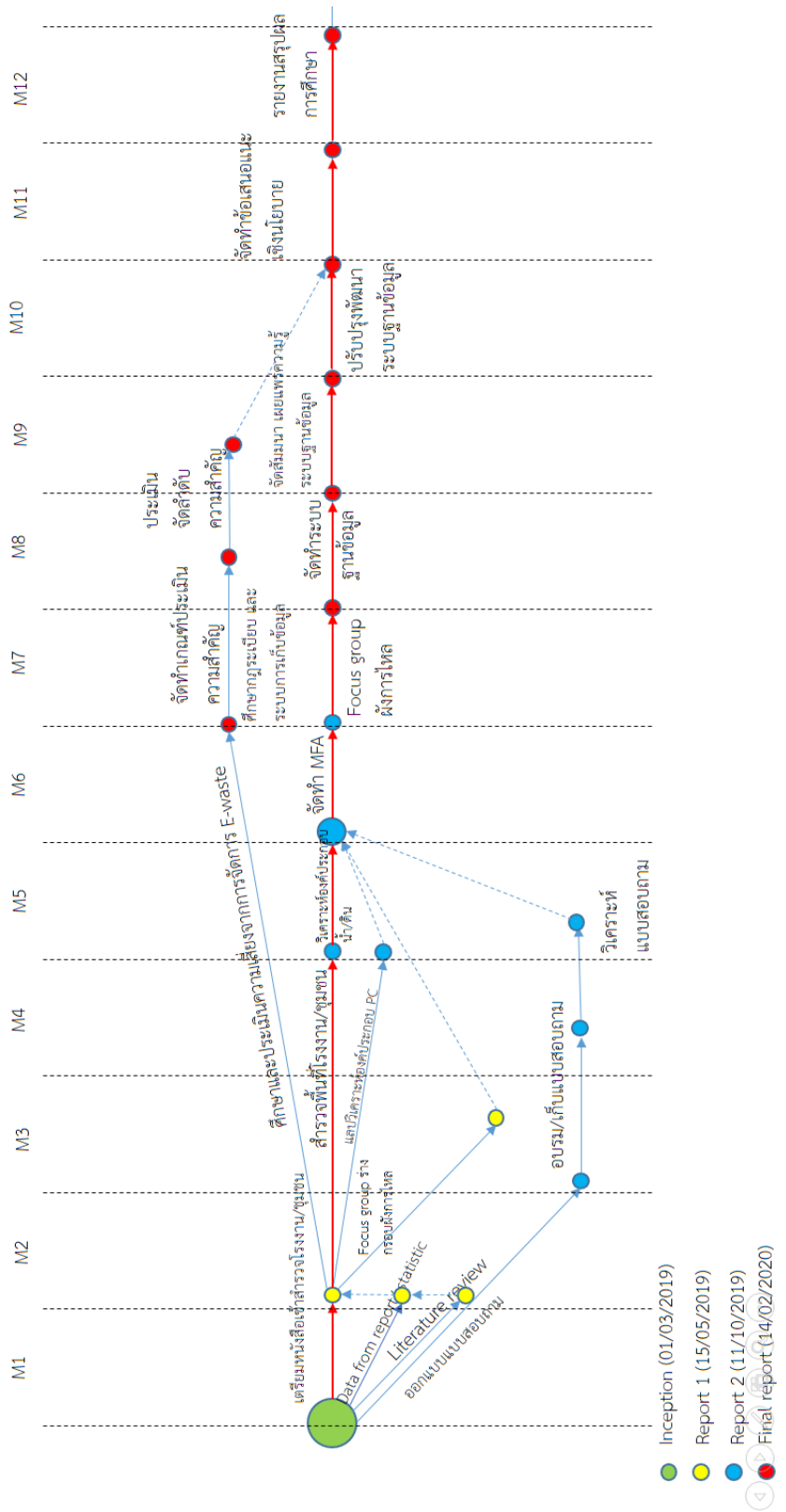
รูปที่ 3-1 แนวคิดในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม “Leverage of Change Model”

3.2 ขั้นตอนในการศึกษาของโครงการ

การศึกษานี้จะแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ได้แก่ การจัดทำผังการไหลของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย การประเมินความเสี่ยงของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ และการจัดทำระบบฐานข้อมูล โดยมีภาพรวมของการศึกษาในโครงการ แสดงดังรูปที่ 3-2 และขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียดแสดงดัง รูปที่ 3-3



รูปที่ 3-2 ภาพรวมของการศึกษาโครงการ



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด

3.2.1 ศึกษาผังการไหลของผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Material Flow Analysis) ในประเทศไทย

การศึกษานี้ได้ทำการจัดทำผังการไหลของผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิด ปริมาณการผลิต การนำเข้า-ส่งออก การจำหน่ายภายในประเทศ รวมถึงการใช้งานและการเกิดเป็นของเสีย โดยผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์ฯ ที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตและรวมแบตเตอรี่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์พกพา เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า หลอดไฟ และถ่านไฟฉาย โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2560 - 2561 เป็นปีฐาน ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ ได้ทำการสำรวจ ศึกษา และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการจัดการในประเทศไทย กระบวนการสำรวจศึกษา และรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ เพื่อนำข้อมูลมาจัดทำผังการไหลภาพรวมของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. รวบรวมข้อมูลเชิงสถิติ เช่น สก.2 กรมโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลการนำเข้า – ส่งออกจากกรมศุลกากร ข้อมูลจำนวนครัวเรือนในประเทศไทย และรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนแต่ละจังหวัดจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ข้อมูลการใช้พลังงานภาคธุรกิจจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

2. ร่างกรอบผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และ ของเสียอันตรายชุมชน โดยใช้โปรแกรม STAN ver.2.6.801 (Brunner and Rechberger, 2017)

3. ออกแบบแบบสอบถามสำหรับครัวเรือน และผู้ประกอบกิจการคัดแยก

ในการศึกษานี้ได้แบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แบบสอบถามครัวเรือน แบบสอบถามองค์กร/หน่วยงาน แบบสอบถามผู้คัดแยก (ตัวอย่างแบบสอบถามในภาคผนวก 1)

การกำหนดจำนวนตัวอย่าง

ใช้หลักการสุ่มตัวอย่างโดย Taro Yamane ในการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้เป็น 0.05

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

จากการคำนวณด้วยสูตรนี้จะได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการเป็นตัวแทนประชากรทั้งประเทศไทย จึงได้กำหนดภูมิภาคเป็น 5 ภูมิภาค เพิ่มตัวอย่างเป็น 1,600 ตัวอย่าง (ไม่รวมเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี และ คนชราอายุมากกว่า 80 ปี) โดยกำหนดจำนวนตัวอย่างตามสัดส่วนจำนวนประชากร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2562) จะได้จำนวนตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 3-1 จำนวนตัวอย่างที่ทำการเก็บแบบสอบถาม

ลำดับ	ภูมิภาค	พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง (คำนวณ)	จำนวนตัวอย่าง (ที่เก็บ)
1	กลาง	กรุงเทพฯและปริมณฑล	262	300
2	ตะวันออกเฉียงเหนือ	ขอนแก่น	532	550
3	ใต้	หาดใหญ่	227	250
4	เหนือ	เชียงใหม่	292	300
5	ตะวันออก	ชลบุรี	287	300

- **วิธีการสุ่มตัวอย่าง**

การกำหนดกลุ่มตัวอย่างมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บข้อมูลจากประชากรทั้งหมดอาจทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่สูงมากและบางครั้งเป็นเรื่องที่ต้องตัดสินใจภายในเวลาจำกัด การเลือกศึกษาเฉพาะบางส่วนของประชากรจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น เพื่อให้มีความเข้าใจในการเลือกตัวอย่าง จะขอนำเสนอความหมายของคำที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษานี้จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probability sampling) ในการกำหนดโอกาสที่หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยถูกเลือก ทำให้ทราบความน่าจะเป็นที่แต่ละหน่วยในประชากรจะถูกเลือก ซึ่งการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบนี้สามารถนำผลที่ได้อ้างอิงไปยังประชากรได้ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น

- การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยแบ่งประชากรออกตามพื้นที่โดยไม่จำเป็นต้องทำบัญชีรายชื่อของประชากร และสุ่มตัวอย่างประชากรจากพื้นที่ดังกล่าวตามจำนวนที่ต้องการแล้วศึกษาทุกหน่วยประชากรในกลุ่มพื้นที่นั้น หรือจะทำการสุ่มต่อเป็นลำดับขั้นมากกว่า 1 ระดับ โดยอาจแบ่งพื้นที่จากภาค เป็นจังหวัด จากจังหวัดเป็นอำเภอ และเรื่อยไปจนถึงหมู่บ้าน (สวนดุสิตโพล, มมป)

ในการศึกษานี้จะกำหนดจำนวนตัวอย่างด้วยหลักการ สุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster sampling) เพื่อให้ได้จำนวนตัวอย่างแต่ละภูมิภาค แล้วใช้วิธีเลือกตัวอย่างตามปัจจัยที่อาจส่งผลต่อจำนวนปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น รายได้ของครัวเรือน การประกอบอาชีพ ซึ่งวิธีการสุ่มนี้เรียกว่าการสุ่มแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็นโดยใช้หลักการ

- การสุ่มแบบมีจุดมุ่งหมาย หรือการสุ่มแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างให้ตรงตามหลักเกณฑ์หรือจุดมุ่งหมายของผู้วิจัย เช่น เลือกนักศึกษาที่มีผลการเรียนตั้งแต่ 3.00 ขึ้นไป เลือกสัมภาษณ์นักกรีฑาที่เป็นตัวแทนทีมชาติไทย เป็นต้น

- การสุ่มแบบตามสะดวก (Convenience Sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยกำหนดหน่วยตัวอย่างขึ้นเอง โดยคำนึงถึงความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น ผู้วิจัยเลือกนักเรียนที่อยู่ในชั้นที่ตนเองเป็นผู้สอนเป็นกลุ่มทดลองในการเปรียบเทียบวิธีสอน 2 วิธี ผู้วิจัยเลือกสัมภาษณ์ผู้ที่อยู่ในหมู่บ้านใกล้เคียงกับภูมิลำเนาเป็นกลุ่มตัวอย่าง

4. เก็บข้อมูลแบบสอบถามครัวเรือนของประเทศไทย

เป็นการทำแบบสอบถามเพื่อประเมินปริมาณของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนที่จะเกิดขึ้น โดยการทำแบบสอบถามจะแบ่งกลุ่มออกเป็น แบบสอบถามผู้ใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และแบบสอบถามผู้ที่ทำการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

- การทำแบบสอบถามจากกลุ่มผู้บริโภค จะแบ่งกลุ่มผู้บริโภคออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มครัวเรือน และ กลุ่มของหน่วยงาน/องค์กร ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้งานและก่อกำเนิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ ในการกำหนดขนาดตัวอย่างประชากรจากกลุ่มครัวเรือนคือ ศึกษาจากประชากรทั้งประเทศที่ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 จะได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง จากการคำนวณด้วยสูตรของ Yamane แต่อาจทำให้ตัวอย่างทั้งหมดไม่เพียงพอต่อการทำการวิเคราะห์ จึงแบ่งกลุ่มของประชากรทั้งประเทศออกเป็น 5 ส่วน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 1,600 ตัวอย่าง ตามจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ ดังนี้ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง และภาคตะวันออก โดยกำหนดสุ่มจังหวัดที่เป็นตัวแทนภาค 1 จังหวัด และกระจายสุ่มตามขนาดประชากรตามทะเบียนราษฎร์ในแต่ละพื้นที่ และในกลุ่มขององค์กร ได้แก่ โรงแรม ห้างสรรพสินค้า หน่วยงานราชการ อาคารสำนักงาน โดยจะสุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง ทั้งนี้ลักษณะคำถามของแบบสอบถามจะเป็นลักษณะเพื่อศึกษาพฤติกรรมหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

- การทำแบบสอบถามกลุ่มผู้ประกอบการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชน ประกอบกับการลงพื้นที่สำรวจชุมชน จำนวน 2 ชุมชน และโรงงานจำนวน 10 แห่ง

5. สำรวจโรงงาน/ชุมชน ที่ประกอบกิจการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (formal sector/informal sector)

6. วิเคราะห์แบบสอบถามครัวเรือน

7. วิเคราะห์และจัดทำผังการไหลการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และ ของเสียอันตรายชุมชน

(1) ประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธี “Consumption use method” ตามสมการที่ 1 โดยใช้ข้อมูลที่ประมวลผลมาจากแบบสอบถามครัวเรือน (Ikhlayel, 2016)

(2) ประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

(3) ประมวลผลข้อมูล โดยโปรแกรม STAN ver.2.6.801 (Brunner and Rechberger, 2017)

3.2.2 การจัดทำแนวทางการจัดลำดับความสำคัญของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

เป็นการจัดลำดับความสำคัญของผลิตภัณฑ์ และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการบริหารจัดการ และการกำจัดอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะพิจารณาจากข้อมูลในอดีต และการคาดการณ์ปริมาณที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยให้ครอบคลุมผลกระทบทั้งด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม

1. กำหนดและออกแบบเกณฑ์การประเมินการจัดลำดับความสำคัญของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
2. วิเคราะห์และประเมินความสำคัญของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานจากสารอันตรายในขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบบสอบถาม การสัมภาษณ์เกี่ยวกับชนิดและปริมาณของสารอันตรายที่อาจได้รับ รวมทั้งโอกาสและระยะเวลาที่อาจได้รับสารอันตราย เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของผู้ที่ดำเนินการรีไซเคิลระดับโรงงานและในระดับชุมชน เช่น
    - วิธีการคัดแยก และ/หรือ รีไซเคิล ขยะอิเล็กทรอนิกส์
    - การใช้อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (Personnel protective equipment; PPE)
    - ขั้นตอนการทำงาน เพื่อประเมินว่าขั้นตอนใดที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสได้รับสารอันตรายและมีโอกาสที่สารอันตรายปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม
    - ชนิดและอันตรายของสารอันตรายและวัสดุมีค่า รวมถึงมูลค่าของวัสดุมีค่าในขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้นๆ เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการคัดแยกรีไซเคิลวัสดุมีค่า
    - ชั่วโมงการทำงานและจำนวนวันในการทำงาน และความถี่ในการได้รับสาร
    - ข้อมูลเฉพาะบุคคล เช่น อายุของผู้ปฏิบัติงาน อายุงาน เพศ โรคประจำตัว ฯลฯ

ซึ่งในที่นี้ทางโครงการได้เลือกพื้นที่ศึกษาเชิงลึกเป็น ต.บ้านกอก อ.เชื่องใน จ.อุบลราชธานี เพื่อเป็นตัวอย่างในการศึกษาเชิงลึกถึงกระบวนการประกอบกิจการ ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักของพื้นที่

บริเวณการประกอบกิจการ เนื่องจากพื้นที่ ต.บ้านกอก อ.เชื่องใน จ.อุบลราชธานี เป็นหนึ่งในพื้นที่ศึกษาโครงการย่อยที่ 3 จึงเป็นการทำงานร่วมกันและขยายผลการดำเนินงานให้เป็นที่ประจักษ์มากขึ้น

3.2.3 การจัดทำระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลเป็นช่องทาง และเครื่องมือในการบูรณาการข้อมูลระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำเป็นบัญชีการไหลของวัสดุ (Material flow account) อย่างต่อเนื่อง สามารถใช้เป็นระบบติดตามและประเมินผลเชิงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้ในระยะยาว และต่อเนื่อง

1. ศึกษากฎระเบียบ และระบบการเก็บข้อมูลของหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลในผังการไหลของวัสดุ
2. จัดทำระบบฐานข้อมูลเพื่อให้เป็น Material flow accounting โดยให้มี Interface ที่สามารถแลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์จากข้อมูลได้ง่ายและสะดวก รวมทั้งสามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ ได้
3. จัดประชุมเพื่อนำเสนอแนวทางในการบูรณาการข้อมูล และชี้แจงให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเห็นประโยชน์ต่อการใช้งาน
4. จัดทำ Updated ข้อมูล Material flow account ผ่านการใช้งานระบบบูรณาการฐานข้อมูล

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาผังการไหล

4.1.1. ผลการสำรวจการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน

จากการดำเนินงานในการสำรวจพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของภาคประชาชนทั่วประเทศไทยเพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละชนิดในครัวเรือนพร้อมทั้งศึกษาอายุการใช้งาน รวมถึงพฤติกรรมการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หลังจากหมดอายุการใช้งาน เพื่อสามารถวิเคราะห์ปริมาณของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกเก็บในบ้านเรือน (Stock) หลังจากที่หมดอายุการใช้งาน ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปเป็นประเด็นและสาระสำคัญ ดังนี้

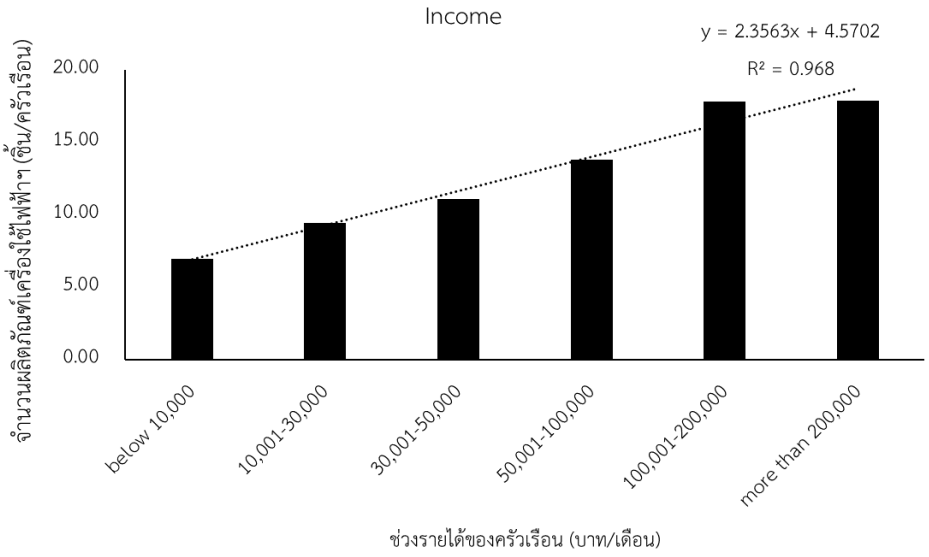
1) ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การประมาณการข้อมูลซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของทั้งประเทศจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องด้วยความหลากหลายของพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประชากร จึงทำให้การประมาณการณ์ภาพรวมอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย ดังนั้นการศึกษาปัจจัยของการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จึงมีความสำคัญเพราะจะทำให้การประมาณการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น

ในการศึกษานี้ได้ศึกษาปัจจัย 6 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อปริมาณการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน ได้แก่ รายได้ อาชีพ การศึกษา จำนวนสมาชิกในครัวเรือน ภูมิภาค และระยะเวลาที่อาศัยในบ้าน เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและปัจจัยเหล่านี้ สามารถประมาณปริมาณการเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังนี้

1.1) รายได้ (Income)

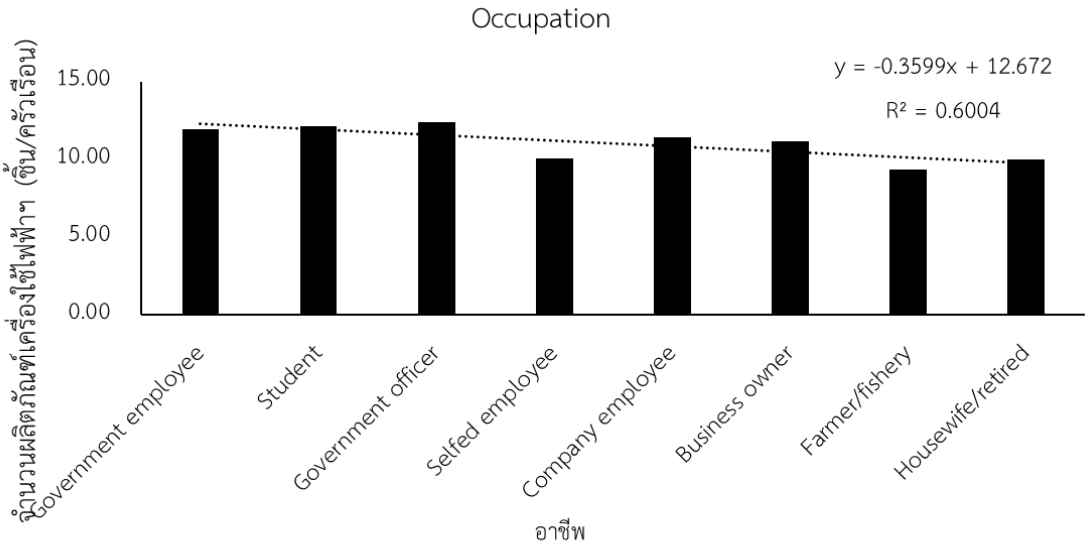
ในการศึกษานี้กำหนดรายได้ที่เป็นของหัวหน้าครอบครัวหรือคนที่มีอำนาจในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เข้ามาใช้ในครัวเรือน โดยมีช่วงรายได้กำหนดดังนี้ ต่ำกว่า 10,000 บาท/เดือน 10,001 – 30,000 บาท/เดือน 30,001 – 50,000 บาท/เดือน 50,001 – 100,000 บาท/เดือน 100,001 – 200,000 บาท/เดือน และมากกว่า 200,000 บาท/เดือน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนสูงขึ้นเมื่อรายได้สูงขึ้น และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.968 ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับรายได้ต่อครัวเรือน

1.2) อาชีพ (Occupation)

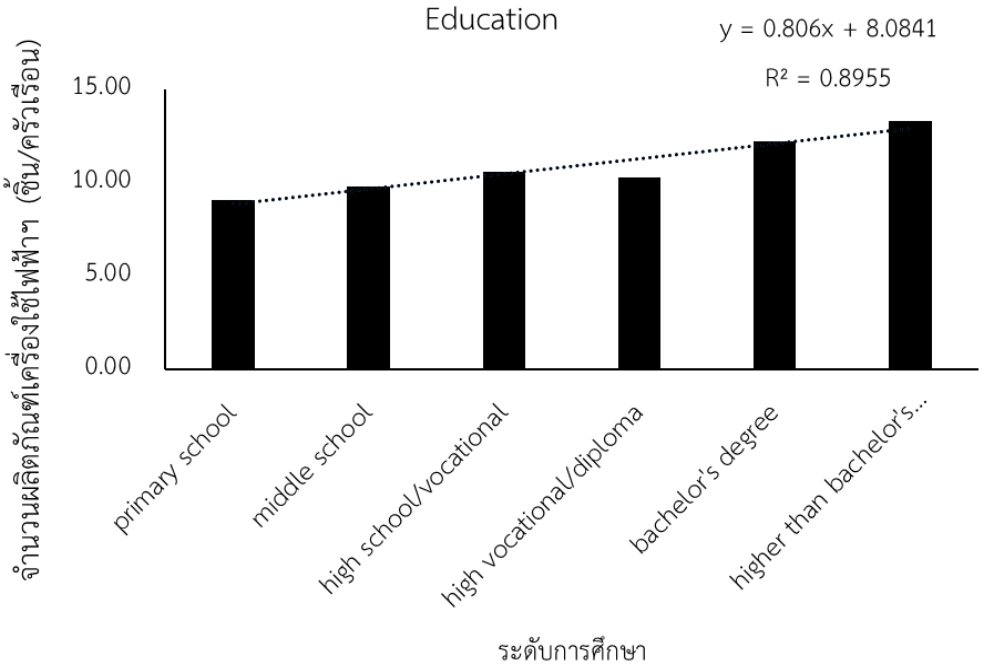
การสำรวจอาชีพของหัวหน้าครอบครัวเพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเลต โดยกำหนดอาชีพ ได้แก่ ลูกจ้างของรัฐ นักเรียน/นักศึกษา ข้าราชการ รับจ้างทั่วไป ลูกจ้างเอกชน ธุรกิจส่วนตัว เกษตรกร/ชาวประมง แม่บ้าน/เกษียนอายุ พบว่าการประกอบอาชีพไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ดังรูปที่ 4-2



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับอาชีพ

1.3) การศึกษา (Education)

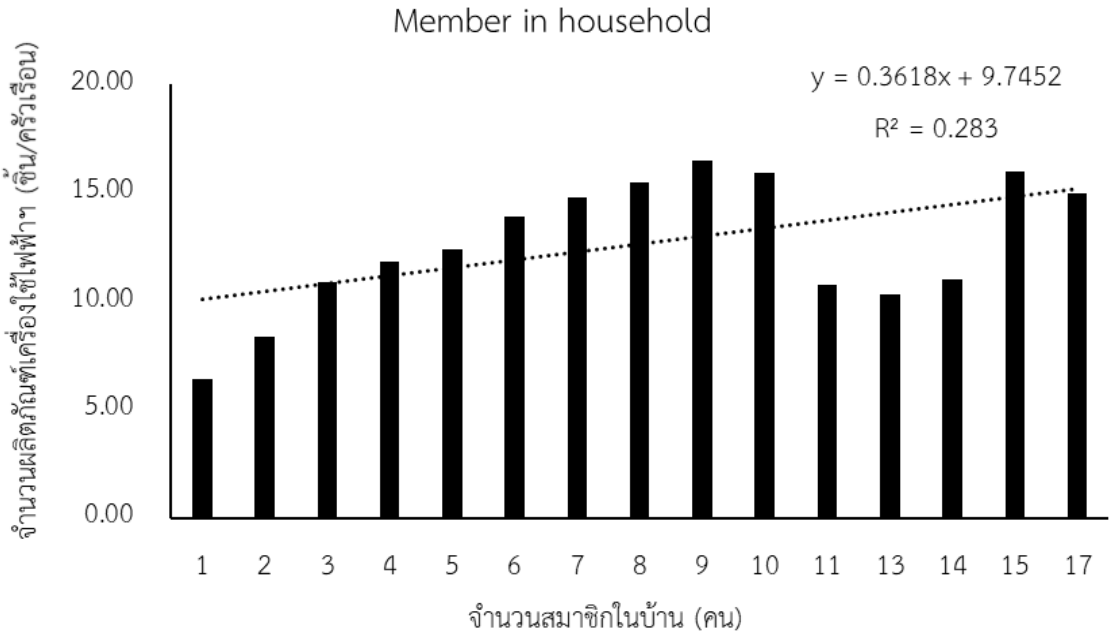
การสำรวจระดับการศึกษาของหัวหน้าครอบครัวเพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเลต โดยกำหนดระดับการศึกษา ได้แก่ ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ปวช/ปวส ระดับปริญญาตรี และสูงกว่าระดับปริญญาตรี พบว่าระดับการศึกษามีผลต่อปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก ที่พบในผู้ที่มีระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไป ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับระดับการศึกษา

1.4) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (Member in household)

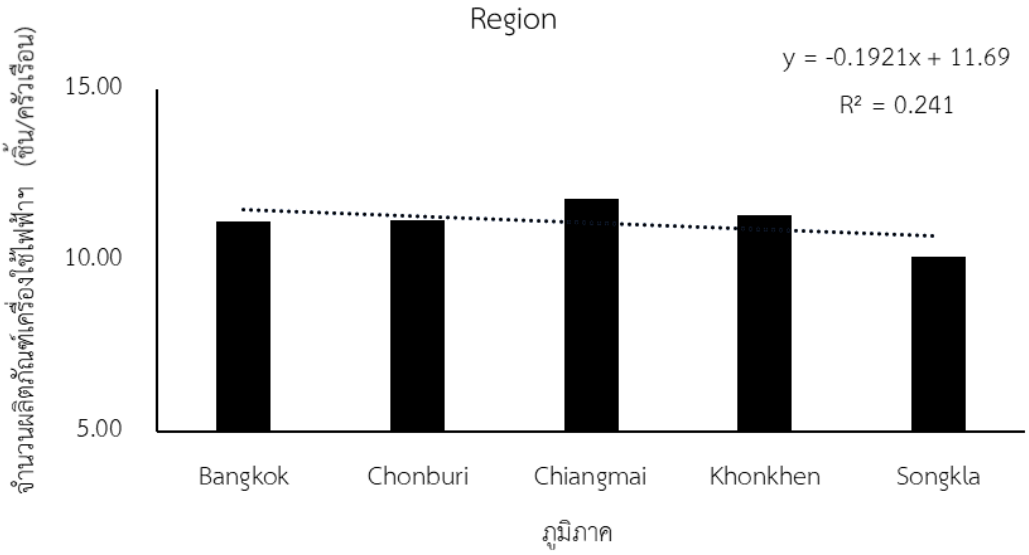
การสำรวจจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต พบว่าจำนวนสมาชิกในครัวเรือนไม่มีผลต่อปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าฯ ส่วนมากนั้นสามารถใช้ร่วมกันได้ในครัวเรือนไม่จำเป็นต้องมีคนละเครื่อง ดังนั้นจำนวนสมาชิกในบ้านจึงไม่มีผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับจำนวนสมาชิกในครัวเรือน

1.5) ภูมิภาค (Region)

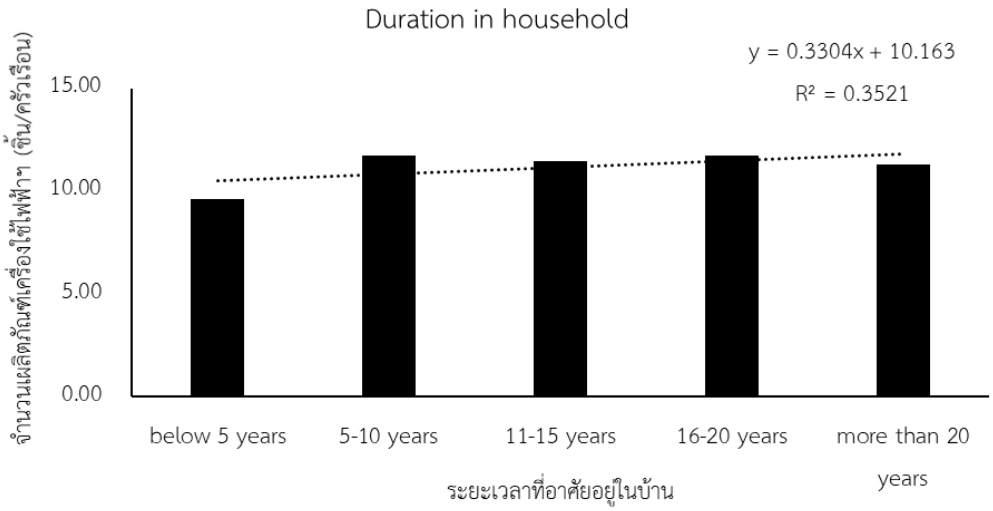
การสำรวจแยกภูมิภาคเพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต โดยมีภูมิภาคที่ทำการศึกษาคือ ภาคกลาง (กรุงเทพมหานคร) ภาคตะวันออก (ชลบุรี) ภาคเหนือ (เชียงใหม่) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ขอนแก่น) ภาคใต้ (สงขลา) ซึ่งการศึกษาปัจจัยด้านภูมิภาคจะเป็นการศึกษาพฤติกรรมการใช้งาน ประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของแต่ละภูมิภาค เนื่องจากสภาพแวดล้อม สังคม และวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน พบว่า ภาคใต้มีจำนวนผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าฯ น้อยกว่าภาคอื่นเนื่องจากไม่ค่อยมีการใช้งานเครื่องปรับอากาศเพราะสภาพอากาศที่มีฝนตกบ่อย ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับภูมิภาค

1.6) ระยะเวลาที่อาศัยในบ้าน (Duration in household)

การสำรวจระยะเวลาที่อาศัยในบ้าน เพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเลต โดยกำหนดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาคือ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในบ้านนั้น ต่ำกว่า 5 ปี 5 - 10 ปี 11 - 15 ปี 16 - 20 ปี และมากกว่า 20 ปี พบว่าเมื่อระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในบ้านมากกว่า 5 ปี จำนวนการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จะมีความคงที่ เนื่องจากเริ่มเกิดความมั่นคงและจัดหาผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าฯ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายในชีวิตครบถ้วนภายในระยะเวลา 5 ปีแล้ว ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนกับระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในบ้าน

เมื่อพิจารณาปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อปริมาณการเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พบว่ารายได้ต่อเดือนของครัวเรือนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด ซึ่งจะนำมาใช้ในการประมาณการณ์การเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในลำดับถัดไป

4.1.2. ผลการสำรวจโรงงาน

ในการจัดทำผังการไหลของการจัดการแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดำเนินการสำรวจโรงงาน 10 แห่ง จากการสำรวจพบว่าลักษณะการประกอบกิจการโรงงานรวบรวมและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนมากเป็นการถอดคัดแยกชิ้นส่วนโดยใช้แรงงานคนและอุปกรณ์ทางกายภาพเพื่อแยกประเภทชิ้นส่วนต่างๆ และส่งกำจัดชิ้นส่วนที่แยกได้ไปยังโรงงานอื่นๆ เช่น เหล็กถูกส่งไปยังโรงหลอมเหล็ก และพลาสติกถูกส่งไปรีไซเคิลยังโรงงานรีไซเคิลพลาสติกในประเทศ ส่วนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะถูกส่งไปรีไซเคิลต่างประเทศ ซึ่งผลการสำรวจโรงงานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการสำรวจโรงงานจำนวน 10 แห่ง

โรงงาน	จังหวัด	ลักษณะการประกอบกิจการ	วัตถุดิบขาเข้า	วัตถุดิบขาออก
1. โรงงาน ก	ปทุมธานี	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
2. โรงงาน ข	ปทุมธานี	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และขยะทั่วไป	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และขยะทั่วไป	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
3. โรงงาน ค	นครปฐม	รวบรวม/คัดแยกเศษแผงวงจร	เศษแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากการตัด	เศษฝุ่นทองแดง
4. โรงงาน ง	พิษณุโลก	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และขยะทั่วไป	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
5. โรงงาน จ	ชลบุรี	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากโรงงาน	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
6. โรงงาน ฉ	ลำพูน	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และขยะทั่วไปจากโรงงาน	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
7. โรงงาน ช	ชลบุรี	รวบรวม เศษทองแดง	เศษทองแดง	เศษทองแดงแยกประเภทส่งออกญี่ปุ่น
8. โรงงาน ซ	อยุธยา	รวบรวม หลอมกากทองแดง	กากตะกอนทองแดง	ทองแดงที่หลอมเสร็จ

โรงงาน	จังหวัด	ลักษณะการประกอบกิจการ	วัตถุดิบขาเข้า	วัตถุดิบขาออก
9. โรงงาน ฌ	สมุทรปราการ	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก
10. โรงงาน ญ	กรุงเทพฯ	สกัดทองจากน้ำยาชุบ/แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	น้ำยาชุบโลหะมีค่า	โลหะมีค่า เช่น ทองคำ เงิน แพลเลเดียม

สำหรับการสำรวจโรงงานที่มีการประกอบกิจการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะมีการรับขยะอิเล็กทรอนิกส์มาจากโรงงานโดยรอบพื้นที่ หรือการประมูลขยะอิเล็กทรอนิกส์จากองค์กรต่างๆ เพื่อทำการคัดแยก ซึ่งส่วนใหญ่ก็เป็นการคัดแยกด้วยแรงกล และมีอุปกรณ์ที่ใช้คัดแยก บางโรงงานใช้เครื่องจักรในการบดย่อยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแยกทองแดงออกจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ บางโรงงานมีการแยกเกรดของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นแบบเกรดสูง (High grade) ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โน๊ตบุ๊ก โทรศัพท์ เป็นต้น โดยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ชนิด High grade จะมีปริมาณโลหะมีค่าอยู่ภายในสูงกว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ชนิดเกรดต่ำ (Low grade) ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็นเครื่องซักผ้า เป็นต้น เมื่อทำการคัดแยกชิ้นส่วนแล้วก็จะมีการส่งสิ่งที่ได้จากการคัดแยกไปยังโรงงานรีไซเคิลทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศต่อไป

4.1.3. ผลการสำรวจชุมชน

ทางทีมวิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาคือ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี ที่มีจำนวนสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 13 แห่ง การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำงาน โดยแบบสอบถามผู้คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และได้ทำการเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดิน น้ำ (น้ำประปา น้ำผิวดิน น้ำบาดาล) และพืช ในบริเวณสถานประกอบการ และบริเวณรอบๆสถานประกอบการ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการสำรวจชุมชน

สถานประกอบการ	ลักษณะการประกอบกิจการ	วัตถุดิบขาเข้า	วัตถุดิบขาออก	พารามิเตอร์ทางสิ่งแวดล้อม
ร้าน A	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	ดิน พืช
ร้าน B	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	พืช

สถานประกอบการ	ลักษณะการประกอบกิจการ	วัตถุดิบขาเข้า	วัตถุดิบขาออก	พารามิเตอร์ทางสิ่งแวดล้อม
ร้าน C	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	ดิน น้ำ พืช
ร้าน D	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	-
ร้าน F	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	ดิน น้ำ พืช
ร้าน G	รวบรวม/คัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก พลาสติก	ดิน น้ำ พืช

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างโลหะหนักใน น้ำ ดิน และพืช ทั้งในสถานประกอบการ และบริเวณรอบๆสถานประกอบการ พบว่ามีปริมาณโลหะหนักบางชนิดมีค่าเกินค่ามาตรฐาน ในบางจุด เช่น บริเวณที่เป็นจุดเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์จะมีปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในดิน เช่น ทองแดง และตะกั่ว สูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนในสถานประกอบการ พบว่าส่วนใหญ่จะมีค่าปนเปื้อนโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐาน มีเพียงบางสถานประกอบการที่เกินค่ามาตรฐานเล็กน้อยเท่านั้น

นอกจากนี้ได้มีการทำแบบสอบถามเพิ่มเติมถึงลักษณะการประกอบกิจกรรมของผู้ประกอบการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ใน ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี ตั้งแต่ลักษณะการรับวัตถุดิบ โดยจะมีการรับขยะอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาคัดแยกปริมาณประมาณ 4 ตัน/สัปดาห์ และจะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นประเภทต่างๆ เช่น เหล็ก พลาสติก อะลูมิเนียม และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นนำส่งสิ่งที่คัดแยกได้ไปยังโรงงานรีไซเคิลต่อไป ซึ่งลักษณะการคัดแยกที่ใช้จะคัดแยกด้วยแรงกลเท่านั้น ไม่มีการชะละลายทองคำ และไม่มีการทุบทำลายจอโทรทัศน์ CRT ปัญหาและอุปสรรคของผู้ประกอบการคัดแยกคือ ปัญหาโพลียูริเทนโฟม (Polyurethane foam) ซึ่งมาจากการคัดแยกตู้เย็นที่ซึ่งมีขนาดใหญ่ ปริมาณมาก และไม่มีพื้นที่สำหรับกำจัดอย่างถูกวิธี จึงเป็นปัญหาสำคัญที่ชาวบ้านประสบในปัจจุบัน ในเรื่องของการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ส่วนใหญ่พบว่าชาวบ้านจะมีการใช้ถุงมือผ้า หน้ากากอนามัยผ้า ในขณะปฏิบัติงาน และมีชั่วโมงในการทำงาน 8 ชั่วโมง (8.00 - 17.00 น.) วันทำงาน 6 วัน หยุดวันอาทิตย์

