



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขา

..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสีย
จากการรื้อถอนโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

Assessing Environmental Impact of House Demolition and Demolition Waste
Management through LCA

นามผู้วิจัย นางสาวนิษา ม่วงเอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิมมา ศรีลัมพ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, Ph.D.)

**รักษาราชการแทน
หัวหน้าภาควิชา**

(รองศาสตราจารย์สัญญา สิริวิทยาปกรณ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและ
การจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

Assessing Environmental Impact of House Demolition and
Demolition Waste Management through LCA

โดย

นางสาวนิษา ม่วงเอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2556

นิยา ม่วงเอง 2556: การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย และการจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์จมา ศรีลัมพ์, Ph.D.
110 หน้า

งานวิจัยนี้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 โดยทำการศึกษารื้อถอนบ้านพักอาศัยโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 150 ตารางเมตร อายุการใช้งาน 50 ปี และกำหนดหน่วยการทำงานเป็น พื้นที่ใช้สอยของบ้านพักอาศัยขนาด 1 ตารางเมตร ซึ่งขอบเขตของการศึกษาประกอบด้วย การรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งของเสียจากการรื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสียและการจัดการของเสียโดยในส่วนของจัดการของเสียนั้นได้แบ่ง เป็น 3 ประเภทคือ การใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ และทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามวิธี CML baseline 2000

ผลการศึกษาพบว่า การรื้อถอนนั้นมีการใช้แรงงานคนและแบคโฮหัวกระแทกเป็นหลักซึ่งมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 2.014 ลิตรต่อการรื้อถอน 1 ตารางเมตร และของเสียส่วนใหญ่ประกอบด้วยอิฐและคอนกรีตซึ่งมีน้ำหนัก 471.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยคิดเป็น 87.50% ของของเสียทั้งหมดและมีการจัดการของเสียโดยการฝังกลบสูงสุด 89.28 % ของการจัดการทั้งหมด รองลงมาคือ การใช้ซ้ำ 9.36% และการรีไซเคิล 1.36% ตามลำดับ ในส่วนของประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมพบว่า การจัดการของเสียก่อนให้เกิดผลกระทบสูงสุด 97.31% รองลงมาคือ การขนส่ง 2.19% และการรื้อถอน 0.5% ตามลำดับ โดยการฝังกลบเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสีย แต่การใช้ซ้ำและการรีไซเคิลนั้นไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การใช้ซ้ำและรีไซเคิลยังสามารถช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในช่วงการก่อสร้างได้หากมีการนำวัสดุจากการรื้อถอนไปใช้ซ้ำในการก่อสร้าง ดังนั้นการปรับปรุงการจัดการของเสียโดยเพิ่มการใช้ซ้ำและการรีไซเคิลแทนการฝังกลบมากขึ้นเช่น การนำเศษอิฐและคอนกรีตมารีไซเคิลหรือมาใช้ซ้ำนั้นจะสามารถช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียได้มากขึ้น

Nisa Muangeng 2013: Assessing Environmental Impact of House Demolition and Demolition Waste Management through LCA. Master of Engineering (Environmental Engineering), Major Field: Environmental Engineering, Department of Environmental Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Cheema Soralump, Ph.D. 110 pages.

This study aims to assessing environmental impacts from house demolition and waste management, the life cycle assessment is employed as a tool for assessment and based on database of SimaPro 7.1 program and CML baseline 2000. The functional unit is 1 Sqm of function area of housing unit. The housing unit chosen for study was a reinforced concrete house, functional area of 150 Sqm, life time span 50 years. The scope of this study consisted of 3 steps; house demolition, transportation and the procedures for waste management. Waste management can be classified into 3 categories; reuse, recycle and landfill.

The results showed that the most of demolitions of houses in Thailand used labor force rather than heavy machines. Therefore, diesel is mainly consumed by the backhoes for demolished of structures which was 2,014 liter/Sqm. After demolition, that bricks and concrete debris are the main composition, they are 471.78 kilogram/Sqm (87.50% of total waste). Upon analyzing list of demolition waste management, it suggests that demolition wastes are managed by landfilling at 89.28%, reusing at 9.36% and recycling at 1.36%, respectively. The results of the environmental impact assessment found that the highest environmental impact which was 97.31% from demolition waste management followed by waste transport at 2.19 %and demolish at 0.5%, respectively. The fuel consumption and emissions from the landfilled caused the high environmental impact from demolition waste management while reuse and recycle can mitigate environmental impact. Therefore, increasing the reuse and recycling of demolition wastes are suggested to reduce the environmental impacts from waste management.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. จิมา ศรีลัมพ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร. สัตยาสิริวิทยาปกรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ภัชราภรณ์ สุวรรณวิทยา ประธานกรรมการสอบ และอ.ดร. ธิดารัตน์ บุญศรี ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนการสละเวลาช่วยเหลือแก้ไขปัญหาดังกล่าว และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณศิริโรจน์ สิริพลากรกิจ และบริษัท ปิยมิตรกรุ๊ป จำกัด ที่อนุญาตให้เข้าไปทำการศึกษากระบวนการรื้อถอนของทางบริษัท ตลอดจนสละเวลาและเอื้อเฟื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัว ที่ได้สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนนิสิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจ ด้วยดีเสมอมา

ประโยชน์อันเนื่องมาจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ครูบาอาจารย์และผู้ที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนามทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้มีความรู้ตลอดจนให้กำลังใจ ด้วยดีเสมอมาจนถึงปัจจุบัน

นิษา ม่วงเอง

เมษายน 2556

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	36
อุปกรณ์	36
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	73
ข้อเสนอแนะ	77
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	78
ภาคผนวก	82
ภาคผนวก ก แปลนบ้านที่ใช้ในการศึกษา	83
ภาคผนวก ข การจัดทำบัญชีรายการการใช้เครื่องมือ/เครื่องจักรในการรื้อถอน	86
ภาคผนวก ค บัญชีรายการปริมาณของเสียจากการรื้อถอน	89
ภาคผนวก ง ฐานข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	91
ภาคผนวก จ ภาพขั้นตอนการรื้อถอน	95
ภาคผนวก ฉ ลักษณะของของเสียจากการรื้อถอน	103
ภาคผนวก ช อุปกรณ์ เครื่องมือในบัญชีรายการที่ใช้ในการรื้อถอน	108
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	110

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เครื่องมือการจัดการและการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม	14
2	การเปรียบเทียบโปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	21
3	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวิธีการประเมินวิธีต่างๆ	24
4	ประเภทของผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตที่ใช้อย่างแพร่หลาย	25
5	เปรียบเทียบลักษณะของน้ำชะละลายจากการฝังกลบของเสียจากการรีดอน ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
6	บัญชีรายการการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรในการรีดอน	43
7	บัญชีรายการประเภทและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในการรีดอน	44
8	ประเภทและปริมาณของเสียจากการรีดอนและการขนส่งของเสีย	47
9	ข้อมูลบัญชีรายการการขนส่งของเสียจากการรีดอน	49
10	รูปแบบการจัดการของเสียที่พบในการศึกษา	50
11	ข้อมูลบัญชีรายการการใช้พลังงานจากเครื่องจักร	51
12	องค์ประกอบของน้ำชะขยะจากการฝังกลบของเสียจากการรีดอน	56
13	รูปแบบการจัดการของเสียที่พบในการศึกษา (รูปแบบการจัดการของเสียที่ 1)	53
14	รูปแบบการจัดการของเสียที่ 2	54
15	รูปแบบการจัดการของเสียที่ 3	55
16	รูปแบบการจัดการของเสียที่ 4	56
17	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรีดอนบ้านพักอาศัย	57
18	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งของเสียจากรีดอน	59
19	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 (ที่พบในการศึกษานี้)	62
20	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2	64
21	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3	66
22	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4	68
23	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยการเทียบหน่วย (Normalization) ของการรีดอน การขนส่งและการจัดการของเสีย	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข1 แบบสำรวจอุปกรณ์/เครื่องมือและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการรีดลอน	
อาคาร	87
ค1 ปริมาณของเสียจากการรีดลอน	90
ง1 รายละเอียดการใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1	92

สารบัญภาพ

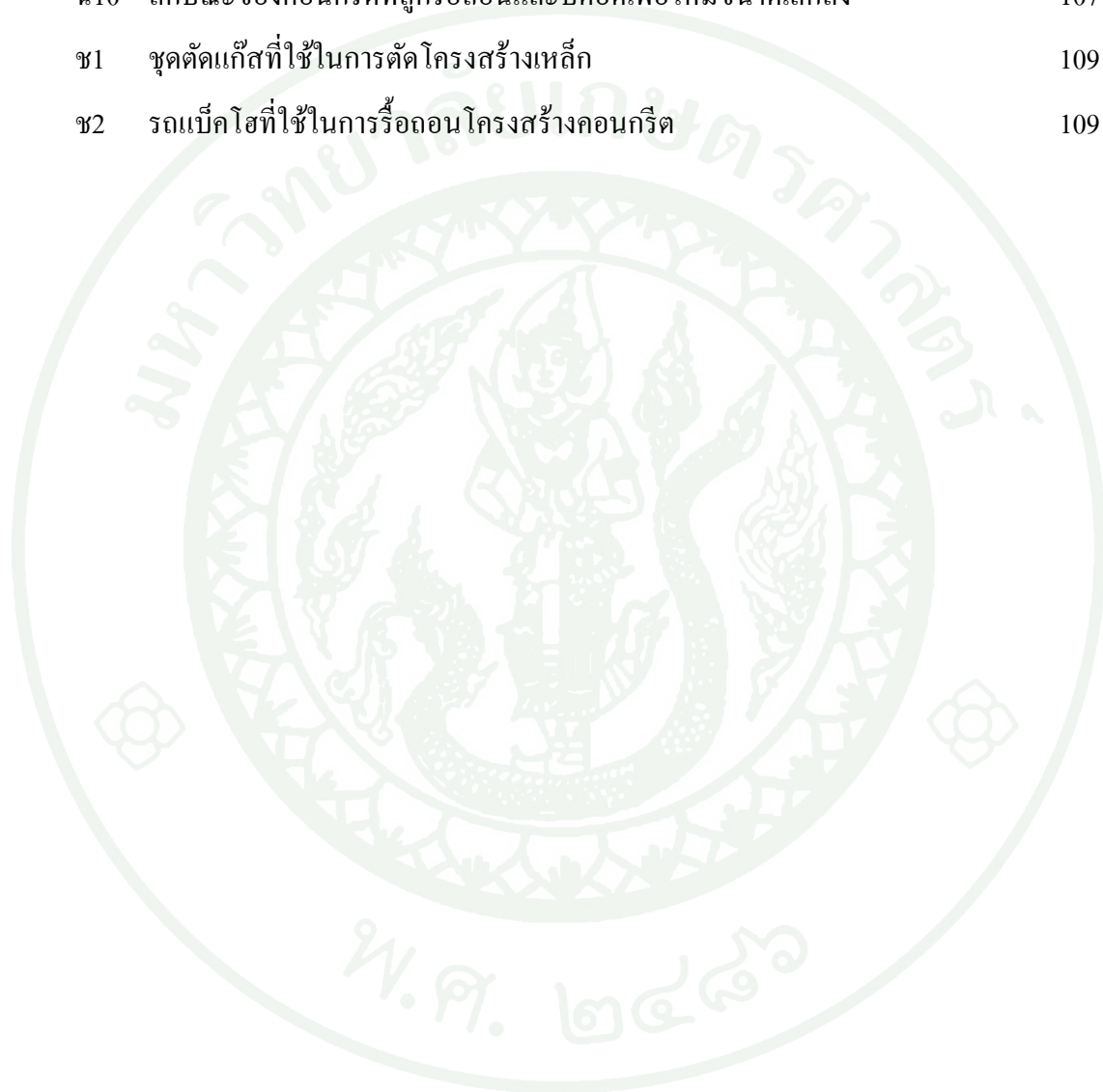
ภาพที่	หน้า
1 ขอบเขตของการศึกษาซึ่งได้แก่ กระบวนการรื้อถอน การขนส่งและ การจัดการของเสีย	4
2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040	16
3 ขอบเขตการศึกษาและการวิเคราะห์บัญชีรายการ	37
4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย	58
5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่ง	60
6 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 (ที่พบในการศึกษานี้)	63
7 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2	65
8 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3	67
9 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4	69
10 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและ การจัดการของเสียในรูปแบบ 1-4	70
ภาพผนวกที่	
ก1 พื้นที่ในการรื้อถอน	84
ก2 แปลนพื้นที่ 1 ของบ้าน	84
ก3 แปลนพื้นที่ 2 ของบ้าน	85
ก4 แปลนบ้าน (ภาพถ่าย)	85
จ1 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันล้อมรอบพื้นที่รื้อถอน	96
จ2 การรื้อถอนระบบไฟฟ้า	96
จ3 การรื้อถอนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน	96
จ4 การรื้อถอนอุปกรณ์สุขภัณฑ์	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
จ5 การรื้อถอนส่วนของวงกบหน้าต่าง	97
จ6 ลักษณะของฝ้าเพดานที่ถูกรื้อถอนบางส่วน	97
จ7 การรื้อวงกบพร้อมประตู	98
จ8 การรื้อส่วนของบันได	98
จ9 การรื้อถอนส่วนของไม้ที่ตกแต่งภายใน	98
จ10 การรื้อพื้นไม้ชั้น 2	99
จ11 การรื้อถอนหลังคา	99
จ12 การรื้อถอนโครงสร้างหลังคา	99
จ13 การรื้อถอนโครงสร้างหลังคา	100
จ14 การรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต (ก)	100
จ15 การรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต (ข)	100
จ16 การบดย่อยชิ้นส่วนคอนกรีต	101
จ17 การตัดแยกส่วนของโครงสร้างเหล็ก	101
จ18 การรื้อส่วนของโครงสร้างเหล็กออกจากคอนกรีต	102
ฉ1 วงกบหน้าต่างและบานเกล็ดจากการรื้อถอน	104
ฉ2 พื้นไม้และโครงสร้างไม้จากการรื้อถอน	104
ฉ3 กระเบื้องหลังคาจากการรื้อถอน	104
ฉ4 พื้นไม้ปาร์เก้จากการรื้อถอน	105
ฉ5 ลักษณะของฝ้าเพดานและแผ่นยิปซัมจากการรื้อถอน	105
ฉ6 ลักษณะการผสมกันของเศษยิปซัม เศษกระเบื้อง เศษอิฐและคอนกรีต	105
ฉ7 ลักษณะของโครงสร้างคอนกรีตและโครงสร้างเหล็กที่ถูกรื้อถอน	106
ฉ8 ลักษณะของเหล็กที่ถูกแยกออกจากส่วนของคอนกรีต	106
ฉ9 ลักษณะของคอนกรีตจากการรื้อถอนก่อนทำการบดย่อย	106

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ฉ10 ลักษณะของคอนกรีตที่ถูกรื้อถอนและบดอัดเพื่อให้มีขนาดเล็กลง	107
ช1 ชุดตัดแก๊สที่ใช้ในการตัดโครงสร้างเหล็ก	109
ช2 รถแบ็คโฮที่ใช้ในการรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต	109



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

HP	=	แรงม้า
kg	=	กิโลกรัม
kWh	=	กิโลวัตต์
kg Sbeq	=	กิโลกรัมพลวง เทียบเท่า
kg SO ₂ eq	=	กิโลกรัมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เทียบเท่า
kg PO ₄ ³ eq	=	กิโลกรัมฟอสเฟต เทียบเท่า
kg CO ₂ eq	=	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า
kg CFC-11eq	=	กิโลกรัมไตรคลอโรฟลูออโรมีเทน เทียบเท่า
kg 1,4-DB eq	=	กิโลกรัมไดคลอโรเบนซีน เทียบเท่า
kg C ₂ H ₄	=	กิโลกรัมเอทิลีน เทียบเท่า
LCA	=	Life Cycle Assessment การประเมินวัฏจักรชีวิต
m ²	=	ตารางเมตร
m ³	=	ลูกบาศก์เมตร
mg	=	มิลลิกรัม
MWh	=	เมกกะวัตต์ ชั่วโมง
MJ	=	เมกกะจูล
ton	=	ตัน
ton-km	=	ตัน กิโลเมตร

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและ การจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

Assessing Environmental Impact of House Demolition and Demolition Waste Management through LCA

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาของเสียได้กลายเป็นอีกปัญหาหนึ่งทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เนื่องจากมีปริมาณของเสียเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการเติบโตของเศรษฐกิจและสังคมโดยของเสียนั้นมาจากทั้งภาคชุมชนและภาคอุตสาหกรรม ซึ่งของเสียจากอุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่สำคัญ เนื่องจากของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนนั้นมีสัดส่วนในปริมาณสูงที่สุดของของเสียในภาคอุตสาหกรรม (Roussatet *al.*, 2008) นอกจากนี้ยังพบว่าของเสียประเภทนี้ยังขาดการจัดการที่เหมาะสมและถูกต้อง โดยผู้ที่รับจ้างรื้อถอนนั้นมักนำของเสียจากการรื้อถอนไปกองทิ้งในพื้นที่ว่างเปล่าโดยไม่มีการควบคุมและไม่มีการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมรวมทั้งปัญหาความไม่สะอาดและความไม่เป็นระเบียบด้วย(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

นอกจากปัญหาของเสียจากการรื้อถอนแล้ว อุตสาหกรรมก่อสร้างถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่ง ที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอย่างมากโดยตลอดวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบในการก่อสร้าง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้น ได้จากการสกัดทรัพยากรธรรมชาติ (Bribianet *al.*, 2011) ส่วนขั้นตอนการก่อสร้างนั้นก็มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง และก่อให้เกิดของเสียจากการก่อสร้างได้ ในส่วนขั้นตอนของการใช้งานนั้นถือว่าเป็นขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงเนื่องจากมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง (SartoriandHestnes, 2007) และในขั้นตอนของการรื้อถอนอาคารนั้นก็ถือว่าเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในกระบวนการรื้อถอน โดยการศึกษาในขั้นตอนการรื้อถอนนั้นมักรวมถึงการจัดการของเสียจากการรื้อถอนด้วยซึ่งถือว่าเป็นอีกปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากของเสียจากการรื้อถอนนั้นมีปริมาณสูงและยังขาดการจัดการอย่างถูกต้องซึ่งอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีและมลพิษต่างๆสู่สิ่งแวดล้อมได้(กรมควบคุมมลพิษ, 2554)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กระบวนการหรือบริการ โดยประเมินผลกระทบเป็นเชิงปริมาณตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน เพื่อนำผลการประเมินไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือใช้เป็นทางเลือกในการออกแบบและการผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547)

ในปัจจุบันมีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านและอาคารพักอาศัยในหลายประเทศ เช่น Rosa *et al.* (2012) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยในประเทศอังกฤษซึ่งมีขอบเขตการศึกษาคือ การก่อสร้าง การใช้งานและการรื้อถอนอาคารโดยไม่ทำการประเมินในขั้นตอนของการจัดการของเสีย Blengini (2009) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร การรื้อถอนอาคารและศักยภาพของการรีไซเคิล ในประเทศอิตาลี มีขอบเขตการศึกษาตั้งแต่ การผลิตและขนส่งวัตถุดิบในการก่อสร้าง การก่อสร้างอาคาร การใช้งาน การรื้อถอน การขนส่งของเสียและการจัดการของเสียโดยการรีไซเคิล ซึ่งการรื้อถอนในการศึกษานี้เป็นการรื้อถอนโดยการระเบิด O'Brien *et al.* (2006) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการรื้อถอนกองทัพอากาศ โดยทำการเปรียบเทียบการรื้อถอนแบบต่างๆ ดังนี้ การรื้อถอนแบบใช้แรงงานคนร่วมกับการใช้เครื่องจักรการใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียว การใช้เครื่องจักรโดยไม่ใช้แรงงานคนและในบางการศึกษาได้ศึกษาเพียงขั้นตอนของการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน เช่น Ortiz (2010) และ Coelho and Brito (2012) นอกจากนี้ยังพบว่าในประเทศไทยได้มีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย มีขอบเขตการศึกษาตั้งแต่การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน การปรับปรุงและการทำลายอาคาร โดยในขั้นตอนของการจัดการอาคารเมื่อสิ้นอายุขัยนั้นคิดเพียงการทุบทำลายและการนำไปยังสถานที่ฝังกลบเท่านั้น โดยไม่พิจารณาในส่วนของการจัดการของเสียประเภทอื่นๆ (ชนิกานต์, 2551)

การศึกษาในครั้งนี้สนใจศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยการประเมินวัฏจักรชีวิตซึ่งพิจารณาในขั้นตอนของการรื้อถอน การขนส่งของเสียจากการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนซึ่งได้แก่ การฝังกลบ การรีไซเคิลและการใช้ซ้ำ ผลจากการศึกษานี้ใช้เป็นแนวทางในการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนให้ถูกต้องและเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

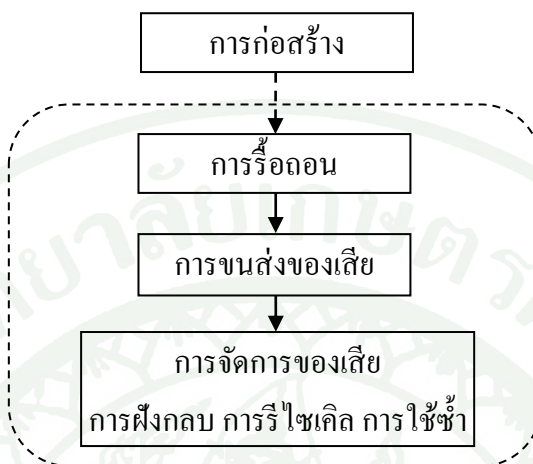
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการรีดอนบ้านพักอาศัย โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต
2. เพื่อศึกษาและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียจากการรีดอนบ้านพักอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต
3. เพื่อใช้เปรียบเทียบทางเลือกในการจัดการของเสียจากการรีดอนบ้านพักอาศัย

ขอบเขตการศึกษา

1. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการรีดอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรีดอนโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งมีขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040 (ISO 14040, 2006) และการประเมินผลกระทบโดยใช้ซอฟต์แวร์ SimaPro 7.1
2. ทำการศึกษานบ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 150 - 200 ตารางเมตรซึ่งเป็นพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยตามวิศวกรรมสถานแห่งชาติ และกำหนดให้มีลักษณะเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น เป็นโครงสร้างคอนกรีตและกำหนดให้มีอายุการใช้งาน 50 ปี โดยเป็นอายุเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยตามสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (ชนิกานต์, 2551) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kofoworola and Gheewala (2006)
3. กำหนดหน่วยหน้าที่การทำงานเป็น 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านและอาคารพักอาศัยเช่น ชนิกานต์ (2551) Blengini (2009) O'Brien *et al.* (2006) และ Pasqualino *et al.* (2008)
4. กำหนดขอบเขตของการศึกษาเป็น 3 ส่วนคือ ขั้นตอนการรีดอน กระบวนการขนส่งของเสียจากพื้นที่รีดอนไปยังสถานที่กำจัดของเสียขั้นสุดท้ายและขั้นตอนของการจัดการของเสียจากการรีดอนซึ่งได้แก่ การฝังกลบ การรีไซเคิลและการใช้ซ้ำ ดังแสดงในภาพที่ 1

โดยในขั้นตอนการรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นจะทำการพิจารณาเพียงการรื้อถอนส่วนของตัวบ้านและโครงสร้างของตัวบ้านเท่านั้น ซึ่งจะไม่พิจารณาถึงการรื้อถอนในส่วนของฐานราก



ภาพที่ 1 ขอบเขตของการศึกษาได้แก่ กระบวนการรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสีย

5.ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวทางการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (mid-point impact) ซึ่งได้แก่ CML baseline method (2000) โดยมีตัวชี้วัดคือ

- การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ (Resource depletion)
- การเกิดฝนกรด (Acidification)
- การเกิดภาวะสารอาหารเพิ่มมากขึ้นเกินปกติ (Eutrophication)
- การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)
- การลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ (Ozone depletion in stratosphere)
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water ecotoxicity)
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศทางทะเล (Marine aquatic ecotoxicity)
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity)
- การก่อให้เกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง เคมี-(Photochemical oxidation)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงประเภทและปริมาณของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการรื้อถอนบ้านพักอาศัยซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการรื้อถอนเพื่อลดการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เช่น การปรับปรุงการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรในกระบวนการรื้อถอนหรือใช้ปรับปรุงกระบวนการรื้อถอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
2. ได้ทราบถึงประเภทและปริมาณของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการจัดการของเสียแต่ละประเภท เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้การจัดการของเสียที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุดและเหมาะสมที่สุด
3. ใช้เป็นแนวทางในการรื้อถอนบ้านพักอาศัยที่ถูกต้องและเหมาะสมเพื่อปรับปรุงกระบวนการรื้อถอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
4. ใช้เป็นแนวทางในการจัดการของเสียจากการรื้อถอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเพื่อลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การตรวจเอกสาร

1. การรื้อถอนอาคาร

1.1 นิยามของของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอน

กรมควบคุมมลพิษ (2554) ได้ให้นิยามไว้ว่า ของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนเป็นของเสียที่เกิดจากการก่อสร้างการปรับปรุงใหม่ การปรับปรุงสภาพหรือการรื้อถอนอาคารถนนหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ที่คล้ายๆ กัน โดยของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนนั้นมีความแตกต่างกัน โดยที่ของเสียจากการก่อสร้างคือของเสียที่ส่วนใหญ่มักเป็นพวกบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ของวัสดุก่อสร้างหรือเป็นพวกเศษวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการใช้งานหรือที่เกิดความเสียหายและของเสียอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกิจกรรมการก่อสร้าง ส่วนของเสียจากการรื้อถอนคือ ของเสียที่เป็นเศษวัสดุที่เกิดจากรื้อถอนอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ซึ่งมีเศษวัสดุหลายชนิด เช่น เศษคอนกรีต วัสดุก่ออิฐ เหล็ก ไม้ และวัสดุอื่นๆ ที่ปะปนกัน นอกจากนี้อาจเป็นวัสดุที่ปนเปื้อนต่างๆ เช่น จากสีทาอาคาร เป็นต้น