ทีมวิจัยได้ทำการสำรวจพื้นที่ชุมชนที่มีการประกอบกิจกรรมคัดแยกเพิ่มเติมอีก 2 แห่ง ได้แก่ อ.ดอนตูม จ.นครปฐม และ อ.ป่าซาง จ.ลำพูน ซึ่งทั้งสองแห่งมีลักษณะการคัดแยกคล้ายคลึงกับ อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี โดยมีการรับขยะอิเล็กทรอนิกส์จากพื้นที่โดยรอบๆบริเวณประกอบกิจการคัดแยก

และส่วนมากใช้แรงกลในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด เพื่อให้ได้วัสดุที่สามารถขายได้ เช่น พลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม และส่งต่อไปยังกระบวนการรีไซเคิล

4.1.4. ผลการวิเคราะห์ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย

จากผลการศึกษามีการประเมินปริมาณการเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์จากชุมชน โดยวิธี Consumption use model (สมการที่ 1) ซึ่งข้อมูลที่นำมาประกอบในการคำนวณมีดังนี้

$$WEEE\ (t) = \frac{H(t)N_h(t)W}{L}$$ สมการที่ 1

กำหนดให้ WEEE = ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปีนั้นๆ (ตัน/ปี)

H = จำนวนครัวเรือน ณ ปีนั้นๆ (21,568,565 ครัวเรือนในปี 2562 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ,2562))

N_h = จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละครัวเรือน (ชิ้น/ครัวเรือน) (แบบสอบถามครัวเรือนจำนวน 1,600 ชุด)

W = น้ำหนักเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ (กิโลกรัม/ชิ้น) (รายงานน้ำหนักเฉลี่ยเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด)

L = อายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆในครัวเรือน (ปี) (แบบสอบถามครัวเรือนจำนวน 1,600 ชุด)

ข้อมูลการนำเข้า-ส่งออกขยะอิเล็กทรอนิกส์และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นการใช้ข้อมูลสถิติการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์จากกรมศุลกากร โดยมีพิกัด Harmonized Code (HS code) โดยมีพิกัดหลักแยกตามชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า และพิกัดย่อยที่กำกับว่าเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ตามอนุสัญญาบาเซลเป็นพิกัด 899 ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยไม่อนุญาตให้นำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2561

ข้อมูลการเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากภาคอุตสาหกรรมใช้ข้อมูลแบบสอบถามองค์กรจำนวน 100 ชุด เพื่อคำนวณปริมาณการเกิดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากภาพรวมการใช้ไฟฟ้าตามภาคเศรษฐกิจ สาขาธุรกิจการค้าของกระทรวงพลังงาน

ข้อมูลสัดส่วนองค์ประกอบภายในของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้หลังจากการคัดแยก ได้มาจากการศึกษาของ Oguchi et al. (2013) ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 สัดส่วนองค์ประกอบของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด

องค์ประกอบ (%)		CRT TV	LCD TV	Refrigerator	Air conditioner	Washing Machine	Personal computer	Notebook	Mobile phone
Metal		16.7	47.6	52.3	72.8	56.8	48.1	22.9	4
	Fe	76.05	90.34	91.01	63.05	91.01	98.13	85.15	20
	Al	0.6	7.98	2.49	12.77	2.49	0	10.48	0
	Cu	23.35	1.68	6.5	24.18	6.5	1.87	4.37	80
	Other	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Non metal		53.6	31.8	43.7	17.7	35.8	2.8	25.8	3.7
	Plastic	33	100	100	100	100	100	100	100
	Glass	67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Other	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PCB		8.7	11.6	0.5	2.7	1.7	9.4	13.7	30.3
	Au	0.002	0.055	0.013	0.011	0.0094	0.086	0.213	0.339
	Cu	34.117	49.502	51.358	56.682	38.8795	71.409	64.121	74.571
	Ag	0.057	0.165	0.013	0.044	0.0283	0.204	0.371	0.859
	Pb	6.634	4.675	6.344	4.383	1.2219	8.212	3.307	2.938
	Cd	0.006	0.000	0.026	0.002	0.0000	0.003	0.001	0.001
	Cr	0.027	0.000	0.008	0.008	0.0217	0.096	0.206	0.249
	As	0.010	0.006	0.009	0.000	0.0118	0.013	0.014	0.011
	Other	59.146	45.597	42.229	38.869	59.8273	19.977	31.768	21.034
Other		21.000	9	3.5	6.8	6.2	39.7	37.6	28.1

ที่มา Oguchi et al., 2013

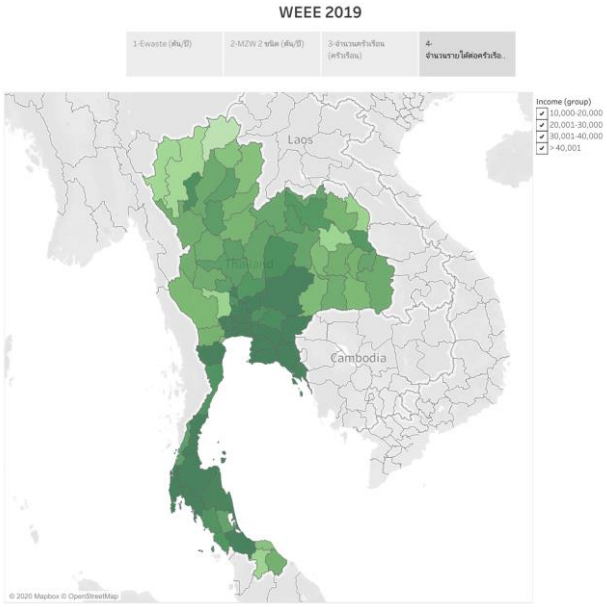
4.1.5. ผลการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์พบว่า รายได้ คือปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนแยกตามช่วงรายได้ ดังตารางที่ 4-4

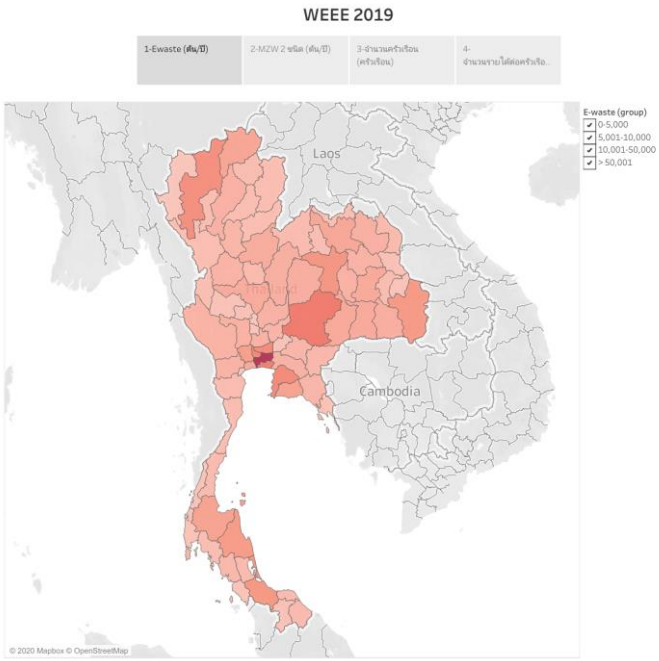
ตารางที่ 4-4 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือนจำแนกตามช่วงรายได้

	WEEE	โทรทัศน์	ตู้เย็น	เครื่องซักผ้า	เครื่องปรับอากาศ	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก	โทรศัพท์มือถือและแท็บเลต	ถ่านไฟฉาย	หลอดไฟ	ที่มา
	weight (kg)	7.00	48.00	45.00	36.28	7.00	2.00	0.13	0.01	0.24	Power buy
	lifetime (y)	6.28	11.39	10.02	7.12	7.79	6.42	2.68	1.00	1.00	question naire
รายได้ของครัวเรือน (บาทต่อเดือน)	less than 10000	1.424	1.101	0.747	0.475	0.212	0.414	2.556	7.384	7.384	questionnaire
	10001-30000	1.735	1.193	1.026	0.923	0.346	0.712	3.497	9.825	9.825	
	30001-50000	1.977	1.326	0.953	1.526	0.450	0.953	3.899	12.148	12.148	
	50001-100000	2.331	1.461	1.172	2.169	0.640	1.373	4.646	15.601	15.601	
	100001-200000	2.821	1.731	1.423	3.064	1.090	1.782	5.897	21.705	21.705	
	more than200000	2.743	1.771	1.143	3.343	1.143	1.743	5.971	34.514	34.514	

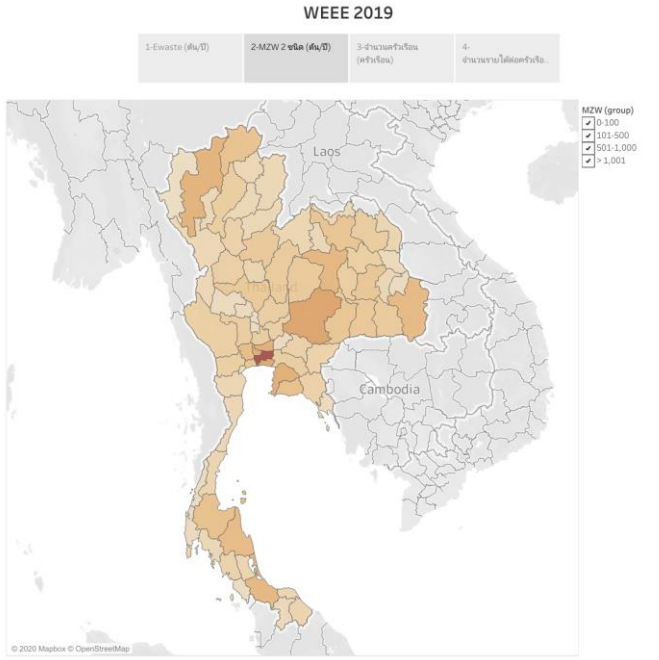
เมื่อพิจารณารายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนของประชากรในแต่ละจังหวัด ดังรูปที่ 4-7 และจำนวนครัวเรือนแต่ละจังหวัดสามารถวิเคราะห์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือนได้ ดังรูปที่ 4-8 และของเสียอันตรายชุมชน ดังรูปที่ 4-9



รูปที่ 4-7 จำนวนรายได้ต่อครัวเรือนแยกตามรายจังหวัด (ที่มา: smartformplus.net/WEEE)



รูปที่ 4-8 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิดแยกตามรายจังหวัด
(ที่มา: smartformplus.net/WEEE)



รูปที่ 4-9 ปริมาณของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิดแยกตามรายจังหวัด
(ที่มา: smartformplus.net/WEEE)

ตารางที่ 4-5 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนที่ประเมินได้

ชนิด	รวม (ตัน)	รวม (ตัน)
โทรทัศน์	43,169.92	386,298.85
ตู้เย็น	111,452.17	
เครื่องปรับอากาศ	97,743.59	
เครื่องซักผ้า	117,770.56	
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	7,211.73	
คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก	5,186.94	
โทรศัพท์มือถือและแท็บเลต	3,763.94	
ถ่านไฟฉาย	1,240.31	28,160.38
หลอดไฟ	26,920.07	

4.1.6. ผลการประเมินซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กร

ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาองค์กรจำนวนทั้งสิ้น 100 องค์กร ประกอบด้วย องค์กรต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-6 จำนวนตัวอย่างปริมาณตัวอย่างและประเภทขององค์กร

ประเภทของสำนักงาน	จำนวน (แห่ง)	ประเภทของสำนักงาน	จำนวน (แห่ง)
สำนักงาน	34	โรงงาน	31
โรงแรม	10	โรงเรียน	5
ห้างสรรพสินค้า	3	ศาสนสถาน	6
โรงพยาบาล	5	อื่นๆ	1
ร้านอาหาร	16		

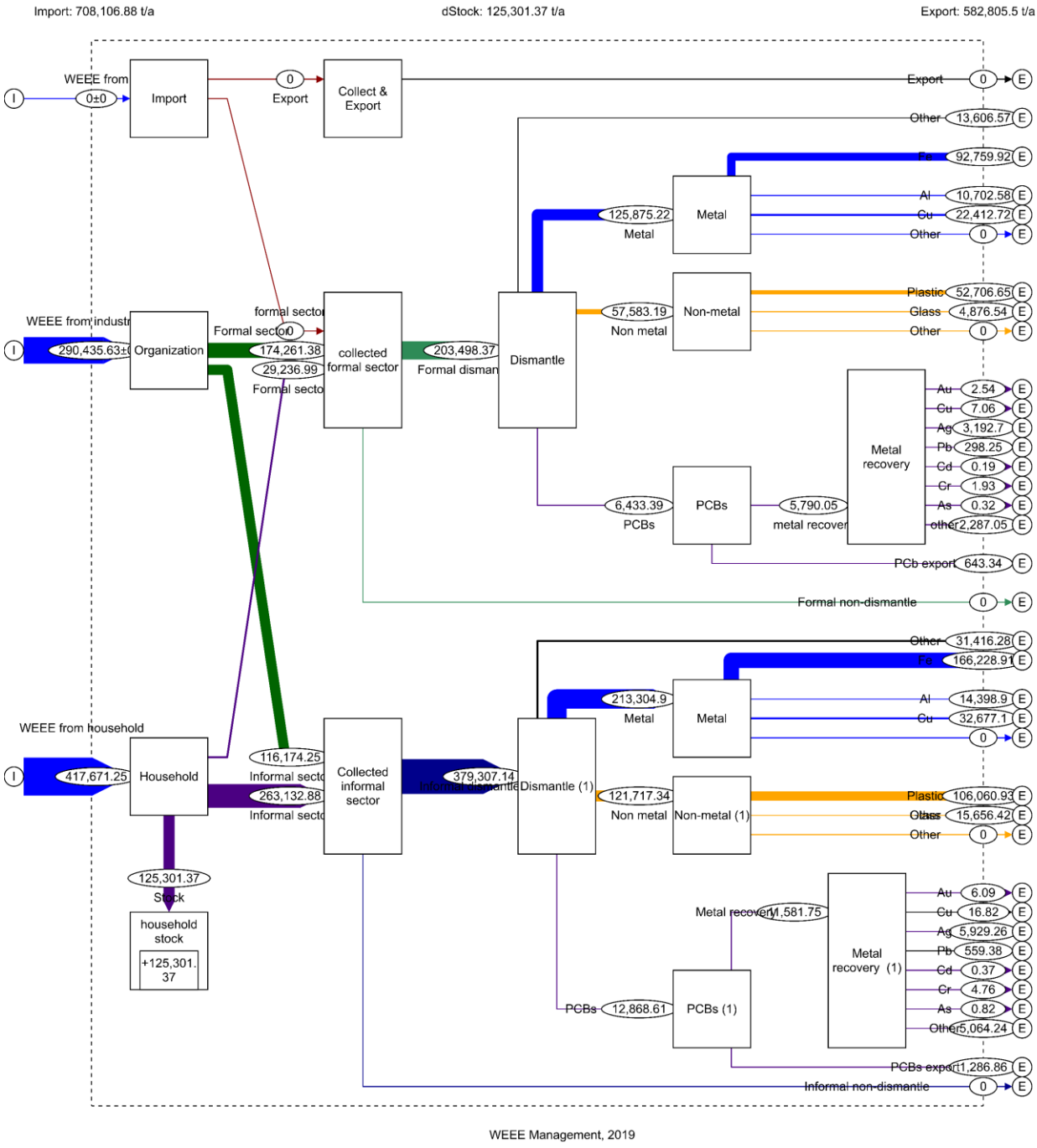
ซึ่งปัจจัยที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กรจะประมาณการณ์โดยใช้ค่าไฟเป็นตัวแปร เนื่องจากข้อมูลค่าไฟเฉพาะภาคธุรกิจมีการบันทึกข้อมูลไว้ ดังนั้นการประเมินซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กร มีผลการประเมินดังนี้

ตารางที่ 4-7 ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขององค์กรที่ประเมินได้

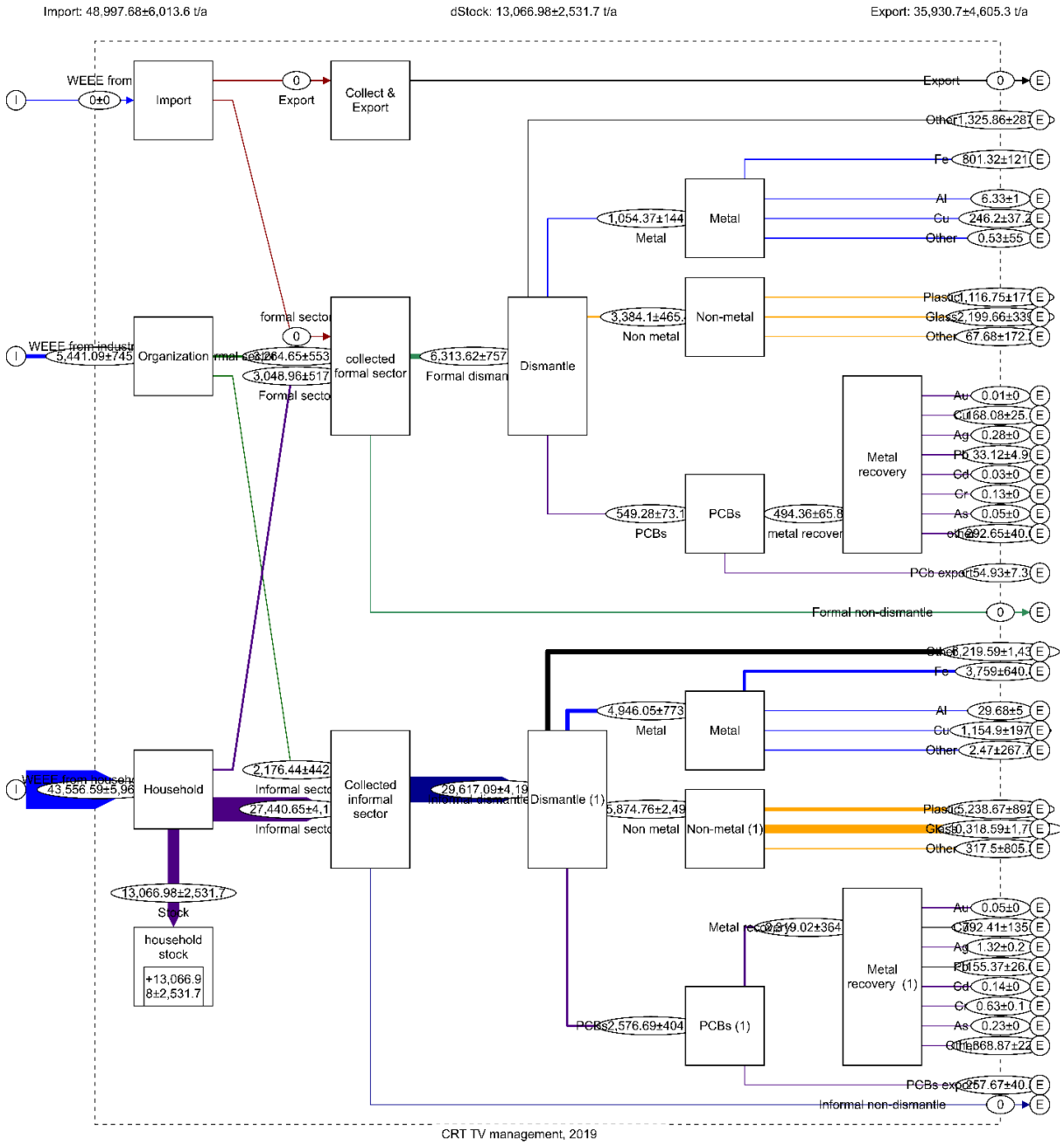
ชนิด	รวม (ตัน)	รวม (ตัน)
โทรทัศน์	15,545.98	290,435.63
ตู้เย็น	89,468.67	
เครื่องปรับอากาศ	162,087.61	
เครื่องซักผ้า	6,067.51	
คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	15,821.97	
คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก	757.55	
โทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ต	686.31	

4.1.7. ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย

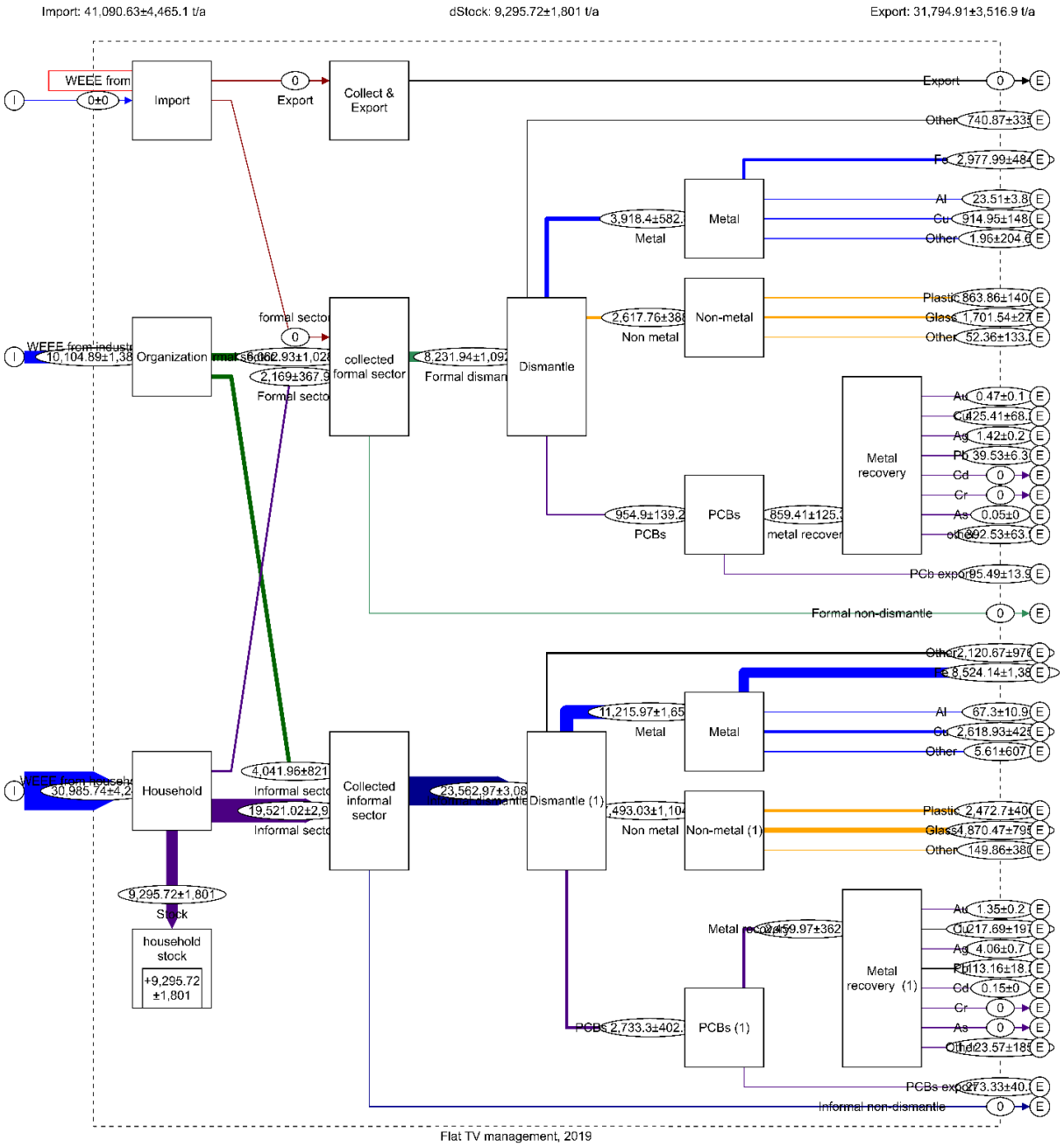
งานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษาผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊คบุ๊ค และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต รวมถึงของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิด ได้แก่ หลอดไฟ และถ่านไฟฉาย ในปี พ.ศ. 2562 ในระดับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และระดับองค์ประกอบภายในทั้งที่มีมูลค่าและที่อาจก่อให้เกิดอันตราย โดยมีการจำแนกส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ผู้ก่อกำเนิด (นำเข้า องค์กรและโรงงาน และชุมชน) ผู้เก็บรวบรวมและคัดแยก (Formal sector และ Informal sector) และส่วนสุดท้ายคือ สิ่งที่ได้จากการคัดแยก (โลหะ อโลหะ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และอื่นๆ) โดยข้อมูลเชิงปริมาณที่ใช้ในการคำนวณมาจากแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ ข้อมูลสถิติและข้อมูลจากรายงานที่ผ่านมา มาประกอบเป็นผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย 9 ชนิด ในปี พ.ศ.2562 โดยลักษณะผังการไหลจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ผังการไหลของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด (โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต) และผังการไหลของของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิด (หลอดไฟ และถ่านไฟฉาย) ดังนี้



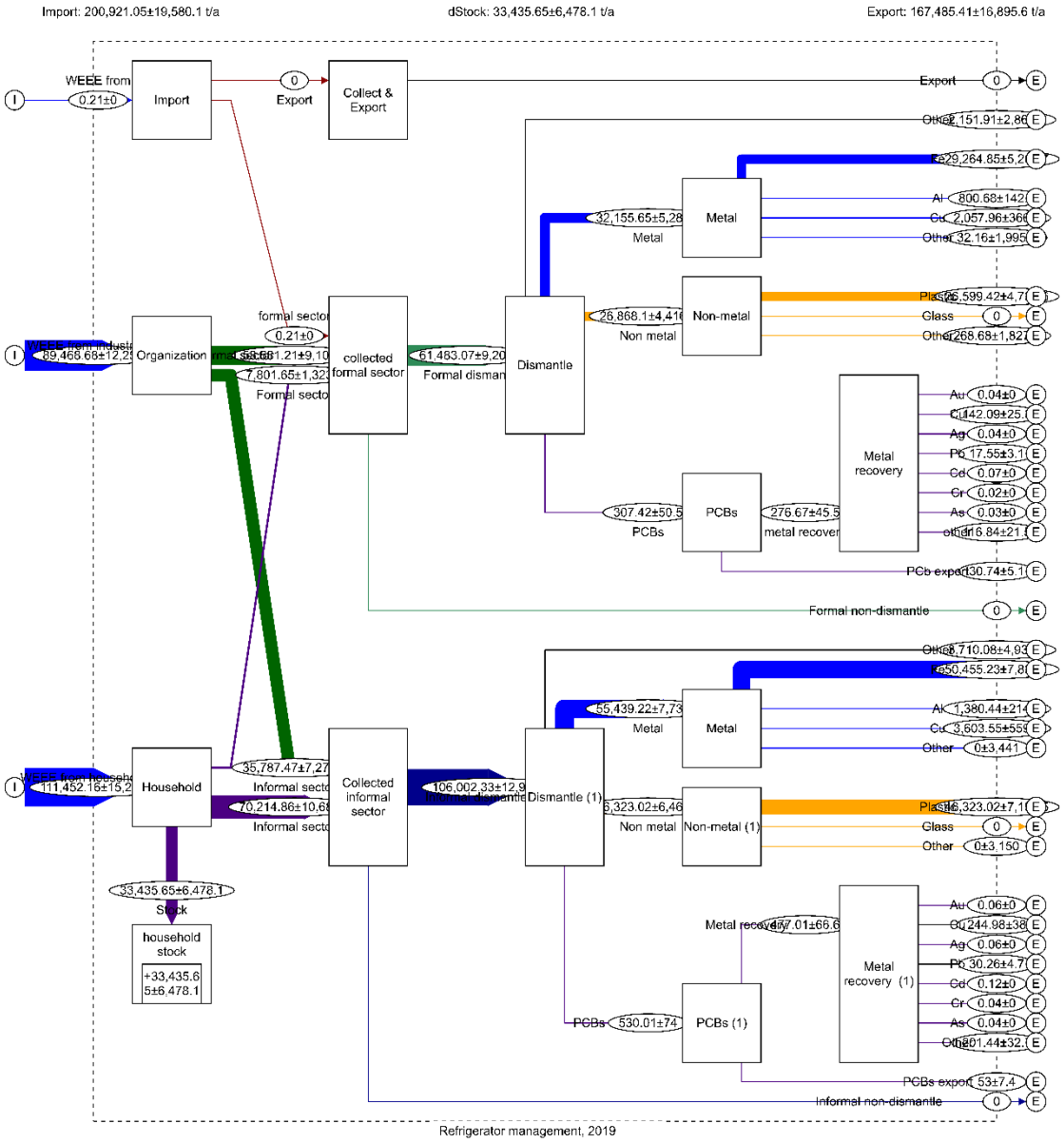
รูปที่ 4-10 ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



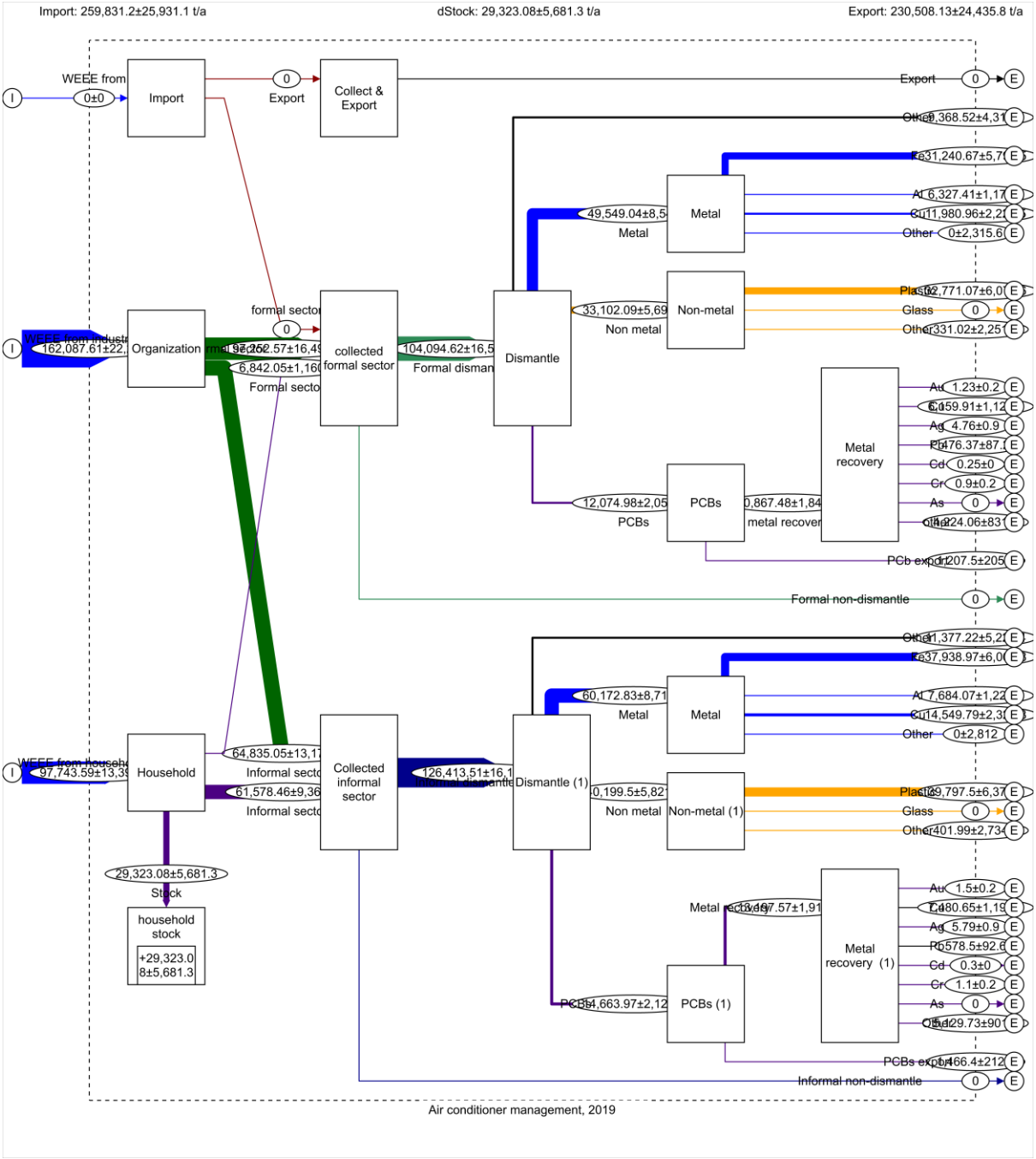
รูปที่ 4-11 ผังการไหลการจัดการซากโทรทัศน์จอตู้ (CRT television) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



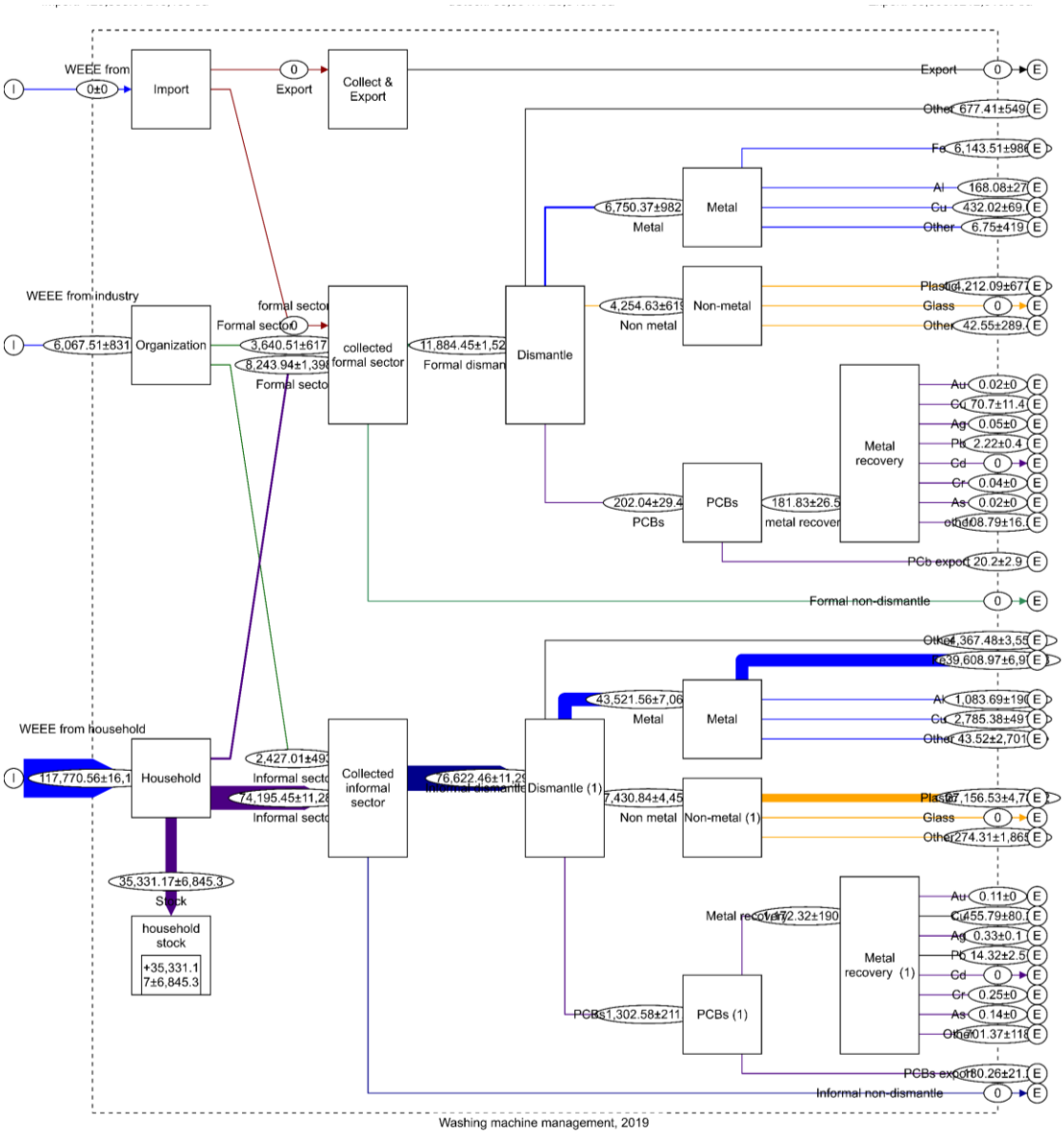
รูปที่ 4-12 ผังการไหลการจัดการซากโทรทัศน์จอแบน (Flat television) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



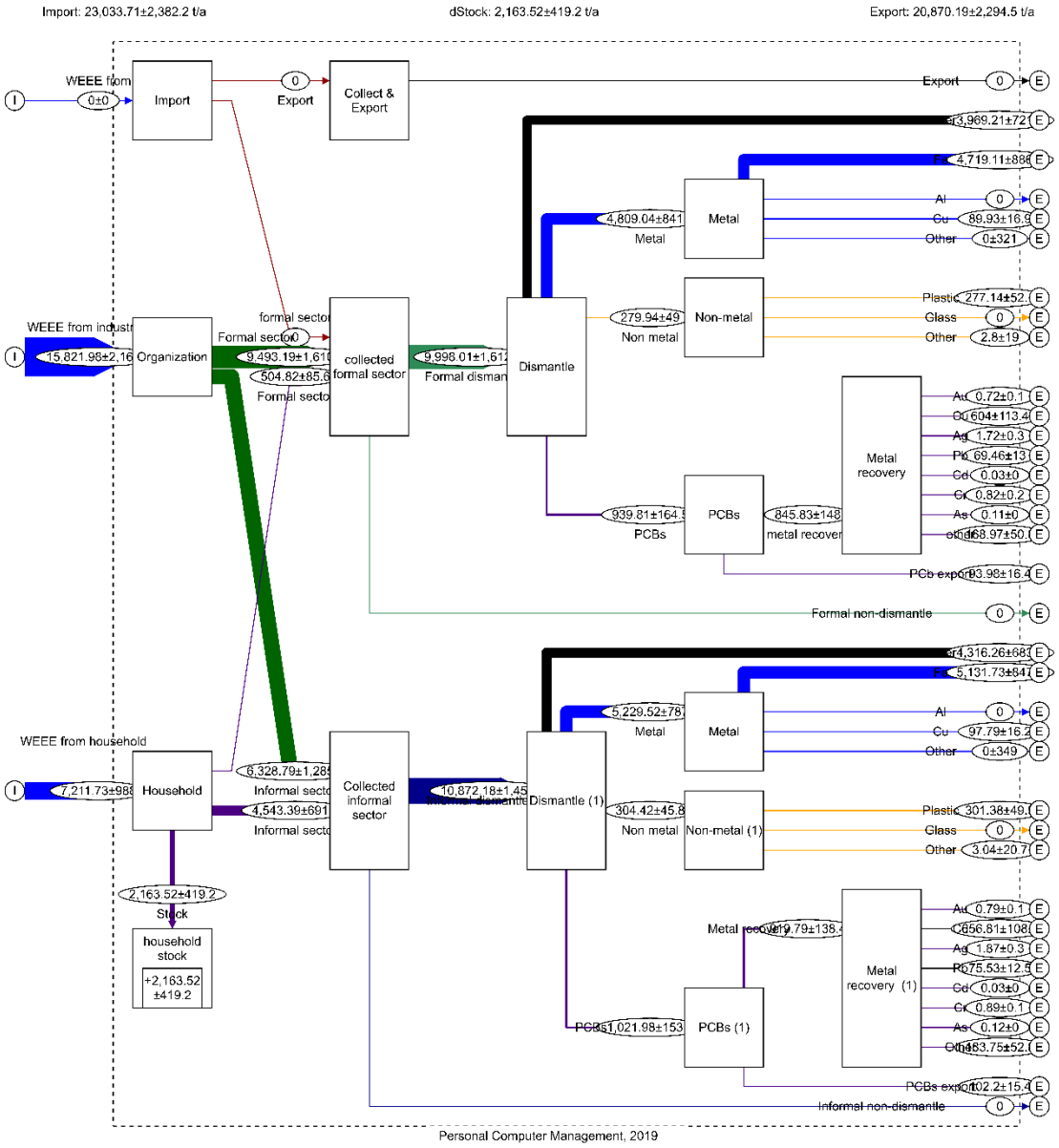
รูปที่ 4-13 ผังการไหลการจัดการซากตู้เย็น (Refrigerator) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



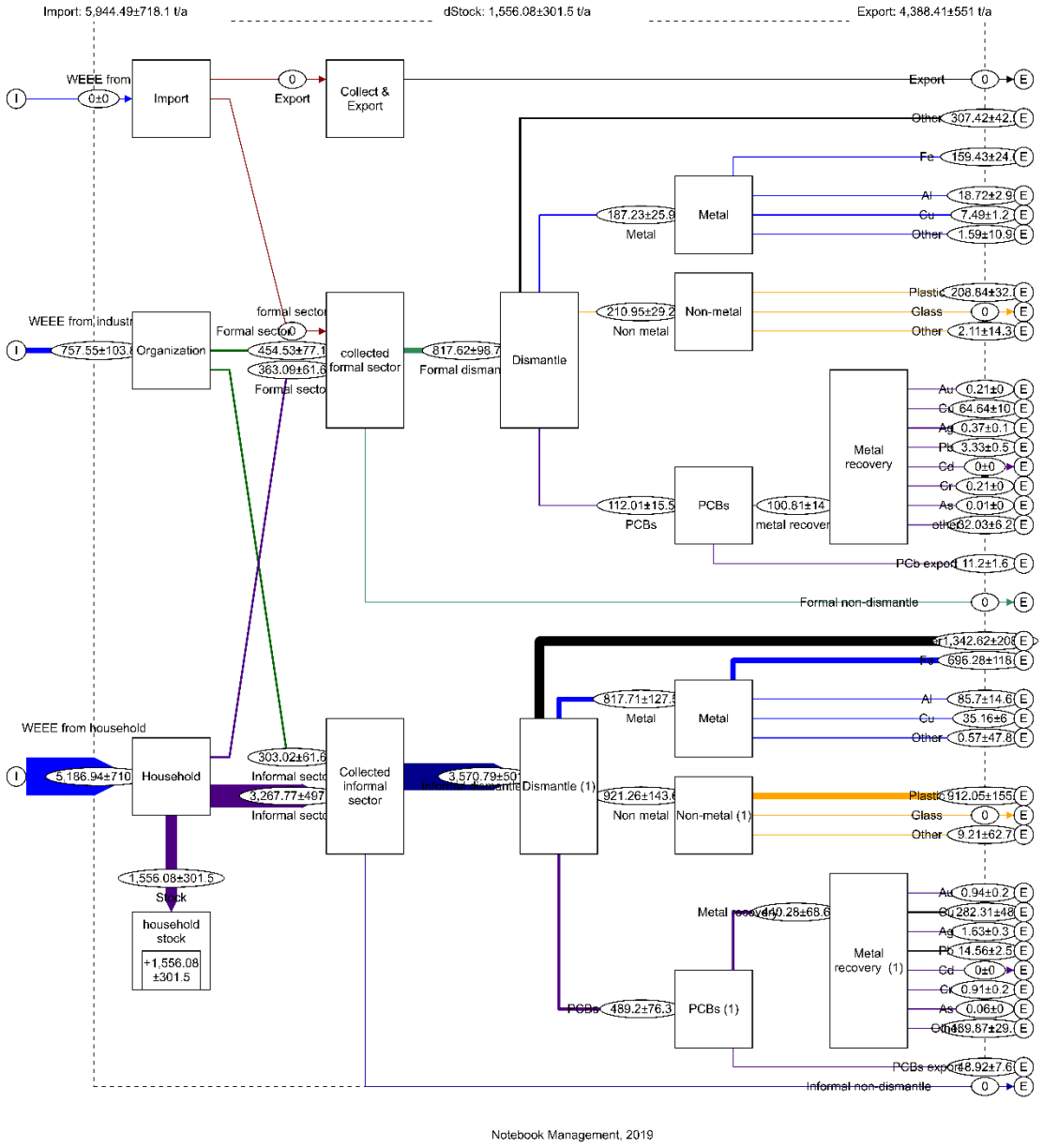
รูปที่ 4-14 ผังการไหลการจัดการซากเครื่องปรับอากาศ (Air conditioner) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



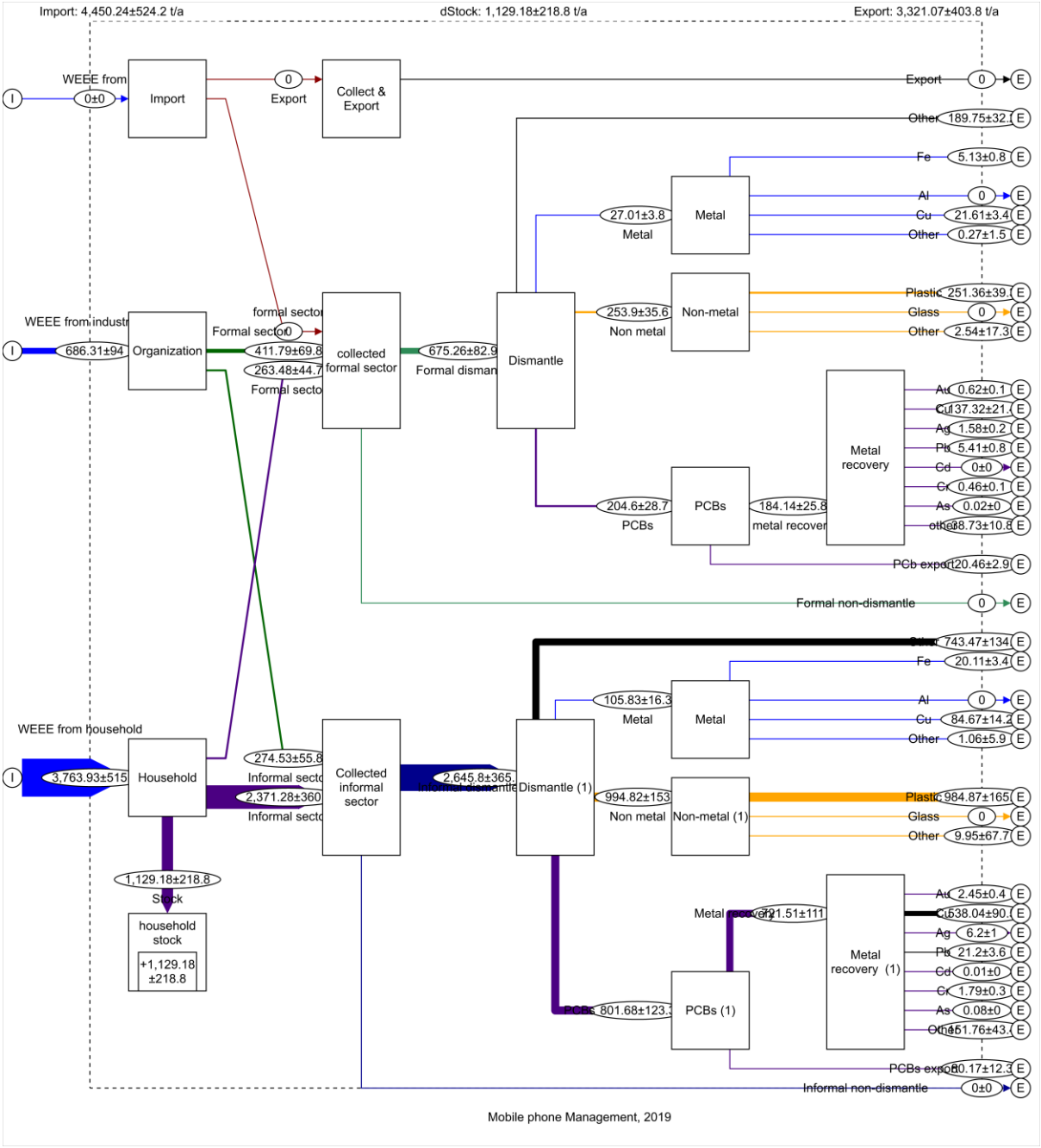
รูปที่ 4-15 ผังการไหลการจัดการซากเครื่องซักผ้า (Washing machine) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



รูปที่ 4-16 ผังการไหลการจัดการซากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Personal computer) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



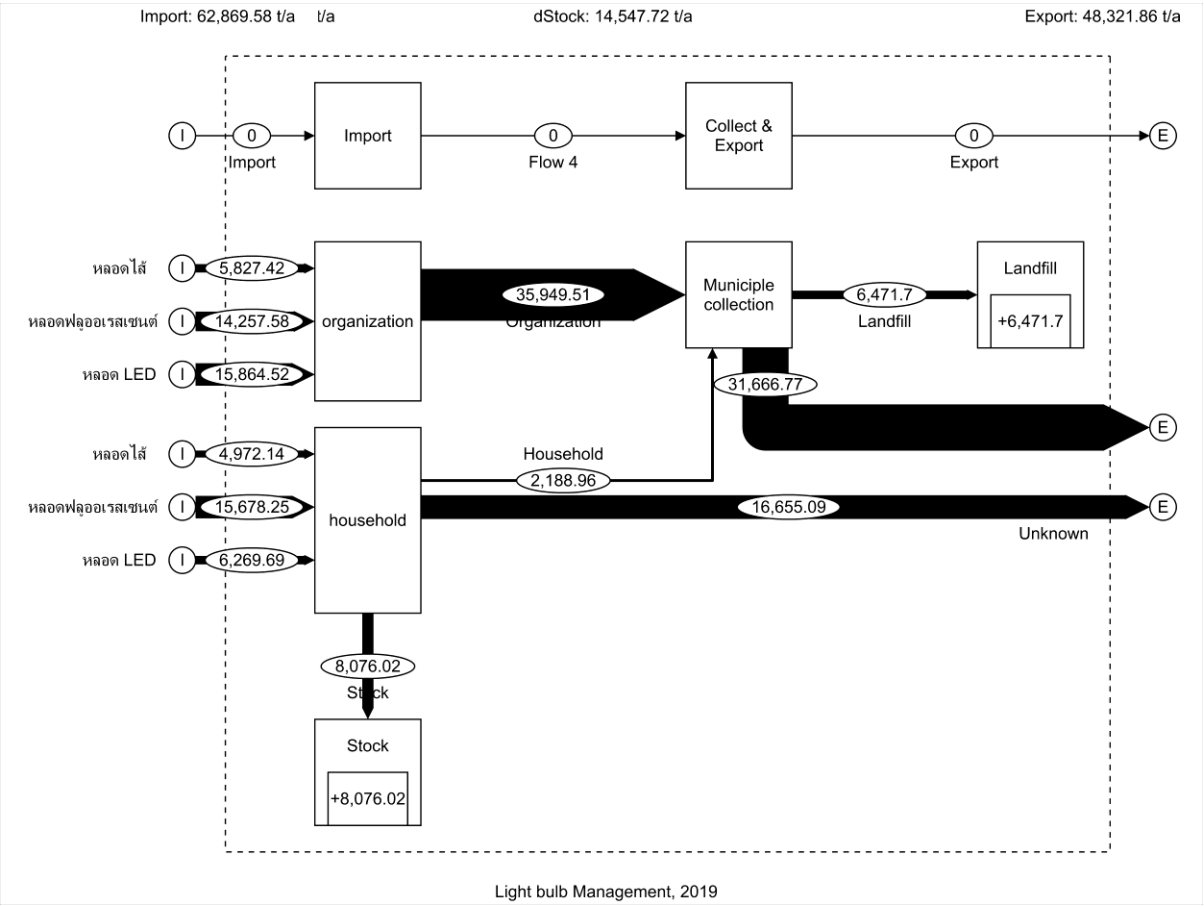
รูปที่ 4-17 ผังการไหลการจัดการซากคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก (Notebook) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



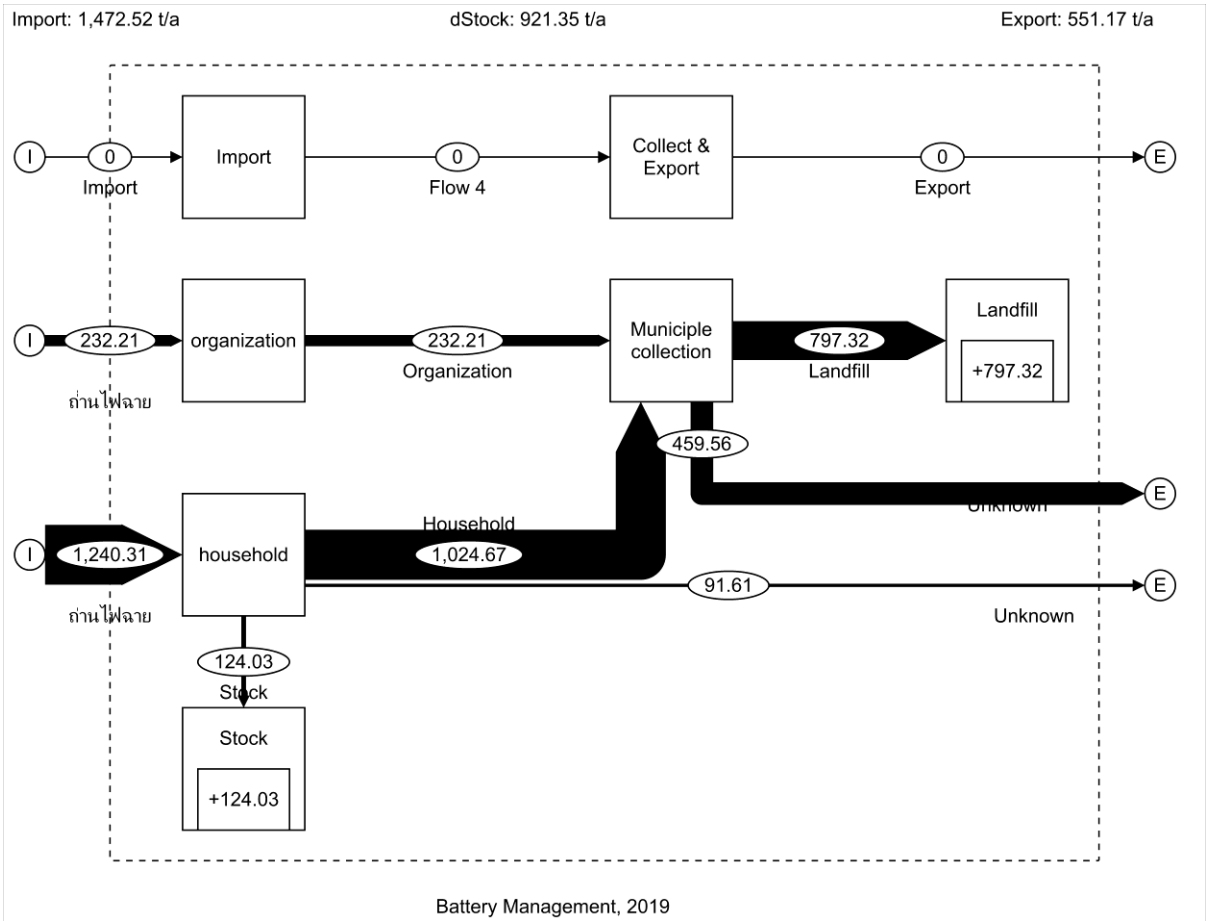
รูปที่ 4-18 ผังการไหลการจัดการซากโทรศัพท์มือถือและแท็บเล็ต (Mobile phone/tablet) ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562

ซึ่งจากการศึกษาผังการไหลของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มาจากองค์กร 290,435.63 ± 25,512.16 ตัน/ปี และจากครัวเรือน 386,298.85 ± 26,557.56 ตัน/ปี จากนั้นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะถูกคัดแยกโดยโรงงาน (Formal sector) คิดเป็นร้อยละ 28.74 ชุมชน (Informal sector) คิดเป็นร้อยละ 53.57 และมีส่วนที่ไม่ได้มีการจัดการ โดยอาจถูกจัดเก็บในบ้านเรือน เมื่อศึกษาถึงสิ่งที่ได้จากการคัดแยก พบว่า ได้โลหะร้อยละ 57.99 อโลหะร้อยละ 30.54 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) ร้อยละ 3.25 และส่วนประกอบที่ไม่สามารถแยกชนิดได้ จากผลการศึกษาพบว่าที่ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่มาจากครัวเรือน และถูกจัดการด้วยผู้รับคัดแยกที่เป็นชุมชน

การวิเคราะห์ผังการไหลของของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิด คือ หลอดไฟและถ่านไฟฉาย ที่ส่วนใหญ่จะถูกจัดการโดยทิ้งรวมกับขยะชุมชน และไม่มีการถอดแยกเพื่อทำการรีไซเคิล ทำให้ผังการไหลของการจัดการขยะชุมชนจะมีความแตกต่างกับผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้



รูปที่ 4-19 ผังการไหลการจัดการซากหลอดไฟของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562



รูปที่ 4-20 ผังการไหลการจัดการซากแบตเตอรี่ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562

จากการศึกษาผังการไหลของเสียอันตรายชุมชน พบว่า มีปริมาณหลอดไฟจากภาคองค์กรและครัวเรือน 35,949.51 ± 485.31 ตัน /ปี และ 26,920.07 ± 363.42 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนถ่านไฟฉายจากภาคองค์กรและครัวเรือนมีปริมาณ 232.21 ± 3.13 ตัน/ปี และ 1,240.30 ± 16.74 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าของเสียอันตรายชุมชนทั้งสองชนิดถูกทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด แต่ปริมาณมูลฝอยอันตรายที่ถูกนำไปฝังกลบอย่างถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 11.29 ที่เหลือไม่มีข้อมูลบันทึกไว้อย่างแน่ชัด

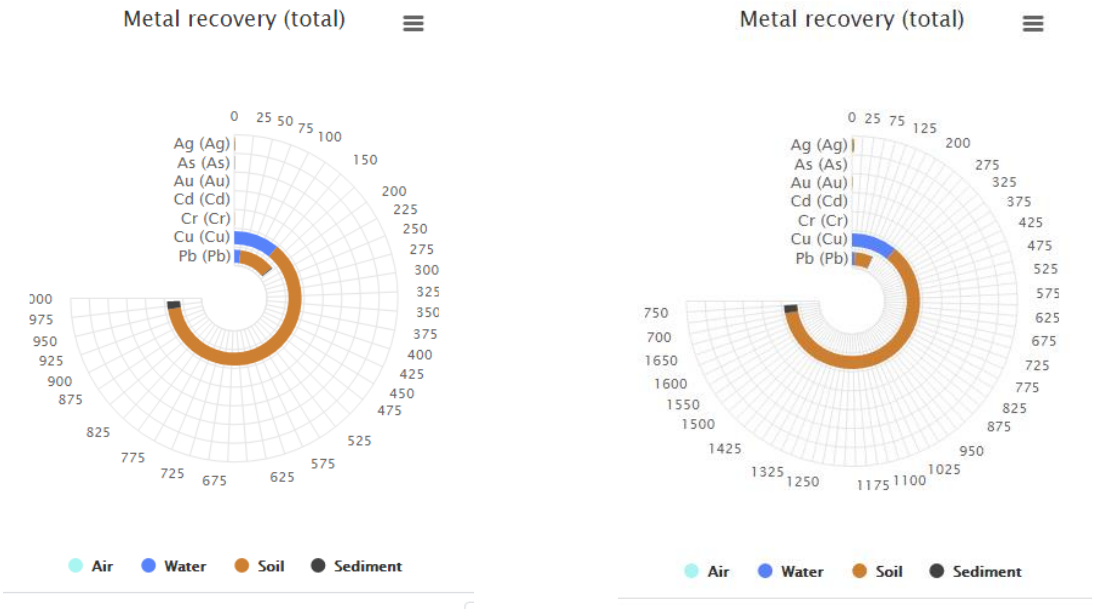
4.2 การประเมินความเสี่ยงและการจัดลำดับความสำคัญของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

การศึกษาเกี่ยวกับซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในครั้งนี้ ทำให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณของเส้นทางการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 7 ชนิดในประเทศไทย ได้แก่ โทรทัศน์ (CRT และ LCD) ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต ในปี พ.ศ. 2562 ของประเทศไทย ทั้งปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้น ปริมาณวัตถุมีค่า เช่น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พลาสติก เหล็ก (Fe) อลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu) ฯลฯ รวมถึงปริมาณ

โลหะหนักที่อาจปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลเชิงปริมาณจากการทำผังการไหล (Material flow analysis) สามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการออกนโยบายและวางแผนเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยได้ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้นำข้อมูลจากผังการไหลมาประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งประเมินความเสี่ยงที่อาจได้รับอันตราย ควบคู่กับการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินความเป็นไปได้และแนวทางในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้นำข้อมูลส่วนที่เป็นขยะมาคิด เนื่องจากข้อมูลส่วนนี้ไม่ได้ถูกนำมาใช้คำนวณในผังการไหล จนได้ข้อมูลสุดท้าย (ปริมาณวัตถุมีค่า/ไม่มีค่า ฯลฯ)

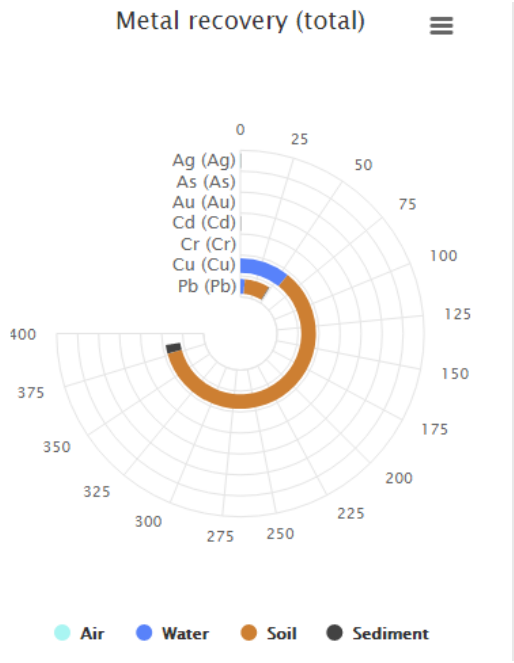
1. การประเมินการแพร่กระจายของโลหะในสิ่งแวดล้อม

การศึกษาในครั้งนี้ใช้สัดส่วนการแพร่กระจายไปสู่เฟส (phase) ต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมจาก SimpleBox model version 4.0 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้สมดุลมวลในการประเมินการแพร่กระจายของสารในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ของ RIVM (the Dutch National Institute for Public Health and the Environment, https://www.rivm.nl/en/soil-and-water/simplebox) มาคำนวณกับข้อมูลปริมาณโลหะต่างๆ ที่ได้จาก ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย มาคำนวณกับสัดส่วนการแพร่กระจายไปสู่เฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมที่ได้จาก SimpleBox model version 4.0 จะได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 4-8 และ รูปที่ 4-21

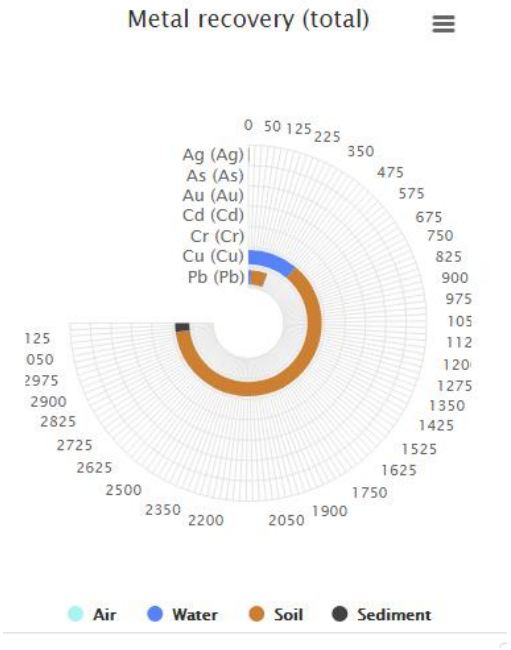


CRT-TV LCD-TV

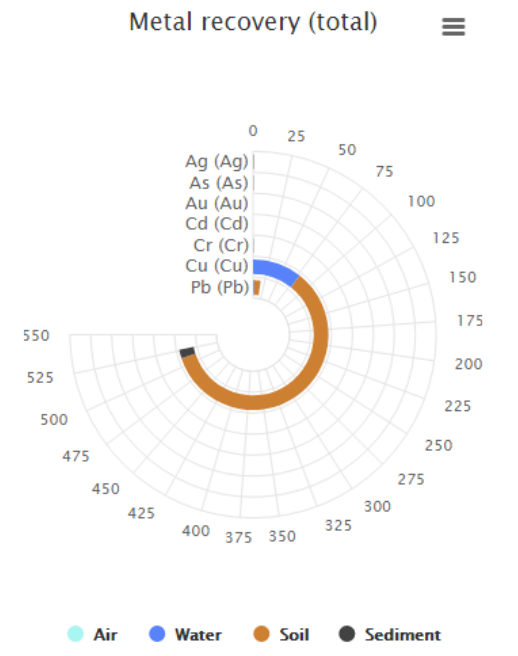
รูปที่ 4-21 รูปจากฐานข้อมูลแสดงปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม (ที่มา: smartformplus.net/WEEE)



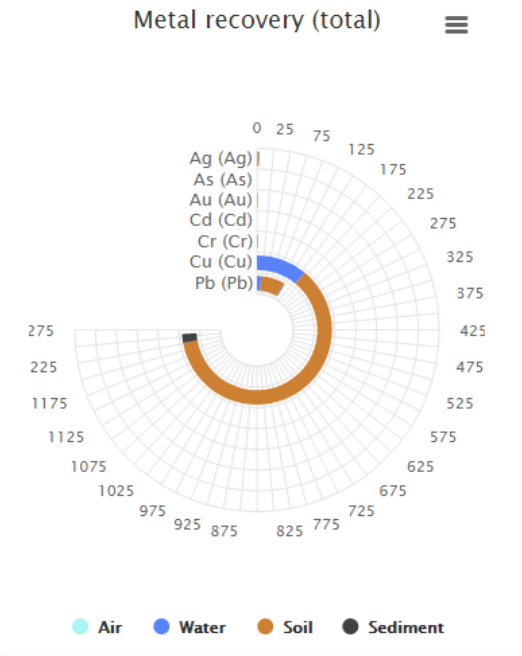
ตู้เย็น



เครื่องปรับอากาศ

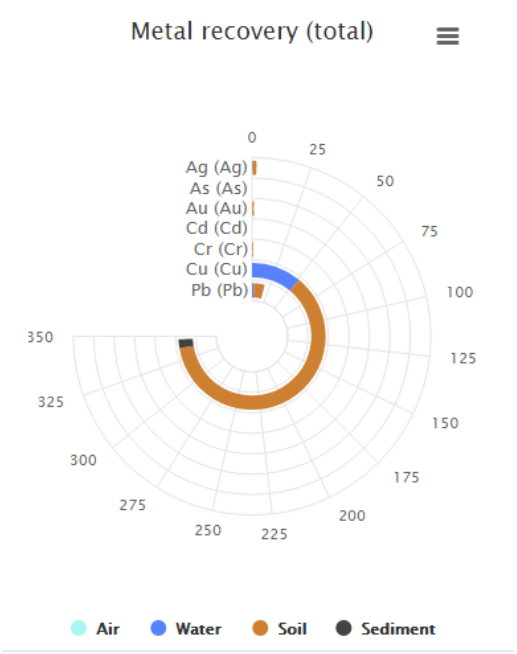


เครื่องซักผ้า

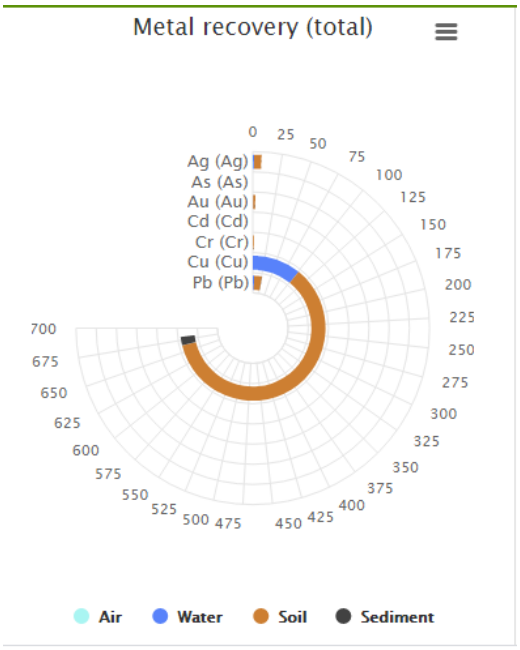


คอมพิวเตอร์

รูปที่ 4-21 รูปจากฐานข้อมูลแสดงปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม (ที่มา: smartformplus.net/WEEE) (ต่อ)



คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก



โทรศัพท์มือถือ

รูปที่ 4-21 รูปจากฐานข้อมูลแสดงปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม (ที่มา: smartformplus.net/WEEE) (ต่อ)

ตารางที่ 4-8 ปริมาณโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่อาจสะสมในเฟสต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม

	โทรทัศน์ CRT			**โทรทัศน์ LCD**			**ตู้เย็น**			**เครื่องปรับอากาศ**		
	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total
Air	0.05	0.19	0.24	0.09	0.21	0.30	0.02	0.04	0.06	0.21	0.26	0.47
Water	86.61	344.47	431.09	160.29	365.41	525.71	41.10	70.86	111.95	375.74	456.30	832.04
Soil	481.39	1,914.56	2,395.94	890.90	2,030.93	2,921.83	228.42	393.81	622.23	2,088.33	2,536.08	4,624.41
Sediment	15.03	59.79	74.83	27.82	63.43	91.25	7.13	12.30	19.43	65.22	79.21	144.43
Total	583.08	2,319.02	2,902.10	1,079.11	2,459.97	3,539.09	276.67	477.01	753.68	2,529.50	3,071.85	5,601.35
	เครื่องซักผ้า			**คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ**			**คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก**			**โทรศัพท์มือถือ**		
	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total	Formal	Informal	Total
Air	0.02	0.10	0.11	0.07	0.08	0.15	0.01	0.04	0.05	0.02	0.06	0.08
Water	27.01	174.14	201.15	125.64	136.62	262.27	14.97	65.40	80.38	28.70	107.18	135.88
Soil	150.12	967.86	1,117.98	698.31	759.31	1,457.67	83.23	363.49	446.72	159.51	595.67	755.18
Sediment	4.69	30.23	34.92	21.81	23.71	45.53	2.60	11.35	13.95	4.98	18.60	23.59
Total	181.83	1,172.32	1,354.16	845.83	919.72	1,765.62	100.81	440.28	541.09	193.21	721.51	914.72

หมายเหตุ: หน่วยเป็น ตัน

จากรูปที่ 4-21 และตารางที่ 4-8 พบว่า ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดมีทองแดง (Cu) เป็นองค์ประกอบมากที่สุด รองลงมาคือตะกั่ว (Pb) โดยเมื่อโลหะเหล่านี้หากปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะสะสมอยู่ในดินมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ ตะกอนดิน และอากาศ ตามลำดับ และพบว่า ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าสู่ระบบส่วนใหญ่จะอยู่ที่ Informal sector มากกว่า Formal sector

4.3 กรณีศึกษา: ชุมชนคัดแยกขยะ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี

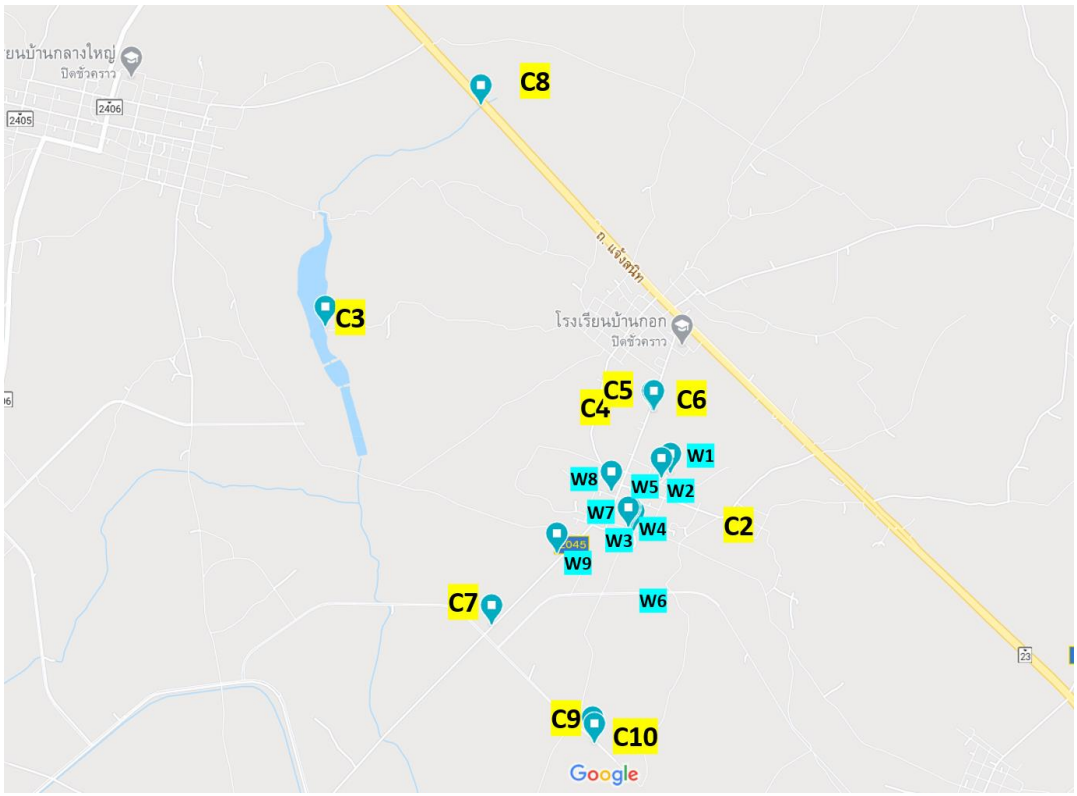
การศึกษานี้เลือกพื้นที่ศึกษาคือ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี ที่มีจำนวนสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 13 แห่ง ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำงาน โดยการสำรวจแบบสอบถามผู้คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดิน น้ำ และพืช ในบริเวณสถานประกอบการ (W1 - W9) และบริเวณรอบๆ สถานประกอบการ (C1 - C10) เพื่อนำมาวิเคราะห์โลหะหนัก จำนวน 2 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 วันที่ 17-19 มิถุนายน 2562 และเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 วันที่ 27-29 มกราคม 2563 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4-9 และรูปที่ 4-22 - รูปที่ 4-23

ตารางที่ 4-9 จุดเก็บตัวอย่างบริเวณผู้ประกอบการคัดแยก ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี

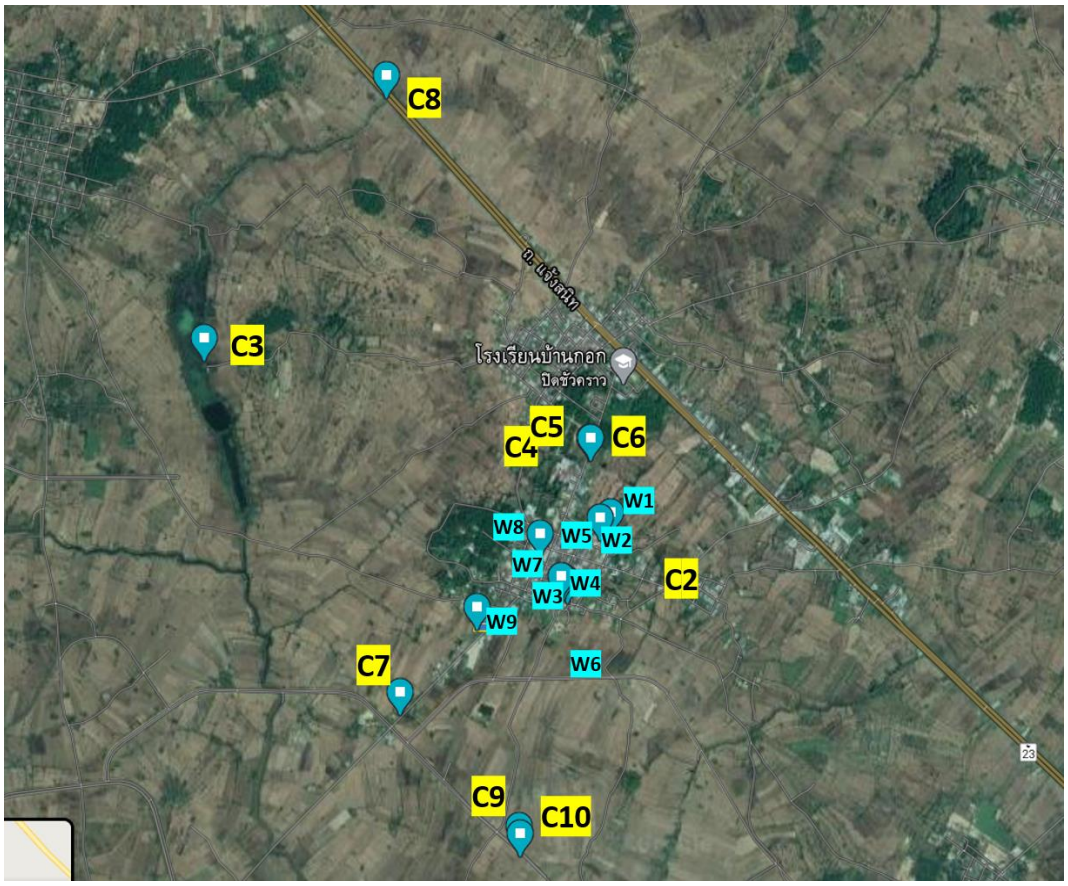
รหัสจุดเก็บตัวอย่าง	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง	ดิน	น้ำ (ชนิด)	pH ของน้ำ	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	พืช (ชนิด)
W1	ร้าน A	/				/ (ตำลึง)
W2	ที่นาข้างร้าน A	/	/ (บาดาล)	5.3	28.5	/ (ข้าว)
W3	ร้าน B					/ (ข้าวเปลือก)
W4	ร้าน C	/	/ (บาดาล)	6.2	29.7	/ (เตยหอม)
W5	ร้าน D					
W6	ร้าน F	/	/ (บาดาล)	4.2	29.2	/ (ตะไคร้)
W7	ร้าน G	/	/ (ประปา)	5.4	27.4	/ (ตำลึง)
W8*	ร้าน H	/	/ (บาดาล)	6.54	27.3	
W9*	ร้าน I	/				
C2	นาข้าวหลังวัด	/	/ (ผิวดิน)	6.9	32.3	/ (ข้าว)
C3	ห้วยหนองกำ (แหล่งน้ำดิบ)	/	/ (ผิวดิน)	6.2	32.5	
C4	บ้านอาสาสมัครชุมชน	/	/ (ผิวดิน)	6.8	35.2	/ (ตะไคร้)
C5	บ้านอาสาสมัครชุมชน		/ (บาดาล)			