การรื้อถอนที่เกี่ยวข้องกับโครงการการปรับพื้นที่และการฟื้นฟูอาจแบ่งออกเป็นประเภทหลักดังต่อไปนี้

1. การรื้อถอนแบบสมบูรณ์ (Complete demolition)
2. การรื้อถอนบางส่วน (Partial demolition)

การรื้อถอนแบบสมบูรณ์ เกี่ยวข้องกับการกำจัดจนถึงส่วนของโครงสร้างที่เป็นปัญหา ในขณะที่การรื้อถอนบางส่วนแสดงให้เห็นการปรับปรุงที่จำกัด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินทางเลือกของวิธีการทำงานสำหรับการรื้อถอนของอาคารและโครงสร้าง โดยทักษะความรู้บางอย่างนั้นจำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของวัสดุและวิธีการของการรื้อถอนที่สามารถเป็นไปได้ เรื่องที่ควรพิจารณาเป็นพิเศษนั้นเกี่ยวกับการจ่ายค่าตอบแทนให้กับความไม่แน่นอนของโครงสร้างขึ้นอยู่กับขนาดของความเสียหายที่เกิดขึ้น

1.2 ความหลากหลายของวิธีการสามารถประยุกต์ใช้กับการรื้อถอนอาคารคอนกรีต ซึ่งสามารถแยกเป็นกลุ่มพื้นฐานได้ดังนี้

- การบดทำลาย (Crushing)
- การตัดทำลายเป็นชิ้น (Chopping)
- การทำลายโดยทำให้เกิดรอยแตกหรือรอยร้าว (Splitting)
- การระเบิดโดยใช้วัตถุระเบิด (Blasting with explosives)
- การตัดและการเจาะ (Cutting and drilling)

นอกจากนี้วิธีการรื้อถอนแบบดั้งเดิมนั้นเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดของการรื้อถอนซึ่งการรื้อถอนนี้เป็นแบบธรรมดาหรือแบบหยาบซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการใช้อุปกรณ์ เช่น การใช้ค้อน (mounted hammer) การใช้ลูกตุ้ม (wrecking ball) และการใช้วัตถุระเบิด ซึ่งขึ้นอยู่กับความพร้อมของเครื่องจักรกลหนักที่จำเป็นและการเข้าถึงได้ของอาคารที่มีปัญหาซึ่งมักจะใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการที่จะนำมาใช้สำหรับการรื้อถอนแบบหยาบทุกประเภทยังมีความสำคัญต่ออาคารที่ถูกรื้อถอนมากที่สุด

1.3 ชนิดของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนสามารถแบ่งตามองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้

1) ดิน

ส่วนใหญ่จะเป็นดินที่เกิดจากการเตรียมพื้นที่ โดยดินนี้จะถูกนำไปกองไว้เพื่อนำไปใช้ซ้ำในสถานที่ก่อสร้างเดิมหรือขนย้ายออกไปเพื่อนำไปใช้ซ้ำในสถานที่ก่อสร้างอื่นแต่ถ้าเป็นดินในพื้นที่ที่มีการรื้อถอนดินอาจมีส่วนผสมของอิฐคอนกรีตเศษแก้วกระเบื้องและอื่นๆผสมอยู่ในดินนอกจากนี้ดินนี้จะมีโอกาสปนเปื้อนกับสารที่เป็นอันตรายได้เช่นน้ำมันและสารอื่นๆ

2) คอนกรีต

เป็นของเสียที่พบในปริมาณมากเนื่องจากโครงสร้างส่วนใหญ่ของประเทศไทยมักจะใช้คอนกรีตเป็นหลักโดยคอนกรีตส่วนใหญ่จะได้อาจมาจากการทุบทำลายโครงสร้างหรือจากการปรับปรุงโครงสร้างต่างๆโดยส่วนมากมักมีการนำคอนกรีตไปใช้ปรับพื้นที่หรือนำไปผ่านกระบวนการทำวัสดุทดแทนวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งคอนกรีตนี้จะแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ คอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งมาจากส่วนประกอบโครงสร้างเช่นเสาและพื้นเป็นต้นและคอนกรีตไม่เสริมเหล็กได้มาจากการฐานรากหรือการทุบคอนกรีตที่เหลือทิ้งจากคอนกรีตผสมเสร็จ

3) วัสดุก่อ

วัสดุก่อจะมาจากผนังซึ่งจะใช้วัสดุก่อเช่นอิฐมอญและคอนกรีตแบบบล็อกเป็นต้น ดังนั้นของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนจำนวนมากจะมีวัสดุก่อเป็นองค์ประกอบอิฐมอญและคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการรื้อถอนส่วนใหญ่จะติดกับมอร์ตาร์และซีเมนต์และส่วนใหญ่จะพบองค์ประกอบคอนกรีตติดมาด้วยเช่น ทับหลังและเสาเอ็นเป็นต้นนอกจากนี้วัสดุก่อประเภทคอนกรีตมวลเบาเริ่มมีการใช้งานแพร่หลายขึ้นทำให้มีการพบคอนกรีตมวลเบาในของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนมากขึ้น โดยเฉพาะงานปรับปรุงสภาพและงานก่อสร้างใหม่

4) ของเสียผสมจากการก่อสร้างและรื้อถอน

ของเสียผสมจากการก่อสร้างและรื้อถอนเป็นของเสียที่พบปริมาณมากที่สุดซึ่งมาจากกระบวนการการกองเก็บระหว่างการก่อสร้างหรือการรื้อถอน โดยของเสียประเภทนี้อาจประกอบด้วยของเสียจำพวกดินคอนกรีต วัสดุก่อและอาจเกิดจากการผสมกับวัสดุอื่นๆเช่น ไม้เหล็ก กระเบื้องและพลาสติกนอกจากนี้อาจพบทั้งเศษกระเบื้องเศษอิฐเศษปูนบรรจุภัณฑ์และขยะต่างๆ รวมกันอยู่ในกองเดียวกันและอาจพบวัสดุที่เป็นอันตรายปนเปื้อนมาด้วย

5) วัสดุอื่นๆ

ของเสียประเภทอื่นๆที่เกิดจากการรื้อถอนอาคาร เช่นเหล็กอลูมิเนียม จะถูกนำไปดูลงและนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งในขณะที่วางกองไม้กระเบื้องหลังคากระจกแผ่นยิปซัมและส่วนตกแต่งภายในและภายนอกต่างๆซึ่งอาจนำไปนำไปตกแต่งหรือใช้ซ้ำอีกครั้ง

1.3 กฎหมายเกี่ยวกับการรื้อถอนอาคาร

การรื้อถอนอาคารนั้นเป็นกิจกรรมหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและสุขอนามัยของประชาชนจึงจำเป็นต้องมีการออกกฎหมายควบคุมการรื้อถอนอาคารให้มีการดำเนินการอย่างถูกต้องและปลอดภัยซึ่งได้แก่ กฎกระทรวงฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526)ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคารพ.ศ. 2522 หมวด 3 ว่าด้วยเรื่องของการรื้อถอนอาคารซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อ 23 ผู้ควบคุมงานต้องศึกษารายละเอียดโครงสร้างของอาคารที่จะรื้อถอนรวมทั้งสภาพแวดล้อมด้วยความรอบคอบและต้องควบคุมการปฏิบัติงานของผู้ดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอนวิธีการและมีความปลอดภัยในการรื้อถอนอาคารตามที่ได้รับอนุญาตถ้าผู้ดำเนินการปฏิบัติไม่ถูกต้องตามขั้นตอนวิธีการหรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สินผู้ควบคุมงานต้องให้ดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องหรือให้มีความปลอดภัย

ข้อ 24 ก่อนรื้อถอนอาคารส่วนใดผู้ดำเนินการต้องตรวจสอบและหาวิธีการป้องกันสิ่งบรณาการสาธารณะเช่นไฟฟ้าโทรศัพท์ประปาหรือท่อก๊าซเป็นต้นและส่วนต่างๆของอาคารที่อาจตกลงหล่นเพื่อมิให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สินในขณะที่รื้อถอนอาคารส่วนนั้น

ข้อ 25 ในระหว่างการรื้อถอนอาคารผู้ดำเนินการต้องติดตั้งป้ายเตือนอันตรายและต้องแสดงขอบเขตการรื้อถอนอาคารพร้อมด้วยไฟสัญญาณสีแดงกระพริบเตือนอันตรายจำนวนพอสมควรไว้รอบบริเวณที่จะรื้อถอนเพื่อเตือนไม่ให้บุคคลซึ่งไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณนั้นและต้องจัดให้มีพนักงานสำหรับห้ามบุคคลซึ่งไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไปในบริเวณดังกล่าว รวมทั้งดูแลความเรียบร้อยของป้ายเตือนอันตรายและไฟสัญญาณด้วยการรื้อถอนอาคารผู้ดำเนินการจะกระทำได้เฉพาะในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตกถ้าจะกระทำในเวลาระหว่างพระอาทิตย์ตกถึงพระอาทิตย์ขึ้นต้องได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากเจ้าพนักงานท้องถิ่นและต้องจัดให้มีแสงสว่างเพียงพอด้วย

ข้อ 26 การรื้อถอนอาคารที่ใกล้หรือติดต่อกับที่สาธารณะอาคารอื่นหรือที่ดินต่างเจ้าของหรือผู้ครอบครองน้อยกว่า 2.00 เมตรผู้ดำเนินการต้องจัดให้มีการป้องกันฝุ่นละอองและเศษวัสดุร่วงหล่นที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สิน

ข้อ 27 การรื้อถอนอาคารที่มีความสูงเกิน 15.00 เมตรและอยู่ห่างจากทางหรือที่สาธารณะตามแนวราบน้อยกว่า 4.50 เมตรผู้ดำเนินการต้องจัดให้มีสิ่งป้องกันวัสดุที่อาจร่วงหล่นคลุมทางหรือที่สาธารณะนั้นถ้ามีทางเดินเท้าตามแนวทางหรือที่สาธารณะผู้ดำเนินการต้องสร้างหลังคาที่มั่นคงแข็งแรงและขนาดใหญ่เพียงพอที่จะป้องกันเศษวัสดุที่อาจร่วงหล่นเป็นอันตรายต่อสุขภาพชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สินตลอดแนวของอาคารที่จะรื้อถอนนั้นด้วย

ข้อ 28 การรื้อถอนผนังอาคารด้านนอกที่สูงจากพื้นดินเกิน 8.00 เมตรและอยู่ห่างจากอาคารอื่นทางหรือที่สาธารณะตามแนวราบน้อยกว่าความสูงของอาคารผู้ดำเนินการต้องจัดให้มีแผงรับวัสดุที่อาจร่วงหล่นจากการรื้อถอนตลอดแนวด้านนอกของผนังของอาคารด้านนั้นแผงรับวัสดุดังกล่าวต้องมีความมั่นคงแข็งแรงและขนาดใหญ่เพียงพอที่จะสามารถรองรับวัสดุที่ร่วงหล่นได้ และต้องติดตั้งให้เอียงลาดเพื่อป้องกันวัสดุที่ร่วงหล่นกระเด็นออกมานอกแผงหรือกองค้างอยู่ในแผงรับนั้น

ข้อ 29 การขนถ่ายวัสดุที่รื้อถอนลงจากสูงมาสู่ที่ต่ำผู้ดำเนินการต้องกระทำโดยใช้รางหรือสายพานเลื่อนที่มีความลาดเหมาะสมและปลอดภัยจากการตกลงสำหรับการขนถ่ายวัสดุโดยลิฟต์ส่งของหรือปั้นจั่นหรือโยนหรือทั้งเป็นต้นผู้ดำเนินการจะกระทำได้ต่อเมื่อได้จัดให้มีการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพชีวิตร่างกายหรือทรัพย์สินแล้วห้ามผู้ดำเนินการกองวัสดุที่รื้อถอนไว้บนพื้นหรือส่วนของอาคารที่สูงกว่าพื้นดิน

1.4 ขั้นตอนการรื้อถอนอาคาร

ขั้นตอนการรื้อถอนอาคารนั้นมักมีการดำเนินการหลักๆที่เหมือนกันเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับกฎหมายและความปลอดภัยของผู้เข้ารื้อถอนและประชาชนที่อยู่รอบข้างแต่อาจมีส่วนที่แตกต่างกันในเรื่องของชนิดของเครื่องมือและวิธีการในการรื้อถอนเนื่องจากการรื้อถอนนั้นอาจดำเนินการได้ทั้งการรื้อถอนแบบใช้แรงงานคน 100% การใช้เครื่องจักรในการรื้อถอนแบบ 100% หรือมีการทำงานร่วมกันของทั้งแรงงานคนและเครื่องจักรซึ่งสัดส่วนมักขึ้นอยู่กับบริษัทที่รับรื้อถอนอาคาร

ซึ่งการดำเนินการรื้อถอนในประเทศไทยส่วนใหญ่มักใช้การรื้อถอนแบบใช้แรงงานคนร่วมกับใช้เครื่องจักรโดยสัดส่วนของแรงงานคนจะมากกว่าเครื่องจักร ซึ่งการดำเนินการในการรื้อถอนนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ การดำเนินการก่อนการรื้อถอน การดำเนินการรื้อถอนและการดำเนินการหลังการรื้อถอนซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยมีการดำเนินการตามขั้นตอนของกรมช่างโยธาทหารอากาศ (2555) ดังนี้

1. การดำเนินการก่อนการรื้อถอน มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1.1) ทำการขออนุญาตรื้อถอนต่อหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง
 - 1.2) ทำการบอกกล่าวเพื่อนบ้าน เนื่องจากขณะรื้อถอนอาจมีเสียงดัง หรือฝุ่นละอองรบกวน ความสงบสุขของเพื่อนบ้าน
 - 1.3) เตรียมระบบน้ำประปา ไฟฟ้า เครื่องมือสื่อสารที่ใช้ อุปกรณ์ดับเพลิง เครื่องมือ เครื่องจักร ที่ต้องใช้ในการรื้อถอน
 - 1.4) จัดทำประกันภัยต่างๆสำหรับงานรื้อถอนที่มีความเสี่ยงสูง
 - 1.5) สร้างรั้วชั่วคราว หรือกันชน เพื่อกันวัสดุตกหล่น
 - 1.6) คลุมอาคารที่รื้อถอนด้วยผ้าใบเพื่อป้องกันฝุ่นที่เกิดจากการรื้อถอน
 - 1.7) พิจารณาพื้นที่โดยรอบอาคาร ลักษณะโครงสร้างอาคาร ทำความเข้าใจในขั้นตอนการก่อสร้างของอาคารที่จะรื้อถอน
 - 1.8) วางแผนงานขั้นตอนรื้อถอนให้ถูกต้องและปลอดภัย
 - 1.9) จัดเตรียมแรงงาน ผู้ควบคุมงาน เครื่องจักรหนัก เครื่องจักรเบา รถบรรทุกที่จำเป็นต้องใช้ในงานรื้อถอน
 - 1.10) กำหนดแผนงาน กำหนดระยะเวลาการดำเนินงานรื้อถอน
2. การดำเนินการรื้อถอน มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้
- 2.1) รื้อเฟอร์นิเจอร์ที่สร้างติดกับอาคาร
 - 2.2) ตัดกระแสไฟฟ้า และถอดเก็บดวงโคมแสงสว่างและอุปกรณ์ ทั้งภายในและภายนอกอาคาร
 - 2.3) ถอดบานประตู หน้าต่างทั้งหมด
 - 2.4) รื้อพื้นปาร์เก้และหินอ่อน
 - 2.5) ถอดเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์
 - 2.6) รื้อฝ้าเพดานทั้งชั้นบน และชั้นล่าง
 - 2.7) รื้อกระเบื้องผนังหลังคาและโครงหลังคา
 - 2.8) เริ่มทำการทุบผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นและชั้นล่าง ตามลำดับ
 - 2.9) รื้อถอนบันได โครงสร้างไม้
 - 2.10) รื้ออะเส คอนกรีตเสริมเหล็ก
 - 2.11) รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นสอง

2.12) รื้อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นสอง และรื้อคานคอนกรีตเสริมเหล็กกับพื้นชั้นสอง

2.13) รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นล่าง

2.14) ทับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และเฉลียงหน้าบ้าน

3.การดำเนินการหลังการรื้อถอนขั้นตอนการดำเนินงานหลักๆคือ

3.1) การกองเก็บ ภายหลังการรื้อถอนนั้นจะมีการนำของเสียมากองภายในเขตที่ดิน ที่ทำการรื้อถอนอาคาร โดยแบ่งแยกประเภทของของเสียจากการรื้อถอน

3.2) การขนย้าย การขนอาคารย้ายเศษวัสดุออกนอกเขตที่ดินที่ทำการรื้อถอน ผู้รับจ้างรื้อถอนอาคาร จะต้องทำการขนย้ายวัสดุออกนอกพื้นที่ โดยผู้รับจ้างรื้อถอนจะเป็นผู้จัดการของเสียดังกล่าว

3.3) การจัดการของเสียจากการรื้อถอนอาคาร โดยการจัดการนั้นจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประเภทของของเสียและบริษัทรับรื้อถอนอาคาร ซึ่งการจัดการของเสียได้แก่ การฝังกลบ การรีไซเคิล การใช้ซ้ำและการเผา เป็นต้น โดยของเสียจำพวกเศษปูนต่างๆ มักจะนำไปฝังกลบหรือการปรับพื้นที่ ของเสียจำพวกไม้ อาจมีการนำไปใช้ซ้ำโดยจะมีการนำมาตกแต่งหรือปรับปรุงก่อนนำไปตกแต่งในงานอื่น และของเสียจำพวกเหล็กและอลูมิเนียมจะถูกนำไปรีไซเคิลใหม่ซึ่งการดำเนินการจัดการของเสียจะแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจัดการของบริษัทหากเป็นบริษัทขนาดเล็กอาจมีการจัดการของเสียจำพวกเศษปูนหรือซีเมนต์จากการทุบหรือโครงสร้างโดยการกองทิ้งและของเสียพวกไม้และเหล็กจะมีการขายให้ร้านรับซื้อ ในบางบริษัทจะมีการจัดการของเสียจำพวกเศษปูนหรือซีเมนต์เหล่านี้ไปทำการปรับพื้นที่อาทิเช่น ลานจอดรถ เป็นต้น

นอกจากนี้ได้มีการกำหนดเวลาและความดังในการทำการรื้อถอน โดยการรื้อถอนอาคารจะเริ่มเมื่อเวลา 7.30 น. จนถึงเวลาไม่เกิน 19.00 น. และจะต้องควบคุมไม่ให้เกิดเสียงดังเกิน 75 เดซิเบล ทั้งนี้ให้ผู้รับจ้างรื้อถอนอาคารปฏิบัติตามข้อบัญญัติเรื่องการรื้อถอนอาคาร ในหมวด 3 การรื้อถอนอาคาร กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 โดยเคร่งครัด

2. เครื่องมือการจัดการและประเมินด้านสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันปัญหาการขยายตัวทางเศรษฐกิจได้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรเพิ่มมากขึ้น ซึ่งได้ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆตามมา ทำให้ในปัจจุบันมีความตื่นตัวมากขึ้นเกี่ยวกับความตระหนักด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและการจัดการสิ่งแวดล้อมก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ทำให้มีการพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมจากหลายประเทศและเครื่องมือในการจัดการและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น Life Cycle Assessment (LCA), Environmental Impact Assessment (EIA) และ Risk Assessment (RA) เป็นต้น โดยแต่ละวิธีนั้นจะมีเป้าหมาย วิธีการศึกษาและความเหมาะสมในการเลือกใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1

เครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีเทคนิคและวิธีการที่แตกต่างกัน โดยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นเป็นประเด็นหนึ่งที่มีความแตกต่างจากวิธีอื่นๆ คือ วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นกระบวนการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ หรือหน้าที่ของผลิตภัณฑ์และกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิต โดยทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิต การใช้งานตลอดจนการกำจัด ซึ่งผลการประเมินจะเป็นการประเมินศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบเป็นเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นผลกระทบในภาพรวมที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อโลก เช่น การก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยที่วิธีการศึกษาอื่นๆนั้นมักเป็นการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะด้าน เช่น การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม(EIA) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์การดำเนินโครงการ เป็นต้น

ตารางที่ 1 เครื่องมือการจัดการและการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม

เครื่องมือ	การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment: RA)	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA)	การประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Evaluation: EPE)
วัตถุประสงค์รวม	- เพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างทางสิ่งแวดล้อมของระบบ	- เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	- เพื่อประเมินผลกระทบด้านบวกและลบต่อสิ่งแวดล้อมของแผนโครงการในอนาคต	- เพื่อจัดหาข้อมูลที่เชื่อถือและพิสูจน์ได้เกี่ยวกับสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมขององค์กร
ข้อดี	- พิจารณาผลกระทบทั้งระดับโลกและภูมิภาค	- ประเมินผลกระทบระดับพื้นที่และภูมิภาคต่อเป้าหมายเฉพาะ	- ประเมินผลกระทบทั้งด้านบวกและลบ	- มีการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมที่มีการวัดสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์โดยตรงกับนโยบายและเป้าหมาย
ข้อเสีย	- สะดวกในการพิจารณาผลกระทบต่อสังคม	- ไม่ได้พิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต	- ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร	- ไม่ได้พิจารณาเรื่องเวลา
ผู้ใช้	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร	- ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร	- ไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณการใช้ทรัพยากร
อุตสาหกรรม	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว
ติดต่อสื่อสาร	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว	- มุ่งเน้นในการปรับปรุงกลยุทธ์การวางแผนระยะยาว

ตารางที่ 1 (ต่อ)

เครื่องมือ	การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)	การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment: RA)	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA)	การประเมินผลการดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Evaluation: EPE)
หน่วยงานที่ไม่ใช่รัฐ	- ใช้สนับสนุนการคิดแบบครบวงจรแต่ยังมีข้อสงสัยในการประยุกต์ใช้	- เพื่อคัดค้านการยอมรับสถานการณ์ที่เป็นอันตราย	- เพื่อคัดค้านการยอมรับต่อแผนโครงการ	ไม่ได้นำไปใช้
เป้าหมายของการวิเคราะห์	ผลิตภัณฑ์ หรือ การบริการ	สถานการณ์ความเป็นพิษ	แผนสร้างโครงการ โดยทั่วไปเป็นโครงการก่อสร้าง	กิจกรรมต่างๆขององค์กร
ข้อจำกัดพื้นที่	ไม่จำกัด	จำกัดเขตหรือพื้นที่	จำกัดเขตหรือพื้นที่	จำกัดกิจกรรมในองค์กร
พิจารณาผลกระทบทางด้าน	ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมจากการใช้ทรัพยากรและข้อเสียที่เกิดขึ้น	ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และเป้าหมายทางสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบทั้งหมดของโครงการต่อสิ่งแวดล้อมในพื้นที่	ผลกระทบที่สัมพันธ์กับกิจกรรมขององค์กร
การแปลผล	การประเมินผลกระทบ	เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ยอมรับได้	ต้นทุนและกำไรทางสิ่งแวดล้อม	ระบุการชี้วัดที่ตรงกับปัญหาของสมรรถนะ
ฐานการเปรียบเทียบ	หน่วยหน้าที่	สถานการณ์ที่ต้องการการเปรียบเทียบ	โครงการ	หน่วยการทำงาน

ที่มา: โอเมทธี (2547) อ้างถึง SETAC-Europe Working Group (2003)

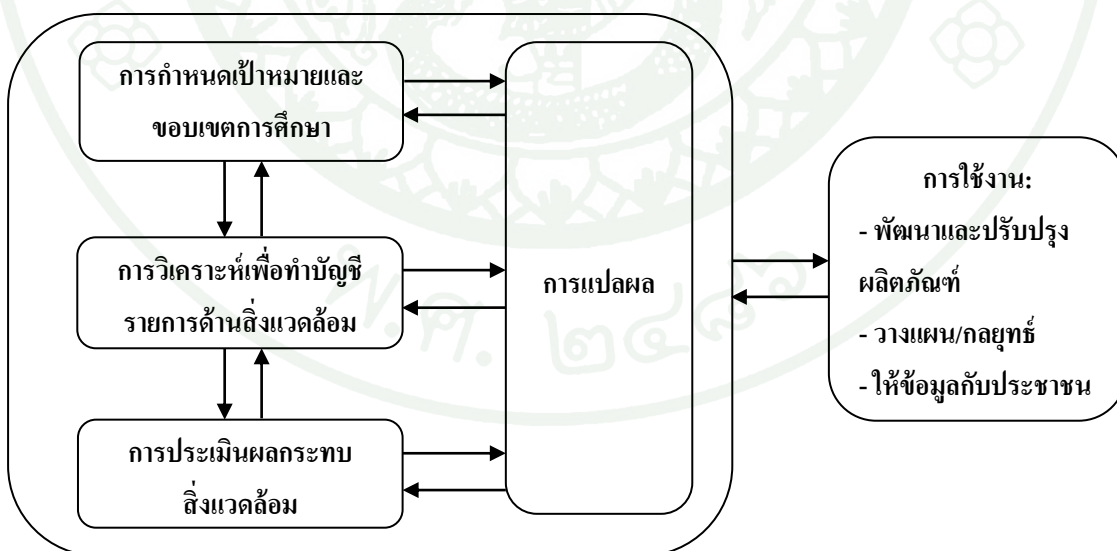
3. การประเมินวัฏจักรชีวิต

3.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ในอนุกรมมาตรฐาน ISO14040 ได้นิยามการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ว่าเป็น“เทคนิคการประเมินลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects) และโอกาสของการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Potential Environmental Impacts) ของผลิตภัณฑ์ โดยการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ รวมถึงการแปลผลของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis) และการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Assessment)”