รหัสจุดเก็บตัวอย่าง	รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง	ดิน	น้ำ (ชนิด)	pH ของน้ำ	อุณหภูมิของน้ำ (°C)	พืช (ชนิด)
C6	น้ำประปาออกจากระบบบำบัด		/ (ประปา)	5	37.9	
C7	ทุ่งนาริมถนนใกล้จุดคัดแยก	/	/ (ผิวดิน)	6.4	34.6	/ (ต้นข้าว)
C8*	จุดทางเข้าของน้ำเข้าสู่ชุมชน	/	/ (ผิวดิน)	8.21	29.4	
C9*	จุดเผา 2	/				
C10*	จุดเผา 3	/				

หมายเหตุ: * จุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2



รูปที่ 4-22 จุดเก็บตัวอย่าง ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี
(ที่มา: https://www.google.com/maps)



รูปที่ 4-23 จุดเก็บตัวอย่าง ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี (ภาพถ่ายดาวเทียม)
(ที่มา: https://www.google.com/maps)

ตารางที่ 4-9 และ รูปที่ 4-22 - รูปที่ 4-23 แสดงรายละเอียดตัวอย่าง ดิน น้ำ (ได้แก่ น้ำประปา น้ำผิวดิน หรือน้ำบาดาล) และพืชที่สามารถรับประทานได้ที่พบในพื้นที่ (ตำลึง ต้นข้าว ข้าวเปลือก เตยหอม และตะไคร้) ที่เก็บจากบริเวณสถานประกอบการ (W1 - W9) และบริเวณรอบๆ สถานประกอบการ (C1 - C10) เพื่อนำมาวิเคราะห์โลหะหนัก (Cu, Cd, Pb, As และ Hg) และนำผลที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน () ซึ่งผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4-10 - ตารางที่ 4-11 และรูปที่ 4-24 - รูปที่ 4-29

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในพื้นที่ประกอบกิจการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

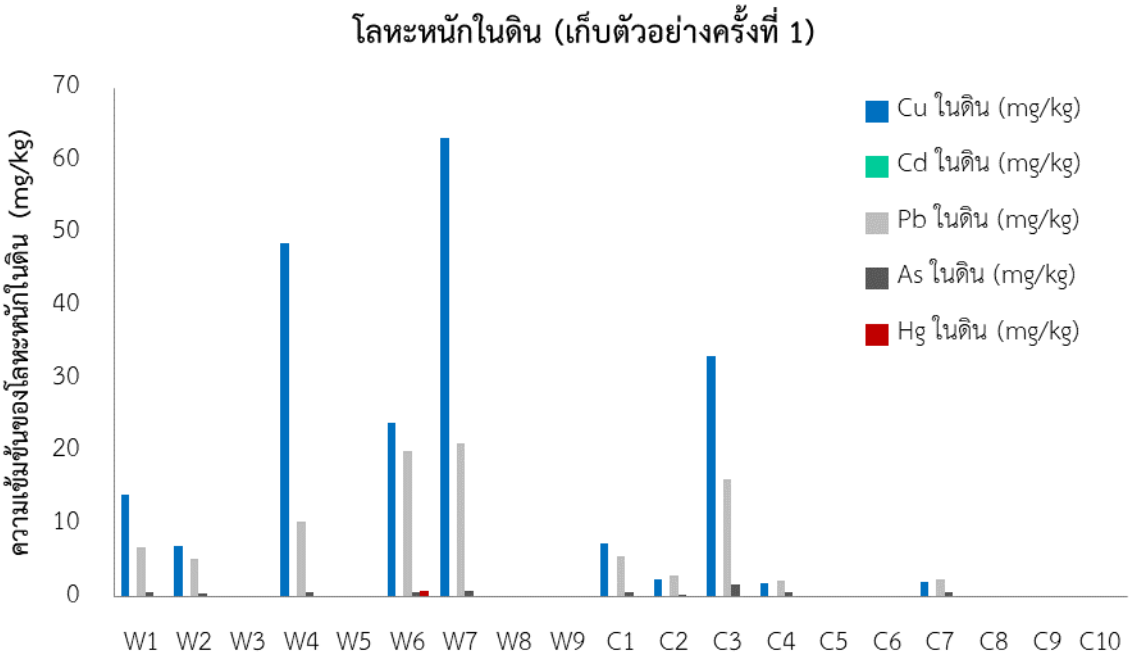
จุดเก็บตัวอย่าง	เก็บตัวอย่างครั้งที่	ดิน (mg/kg)					น้ำ (mg/L)					พืช (mg/kg)				
		Cu	Cd	Pb	As	Hg	Cu	Cd	Pb	As	Hg	Cu	Cd	Pb	As	Hg
W1	ครั้งที่ 1	14.13	0.12	6.95	0.71	ND						7.04	0.08	0.33	0.14	**0.063**
	ครั้งที่ 2	14.00	0.22	4.57	0.70	0.08						11.23	0.09	0.62	0.17	**0.115**
W2*	ครั้งที่ 1	7.01	0.10	5.27	0.57	ND	0.009	ND	ND	ND	ND	0.35	0.77	0.58	0.23	0.017
	ครั้งที่ 2	20.56	0.03	4.89	0.55	0.08	0.014	ND	0.009	ND	ND					
W3	ครั้งที่ 1											2.14	0.04	0.21	0.27	0.012
	ครั้งที่ 2											3.98	0.03	0.58	0.16	**0.281**
W4*	ครั้งที่ 1	48.64	0.18	10.48	0.74	ND	0.012	ND	ND	ND	ND	5.02	0.24	0.37	0.11	**0.023**
	ครั้งที่ 2	13.76	0.02	6.63	0.43	0.02	0.005	ND	0.009	ND	ND	9.74	0.16	**2.45**	0.16	**0.536**
W5	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2															
W6*	ครั้งที่ 1	23.93	0.16	20.03	0.63	0.85	0.013	ND	0.005	ND	ND	8.61	0.78	0.33	0.21	0.019
	ครั้งที่ 2															
W7**	ครั้งที่ 1	63.09	0.15	21.12	0.80	0.02						16.93	0.36	**1.45**	0.14	**0.044**
	ครั้งที่ 2	18.25	0.16	7.84	0.94	0.02						12.90	0.03	**1.03**	0.20	**0.700**
W8	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2	42.15	0.06	4.92	0.88	0.38	ND	ND	0.007	ND	ND					
W9***	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2	3.36	0.01	3.23	0.56	0.19										

หมายเหตุ: ND = ค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ (< detection limit)
ค่า detection limit ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของดิน คือ <0.25 mg/kg
ค่า detection limit ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของน้ำ คือ <0.005 mg/L
* = น้ำบาดาล
** = น้ำประปา
*** = น้ำผิวดิน
สีเทา = ไม่ได้ตรวจวัด
สีแดง = มีค่าเกินค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 2-4)

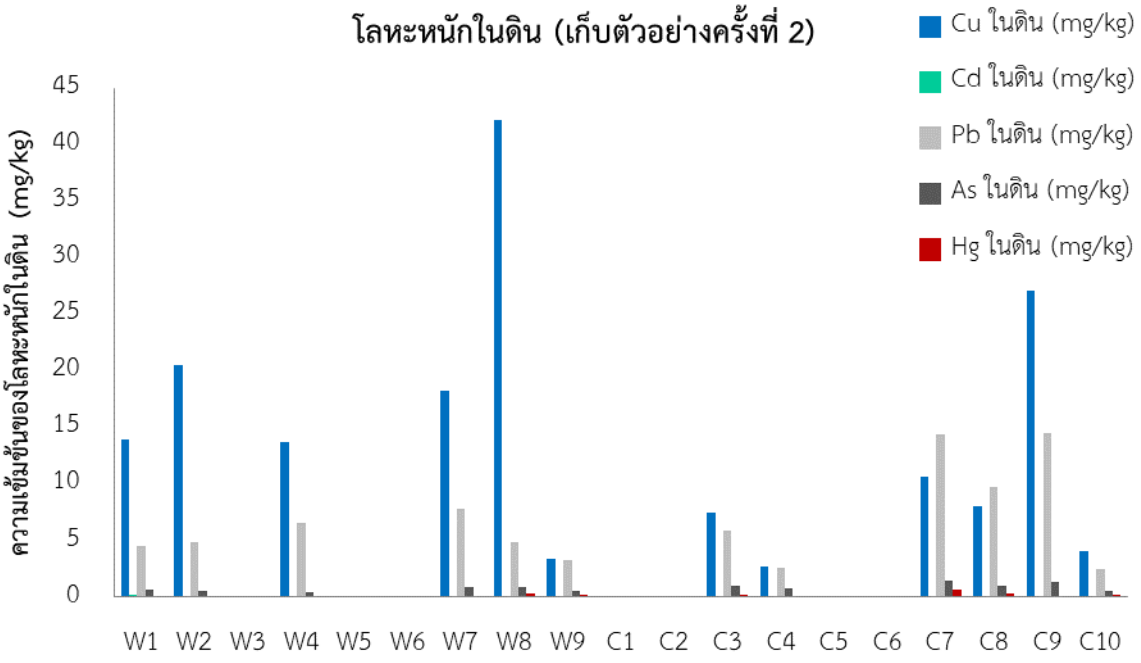
ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในพื้นที่รอบๆ บริเวณประกอบกิจการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

จุดเก็บตัวอย่าง	เก็บตัวอย่างครั้งที่	ดิน (mg/kg)					น้ำ (mg/L)					พืช (mg/kg)				
		Cu	Cd	Pb	As	Hg	Cu	Cd	Pb	As	Hg	Cu	Cd	Pb	As	Hg
C1***	ครั้งที่ 1	7.38	0.09	5.71	0.74	ND	0.027	ND	0.006	ND	ND					
	ครั้งที่ 2															
C2***	ครั้งที่ 1	2.53	0.10	2.95	0.36	ND	0.025	ND	0.007	ND	ND	2.80	0.12	0.23	0.40	**0.020**
	ครั้งที่ 2															
C3***	ครั้งที่ 1	33.09	0.12	16.15	1.71	ND	0.009	ND	ND	ND	ND					
	ครั้งที่ 2	7.52	0.09	5.84	0.98	0.27	0.061	ND	0.006	ND	ND					
C4***	ครั้งที่ 1	2.02	0.08	2.35	0.68	ND	0.011	ND	0.007	ND	ND	10.42	0.70	0.47	0.24	0.017
	ครั้งที่ 2	2.72	0.01	2.56	0.76	0.09						8.71	0.05	**1.04**	0.20	**0.158**
C5*	ครั้งที่ 1						0.013	ND	ND	0.015	ND					
	ครั้งที่ 2						ND	ND	ND	0.017	ND					
C6**	ครั้งที่ 1						0.006	ND	ND	ND	ND					
	ครั้งที่ 2						ND	ND	ND	ND	ND					
C7***	ครั้งที่ 1	2.16	0.09	2.53	0.66	ND	0.009	ND	ND	ND	ND	**31.94**	0.56	0.78	0.67	**0.025**
	ครั้งที่ 2	10.66	0.06	14.35	1.46	0.71	0.006	ND	ND	ND	ND					
C8***	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2	8.08	0.03	9.75	1.06	0.35	0.037	ND	0.007	ND	ND					
C9	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2	27.09	0.09	14.52	1.38	0.10										
C10	ครั้งที่ 1															
	ครั้งที่ 2	4.08	0.01	2.48	0.53	0.19										

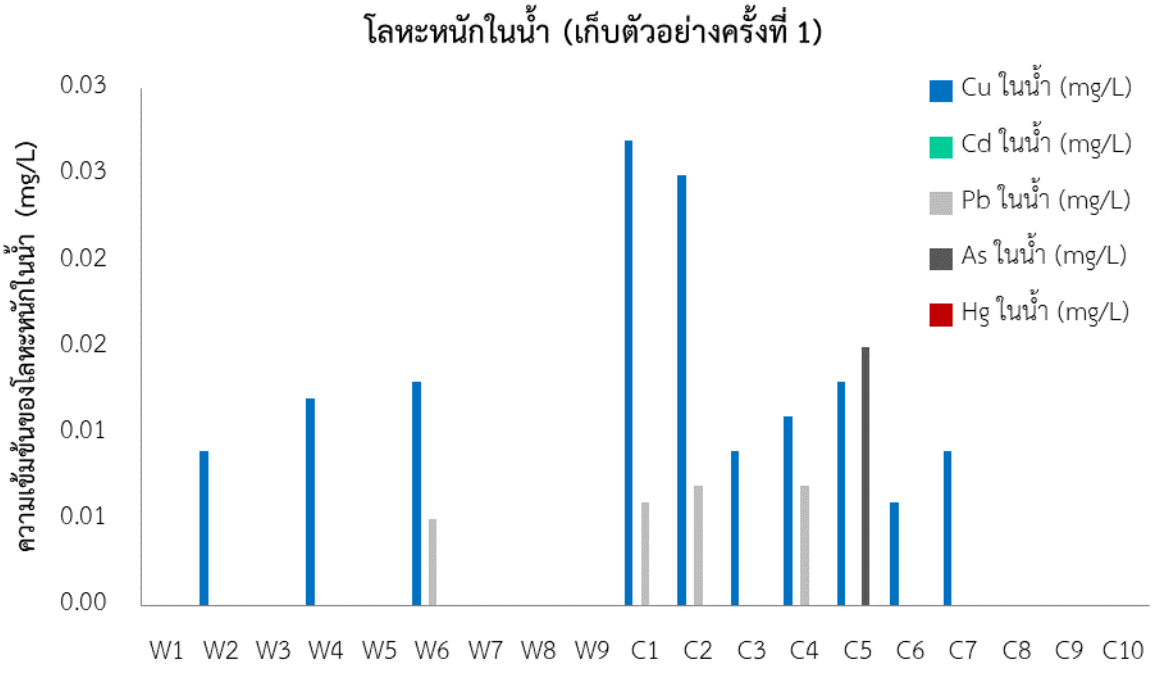
หมายเหตุ: ND = ค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ (< detection limit)
ค่า detection limit ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของดิน คือ <0.25 mg/kg
ค่า detection limit ที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของน้ำ คือ <0.005 mg/L
* = น้ำบาดาล
** = น้ำประปา
*** = น้ำผิวดิน
สีเทา = ไม่ได้ตรวจวัด
สีแดง = มีค่าเกินค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 2-4)



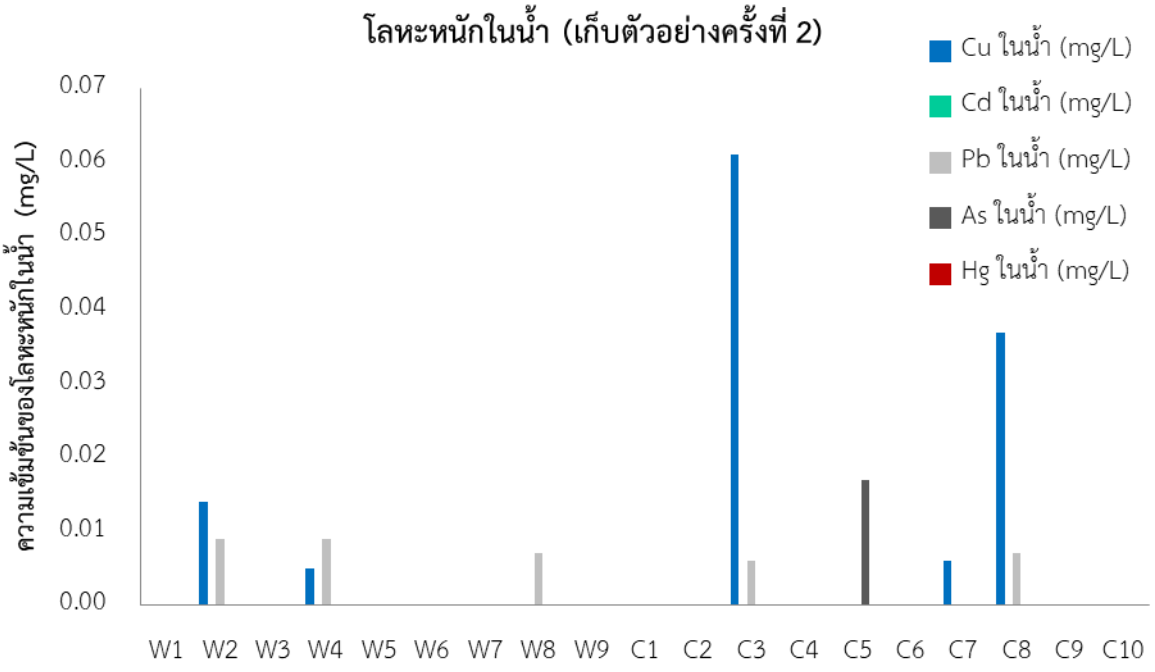
รูปที่ 4-24 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในดินจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1



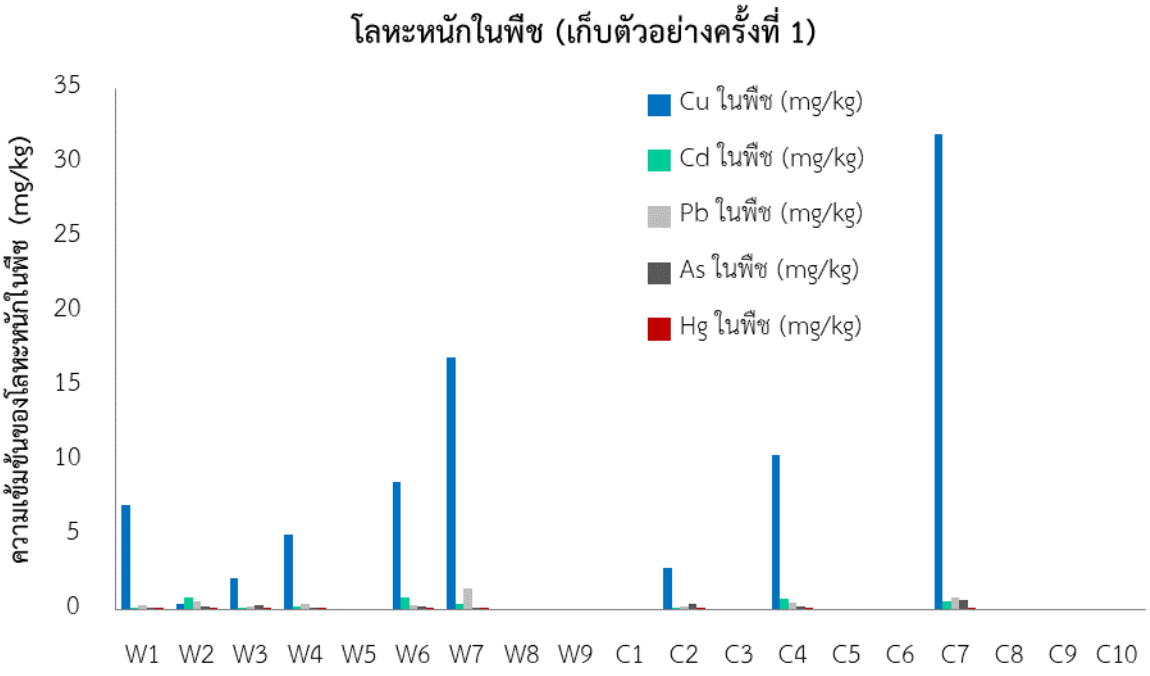
รูปที่ 4-25 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในดินจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2



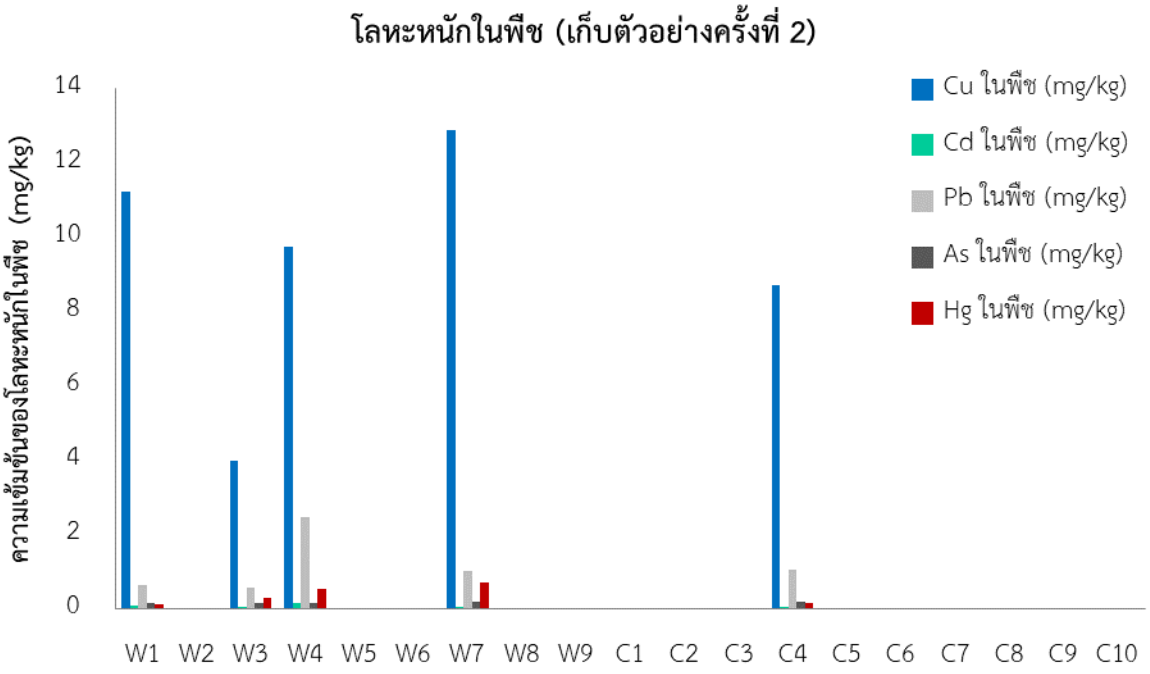
รูปที่ 4-26 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในน้ำจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1



รูปที่ 4-27 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในน้ำจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2



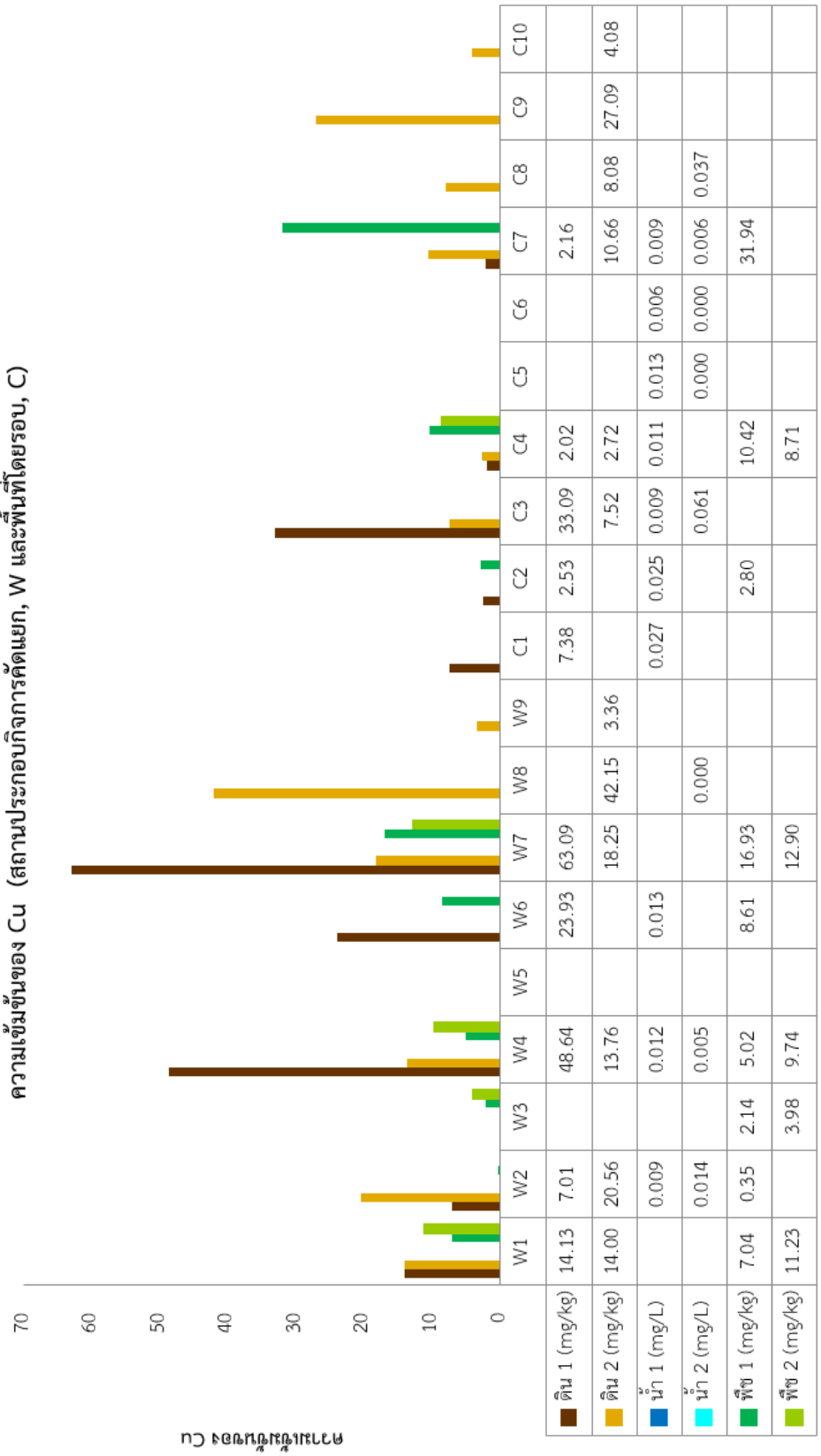
รูปที่ 4-28 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในพืชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1



รูปที่ 4-29 ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจวัดได้ในพืชจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2

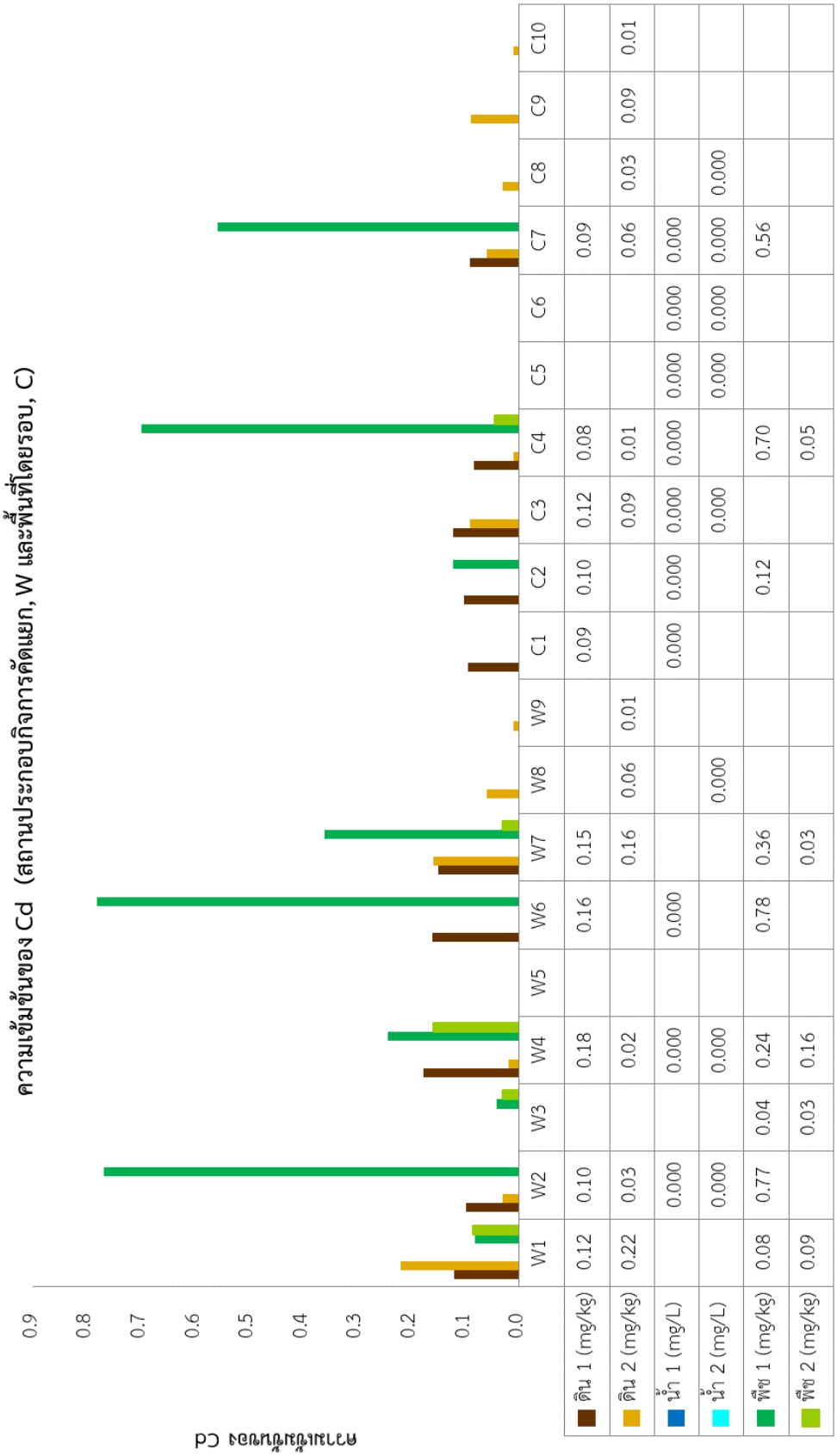
จากตารางที่ 4-10 - ตารางที่ 4-11 และรูปที่ 4-24 - รูปที่ 4-29 พบว่า ทั้งบริเวณสถานประกอบการ (W1 - W9) และบริเวณรอบๆ สถานประกอบการ (C1 - C10) มีการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งในตัวอย่างดิน น้ำ และพืช โดยส่วนมากโลหะหนักที่พบมากที่สุด คือ ทองแดง (Cu) รองลงมาคือ ตะกั่ว (Pb) และพบการปนเปื้อนของโลหะทุกชนิด (Cu, Cd, Pb, As และ Hg) ในตัวอย่างดินและพืช ในขณะที่ตัวอย่างน้ำพบการปนเปื้อนของทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) มีเพียงตัวอย่างน้ำที่จุดเก็บตัวอย่าง C5 ที่ตรวจพบสารหนู (As) ส่วนโลหะหนักอื่นๆ ไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (detection limit) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบบริเวณสถานประกอบการ (W1 – W9) กับความเข้มข้นที่ตรวจพบบริเวณโดยรอบสถานประกอบการ (C1 – C10) พบว่า ตัวอย่างที่ดินและพืชที่เก็บจากบริเวณสถานประการ (W) มีแนวโน้มที่จะมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณโดยรอบสถานประกอบการ (C) แต่ตัวอย่างน้ำมีแนวโน้มที่จะพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณโดยรอบมากกว่า และเมื่อนำปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 2 4) พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ในน้ำและในดินมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่พบว่าในตัวอย่างพืชที่เก็บมาส่วนใหญ่มีปริมาณปรอท (Hg) เกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนที่กำหนดให้ไม่เกิน 0.02 mg/kg ยกเว้นเพียงตัวอย่างพืชที่จุดเก็บตัวอย่าง W2 และ W6 และพบว่าตัวอย่างพืชที่จุดเก็บตัวอย่าง W4, W7 และ C4 มีความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) เกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนที่กำหนดให้ไม่เกิน 1 mg/kg มีตัวอย่างพืช C7 ซึ่งเป็นตัวอย่างต้นข้าวจากทุ่งนาริมถนนใกล้จุดคัดแยกเพียงหนึ่งตัวอย่างที่พบความเข้มข้นของทองแดง (Cu) เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/kg

เมื่อนำผลที่ได้มา Plot กราฟเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโลหะที่ตรวจวัดได้ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมต่างๆ เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิด และความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักกับกิจกรรมที่เกิดในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (สถานประกอบการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (W) และบริเวณพื้นที่โดยรอบ (C)) โดยพิจารณาแยกตามโลหะแต่ละชนิด แสดงผลดังรูปที่ 4-32 – รูปที่ 4-36



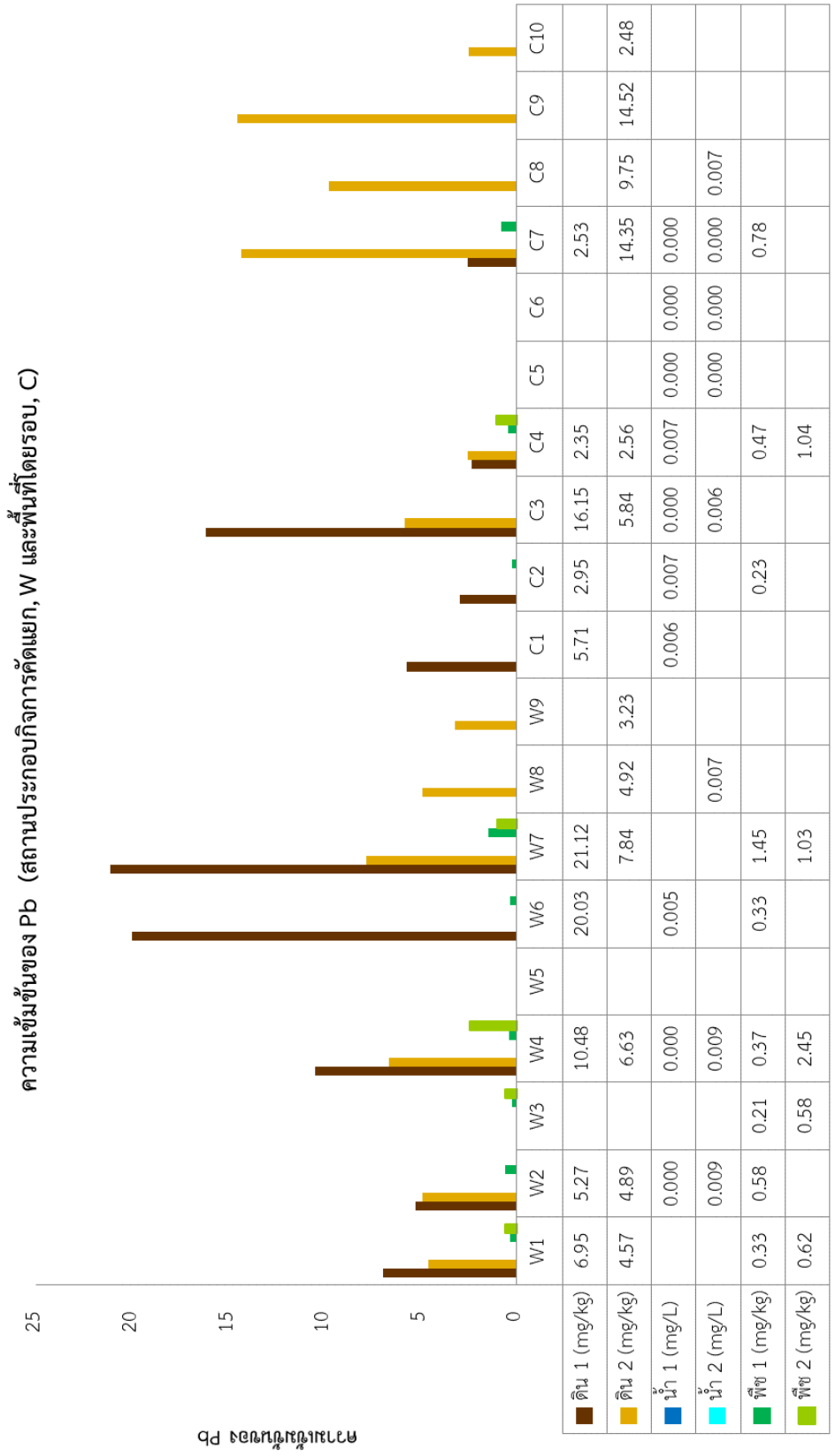
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ดิน 1 (mg/kg)	14.13	7.01		48.64		23.93	63.09			7.38	2.53	33.09	2.02			2.16			
ดิน 2 (mg/kg)	14.00	20.56		13.76			18.25	42.15	3.36			7.52	2.72			10.66	8.08	27.09	4.08
น้ำ 1 (mg/L)		0.009		0.012		0.013				0.027	0.025	0.009	0.011	0.013	0.006	0.009			
น้ำ 2 (mg/L)		0.014		0.005				0.000				0.061		0.000	0.000	0.006	0.037		
พืช 1 (mg/kg)	7.04	0.35	2.14	5.02		8.61	16.93				2.80		10.42			31.94			
พืช 2 (mg/kg)	11.23		3.98	9.74			12.90						8.71						

รูปที่ 4-30 ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ในตัวอย่างต่างๆ (หมายเหตุ: ค่า 0.000 = ไม่สามารถตรวจวัดได้)



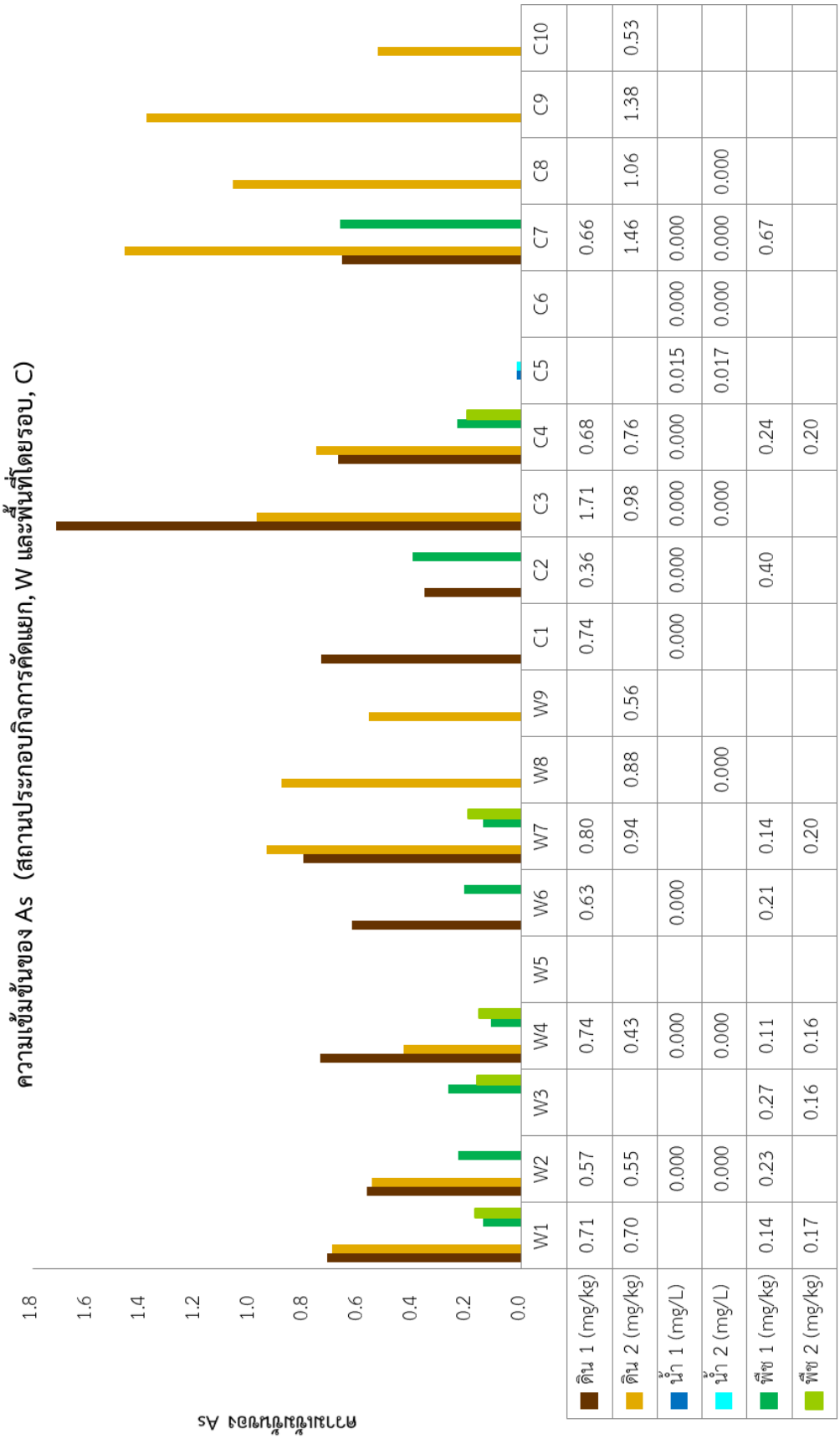
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ดิน 1 (mg/kg)	0.12	0.10		0.18		0.16	0.15			0.09	0.10	0.12	0.08			0.09			
ดิน 2 (mg/kg)	0.22	0.03		0.02			0.16	0.06	0.01			0.09	0.01			0.06	0.03	0.09	0.01
น้ำ 1 (mg/L)		0.000		0.000		0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
น้ำ 2 (mg/L)		0.000		0.000				0.000				0.000		0.000	0.000	0.000	0.000		
พืช 1 (mg/kg)	0.08	0.77	0.04	0.24		0.78	0.36				0.12		0.70			0.56			
พืช 2 (mg/kg)	0.09		0.03	0.16			0.03						0.05						

รูปที่ 4-31 ความเข้มข้นของแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างต่างๆ (หมายเหตุ: ค่า 0.000 = ไม่สามารถตรวจวัดได้)



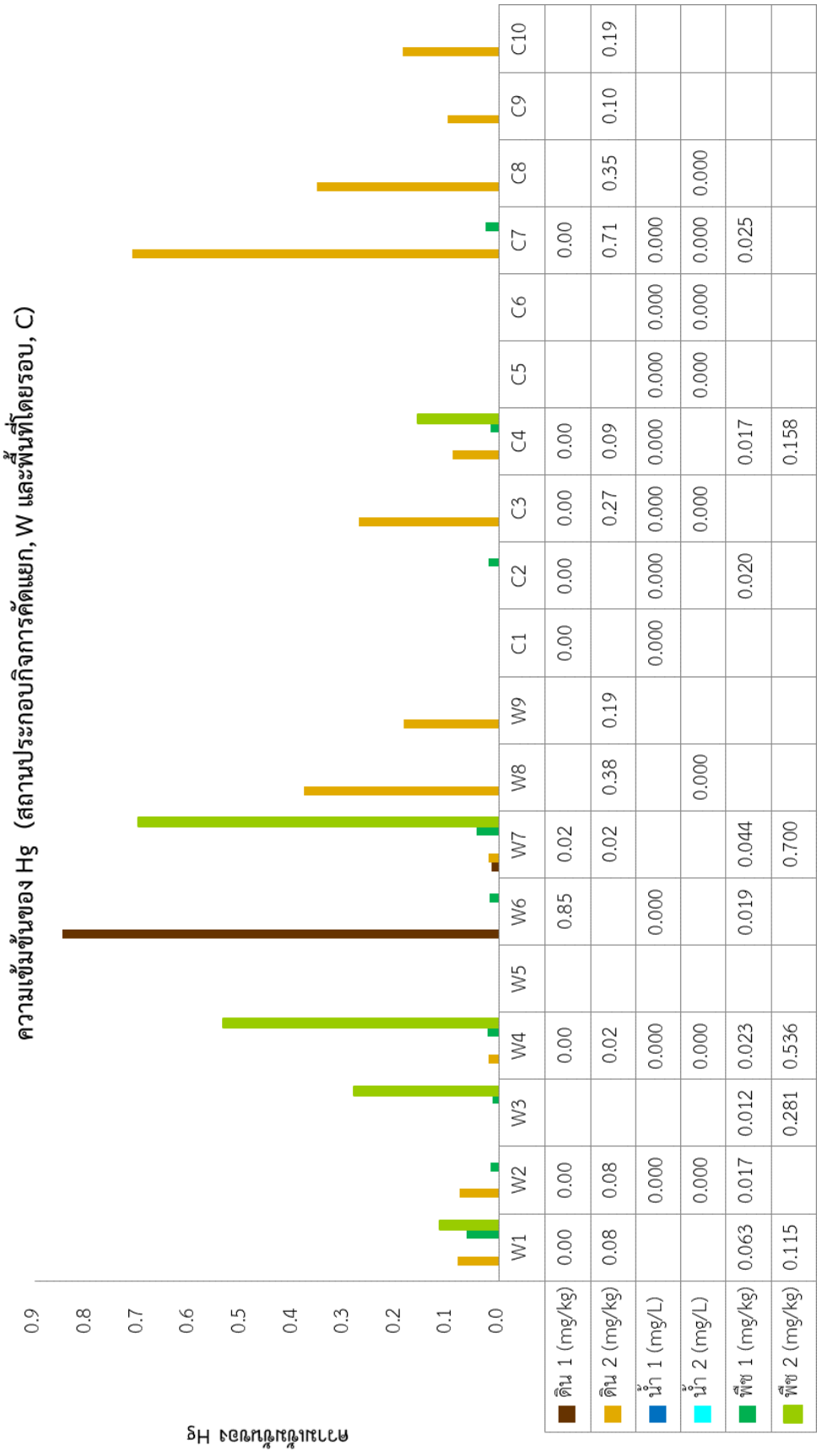
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ดิน 1 (mg/kg)	6.95	5.27		10.48		20.03	21.12			5.71	2.95	16.15	2.35			2.53			
ดิน 2 (mg/kg)	4.57	4.89		6.63			7.84	4.92	3.23			5.84	2.56			14.35	9.75	14.52	2.48
น้ำ 1 (mg/L)		0.000		0.000		0.005				0.006	0.007	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000			
น้ำ 2 (mg/L)		0.009		0.009				0.007				0.006		0.000	0.000	0.000	0.007		
พืช 1 (mg/kg)	0.33	0.58	0.21	0.37		0.33	1.45				0.23		0.47			0.78			
พืช 2 (mg/kg)	0.62		0.58	2.45			1.03						1.04						

รูปที่ 4-32 ความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างต่างๆ (หมายเหตุ: ค่า 0.000 = ไม่สามารถตรวจวัดได้)



	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ดิน 1 (mg/kg)	0.71	0.57		0.74		0.63	0.80			0.74	0.36	1.71	0.68			0.66			
ดิน 2 (mg/kg)	0.70	0.55		0.43			0.94	0.88	0.56			0.98	0.76			1.46	1.06	1.38	0.53
น้ำ 1 (mg/L)		0.000		0.000		0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000			
น้ำ 2 (mg/L)		0.000		0.000				0.000				0.000		0.017	0.000	0.000	0.000		
พืช 1 (mg/kg)	0.14	0.23	0.27	0.11		0.21	0.14				0.40		0.24			0.67			
พืช 2 (mg/kg)	0.17		0.16	0.16			0.20						0.20						

รูปที่ 4-33 ความเข้มข้นของสารหนู (As) ในตัวอย่างต่างๆ (หมายเหตุ: ค่า 0.000 = ไม่สามารถตรวจวัดได้)



	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
ดิน 1 (mg/kg)	0.00	0.00		0.00		0.85	0.02			0.00	0.00	0.00	0.00			0.00			
ดิน 2 (mg/kg)	0.08	0.08		0.02			0.02	0.38	0.19			0.27	0.09			0.71	0.35	0.10	0.19
น้ำ 1 (mg/L)		0.000		0.000		0.000				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
น้ำ 2 (mg/L)		0.000		0.000				0.000				0.000		0.000	0.000	0.000	0.000		
พืช 1 (mg/kg)	0.063	0.017	0.012	0.023		0.019	0.044				0.020		0.017			0.025			
พืช 2 (mg/kg)	0.115		0.281	0.536			0.700						0.158						

รูปที่ 4-34 ความเข้มข้นของปรอท (Hg) ในตัวอย่างต่างๆ (หมายเหตุ: ค่า 0.000 = ไม่สามารถตรวจวัดได้)

จากรูปที่ 4-32 – รูปที่ 4-36 พบว่า โลหะหนักทั้ง 5 ชนิด มักจะสะสมในดินมากที่สุด รองลงมาคือในพืช ในขณะที่พบในน้ำน้อยที่สุด ยกเว้นแคดเมียม (Cd) ที่มีแนวโน้มจะพบในพืชมากกว่าในดิน และเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณที่มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (W) กับตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณโดยรอบ (C) พบว่า ค่าความเข้มข้นของ ทองแดง (Cu) แคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) มีแนวโน้มที่จะพบในพื้นที่ที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าบริเวณพื้นที่โดยรอบ ในขณะที่ความเข้มข้นของสารหนู (As) มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณสารหนู (As) ในดินบริเวณโดยรอบมีค่าสูงกว่าดินจากบริเวณที่มีกิจการการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนความเข้มข้นของปรอท (Hg) ในสิ่งแวดล้อมบริเวณที่มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าบริเวณโดยรอบเช่นเดียวกัน แต่จะพบว่าปริมาณปรอท (Hg) ในพืชในบริเวณที่มีการคัดแยกขยะเล็กทรอนิกส์มีแนวโน้มสูงกว่าบริเวณโดยรอบ แต่ปริมาณปรอทในดินจากบริเวณโดยรอบมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณปรอท (Hg) สูงกว่า

บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล

5.1 ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562

จากผลการศึกษาประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 7 ชนิด ได้แก่ โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ต และของเสียอันตรายชุมชน 2 ชนิด ได้แก่ ถ่ายไฟฉาย และหลอดไฟ ในส่วนการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากครัวเรือน ใช้การทำแบบสอบถามครัวเรือนทั้งสิ้น 1,600 ชุดทั่วประเทศเพื่อศึกษาจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อครัวเรือน อายุการใช้งาน และพฤติกรรมการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์หลังหมดอายุการใช้งาน พบว่าปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คือ รายได้ต่อเดือนของครัวเรือนซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงกำลังซื้อและการบริโภคของผู้ใช้งาน แต่เมื่อรายได้ต่อเดือนเกิน 100,000 บาทต่อครัวเรือน ปริมาณการบริโภคจะไม่มีความแตกต่างกันเหมือนเป็นจุดอิ่มตัวของการบริโภคแล้ว ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนทั่วประเทศแยกตามรายจังหวัด โดยอาศัยค่าเฉลี่ยรายได้ของแต่ละจังหวัดพบว่ารายได้เฉลี่ยของแต่ละจังหวัดจะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงต่ำกว่า 10,000 บาทต่อเดือน ช่วง 10,001 – 30,000 บาทต่อเดือน และช่วง 30,001-50,000 บาท ซึ่งจะใช้ข้อมูลจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่อครัวเรือนแต่ละช่วงรายได้ เพื่อประเมินประมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของทั้งประเทศ และพบว่าจังหวัดกรุงเทพมหานครจะมีปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สูงที่สุดเนื่องจากมีจำนวนครัวเรือนที่สูงและจำนวนรายได้ต่อครัวเรือนสูง ส่วนการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จากภาคองค์กรและธุรกิจทำโดยใช้ข้อมูลค่าไฟฟ้าของแต่ละองค์กรเป็นปัจจัยในการประเมินจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อค่าไฟฟ้าขององค์กร เนื่องจากข้อมูลทางสถิติของภาคธุรกิจทั่วประเทศที่มี คือปริมาณการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ

จากการศึกษาผังการไหลของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มาจากองค์กร 290,435.63 ± 25,512.16 ตัน/ปี และจากครัวเรือน 386,298.85 ± 26,557.56 ตัน/ปี จากนั้นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะถูกคัดแยกโดยโรงงาน คิดเป็นร้อยละ 28.74 ชุมชน คิดเป็นร้อยละ 53.57 และมีส่วนที่ไม่ได้มีการจัดการ โดยอาจถูกจัดเก็บในบ้านเรือน เมื่อศึกษาถึงสิ่งที่ได้จากการคัดแยก พบว่าได้โลหะร้อยละ 57.99 อโลหะร้อยละ 30.54 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) ร้อยละ 3.25 และส่วนประกอบที่ไม่สามารถแยกชนิดได้ ผลการศึกษาพบว่าซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะถูกจัดการด้วยผู้รับคัดแยกที่เป็นชุมชน ดังนั้นการควบคุมและติดตามตรวจสอบการดำเนินงานในส่วนของชุมชนให้

เป็นไปอย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญ ซึ่งการให้ความสำคัญต่อการจัดการอย่างถูกต้องควรคำนึงถึงแนวทางการจัดการโดยชุมชน หรือหาแนวทางที่ทำให้ชุมชนมีการดำเนินงานอย่างถูกต้องเหมาะสม หรือมีการขึ้นทะเบียนที่จะทำให้สามารถติดตามตรวจสอบการดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์บางส่วนที่ยังมีการถูดจัดเก็บอยู่ในบ้านเรือน เนื่องจากประชาชนยังไม่ทราบแนวทางที่ถูกต้องในการจัดการ หรือบางส่วนต้องการเก็บเพื่อซ่อมแซมแต่ยังหาแนวทางการซ่อมแซมไม่ได้ จึงควรมีการเตรียมความพร้อมสำหรับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนนี้ที่จะมีมากขึ้นในอนาคต หรือหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการยืดอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ก่อนที่จะเป็นซากให้นานมากขึ้น

ในขณะที่จากการศึกษาผังการไหลของเสียอันตรายชุมชน พบว่า มีปริมาณหลอดไฟจากภาคองค์กรและครัวเรือน 35,949.51 ± 485.31 ตัน /ปี และ 26,920.07 ± 363.42 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนถ่านไฟฉายจากภาคองค์กรและครัวเรือนมีปริมาณ 232.21 ± 3.13 ตัน/ปี และ 1,240.30 ± 16.74 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าของเสียอันตรายชุมชนทั้งสองชนิดถูกทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด แต่ปริมาณมูลฝอยอันตรายที่ถูกนำไปฝังกลบอย่างถูกต้องมีเพียงร้อยละ 11.29 ที่เหลือไม่มีข้อมูลบันทึกไว้อย่างแน่ชัด ส่วนที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลอย่างแน่ชัดนี้ อาจมีการฝังกลบรวมกับขยะชุมชนทั่วไป ทั้งที่หลุมฝังกลบอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) หรือเทกอง (Open dump) ก็ได้ ซึ่งการจัดการอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการแล้วของเสียอันตรายควรมีการจัดการที่ถูกต้องเหมาะสมเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารอันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรคำนึงถึงแนวทางในการจัดการของเสียอันตรายนี้อย่างเหมาะสม และมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจน พร้อมทั้งมีระบบในการติดตามตรวจสอบการจัดการขยะชุมชนและมีการจดบันทึกข้อมูลอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ของเสียอันตรายชุมชนมีการจัดการที่ถูกต้องเหมาะสม

5.2 การนำข้อมูลจากผังการไหลมาใช้ประโยชน์

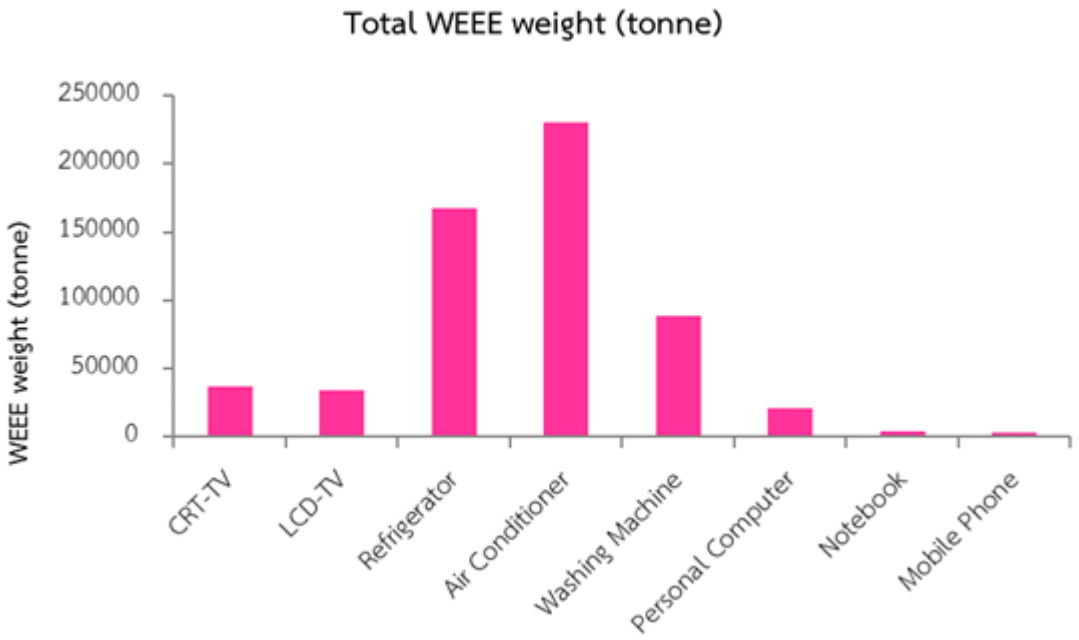
จากการวิเคราะห์ผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 ทำให้ทราบปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้นของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 และปริมาณโลหะต่างๆ ทั้งที่มีค่าและมีความเป็นพิษ โดยแบ่งเป็น ทองคำ (Au) เงิน (Ag) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) สารหนู (As) และโลหะอื่นๆ (other) ซึ่งโลหะเหล่านี้บางชนิดมีความเป็นพิษ ทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ได้ ดังนั้นหากมีการจัดการที่ไม่เหมาะสมอาจปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งใน อากาศ น้ำ ดิน และตะกอนดิน จากนั้นเกิดการสะสมในห่วงโซ่อาหารและเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ในที่สุด ซึ่งการศึกษาเพื่อประเมินการแพร่กระจายของโลหะจะ

ทำให้ทราบถึงสัดส่วนและปริมาณโลหะเหล่านี้ว่าหากปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะไปสะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อมใด ซึ่งจะช่วยในการวางแผนการป้องกันการปนเปื้อนของสารพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้

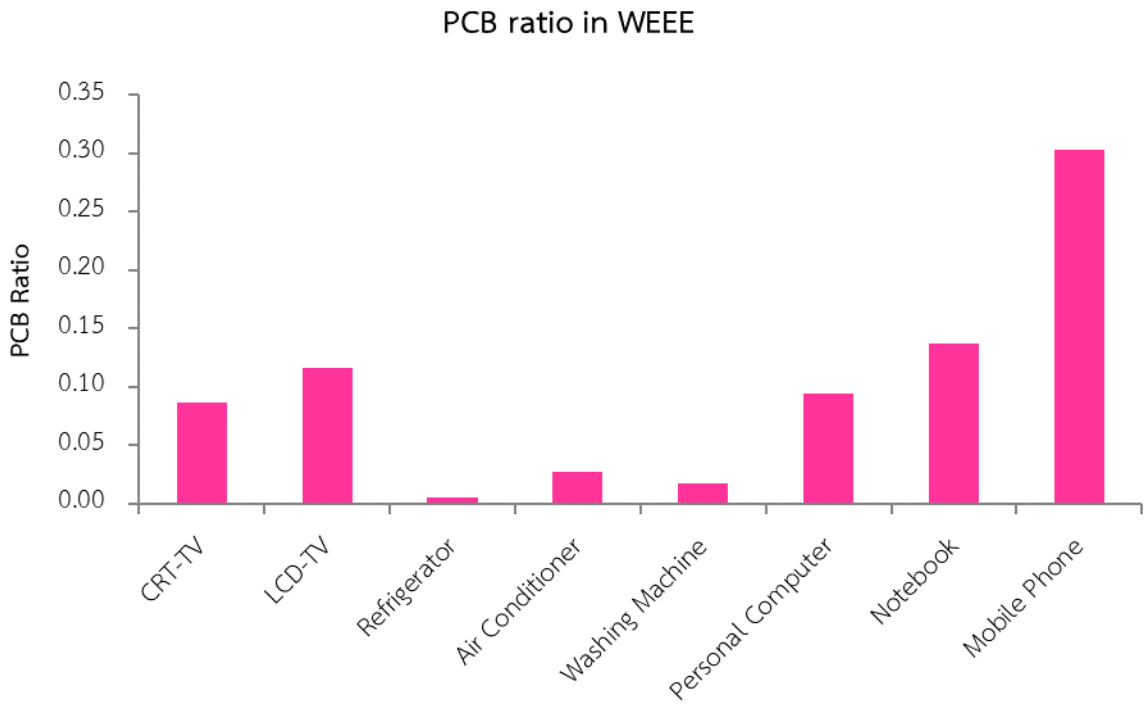
จากการศึกษาพบว่าโลหะที่มีมากที่สุดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด คือ ทองแดง (Cu) รองลงมาคือ ตะกั่ว (Pb) ซึ่งหากปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ และพบว่าโลหะจะสะสมอยู่ในดินมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ ดังนั้น ดินและน้ำในบริเวณที่มีการคัดแยกหรือประกอบกิจกรรมเกี่ยวกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่เหมาะสมมีโอกาสจะถูกปนเปื้อนด้วยโลหะและส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตได้และพบว่า ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าสู่ระบบส่วนใหญ่จะอยู่ที่ Informal sector มากกว่า Formal sector ซึ่งส่วน informal เช่น การคัดแยกในชุมชน อาจมีการจัดการที่ยังไม่ถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดพบว่า เครื่องปรับอากาศ มีปริมาณของโลหะมากที่สุด เนื่องจากปริมาณซากเครื่องปรับอากาศที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมีปริมาณมาก (รูปที่ 5-1) นอกจากนี้สถานที่ที่มีการทำงานเกี่ยวกับขยะอิเล็กทรอนิกส์เช่น การเก็บรวมรวม การถอดคัดแยก การสกัดโลหะมีค่า ฯลฯ ควรมีการคำนึงถึงการป้องกันการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่ดิน เช่น มีการปูพื้นทั้งบริเวณที่มีการปฏิบัติงานและการเก็บรวบรวมด้วยวัสดุต่างๆ เช่น พลาสติก ปูน เป็นต้น ซึ่งหากโลหะเหล่านี้ปนเปื้อนลงสู่ดิน โดยเฉพาะโลหะที่มีความเป็นพิษ โลหะเหล่านี้อาจถูกชะล้างแล้วปนเปื้อนลงสู่น้ำ ทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน หากมีการปลูกพืชบริเวณนั้นอาจทำให้เกิดการสะสมโลหะในพืชได้ หรืออาจเกิดการสะสมของโลหะในสิ่งมีชีวิตในน้ำจนทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดคือ สัดส่วนของโลหะแต่ละชนิดในเฟสต่างๆ สิ่งแวดล้อมมีค่าเดียวกัน (แสดงเป็น Trace metal (โลหะปริมาณน้อย)) ดังนั้นหากในอนาคตทราบสัดส่วนการแพร่กระจายในแต่ละเฟสของโลหะแต่ชนิดจะทำให้ได้ข้อมูลการประเมินที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโลหะแต่ละชนิดอาจมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันส่งผลให้การแพร่กระจายไปเฟสต่างๆ แตกต่างกัน รวมทั้งการศึกษานี้ไม่ได้นำสารพิษชนิดอื่นที่ไม่ใช่โลหะ (เช่น ไดออกซิน และ Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAHs)) มาพิจารณา

5.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

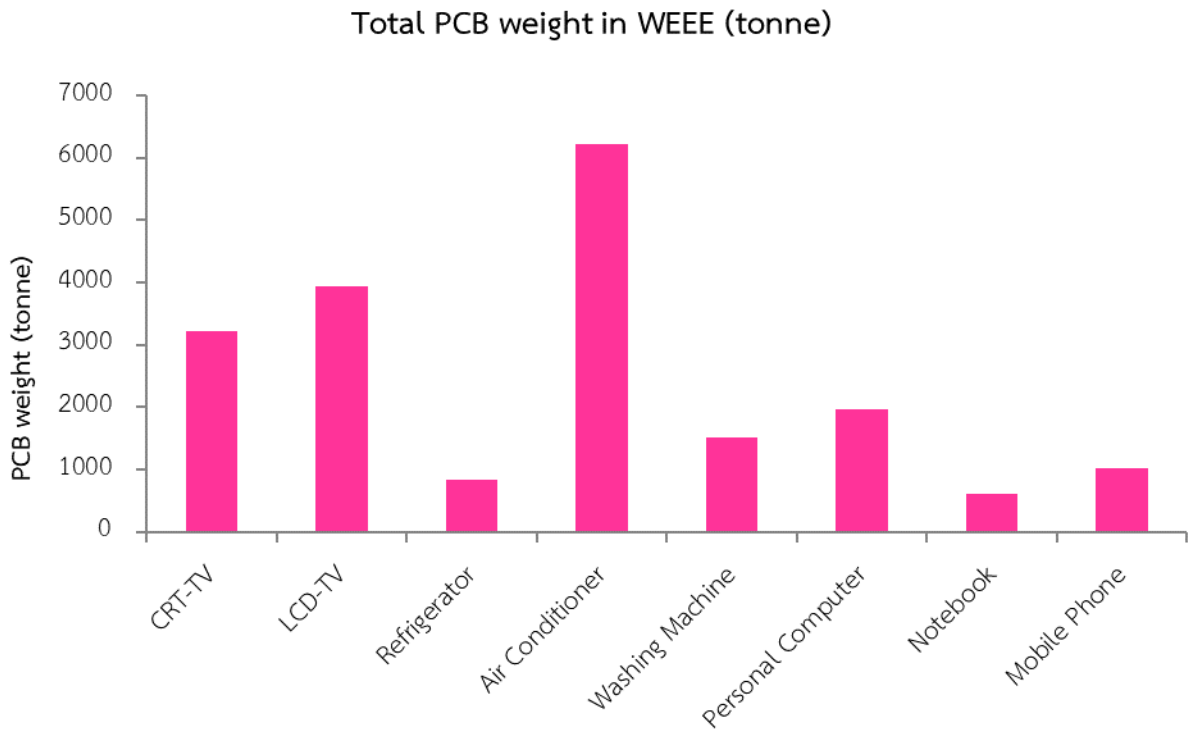
จากผังการไหลทำให้ทราบปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้น (รูปที่ 5-1) และเมื่อนำมาคำนวณกับปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์และสัดส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดนั้น (รูปที่ 5-2) (Oguchi et al., 2013) ทำให้ทราบถึงปริมาณแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดของประเทศไทย (รูปที่ 5-3) ซึ่งแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมากในขยะอิเล็กทรอนิกส์และเป็นส่วนที่มีทั้งโลหะมีค่า (เช่น ทองคำ (Au) และเงิน (Ag)) และโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (เช่น ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) และโครเมียม (Cr))



รูปที่ 5-1 ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562 (ไม่รวม Stock)

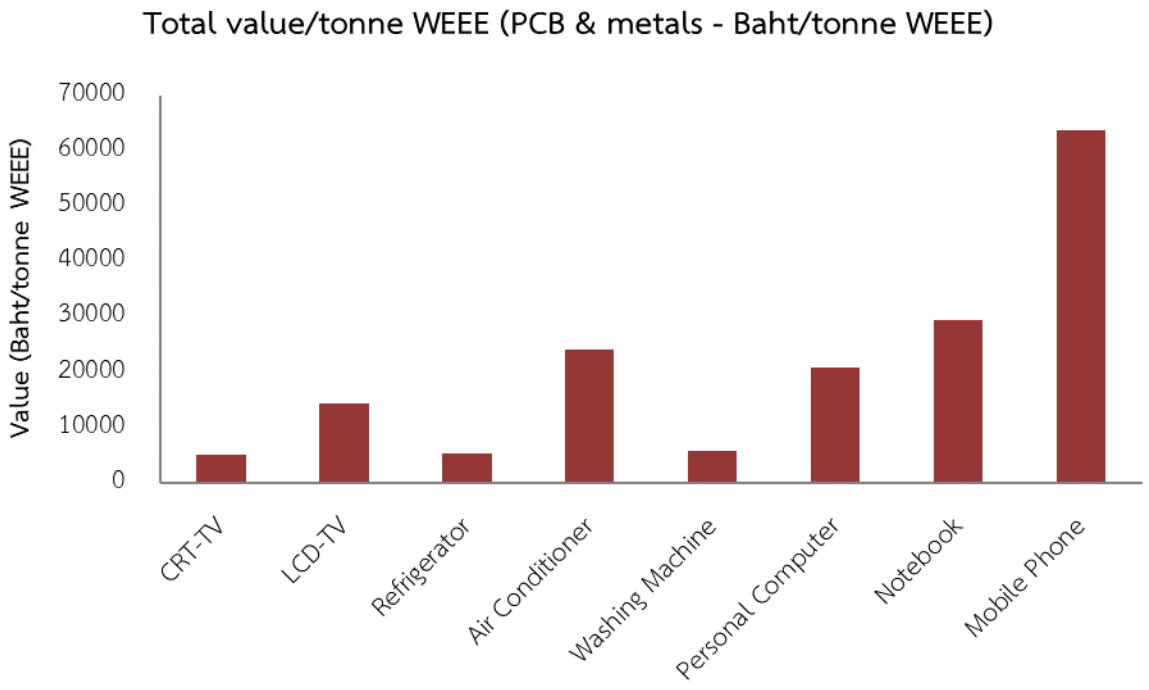


รูปที่ 5-2 สัดส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด (Oguchi et al., 2013)

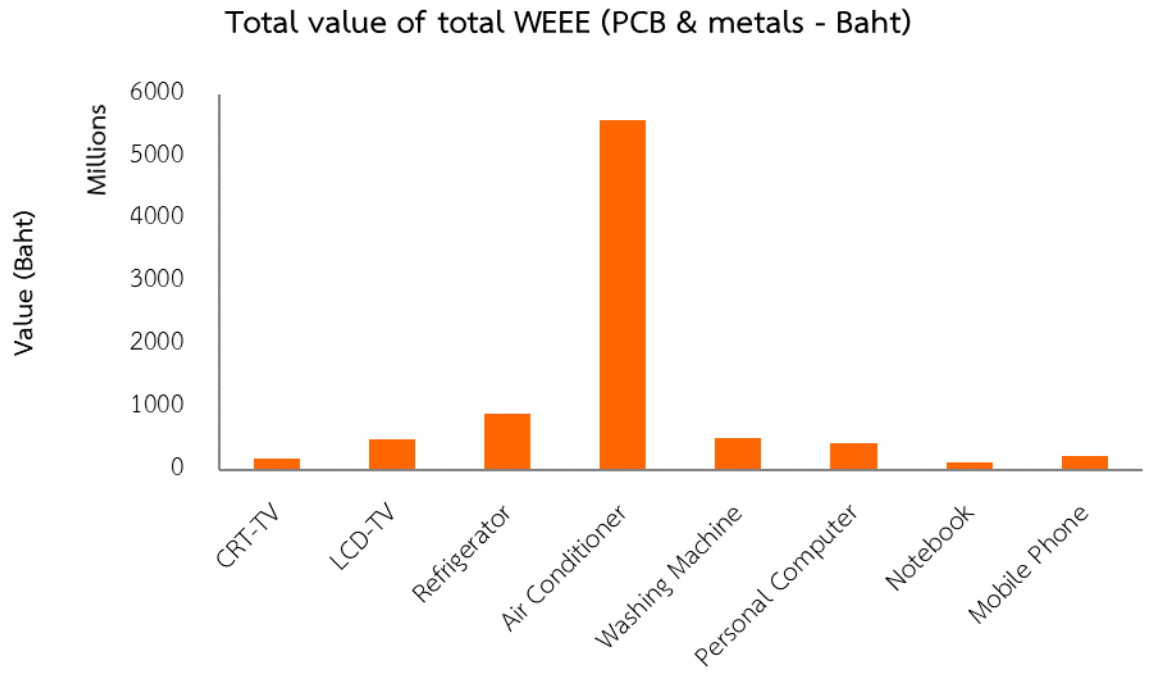


รูปที่ 5-3 ปริมาณแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562 (ไม่รวม Stock)

จากรูปที่ 5-1 แสดงถึงปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในประเทศไทย เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น และเครื่องซักผ้า ชนิดของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดมากที่สุดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 คือ เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น และเครื่องซักผ้า เนื่องจากมีปริมาณมากเนื่องจากมีน้ำหนักต่อเครื่องมาก ในขณะที่คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีปริมาณค่อนข้างน้อย เนื่องจากน้ำหนักต่อเครื่องน้อย (รูปที่ 5-2) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีโลหะมีค่า เช่น ทองคำ เงิน เป็นส่วนประกอบรวมทั้งเกรดของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะพบว่า คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต จะมีแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในสัดส่วนที่มากกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ (รูปที่ 5-3) และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 3 ชนิดนี้จะเป็นเกรดที่สูงกว่า เนื่องจากมีโลหะมีค่าในปริมาณที่สูงกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์อื่น จึงมีมูลค่าสูงกว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีเกรดต่ำ (McCoach et al., 2014) จากปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและสัดส่วนของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะพบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่มาจากเครื่องปรับอากาศ ในขณะที่แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊กมีปริมาณน้อยที่สุด

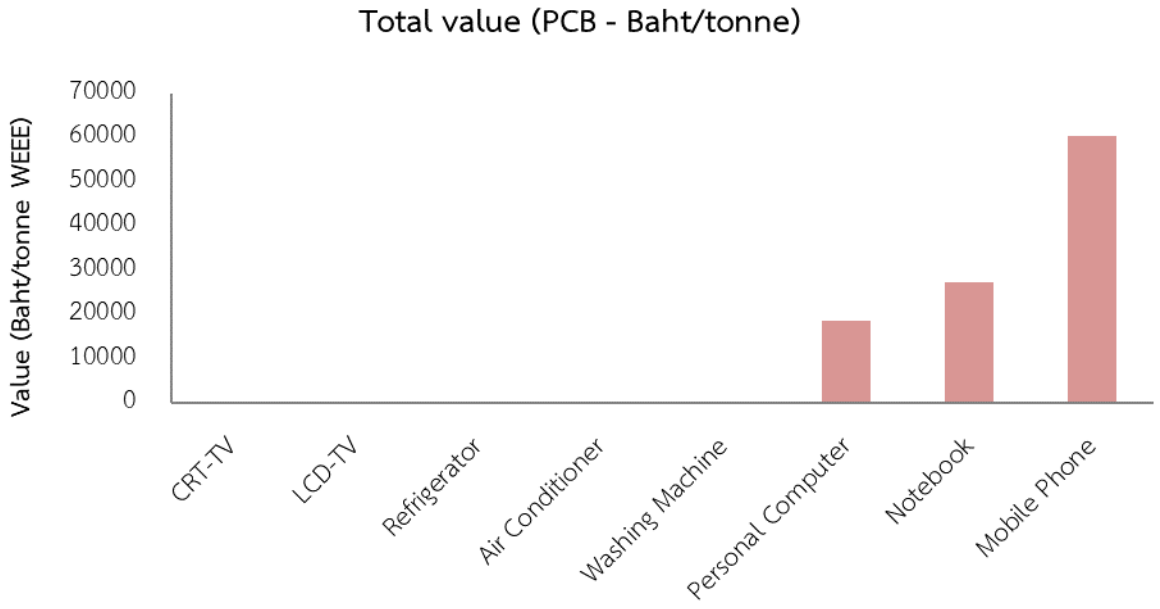


รูปที่ 5-4 มูลค่าของขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย (บาท/ตัน WEEE)