3.2 ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

กระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2 โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามมาตรฐาน ISO 14040

ที่มา: มาตรฐาน ISO 14040 (2006)

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

ขั้นตอนนี้ทำให้ทราบถึงการนำไปใช้ประโยชน์และสามารถดำเนินการศึกษาได้ครอบคลุมและตรงประเด็นประกอบด้วยการกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตของการศึกษา (System Boundary) สมมติฐานข้อจำกัดของการศึกษา และหน่วยการทำงาน (Functional Unit) เพื่อเป็นการกำหนดหน่วยพื้นฐานในการศึกษา

2. การจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory)

เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตและคำนวณเพื่อหาปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกเช่น วัตถุดิบทรัพยากรพลังงานที่ใช้รวมถึงสารที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นต้น โดยการจัดหาและเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญและใช้ระยะเวลาในการดำเนินการมากเนื่องจาก การประเมินวัฏจักรชีวิตต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก

3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment)

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Potential Environmental Impacts) โดยการจำแนกข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 เข้าสู่กลุ่มผลกระทบซึ่งเรียกว่า Classification จากนั้นหาค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบหรือเรียกว่า Characterization นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม ได้แก่ การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจำแนกประเภท (Classification) ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่รวบรวมได้ แล้วมาจัดเป็นหมวดหมู่ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เช่น การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การก่อให้เกิดการลดลงของชั้นโอโซน และการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ เป็นต้น ตัวอย่างของการจำแนก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ก๊าซมีเทน ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเกิดโฟโตเคมีคอล ออกซิเจนแอนด์ เป็นต้น

การกำหนดบทบาท (Characterization) ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมลสารต่างๆที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเภทรันให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน เช่น การก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน โดยสารหรือมลพิษต่างๆที่จัดว่าเป็นสาเหตุของผลกระทบนี้จะถูกประเมินเป็นหน่วย kg CO₂ equivalent ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

EP_j (Environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg_{substance equivalent})

Q_i (Quantity of substance) คือ ปริมาณมลสาร i ที่ปล่อยออกมา (kg_{substancej})

EF_{ij} (Equivalency factor) คือ ค่าเทียบเท่าของมลสาร I ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg_{substance equivalent} / kg_{substancej})

การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) ขั้นตอนนี้เป็นการหาความสำคัญของแต่ละผลกระทบ โดยทำการเปรียบเทียบค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ต่ออายุการใช้งานและค่าขนาดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นๆ โดยคำนวณจากสมการที่ (2)

$$NP_{j(Product)} = \frac{EP_j}{(T \times ER_j)} \quad (2)$$

$NP_{j(Product)}$ (Normalized environment impact potential) คือ ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T (Lifetime of product) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (year)

ER_j (Normalization Reference) คือ ค่าขนาดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/Person/year)

การให้น้ำหนัก (Weighting) ขั้นตอนนี้ทำการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยนำค่า $NP_{j(Product)}$ ที่ได้มาคูณด้วยค่าการให้น้ำหนักที่มีค่า

ระดับความสำคัญของแต่ละผลกระทบที่แตกต่างกัน เช่น การก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน อาจทำการพิจารณาว่ามีความสำคัญมากกว่าสภาวะความเป็นกรด โดยให้ค่าน้ำหนักที่อัตราส่วน 1:2 โดยค่าน้ำหนักที่คำนวณได้นี้เป็นค่าสุดท้ายที่ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่วิเคราะห์หรือคำนวณได้จากสมการที่ (3)

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (3)$$

WP_j (Weighted environmental impact potential)

คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ หลังการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญแล้ว (Person for target year; Pt.)

WF_j (Weighting factor)

คือ ค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายไว้

โดยในการศึกษานี้จะทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมถึงขั้นตอนการหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) โดยไม่ได้ทำการพิจารณาขั้นตอนการให้ค่าน้ำหนัก (Weighting)

4. การแปลผล (Interpretation)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการและการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการและการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาประเมินเพื่อหาข้อสรุปและข้อเสนอแนะรวมถึงการจัดทำรายงานผลการศึกษา (ดังแสดงในภาพที่ 2) นอกจากนี้ยังพบว่าการแปลงบัญชีรายการเป็นตัวชี้วัดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนี้แบ่งเป็น 2 แนวทางคือ

Problem oriented method เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง (mid-point impact) เช่นการใช้ทรัพยากรและพลังงาน การแพร่กระจายของสารพิษการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการเกิดฝนกรดตัวอย่างวิธีการประเมินแบบนี้ได้แก่ CML baseline method (2000) EDIP97& EDIP (2003) และ IMPACT (2002+)

Damaged oriented method เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง (end-point impact) ได้แก่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านระบบนิเวศน์ สุขอนามัยและปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกเช่นการเกิดภาวะโลกร้อน (global warming) การทำลายโอโซน (ozone depletion) ตัวอย่างวิธีการประเมินแบบนี้ได้แก่ Ecoindicator 99 และ IMPACT (2002+)(ชนิกานต์ ,2551)

ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบพื้นฐานในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

- ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง (Abiotic Depletion Potential)
- ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)
- ศักยภาพที่ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone Depletion Potential)
- ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity Potential)
- ศักยภาพการก่อให้เกิดพิษต่อระบบนิเวศทั้งบกและน้ำ (Aquatic/Terrestrial

EcotoxicityPotential:

- ศักยภาพการก่อให้เกิดฝนกรด (Acidification Potential)
- ศักยภาพการก่อให้เกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical Oxidation Creation Potential)
- ศักยภาพการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Nutrification Potential)

4. โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นวิธีการในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต จึงต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน ซึ่งอาจต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการทำงาน เพื่อให้สามารถจัดการกับข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีคุณภาพมากกว่าในอดีตที่นิยมใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณนอกจากนี้โปรแกรมสำเร็จรูปยังสามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนในการผลิตมากและสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ทำได้ทั่วโลกปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปมากมาย ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันในแต่ละโปรแกรมหาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบโปรแกรมสำเร็จรูปในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หัวข้อ	Cumpan 1.44	ECO-it 1.0	EDPI PC-tool	EPS 4.0 Design system	Gabi 3	SimPro4.o	TEAM	Umberto 3.5
ประเทศ	เยอรมนี	เนเธอร์แลนด์	เดนมาร์ก	สวีเดน	เยอรมนี	เนเธอร์แลนด์	ฝรั่งเศส	เยอรมนี
จำนวนลิขสิทธิ์ที่ขายได้	62	70	100	>200	250	>600	>200	>350
ราคา(ในปี 2000)	\$6,000	\$215	\$700	\$3,200	\$2,500-8,000	\$2,540	\$3,000	\$1,000-20,000
เวลาที่ใช้ในการศึกษา	1 วัน	<2 ชั่วโมง	<1 สัปดาห์	<1 สัปดาห์	<1 เดือน	<1 วัน	<1 วัน	<1 สัปดาห์
วิธีการประเมินผลกระทบ	Several	All single score method	EDPI, environmental method	EPS	Eco Indicstor& create your own method	EI99,EP97, CML,EDIP,EPS	CML, EPA, IPCC, CVCH	Eco indicator, Swiss, Eco-point
เป็นตามมาตรฐาน ISO 14040	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
แสดงผลในรูปแบบตาราง	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
แสดงผลในรูปแบบกราฟ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
การปรับปรุงข้อมูล	ทุกปี	ช่วงเวลาอื่น	ช่วงเวลาอื่น	ทุกปี	ช่วงเวลาอื่น	ทุก 2 ปี	ทุกปี	ช่วงเวลาอื่น
แสดงค่าทางสิ่งแวดล้อม:หน่วย Pt.	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง มีคุณสมบัติในโปรแกรม
- หมายถึง ไม่มีคุณสมบัติในโปรแกรม

ตารางที่ 2 (ต่อ)

หัวข้อ	Cumpan 1.44	ECO-it 1.0	EDPI PC-tool	EPS 4.0 Design system	Gabi 3	SimPro4.o	TEAM	Umberto 3.5
แสดงผลในแต่ละประเภทของผลกระทบ	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สามารถแสดงผลเพื่อเปรียบเทียบระหว่าง ผลิตภัณฑ์ได้	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
สามารถดึงผลการประเมินออกจากโปรแกรมได้	✓	✓/	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ตรงตามเป้าหมาย สำหรับวิศวกรออกแบบ	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓
ตรงตามเป้าหมายสำหรับวิศวกรสิ่งแวดล้อม	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ตรงตามเป้าหมายสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน LCA	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
มีฐานข้อมูลสามารถเพิ่มข้อมูลเข้าไปได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง มีคุณสมบัตินั้นในโปรแกรม
 - หมายถึง ไม่มีคุณสมบัตินั้นในโปรแกรม

ที่มา: Jonbrink *et al.* (2000)

5. โปรแกรมSimaPro 7.1

โปรแกรมSimaPro 7.1 ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทPre' Consultant ของประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นโปรแกรมที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการทำ LCA เพราะมีข้อดีคือเป็นโปรแกรมที่มีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลไว้หลากหลายสาขาการผลิตโดยเฉพาะ Eco Invent ที่ครอบคลุมกระบวนการผลิตถึง 4,000 กระบวนการซึ่งส่วนใหญ่มาจากการศึกษา LCA ในยุโรปจากภาคอุตสาหกรรมเช่นข้อมูลวัตถุดิบพลังงานการขนส่งและสภาพมลพิษที่เกิดขึ้นจริงและสามารถนำโปรแกรมมาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นจำนวนตัวเลขที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมมีดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตและเป้าหมาย เป็นการกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการประเมินผลการศึกษา
2. การรวบรวมข้อมูล เป็นการอ้างอิงข้อมูลจากข้อมูลพื้นฐานของโปรแกรมหรือข้อมูลเพิ่มเติมพื้นฐานจากกระบวนการนั้นๆ
3. การประเมินผลกระทบ เป็นการแปลงบัญชีรายการข้อมูลเป็นตัวชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนี้แบ่งได้เป็นสองแนวทางคือ

3.1 Problem Oriented Method เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลาง (Mid-point Impact) เช่นการใช้ทรัพยากรและพลังงาน การแพร่กระจายของสารพิษการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศการเกิดฝนกรดตัวอย่างวิธีการประเมินแบบนี้ได้แก่ CML Baseline Method (2000) EDIP 97 and EDIP (2003)และ IMPACT (2002+)

3.2 Damaged Oriented Method เป็นการประเมินผลกระทบที่ปลายทาง (End-point Impact) ประเมินที่ผู้รับผลกระทบจริงได้แก่ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านระบบนิเวศน์สุขภาพและปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกเช่นการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) การทำลายชั้นโอโซน(Ozone Depletion) วิธีการประเมินแบบนี้คือ Eco-indicator 99

ซึ่งวิธีในการประเมินผลกระทบนั้นมีคุณสมบัติและรายละเอียดในการประเมินที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3และมีประเภทของผลกระทบดังตารางที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) Characterization เป็นการจำแนกผลกระทบของวัตถุดิบ พลังงาน หรือสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาว่ามีผลกระทบอย่างไร เช่น สาร CO₂เป็นสารที่ก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อน เป็นต้น

2) Damage assessment เป็นการแปลงข้อมูลที่ทำการ Characterization แล้วให้อยู่ในรูปของผลกระทบหลัก 3 ทางคือ ผลกระทบต่อมนุษย์ นิเวศวิทยา และการเสื่อมสลายของทรัพยากร

3) Normalization เป็นขั้นตอนในการหาความสำคัญของศักยภาพ ของแต่ละผลกระทบที่มีความสัมพันธ์ต่อผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของสังคมในภาพรวม

4) Weighting เป็นขั้นตอนการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น อัตราส่วนของความสำคัญ (weighting factor) ขึ้นอยู่กับผู้ประเมิน

4. การแปลความหมายข้อมูล เป็นการนำผลการประเมินมาเพื่อหาข้อสรุปและข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวิธีการประเมินวิธีต่างๆ

Assessment Method	Steps included			
	Characterization	Damage assessment	Normalization	Weighting
Eco-indicator 95	✓	-	✓	✓
Eco-indicator 99	✓	✓	✓	✓
CML 92	✓	-	✓	-
CML 2 baseline 2000	✓	-	✓	-
Ecopoints 97	✓	-	-	✓
EDIP 96	✓	-	✓	✓
EPS 2000	✓	✓	-	✓

หมายเหตุ : ✓ หมายถึง มีในโปรแกรม

- หมายถึง ไม่มีในโปรแกรม

ที่มา: โออุทธี (2547) อ้างถึงChomkumsri (2003)

ตารางที่ 4 ประเภทของผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตที่ใช้อย่างแพร่หลาย

ประเภทผลกระทบ	ระดับของผลกระทบ	ตัวอย่างข้อมูลบัญชีรายการ (การจำแนกประเภทตามผลกระทบ)	รายละเอียดของ Characterization Factor
การเกิดสภาวะโลกร้อน	ระดับโลก	CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ , CFCs, HCFCs,	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น CO ₂ equivalents
การลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟีย	ระดับโลก	CFCs, HCFCs, CH ₃ Br	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น CFC-11 equivalents
การเกิดฝนกรด	ระดับภูมิภาค	Sox, Nox, HCL, HF, NH ₄	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น SO ₂ equivalents
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	ระดับพื้นที่	PO ₄ , NO, NO ₂ , NH ₄	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น PO ₄ equivalents
การเกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง-เคมี	ระดับพื้นที่	Non-methane hydrocarbon	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น C ₂ H ₆ equivalents
การเกิดความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก	ระดับพื้นที่	สารเคมีเป็นพิษที่มีผลให้สัตว์ทดลองตายได้	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น 1-4,Dichrolobenzene equivalents
การเกิดความเป็นพิษต่อนิเวศทางน้ำ	ระดับพื้นที่	สารเคมีเป็นพิษที่มีผลให้ปลาตายได้	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น 1-4,Dichrolobenzene equivalents
การเกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์	ระดับโลก ภูมิภาค และพื้นที่	สารเคมีเป็นพิษที่ถูกปล่อยสู่อากาศ แหล่งน้ำและดิน	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น 1-4,Dichrolobenzene equivalents
การลดลงของทรัพยากร	ระดับโลก ภูมิภาค และพื้นที่	ปริมาณการใช้แร่ธาตุ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	แปลงข้อมูลบัญชีรายการเป็น Sb equivalents

ที่มา: EPA (2006)

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ การศึกษาประเภทและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย การประเมินผลกระทบของการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน มลพิษที่เกิดขึ้นจากการฝังกลบของเสียจากการรื้อถอน

6.1 การศึกษาประเภทและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาที่เกี่ยวกับประเภทและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนทั้งในและต่างประเทศ จากการศึกษาจะพบว่า อัตราส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนนั้นมีอัตราส่วนที่คล้ายกันคือ มีของเสียที่เป็นคอนกรีตในอัตราส่วนสูงคือประมาณ 85-95 % โดยน้ำหนักของของเสียทั้งหมด โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้รวบรวมวิธีการศึกษาและผลการศึกษาไว้ดังนี้

อุษณีย์และอัจฉรา (2550) ได้ทำการศึกษการประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนอาคารในกรุงเทพมหานคร โดยเลือกบ้านเดี่ยว 2 ชั้นพื้นที่ 332 ตารางเมตรเป็นตัวแทนของอาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งใช้ข้อมูลของพื้นที่อาคารที่ใช้ในการศึกษานี้จากพื้นที่อาคารที่ได้รับอนุญาตให้ก่อสร้างจากเว็บไซต์ของกรุงเทพมหานคร (www.bma.go.th) โดยได้คำนวณหาปริมาณของของเสียจากการรื้อถอนจากการคำนวณจาก 100% ของวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้างแต่ไม่รวมชิ้นส่วนของอาคารที่สามารถถอดไปใช้ซ้ำได้เช่นประตูหน้าต่างและช่องแสง ผลการศึกษาพบว่า จากการคำนวณวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารได้อัตราการผลิตของเสียจากการรื้อถอน 984.66 กก./ ตร.ม. มีองค์ประกอบหลักคือคอนกรีต 718.81 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (73.0%) อิฐ 193.06 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (19.6 %) เหล็ก 31.58 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (3.2 %) กระเบื้องเซรามิก 20.39 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (2.1%) กระเบื้องหลังคา 11.48 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.2 %) ยิปซัมบอร์ด 8.16 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.83%) และไม้ 1.18 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.12%)

Glauser (2007) ทำการศึกษาร่วมกับกรมควบคุมมลพิษ (2554) ได้ทำการศึกษขั้นตอนการดำเนินการรื้อถอนบ้านชั้นเดียวขนาดเล็กในประเทศไทย อายุการใช้งาน 20 ปี มีพื้นที่ใช้สอย 54 ตารางเมตรจากการรื้อถอนพบปริมาณของเสียคือ มีปริมาณของคอนกรีตสูงสุดซึ่งมีปริมาณ 449.39

กิโลกรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ อิฐ 213.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กระเบื้องหลังคา 102.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ไม้ 17.70 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เหล็กเส้น 14.33 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ฝ้าเพดาน 7.31 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และกระเบื้องปูพื้น 4.89 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ

Cochran *et al.* (2007) ทำการศึกษาการประเมินการเกิดขึ้นของของเสียและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคาร กรณีศึกษา อาคารในรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการศึกษาทั้ง อาคารที่พักอาศัยและอาคารที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย ผลการศึกษาของเสียจากการรื้อถอนที่พักอาศัยโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจะรายงานผลการศึกษาในหน่วยของ น้ำหนักของเสียต่อพื้นที่ที่พักอาศัย 1 ตารางเมตร จากการศึกษาพบว่า มีคอนกรีตมากที่สุดคือ 240 กิโลกรัมต่อตารางเมตร รองลงมาคือ ไม้ 90 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ฝ้า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กระเบื้องหลังคา 15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และเศษของเสียผสม 60 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

Cuellar and Azapagic (2012) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับการก่อสร้างที่พักอาศัย กรณีศึกษา บ้านเดี่ยวในประเทศอังกฤษ โดยมีขอบเขตการศึกษาคือ การประเมินผลกระทบของบ้านเดี่ยวโครงสร้าง มีพื้นที่ใช้สอย 222 ตารางเมตร มีอายุการใช้งาน 50 ปี โดยได้ทำการศึกษาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนโดยพบว่า มีอิฐ 440.73 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กระเบื้องหลังคา 26.48 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กระเบื้องปูพื้น 24.36 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เหล็ก 7.76 กิโลกรัมต่อตารางเมตร รวม 56.32 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คอนกรีต 334.61 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กระฉก 1.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ ไม้ 2.11 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

6.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย

ในปัจจุบันนั้นได้มีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารพักอาศัยและบ้านพักอาศัยอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งานตลอดจนการรื้อถอน ซึ่งมีการศึกษาทั้งในต่างประเทศและของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า ทุกงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยนั้นมักพบว่า ขั้นตอนหรือช่วงของการใช้งานบ้านพักอาศัยนั้นมักก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดจากการใช้พลังงานต่างๆ ในระหว่างการอยู่อาศัย โดยมีงานวิจัยดังนี้

Rosa *et al.* (2012) ได้ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของส่วนพักอาศัยในประเทศอังกฤษโดยการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย ซึ่งประเภทของบ้านพักที่พบมากที่สุด

ซึ่งได้แก่ บ้านเดี่ยวขนาดใหญ่ บ้านขนาดกลาง(บ้านแฝด)และบ้านขนาดเล็ก(ทาวน์เฮาส์)โดยทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของบ้านแต่ละประเภทตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การก่อสร้าง การใช้งานและขั้นสุดท้ายของวัฏจักรชีวิต โดยในขั้นตอนการก่อสร้างจะพิจารณากระบวนการสกัดและผลิตวัสดุก่อสร้างและเชื้อเพลิง กระบวนการขนส่งตลอด supply chain และกระบวนการก่อสร้างบ้าน ในส่วนของการใช้งาน พิจารณาถึงการใช้พลังงานและน้ำรวมถึงการดูแลรักษาและขั้นสุดท้าย พิจารณากระบวนการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียโดยการใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ ผลการศึกษา พบว่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดจากระยะการใช้งานคิดเป็น 90 % รองลงมาคือระยะการก่อสร้าง 9 % และขั้นสุดท้ายของวัฏจักรชีวิต 1 % ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิต เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยพื้นที่โดยกำหนดให้มีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านแต่ละขนาดเหมือนกันและจำนวนผู้อาศัยเท่ากันพบว่า บ้านเดี่ยวขนาดใหญ่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ำที่สุด โดยขนาดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้รับอิทธิพลอย่างมากจากการใช้พลังงานซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดของบ้าน

เมื่อพิจารณาศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในขั้นสุดท้ายของวัฏจักรชีวิตโดยแบ่งส่วนเป็น พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการรื้อถอน การฝังกลบ การรีไซเคิล การใช้ซ้ำและการขนส่งของบ้านแต่ละประเภทพบว่า บ้านเดี่ยวขนาดใหญ่มีศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงสุด รองลงมาคือ บ้านขนาดกลาง (บ้านแฝด)และบ้านขนาดเล็ก (ทาวน์เฮาส์) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการรื้อถอนมีศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงสุดรองลงมา คือ การฝังกลบ การรีไซเคิล และการขนส่งตามลำดับ โดยที่การใช้ซ้ำไม่มีศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

Cuellar and Azapagic (2012) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับการก่อสร้างที่พักอาศัย กรณีศึกษา บ้านเดี่ยวในประเทศอังกฤษ โดยมีขอบเขตการศึกษาคือ การประเมินผลกระทบของบ้านเดี่ยวโครงสร้าง มีพื้นที่ใช้สอย 222 ตารางเมตร มีอายุการใช้งาน 50 ปี ซึ่งจะเน้นการศึกษาที่ การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการศึกษาพบว่า ในขั้นตอนของการใช้งานบ้านพักอาศัยนั้นมีการปลดปล่อยถึง 90% รองลงมาคือ ขั้นตอนการก่อสร้าง 9% และช่วงสิ้นสุดอายุการใช้งาน 1%

Sharma *et al.* (2011) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารโดยได้อ้างถึงงานวิจัยของ Adalberthet *al.* ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารพักอาศัยในประเทศสวีเดน ที่มีอายุการใช้งาน 50 ปี กำหนดหน่วยหน้าที่การทำงานเป็น

1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย กำหนดขอบเขตการศึกษาคือ การผลิตวัสดุ การขนส่ง การก่อสร้าง การอยู่อาศัย การปรับปรุง การรื้อถอนและการเคลื่อนย้ายของเสีย จากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนของการอยู่อาศัยนั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดประมาณ 70-90% ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่เกิดขึ้น

ชนิกานต์ (2551) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย โดยมีขอบเขตการศึกษาคือ ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การผลิตวัสดุการก่อสร้างการใช้งานการปรับปรุงจนถึงการทำลายอาคาร (cradle to grave) เลือกศึกษาบ้านพักอาศัยขนาดกลางพื้นที่ใช้สอย 200 ตารางเมตร ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครมีอายุการใช้งาน 50 ปีระหว่างการใช้งานมีการปรับปรุงอาคาร 1 ครั้ง และได้กำหนดหน่วยหน้าที่การทำงานเป็น 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย ใช้การประเมินผลกระทบด้วยวิธี Ecoindicator 99 ผลการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการใช้งานอาคารส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเนื่องจากพลังงานในช่วงการใช้งานอาคารจะเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดถึง 80% ของพลังงานทั้งหมด

6.3 การประเมินผลกระทบของการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน

นอกจากการศึกษาการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารและบ้านพักอาศัยแล้ว ยังมีหลายงานวิจัยที่ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนเพียงอย่างเดียว โดยมีการศึกษาดังนี้

Pasqualino *et al.* (2008) ได้ศึกษาการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตมาเป็นเครื่องมือสำหรับการเลือกใช้วัสดุและการจัดการของเสียโดยพิจารณาในส่วนของกระบวนการผลิตวัสดุ การขนส่ง วัสดุ การดำเนินการก่อสร้างและการจัดการของเสียโดยไม่พิจารณาในส่วนของการใช้งานและการรื้อถอนอาคาร ซึ่งการจัดการของเสียที่นำมาพิจารณาคือ การฝังกลบ การเผาและการรีไซเคิล จากการศึกษาพบว่า กระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดคือ กระบวนการผลิตวัสดุ คิดเป็น 88 % ของทุกส่วนที่ทำการพิจารณา รองลงมาคือ กระบวนการขนส่งวัสดุก่อสร้างจากโรงงานถึงสถานที่ก่อสร้าง 9 % กระบวนการขนส่งของเสียจากพื้นที่ก่อสร้างถึงสถานที่จัดการของเสีย 1 % และการดำเนินการก่อสร้างน้อยกว่า 1 % ตามลำดับและในการพิจารณาตัวชี้วัดการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของการจัดการของเสียพบว่า การฝังกลบมีประสิทธิผลต่ำที่สุดในการจัดการของเสีย แต่การเผาและการรีไซเคิลนั้นมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการผลิต