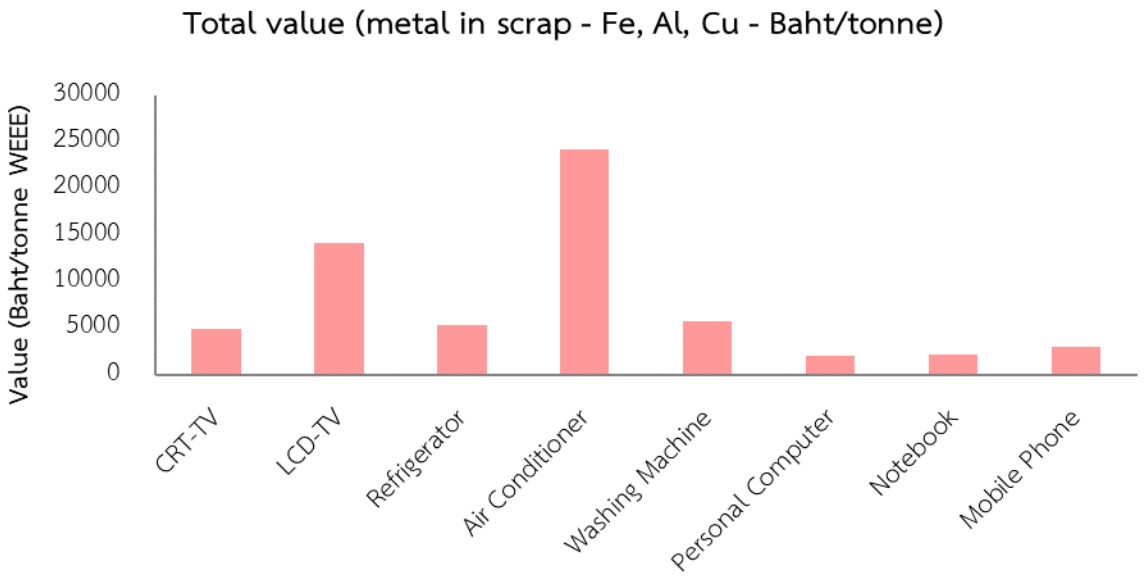


รูปที่ 5-5 มูลค่าของวัตถุมีค่าทั้งหมดในขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในปี 2562

จากรูปที่ 5-4 - รูปที่ 5-5 แสดงถึงมูลค่าสูงสุดที่ได้จากการถอดคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดออกเป็น แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu) ซึ่งจะพบว่าการถอดคัดแยกโทรศัพท์มือถือ มีมูลค่าสูงที่สุดเมื่อคิดเทียบต่อตันของขยะอิเล็กทรอนิกส์ (รูปที่ 5-4) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาภาพรวมของปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดทั้งประเทศไทยจะพบว่าเครื่องปรับอากาศมีมูลค่าที่ได้จากการถอดคัดแยกสูงที่สุด (รูปที่ 5-5)



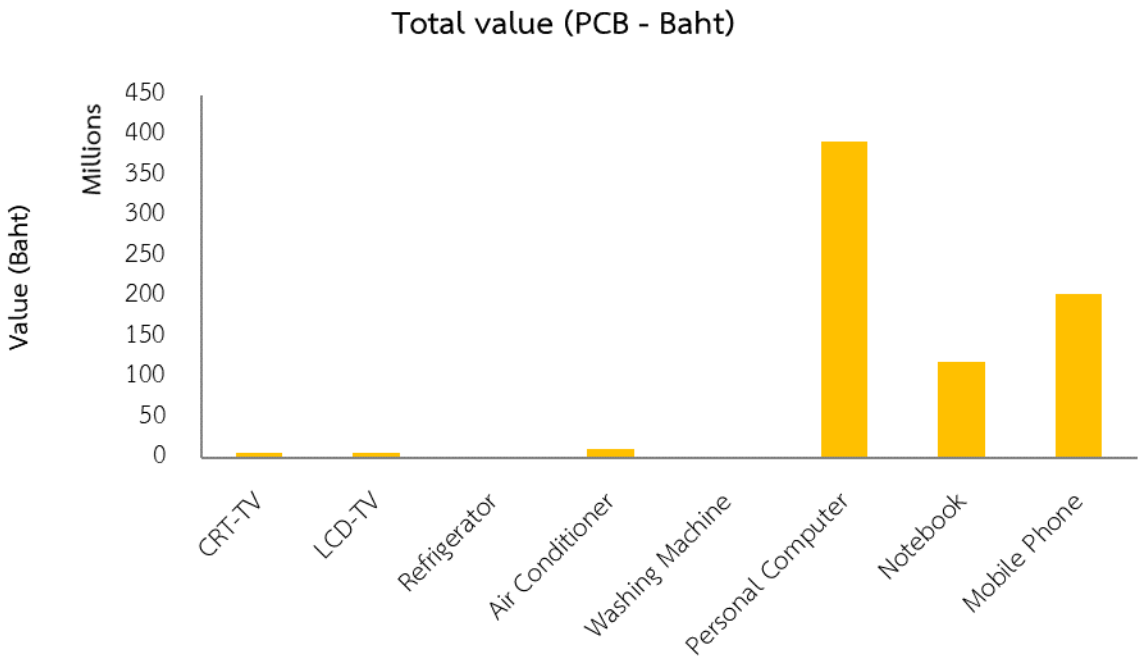
รูปที่ 5-6 มูลค่าทั้งหมดของ PCB ต่อตันขยะอิเล็กทรอนิกส์ (บาท/ตัน WEEE)



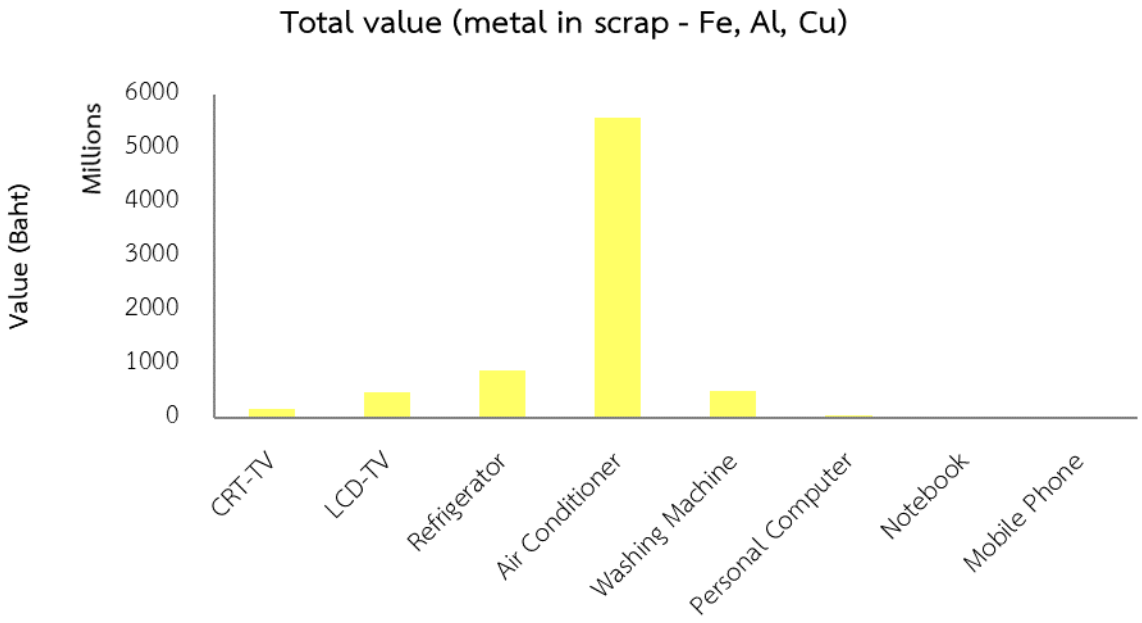
รูปที่ 5-7 มูลค่ารวมทั้งหมดของขยะอิเล็กทรอนิกส์จากการถอดคัดแยกด้วยมือของ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu) (บาท/ตัน WEEE)

เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของมูลค่าที่ได้จากการถอดแยก (รูปที่ 5-6 – รูปที่ 5-7) จะพบว่า มูลค่าส่วนใหญ่ของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต จะเกิดจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (รูปที่ 5-6) ในขณะที่มูลค่าที่ได้ส่วนใหญ่ของ CRT-TV LCD-TV ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องซักผ้า จะได้จากการขายโลหะมีค่าที่ได้จากการถอดแยกด้วยมือ (เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu)) (รูปที่ 5-7) ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากใน คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีสัดส่วนของ PCB มากกว่า (McCoach et al., 2014.) รวมทั้งแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสามชนิดนี้มีราคาสูงกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ (McCoach et al., 2014) โดยในการศึกษาครั้งนี้พบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ตจะมีมูลค่าต่อตันขยะอิเล็กทรอนิกส์สูงที่สุด (รูปที่ 5-6) ในขณะที่เครื่องปรับอากาศจะมีมูลค่าที่ได้จากการถอดแยกเหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu) ด้วยมือสูงที่สุด (รูปที่ 5-7)

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาภาพรวมของทั้งประเทศไทย พบว่า มูลค่าที่ได้จากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีค่าสูงกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่น โดย PCB ของคอมพิวเตอร์จะมีมูลค่าสูงที่สุด (รูปที่ 5-8) ในขณะที่มูลค่าส่วนใหญ่ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เหลือจะมาจากมูลค่าของ เหล็ก อะลูมิเนียม และทองแดง ที่ได้จากการถอดแยกด้วยมือ (รูปที่ 5-9)

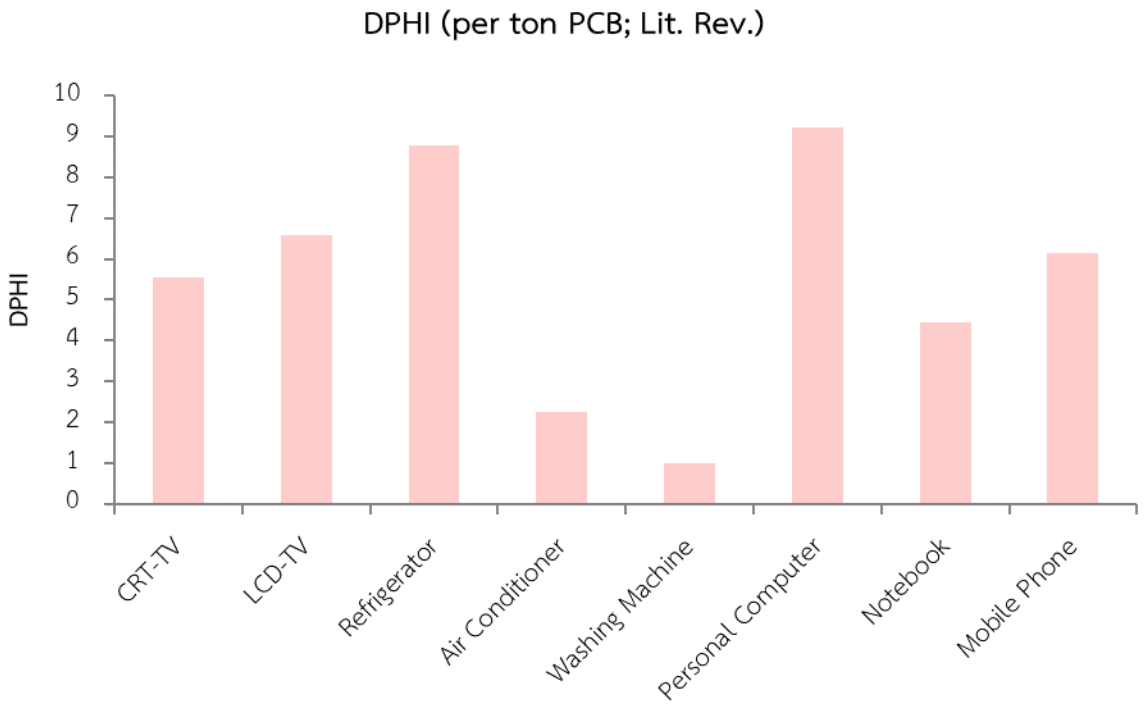


รูปที่ 5-8 มูลค่าทั้งหมดของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด (บาท)



รูปที่ 5-9 มูลค่าทั้งหมดของโลหะที่ได้จากการถอดแยกด้วยมือ

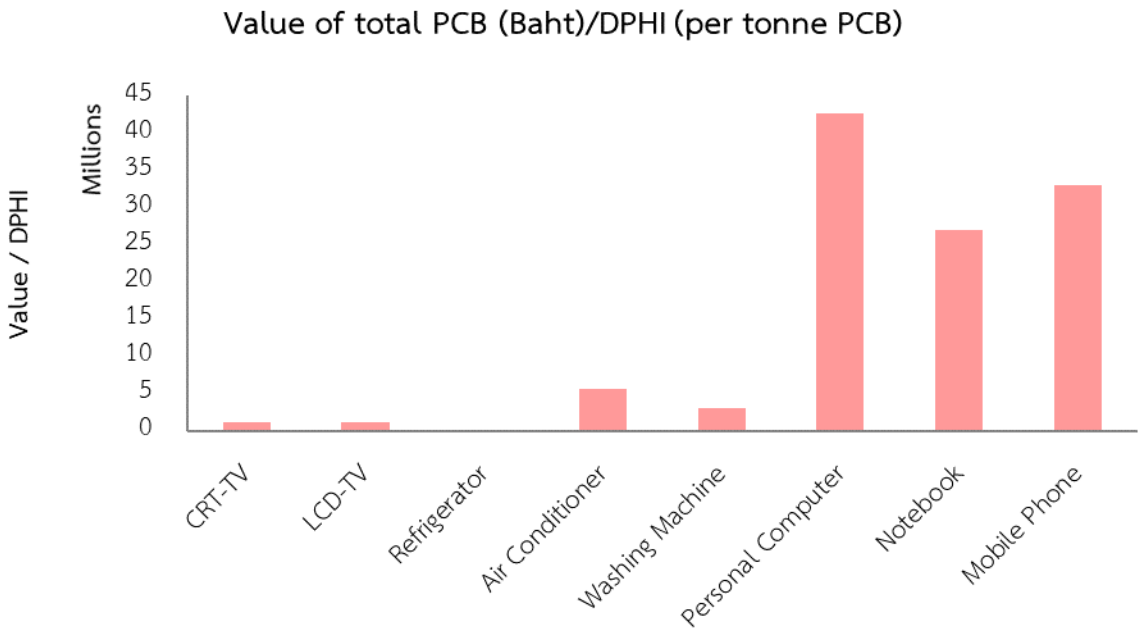
อย่างไรก็ตาม การจัดลำดับความสำคัญของชนิดของขยะอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการรีไซเคิล (Recycle) ขยะอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ รวมทั้งช่วยในการวางแผนการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างยั่งยืน ซึ่งการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้งการถอดแยกด้วยมือและการรีไซเคิลเพื่อนำโลหะมีค่ากลับมาใช้ใหม่ นอกจากจะมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แล้ว ยังอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ จึงควรต้องนำผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้มาพิจารณาร่วมกับผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่อาจได้รับด้วย ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พิจารณาความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพโดยแสดงในรูปของค่า DPHI (Normalized potential harm index) ซึ่งค่า DPHI ในการศึกษานี้ คิดจากปริมาณโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นองค์ประกอบใน PCB (Cu, Pb, Cd, Cr, As และ Hg) หน่วยเป็นมิลลิกรัม/กิโลกรัม (mg/kg) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ (Oguchi et al., 2013) และค่า Reference Dose จากการหายใจ (RfC) ซึ่งนำมาจาก United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 2019) ค่า DPHI หรือโอกาสสูงสุดที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 5-10 ซึ่งพบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดมีโอกาสทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบ เช่น แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และสารหนู (As) เป็นต้น



รูปที่ 5-10 ความเสี่ยงสูงสุดที่อาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (DPHI)

จากรูปที่ 5-10 พบว่า แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดมีโอกาสทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอันเนื่องมาจากโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบ เช่น แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และสารหนู (As) เป็นต้น ดังนั้นในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การรีไซเคิลจึงควรมีการป้องกันและ/หรืออันตรายที่อาจได้รับ เช่น การสวมอุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (ถุงมือ หน้ากากปิดจมูก ฯลฯ) รวมถึงสถานประกอบการ/สถานที่ปฏิบัติงานควรมีการป้องกันเพื่อไม่ให้โลหะหนักเหล่านี้ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 7 ชนิดที่ศึกษา พบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เครื่องซักผ้า และเครื่องปรับอากาศ มีโอกาสที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ ในขณะที่แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของตู้เย็น และคอมพิวเตอร์ มีโอกาสที่จะส่งผลต่อสุขภาพมากที่สุด ดังนั้น หากพิจารณาเพียงด้านผลกระทบต่อสุขภาพ แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องซักผ้าและเครื่องปรับอากาศ เหมาะที่จะนำมารีไซเคิล แต่อย่างไรก็ตาม ในการพิจารณาว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใดที่มีศักยภาพในการนำมารีไซเคิลนอกจากต้องคำนึงถึงประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ควรต้องนำประเด็นทางด้านเศรษฐศาสตร์มาร่วมพิจารณาด้วย เพื่อให้กลไกการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์เกิดขึ้นได้อย่างยั่งยืน

ในการศึกษานี้ได้ทำการจัดลำดับความสำคัญของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีศักยภาพในการนำมารีไซเคิล โดยนำประเด็นทางด้านความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายสูงสุดมาพิจารณาร่วมกับมูลค่าที่คาดว่าจะได้จากการรีไซเคิลโลหะในขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำโดยนำมูลค่าที่อาจได้จากการขาย แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และโลหะที่ได้จากการถอดแยก (เหล็ก (Fe) อะลูมิเนียม (Al) และทองแดง (Cu)) ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในปี พ.ศ. 2562 ของประเทศไทย (Value) (รูปที่ 5-5) หารด้วยความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจได้รับจากโลหะอันตรายใน แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (DPHI) (รูปที่ 5-10) ซึ่งหากค่านี้มีค่ามากแสดงว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดนั้นมีมูลค่าสูงเมื่อเทียบกับความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพ และมีศักยภาพในการนำมารีไซเคิล โดยแสดงผลดังรูปที่ 5-11 ซึ่งพบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีค่า Value/DPHI สูงกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์อื่น



รูปที่ 5-11 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์เทียบกับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้น (Value/DPHI)

เมื่อพิจารณาความสำคัญของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดโดยอาศัยข้อมูลปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 โดยพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ควบคู่กับประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ พบว่าแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต มีศักยภาพที่จะนำมารีไซเคิลมากกว่าขยะอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่นๆ (มูลค่าสูงเมื่อเทียบกับอันตรายที่อาจได้รับ (รูปที่ 5-11) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ยังไม่ได้นำวัสดุส่วนที่ไม่ใช่โลหะ (Non-metal) เช่น พลาสติก รวมถึงการกำจัดและบำบัดซากเหลือมาพิจารณา นอกจากนี้ ค่าที่ใช้ในการคำนวณนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของโลหะทั้งมีค่าและโลหะที่มีความเป็นพิษซึ่งเป็นองค์ประกอบในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามเทคโนโลยี การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Eco-design) เพื่อให้สามารถรีไซเคิลง่ายขึ้น หรือลด/เลิกการใช้โลหะที่มีความเป็นพิษ ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างๆ และประสิทธิภาพและเทคโนโลยีในการรีไซเคิล

ดังนั้นหากประเทศไทยมีระบบการเก็บรวบรวมและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี อาจมีการพิจารณาให้มีการรีไซเคิลเพื่อนำโลหะมีค่าจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะจากคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ/แท็บเล็ต กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด และลดความเสี่ยงในการปนเปื้อน

ของสารพิษจากการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งเป็นการสนับสนุนการทำเหมืองในเมือง (Urban mining) ซึ่งเป็นการสกัดโลหะจากขยะแทนการทำเหมืองแร่แบบดั้งเดิม ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง และในขยะอิเล็กทรอนิกส์ยังมีแร่หายาก (Rare earth element; REE) ซึ่งเป็นแร่ที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ไฮเทคและชิปคอมพิวเตอร์ (Kumar et al., 2017) อย่างไรก็ตามควรต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้ (Cost-benefit study)

5.4 กรณีศึกษา: ชุมชนคัดแยกขยะ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี

จากการเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมจากในพื้นที่สถานประกอบการที่เกี่ยวกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และพื้นที่รอบๆ ได้ตัวอย่างดิน น้ำ (ได้แก่ น้ำประปา น้ำผิวดิน หรือน้ำบาดาล) และพืชที่สามารถรับประทานได้ที่พบในพื้นที่ (ตำลึง ต้นข้าว ข้าวเปลือก เตยหอม และตะไคร้) ในบริเวณสถานประกอบการ (W1 - W9) และบริเวณรอบๆ สถานประกอบการ (C1 - C10) มาวิเคราะห์โลหะหนัก (ทองแดง (Cu) แคดมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) และปรอท (Hg)) โดยครั้งที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างที่จุดเก็บตัวอย่างที่ W1 - W7 และ C1 - C7 ส่วนการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างหลังเกิดน้ำท่วมใหญ่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจากสถานการณ์น้ำท่วมทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างในบางจุดเก็บตัวอย่างเดิมได้ และมีการเก็บตัวอย่างเพิ่มในพื้นที่ที่มีการเผาขยะ (รวมถึงขยะอิเล็กทรอนิกส์) ที่ถูกน้ำพัดพาไปสะสม และจุดที่เป็นบริเวณก่อนที่น้ำจะพัดเข้าท่วมหมู่บ้าน และบริเวณที่น้ำออกจากหมู่บ้าน (C8 – C10) รวมทั้งมีการเก็บตัวอย่างจากสถานประกอบการที่ดำเนินการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติม (W8 - W9) เพื่อประเมินผลกระทบของน้ำท่วมต่อปริมาณโลหะหนักในพื้นที่ศึกษา จากนั้นนำผลที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 2-4) รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างและแผนที่เก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4-9 และรูปที่ 4-22 - รูปที่ 4-23 และแสดงผลการศึกษาดัง ตารางที่ 4-10 - ตารางที่ 4-11 และรูปที่ 4-24 - รูปที่ 4-29

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ทั้งบริเวณสถานประกอบการ (W1 - W9) และบริเวณรอบๆ สถานประกอบการ (C1 - C10) มีการปนเปื้อนของโลหะหนักโลหะหนักทั้งในตัวอย่างดิน น้ำ และพืช โดยส่วนมากโลหะหนักที่พบมากที่สุด คือ ทองแดง (Cu) รองลงมาคือ ตะกั่ว (Pb) และพบการปนเปื้อนของโลหะทุกชนิด (ทองแดง(Cu) แคดมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) และปรอท (Hg)) ในตัวอย่างดินและพืช ในขณะที่ตัวอย่างน้ำพบการปนเปื้อนของทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) มีเพียงตัวอย่าง C5 ที่ตรวจพบสารหนู (As) แต่ยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุดที่อนุญาตให้มีในน้ำบาดาลที่ใช้บริโภค (0.05 mg/L) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากสถานประกอบการมีการคัดแยกเอาแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และโลหะมีค่า เช่น ทองแดง (Cu) ออกมา และจากการสำรวจพื้นที่พบว่า มีการเผาสายไฟเพื่อเอาทองแดง (Cu) ออกจากสายไฟ (รูปที่ 5-12) จึงทำให้ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) ในตัวอย่างมีปริมาณสูง

รูปที่ 5-12 การเผาสายไฟของชาวบ้านในชุมชน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่ตรวจพบบริเวณสถานประกอบการ (W1 – W9) กับความเข้มข้นที่ตรวจพบบริเวณโดยรอบสถานประกอบการ (C1 – C10) พบว่า ตัวอย่างที่ดินและพืชที่เก็บจากบริเวณสถานประการ (W) มีแนวโน้มที่จะมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณโดยรอบสถานประกอบการ (C) แต่ตัวอย่างน้ำมีแนวโน้มที่จะพบการปนเปื้อนของโลหะหนักในตัวอย่างที่เก็บจากบริเวณโดยรอบมากกว่า อาจเป็นเพราะตัวอย่างน้ำจากบริเวณโดยรอบส่วนใหญ่เป็นน้ำผิวดิน ในขณะที่ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากสถานประกอบการเป็นน้ำบาดาลและน้ำประปา

เมื่อนำปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 2-4) พบว่า ความเข้มข้นของโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ในน้ำและในดินมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ส่วนในตัวอย่างพืชที่เก็บมาส่วนใหญ่มีค่าปริมาณโลหะหนักไม่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นปรอท (Hg) ที่มีค่าเกินมาตรฐานในตัวอย่างพืชเกือบทุกตัวอย่าง ยกเว้นเพียงตัวอย่าง W2 และ W6 คิดเป็นร้อยละ 71 ของตัวอย่างพืชทั้งหมด (เก็บตัวอย่างพืช 2 ครั้ง รวม 14 ตัวอย่าง) ซึ่งมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนที่กำหนดให้มีปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.02 mg/kg และพบว่าตัวอย่างพืช W4, W7 และ C4 มีความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) เกินค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนที่กำหนดให้ไม่เกิน 1 mg/kg ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29 ของตัวอย่างพืชทั้งหมด (จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2) และพบว่าตัวอย่างพืช C7 ซึ่งเป็นตัวอย่างต้นข้าวจากทุ่งนาริมถนนใกล้จุดคัดแยกเพียงหนึ่งตัวอย่างที่พบความเข้มข้นของทองแดง (Cu) เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/kg ซึ่งหากมนุษย์

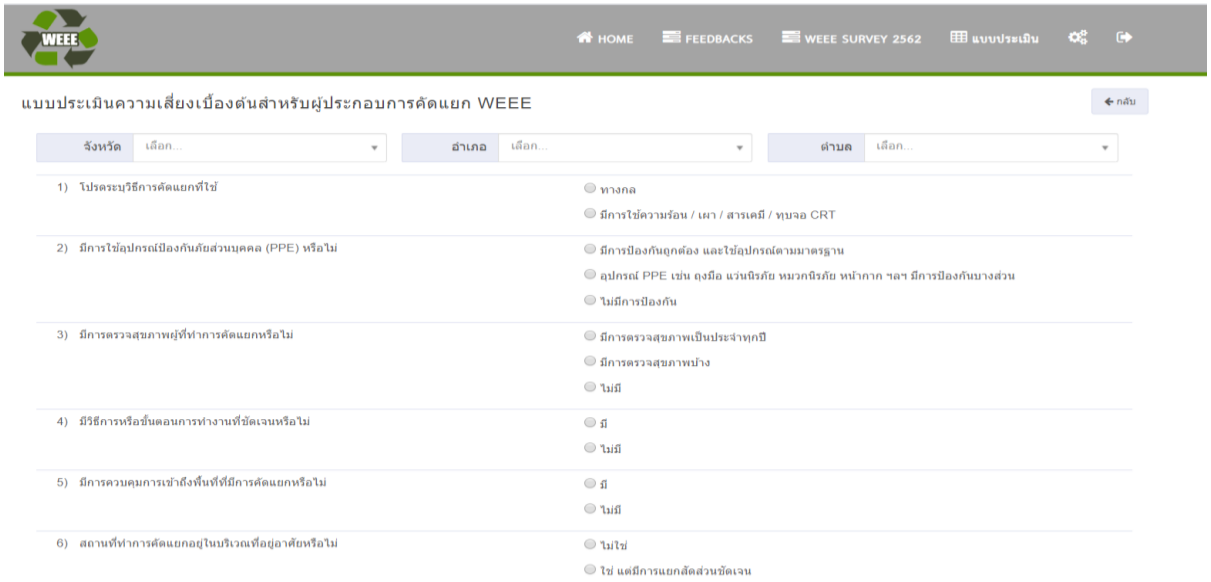
รับประทานพืชที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักนี้เข้าไปอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ (Harmanescu et al., 2011; Adal and Wiener, 2018)

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของโลหะหนักในตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ (ดิน น้ำ และพืช) พบว่า โลหะหนักส่วนมากสะสมอยู่ในดิน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้ SimpleBox 4.0 model ที่พบว่าหากโลหะหนักปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมจะสะสมอยู่ในดินมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ และการที่พบโลหะหนักสะสมในพืช อาจเพราะพืชรับน้ำและสารอาหารมากจากดิน ดังนั้น หากดินบริเวณนั้นมีโลหะหนักปนเปื้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายโลหะหนักจากดินเข้าสู่พืชได้

และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ครั้ง พบว่า การเกิดน้ำท่วมใหญ่ในช่วงเดือนกันยายน 2562 ในพื้นที่ ตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ส่งผลต่อความเข้มข้นของโลหะในสิ่งแวดล้อม โดยอาจทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายโลหะหนัก ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของโลหะหนักในบางตัวอย่างมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และบางตัวอย่างมีค่าลดลง เช่น ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในดินมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความเข้มข้นในน้ำและในพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะน้ำละลายตะกั่ว (Pb) ที่สะสมในดินออกมา แล้วส่วนหนึ่งถูกพืชดูดซึมไป นอกจากนี้ยังพบว่าโลหะหนักบางชนิดมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เช่น ความเข้มข้นของปรอท (Hg) ในดินและในพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการที่น้ำท่วมขยะอิเล็กทรอนิกส์ทำให้น้ำชะละลายโลหะหนักที่อยู่ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ออกมาสู่สิ่งแวดล้อม และพบว่าน้ำบาดาลและน้ำผิวดินมีแนวโน้มที่จะมีโลหะหนักปนเปื้อนสูงกว่าในประปา เนื่องจากในระบบน้ำประปามีการบำบัดเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ รวมทั้งโลหะหนักให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจพื้นที่ที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และบริเวณโดยรอบ ณ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี พบว่า บางสถานประกอบการยังมีการจัดการไม่ดีนัก ยังมีการวางกองและดำเนินการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์บนพื้นดิน มีการเผาสายไฟเพื่อแยกทองแดง (Cu) ออกมา ผู้ปฏิบัติงานมีทั้งที่สวมอุปกรณ์ป้องกันและไม่สวมอุปกรณ์ป้องกัน ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแบบประเมินอย่างง่ายเพื่อให้ผู้ประกอบกิจการหรือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้ประเมินตนเองได้ในฐานข้อมูล (smartformplus.net/WEEE) (รูปที่ 5-13) และเป็นแนวทางในการวางแผนปรับปรุงการจัดการให้มีความเหมาะสม ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างทางสิ่งแวดล้อม ทั้งดิน น้ำ และพืช มาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักที่อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ พบว่า พื้นที่ชุมชนคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และบริเวณโดยรอบ ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก แต่โดยส่วนมากยังมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ยกเว้นโลหะหนักบางชนิด (ปรอท ตะกั่ว และทองแดง) ที่พบว่ามีค่าเกินค่ามาตรฐานในบางตัวอย่างพืช โดยพืชอาจได้รับโลหะหนักเหล่านี้จากดิน ดังนั้น จึงควรสนับสนุนและให้ความรู้แก่สถานประกอบกิจการที่มีการคัด

แยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ให้มีการจัดการที่ดี เพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพของทั้งผู้ปฏิบัติงานและชุมชนโดยรอบ



รูปที่ 5-13 แบบประเมินอย่างง่ายเพื่อให้ผู้ประกอบกิจการหรือปฏิบัติงานเกี่ยวกับการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์สามารถใช้ประเมินตนเองได้ในฐานข้อมูล (ที่มา: smartformplus.net/WEEE)

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 สรุปการจัดทำผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2562

จากการศึกษาพบว่า รายได้ คือปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีการใช้งานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของครัวเรือน งานวิจัยนี้จึงใช้รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือนของประชากรและจำนวนครัวเรือนในแต่ละจังหวัดมาวิเคราะห์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายของครัวเรือนตามรายจังหวัด พบว่า จ.กรุงเทพมหานคร เป็นจังหวัดที่มีปริมาณซากผลิตภัณฑ์ฯ เกิดขึ้นสูงที่สุด กรณีการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนที่เกิดขึ้นขององค์กรจะคำนวณจากข้อมูลค่าไฟฟ้าภาคธุรกิจ ซึ่งจากการศึกษาผังการไหลของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มาจากองค์กร 290,435.63 ± 25,512.16 ตัน/ปี และจากครัวเรือน 386,298.85 ± 26,557.56 ตัน/ปี จากนั้นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะถูกคัดแยกโดยโรงงาน (Formal sector) คิดเป็นร้อยละ 28.74 ชุมชน (Informal sector) คิดเป็นร้อยละ 53.57 และมีส่วนหนึ่งที่ไม่ได้มีการจัดการ เมื่อศึกษาถึงสิ่งที่ได้จากการคัดแยก พบว่า ได้โลหะร้อยละ 57.99 อโลหะร้อยละ 30.54 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCBs) ร้อยละ 3.25 และส่วนประกอบที่ไม่สามารถแยกชนิดได้ จากการที่ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะถูกจัดการด้วยผู้รับคัดแยกที่เป็นชุมชน ดังนั้นการควบคุมและติดตามตรวจสอบการดำเนินงานในส่วนของชุมชนให้เป็นไปอย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญ

6.1.2 สรุปผลการประเมินความสำคัญของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และของเสียอันตรายชุมชนแต่ละชนิด

การศึกษาเพื่อจัดลำดับความสำคัญของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ให้ครอบคลุมทั้งทาง เศรษฐศาสตร์ สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งในด้านสิ่งแวดล้อมจะประเมินการแพร่กระจายของโลหะในสิ่งแวดล้อมโดยใช้ SimpleBox model version 4.0 ซึ่งพบว่า หากโลหะจาก

ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะสะสมอยู่ในดินมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ ตะกอนดิน และอากาศ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความเสี่ยงที่จะเกิดผลกระทบต่อสุขภาพสูงสุดของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดในรูปของค่า DPHI (normalized potential harm index) ซึ่งคิดจากปริมาณโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นองค์ประกอบในแผง

PCBs (Cu, Pb, Cd, Cr, As และ Hg) และค่า Reference Dose จากการหายใจ (RfC) พบว่า แผง PCBs ของเครื่องซักผ้าและเครื่องปรับอากาศมีโอกาสที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพค่อนข้างน้อย ในขณะที่ แผง PCBs ของตู้เย็นและคอมพิวเตอร์มีโอกาสที่จะส่งผลต่อสุขภาพมาก ดังนั้น หากพิจารณาเพียงด้านผลกระทบต่อสุขภาพ แผง PCBs ของเครื่องซักผ้าและเครื่องปรับอากาศมีศักยภาพที่จะนำมารีไซเคิล แต่เมื่อนำด้านเศรษฐศาสตร์มาร่วมพิจารณาถึงศักยภาพในการนำมารีไซเคิล พบว่า แผง PCBs ของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ มีศักยภาพที่จะนำมารีไซเคิลมากกว่าซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชนิดอื่น ๆ (มูลค่าสูงเมื่อเทียบกับอันตรายที่อาจได้รับ) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้มีข้อจำกัดคือ ยังไม่ได้พิจารณาถึงวัสดุส่วนที่ไม่ใช่โลหะ (non-metal) และการกำจัดและบำบัดซากเหลือ และค่าที่ใช้ในการคำนวณนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของโลหะที่เป็นองค์ประกอบในแผง PCBs และปัจจัยอื่น ๆ เช่น เทคโนโลยีการผลิตและการรีไซเคิล การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (eco-design) ในส่วนของขยะอันตรายชุมชน 2 ชนิด พบว่า มีปริมาณหลอดไฟจากภาคองค์กรและครัวเรือน 35,949.51 ± 485.31 ตัน/ปี และ 26,920.07 ± 363.42 ตัน/ปี ตามลำดับ ส่วนถ่านไฟฉายจากภาคองค์กรและครัวเรือนมีปริมาณ 232.21 ± 3.13 ตัน/ปี และ 1,240.30 ± 16.74 ตัน/ปี ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าของเสียอันตรายชุมชนทั้งสองชนิดถูกทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนทั้งหมด แต่ปริมาณมูลฝอยอันตรายที่ถูกนำไปฝังกลบอย่างถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 11.29 ที่เหลือไม่มีข้อมูลบันทึกไว้อย่างแน่ชัด

6.1.3 ระบบฐานข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย

การจัดทำระบบฐานข้อมูลสำหรับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยเป็นช่องทางสำหรับการเป็นสื่อประชาสัมพันธ์และการเชื่อมโยงผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย ได้แก่ ภาครัฐที่เป็นผู้กำหนดนโยบาย ภาคเอกชนที่จะสามารถศึกษาแนวทางที่เหมาะสมต่อการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามศักยภาพที่ตนเองมีให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด สำหรับประชาชนที่สนใจต้องการทราบสถานการณ์ของจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย อีกทั้งสำหรับภาคการศึกษาที่ต้องการพัฒนาแนวทาง นวัตกรรมใหม่ๆ ที่ช่วยส่งเสริมให้มีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยได้ดียิ่งขึ้น

ระบบฐานข้อมูลนี้มีการออกแบบทีให้ผู้ที่สนใจลงทะเบียนเข้าใจงานเพื่อปรับเปลี่ยนข้อมูลเพื่อจำลองผังการไหลตามข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ตามเว็บไซต์ (smartformplus.net/WEEE) ซึ่งในระบบฐานข้อมูลนี้เป็นสื่อ

ประชาสัมพันธ์รูปแบบหนึ่ง และเป็นการสรุปข้อมูลของโครงการเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย

ระบบฐานข้อมูลนี้สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้ตามความต้องการของผู้ใช้งานที่เป็นผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นจุดเชื่อมโยงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้สามารถใช้ประโยชน์ร่วมกัน

6.2 ข้อเสนอแนะต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

หากประเทศไทยมีระบบการเก็บรวบรวมและการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ดี อาจมีการพิจารณาให้มีการรีไซเคิลเพื่อนำโลหะมีค่าจากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะจากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ก และโทรศัพท์มือถือ กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะเป็นการสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด และลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของสารพิษจากการจัดการที่ไม่เหมาะสม และในซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยังมีแร่หายาก (rare earth element; REE) ซึ่งเป็นแร่ที่ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ไฮเทคและชิปคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามควรต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้โดยเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ที่ได้ (cost-benefit study) ให้ครอบคลุมทุกมิติ

- **ผู้บริโภค** ซึ่งยังไม่ทราบแนวทางในการกำจัดซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในปัจจุบัน การใช้ระบบฐานข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทั่วไปเข้าใจ สร้างความตระหนักต่อสถานการณ์การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยในปัจจุบัน
- **ผู้ประกอบการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์**ทั้งโรงงานและชุมชน สามารถใช้ระบบฐานข้อมูลเพื่อปรับเปลี่ยนตัวเลขเป็นข้อมูลของตนเองเพื่อศึกษาความคุ้มค่าทั้งทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด
- **หน่วยงานกำกับดูแล** ระบบฐานข้อมูลจะช่วยให้ทราบสถานการณ์ปัจจุบันของเส้นทางการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวางแผนและกำหนดนโยบายที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินงานจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการข้อมูลหลายหน่วยงานและพัฒนาระบบติดตามผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์แบบดิจิทัล (Digital WEEE manifest) ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน

- **สถาบันศึกษา** สามารถพัฒนางานวิจัยที่ต่อยอดเพื่อพัฒนารูปแบบ เทคโนโลยี หรือนวัตกรรม ที่เหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดการดำเนินงานที่เหมาะสมต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่อการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ฐานข้อมูลองค์ประกอบภายในของเครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) เทคโนโลยีการรีไซเคิล และประเมินความเสี่ยงในพื้นที่ การหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ภาคองค์กร เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2547.คู่มือเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษทางอากาศสำหรับอตสาหกรรมเคลือบผิว [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www2.diw.go.th/PIC/download/Guidelines/air-tech.pdf [4 มีนาคม 2563].

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือการนำเข้าหรือส่งออกวัตถุอันตรายที่เป็นของเสียเคมีวัตถุตาม พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และของเสียอันตรายตามอนุสัญญาบาเซล. กรุงเทพมหานคร: สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2558. คู่มือเสริมสร้างความเข้มแข็งในการควบคุมการนำเข้า - ส่งออกของเสียอันตราย. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ธนาเพรส จำกัด.

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. คู่มือการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_battery.html [5 มิถุนายน 2562].

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559. สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย: กรุงเทพมหานคร.

กรมควบคุมมลพิษ. 2561. แนวทางจัดการของเสียอันตราย WEEE [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_battery.htm [5 มิถุนายน 2562].

กรมศุลกากร. 2561. รายงานสถิติ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th/statistic_report.php?show_search=1 [5 มิถุนายน 2562].

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556. ของเสียจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://recycle.dpim.go.th/wastelist/waste.php [5 มิถุนายน 2562].

เปรมฤดี กาญจนปิยะ. 2559. E-waste การรีไซเคิลซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://infofile.pcd.go.th/haz/8e-waste.pdf?CFID=1494729&CFTOKEN=59145235 [5 มิถุนายน 2562].

ปเนต มโนมัยวิบูลย์. 2562. ขยะจากมุมมองการคลังและสิ่งแวดล้อม: ลดต้นทุนที่ต้นทาง.-- เชียงใหม่ : มูลนิธิสถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ, 60.

ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. 2553. โครงการศึกษาหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และอัตราการจัดเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการกำหนดนโยบาย และมาตรการบริหารจัดการมลพิษ.

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย. 2561 รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาและจัดทำข้อมูลเชิงประจักษ์ในการนำเข้า และความสามารถในการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และกากแร่ของประเทศไทย (ระยะที่หนึ่ง).

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2560. ขยะอิเล็กทรอนิกส์...ขุมทรัพย์ของธุรกิจรีไซเคิลขยะ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.newsdatatoday.com/images/News/OO1-9-17/580.pdf [5 มิถุนายน 2562].

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2551. เทคโนโลยีการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. 2551. ผลการทบทวนวิธีคาดการณ์ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. ใน รายงานสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการพัฒนาแนวทางการประเมินปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2562. รายงานผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน พ.ศ. 2562 ทั่วราชอาณาจักร.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2561, รายงานการศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการจัดการปาล์มน้ำมันและผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องที่ใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎ. 2559. ขยะอิเล็กทรอนิกส์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://drmlib.parliament.go.th/securepdf/p_525354.pdf [1 สิงหาคม 2562].

สุจิตรา วาสนาดำรงดี. 2558. เอกสารประกอบการเสวนาวิชาการ เรื่อง “ขยะอิเล็กทรอนิกส์: จัดการอย่างไรให้ปลอดภัย?”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.hsm.chula.ac.th/news/สถานการณ์ขยะอิเล็กทรอนิกส์.pdf [1 สิงหาคม 2562].

ไฮโดรเทค มมป, ระบบกำจัดขยะ (Solid Waste Treatment Plant) [ออนไลน์] แหล่งที่มา : https://www.hydrotek.co.th/solid-waste-treatment-plant/ [4 มีนาคม 2563].

Accurate Macro & Micro Economic Data You Can Trust. 2018. Thailand Household Income per Capita. [Online]. Retrieve from: https://www.ceicdata.com/en/indicator/thailand/annual-household-income-per-capita [August 1st, 2019].

Adal, A., Wiener, S.W. 2018. Heavy Metal Toxicity: Background, Pathophysiology, Epidemiology. Medscape. [Online]. Retrieve from: https://emedicine.medscape.com/article/814960-overview [August 1st, 2019].

Araújo, M.G., Magrini, A., Mahler, C.F., Bilitewski, B., 2012. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. Waste Manage. 32, 335–342.

Apisitpuvakul, W., Piumsomboon, P., Watts, D.J., Koetsinchai, W. 2008. LCA of spent fluorescent lamps in Thailand at various rates of recycling. Cleaner Production. 16(10):1046-1061.

Baldé, C.P., Forti, V., Kuehr, R., Stegman, P. 2017. The global E-waste monitor 2017. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) and International Solid Waste Association, Bonn/Geneva/Vienna.

Baccini, P., Bader, H.P., 1996 Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Germany.

Bekaroo, G., Sunhkur, R., Pricilla, R., Okolo, A., Moedeen, W. 2018. Enhancing awareness on green consumption of electronic devices: The application of Augmented Reality, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 30, 279-291.

Brunner, P.H., Rechberger, H. 2004. Practical handbook of material flow analysis 1st edition, Boca Raton, FL, Lewis Publichers/CRC Press.

Brunner, P.H., Rechberger, H. 2017. Handbook of Material Flow Analysis for Environmental Resource and Waste Engineers. Florida, USA: CRC Press LLC.

Buchert, M., Schüler, D., Bleher, D. 2009. Critical Metals for Future Sustainable Technologies and their Recycling Potential. UNEP DTIE.

Casey, K., Lichrou, M., Fitzpatrick, C. 2019. Treasured trash? A consumer perspective on small Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) divestment in Ireland. Resource, Conservation and Recycling, 145, 179-189.

Cesaro, A., Belgiorno, V., Vaccari, M., Jandric, A., Chung, T.D., Dias, M.I., Hursthouse, A., Salhofer, S. 2018. A device-specific prioritization strategy based on the potential for harm to human health in informal WEEE recycling. Environ Sci Pollut Res, 25, 683-692. doi: https://doi.org/10.1007/s11356-017-0390-7

Chen, M., Zhang, S., Huang, J., Chen, H. 2015. Lead during the leaching process of copper from waste printed circuit boards by five typical ionic liquid acids. Journal of Cleaner Production, 95, 142-147.

Contestabile, M., Panero, S., Scrosati, B. 1999. A laboratory-scale lithium battery recycling process. J. Power Sources, 83 (1–2), 75–78.

Duygan, M., Meylan, G. 2015. Strategic management of WEEE in Switzerland-combining material flow analysis with structural analysis, Resource, Conservation and Recycling, 103, 98-109.

European Parliament Briefing. 2015. Understanding waste streams: Treatment of specific waste. [Online]. Retrieve from: http://www.europarl.europa.eu/EPRS/EPRS-Briefing-564398-Understanding-waste-streams-FINAL.pdf [August 1st, 2019].

Fu, J.J., Zhang, A.Q., Wang, T., Qu, G.B., Shao, J.J., Yuan, B., Wang, Y.W., Jiang, G.B. 2013. Influence of e-waste dismantling and its regulations: temporal trend, spatial distribution of heavy metals in rice grains, and its potential health risk. Environ. Journal of Science and Technology, 47, 7437–7445.

Grant, K., Goldizen, F.C., Sly, P.D., Brune, M.N., Neira, M., Berg, M.v.d., Norman, R.E. 2013. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. Lancet Glob Health, 1, 350-361.

Harmanescu, M., Alda, L.M., Bordean, M., Gogoasa, I., Gergen, I. 2011. Heavy metals health risk assessment for population via consumption of vegetables grown in old mining

area; a case study: Banat County, Romania. Chemistry Central Journal, 5:64. doi: 10.1186/1752-153X-5-64

Hollander, A., Schoorl, M., Meent, D.v.d. 2016. SimpleBox 4.0: Improving the model while keeping it simple. Chemosphere, 148, 99-107.
doi: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.01.006

Huisman, J. 2008. Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Bonn: United Nations University, 2007.

Ikhlayel, M., 2016 Differences of methods to estimate generation of waste electrical and electronic equipment for developing countries: Jordan as a case study, Resources, Conservation and Recycling, 108, 134-139

Ilankoon, I.M.S.K., Ghorbani, Y, Chong, M.N., Hereth, G., Moyo, T., 2018. E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. Waste Management, 82, 258-275.

Ibrahim, F.B., Adie D.B., Giwa A., and Okuofu, C.A. 2014 Study of Material Flow of End-of-Life Computer Equipment (e-wastes) in Some Major Cities in Nigeria, Nigerian journal of technological development, 9, 44-52.

Islam, M.T., Huda, N. 2019. Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions. Journal of Environmental Management, 244, 344-361.

Jain, A., Sareen, R., 2006. E-waste assessment methodology and validation in India. J. Mater. Cycles Waste Manage. 8, 40–45.

Kumar, A., Holuszko, M., Espinosa, D.C.R. 2017. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. Resources, Conservation and Recycling, 122, 32-42.

Keller, P.C., Anderson, C.G. 2018. The production of critical materials as by products. Mining and Mineral Science, 2(2), 1-14.

Lain, M.J. 2001. Recycling of lithium ion cells and batteries. Power Sources, 97-98, 736-738.

Laner, D., Feketitsch, J., Rechberger, H., Fellner, J. 2015. A Novel Approach to Characterize Data Uncertainty in Material Flow Analysis and its Application to Plastics Flows in Austria. Journal of Industrial Ecology, 20(5).

Lee H.S. 2003. A study on the politics for supporting the improvement of recycling of industrial wastes by survey, analysis and estimation. Report E-B-1-1. Daejeon, Korea: Korea Environment Institute, Industrial Waste Recycling Research Center, 552–608.

Lee, J.H, Song, H.T., Yoo, J.M. 2007. Present status of the recycling of waste electrical and electronic equipment in Korea. Resources Conservation & Recycling. 50:380-397.

Mackay, D. 2001. Multimedia Environmental Models: The Fugacity Approach (2 ed.). London, UK: Lewis Publishers.

McCoach, H., White, C., Laundon, C. 2014. Techniques for Recovering Printed Circuit Boards (PCB). Wrap, Oxon, UK.

Navazo, J.M.V., Mendez, G.V. Peiro, L.T. 2014. Material flow analysis and energy requirements of mobile phone material recovery processes. Life Cycle Assessment. 19, 567-579.

Office of the Royal Society, How to determine region of Thailand. [Online]. Retrieve from: http://www.royin.go.th/?knowledges=http://www.royin.go.th/?knowledges==การแบ่งภูมิภาคทางภูมิศาสตร์. [August 1st, 2019].

Oguchi, M., Murakami, S., Sakanakura, H., Kida, A., Kameya, T. 2011. A preliminary categorization of end-of-life electrical and electronic equipment as secondary metal resources. Waste Management, 31, 2150-2160.

Oguchi, M., Sakanakura, H., Terazono, A. 2013. Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. Science of The Total Environment, 463-464, 1124-1132. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.07.078

Ravi, V. 2012. Evaluating overall quality of recycling of e-waste from end-of-life computers. Journal of Cleaner Production, 20, 145–151.

Sato, K., Fujiakawa T. 2015. Effective Use of Coal Ash as Ground Material in Japan. Department of Civil Engineering, Fukuoka University.

Schoorl, M., Hollander, A., Meent, D.v.d. 2014. SimpleBox 4.0 A multimedia mass balance model for evaluating the fate of chemical substances RIVM Report 2015-0161. National Institute for Public Health, the Netherlands.

Su, C., Zhang, H., Cridge, C., Liang, R. 2019. A review of multimedia transport and fate models for chemicals: Principles, features and applicability. Science of the Total Environment, 668, 881-892.

Yamane, Taro. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rded. New York: Harper and Row Publications.

Thiedbaud, E., Hilty, L.M., Schluep, M., Faulstich, M. 2017. Use, Storage, and Disposal of Electronic Equipment in Switzerland. Environmental Science and Technology. 51, 4494-4502.

Tsydenova, O., Bengtsson, M. 2011. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. Waste Management, 31, 45-48.

Kwonpongsagoon S, Waite DT, Moore S, Brunner P.H., 2007 A substance flow analysis in the southern hemisphere: cadmium in the Australian economy. Clean Technol Environ Policy, 9, 175–187

United Nations Environmental Programme. E-waste volume I: Inventory Assessment Manual. [Online]. Retrieve from: http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7857 [April 30th, 2019].

U.S. EPA. 2019. Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables (November 2019). [Online]. Retrieve from: https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables [December 18th, 2019].

Vadoudi., K., Kim, J., Laratte, B., Lee, S.J., Troussier, N. 2015. E-waste management and resources recovery in France. Waste Management & Research, 33(10), 919-929.

Wang, F., Huiman, J., Stevels, A., Blade, C.P. 2013. Enchaning e-waste estimated: Improving data quality by multivariate Input-Output Analysis. Waste Management, 33: 2397-2407.

Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., Böni, H., 2005. Global perspectives on e-waste. Environ. Impact Assess. Rev. 25, 436–458.

Wilkinson, J.M., Hill, J. Phillips, C.J. 2003. The accumulation of potentially-toxic metals by grazing ruminants. Proceedings of the Nutrition Society, 6, 267-277.

Wongsoonthornchai, M., Scheidegger, R Kwonpongsagoon, S., Bader, H.P., 2015. Analysis of time dependent mercury flows through the use of thermometers and sphygmomanometers in Thailand, International Journal of GEOMATE, 44, 16-24.

Wongsoonthornchai, M., Kwonpongsagoon, S., Scheidegger, R. 2015. Modeling Mercury Flows in Thailand on the Basis of Mathematical Material Flow Analysis. Clean Soil Air Water, 44(1): 16-24.

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบสอบถามครัวเรือนและองค์กร

แบบสำรวจพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

สำหรับเจ้าหน้าที่ (กรอกข้อมูลผู้ทำหน้าที่สัมภาษณ์)

ชื่อ – สกุล ..... หมายเลขโทรศัพท์ .....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้ข้อมูล

1. เพศ [1] ชาย [2] หญิง

2. อายุ [1] 18-30 ปี [2] 31-40 ปี [3] 41-50 ปี
[4] 51 - 60 ปี [5] มากกว่า 60 ปีขึ้นไป [5] ต่ำกว่า 18 ปี

3. การศึกษา [1] ประถมศึกษา [2] มัธยมศึกษาตอนต้น [3] มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.
[4] อนุปริญญาตรี/ปวส. [5] ปริญญาตรี [6] สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ [1] นักเรียน/นักศึกษา [2] ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ [3] รับจ้างทั่วไป [4] พนักงานบริษัท/ลูกจ้าง
[5] ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย [6] เกษตรกร/ประมง [7] พ่อบ้าน/แม่บ้าน/เกษียณ [8] อื่นๆ (ระบุ)

5. ลักษณะที่อยู่อาศัย [1] บ้าน [2] อาคารพาณิชย์ [3] คอนโดมิเนียม

6. จำนวนสมาชิกทั้งหมดที่พักอาศัยในบ้าน (รวมตัวท่าน) ..... คน

7. ท่านพักอาศัยอยู่ในบ้านหลังนี้ มาแล้วกี่ปี
[1] ต่ำกว่า 5 ปี [2] 5 – 10 ปี [3] 11 – 15 ปี [4] 16 – 20 ปี [5] มากกว่า 20 ปี

8. รายได้ของครัวเรือนต่อเดือน [1] ต่ำกว่า 10,000 บาท [2] 10,001 - 30,000 บาท [3] 30,001-50,000 บาท
[4] 50,001-100,000 บาท [5] 100,001 - 200,000 บาท [6] มากกว่า 200,000 บาท

9. ที่อยู่ปัจจุบัน

ชุมชน..... .....

บ้านเลขที่..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ/เขต.....

จังหวัด..... หมายเลขโทรศัพท์ .....

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน

1. การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของท่าน **(โปรดพิจารณาทั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้**

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมีเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดบ้าง **(โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่าง)**

1.2 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในครัวเรือน **(ตอบเฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ มี)**

ชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า	ข้อ 1.1 ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน			ข้อ 1.2 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในครัวเรือน (ตอบเฉพาะเครื่องไฟฟ้าที่ มี)
	ไม่มี		มี	
	ไม่เคยมี	เคยมี		
1. โทรทัศน์ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 3)***				จำนวน ..... เครื่อง
2. ตู้เย็น ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 4)***				จำนวน ..... เครื่อง
3. เครื่องปรับอากาศ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 5)***				จำนวน ..... เครื่อง
4. เครื่องซักผ้า ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 6)***				จำนวน ..... เครื่อง
5. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 7)***				จำนวน ..... เครื่อง
6. คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 8)***				จำนวน ..... เครื่อง
7. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 9)***				จำนวน ..... เครื่อง
8. หลอดไฟ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 10)***				จำนวน ..... หลอด
9. ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 11)***				จำนวน ..... ก้อน

ส่วนที่ 3 โทรทัศน์

1. โทรทัศน์ในครัวเรือนของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***โทรทัศน์*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***โทรทัศน์*** ในแต่ละประเภทที่มีในครัวเรือน

1.3 ***โทรทัศน์*** ของท่านมีขนาดเท่าไหร่ **(นิ้ว)**

1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***โทรทัศน์*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***โทรทัศน์*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.6 ท่านมี ***โทรทัศน์*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และประเภทที่เสียสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ และอยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีโทรทัศน์ประเภทใด	ข้อ 1.2 จำนวนของโทรทัศน์ (ตอบเฉพาะประเภทที่ มี) (เครื่อง)	ข้อ 1.3 ขนาดของโทรทัศน์ (นิ้ว)	ข้อ 1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.6 มีโทรทัศน์ประเภทใดเสีย				ข้อ 1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
				ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
[1] โทรทัศน์จอตู้	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
[2] โทรทัศน์จอแบน	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด ..... นิ้ว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากโทรทัศน์ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีโทรทัศน์ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

[1] ไม่มี [2] มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 4 ตู้เย็น

1. ตู้เย็นในครัวเรือนของท่านในปัจจุบัน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้ (ตอบได้ทั้งตู้เย็นชนิด 1 ประตู, 2 ประตู หรือมากกว่า)
   1.1 ในบ้านท่านมี ***ตู้เย็น*** หรือไม่
   1.2 จำนวนของ ***ตู้เย็น*** ที่มีในครัวเรือน
   1.3 ความจุ ***ตู้เย็น*** ที่ท่านใช้ในครัวเรือน (หน่วยความจุ : คิว หรือ ลูกบาศก์เดซิเมตร (ลบ.ดม.))
   1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***ตู้เย็น*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**
   1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***ตู้เย็น*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**
   1.6 ท่านมี ***ตู้เย็น*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีตู้เย็นหรือไม่	ข้อ 1.2 จำนวนของตู้เย็น (เครื่อง)	ข้อ 1.3 ความจุของตู้เย็น (คิว)	ข้อ 1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.6 มีตู้เย็นประเภทใดเสีย				ข้อ 1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
				ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
[1] ตู้เย็น	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด ..... คิว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด ..... คิว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด ..... คิว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 4 ขนาด ..... คิว				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากตู้เย็นที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีตู้เย็นที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

[1] ไม่มี [2] มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*
② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*
③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน
④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ
⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....
⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 5 เครื่องปรับอากาศ

1. เครื่องปรับอากาศในครัวเรือนของท่านในปัจจุบัน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** ในแต่ละประเภทที่มีในครัวเรือน

1.3 ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** ที่ท่านใช้ในครัวเรือนขนาดเท่าไหร่ **(บีทียู)**

1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** ในแต่ละประเภท **ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.6 ท่านมี ***<u>เครื่องปรับอากาศ</u>*** เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีเครื่องปรับอากาศประเภทใด	ข้อ 1.2 จำนวนของเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	ข้อ 1.3 ขนาดของเครื่องปรับอากาศ (บีทียู)	ข้อ 1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.6 มีเครื่องปรับอากาศประเภทใดเสีย				ข้อ 1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
				ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
1 แบบติดผนัง	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
2 แบบตั้ง/แขวน	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด.....บีทียู				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากเครื่องปรับอากาศที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 6 เครื่องซักผ้า

1. เครื่องซักผ้าในครัวเรือนของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้ (ตอบได้ทั้งเครื่องซักผ้าชนิดฝาหน้า และฝาบน)

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***เครื่องซักผ้า*** หรือไม่

1.2 จำนวนของ ***เครื่องซักผ้า*** ที่มีในครัวเรือน

1.3 ***เครื่องซักผ้า*** ที่ท่านใช้ในครัวเรือน มีขนาดความจุเท่าไหร่ **(กิโลกรัม)**

1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***เครื่องซักผ้า*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***เครื่องซักผ้า*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.6 ท่านมี ***เครื่องซักผ้า*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีเครื่องซักผ้า หรือไม่	ข้อ 1.2 จำนวนของเครื่องซักผ้า (เครื่อง)	ข้อ 1.3 ขนาดของเครื่องซักผ้า (กิโลกรัม)	ข้อ 1.4 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.6 มีเครื่องซักผ้าเสียหรือไม่				ข้อ 1.5 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
				ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
1 เครื่องซักผ้า	..... เครื่อง	เครื่องที่ 1 ขนาด.....กก.				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 2 ขนาด.....กก.				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 3 ขนาด..... กก.				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
		เครื่องที่ 4 ขนาด..... กก.				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ .... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
						2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากเครื่องซักผ้าที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีเครื่องซักผ้าที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 7 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)

1. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ในบ้านของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)*** ในแต่ละประเภทที่มีในบ้าน

1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 ท่านมี ***คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ประเภทใด	ข้อ 1.2 จำนวนของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) (เครื่อง)	ข้อ 1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.5 มีคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ประเภทใดเสีย				ข้อ 1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
			ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
[1] Desktop PC (PC แบบแยกส่วน)	..... เครื่อง				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
					[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
					[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
[2] ALL In ONE	..... เครื่อง				[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
					[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	
					[1] ซ่อมได้	[1] ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน [2] ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					[2] ซ่อมไม่ได้	[1] เก็บไว้เฉยๆ [2] นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

[1] ไม่มี [2] มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 8 คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)

1. คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ในบ้านของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ในบ้านท่านมี***คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)*** หรือไม่

1.2 จำนวนของ ***คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)*** ที่มีบ้าน

1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)*** **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)*** **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 ท่านมี ***คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) หรือไม่	ข้อ 1.2 จำนวนของคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) (เครื่อง)	ข้อ 1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.5 มีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ประเภทใดเสีย				ข้อ 1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณ(เดือน)
			ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
1 Notebook	..... เครื่อง				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีคอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 9 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ในบ้านของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต*** ในแต่ละประเภทที่มีในบ้าน

1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณของ ***โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณของ ***โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

1.5 ท่านมี ***โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต*** ที่เสียแล้วหรือไม่ และสามารถซ่อมแซมได้หรือไม่ อยู่ในลักษณะใด

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมี โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ประเภทใด	ข้อ 1.2 จำนวนของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต (เครื่อง)	ข้อ 1.3 อายุการเป็นเจ้าของโดยประมาณ (เดือน)	ข้อ 1.4 มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ประเภทใดเสีย				ข้อ 1.4 อายุการใช้งานโดยประมาณ (เดือน)
			ไม่เสีย	เสีย ➡	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	
1 โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ Smart Phone	..... เครื่อง				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
2 โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบปุ่มกด (feature phone)	..... เครื่อง				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	

ข้อ 1.1 ในบ้านท่านมี โทรศัพท์เคลื่อนที่	ข้อ 1.2 จำนวนของโทรศัพท์	ข้อ 1.3	ข้อ 1.4 มีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ประเภทใดเสีย	ข้อ 1.4 อายุการใช้งาน

(มือถือ)/แท็บเล็ต ประเภทใด	เคลื่อนที่ (มือถือ)/ แท็บเล็ต (เครื่อง)	อายุการเป็นเจ้าของ โดยประมาณ (เดือน)	ไม่เสีย	เสีย	ซ่อมแซมได้หรือไม่	อยู่ในลักษณะใด หรือดำเนินการอย่างไร	โดยประมาณ (เดือน)
3 แท็บเล็ต	..... เครื่อง				1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	
					1 ซ่อมได้	1 ใช้งานได้ตามปกติ ประมาณ ..... เดือน 2 ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ	
					2 ซ่อมไม่ได้	1 เก็บไว้เฉยๆ 2 นำไปทำอย่างอื่น	

2. นอกเหนือจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ตที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ตที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

① ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

② ขายคืนให้ผู้ผลิต *โดยขายได้ราคาประมาณ..... บาท*

③ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน

④ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

⑤ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ

⑥ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

⑦ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑧ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 10 หลอดไฟ

1. หลอดไฟ ในบ้านของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***<u>หลอดไฟ</u>*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***<u>หลอดไฟ</u>*** ในแต่ละประเภทที่มีในบ้าน

1.3 อายุโดยประมาณของ ***<u>หลอดไฟ</u>*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

ข้อ 1.1 ในบ้านท่าน มีหลอดไฟประเภทใด	**ข้อ 1.2 จำนวน ของหลอดไฟ (หลอด)**	**ข้อ 1.3 อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)**
[1] หลอดไส้ (เช่น หลอดไส้แบบกลม)	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน
[2] หลอดฟลูออเรสเซนต์	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน
[3] หลอด LED	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน

2. ท่านเคยมีหลอดไฟที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ ท่านมีวิธีการจัดการกับหลอดไฟที่เสียแล้วอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

[1] ไม่มี [2] มี โดยมีวิธีการจัดการ ①ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ②แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

③ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

④ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑤ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 11 ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์

1. ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ในบ้านของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมี ***<u>ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์</u>*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***<u>ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์</u>*** ในแต่ละประเภทที่มีในบ้าน

1.3 อายุโดยประมาณของ ***<u>ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์</u>*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น <u>เดือน</u> เช่น 2 ปี ให้เติม 24 เดือน)**

ข้อ 1.1 ในบ้านท่าน มีถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ประเภทใด	**ข้อ 1.2 จำนวน ของถ่านไฟฉาย/ถ่านแอล คาไลน์ (ก้อน)**	**ข้อ 1.3 อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)**
[1] ถ่านแบบบรรจุไฟใหม่ได้ (ชาร์จได้)	..... ก้อน	เฉลี่ย ..... เดือน
[2] ถ่านแบบบรรจุไฟใหม่<u>**ไม่**</u>ได้ (ชาร์จไม่ได้)	..... ก้อน	เฉลี่ย ..... เดือน

2. ท่านเคยมีถ่านไฟฉายที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ ท่านมีวิธีการจัดการกับถ่านไฟฉายที่ไม่ใช้แล้วอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

[1] ไม่มี [2] มี โดยมีวิธีการจัดการ ① ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ② แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

③ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

④ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

⑤ อื่น ๆ ระบุ .....

.....

ขอขอบคุณที่สละเวลาแสดงความคิดเห็น และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์

แบบสำรวจพฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในองค์กร

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปขององค์กร

1.ประเภทขององค์กร ☐ สำนักงาน ☐ โรงแรม ☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ โรงพยาบาล ☐ ร้านอาหาร
☐ โรงงาน ☐ สถาบันศึกษา ☐ ศาสนสถาน ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

2. ที่ตั้งขององค์กร .....แขวง/ตำบล.....เขต.....จังหวัด.....

3. ชื่อองค์กร.....

4. จำนวนพนักงานในองค์กร.....คน

5. ขนาดพื้นที่ขององค์กร.....ตรม.

6. จำนวน (ห้องพัก/โต๊ะ/เตียง) ของหน่วยงานท่าน.....

7. ตำแหน่งของผู้ให้ข้อมูล.....

8. อายุงานในองค์กรนี้ ☐ น้อยกว่า 5 เดือน ☐ 5 – 10 เดือน ☐ 10 – 15 เดือน ☐ 15 - 20 เดือน
☐ มากกว่า 20 เดือนขึ้นไป

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในองค์กร

1. การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนของท่าน **(โปรดพิจารณาทั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้**

1.1 ปัจจุบันในบ้านของท่านมีเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดบ้าง **(โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่าง)**

1.2 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในครัวเรือน **(ตอบเฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ มี)**

จำนวนที่มีในครัวเรือน และโปรดระบุอายุงานเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าในแต่ละชนิด

ชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า	ข้อ 1.1 ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าในองค์กร			ข้อ 1.2 จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในองค์กร (ตอบเฉพาะเครื่องไฟฟ้าที่ มี)
	ไม่มี		มี	
	ไม่เคยมี	เคยมี		
1. โทรทัศน์ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 3)***				จำนวน ..... เครื่อง
2. ตู้เย็น ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 4)***				จำนวน ..... เครื่อง
3. เครื่องปรับอากาศ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 5)***				จำนวน ..... เครื่อง
4. เครื่องซักผ้า ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 6)***				จำนวน ..... เครื่อง
5. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC) ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 7)***				จำนวน ..... เครื่อง
6. คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 8)***				จำนวน ..... เครื่อง
7. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 9)***				จำนวน ..... เครื่อง
8. หลอดไฟ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 10)***				จำนวน ..... หลอด
9. ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ***(กรุณาสัมภาษณ์ในส่วนที่ 11)***				จำนวน ..... ก้อน

ส่วนที่ 3 โทรทัศน์

1. โทรทัศน์ในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทโทรทัศน์ จำนวน ขนาด อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของโทรทัศน์	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดเฉลี่ย (นิ้ว)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 โทรทัศน์จอตู้			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
2 โทรทัศน์จอแบน			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากโทรทัศน์ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีโทรทัศน์ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 4 ตู้เย็น

1. ตู้เย็นในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทตู้เย็น จำนวน ขนาด อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของตู้เย็น	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดเฉลี่ย (คิว)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 ตู้เย็น			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากตู้เย็นที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีตู้เย็นที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 5 เครื่องปรับอากาศ

1. เครื่องปรับอากาศในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทเครื่องปรับอากาศ จำนวน ขนาด อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของเครื่องปรับอากาศ	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดเฉลี่ย (บีทียู)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 แบบติดผนัง			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
2 แบบตั้ง/แขวน			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
3 แบบฝังฝ้า/เพดาน			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากเครื่องปรับอากาศที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีเครื่องปรับอากาศที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 6 เครื่องซักผ้า

1. เครื่องซักผ้าในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทเครื่องซักผ้า จำนวน ขนาด อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของเครื่องซักผ้า	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดเฉลี่ย (กก.)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 เครื่องซักผ้า			อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากเครื่องซักผ้าที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีเครื่องซักผ้าที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 7 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC)

1. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ จำนวน อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	จำนวน (เครื่อง)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 Desktop PC (PC แบบแยกส่วน)		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
2 ALL In ONE		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 8 คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook)

1. คอมพิวเตอร์พกพาในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. ประเภทคอมพิวเตอร์พกพา จำนวน อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของคอมพิวเตอร์พกพา	จำนวน (เครื่อง)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 Notebook		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากคอมพิวเตอร์พกพา ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีคอมพิวเตอร์พกพา ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 9 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ในองค์กรของท่านใช้การจัดซื้อลักษณะใด ☐ ซื้อ ☐ เช่า ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบส่วนถัดไป)

2. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต จำนวน อายุการใช้งาน ของโทรทัศน์ในองค์กรของท่าน

ประเภทของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต	จำนวน (เครื่อง)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)	ลักษณะการหมดอายุการใช้งาน
1 โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ Smart Phone		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
2 โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบปุ่มกด (feature phone)		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....
3 แท็บเล็ต		อายุการเปลี่ยนเฉลี่ย .....เดือน อายุการครอบครองเฉลี่ย.....เดือน	☐ เสีย ☐ นโยบายองค์กร (เปลี่ยนทุกๆ.....เดือน) ☐ ล้าสมัย ☐ อื่นๆ ระบุ.....

2. นอกเหนือจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ที่ท่านมีในปัจจุบัน ท่านเคยมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ (มือถือ)/แท็บเล็ต ที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ และมีวิธีจัดการอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ

☐ ขายให้ร้านรับซื้อของเก่า/ซาเล้ง ☐ ขายให้พนักงานในบริษัท
☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง
☐ บริจาคให้ผู้อื่น/มูลนิธิ ☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....
☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก***.....
☐ อื่น ๆ ระบุ.....

ส่วนที่ 10 หลอดไฟ

1. หลอดไฟ ในองค์กรของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในองค์กรของท่านมี ***หลอดไฟ*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***หลอดไฟ*** ในแต่ละประเภทที่มีในองค์กร

1.3 อายุโดยประมาณของ ***หลอดไฟ*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 เดือน ให้เติม 24 เดือน)**

ข้อ 1.1 ในองค์กรท่าน มีหลอดไฟประเภทใด	**ข้อ 1.2 จำนวน ของหลอดไฟ (หลอด)**	**ข้อ 1.3 อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)**
1 หลอดไส้ (เช่น หลอดไส้แบบกลม)	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน
2 หลอดฟลูออเรสเซนต์	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน
3 หลอด LED	..... หลอด	เฉลี่ย ..... เดือน

2. ท่านเคยมีหลอดไฟที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ ท่านมีวิธีการจัดการกับหลอดไฟที่เสียแล้วอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ ☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

ส่วนที่ 11 ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์

1. ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ในองค์กรของท่าน ทั้งที่ยังใช้งานได้ และใช้งานไม่ได้

1.1 ปัจจุบันในองค์กรของท่านมี ***ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์*** ประเภทใด

1.2 จำนวนของ ***ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์*** ในแต่ละประเภทที่มีในองค์กร

1.3 อายุโดยประมาณของ ***ถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์*** ในแต่ละประเภท **(ตอบเป็น เดือน เช่น 2 เดือน ให้เติม 24 เดือน)**

ข้อ 1.1 ในองค์กรท่าน มีถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ ประเภทใด	**ข้อ 1.2 จำนวน ของถ่านไฟฉาย/ถ่านแอลคาไลน์ (ก้อน)**	**ข้อ 1.3 อายุการใช้งานเฉลี่ย (เดือน)**
1 ถ่านแบบบรรจุไฟใหม่ได้ (ชาร์จได้)	..... ก้อน	เฉลี่ย ..... เดือน
2 ถ่านแบบบรรจุไฟใหม่**ไม่**ได้ (ชาร์จไม่ได้)	..... ก้อน	เฉลี่ย ..... เดือน

2. ท่านเคยมีหลอดไฟที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่ ท่านมีวิธีการจัดการกับหลอดไฟที่เสียแล้วอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 วิธี)

1 ไม่มี 2 มี โดยมีวิธีการจัดการ ☐ ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปในครัวเรือน ☐ แยกทิ้งในขยะอันตราย/ ขยะเฉพาะเจาะจง

☐ นำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น ***เช่น*** .....

☐ เก็บไว้โดยไม่ดำเนินการใด ๆ ***เนื่องจาก*** .....

☐ อื่น ๆ ระบุ .....

.....