พลังงานและลดการใช้วัสดุ จากการศึกษาที่แนะนำให้จัดการของเสียที่เป็นของเสียอันตรายด้วยกระบวนการเผาและแนะนำให้ใช้กระบวนการรีไซเคิลกับของเสียที่เป็น inert waste

O'Brien *et al.* (2006) ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการรีดอนถ่ายทหารในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยทำการเปรียบเทียบวิธีการในการรีดอนอาคารที่ต่างกันคือ การรีดอนด้วยมือ 100 %, 44 %, 26 % และการรีดอนด้วยเครื่องจักร 100 % มีขอบเขตของการศึกษาได้แก่กระบวนการรีดอนอาคารที่พิจารณาการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้า กระบวนการขนส่ง และกระบวนการจัดการของเสีย จากการศึกษาการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าพบว่า ความต้องการใช้เชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับชนิด จำนวนและชั่วโมงการใช้งานเครื่องมือที่ใช้โดยพบว่าการรีดอนด้วยมือ 44 % ใช้จำนวนเครื่องมือและระยะเวลาในการรีดอนมากที่สุด รองลงมาคือการรีดอนด้วยมือ 26 % และการรีดอนด้วยมือ 100 % ซึ่งใช้เครื่องมือจำนวนเท่ากัน แต่ระยะเวลาในการทำงานต่างกัน ในการศึกษาการปลดปล่อยของเสีย โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยต่อพื้นที่ 1 ตารางฟุต พบว่า การปลดปล่อยที่ให้ค่าเชิงบวกได้แก่ การลดการใช้วัสดุโดยการแทนที่วัสดุบริสุทธิ์ด้วยวัสดุที่เก็บไว้จากการรีดอนนอกจากนี้พบว่า การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนทั้งหมด มีเพิ่มมากขึ้นจากการใช้การรีดอนด้วยเครื่องจักรซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงและไฟฟ้าในเครื่องจักรในกระบวนการรีดอน นอกจากนี้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนส่วนมากยังมาจากการจัดการของเสียด้วยการฝังกลบ ดังนั้นการกำจัดของเสียที่มีปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทนมากขึ้นด้วยจากการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า การรีดอนด้วยมือแบบ 100% และ 44% นั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพต่ำกว่าวิธีการรีดอนแบบใช้เครื่องมือในการรีดอน นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถนำไม้ที่ได้จากการรีดอนมาใช้ซ้ำแทนการใช้ไม้บริสุทธิ์ได้อีกด้วย

Ortiz *et al.* (2010) ได้ศึกษาสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของของเสียจากการก่อสร้างกรณีศึกษาในประเทศสเปนโดยทำการเปรียบเทียบ 3 กระบวนการจัดการของเสียได้แก่ การฝังกลบ การรีไซเคิลและการเผา ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตามวิธี CML 2 baseline 2000 การศึกษานี้แนะนำให้ใช้การรีไซเคิลให้มากที่สุดเท่าที่จะดำเนินการได้ แล้วตามด้วยการเผาส่วนที่และการฝังกลบเป็นขั้นสุดท้าย ในส่วนของกระบวนการรีไซเคิล ส่วนใหญ่เป็นการรีไซเคิลของเสียประเภทที่ไม่เกิดปฏิกิริยาเช่น คอนกรีต อิฐ กระเบื้อง เซรามิกและอิฐฉนวน และของเสียทั่วไป เช่น ไม้ พลาสติกและกระดาษ นอกจากนี้ยังพบว่าของเสียทั้ง 2 กลุ่มจากกระบวนการก่อสร้างและจากบรรจุภัณฑ์มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเชิงลบเพราะเป็นการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัสดุที่ได้จากการรีไซเคิล โดยเฉพาะไม้และพลาสติกกระบวนการเผา จะนำมาใช้กับของเสียที่มีการปนเปื้อนและของ

เสียอื่นๆ กว้างหินและโลหะเมื่อเปรียบเทียบการจัดการ ในดัชนีชี้วัดศักยภาพการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนพบว่า การรีไซเคิลเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด รองลงมาคือ การฝังกลบและการเผา เนื่องจากการรีไซเคิลช่วยลดการใช้ทรัพยากร การฝังกลบนั้นเกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระหว่างที่ย่อยสลาย ส่วนการเผานั้นก็มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระหว่างการเผาเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การขนส่งก็มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดผลกระทบเช่นกัน โดยพิจารณาจากระยะทางในการขนส่งของเสียจากพื้นที่ก่อสร้างถึงสถานที่บำบัดและกำจัดของเสีย

6.4 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน

Cochran (2006) ทำการศึกษาการรีไซเคิลของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนโดยพิจารณาวิธีการ การตลาดและนโยบาย นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาการจัดการของเสียจากการรื้อถอนโดยใช้ การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือในการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของวิธีการจัดการของเสียซึ่งแบ่งเป็น การฝังกลบ การรีไซเคิลและการเผาด้วยความร้อนสูง (Incineration) ของเสียที่นำมาทำศึกษานั้นมี 4 ประเภทหลักๆ คือ เศษคอนกรีต เศษไม้ เศษฝ้า (Drywall) และเศษยางมะตอยโดยทำการประเมินผลกระทบเป็น 4 ด้าน คือ การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ การก่อให้เกิดฝนกรดและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ กำหนดหน่วยหน้าที่การทำงานเป็น 1 ตันน้ำหนักของเสีย ขอบเขตการศึกษานี้ไม่รวมพลังงานที่ใช้ในส่วน of สำนักงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสีย โครงสร้างพื้นฐานของการจัดการของเสีย และเครื่องมือ-เครื่องจักรที่ใช้ในการจัดการของเสีย ประเมินผลกระทบโดยโปรแกรม SimaPro 5.1 ด้วยวิธี CML baseline 2000 พบว่า ของเสียประเภทไม้นั้นควรจัดการด้วยการเผาด้วยความร้อนสูงเพื่อนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์และเตาที่ผลิตจากการเผาประเภทนี้มีปริมาณน้อยกว่าและจะถูกจัดการขั้นสุดท้ายอย่างเหมาะสมจึงเกิดผลกระทบต่ำกว่าการเผาแบบธรรมดา ซึ่งการเผาแบบธรรมดานี้ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนสูงที่สุด รองลงมาคือ การฝังกลบ ในด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์นั้นเกิดจากการรีไซเคิลไม้มากที่สุดรองลงมาคือ การฝังกลบแบบไม่มีการปูรองพื้น ด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาตินั้นพบว่า การเผาด้วยความร้อนสูงเพื่อนำความร้อนกลับนั้นมีผลดีต่อการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุด และในด้านการก่อให้เกิดฝนกรดนั้นเกิดจากการฝังกลบมากที่สุด เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของการจัดการต่อของเสียแต่ละชนิดแล้วพบว่า ของเสียประเภทฝ้าเพดาน (ยิปซัม) แอลพีเอส และคอนกรีตนั้นควรใช้การจัดการโดยการรีไซเคิลส่วนของเสียประเภทไม้ควรใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนโดยการเผาด้วยความร้อนสูง

6.5 มลพิษจากการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดมลพิษจากการจัดการของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนนั้นมีรูปแบบในการศึกษาหลายรูปแบบ เช่น มลพิษจากน้ำชะละลายจากการฝังกลบซึ่งมีการศึกษาทั้งในรูปแบบแลปสเกลและการศึกษาน้ำชะละลายจากหลุมฝังกลบจริง นอกจากนี้ มลพิษจากการจัดการของเสียนั้นมีหลายประเภท แต่ในการศึกษานี้สนใจศึกษามลพิษที่เกิดจากการฝังกลบเนื่องจาก การใช้ซ้ำได้กำหนดให้เป็นการกองเก็บเพื่อรอการจำหน่ายและการรีไซเคิลนั้นใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดมลพิษจากการฝังกลบของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน มีดังนี้

Galvin *et al.* (2012) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบน้ำชะขยะและอิทธิพลของความเป็นกรดด่างที่มีต่อการชะละลายโลหะจากของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน การศึกษานี้ทำการเปรียบเทียบระหว่างมวลรวมที่ได้จากการรีไซเคิลและจากธรรมชาติ ในส่วนของมวลรวมจากการรีไซเคิลนั้นแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนของแต่ละองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งของเสียเหล่านี้ประกอบด้วย เศษคอนกรีต และเศษเซรามิก จากการศึกษาพบว่า ความเป็นกรดด่างนั้นมีผลต่อการชะละลายโดยน้ำชะละลายที่มีความเป็นกรดนั้นสามารถชะละลายได้มากกว่าด่าง และในชุดการศึกษาที่ประกอบด้วย เศษเซรามิก 3.1% เศษคอนกรีต 76% มวลรวมจากธรรมชาติ 20.8% และเศษยิปซัม 0.1% นั้นเป็นชุดการทดลองที่มีองค์ประกอบของโลหะในน้ำชะละลายมากที่สุดซึ่งประกอบด้วย นิกเกิล 6.3 มล./กก.ของเสีย คอปเปอร์ 4.75 มล./กก.ซิงค์ 49.18% มล./กก.แบลเรียม 96.39 มล./กก.อะซิติก 0.077 มล./กก.ซีลีเนียม 0.175 มล./กก.โมลิบดีนัม 0.193 มล./กก. แคดเมียม 0.030 มล./กก. พลวง 0.123 มล./กก.

Galvin *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษารูปแบบการชะละลายโดยการประเมินความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมของมวลรวมที่ผ่านการรีไซเคิลที่ใช้เป็นวัสดุในการปูพื้นถนน โดยทำการศึกษเปรียบเทียบองค์ประกอบและอัตราส่วนของแต่ละองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งของเสียที่ทำการศึกษานี้ประกอบด้วย เศษยางมะตอย เซรามิก คอนกรีต มวลรวมธรรมชาติและยิปซัม จากการศึกษาพบว่า ยิปซัมและเซรามิกนั้นเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปริมาณของซัลเฟตสูงที่สุด ซึ่งหากองค์ประกอบของของเสียมีปริมาณของยิปซัมและเซรามิกสูงก็จะส่งผลให้มีปริมาณของซัลเฟตสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ยังมีผลต่อปริมาณซัลเฟตแล้วยังพบว่ามีผลต่อปริมาณของโครเมียมที่เกิดขึ้นด้วยเช่นกัน และในส่วนของเศษคอนกรีตนั้นพบว่า ได้ถูกจัดให้เป็นของเสียที่ไม่ทำปฏิกิริยา (Inert debris) แต่การนำเศษคอนกรีตมารีไซเคิลหรือใช้ซ้ำนั้นต้องคำนึงถึงสารอื่นๆที่ปะปนมากับ

เศษคอนกรีตด้วยเช่น สีทาบ้าน พอร์มลดีไซด์ เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

Townsend *et al.* (1999) ทำการศึกษาการจำลองรูปแบบของการเกิดน้ำชะขยะจากของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนในระดับแลปสเกล ซึ่งของเสียที่ศึกษาประกอบด้วย เศษคอนกรีต ไม้ และยิปซัม แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ในชุดแรกเป็นของเสียผสม ซึ่งประกอบด้วย ขางมะตอย 10% ทรายแฉะ 2% คอนกรีต 40% ยิปซัม 12.5% โลหะ 10% และไม้ 25% และในชุดการทดลองที่ 2 ทำการศึกษาของเสียแบบแยกประเภท ผลการศึกษาพบว่า น้ำชะขยะจากของเสียผสมนั้นมี ของแข็งละลายน้ำและปริมาณซัลเฟตสูงสุด ซึ่งมีปริมาณซัลเฟตประมาณ 2,700 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าในชุดการทดลองที่มียิปซัมเพียงอย่างเดียว นั้น มีปริมาณซัลเฟตและแคลเซียมสูง และชุดการทดลองที่มีคอนกรีตเพียงอย่างเดียว นั้นมีความเป็นด่างสูง

ณัฐพลและสมใจ (2551) ทำการศึกษาลักษณะของน้ำชะละลายจากขยะรื้อทำลายจากสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งประกอบด้วย คอนกรีต แผ่นยิปซัมและไม้อัด ทำการศึกษาในถังคอนกรีตสูง 2 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เมตร โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด คือ การศึกษาแบบน้ำชะละลายจากวัสดุแต่ละชนิด และน้ำชะละลายจากวัสดุแบบผสม จากการศึกษาพบว่า น้ำชะละลายจากถังจำลองบรรจุคอนกรีตมีค่าความเป็นด่างสูง 7.97-10.1 น้ำชะละลายจากถังจำลองบรรจุแผ่นยิปซัมมีปริมาณของแข็งละลายน้ำและซัลเฟตสูงคือ 2600-4100 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 1326-1706 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และชะละลายจากถังจำลองบรรจุวัสดุผสมนั้น มีผลทำให้ระดับของปริมาณของแข็งละลายน้ำ ซัลเฟตและแคลเซียม มีปริมาณสูงเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอื่นๆที่เกิดขึ้นจากของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนประเภทยิปซัมและฝ้าเพดาน ซึ่งก่อให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปริมาณสูงโดยไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้เป็นปัญหาหนึ่งทางสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย (Yang *et al.*, 2006) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องดังนี้

Yang *et al.* (2006) ทำการศึกษาการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์จากการฝังกลบของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนโดยศึกษาผลกระทบของส่วนประกอบของของเสียโดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ชุดคือ การศึกษาของเสียผสมซึ่งประกอบด้วย ฝ้า ไม้ และคอนกรีตในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน และการศึกษาผลกระทบของคอนกรีตต่อการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ผลการศึกษาพบว่า ยิปซัมเพียงอย่างเดียว นั้นก่อให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงที่สุดคือ 63,000 ppmv โดยในชุดการทดลองที่เป็น

ของเสียผสมนั้นก่อให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ 40,000 ppmv และในชุดการทดลองที่มีคอนกรีตนั้น ก่อให้เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำที่สุดน้อยกว่า 1 ppmv ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตนั้นสามารถลด การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ เนื่องจากคอนกรีตนั้นมีความเป็นด่างจึงทำให้ความเป็นด่างในระบบเพิ่ม มากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการทำงานของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายยิปซัมแล้วก่อให้เกิด ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยจะไปยับยั้งการย่อยสลายทำให้ยับยั้งการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้

Plaza *et al.* (2007) ทำการศึกษาการประเมินทางเลือกของวัสดุปกคลุมหลุมฝังกลบ เพื่อลดการปลดปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์จากของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอน (ยิปซัม) ใน ระดับแลปสเกล โดยวัสดุที่ทำการศึกษาได้แก่ หินปูน เศษคอนกรีตแบบหยาบ เศษคอนกรีต แบบละเอียด ดินเหนียวและทราย จากการศึกษาพบว่า ดินทรายที่ผสมกับปูนขาว และคอนกรีตแบบ ละเอียดเพียงอย่างเดียวนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการปลดปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 99% แต่ดินเหนียวและทรายนั้นมีประสิทธิภาพในการลดการปลดปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำกว่า คือ 65% และ 30% ตามลำดับ แต่เศษคอนกรีตแบบหยาบนั้นมีประสิทธิภาพต่ำสุด โดยคอนกรีต แบบละเอียด นั้นสามารถลดการปลดปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้โดยใช้กลไกการดูดซับ (Sorption) ไฮโดรเจนซัลไฟด์

การศึกษาในครั้งนี้ใช้การอ้างอิงลักษณะของน้ำชะละลายจากงานวิจัย จึงต้องทำการ ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของน้ำชะละลายจากงานวิจัยต่างๆ เพื่อเลือกใช้งานวิจัยที่ใกล้เคียงกับ การศึกษามากที่สุด โดยคำนึงถึงลักษณะของของเสียและองค์ประกอบของของเสีย เมื่อทำการศึกษา พบลักษณะของน้ำชะละลายดังตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าลักษณะของน้ำชะละลายนั้นแตกต่างกันตาม องค์ประกอบของของเสียที่ทำการศึกษารวมกับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่นำมาศึกษาด้วย เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับองค์ประกอบของของเสียจากการศึกษานี้ พบว่าลักษณะน้ำชะละลายของ Galvin *et al.* (2012) ที่ทำการศึกษเกี่ยวกับอิทธิพลของความเป็นกรด-ด่างในชุดการ ทดลองที่ MR-2 นั้นมีองค์ประกอบของของเสียที่ใกล้เคียงกับการศึกษานี้มากที่สุด

ตารางที่ 5 ลักษณะน้ำชะละลายจากการฝังกลบของเสียจากการรื้อถอนในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาน้ำชะละลายจากการฝังกลบของเสียจากการรื้อถอน						
งานวิจัยต่างประเทศ ¹			งานวิจัยในประเทศไทย ²			
SR-1	MR-1	MR-2	L1	L2	L5	
concrete 50.9%	concrete 34.8%	concrete 76%			คอนกรีต 60%	
aggregate 22%	aggregate 33.4%	aggregate 20.8%	คอนกรีต	ขี้ปซัม	ขี้ปซัม	10%
ceramic 21%	ceramic 26.6%	ceramic 3.1%	100%	100%	ไม้	15%
gypsum 1.5%	gypsum 0.4%	gypsum 0.1%			ไม้อัด	15%
Cr	3.693	0.000	0.000	0.049	0.019	0.029
Ni	4.819	1.405	6.303	-	-	-
Cu	15.790	0.448	4.746	0.003	0.039	0.007
Zn	22.940	7.541	49.180	0.017	0.058	0.024
As	1.219	0.129	0.077	0.0004	ND	0.0003
Se	0.266	0.113	0.175	-	-	-
Mo	0.125	0.237	0.193	-	-	-
Cd	0.123	0.030	0.322	-	-	-
Sb	0.060	0.186	0.123	-	-	-
Ba	46.210	19.010	96.390	-	-	-
Hg	0.000	0.000	0.000	-	-	-
Pb	14.380	0.000	0.045	-	-	-

ที่มา: ¹ Galvin *et al.* (2012)

² ธีรพลและสมใจ (2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC)	1 เครื่อง
2. โปรแกรม Microsoft Excel 2007	1 ชุด
3. โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro เวอร์ชัน 7.1	1 ชุด

วิธีการ

1. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การศึกษานี้เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการรีดลอนและการจัดการวัสดุจากการรีดลอนบ้านพักอาศัย โดยดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ 4 ขั้นตอนคือ การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา, การวิเคราะห์บัญชีรายการ, การวิเคราะห์ผลกระทบและการตีความผลการศึกษา (ISO, 2006) ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการ (Goal and Scope Definition)

1.1 การกำหนดเป้าหมาย (Goal)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของกระบวนการรีดลอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรีดลอนโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรีดลอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรีดลอนบ้านพักอาศัยให้เหมาะสมและก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

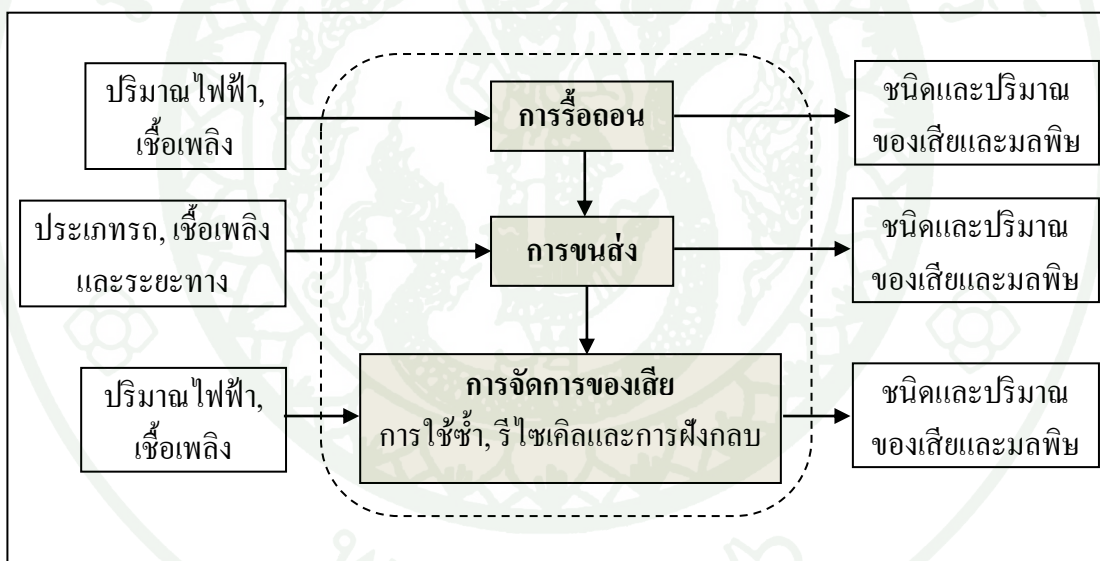
1.2 หน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional Unit)

หน่วยหน้าที่การทำงาน กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก และใช้เป็นหน่วยเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ใน

การศึกษานี้ โดยกำหนดหน่วยหน้าที่การทำงานเป็น 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยของบ้านพักอาศัย

1.3 การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope and System boundary)

การศึกษานี้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยขนาดกลาง ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอย 150 -200 ตารางเมตร มีลักษณะเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (แสดงดังในภาคผนวก ก) อายุการใช้งาน 50 ปี (Kofoworola and Gheewala, 2006) และกำหนดขอบเขตการศึกษาเป็น 3 ส่วนคือ ขั้นตอนการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งของเสียจากพื้นที่รื้อถอนไปยังสถานที่กำจัดของเสียขั้นสุดท้ายและขั้นตอนของการจัดการของเสียจากการรื้อถอนซึ่งได้แก่ การฝังกลบ การรีไซเคิลและการใช้ซ้ำ ขอบเขตของการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขอบเขตการศึกษาและการวิเคราะห์บัญชีรายการ

ในขั้นตอนการรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นจะทำการพิจารณาเพียงการรื้อถอนส่วนของตัวบ้านและ โครงสร้างของตัวบ้านเท่านั้น ซึ่งจะไม่พิจารณาถึงการรื้อถอนในส่วนฐานราก และในขั้นตอนของการจัดการของเสียได้กำหนดลักษณะของการจัดการดังนี้ การใช้ซ้ำ กำหนดเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่โดยตรง การรีไซเคิล เป็นการนำของเสียเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อใช้ทดแทนวัสดุใหม่ และการกำจัดขั้นสุดท้ายโดยการฝังกลบ เป็นการนำของเสียจากการรื้อถอนมาทำการกองทิ้งในพื้นที่ว่างเปล่าหรือนำไปใช้เป็นวัสดุปรับถมพื้นที่

การศึกษาในครั้งนี้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย โดยใช้การเก็บข้อมูลจริงจากหน้างาน การใช้ข้อมูลจากการอ้างอิงงานวิจัยและการใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1 และวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี CML baseline 2000 โดยมีตัวชี้วัดดังนี้

1. การก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ (Resource depletion)
2. การก่อให้เกิดฝนกรด (Acidification)
3. การก่อให้เกิดภาวะสารอาหารเพิ่มมากขึ้นเกินปกติ (Eutrophication)
4. การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming)
5. การก่อให้เกิดการลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ (Ozone depletion in stratosphere)
6. การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity)
7. การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water ecotoxicity)
8. การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity)
9. การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก (Terrestrial ecotoxicity)
10. การก่อให้เกิดออกซิเดชันเนื่องจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical oxidation)

1.4 การตั้งสมมติฐานและข้อจำกัดในการศึกษา (Assumption and Limitation)

การประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นเครื่องมือทางสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ กระบวนการและการบริการต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงประเภทและปริมาณของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นและหาแนวทางในการลดหรือแก้ไขปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้ ถ้ามีการนำแนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนจะทำให้ทราบแนวทางในการลดหรือแก้ไขปัญหาทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อจำกัดของการศึกษาที่ไม่ได้พิจารณา ได้แก่

1) ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการได้มาและการผลิตเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ในการรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสีย (การใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ)

2) ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการก่อสร้างอาคารสำนักงานและโครงสร้างพื้นฐานของส่วนการจัดการของเสีย

2. การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory, LCI) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลและระบุชนิดและปริมาณสารขาเข้า-สารขาออกที่เกี่ยวข้องกับการรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสีย ซึ่งได้แก่ การใช้เชื้อเพลิง การใช้ไฟฟ้า การใช้พลังงานและการปล่อยของเสียและมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาในครั้งนี้มีการวิเคราะห์บัญชีรายการดังนี้

2.1. ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในกระบวนการรื้อถอนใช้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจริงหน้างานและข้อมูลมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมนั้นใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล SimaPro 7.1 รายละเอียดของฐานข้อมูลแสดงในภาคผนวก ง

2.2. ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยโดยการเก็บข้อมูลจริงจากหน้างานและข้อมูลมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมนั้นใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล SimaPro 7.1 รายละเอียดของฐานข้อมูลแสดงในภาคผนวก ง

2.3. ข้อมูลบัญชีรายการกระบวนการจัดการของเสียจากการรื้อถอนทั้ง 3 ประเภท โดยพิจารณาประเภทและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจากเครื่องมือเครื่องจักรจากการเก็บข้อมูลหน้างาน และมลพิษที่เกิดขึ้นจากการจัดการของเสียนั้นใช้การอ้างอิงจากงานวิจัย พบว่า

- การใช้ซ้ำ จะเป็นการนำมากองเก็บ เพื่อรอการจำหน่ายออกเป็นวัสดุมือสอง ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

- การรีไซเคิล ใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent unit process ในโปรแกรม SimaPro 7.1 รายละเอียดของฐานข้อมูลแสดงในภาคผนวก ง