ขอขอบคุณที่สละเวลาแสดงความคิดเห็น และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์

ภาคผนวก ข

บันทึกการประชุมจัดสัมมนา "Material Flow Analysis (MFA)"
แสดงความคิดเห็นต่อร่างกรอบผังการไหล

บันทึกการประชุมกลุ่มย่อย (Focus group)
ประชุมรับฟังความคิดเห็นกรอบผังการไหลการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์
และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย
วันที่ 7 พฤษภาคม 2562 เวลา 08.30-13.00 ณ โรงแรมปทุมวันปริ้นเซส จ.กรุงเทพฯ

<u>ผู้เข้าร่วมประชุม</u>

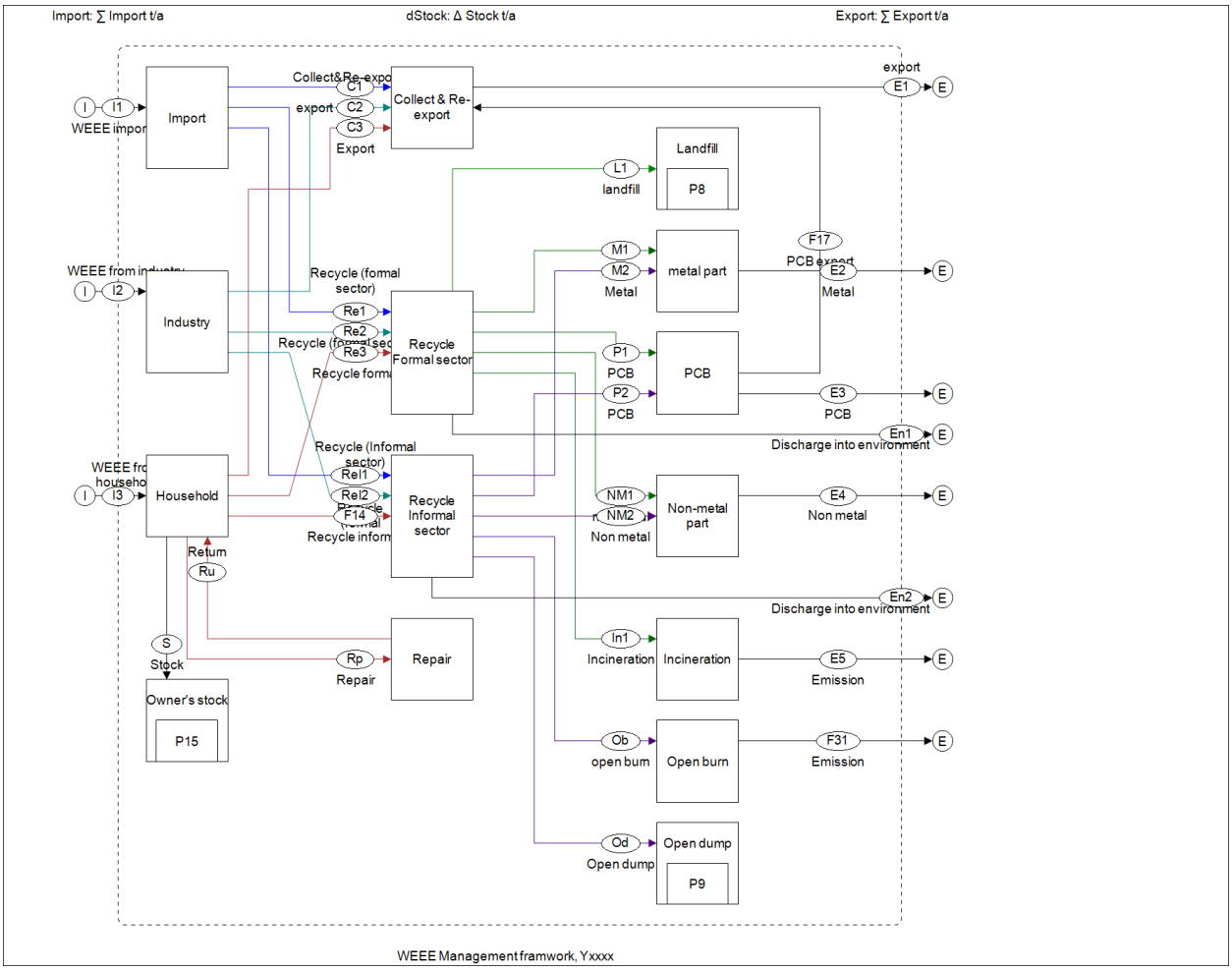
1.	ดร.จุลพงษ์	ทวีศรี	ผู้ตรวจราชการกระทรวงอุตสาหกรรม
2.	คุณรินทวัฒน์	สมบัติศิริ	กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
3.	คุณภัทรพล	ลิ้มภักดี	กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
4.	คุณจิตติยา	ชูทอง	กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
5.	คุณธีรวุธ	ตันนุกิจ	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
6.	คุณศิระประภา	เอื้อวิวัฒน์สกุล	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
7.	คุณสันติภาพ	หมู่เที่ยง	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
8.	คุณอาภาภรณ์	ศิริพรประสาร	กรมควบคุมมลพิษ
9.	คุณประไพศรี	อาสนรัตนจินดา	กรมควบคุมมลพิษ
10.	ดร.ชะเอม	พัชนี	มูลนิธิเพื่อการพัฒนานโยบายเพื่อสุขภาพระหว่างประเทศ
11.	คุณชญานันทน์	สุวรรณนพ	สภาอุตสาหกรรม
12.	คุณพรเพ็ญ	เผ่ารัชตพิบูลย์	สภาอุตสาหกรรม
13.	คุณวนิดา	วรพิทยาฤกษ์	สภาอุตสาหกรรม
14.	คุณนรมน	แสงทองไชย	สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ
15.	คุณจรัญ	ขุนพลแก้ว	สำนักพิกัดอัตราศุลกากร กรมศุลกากร
16.	คุณสิทธิพัฒน์	เหรียญรุ่งเรือง	กรมศุลกากร
17.	คุณกุลวรรธ	สุกใส	กรมศุลกากร
18.	คุณทิพย์วรรณ	วงศ์เวียน	ส่วนมาตรฐานวิเคราะห์สินค้า สำนักพิกัดอัตราศุลกากร
19.	คุณประโชติ	กราบกราน	กรมอนามัย
20.	คุณภัสราภรณ์	รักษาแก้ว	กรมอนามัย
21.	คุณพรรนิดา	สิงห์ทอง	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
22.	คุณบรรยง	กาสินพิลา	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
23.	ดร.กฤษยาพร	ทินกร	สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน)
24.	คุณเสาวนีย์	สัตยดิษฐ์	สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน)

25. คุณสุธิศา	พรเพิ่มพูน	สำนักสิ่งแวดล้อม กทม.
26. คุณสุชาดา	บ่อทรัพย์	สำนักสิ่งแวดล้อม กทม.
27. คุณปัทมวรรณ	คุณประเสริฐ	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
28. คุณพีรดลย์	หมั่นภักดี	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
29. คุณดาริกา	ผิวฝ้าย	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
30. ดร.อนุวัฒน์	ยินดีสุข	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
31. ดร.กุลวรรณ	โสรัจจ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
32. ผศ.ดร.นิดา	ชัยมูล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
33. ผศ.ดร.มานิตย์	นิธิธนากุล	วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
34. ดร.อัมพิรา	เจริญแสง	วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
35. คุณชุติมา	ควารนันท์เจริญ	การไฟฟ้านครหลวง
36. คุณณัฐนันท์	สัณหจันทร์	การไฟฟ้านครหลวง
37. รศ.ดร.สุธา	ขาวเธียร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
38. คุณสุรชัย	ลีวัฒนานุกูล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
39. คุณกรรณิการ์	ความสวัสดิ์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
40. คุณฐิติวุฒิ	พงษ์พานิช	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
41. คุณอาร์ม	เจริญแสง	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
42. คุณฐาปนี	พิบูลย์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
43. คุณพรภวิษย์	ทองไพจิตร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
44. คุณศุภลักษณ์	ชัยภูริมาศ	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
45. คุณสุภาวดี	อัตถาผล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
46. คุณอัชญา	วงษ์ทองดี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
47. คุณกิตติโชค	ศรีประโมทย์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
48. คุณกิติศักดิ์	สุวรรณนภาศรี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
49. คุณวริษฐา	พงษ์หิรัญ	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย

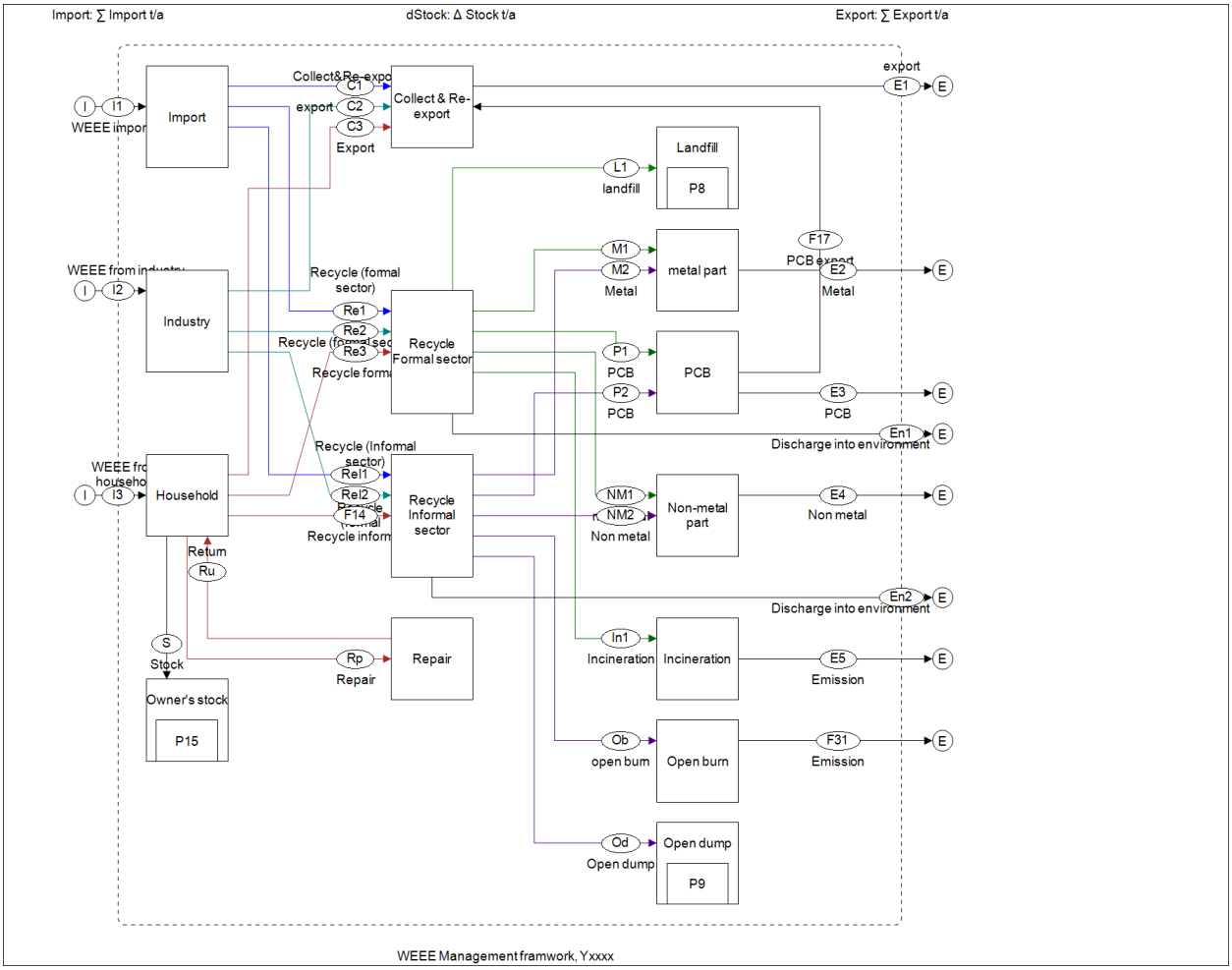
สรุปสาระสำคัญจากการประชุม

การประชุมนี้ได้นำเสนอ (ร่าง) กรอบผังการไหลของการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (รูปที่ 1) และของเสียอันตรายชุมชน (รูปที่ 2) ซึ่งเป็นการนำเสนอเส้นทางการไหลเบื้องต้น และรับฟังความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และชี้แจงการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลปริมาณที่

จะนำมาจัดทำผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยให้มีความสมบูรณ์



รูปที่ 1 (ร่าง) กรอบผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย



รูปที่ 2 (ร่าง) กรอบผังการไหลการจัดการของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย

ผลที่ได้รับจากการสัมมนาครั้งนี้คือ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชน ได้รับทราบการดำเนินงานของโครงการและได้ให้ความเห็นในการปรับปรุง กรอบผังการไหลให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้มากขึ้น รวมถึงการให้ความร่วมมือในการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ที่นำไปสู่การจัดทำผังการไหลที่สมบูรณ์

รูปที่ 3 ภาพประกอบกิจกรรมการสัมมนา

ภาคผนวก ค

บันทึกการประชุมกลุ่มย่อย (Focus group) การประชุมรับฟังความคิดเห็นผังการไหลการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย

บันทึกการประชุมกลุ่มย่อย (Focus group)
การประชุมรับฟังความคิดเห็นผังการไหลการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์
และของเสียอันตรายชุมชนในประเทศไทย
วันที่ 10 กันยายน 2562 เวลา 13.00 - 16.00 น.
ณ ห้อง Jamjuree 1 ชั้น M โรงแรมปทุมวันปริ้นเซส กรุงเทพฯ

ผู้เข้าร่วมประชุม

1.	ดร.จุลพงษ์	ทวีศรี	ผู้ตรวจราชการกระทรวงอุตสาหกรรม
2.	คุณปัทมวรรณ	คุณประเสริฐ	กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
3.	คุณภัทรพล	ลิ้มภักดี	กองบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม
4.	คุณธีรวุธ	ตันนุกิจ	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
5.	คุณชัยพร	มานะกิจจงกล	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
6.	คุณกุลชา	ธนะขว้าง	กรมควบคุมมลพิษ
7.	คุณหนึ่งฤทัย	วังมาตร์	กรมควบคุมมลพิษ
8.	ดร.ชะเอม	พัชนี	มูลนิธิเพื่อการพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ
9.	คุณจีรภา	โสสม	มูลนิธิเพื่อการพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ
10.	คุณสุรัส	ตั้งไพฑูรย์	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
11.	คุณอุดม	เสถียรภาพงษ์	สมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมไทย
12.	คุณวชิราภรณ์	มีสิงห์	สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร
13.	คุณสง	พงศ์ศุภนิมิต	สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ
14.	คุณกุลวรรธ	สุกใส	กรมศุลกากร
15.	ดร.สมไทย	วงษ์เจริญ	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
16.	คุณสุวรรณา	สันติสุขษายุ	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
17.	คุณศรีวรรณ	วงษ์เจริญ	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
18.	คุณธนพร	วงษ์เจริญ	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
19.	คุณวรพงศ์	รัตน์จิโรจน์	บริษัท เจี๋ยฮง อินเตอร์ จำกัด
20.	คุณเจษิณี	เจนจิรวัฒนา	บริษัท เจี๋ยฮง อินเตอร์ จำกัด
21.	คุณพีรดลย์	หมั่นภักดี	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
22.	ดร.อนุวัฒน์	ยินดีสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
23.	ดร.กุลวรรณ	โสรัจจ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
24.	รศ.ดร.วนิดา	แก่นอากาศ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
25.	ดร.สิริพร	บริรักวิสิฐศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

26.	คุณชุติมา	ควารนันท์เจริญ	การไฟฟ้านครหลวง
27.	คุณอภิเชษฐ์	ดีวัฒนกุล	การไฟฟ้านครหลวง
28.	รศ.ดร.สุธา	ขาวเธียร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
29.	คุณสุรชัย	ลีวัฒนานุกูล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
30.	คุณกรรณิการ์	ความสวัสดิ์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
31.	คุณอาร์ม	เจริญแสง	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
32.	คุณฐาปนี	พิบูลย์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
33.	คุณพรภวิษย์	ทองไพจิตร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
34.	คุณศุภลักษณ์	ชัยภูริมาศ	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
35.	คุณสุภาวดี	อัตถาผล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
36.	คุณอัชญา	วงษ์ทองดี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
37.	คุณกิตติโชค	ศรีประโมทย์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
38.	คุณกิติศักดิ์	สุวรรณนภาศรี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
39.	คุณวริษฐา	พงษ์หิรัญ	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
40.	คุณจิรภา	อินทรสุนทร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย

เริ่มประชุมเวลา 13.00 น.

ลำดับ	ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นจากที่ประชุม	คำอธิบาย/แนวทางการปรับปรุง MFA	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
ข้อมูลการเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์			
1.	ปริมาณการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางรหัส HS-code - ปัจจุบัน ไม่มีการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่มีการนำเข้าอุปกรณ์มือสองซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้	ขอบเขตของการศึกษาคือภาพรวมการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ฯ ของประเทศไทย **ปี 2561** เป็นปีฐาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของมาตรการภาครัฐ สภาพทางธุรกิจ เทคโนโลยีและข้อมูลที่กระจัดกระจาย คณะนักวิจัยจึงได้ให้ความสำคัญกับการทำMFA ที่มีความยืดหยุ่นให้ผู้ใช้งานที่มีความต้องการการแปรผลที่ต่างกัน สามารถจำลองสถานการณ์ได้โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ ข้อมูลที่มีอยู่ของผู้ใช้ มาจำลองผังการไหลฯ ในขอบเขตอื่นๆ ทั้งด้านภูมิศาสตร์ (Space) และเวลา (Time) <u>การดำเนินงานต่อไป</u> ขอความอนุเคราะห์กรมศุลกากรเพื่อขอสนับสนุนข้อมูลวิจัยดังนี้ - รหัส HS-code ตามความหมายของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดที่ทำการศึกษา - ปริมาณ(ชิ้น) และน้ำหนัก(กก.) ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดความคาดเคลื่อนที่เกิดจากการคำนวณน้ำหนักขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำเข้าประเทศ	กรมศุลกากร
2.	ปริมาณการเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์จากภาคอุตสาหกรรม - มีรหัสบางประเภทไม่สัมพันธ์กับชื่อผลิตภัณฑ์ เช่น ถ่ายไฟฉาย ขอให้กรองทั้งรหัส และคำอธิบาย	คณะวิจัยได้ทำการกรองข้อมูลจากทั้งจากรหัส และคำอธิบาย <u>การดำเนินงานต่อไป</u> ทบทวนวิธีการประเมินขยะอิเล็กทรอนิกส์จากภาคอุตสาหกรรม ในประเด็นต่อไปนี้	กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ลำดับ	ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นจากที่ประชุม	คำอธิบาย/แนวทางการปรับปรุง MFA	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
	- หาแนวทางในการประเมินขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดของภาคอุตสาหกรรมอีกครั้ง เนื่องจาก ภาคอุตสาหกรรมมีการเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ แตกต่างกับภาคครัวเรือน จึงไม่ควรนำสัดส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิดจากการสำรวจภาคครัวเรือนมาใช้จำแนก - รหัสของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว 16 02 15 ไม่ครบคลุมขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท - รหัสของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ได้ใช้แล้ว 16 02 มีทั้งส่วนที่เป็นชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน และส่วนที่เป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์จากการใช้งาน	- การประเมินสัดส่วนที่เกิดขึ้นของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด รวมถึงชิ้นส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน ที่มีการนำไปรีไซเคิลโดยตรง	
3.	ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์จากการใช้งานของภาคครัวเรือนจากแบบสอบถาม - การกระจายตัวของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามเพราะการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของชุมชนเมืองและชนบทมีความแตกต่างกัน ต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดการบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อไม่ให้การประเมินปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงมากเกินไป	จากข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง 1,631 ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคใต้ และกรุงเทพมหานคร มีรายได้เฉลี่ยใกล้เคียง กับข้อมูลรายได้เฉลี่ยของทั้งประเทศ ซึ่งในการนำข้อมูลชุดนี้ไปใช้งาน ผู้ใช้สามารถแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้ตามเงื่อนไขที่สนใจ สำหรับอายุการใช้งาน เป็นอายุการใช้งานของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปี 2561 หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาก่อนหน้านี้ซึ่งแตกต่าง	สถาบันไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

ลำดับ	ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นจากที่ประชุม	คำอธิบาย/แนวทางการปรับปรุง MFA	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
	- ควรให้ข้อมูลประกอบว่าประเมินน้ำหนักของขยะอิเล็กทรอนิกส์บนพื้นฐานใด เช่น เครื่องซักผ้าที่มีน้ำเกลือถ่วงน้ำหนักได้แยกส่วนนี้ออกหรือไม่ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์รวมจอหรือไม่ เป็นต้น - อายุการใช้งานอาจไม่สัมพันธ์กับแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น จอโทรทัศน์ในปัจจุบันที่เป็นโทรทัศน์จอแบนเป็นส่วนใหญ่และมีอายุการใช้งานไม่เกิน 2 ปี - คำนึงถึงผลิตภัณฑ์มือสองด้วยหรือไม่	จากผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งหากผู้ใช้ต้องการจำลองสถานการณ์เพื่อแปรผลที่ต่างไปสามารถทำได้ (ข้อ 1) สำหรับผลิตภัณฑ์มือสอง ในผังการไหลรวมอยู่ในภาพการใช้งานจากครัวเรือนโดยไม่ได้แยกออกมา <u>การดำเนินงานต่อไป</u> - ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลอายุการใช้งานเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อเป็นตัวเลือกในฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานต่อไป - ระบุเงื่อนไขในการประเมินขนาดและน้ำหนักให้ชัดเจน - พิจารณาการสร้าง Reuse Block เพิ่ม	
ผังการไหลระดับผลิตภัณฑ์และระดับองค์ประกอบ			
4.	การนำเสนอผังการไหลระดับผลิตภัณฑ์และระดับองค์ประกอบ - ควรรายงานองค์ประกอบโดยเจาะจงถึงประเภทย่อยของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ไม่ควรรายงานเป็นค่าเฉลี่ย หรือหากต้องการรายงานเป็นค่าเฉลี่ยต้องเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการถ่วงน้ำหนักแล้ว - กระบวนการนำกลับคืนโลหะและวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ	แนวคิดในการดำเนินการคือแยกคิดองค์ประกอบตามแต่ละประเภทย่อยของขยะอิเล็กทรอนิกส์ และในภาพรวมเป็นการรวมภาพของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดเข้าด้วยกันตามน้ำหนักของขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด <u>การดำเนินงานต่อไป</u>	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

ลำดับ	ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นจากที่ประชุม	คำอธิบาย/แนวทางการปรับปรุง MFA	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
	มีความเป็นไปได้ต่ำ เนื่องจากสามารถรวบรวมเข้าสู่กระบวนการ รีไซเคิลได้น้อย - การรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปยังอุตสาหกรรมนำกลับคืนยังเป็นไปได้ยากเนื่องจากยังไม่คุ้มทุน ควรกำหนดด้วยสัดส่วนของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าไปยังอุตสาหกรรมนำกลับคืน	- ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลกระบวนการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด และ Best Practices เพื่อเป็นตัวเลือกในฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานต่อไป - ทำฐานข้อมูลให้ผู้ใช้สามารถกำหนดสัดส่วนของขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่นำกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้	
ประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานผังการไหลระดับผลิตภัณฑ์และระดับองค์ประกอบ			
5.	การนำไปใช้ประโยชน์โดยผู้ใช้งานต่างๆ - การนำไปใช้ในเชิงนโยบายเป็นเรื่องใดบ้าง - ควรนำเสนอเรื่องราคา และความสูญเสียที่เกิดขึ้นด้วย โดยอ้างอิงราคากลางของวัสดุที่ได้จากการคัดแยกส่วนประกอบ ขยะอิเล็กทรอนิกส์จากภาคเอกชน - ควรเปรียบเทียบผลการศึกษากับการศึกษาที่ผ่านมา พร้อมทั้งระบุร้อยละการอิ่มตัวของการเกิดขึ้น ร้อยละการครอบครองขยะอิเล็กทรอนิกส์ - ควรประเมินแนวโน้มของปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด ของผังการไหลระดับผลิตภัณฑ์และระดับองค์ประกอบ	การจัดทำผังการไหลฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจภาพของการเกิดและการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ มากขึ้น (ภายใต้ขอบเขตหนึ่งๆ ที่กำหนดชัดเจน) เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายฯ มาตรการฯ เพื่อการส่งเสริมให้เกิดการจัดการที่ดีขึ้น และผู้ใช้ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ เอกชน นักวิจัย สามารถทำงานร่วมกันได้ ในส่วนของการประเมินแนวโน้มของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ผู้ใช้งานสามารถประเมินได้โดยอาศัยฐานข้อมูลที่จะจัดทำขึ้นในระยะต่อไปของโครงการ (ข้อ 1) <u>การดำเนินงานต่อไป</u>	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด

ลำดับ	ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นจากที่ประชุม	คำอธิบาย/แนวทางการปรับปรุง MFA	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
		- ศึกษาเพิ่มเติมของงานศึกษาเรื่องขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านมา ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อทำตัวเลือกเริ่มต้นให้ผู้ใช้งาน - เพิ่มการในใส่ตัวแปรเรื่องความสูญเสียในกระบวนการ - ขอความอนุเคราะห์ผู้ที่เกี่ยวข้องถึงปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่รวบรวมได้จริงว่ามีสัดส่วนเท่าใด - แบ่งวัสดุตามประเภทวัสดุที่มีการซื้อขาย เพื่อให้สามารถนำไปคำนวณค่าใช้จ่าย ต้นทุน ได้ ทั้งนี้การทำ Material Cost Accounting ยังไม่อยู่ในขอบเขตการศึกษาในปีนี้	
ด้านอื่นๆ			
6.	การศึกษาเรื่องความเสี่ยงอาจส่งผลกระทบในวงกว้าง เช่น การบ่งชี้ว่าข้าว มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าค่ามาตรฐานอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการส่งออกและการค้าของไทยได้	คณะวิจัยได้ให้ความสำคัญกับการนำเสนอผลจากการศึกษา และจะระบุจุดเก็บตัวอย่าง/กิจกรรรมให้ชัดเจน หารือผลการศึกษากับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยคำนึงถึงการนำเสนอข้อมูลเพื่อไม่ให้เกิดความตระหนกและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากผลการศึกษา	กรมควบคุมมลพิษ
7.	ขยะอิเล็กทรอนิกส์เมื่อมีการจัดการอย่างถูกวิธี จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในระดับที่ต่ำ เป็นการสนับสนุนการรีไซเคิลอย่างเหมาะสม และทำให้เกิดเศรษฐกิจหมุนเวียนอีกด้วย	คณะวิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียน และต้องการสนับสนุนให้เกิดการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างถูกวิธี และจะนำผลการศึกษาผนวกรวมกับผลการศึกษาในโครงการย่อยอื่นๆ ภายใต้โปรแกรมเพื่อสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไป	วช.

รูปที่ 1 ภาพประกอบกิจกรรมการประชุมกลุ่มย่อยครั้งที่ 2

ภาคผนวก ง

บันทึกการประชุมสัมมนาการใช้งานระบบฐานข้อมูลผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

บันทึกการประชุม

สัมมนาการใช้งานระบบฐานข้อมูลผังการไหลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

และอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

วันพฤหัสบดีที่ 5 มีนาคม 2563 เวลา 08.00 – 13.00 น.

ณ ห้อง Jamjuree Ballroom A ชั้น M โรงแรมปทุมวันปริ้นเซส กรุงเทพฯ

<u>ผู้เข้าร่วมประชุม</u>

1.	ดร.จุลพงษ์	ทวีศรี	ผู้ตรวจราชการกระทรวงอุตสาหกรรม
2.	คุณภัทรพล	ลิ้มภักดี	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
3.	คุณธีรวุธ	ตันนุกิจ	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
4.	คุณนันท์	บุญยฉัตร	กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
5.	คุณศิระประภา	เอื้อวิวัฒน์สกุล	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
6.	คุณพิชญวดี	มณีขัติย์	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
7.	คุณเธียรรัตน์	หลีวิจิตร	สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
8.	คุณเชิดชัย	วรแก่นทราย	กรมควบคุมมลพิษ
9.	คุณจีรภา	โสสม	มูลนิธิเพื่อการพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ
10.	คุณณรัฐ	รุจิรัตน์	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
11.	คุณสุรัส	ตั้งไพฑูรย์	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
12.	คุณอุดม	เสถียรภาพงษ์	สมาคมอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมไทย
13.	คุณพูลศักดิ์	จันทร์จำปี	บริษัท เวสท์ แมเนจเม้นท์ สยาม จำกัด
14.	คุณสมไทย	วงษ์เจริญ	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
15.	คุณณัฐวุฒิ	หวังธนาโชต	บริษัท นีค อินเตอร์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
16.	คุณยรรยง	เขียวชอุ้ม	กรมศุลกากร
17.	คุณนภาภรณ์	เต่งแก้ว	กรมศุลกากร
18.	คุณกรรณิกา	ดุรงคเดช	สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
19.	คุณศิวพร	ปรีชา	สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
20.	คุณวันทนีย์	เกษมพิณ	สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
21.	คุณวิชุตา	จำปาเงิน	สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ
22.	ดร.ตวงสิทธิ์	เด่นเพชรกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
23.	คุณนทีทิพย์	จึงสมประสงค์	สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร
24.	คุณวันทนา	วุฒิยิ่งยง	สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร
25.	คุณวรรณิภา	วงศ์ยะรา	สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร

26.	ดร.อนุวัฒน์	ยินดีสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
27.	ดร.กุลวรรณ	โสรัจจ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
28.	รศ.ดร.วนิดา	แก่นอากาศ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
29.	ดร.สิริพร	บริรักวิสิฐศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
30.	คุณวันทนีย์	รมยะพันธ์	การไฟฟ้านครหลวง
31.	คุณอภิเชษฐ์	ดีวัฒนกุล	การไฟฟ้านครหลวง
32.	คุณอภิชาติ	โต่ยอินทร์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
33.	รศ.ดร.สุธา	ขาวเธียร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
34.	คุณสุรชัย	ลีวัฒนานุกูล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
35.	คุณกรรณิการ์	ความสวัสดิ์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
36.	คุณฐิติวุฒิ	พงษ์พานิช	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
37.	คุณเจริศา	จำปาทอง	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
38.	คุณแสงสุรีย์	ศรีสะอาด	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
39.	คุณสุภาวดี	อัตถาผล	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
40.	คุณอัชญา	วงษ์ทองดี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
41.	คุณกิตติโชค	ศรีประโมทย์	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
42.	คุณกิติศักดิ์	สุวรรณนภาศรี	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
43.	คุณวริษฐา	พงษ์หิรัญ	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย
44.	คุณจิรภา	อินทรสุนทร	ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย

เริ่มประชุมเวลา 9.00 น.

สรุปสาระสำคัญจากการประชุม

คณะผู้วิจัยได้นำเสนอสรุปผลการดำเนินงานของโครงการและวิธีการคำนวณผังการไหล การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทยรวมถึงการนำเสนอวิธีการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยง การกระจายตัวของสารสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้เข้าใจ และสามารถเข้ามาทดลองใช้งานระบบฐานข้อมูลการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และของเสียอันตรายชุมชนของประเทศไทย ทั้งนี้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุง พัฒนาต่อยอดระบบฐานข้อมูลให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ดังนี้

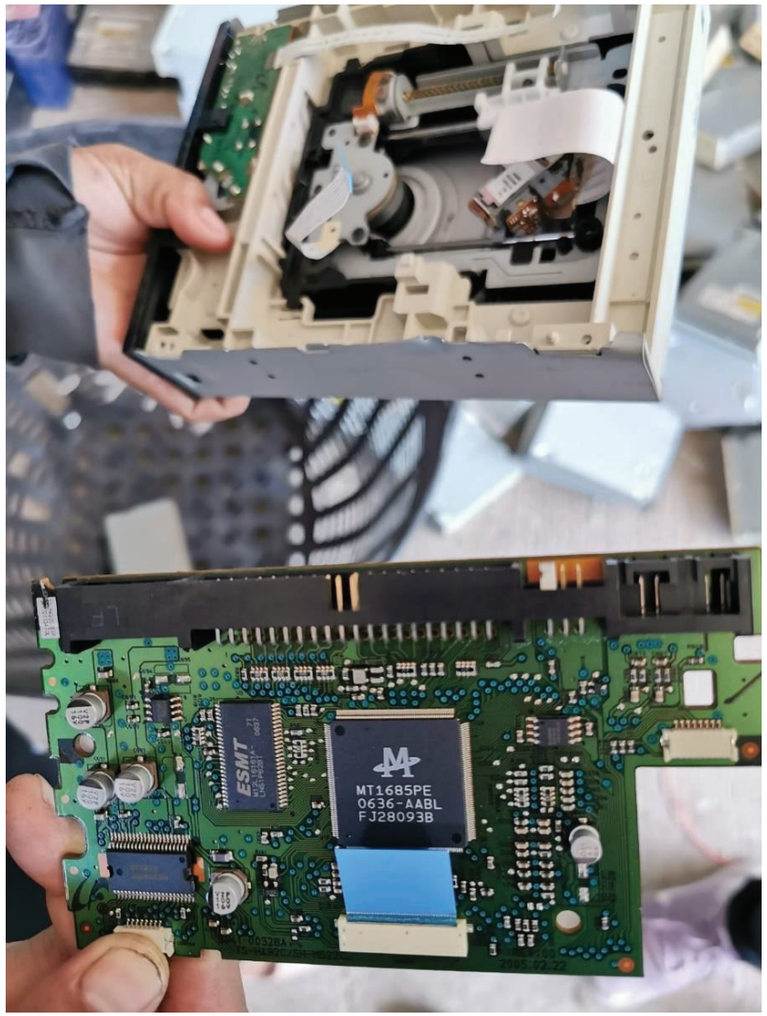
1. **การปรับปรุงระบบฐานข้อมูลให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานมากขึ้น** เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนตัวเลขเพื่อสร้างผังการไหลให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ตนเองมี และการอธิบายการใช้งานระบบฐานข้อมูลให้สามารถเข้าใจง่ายและทำได้ง่าย

2. **แก้ไขข้อมูลสัดส่วนองค์ประกอบภายในของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น** เนื่องจากในการจัดทำระบบฐานข้อมูลนี้ใช้ข้อมูลสัดส่วนจากปี 2013 ซึ่งปัจจุบันสัดส่วนภายในของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์อาจเปลี่ยนไป
3. **ในการศึกษาให้ครบทั้งห่วงโซ่อุปทาน** มีการคิดต้นทุนการกำจัดของเสียที่เหลือจากกระบวนการรีไซเคิล รวมถึงต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม
4. **การเพิ่มรายละเอียดของข้อมูลองค์ประกอบในขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติม** เช่น ชนิดพลาสติก Polystyrene (PP) ชนิด Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)

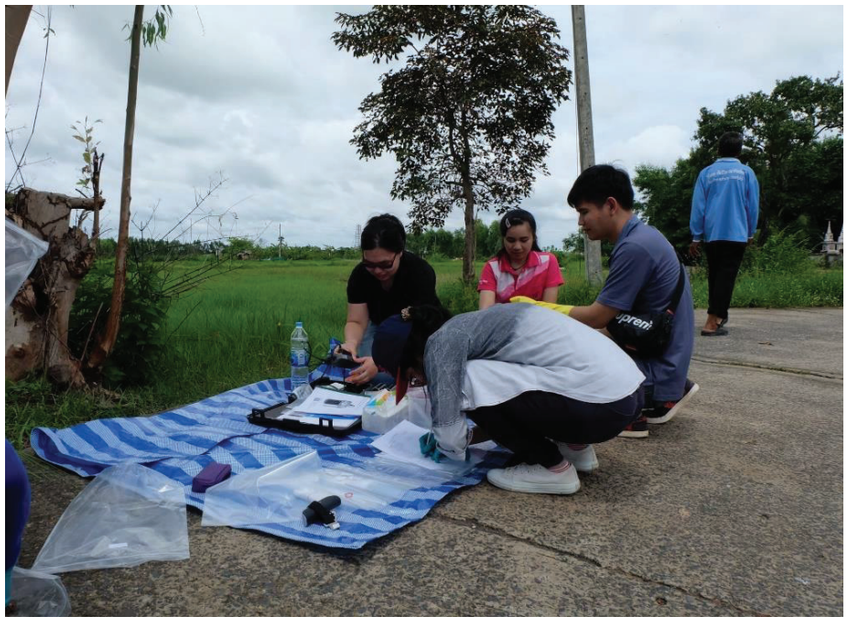
รูปที่ 1 ภาพบรรยากาศระหว่างการสัมมนา

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบกิจกรรมการดำเนินโครงการ


ESMT
MT1685PE
0636-AABL
FJ28093B

ภาพการสำรวจโรงงาน



ทีมวิจัยเก็บตัวอย่างชุมชนที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

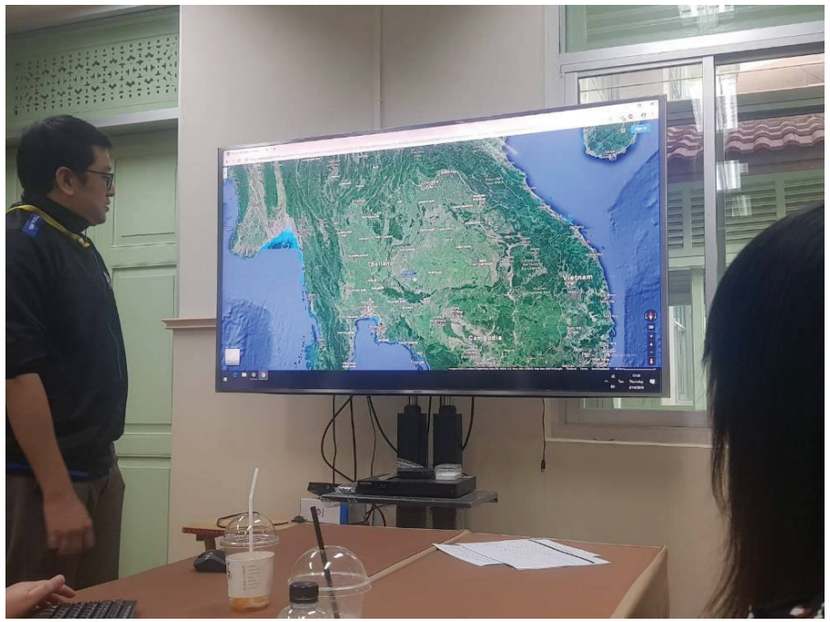
ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี (รอบที่ 1)

ทีมวิจัยเก็บตัวอย่างชุมชนที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

ต.บ้านกอก อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี (รอบที่ 1)

การลงพื้นที่สำรวจชุมชนคัดแยก ต.บ้านกอก จ.อุบลราชธานี (รอบที่ 2)

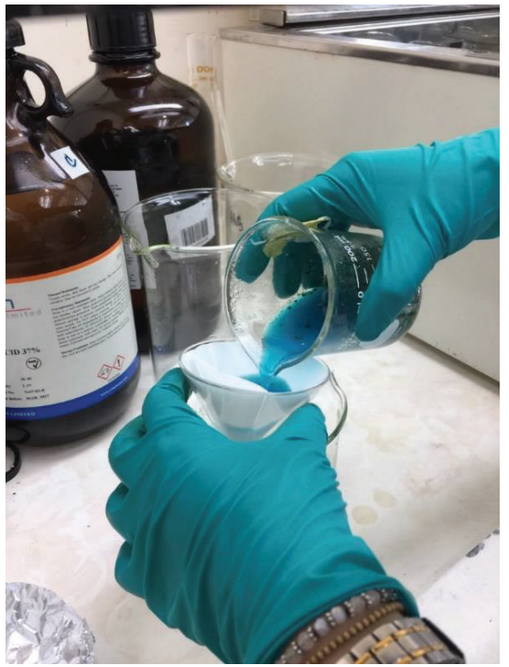
วางแผนและออกแบบ “แบบสอบถาม”



ร่วมมือกับสวนดุสิตโพลและมหาวิทยาลัยเครือข่ายสำหรับเก็บแบบสอบถาม

เก็บข้อมูลแบบสอบถาม

การทดลองหา“องค์ประกอบในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์”



ภาคผนวก ฉ

คณะผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

ชื่อ : ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา **ตำแหน่ง :** หัวหน้าโครงการ

หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330

โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251

E-mail : jirdsak_t@yahoo.com

ชื่อ : รศ.ดร.วนิดา แก่นอากาศ **ตำแหน่ง :** ที่ปรึกษาโครงการ

หน่วยงานที่สังกัด : มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่อยู่ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น รหัสไปรษณีย์ 40002

โทรศัพท์ : 043-362-160 ต่อ 117 **โทรสาร :** 043-362-160

E-mail : wanida@kku.ac.th

ชื่อ : นายสุรชัย ลีวัฒนานุกูล **ตำแหน่ง :** ที่ปรึกษาโครงการ

หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330

โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251

E-mail : s.leewattananukul@gmail.com

ชื่อ : ดร. สิริพร บริรักวิสิฐศักดิ์ **ตำแหน่ง :** นักวิจัย

หน่วยงานที่สังกัด : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ที่อยู่ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

โทรศัพท์ : 074-260-260 **โทรสาร :** 074-260-261

E-mail : siriporn_bor@yahoo.com

ชื่อ : นางสาวจันท์ศจี ทิพยสุนทรานนท์ **ตำแหน่ง :** นักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : poupaemegumi@gmail.com

ชื่อ : นายศุภลักษณ์ ชัยภูริมาศ **ตำแหน่ง :** นักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : ch.supaluk@gmail.com

ชื่อ : นางสาวกรรณิการ์ ความสวัสดิ์ **ตำแหน่ง :** นักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : kannika.khwamsawat@gmail.com

ชื่อ : นางสาวอัชญา วงษ์ทองดี **ตำแหน่ง :** นักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : achaya.0850@gmail.com

ชื่อ : นางสาวสุภาวดี อัตถาผล **ตำแหน่ง :** นักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : mink_silpakorn@hotmail.com

ชื่อ : นายกิตติโชค ศรีประโมทย์ **ตำแหน่ง :** ผู้ช่วยนักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : kittichok.s@chula.ac.th

ชื่อ : นางสาววริษฐา พงษ์หิรัญ **ตำแหน่ง :** ผู้ช่วยนักวิจัย
หน่วยงานที่สังกัด : ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 8
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10330
โทรศัพท์ : 02-218-3955 **โทรสาร :** 02-219-2251
E-mail : mildwarist@gmail.com