- การฝังกลบ ใช้ข้อมูลการใช้พลังงานจากเครื่องมือเครื่องจักรจากการเก็บข้อมูลจริงจากหน่วยงานและข้อมูลมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมนั้นใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล SimaPro 7.1 รายละเอียดของฐานข้อมูลแสดงในภาคผนวก ง โดยในส่วนของมลพิษจากการฝังกลบที่เกิดขึ้นใช้การอ้างอิงในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งมลพิษเป็น 2 ประเภท คือ แก๊สจากการฝังกลบ ใช้งานวิจัยของ Cochran (2006) และน้ำชะขยะจากการฝังกลบอ้างอิงจากงานวิจัยของ Galvinet *al.*(2012)

3. การประเมินผลกระทบ (Impact assessment)

การศึกษานี้เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Potential Environmental Impacts) จากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน โดยการจำแนกข้อมูลบัญชีรายการเข้าสู่กลุ่มผลกระทบ (Classification) จากนั้นประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization) โดยใช้แนวทางการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point impact) ซึ่งได้แก่ CML baseline method (2000) และการหาขนาดของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น (Normalization)

4 การแปลผลการศึกษา (Interpreted)

การแปลผลและการตีความผลการศึกษา จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการ เพื่อให้ได้ผลสรุปจากการศึกษาและการเสนอข้อเสนอแนะตามวัตถุประสงค์ และเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลการศึกษาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

สถานที่และระยะเวลาในการดำเนินงาน

1. สถานที่ที่ใช้ในการศึกษาการรื้อถอนบ้านพักอาศัย คือ บ้านเลขที่ 94 ซอยราชวิถี 2 ถนนราชวิถี แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร

2. สถานที่ใช้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตโดยโปรแกรม SimaPro 7.1 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาในการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1: ตรวจสอบเอกสาร ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2: การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

ขั้นตอนที่ 3: การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้กำหนดไว้

- การติดต่อขอข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4: การวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวม

ขั้นตอนที่ 5: การประเมินผลการศึกษา โดยการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยโปรแกรม SimaPro 7.1 จากข้อมูลที่ได้รวบรวมได้ โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา

ขั้นตอนที่ 6: การสรุปผลการศึกษาและเขียนรายงานการศึกษา

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการ

การวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน โดยการศึกษานี้จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกของทั้ง 3 กระบวนการที่กำหนดในขอบเขตการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย การรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งของเสียและการจัดการของเสีย โดยข้อมูลการใช้วัตถุดิบ พลังงานและปริมาณของเสียจากการเก็บข้อมูลจริงจากหน้างาน และการปลดปล่อยมลพิษอ้างอิงจากงานวิจัยซึ่งข้อมูลประกอบด้วย

- ชนิดและปริมาณ ของการใช้พลังงานต่างๆที่ใช้ในการรื้อถอนและการจัดการของเสียโดยประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้าและพลังงานเชื้อเพลิง เป็นต้น
- ชนิดและปริมาณ ของวัสดุต่างๆที่ใช้ในการรื้อถอนและการจัดการของเสีย
- ประเภท ปริมาณเชื้อเพลิง ภาระบรรทุกและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งของเสียจากการรื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสีย
- ชนิดและปริมาณของมลพิษและของเสียที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน

ซึ่งมีการรวบรวมข้อมูลดังนี้

1.1 ข้อมูลบัญชีรายการของชนิดและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในกระบวนการรื้อถอนบ้านพักอาศัย บ้านเลขที่ 94 ซอยราชวิถี 2 ถนนราชวิถี แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 150 ตารางเมตร เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยมีการใช้เครื่องมือในแต่ละขั้นตอนในการรื้อถอนดังตารางที่ 6

จากการศึกษาข้อมูลบัญชีรายการการใช้เครื่องมือ-เครื่องจักร โดยการเก็บข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า การรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นใช้การรื้อถอนด้วยแรงงานคนและเครื่องมือที่ไม่ใช้ไฟฟ้ามากกว่าการใช้เครื่องมือไฟฟ้า จึงทำให้ในการศึกษานี้พบเพียงการใช้รถแบ็คโฮใน

ขั้นตอนของการรื้อส่วนของโครงสร้างคอนกรีตและการใช้ชุดแก๊ส (ประกอบด้วยแก๊สออกซิเจนและแก๊ส LPG) ในส่วนของขั้นตอนการตัดเหล็กเท่านั้น

ตารางที่ 6 บัญชีรายการการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรในการรื้อถอน

ขั้นตอนในการรื้อถอนบ้านพักอาศัย	อุปกรณ์/เครื่องมือ/เครื่องจักร
1. รื้อเฟอร์นิเจอร์ที่สร้างติดกับอาคาร	ไขควง ค้อน
2. ตัดกระแสไฟฟ้า และถอดเก็บดวงโคมแสงสว่างทั้งภายในและภายนอกอาคาร	ไขควง
3. ถอดบานประตู หน้าต่างทั้งหมด (รื้อถอนพร้อมวงกบโดยการทุบคอนกรีต รอบวงกบ)	ค้อนปอนด์
4. รื้อพื้นปาร์เก้และหินอ่อน	แชลลง
5. ถอดเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	ไขควง
6. รื้อฝ้าเพดานทั้งชั้นบน และชั้นล่าง	ค้อน
7. รื้อกระเบื้องมุงหลังคาและโครงหลังคา	ประแจ, คีมล๊อค
8. รื้อถอนบันได โครงสร้างไม้	ค้อนปอนด์
9. รื้อพื้นไม้ชั้นสอง	แชลลง
10. รื้อโครงสร้างไม้คานรับพื้นชั้นสอง	คีมล๊อค, ค้อนปอนด์
11. เริ่มทำการทุบผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นบนและชั้นล่าง ตามลำดับ	รถแบ็คโฮหัวกระแทก
12. รื้ออะเส คอนกรีตเสริมเหล็ก	รถแบ็คโฮหัวกระแทก
13. รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นสอง	รถแบ็คโฮหัวกระแทก
14. รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นล่าง	รถแบ็คโฮหัวกระแทก
15. ตัดโครงสร้างเหล็ก	ชุดแก๊ส
16. ทุบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และเกลี้ยงหน้าบ้าน	รถแบ็คโฮหัวกระแทก

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการสอบถามข้อมูลการรื้อถอนจากบริษัทรับรื้อถอนที่ระบุว่า “การรื้อถอนบ้านพักอาศัยในประเทศไทยส่วนใหญ่ (ประมาณ 95%) นั้นใช้การรื้อถอนด้วยแรงงานคนมากกว่าการใช้เครื่องมือ-เครื่องจักรไฟฟ้า” นอกจากนั้นจะเป็นการใช้เครื่องมือที่ไม่ใช้พลังงานไฟฟ้าและเป็นเครื่องมือขนาดเล็ก เช่น ค้อนปอนด์ และไขควงเป็นต้น เพื่อใช้รื้อถอนในส่วนจากระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ตกแต่งภายในต่างๆที่มีโครงสร้างไม้ซับซ้อน เพื่อช่วยลด

ค่าใช้จ่ายในการรื้อถอนและช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ตกแต่งต่างๆ เนื่องจากในประเทศไทยนั้นต้องการลดต้นทุนในการดำเนินงานและนิยมนำวัสดุที่ได้จากการรื้อถอนมาใช้ซ้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ซึ่งแตกต่างจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยในประเทศตะวันตกที่ใช้การรื้อถอนด้วยเครื่องจักรกลหนักเป็นหลัก เช่น งานวิจัยของ Saraet *al.* (2001) ระบุว่าในขั้นตอนของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นใช้เครื่องจักรกลหนักเป็นหลักโดยพบว่าการใช้เพียงคนในการรื้อโครงสร้างหลัก และใช้รถแบ็คโฮในการรื้อโครงสร้างอิฐและพื้น

นอกจากนี้ยังพบว่าการกำหนดระยะเวลาในการรื้อถอนนั้นยังอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้รูปแบบของการรื้อถอนระหว่างรูปแบบที่เป็นการใช้แรงงานคนและรูปแบบที่เป็นการใช้เครื่องจักร เนื่องจากการรื้อถอนด้วยแรงงานคนนั้นจะใช้ระยะเวลาในการรื้อถอนมากกว่าการใช้เครื่องจักร (O'Brien *et al.*, 2006) ดังนั้นหากไม่มีการกำหนดระยะเวลาหรือกำหนดให้มีระยะเวลาในการรื้อถอนมากก็จะทำให้มีการใช้แรงงานคนในการรื้อถอนมากกว่าการใช้เครื่องจักร

นอกจากนี้ยังทำการเก็บข้อมูลบัญชีรายการการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในการรื้อถอนจากการเก็บข้อมูลจากหน้างาน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 บัญชีรายการประเภทและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงในการรื้อถอน

ประเภทวัสดุ	ปริมาณทั้งหมด	ปริมาณต่อตารางเมตร
แก๊ส LPG	15 กิโลกรัม	0.105 กิโลกรัม
แก๊สออกซิเจน	12 กิโลกรัม	0.084 กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	288 ลิตร	2.014 ลิตร

จากการศึกษาพบว่า การรื้อถอนบ้านพักอาศัยขนาดกลางมีการใช้เครื่องมือและเครื่องจักรกล ดังนี้

1. รถแบ็คโฮ เป็นเครื่องจักรกลหนักที่ใช้ในการรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักมีอัตราการใช้น้ำมันดีเซลในรถแบ็คโฮเท่ากับ 2.014 ลิตรต่อการรื้อถอนบ้านพักอาศัย 1 ตารางเมตร ซึ่งอัตราการใช้น้ำมันดีเซลนี้รวมถึงการขุดขอยคอนกรีตให้มีขนาดเล็กและแยกเหล็กเส้นออกจากคอนกรีตด้วย โดยน้ำมันดีเซล 2.014 ลิตร มีค่าเท่ากับ 1.712 กิโลกรัม (ความ

หนาแน่นของน้ำมันดีเซล 0.85 กิโลกรัมต่อลิตร) และมีค่าพลังงานเท่ากับ 78.923 เมกกะจูล (ค่าพลังงานความร้อน 46.1 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม) (อีลีหัยะและคณะ, 2551) ซึ่งมีอัตราการใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลสูงกว่าการศึกษาของ Kofoworola and Gheewala (2009) ที่ทำการศึกษารี้ออนอาคารสำนักงานในประเทศไทยที่มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 60,000 ตารางเมตร พบว่ามีการใช้พลังงาน 51.5 เมกกะจูลต่อตารางเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการรื้อถอนอาคารนั้นมีโครงสร้างภายในที่ซับซ้อนน้อยกว่าบ้านพักอาศัย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Sara and *et al.* (2001) ที่ทำการศึกษารี้ออนอาคารในประเทศอิตาลีพบว่า มีการใช้พลังงานในการรื้อถอนน้อยกว่าเนื่องจากการรื้อถอนในการศึกษานี้ใช้เครื่องจักรในการรื้อถอนน้อยกว่า

2. ชุดตัดแก๊ส เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนการตัดแยกส่วนของโครงสร้างเหล็กซึ่งประกอบด้วย แก๊ส LPG และแก๊สออกซิเจน ซึ่งมีอัตราการใช้แก๊ส LPG 0.105 กิโลกรัมต่อการรื้อถอนบ้านพักอาศัย 1 ตารางเมตรและอัตราการใช้แก๊สออกซิเจน 0.084 กิโลกรัมต่อการรื้อถอนบ้านพักอาศัย 1 ตารางเมตร

1.2 ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย

ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย ที่แสดงดังตารางที่ 3 นั้นการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การชั่งน้ำหนักของเสียจากน้ำหนักจริงและการใช้ข้อมูลน้ำหนักจากแบบบ้าน

1.2.1 การชั่งน้ำหนักของเสียจากน้ำหนักจริงนั้น ประกอบไปด้วยของเสียได้แก่

- เหล็กเส้นนั้นจะใช้การชั่งน้ำหนักจริงเนื่องจากเป็นของเสียที่ต้องนำไปจัดการด้วยวิธีการรีไซเคิลจึงต้องมีการชั่งน้ำหนักก่อนเข้าสู่โรงงานรีไซเคิล

- กระเบื้องหลังคา โดยวัสดุประเภทนี้สามารถหาน้ำหนักได้โดยการชั่งเนื่องจากมีขนาดไม่ใหญ่มากนักและเป็นวัสดุที่ถูกรื้อถอนให้อยู่ในสภาพดีเพื่อนำไปใช้ต่อ จึงสามารถชั่งน้ำหนักได้โดยตรง

1.2.2 การวิเคราะห์น้ำหนักของเสียจากแบบแปลนบ้าน ประกอบด้วยของเสียประเภทต่างๆดังนี้

- อิฐและคอนกรีต มักถูกรื้อถอนรวมกันและถูกบดอัดให้มีขนาดเล็กลงโดยไม่มีการแยกอิฐและคอนกรีตออกจากกันจึงใช้การวิเคราะห์หาน้ำหนักจากปริมาตรของวัสดุจากแบบบ้านเทียบกับความหนาแน่น 1,464 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Coelho and Brito, 2012)

- ไม้เนื้อแข็ง มักถูกรื้อถอนด้วยแรงงานคน ซึ่งมีขนาดไม่สะดวกแก่การขนน้ำหนักจึงทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักจากปริมาตรของวัสดุจากแบบบ้านเทียบกับความหนาแน่น 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Coelho and Brito, 2012)

- กระฉก จะถูกรื้อถอนรวมกับวงกบหน้าต่างจึงต้องทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักจากปริมาตรของวัสดุจากแบบบ้านเทียบกับความหนาแน่น 347 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Coelho and Brito, 2012)

- กระเบื้องเซรามิก หรือกระเบื้องปูพื้น จะถูกรื้อโดยการทุบทำให้เศษยิปซัมและฝ้าเพดานนั้นถูกรวบรวมไปกับเศษอิฐและคอนกรีต จึงยากต่อการชั่งน้ำหนัก จึงทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักจากพื้นที่ของวัสดุจากแบบบ้านเทียบกับน้ำหนัก 45 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (พงศพันธ์, 2548)

- แผ่นยิปซัมและฝ้าเพดาน แผ่นยิปซัมถูกรื้อโดยการทุบย่อยทำให้เศษยิปซัมและฝ้าเพดานนั้นถูกรวบรวมไปกับเศษอิฐและคอนกรีต จึงยากต่อการชั่งน้ำหนัก จึงทำการวิเคราะห์หาน้ำหนักจากปริมาตรของวัสดุจากแบบบ้านเทียบกับความหนาแน่น โดยแผ่นยิปซัมมีความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝ้าเพดานมีความหนาแน่น 350 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Coelho and Brito, 2012)

จากการศึกษาข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของเสียจากการรื้อถอน พบว่าของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นประกอบด้วยไม้เนื้อแข็ง กระฉก กระเบื้องไยหิน (กระเบื้องหลังคา) เหล็ก กระเบื้องเซรามิก (กระเบื้องปูพื้น) เศษยิปซัม เศษอิฐและเศษคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 8 โดยพบว่า เศษอิฐและคอนกรีตนั้นมีปริมาณสูงที่สุดจึงทำให้มีอัตราส่วนโดยน้ำหนักสูงที่สุด คือ 471.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (87.50%) เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของโครงสร้างบ้านพักอาศัย รองลงมาคือไม้เนื้อแข็ง มีน้ำหนัก 37.20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (6.9%) กระเบื้องไยหินมีน้ำหนัก 10.76 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (2%) เหล็ก มีน้ำหนัก 7.34 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.36%) เศษยิปซัม มีน้ำหนัก 5.56 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.03%) กระเบื้องเซรามิก มีน้ำหนัก

3.99 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.74%) และกระจก มีน้ำหนัก 2.52 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.47%) ตามลำดับซึ่งอัตราส่วนของของเสียส่วนใหญ่ประกอบด้วยเศษคอนกรีตและเศษอิฐเป็นหลัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุษณีย์ และอัจฉรา (2550) Cochran *et al.* (2007) Cuellar and Azapagic (2012) และ Glauser (2007)

ตารางที่ 8 ประเภทและปริมาณของเสียจากการรื้อถอน

ประเภทของเสีย	ปริมาณทั้งหมด (กิโลกรัม)	ปริมาณต่อหน่วยการ ทำงาน (กก./ตร.ม.)	อัตราส่วนของของเสีย (% โดยน้ำหนัก)
ไม้เนื้อแข็ง	5,319.65	37.20	6.90
กระจก	360.48	2.52	0.47
กระเบื้องใยหิน	1,537.91	10.76	2.00
เหล็ก	1,050.00	7.34	1.36
กระเบื้องเซรามิก	570.00	3.99	0.74
ยิปซัม	795.12	5.56	1.03
อิฐ+คอนกรีต	67,464.00	471.78	87.50
รวม	77,097.17	539.14	100.000

เมื่อพิจารณาลักษณะของของเสียที่ได้จากการรื้อถอน พบว่ามีลักษณะดังนี้

- เศษอิฐและคอนกรีตนั้นจะถูกรื้อถอนรวมกันและถูกบดอัดมีขนาดเล็กลงเพื่อแยกส่วนของเหล็กเส้นออกและเพื่อสะดวกในการขนย้าย
- ไม้เนื้อแข็ง จะมีลักษณะที่คงเดิมและสมบูรณ์เนื่องจากสามารถนำไปใช้ซ้ำได้
- กระเบื้องใยหิน หรือกระเบื้องหลังคา จะมีลักษณะที่คงเดิมและสมบูรณ์เนื่องจากสามารถนำไปใช้ซ้ำได้
- เหล็ก หรือเหล็กเส้น จะถูกรื้อถอนรวมกับอิฐและคอนกรีตก่อน แล้วจะถูกแยกออกมาภายหลังโดยการบดอัดคอนกรีตและการใช้ชุดตัดแก๊สตัดเหล็กให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บรวบรวม
- เศษยิปซัม ถูกรื้อถอนโดยการกระแทกหรือทุบให้แตกหักจึงมีขนาดเล็ก และมักจะถูกรวบรวมไปกับเศษอิฐและคอนกรีต

- กระเบื้องเซรามิก เป็นอีกวัสดุหนึ่งที่จะถูกรื้อถอนโดยการอัดกระแทกรวมกับโครงสร้างอิฐและคอนกรีตทำให้มีขนาดเล็กและถูกเก็บรวบรวมไปกับเศษอิฐและคอนกรีตด้วย
- กระฉก เป็นวัสดุที่ถูกติดตั้งร่วมกับบานหน้าต่างและบานเกล็ด จึงถูกรื้อถอนรวมกับบานหน้าต่างและบานเกล็ดด้วย

1.3 ข้อมูลบัญชีรายการการขนส่งของเสียจากการรื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสีย

โดยทำการจัดเก็บข้อมูลในการขนส่งคือ ปริมาณเชื้อเพลิง ภาระบรรทุกและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งแสดงดังตารางที่ 4 การวิเคราะห์บัญชีรายการการขนส่งของเสียจากพื้นที่รื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสียนั้นแบ่งการขนส่งเป็น 3 ประเภท ตามประเภทของการจัดการของเสียแสดงดังตารางที่ 9 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 การใช้ซ้ำ ประกอบไปด้วยวัสดุซึ่งได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง กระเบื้องหลังคาและกระฉก โดยการใช้ซ้ำนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การใช้ซ้ำได้เลยและการลอกสีออกก่อนนำไปใช้ซ้ำ โดยทั้ง 2 ส่วนนี้จะมีการขนส่งไปยังร้านรับซื้อของเก่าเพื่อคัดแปลง ตกแต่งหรือรอการขายต่อไป โดยพื้นที่รื้อถอนนั้นตั้งอยู่ในซอยราชวิถี 2 และร้านรับซื้อของมือสองตั้งอยู่ในซอยอ่อนนุช 59 ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 17.5 กิโลเมตร ขนส่งของเสียโดยรถบรรทุกหกล้อขนาดบรรทุก 15 ตันทำการขนส่งวัสดุ 2 เที่ยว

1.3.2 การรีไซเคิล ประกอบไปด้วยวัสดุเพียงประเภทเดียวคือ เหล็กเส้น โดยจะมีการขนส่งไปยังโรงหลอมเหล็กซึ่งตั้งอยู่บริเวณตำบลท้ายบ้าน อำเภอปากน้ำ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 28.4 กิโลเมตร ขนส่งของเสียโดยรถกระบะ 4 ล้อ ทำการขนส่งวัสดุเพียง 1 เที่ยว

1.3.3 การฝังกลบ ประกอบไปด้วยวัสดุซึ่งได้แก่ เศษคอนกรีต เศษอิฐ เศษกระเบื้องเซรามิก เศษไม้และเศษฝ้าเพดาน เศษต่างๆที่ได้จากการรื้อถอนนี้จะถูกนำไปเทกอง (Open Dumping) เพื่อรอการนำไปถมพื้นที่เป็นวัสดุรองพื้น โดยพื้นที่ที่รับเทกองเศษวัสดุจากการรื้อถอนนี้ตั้งอยู่บริเวณอ่อนนุช ซึ่งมีระยะทางในการขนส่งเท่ากับ 15 กิโลเมตร ขนส่งของเสียโดยรถบรรทุกหกล้อขนาดบรรทุก 15 ตันทำการขนส่งวัสดุ 5 เที่ยว

จากการศึกษาข้อมูลบัญชีรายการการขนส่งของเสียจากการรื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสียพบว่า การขนส่งของเสียไปยังสถานที่จัดการของเสียโดยการฝังกลบนั้นมีภาระบรรทุกสูงที่สุด คือ 7.22 ตัน-กิโลเมตร รองลงมาคือการขนส่งของเสียไปยังสถานที่จัดการของเสียโดยการใช้ขี้มีภาระบรรทุก 0.88 ตัน-กิโลเมตรและการรีไซเคิล มีภาระบรรทุก 0.21 ตัน-กิโลเมตรตามลำดับ เนื่องจากการวิเคราะห์บัญชีรายการของการขนส่งนั้นจะทำการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุกและระยะทางในการขนส่งเป็นหลัก โดยของเสียที่ขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบนั้นมีน้ำหนักมากที่สุดจึงต้องมีจำนวนเที่ยวในการขนส่งมากกว่าการจัดการประเภทอื่น จึงส่งผลให้มีภาระบรรทุกสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kofoworola and Gheewala (2008) ซึ่งทำการศึกษการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารสำนักงานในประเทศไทยที่พบว่า ภาระบรรทุกนั้นขึ้นอยู่กับระยะทางและน้ำหนักบรรทุก

ตารางที่ 9 ข้อมูลบัญชีรายการการขนส่งของเสียจากการรื้อถอน

ประเภทของเสีย	การจัดการ	ประเภทรถ	น้ำหนักต่อเที่ยว (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยวขนส่ง	การขนส่งรวม (ตัน*กม.)	การขนส่งรวมต่อหน่วยการทำงาน (ตัน*กม.)
1. ไม้กระจก กระเบื้องหลังคา	การใช้ขี้	รถ 6 ล้อ 15 ตัน	3.61	17.5	2	126.32	0.88
2. เหล็ก	รีไซเคิล	รถกระบะ 4 ล้อ	1.05	28.4	1	29.82	0.21
3. กระเบื้องปูพื้น ฝ้าเพดาน คอนกรีตและอิฐ	ฝังกลบ	รถ 6 ล้อ 15 ตัน	13.77	15.0	5	1032.44	7.22

1.4 ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของของเสียในการจัดการของเสียแต่ละประเภท

จากการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการประเภทและปริมาณของของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยโดยจำแนกประเภทของเสียเข้าสู่การจัดการทั้ง 3 ประเภท ซึ่งการจำแนกนี้ได้จากการศึกษาและเก็บข้อมูลจริงจากการจัดการของเสียที่พบในการศึกษานี้ ซึ่งพบดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รูปแบบการจัดการของเสียที่พบในการศึกษา

ประเภทการจัดการ	องค์ประกอบรวม	น้ำหนักรวม (กก.)	น้ำหนัก (กก./ตร.ม.)	อัตราส่วนของเสีย (% โดยน้ำหนัก)	สัดส่วนของการ จัดการของเสีย
ใช้ซ้ำ	ไม้ (ทั้งหมด)	5319.652	37.200	6.90	
	กระจก	360.484	2.521	0.47	9.36
	กระเบื้องหลังคา	1537.910	10.755	2.00	
การรีไซเคิล	เหล็ก	1050.000	7.343	1.36	1.36
การฝังกลบ	อิฐ+คอนกรีต	67464.000	471.776	87.50	
	ยิปซัม	795.122	5.560	1.03	89.28
	กระเบื้องเซรามิก	570.000	3.986	0.74	
น้ำหนักรวมทั้งหมด		77097.168	539.141	100.00	100.00

จากการศึกษาพบว่า การจัดการโดยการฝังกลบนั้นมีสัดส่วนสูงที่สุด 89% โดยน้ำหนักรองลงมาคือ การใช้ซ้ำ 9.37% และการรีไซเคิล 1.36% ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียด(แสดงน้ำหนักของเสียต่อหน่วยการทำงาน 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย) ดังนี้

- การจัดการของเสียโดยการฝังกลบนั้น ประกอบด้วยของเสีย คือ อิฐและคอนกรีต น้ำหนัก 471.776 กิโลกรัม ยิปซัม น้ำหนัก 5.560 กิโลกรัม กระเบื้องเซรามิก น้ำหนัก 3.99 กิโลกรัม

- การจัดการของเสียโดยการใช้ซ้ำประกอบด้วย ไม้เนื้อแข็ง มีน้ำหนัก 37.20 กิโลกรัม กระเบื้องใยหินมีน้ำหนัก 10.76 กิโลกรัมและกระจก มีน้ำหนัก 2.52 กิโลกรัม

- การจัดการของเสียโดยการรีไซเคิล ประกอบด้วย เหล็ก มีน้ำหนัก 7.34 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบกับจัดการของเสียในต่างประเทศ เช่น งานวิจัยของ Rosa *et al.* (2012) ที่ได้กล่าวถึงรูปแบบของการจัดการของเสียในประเทศอังกฤษว่า เศษคอนกรีตและมวลรวมต่างๆ รวมถึงเศษยิปซัมนั้นจะถูกกำจัดด้วยการรีไซเคิล 100% เศษเซรามิก จะถูกนำไปใช้ซ้ำ 57% รีไซเคิล 7% และฝังกลบ 36% แต่ในการศึกษานี้พบว่าของเสียเหล่านี้มักถูกกำจัดด้วยการฝังกลบ 100%

1.5 ข้อมูลบัญชีรายการกระบวนการจัดการของเสียจากการรื้อถอนทั้ง 3 ประเภท

ในขั้นตอนของการจัดการของเสียจากการรีดอนนี้แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ การใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ โดยพิจารณาประเภทและปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจากเครื่องมือเครื่องจักรจากการเก็บข้อมูลหน้างาน และมลพิษที่เกิดขึ้นจากการจัดการของเสียนั้นใช้การอ้างอิงจากงานวิจัยโดยกำหนดให้การวิเคราะห์บัญชีรายการของการจัดการของเสียดังนี้

1) การใช้ซ้ำ เป็นการนำมากองเก็บ เพื่อบรรจุจำหน่ายออกเป็นวัสดุมือสอง ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

2) การรีไซเคิล ใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent unit process ในโปรแกรม SimaPro 7.1

3) การฝังกลบ กำหนดให้เป็นการนำของเสียไปปรับพื้นที่ จากข้อมูลบัญชีรายการพบว่า ของเสียที่นำไปฝังกลบนั่นจะเป็นของเสียรวมซึ่งประกอบด้วย กระเบื้องเซรามิก ยิปซัม อิฐและคอนกรีต มีน้ำหนัก 481.322 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อนำไปปรับพื้นที่พบว่ามีการใช้พลังงานจากเครื่องจักรดังตารางที่ 11 และมลพิษจากการฝังกลบที่เกิดขึ้นใช้การอ้างอิงในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งมลพิษเป็น 2 ประเภท คือ

- แก๊สจากการฝังกลบ พบว่า เกิดจากการฝังกลบไม้ น้ำหนัก 1 ตัน จะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 70 กิโลกรัมและมีเทน 30 กิโลกรัม และจากการฝังกลบยิปซัม 1 ตัน จะมีการปล่อยไฮโดรเจนซัลไฟด์ 9.4 กิโลกรัม ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 18 กิโลกรัม (Cochran, 2006)

- น้ำชะขยะจากการฝังกลบอ้างอิงจากงานวิจัยของ Galvin *et al.* (2012) เนื่องจากองค์ประกอบของของเสียในการฝังกลบนั่นมีส่วนที่ใกล้เคียงกันซึ่งองค์ประกอบของน้ำชะขยะในการศึกษานี้ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 11 ข้อมูลบัญชีรายการการใช้พลังงานจากเครื่องจักร

ประเภทเครื่องจักร	ปริมาณการใช้พลังงาน	
	(เมกกะจูลต่อตันของเสีย)*	(เมกกะจูลต่อหน่วยการทำงาน)*
เครื่องจักรบดอัดดิน (55 kW)	3.5	1.68
รถแบ็คโฮ (62 kW)	1.57	0.75

หมายเหตุ: * ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องจักร คำนวณจากวิธีการหาปริมาณงานของเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง (วีระศักดิ์, 2530)

ตารางที่ 12 องค์ประกอบของน้ำชะขยะจากการฝังกลบของเสียจากการรีดถอน

	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ¹		การศึกษานี้ ²		มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ³
	มิลลิกรัม/ กิโลกรัมของเสีย	มิลลิกรัม/ หน่วยการทำงาน*	มิลลิกรัม/ลิตร		มิลลิกรัมต่อลิตร
Cr	0	0	0		ไม่เกิน 0.25
Ni	6.303	3033.773	0.126		ไม่เกิน 1.0
Cu	4.746	2284.354	0.095		ไม่เกิน 2.0
Zn	49.180	23671.416	0.984		ไม่เกิน 5.0
As	0.077	37.062	0.002		ไม่เกิน 0.25
Se	0.175	84.231	0.003		ไม่เกิน 0.02
Mo	0.193	92.895	0.004		-
Cd	0.322	154.986	0.006		ไม่เกิน 0.03
Sb	0.123	59.203	0.002		-
Ba	96.390	46394.628	1.928		ไม่เกิน 1.0
Hg	0	0	0		ไม่เกิน 0.005
Pb	0.045	21.659	0.001		ไม่เกิน 0.2

หมายเหตุ: * หน่วยการทำงาน 1 ตารางเมตร มีของเสียจากการรีดถอนที่ต้องนำไปฝังกลบ 481.322 กิโลกรัม

ที่มา: ¹Galvin *et al.* (2012)

²Galvin *et al.*, 2012(1) × 481.322 กิโลกรัม*

³ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

2. รูปแบบของการจัดการของเสีย

นอกจากการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรีดถอนบ้านพักอาศัยและการขนส่งของเสียแล้ว การศึกษานี้ได้ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียจาก

การรื้อถอนที่พบในการศึกษานี้ด้วย (การจัดการของเสียรูปแบบที่ 1) ดังแสดงในตารางที่ 13 นอกจากนี้ได้เสนอทางเลือกในการจัดการของเสียขึ้น 3 รูปแบบดังแสดงในตารางที่ 14 ถึง ตารางที่ 16 เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการจัดการของเสียที่เหมาะสมและให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่ำที่สุดจากการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียโดยการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตโดยในการศึกษานี้ไม่คำนึงถึงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการจัดการของเสียแต่ละประเภท ซึ่งมีรายละเอียดของการจัดการของเสียดังนี้

1. การจัดการของเสียรูปแบบที่ 1

การจัดการของเสียจากการรื้อถอนในรูปแบบนี้เป็นลักษณะของการจัดการของเสียที่พบในการศึกษานี้ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รูปแบบการจัดการของเสียที่พบในการศึกษา (รูปแบบการจัดการของเสียที่ 1)

ประเภทการจัดการ	องค์ประกอบรวม	น้ำหนักรวม (กก.)	น้ำหนักต่อหน่วยการทำงาน (1 ตารางเมตร)	สัดส่วนของการจัดการของเสีย
ใช้ซ้ำ	ไม้ (ทั้งหมด)	5319.652	37.200	9.36
	กระจก	360.484	2.521	
	กระเบื้องหลังคา	1537.910	10.755	
การรีไซเคิล	เหล็ก	1050.000	7.343	1.36
	อิฐ+คอนกรีต	67464.000	471.776	
	ยิปซัม	795.122	5.560	
การฝังกลบ	กระเบื้องเซรามิก	570.000	3.986	89.28
	น้ำหนักรวมทั้งหมด	77097.168	539.141	

การจัดการของเสียในรูปแบบนี้ส่วนใหญ่เป็นการฝังกลบมีอัตราส่วนถึง 89.28% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เศษอิฐ เศษคอนกรีต เศษยิปซัมและเศษกระเบื้องเซรามิก ลักษณะของของเสียประเภทนี้ได้ถูกรื้อถอนรวมกันจึงทำให้มีลักษณะเป็นของเสียรวมและถูกนำไปจัดการรวมกันโดยการฝังกลบ กองทิ้ง หรือใช้เป็นวัสดุปรับพื้นที่ รองลงมาคือ การใช้ซ้ำมีอัตราส่วนเป็น 9.36% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย ไม้เนื้อแข็ง กระจกและ

กระเบื้องหลังคา ซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกรื้อถอนด้วยแรงงานคนเพื่อป้องกันความเสียหายทำให้ยังมีสภาพดี และสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุมือสองได้ และการจัดการประเภทสุดท้ายคือ การรีไซเคิล มีอัตราส่วนเป็น 1.36% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เหล็กเส้น

นอกจากนี้ได้มีการเสนอทางเลือกในการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2 ถึง 4 ดังแสดงในตารางที่ 14 ถึง 16 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2. การจัดการของเสียรูปแบบที่ 2

การจัดการรูปแบบนี้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 1 แต่มีการนำไม้บางส่วนไปใช้เป็นเชื้อเพลิง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 รูปแบบการจัดการของเสียที่ 2 มีการนำไม้บางส่วนไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

ประเภทการจัดการ	องค์ประกอบรวม	น้ำหนักรวม (กก.)	น้ำหนักต่อหน่วยการทำงาน (1 ตารางเมตร)	สัดส่วนของการจัดการของเสีย
ใช้ซ้ำ	ไม้	5134.652	35.907	9.12
	กระจก	360.484	2.521	
	กระเบื้องหลังคา	1537.910	10.755	
เป็นเชื้อเพลิงทดแทน	ไม้ (ปาร์เก้)	185.000	1.294	0.24
การรีไซเคิล	เหล็ก	1050.000	7.343	1.36
	อิฐ+คอนกรีต	67464.000	471.776	
การฝังกลบ	ชิปซัม	795.122	5.560	89.28
	กระเบื้องเซรามิก	570.000	3.986	
น้ำหนักรวมทั้งหมด		77097.168	539.141	100.00

การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2 นี้ส่วนใหญ่เป็นการฝังกลบมีอัตราส่วนถึง 89.28% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เศษอิฐ เศษคอนกรีต เศษชิปซัมและเศษกระเบื้องเซรามิก และการจัดการของเสียโดยการรีไซเคิลมีอัตราส่วน 1.36% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย เหล็กเส้น นอกจากนี้พบว่า การจัดการโดยการใช้น้ำมันมีอัตราส่วนน้อยลงเหลือ

9.12% เนื่องจากการนำไม้บางส่วน (ไม้ปาร์เก้) ไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เช่น การนำเศษไม้ไปใช้ในการเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา เป็นต้น ทำให้การจัดการในรูปแบบที่ 2 นี้มีอัตราส่วนของการจัดการโดยนำของเสียประเภทเศษไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในอัตราส่วน 0.24% ของการจัดการของเสียทั้งหมด

3. การจัดการของเสียรูปแบบที่ 3

การจัดการรูปแบบนี้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 2 แต่มีการนำไม้บางส่วนไปฝังกลบรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 รูปแบบการจัดการของเสียที่ 3 มีการนำไม้บางส่วนไปฝังกลบ

ประเภทการจัดการ	องค์ประกอบรวม	น้ำหนักรวม (กก.)	น้ำหนักต่อหน่วยการทำงาน (1 ตารางเมตร)	สัดส่วนของการจัดการของเสีย
ใช้ซ้ำ	ไม้	5134.652	35.907	9.12
	กระจก	360.484	2.521	
	กระเบื้องหลังคา	1537.910	10.755	
การรีไซเคิล	เหล็ก	1050.000	7.343	1.36
การฝังกลบ	ไม้ (ปาร์เก้)	185.000	1.294	89.52
	อิฐ+คอนกรีต	67464.000	471.776	
	ยิปซัม	795.122	5.560	
	กระเบื้องเซรามิก	570.000	3.986	
น้ำหนักรวมทั้งหมด		77097.168	539.141	100.00

การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 นี้ มีอัตราส่วนของการจัดการของเสียโดยการรีไซเคิลและการใช้ซ้ำในอัตราส่วนที่เท่ากับรูปแบบที่ 2 คือ 1.36% และ 9.12% ของการจัดการของเสียทั้งหมดตามลำดับ แต่พบว่า มีการนำไม้บางส่วนที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน (ในรูปแบบการจัดการที่ 2) ไปฝังกลบรวมกับเศษอิฐ เศษคอนกรีต ทำให้การจัดการในรูปแบบที่ 3 นี้มีอัตราส่วนของการจัดการโดยนำของเสียประเภทเศษไม้ไปฝังกลบในอัตราส่วน 0.24% ของการจัดการของเสียทั้งหมด

ทำให้การจัดการในรูปแบบที่ 3 นี้มีอัตราส่วนของการฝังกลบสูงถึง 89.52% ของการจัดการของเสียทั้งหมด

4. การจัดการของเสียรูปแบบที่ 4

การจัดการของเสียในรูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่จำลองการนำของเสียจากการรีดลอนไปรีไซเคิลและใช้ซ้ำเป็นหลัก เพื่อลดการนำของเสียไปฝังกลบ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 รูปแบบการจัดการของเสียที่ 4 เป็นการจัดการที่นำไปใช้ซ้ำและรีไซเคิลเท่านั้น

ประเภทการจัดการ	องค์ประกอบรวม	น้ำหนักรวม (กก.)	น้ำหนักต่อหน่วยการทำงาน (1 ตารางเมตร)	สัดส่วนของการจัดการของเสีย
ใช้ซ้ำ	ไม้ (ทั้งหมด)	5319.652	37.200	9.36
	กระจก	360.484	2.521	
	กระเบื้องหลังคา	1537.910	10.755	
การรีไซเคิล	เหล็ก	1050.000	7.343	90.88
	อิฐ+คอนกรีต	67464.000	471.776	
	ชิปซัม	795.122	5.560	
	กระเบื้องเซรามิก	570.000	3.986	
น้ำหนักรวมทั้งหมด		77097.168	539.141	100.00

การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 นี้ เป็นรูปแบบการจัดการที่เน้นให้มีการนำของเสียไปใช้ซ้ำและรีไซเคิลมากขึ้นเพื่อลดการนำของเสียไปฝังกลบ โดยมีการนำของเสียไปใช้ซ้ำเป็นอัตราส่วน 9.36% ของการจัดการของเสียทั้งหมด ซึ่งของเสียที่นำไปใช้ซ้ำประกอบด้วย ไม้เนื้อแข็ง กระจกและกระเบื้องหลังคา และของเสียที่เหลือจะถูกจัดการ โดยการรีไซเคิลรวมแล้วมีอัตราส่วนเป็น 90.64% ของการจัดการของเสียทั้งหมดซึ่งแบ่งประเภทของเสียออกเป็นสองส่วนคือส่วนของเหล็กจะถูกนำเข้าสู่โรงหลอมเหล็กเพื่อการรีไซเคิล และส่วนที่ประกอบด้วยเศษชิปซัม เศษกระเบื้องปูพื้น เศษอิฐและคอนกรีต จะถูกรีไซเคิลโดยการนำไปบดย่อยเพื่อลดขนาดแล้วจะถูกนำไปเป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีต หรืออาจนำไปใช้เป็นวัสดุผสมในการผลิตวัสดุปูพื้นแทนการนำของเสียไปฝังกลบ

3. ผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยนั้นพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนของการรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนในการรื้อถอนบ้านพักอาศัย 1 ตารางเมตรพื้นที่ใช้สอย ทำการประเมินผลกระทบด้วยวิธี CML baseline 2000 ซึ่งทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเป็น 10 ด้าน มีผลการประเมินดังนี้

3.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนการรื้อถอน

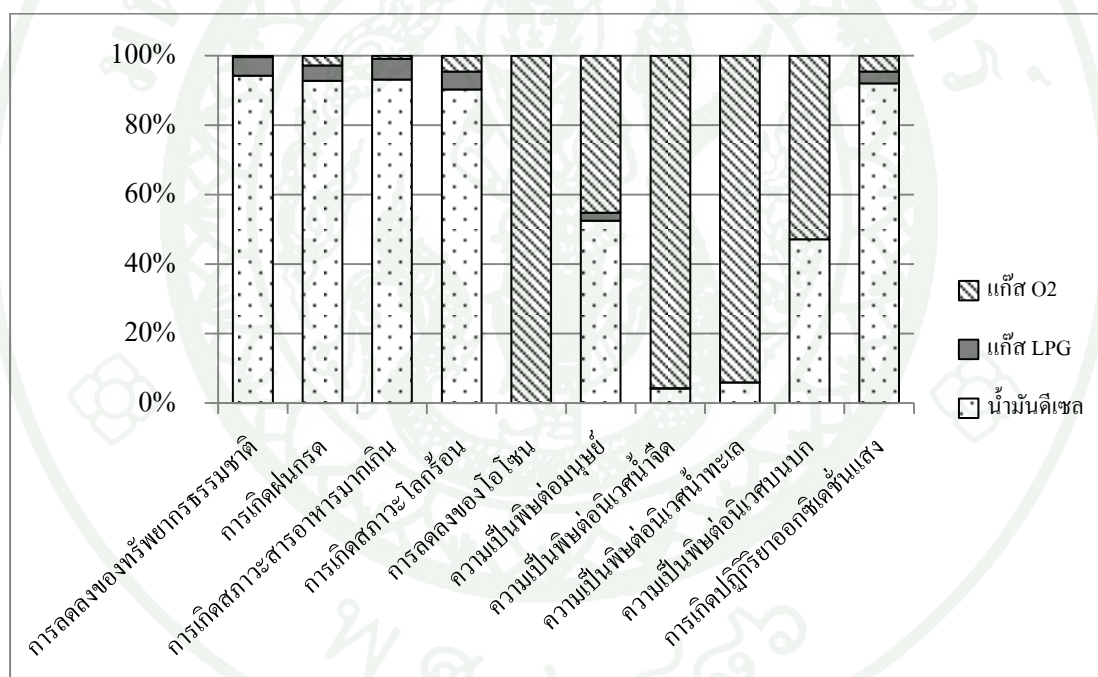
การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการรื้อถอนได้ทำการวิเคราะห์จากปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการรื้อถอน ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักร (น้ำมันดีเซล) การใช้แก๊สออกซิเจนและแก๊สแอลพีจี และการวิเคราะห์หัตถพิษที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนโดยแสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization) ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	น้ำมัน ดีเซล	แก๊ส LPG	แก๊ส O ₂
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	2.88E-04	2.70E-04	1.52E-05	1.25E-06
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	4.76E-05	4.42E-05	2.10E-06	1.33E-06
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	4.96E-06	4.62E-06	2.96E-07	4.15E-08
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	3.85E-03	3.48E-03	2.00E-04	1.70E-04
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	7.22E-11	0.00E+00	0.00E+00	7.22E-11
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	1.24E-04	6.49E-05	2.79E-06	5.59E-05
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	1.15E-05	4.86E-07	2.69E-09	1.10E-05
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	3.67E-02	2.18E-03	3.07E-06	3.45E-02
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	kg 1,4-DB eq	1.27E-06	5.99E-07	4.22E-30	6.71E-07
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	1.18E-06	1.08E-06	4.05E-08	5.34E-08

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการที่มีการใช้เพียงน้ำมันดีเซล แก๊สแอลพีจีและแก๊สออกซิเจน พบว่าการรื้อถอนบ้านพักอาศัยก่อให้เกิดผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity) สูงที่สุด 0.03668226kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร รองลงมาคือ การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) 0.003849kg CO₂eq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ (Abiotic depletion) 0.000288 kg Sbeq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) 0.0001236 kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตรตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาตามประเภทของเชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ตามบัญชีรายการต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย

จากการประเมินพบว่า ภาพรวมของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักในเครื่องจักรกล (รถแบ็คโฮ) ที่ใช้ในการรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต สาเหตุเนื่องจาก ปริมาณของโครงสร้างคอนกรีตนั้นมีอัตราส่วนสูงที่สุดของปริมาณของเสียจากการรื้อถอน จึงส่งผลให้มีอัตราการใช้น้ำมันดีเซลสูงตามไปด้วย และเนื่องจากน้ำมันดีเซลนั้นเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบ

ทางสิ่งแวดล้อมสูงจากทั้งการได้มาซึ่งเชื้อเพลิงและมลพิษที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงแต่ในส่วนของ การใช้แก๊สแอลพีจี ที่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลเช่นเดียวกับน้ำมันดีเซลนั้นให้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ต่ำกว่าเนื่องจากมีอัตราการใช้งานในปริมาณที่ต่ำกว่าน้ำมันดีเซล

ในส่วนของการใช้แก๊สออกซิเจน ในขั้นตอนการตัดโครงสร้างเหล็ก นั้นก่อให้เกิด ผลกระทบด้านการลดลงของชั้นโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศ น้ำจืด การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเลและการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก

3.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่ง

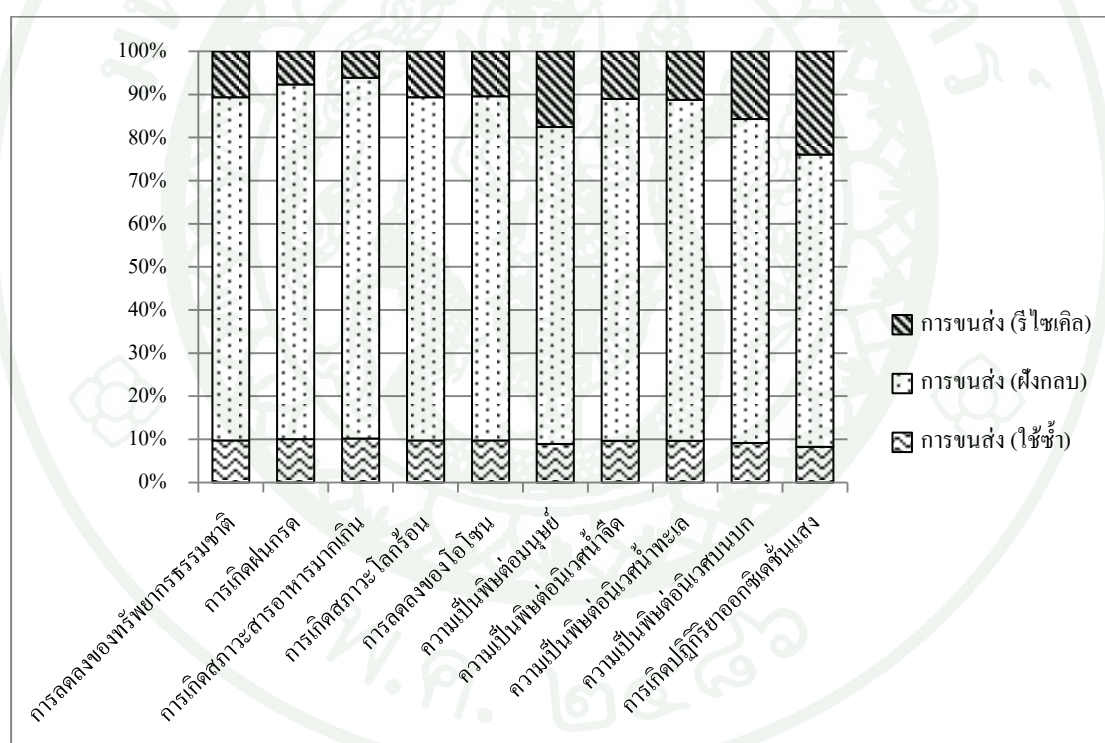
การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งนั้น ทำการวิเคราะห์ น้ำหนักบรรทุก ระยะทางและประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งของเสียจากพื้นที่รื้อถอน ไปยังสถานที่ฝังกลบและการวิเคราะห์มลพิษที่เกิดขึ้นจากการขนส่งซึ่งแสดงผลกระทบทาง สิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization) ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งของเสียจากรื้อถอน

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	รวม	การขนส่ง (ใช้ซ้ำ)	การขนส่ง (ฝังกลบ)	การขนส่ง (รีไซเคิล)
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	4.28E-05	4.17E-06	3.41E-05	4.53E-06
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	4.29E-05	4.32E-06	3.53E-05	3.27E-06
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	7.48E-06	7.65E-07	6.25E-06	4.57E-07
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	6.25E-03	0.000609	0.004976	0.000661
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	8.35E-09	8.15E-10	6.67E-09	8.64E-10
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	2.70E-03	0.000243	0.001984	0.000473
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	3.68E-04	3.57E-05	0.000292	4.03E-05
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	1.22E+00	0.118203	0.966506	0.136652
ความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก	kg 1,4-DB eq	1.43E-05	1.32E-06	1.08E-05	2.25E-06
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	2.54E-06	2.11E-07	1.73E-06	6.08E-07

จากการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งของเสียจากการรีไซเคิลที่บ้านพักอาศัยไปยังสถานที่จัดการ พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity) สูงที่สุดคือ 1.22136kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร รองลงมาคือ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) 0.00270kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) 0.00624kg CO₂eq ต่อตารางเมตร และการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water aquatic ecotoxicity) 0.000368kg 1,4-DB eq ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาตามน้ำหนักบรรทุก ระยะทางและประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งของเสียต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่ง

จากการประเมินพบว่า ในทุกผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนั้นมีแนวโน้มในการเกิดที่เหมือนกันคือ การขนส่งของเสียไปยังสถานที่ฝังกลบด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ นั้นเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดในทุกผลกระทบที่ เนื่องจากการขนส่งไปยังสถานที่ฝังกลบนี้มีภาระบรรทุกสูงที่สุดจึงมีการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งสูงซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทาง

สิ่งแวดล้อมสูงเช่นกัน (O'Brien *et al.*, 2006) สาเหตุรองลงมา คือจากการขนส่งเหล็กไปยังโรงงานรีไซเคิล ด้วยรถกระบะ 4 ล้อ และการขนส่งของเสียไปยังร้านรับซื้อของเก่า ด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ ตามลำดับ โดยจะพบว่า การขนส่งเหล็กไปยังโรงงานรีไซเคิลนั้นมีระยะทางในการขนส่งมากกว่าจึงมีการบรรทุกที่สูงกว่า การขนส่งของเสียไปยังร้านรับซื้อของเก่า จึงก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงกว่า

3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสีย

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียจากการรีดถอนโดยใช้ข้อมูลบัญชีรายการจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานต่างๆ เช่น เชื้อเพลิงและไฟฟ้า เป็นต้น และข้อมูลมลพิษที่ถูกปล่อยจากกระบวนการจัดการของเสีย โดยในการศึกษานี้ ทำการศึกษาการจัดการของเสีย 3 ประเภท คือการใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ และได้กำหนดรูปแบบของการจัดการของเสียในขั้นตอนของวิธีการศึกษา ดังตารางที่ 13 เมื่อทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียทั้ง 4 รูปแบบ พบผลการประเมินดังนี้

3.3.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1

การจัดการนี้เป็นรูปแบบที่พบในการศึกษา ซึ่งมีรูปแบบของการจัดการคือ การรีไซเคิล 1.36 % การใช้ซ้ำ 9.36 % และการฝังกลบ 89.28 % เมื่อทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งแสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ (Characterization) ดังตารางที่ 19

จากการศึกษาพบว่า การฝังกลบนั้นเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุด เมื่อพิจารณาผลกระทบจากการจัดการทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า ผลกระทบการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity) มีค่าสูงที่สุดคือ 40991.906kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร รองลงมาคือ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) 34.9108kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water aquatic ecotoxicity) 10.8747kg 1,4-DB eq และการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) 0.2221 kg CO₂eq ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

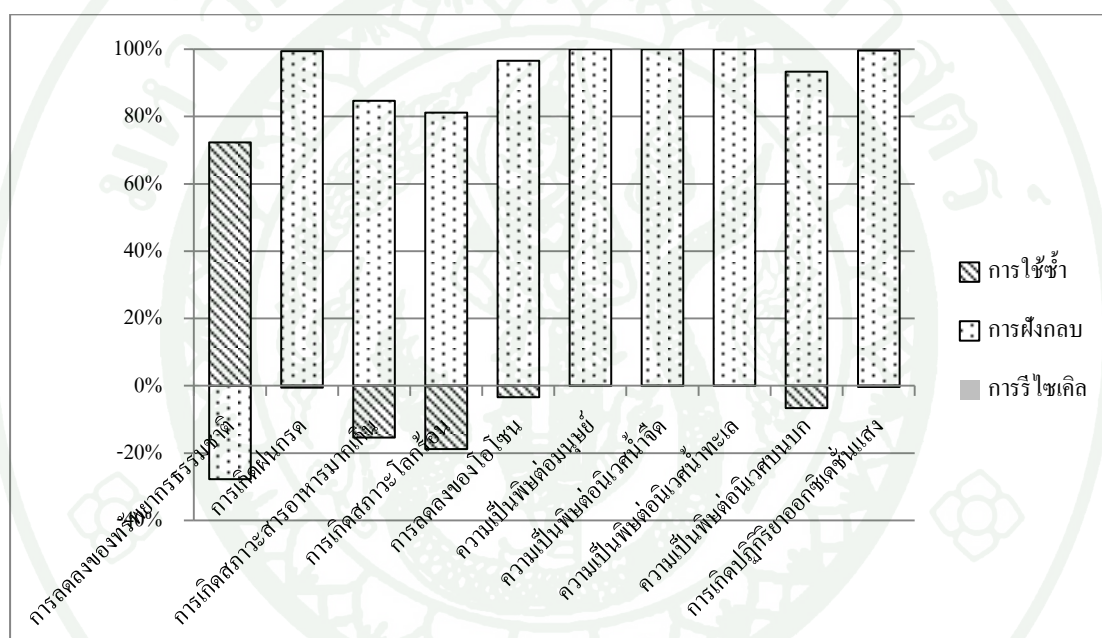
ตารางที่ 19 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 ที่พบในการศึกษานี้

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	การฝังกลบ	การรีไซเคิล	การใช้ซ้ำ
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	0.00148	0.00000	-0.00385
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	0.12180	0.00000	-0.00064
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	0.00037	0.00000	-0.00007
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	0.22211	0.00000	-0.05153
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	0.00000	0.00000	0.00000
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	34.91075	0.00000	-0.00165
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	10.87465	0.00000	-0.00015
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	40991.90600	0.00000	-0.49109
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	kg 1,4-DB eq	0.00024	0.00000	-0.00002
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	0.00485	0.00000	-0.00002

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของ การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้ทั้งใน ค่าผลกระทบเป็นบวกคือ การก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและค่าผลกระทบติดลบ คือ การก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งค่าผลกระทบติดลบนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ (Mercanteet *al.*, 2012) เมื่อทำการพิจารณาตามประเภทของการจัดการของเสียต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 6พบว่า การก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (ค่าผลกระทบเป็นบวก) นั้นเกิดจากการฝังกลบซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดเนื่องจาก การฝังกลบนั่นก่อให้เกิดมลพิษทั้งมลพิษอากาศ มลพิษทางน้ำและมลพิษทางดิน (Cochran, 2009) นอกจากนี้ในกระบวนการของการฝังกลบยังมีการใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการฝังกลบจึงทำให้มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการจัดการของเสียด้วยจึงทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงขึ้นทั้งจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและมลพิษจากการฝังกลบ นอกจากนี้ยังพบว่าการฝังกลบนั้นมีอัตราส่วนในมากที่สุด 89.28% ซึ่งสูงกว่าการจัดการด้วยการใช้ซ้ำและการรีไซเคิล

การก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม (ค่าผลกระทบติดลบ) นั้นเกิดจากการจัดการของเสียโดยการใช้ซ้ำ เนื่องจากการใช้ซ้ำในการศึกษานี้ได้กำหนดให้เป็นการนำของเสีย

ไปขายเป็นสินค้ามือสองโดยไม่ผ่านกระบวนการใดๆ จึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมได้เนื่องจากการใช้ซ้ำเป็นการนำของเสียจากการรีไซเคิลไปใช้แทนวัสดุใหม่ จึงเป็นการช่วยลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบและกระบวนการผลิตวัสดุแต่ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรีไซเคิลที่บ้านพักอาศัย การขนส่งของเสียและการจัดการของเสีย ดังนั้นประโยชน์จากการนำของเสียมาใช้ซ้ำแทนการใช้วัสดุใหม่นั้นจะถือว่าเป็นการช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบ การผลิตวัสดุใหม่ ซึ่งเป็นส่วนที่มักพิจารณาในส่วนของการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากก่อสร้าง



ภาพที่ 6 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 (ที่พบในการศึกษานี้)

3.3.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2

การจัดการนี้เป็นรูปแบบของการจัดการที่มีการนำไม้บางส่วน (ไม้ปาร์เก้) ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน 0.24 % การรีไซเคิล 1.36 % การใช้ซ้ำ 9.12 % และการฝังกลบ 89.28 % เมื่อทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ (Characterization) แสดงดังตารางที่ 20

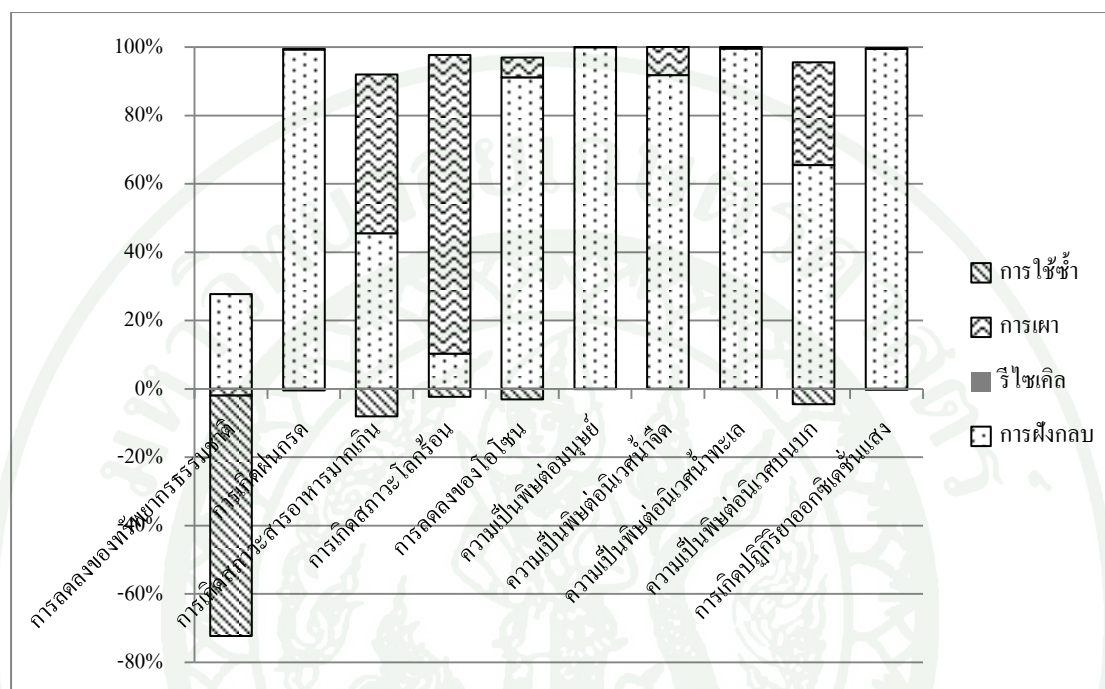
ตารางที่ 20 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	การฝังกลบ	รีไซเคิล	การเผา	การใช้ซ้ำ
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	0.00148	0.00000	0.00011	-0.00376
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	0.12181	0.00000	0.00028	-0.00062
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	0.00037	0.00000	0.00037	-0.00007
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	0.22212	0.00000	1.89314	-0.05020
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	34.91232	0.00000	0.04026	-0.00161
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	10.87513	0.00000	0.97280	-0.00015
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	40993.743	0.00000	201.3845	-0.47840
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	kg 1,4-DB eq	0.00024	0.00000	0.00011	-0.00002
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	0.00485	0.00000	0.00001	-0.00002

จากการประเมิน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2 โดยทำการพิจารณาทั้งการจัดการโดยการฝังกลบ การใช้ซ้ำและการรีไซเคิล ต่อการก่อให้เกิดผลกระทบ พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity) สูงที่สุดคือ 40993.743kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร รองลงมาคือ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) 34.91232kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water aquatic ecotoxicity) 10.87513kg 1,4-DB eq และการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) 0.22212kg CO₂eq ต่อตารางเมตร ตามลำดับซึ่งมีลักษณะการก่อให้เกิดผลกระทบใกล้เคียงกับการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1

เมื่อทำการพิจารณาตามประเภทของการจัดการของเสียต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งพบว่าแนวโน้มของการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการฝังกลบและการใช้ซ้ำนั้นมีลักษณะเหมือนกับการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 แต่จะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการนำเศษไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนจากขั้นตอนการเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของ Cochran (2006) ที่พบว่า การนำไม้ไปเผาที่ความร้อนสูงเพื่อนำ

ความร้อนกลับมาใช้นั้นเป็นการก่อให้เกิดประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมด้านการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ แต่การนำเศษไม้ไปเผาทั้งนั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงในด้านการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนและความเป็นพิษต่อมนุษย์



ภาพที่ 7 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2 ที่มีการนำไม้บางส่วนไปเป็นเชื้อเพลิง

3.3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3

การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 มีรูปแบบของการจัดการคือ การรีไซเคิล 1.36 % การใช้ซ้ำ 9.12 % และการฝังกลบ 89.52 % โดยจะมีรูปแบบการจัดการใกล้เคียงกับรูปแบบที่ 1 แต่จะมีการนำไม้บางส่วน (ไม้ปาร์เก้) ไปฝังกลบร่วมด้วยจึงทำให้มีอัตราส่วนของการฝังกลบสูงกว่าในรูปแบบที่ 1 เมื่อทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization) พบผลการประเมินดังตารางที่ 21

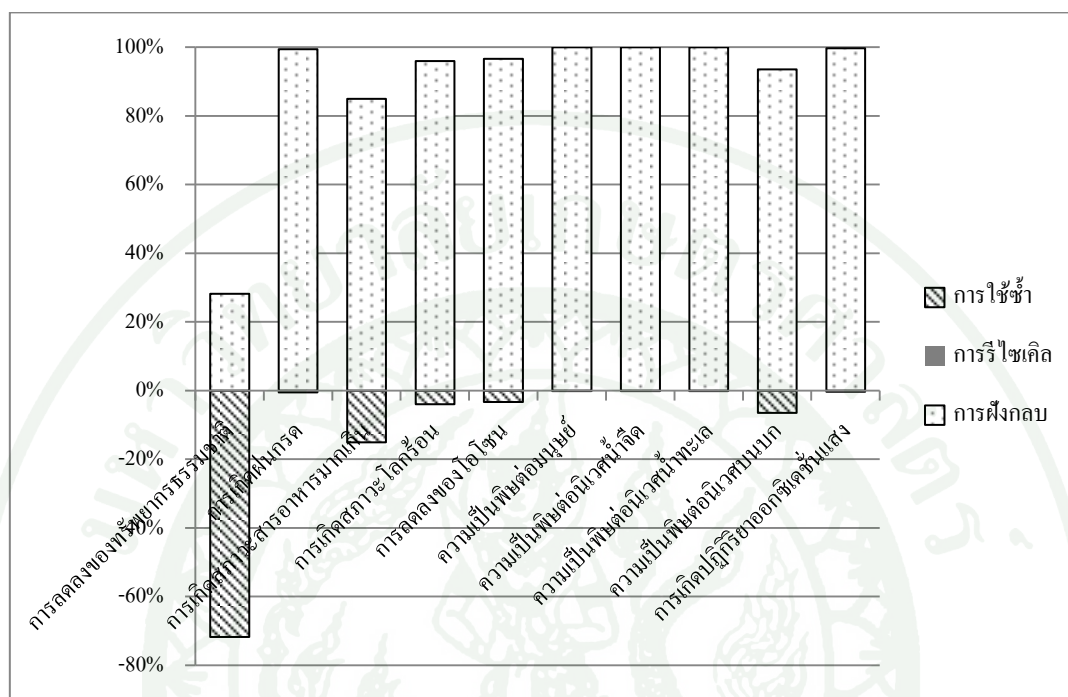
ตารางที่ 21 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 ที่มีการนำไม้บางส่วนไปฝังกลบ

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	การฝังกลบ	การรีไซเคิล	การใช้ซ้ำ
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	0.00148	0.00000	-0.00376
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	0.12180	0.00000	-0.00062
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	0.00037	0.00000	-0.00007
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	1.20553	0.00000	-0.05021
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	0.00000	0.00000	0.00000
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	34.91075	0.00000	-0.00161
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	10.87465	0.00000	-0.00015
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	40991.9030	0.00000	-0.47850
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	kg 1,4-DB eq	0.00024	0.00000	-0.00002
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	0.00508	0.00000	-0.00002

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 พบว่า ก่อให้เกิดผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล (Marine aquatic ecotoxicity) สูงที่สุดคือ 40991.903kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร รองลงมาคือ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity) 34.91075kg 1,4-DB eq ต่อตารางเมตร การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด (Fresh water aquatic ecotoxicity) 10.87465kg 1,4-DB eq และการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming) 1.20553kg CO₂eq ต่อตารางเมตร ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาตามประเภทของการจัดการของเสียต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่าแนวโน้มของการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการฝังกลบและการใช้ซ้ำนั้นมีลักษณะเหมือนกับการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 แต่ปริมาณการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ค่าผลกระทบคิดลบ) นั้นมีค่าน้อยกว่า การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 ในทุกผลกระทบ เนื่องจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 นี้มีส่วนในการใช้ซ้ำน้อยกว่า เพราะมีการนำเศษไม้บางส่วนไปฝังกลบ ส่งผลให้อัตราส่วนของการฝังกลบนั้นเพิ่มขึ้นจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการฝังกลบเพิ่มมากขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Cochran (2006) ที่พบว่า การนำไม้ไปฝังกลบนั้นก่อให้เกิดผลกระทบในด้านการก่อให้เกิดสภาวะโลกร้อนและด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์สูง



ภาพที่ 8 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3
ที่มีการนำไม้บางส่วนไปฝังกลบ

3.3.4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4

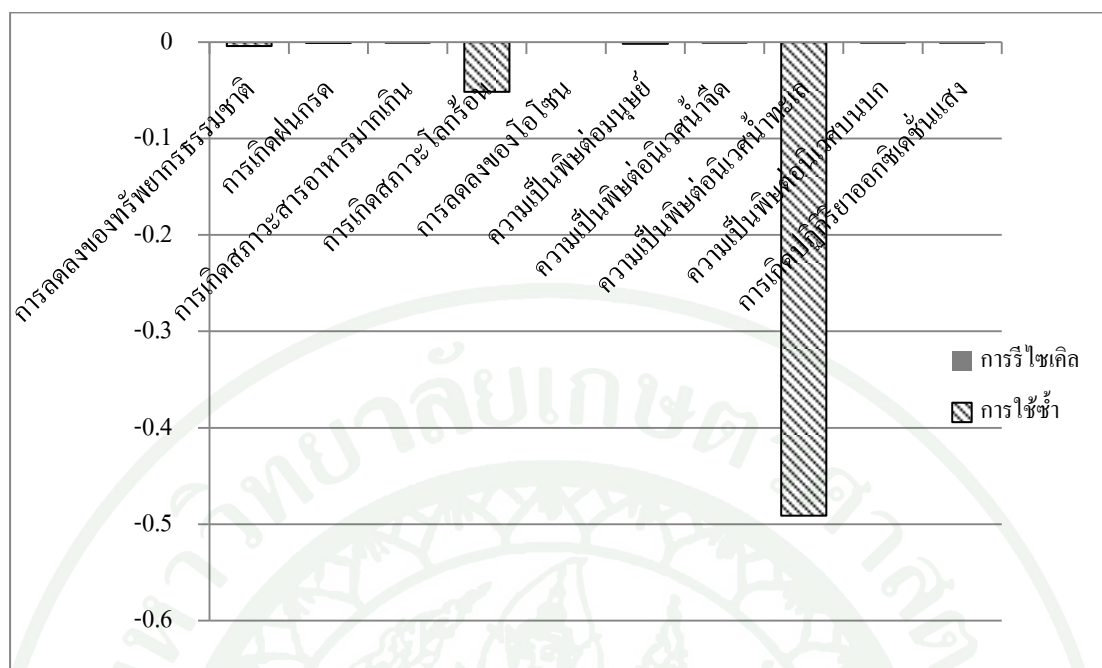
การจัดการในรูปแบบที่ 4 เป็นรูปแบบของการจัดการที่เน้นให้มีการนำของเสียมาใช้ซ้ำและรีไซเคิลมากขึ้นเพื่อลดการนำของเสียไปฝังกลบ ซึ่งมีรูปแบบของการจัดการคือ การใช้ซ้ำ 9.36 % (ประกอบด้วย ไม้เนื้อแข็ง กระดาษและกระเบื้องหลังคา) และการรีไซเคิล 90.64 % ซึ่งประกอบด้วย เหล็ก เศษอิฐ เศษคอนกรีต เศษปูนซีเมนต์ และเศษกระเบื้องเซรามิกเมื่อทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization)พบผลการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 ที่มีเฉพาะการใช้ซ้ำและการรีไซเคิลเท่านั้น

ประเภทผลกระทบ	หน่วย	การรีไซเคิล	การใช้ซ้ำ
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	kg Sbeq	0.0000	-0.00385
การเกิดฝนกรด	kg SO ₂ eq	0.0000	-0.00064
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	kg PO ₄ ³ eq	0.0000	-0.00007
การเกิดสภาวะโลกร้อน	kg CO ₂ eq	0.0000	-0.0515
การลดลงของโอโซน	kg CFC-11 eq	0.0000	-9.66E-10
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	kg 1,4-DB eq	0.0000	-0.00165
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	kg 1,4-DB eq	0.0000	-0.00015
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	kg 1,4-DB eq	0.0000	-0.49098
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	kg 1,4-DB eq	0.0000	-1.70E-05
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	kg C ₂ H ₄	0.0000	-1.58E-05

จากการประเมิน พบว่า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 โดยทำการพิจารณาเพียงการจัดการโดยการใช้อย่างซ้ำและการรีไซเคิล ต่อการก่อให้เกิดผลกระทบ พบว่าในทุกผลกระทบนั้นให้ค่าเป็นลบ

เมื่อทำการพิจารณาตามประเภทของการจัดการของเสียต่อการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมดังแสดงในภาพที่ 9 พบว่า จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 พบว่า ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกด้านของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม แต่ในทางกลับกันนั้นสามารถช่วยให้เกิดการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทุกด้านของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการใช้นั้นเป็นการนำของเสียจากการรีไซเคิลไปใช้แทนวัสดุใหม่โดยไม่ผ่านกระบวนการใดๆจึงไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมนอกจากนี้ยังพบว่า การรีไซเคิลและการใช้นั้นเป็นการช่วยลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (Blengini, 2009)



ภาพที่ 9 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4
ที่มีเฉพาะการใช้ซ้ำและการฝังกลบเท่านั้น

3.3.5 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1-4

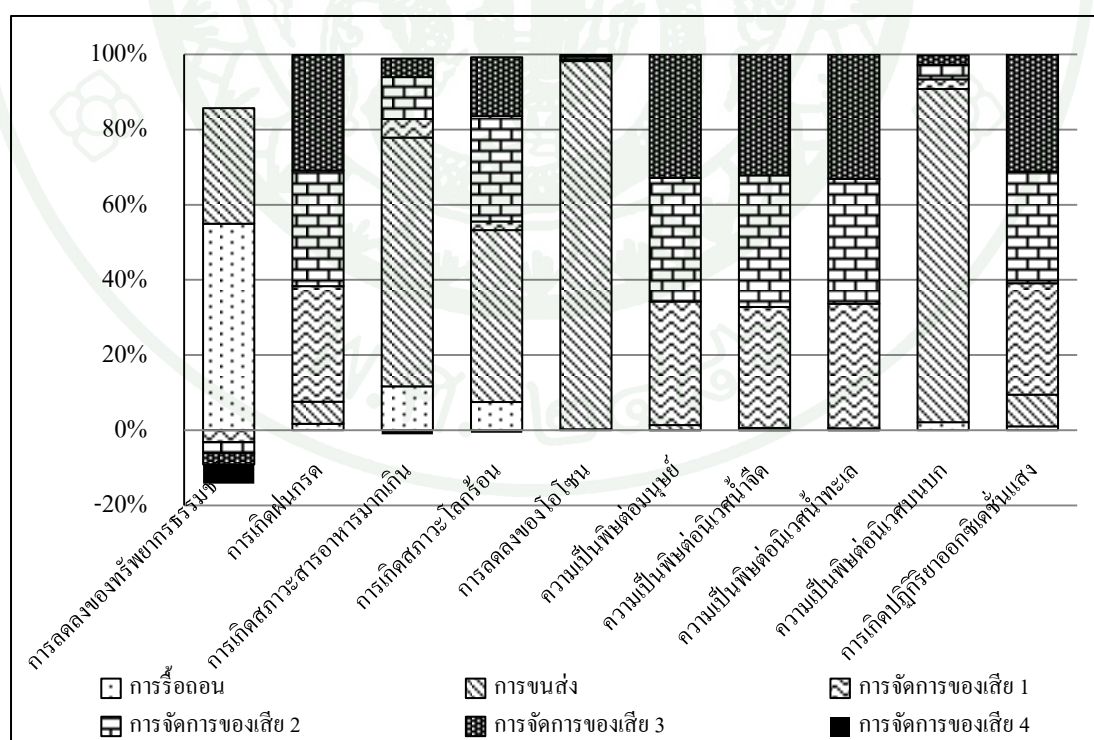
การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียจากการรื้อถอน เมื่อนำผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากทั้ง 3 ขั้นตอนซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งของเสียจากการรื้อถอนและการจัดการของเสียจากการรื้อถอนซึ่งแบ่งประเภทของการจัดการของเสียเป็น การใช้ซ้ำ การรีไซเคิลและการฝังกลบ มาทำการเปรียบเทียบผลของการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มผลกระทบ(Characterization) ดังภาพที่ 10 พบว่า

กระบวนการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 2 และ 3 นั้นก่อให้เกิดผลกระทบสูงสุดกว่าการขนส่งและการรื้อถอน ตามลำดับ ในหลายผลกระทบยกเว้น ผลกระทบการก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากรูปแบบของการจัดการของเสียนั้นประกอบด้วย การฝังกลบ การรีไซเคิลและการใช้ซ้ำ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบสูงนั้นมาจากการฝังกลบ เพราะมีการใช้เครื่องจักรกลในการฝังกลบซึ่งก่อให้เกิดมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงและมลพิษจากน้ำชะขยะ

และก๊าซจากการฝังกลบซึ่งทั้ง 3 รูปแบบนี้มีสัดส่วนของการฝังกลบสูงจึงก่อให้เกิดผลกระทบสูง หากลดสัดส่วนการฝังกลบลงหรือไม่ให้มีการฝังกลบเลยโดยการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำและรีไซเคิลมากขึ้น

การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 นั้นก็จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม (ค่าผลกระทบติดลบ) เนื่องจากการเป็นการนำของเสียไปใช้ทดแทนวัสดุ (raw material) จากทรัพยากรธรรมชาติทำให้ช่วยลดผลกระทบในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบได้ (Cochran, 2006)

ในส่วนของกระบวนการขนส่งของเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าการรื้อถอนเนื่องจากในการขนส่งมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลักและสุดท้ายคือกระบวนการรื้อถอนนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่ำสุด เนื่องจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัยขนาดกลางในประเทศไทยนั้นมักนิยมการรื้อถอนด้วยแรงงานคนและเครื่องมือที่ไม่ใช้ไฟฟ้า เนื่องจากต้องการนำวัสดุไปใช้ซ้ำหรือขายต่อเป็นวัสดุมือสองจึงจำเป็นต้องลดการเกิดความเสียหายต่อวัสดุและเป็นการลดค่าใช้จ่ายจากการดำเนินการเป็นหลัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2554)



ภาพที่ 10 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสียในรูปแบบ 1-4

3.3.5 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียทั้ง 4 รูปแบบ โดยประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเทียบหน่วยกับการก่อให้เกิดผลกระทบในระดับโลก (Normalization) ซึ่งเป็นการคำนวณผลกระทบให้มีหน่วยเดียวกันในทุกผลกระทบโดยการถ่วงน้ำหนักตามความสำคัญของแต่ละผลกระทบ ผลการประเมินดังในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยการเทียบหน่วย (Normalization) ของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสีย

ประเภทผลกระทบ	การรื้อถอน	การขนส่ง	การจัดการของเสีย 1	การจัดการของเสีย 2	การจัดการของเสีย 3	การจัดการของเสีย 4
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ	2.60E-13	1.46E-13	-1.50E-14	-1.37E-14	-1.44E-14	-2.44E-14
การเกิดฝนกรด	2.10E-14	7.15E-14	3.74E-13	3.75E-13	3.75E-13	-1.97E-15
การเกิดสภาวะสารอาหารมากเกินไป	5.34E-15	3.04E-14	2.26E-15	5.09E-15	2.27E-15	-5.00E-16
การเกิดสภาวะโลกร้อน	1.25E-14	7.64E-14	3.87E-15	4.69E-14	2.62E-14	-1.17E-15
การลดลงของโอโซน	9.04E-18	3.94E-15	2.34E-17	2.49E-17	2.34E-17	-8.46E-19
ความเป็นพิษต่อมนุษย์	2.95E-16	2.43E-14	5.83E-13	5.84E-13	5.83E-13	-2.76E-17
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด	7.93E-16	9.58E-14	5.25E-12	5.72E-12	5.25E-12	-7.42E-17
ความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำทะเล	6.92E-15	8.69E-13	5.41E-11	5.44E-11	5.41E-11	-6.48E-16
ความเป็นพิษต่อนิเวศบก	6.88E-16	2.93E-14	8.46E-16	1.27E-15	8.48E-16	-6.44E-17
การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแสง	1.62E-15	1.32E-14	4.63E-14	4.65E-14	4.86E-14	-1.51E-16
ผลกระทบรวม	3.09E-13	1.36E-12	6.03E-11	6.12E-11	6.04E-11	-2.90E-14

จากการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียโดยการเทียบหน่วย (Normalization) พบว่า มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเหมือนการประเมินผลกระทบแบบ Characterization (แสดงในภาพที่ 11) ที่พบว่าการจัดการของเสียจากการรื้อถอนในรูปแบบที่ 1 2 และ 3 นั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด โดยการจัดการของเสียที่พบในการศึกษา (รูปแบบที่ 1) นั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวม 97.31 % ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ขั้นตอน (ได้แก่ การรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสีย) รองลงมาคือ การขนส่งของเสียจากการรื้อถอน 2.19 % และการรื้อ

ถอน 0.5 % ตามลำดับ โดยในส่วนของการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 นั้นพบว่า ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในทางกลับกันนั้นได้ก่อให้เกิดประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อม (ค่าผลกระทบติดลบ) จากการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาข้อมูลบัญชีรายการของการรื้อถอนบ้านพักอาศัย

การศึกษาข้อมูลบัญชีรายการในขั้นตอนของการรื้อถอนนี้ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลสาขาเข้าและสารขาออก ดังนี้

1.1 การศึกษาข้อมูลสารขาเข้าของกระบวนการรื้อถอนโดยการพิจารณาการใช้เชื้อเพลิงพบว่า

การรื้อถอนบ้านพักอาศัยนิยมใช้แรงงานคนในการรื้อถอนมากกว่าการใช้เครื่องมือและเครื่องจักรเนื่องจากมีเพียงการใช้รถแบ็คโฮและชุดตัดแก๊สในการรื้อถอนส่วนโครงสร้างเท่านั้น โดยมีการใช้เชื้อเพลิงดีเซลในรถแบ็คโฮ สูงสุด คือ 2.014 ลิตร รองลงมาคือ แก๊ส LPG 0.105 กิโลกรัมและแก๊สออกซิเจน 0.084 กิโลกรัมต่อการรื้อถอนบ้านพักอาศัย 1 ตารางเมตร

1.2 การศึกษาข้อมูลสารขาออกของกระบวนการรื้อถอนโดยการพิจารณาประเภทและปริมาณของของเสียพบว่า

เศษอิฐและคอนกรีตนั้นมีปริมาณสูงที่สุดคือ 471.78 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (87.50%) รองลงมาคือไม้เนื้อแข็ง มีน้ำหนัก 37.20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (6.9%) กระเบื้องใยหินมีน้ำหนัก 10.76 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (2%) เหล็ก มีน้ำหนัก 7.34 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.36%) เศษอิฐปน มีน้ำหนัก 5.56 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.03%) กระเบื้องเซรามิค มีน้ำหนัก 3.99 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.74%) และกระจก มีน้ำหนัก 2.52 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.47%) ตามลำดับ

1.3 การศึกษาบัญชีรายการการขนส่งของเสียจากการรื้อถอนไปยังสถานที่จัดการของเสีย โดยพิจารณา ปริมาณเชื้อเพลิง ภาระบรรทุกและระยะทางที่ใช้ในการขนส่งพบว่า

การขนส่งของเสียไปยังสถานที่จัดการของเสียโดยการฝังกลบนั้นมีภาระบรรทุกมากที่สุด รองลงมาคือ การขนส่งของเสียไปยังสถานที่จัดการของเสียโดยใช้เชื้อเพลิงและการรีไซเคิล ตามลำดับโดยการขนส่งของเสียไปฝังกลบนั้นมีภาระบรรทุก 7.22 ตัน-กิโลเมตร รองลงมาคือการขนส่งไปยังสถานที่ใช้เชื้อเพลิงมีภาระบรรทุก 0.88 ตัน-กิโลเมตรและการรีไซเคิลมีภาระบรรทุก 0.21 ตัน-กิโลเมตรตามลำดับ

1.4 การศึกษาบัญชีรายการกระบวนการจัดการของเสียจากการรีไซเคิลทั้ง 3 ประเภท โดยแบ่งการจัดการของเสียจากการรีไซเคิลเป็น 3 ประเภทคือ การใช้เชื้อเพลิง การรีไซเคิลและการฝังกลบ โดยการเก็บข้อมูลพื้นฐาน และมลพิษที่เกิดขึ้นจากการจัดการของเสียนั้นใช้การอ้างอิงจากงานวิจัย โดยพบว่า

- การจัดการโดยการฝังกลบนั้นมีสัดส่วนสูงที่สุด 89% โดยน้ำหนัก รองลงมาคือ การใช้เชื้อเพลิง 9.37% และการรีไซเคิล 1.36% ตามลำดับ

- การใช้เชื้อเพลิง จะเป็นการนำมากองเก็บ เพื่อรอการจำหน่ายออกเป็นวัสดุมือสอง ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมการรีไซเคิล ใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent unit process ในโปรแกรม SimaPro 7.1 และการฝังกลบ กำหนดให้เป็นการนำของเสียไปปรับพื้นที่ โดยพบการใช้เครื่องจักรดังนี้ เครื่องจักรบดอัดดิน อัตราการใช้งาน 1.68 เมกกะจูลต่อตารางเมตรและรถแบ็คโฮ 0.75 เมกกะจูลต่อตารางเมตร

2. การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการรีไซเคิลบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียจากการรีไซเคิลบ้านพักอาศัย

2.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากขั้นตอนการรีไซเคิล

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการใช้น้ำดีเซลในรถแบ็คโฮ ที่ใช้ในการรีไซเคิล โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยยกเว้นผลกระทบการก่อให้เกิดการลดลงของชั้นโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ การก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศน้ำจืด นิเวศน้ำทะเลและนิเวศบนบกนั้น มีสาเหตุมาจากการใช้แก๊สออกซิเจน ในขั้นตอนของการตัดโครงสร้างเหล็กเป็นหลัก

2.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการขนส่ง

ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมาจากการขนส่งของเสียไปยังสถานที่ฝังกลบด้วยรถบรรทุก 6 ล้อที่มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลักกรองลงมา คือจากการขนส่งเหล็กไปยังโรงงานรีไซเคิล ด้วยรถกระบะ 4 ล้อ

2.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียจากรถรื้อถอน

2.3.1 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียที่พบในการศึกษานี้(รูปแบบที่ 1) พบว่า สาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดในทุกผลกระทบเกิดจากการจัดการของเสียโดยการฝังกลบ แต่การใช้ซ้ำก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการนำของเสียจากรถรื้อถอนไปใช้แทนวัสดุใหม่

2.3.2 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 2 ที่มีการนำเศษไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงพบว่า การเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการฝังกลบและการใช้ซ้ำนั้นมีลักษณะเหมือนกับการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 แต่ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าเนื่องจากการนำเศษไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน

2.3.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 3 ที่มีการนำเศษไม้ไปฝังกลบ พบว่า แนวโน้มของการก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการฝังกลบและการใช้ซ้ำนั้นมีลักษณะเหมือนกับการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 แต่การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่าน้อยกว่า เนื่องจากมีสัดส่วนในการใช้ซ้ำน้อยกว่า

2.3.4 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 ที่มีการจัดการเพียงการใช้ซ้ำและการรีไซเคิล พบว่า ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกด้านแต่ในทางกลับกันเป็นประโยชน์หรือช่วยลดการก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ การก่อให้เกิดฝนกรด การก่อให้เกิดภาวะสสารอาหารมากเกินไปก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อนิเวศบนบก เนื่องจากการนำของเสียจากรถรื้อถอนไปใช้แทนวัสดุใหม่

2.3.5 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากรถรื้อถอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1-4 พบว่า

- กระบวนการจัดการของเสียในรูปแบบที่ 1 2 และ 3 นั้นก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่าการขนส่งและการรีดลอน ตามลำดับ ในหลายผลกระทบยกเว้น ผลกระทบการก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ
- กระบวนการรีดลอนนั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่ำสุด
- การจัดการของเสียในรูปแบบที่ 4 นั้นก็จะก่อให้เกิดผลประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม จากการเป็นการนำของเสียไปใช้ทดแทนวัสดุใหม่จากทรัพยากรธรรมชาติ

2.3.5 การเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการรีดลอนบ้านพักอาศัย การขนส่งและการจัดการของเสียทั้ง 4 รูปแบบ โดยประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเทียบหน่วยกับการก่อให้เกิดผลกระทบในระดับโลก (Normalization) พบว่า

การจัดการของเสียที่พบในการศึกษา (รูปแบบที่ 1) นั้นก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวม 97.31 % ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ขั้นตอน (ได้แก่ การรีดลอน การขนส่งและการจัดการของเสีย) รองลงมาคือ การขนส่งของเสียจากการรีดลอน 2.19 % และการรีดลอน 0.5 % ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการรื้อถอนบ้านพักอาศัยและการจัดการของเสียโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต นั้นทำการศึกษาเพียงบ้านพักอาศัยที่มีโครงสร้างคอนกรีตเท่านั้น และจากการที่ทำการศึกษาระบวนการรื้อถอนของบริษัทรื้อถอนเพียงแห่งเดียวนั้นจะมีความเหมาะสมในการเป็นตัวแทนการศึกษาการรื้อถอนบ้านพักอาศัยหรือไม่ ดังนั้นแนวทางการศึกษาในอนาคตอาจเพิ่มกรณีศึกษาของหลายบริษัทมากขึ้น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบการดำเนินการรื้อถอน การขนส่งและการจัดการของเสีย หรืออาจทำการศึกษากฎที่บริษัทอาศัยมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน

จากผลการศึกษาพบว่า การจัดการของเสียจากการรื้อถอนที่มีอัตราส่วนของการฝังกลบสูงนั้นสามารถก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงในทุกผลกระทบแต่ในส่วนของการใช้ซ้ำและการรีไซเคิลนั้นเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นหากเพิ่มอัตราส่วนของการใช้ซ้ำและการรีไซเคิลให้มากขึ้น หรือใช้การใช้ซ้ำและการรีไซเคิล ให้ได้ 100 % แล้วจะสามารถลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2554. รายงานการศึกษาการศึกษาแนวทางกาจัดการเศษสิ่งก่อสร้างสำหรับประเทศไทย.

กรมช่างโยธาทหารอากาศ. 2550. ขั้นตอนการรื้อถอน. แหล่งที่มา: <http://civil.rtaf.mi.th/CivilInternetApp/Code/index.php>, 20 กันยายน 2555.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. 2550. การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้แนวทางวิถีชีวิต. การประชุมเชิงวิชาการ เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. 2551. การประเมินวิถีชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4. นครปฐม.

วรยุทธ สายบัวตรง. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานเพิ่มสุทธิและผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบหลักการผลิตเอทานอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2547. รายงานคู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ภายใต้โครงการ “การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม”.

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3. 2539. เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม.ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง.

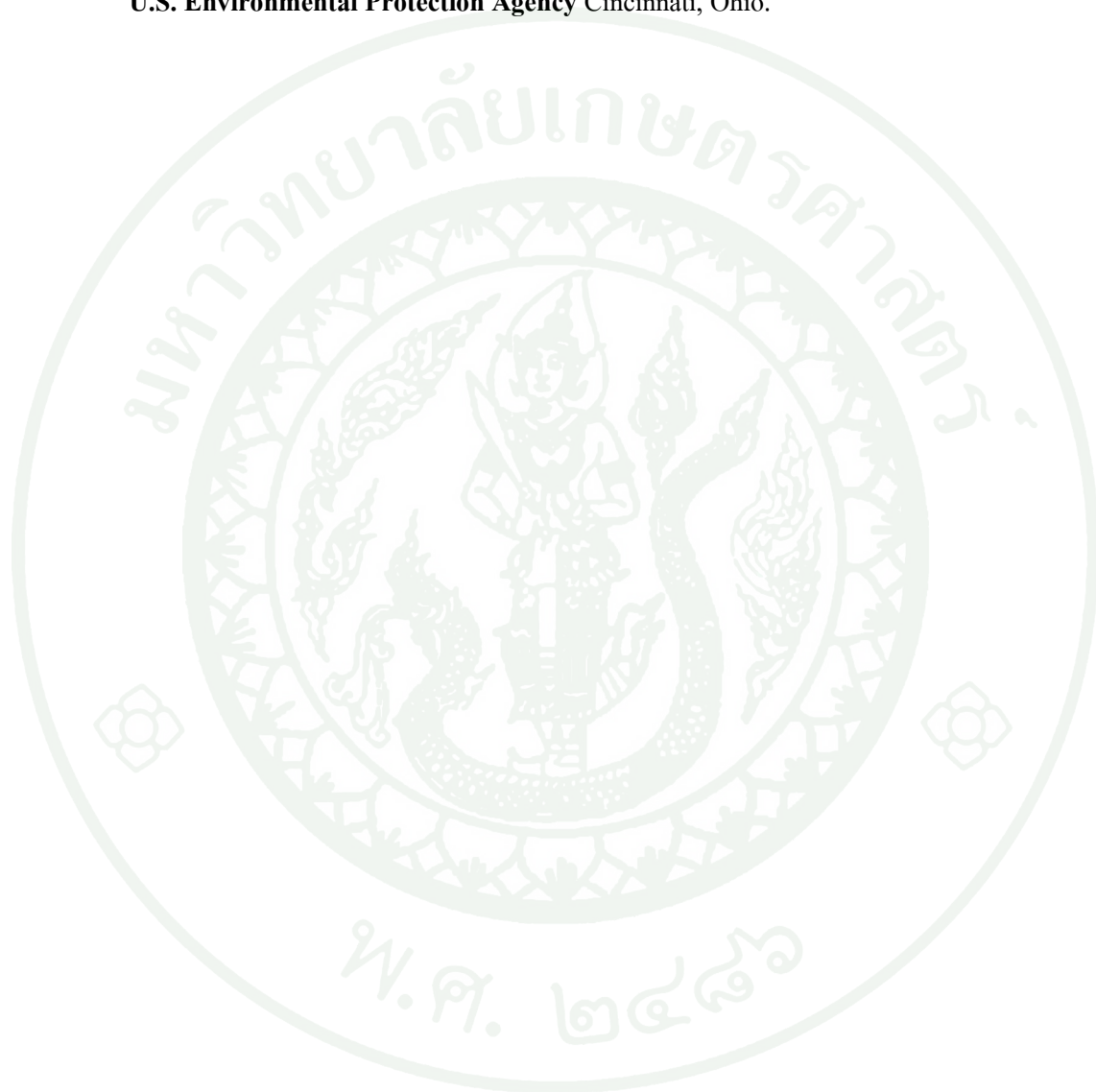
อิลีหัยะสนิโซ เจิดตระกุล หอมจำปา และสุรยาเจ๊ะเต๊ะ. 2551. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนและความหนืดของน้ำมันพืชใช้แล้วผสมกับน้ำมันดีเซล. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 3: 1-10.

- Blengini, G.A. 2009. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy. **Building and Environment**. 44: 319– 330.
- Bribian, I.Z., A.V. Capilla and A.A. Uson. 2011. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and Environmental**. 46: 1133-1140.
- Cochran, K.M. 2006. **Construction and demolition debris recycling: methods, makets, and policy**. University of Florida. USA.
- Cuellar, R. and A. Azapagic. 2012. **Life cycle assessment applied to the residential construction sector: A case study of a detached house in the UK**. The University of Manchester. United Kingdom.
- Galvin, A.P., J. Ayuso, J. R. Jimenez and F. Agrela. 2012. Comparison of batch leaching tests and influence of pH on the release of metals from construction and demolition wastes. **Waste Management**. 32: 88–95.
- Gian, A.B. 2009. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy. **Building and Environmental**. 44: 319-330.
- International Organization for Standardization ISO 14040. 2006. Environmental management- Life cycle assessment-Principles and framework.
- Jonbrink, A.K., C. Wolf-Wats, M. Erixon, P. Olsson and E. Wallen. 2000. LCA Software Survey. Sirii-Swedish Industrial Research Institutes' Initiative., Stockholm.
- Kofoworola, O. F. and S. H. Gheewala. 2006. An assessment of the embodied energy of common building materials in Thailand by the input–output technique. **International Conference on Green and Sustainable Innovation**. Chiangmai, Thailand.

- Kofoworola, O. F. and S. H. Gheewala. 2008. Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand. **Life Cycle Assess.** 13:498—511.
- Kofoworola, O. F. and S. H. Gheewala. 2009. Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. **Energy and Buildings.** 41: 1076–1083.
- Pasqualino, J.C., O. Ortiz and F. Castells. 2008. Life cycle assessment as a tool for material selection and waste management within the building sector, **Conference on Passive and Low Energy Architecture.** Dublin.
- O'Brien, E., B. Guy and A.S. Lindner. 2006. Life cycle analysis of deconstruction of military barracks: FT. McClellan, Anniston, AL. **Journal of Green Building.** 1: 166-183
- Ortiz, O., J.C. Pasqualino and F. Castells. 2010. Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. **Waste management.** 30: 646-654.
- Rosa, M., F. Cuéllar and A. Azapagic. 2012. Environmental impacts of the UK residential sector: Life cycle assessment of houses. **Building and Environmental.** 54: 86-99.
- Roussat, N., J. Mehu, M. Abdelghafour and P. Brula. 2008. Leaching behaviour of hazardous demolition Waste. **Waste Management.** 28: 2032-2040.
- Sara, B., E. Antonini and M. Tarantini. 2001. Application of life-cycle assessment (LCA) methodology for valorization of building demolition materials and products. **Proceeding SPIE 4193**, Environmentally Conscious Manufacturing, Boston, MA.
- Satori, I. and A.G. Hestnes. 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low energy buildings: A review article. **Energy and Buildings.** 39: 249-257.

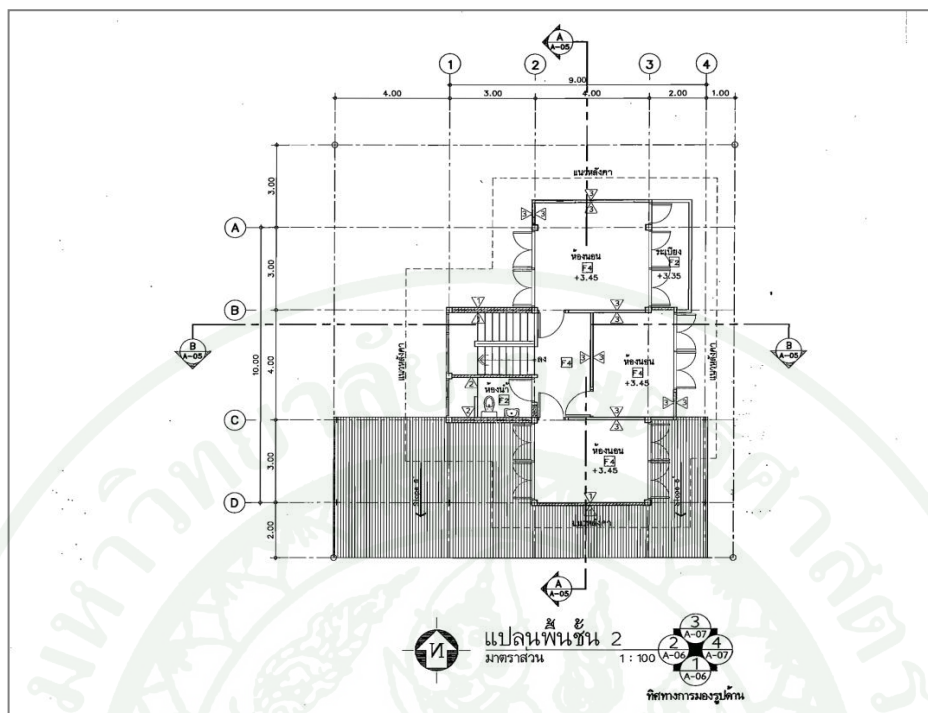
Sharma, A., A.Saxena, M. Sethi, V. Shree and Varun. 2011. Life cycle assessment of buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 15: 871–875.

U.S. Environmental Protection Agency. 2006. **Life Cycle Assessment: Principles and Practice**. U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio.

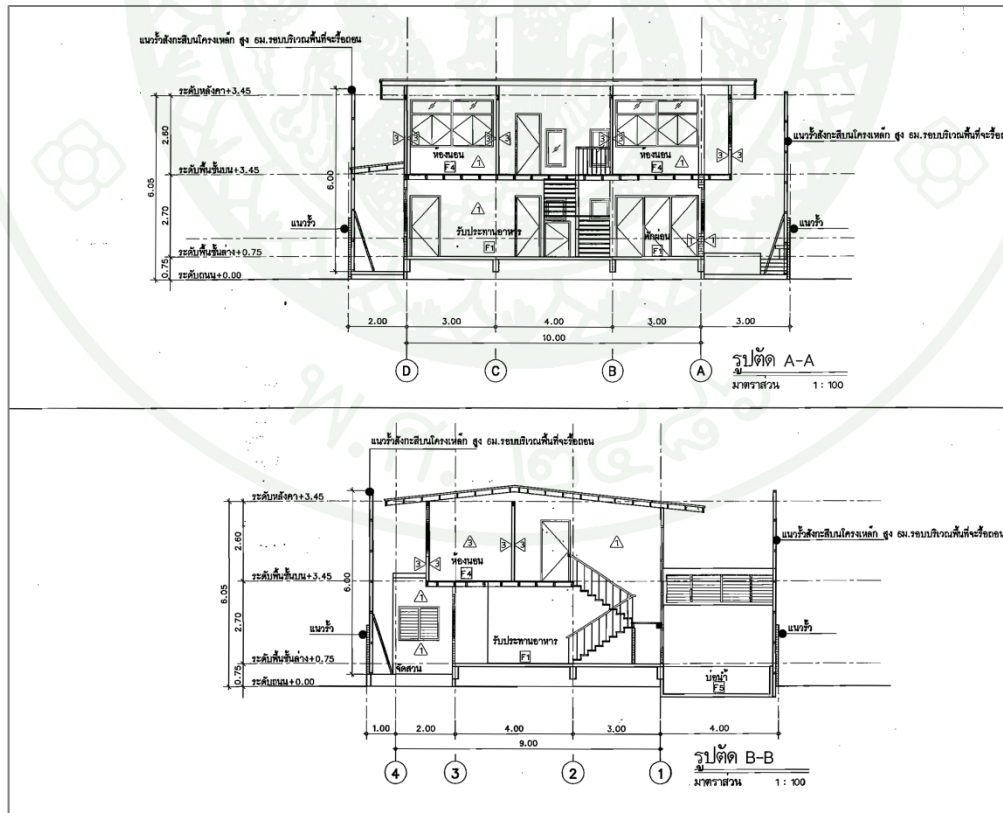








ภาพผนวกที่ 3 แปลนพื้นที่ 2 ของบ้าน



ภาพผนวกที่ 4 แปลนบ้าน (ภาพตัด)



ตารางผนวกที่ ข1 แบบสำรวจอุปกรณ์/เครื่องมือและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการรีดถอนอาคาร

ขั้นตอน	ชนิดเครื่องมือ	การใช้ไฟฟ้า			ชนิดของวัสดุ	ปริมาณ (หน่วย)	ของเสีย/วัสดุที่เกิดจากการรื้อถอน	
		กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ชั่วโมงใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh)			ชนิดของเสีย	ปริมาณ (หน่วย)
ตัดกระแสไฟฟ้า และถอดเก็บหลอดไฟ และอุปกรณ์ ทั้งภายในและภายนอก	ไขควง	-	-	-	-	-	สายไฟ	-
	คีมตัดลวด	-	-	-	-	-	หลอดไฟ	-
	-	-	-	-	-	-	ขา/โคม ติดตั้งหลอดไฟ	-
ถอดบานประตู หน้าต่าง	ค้อนปอนด์	-	-	-	-	-	บานประตู หน้าต่าง	-
		-	-	-	-	-	กระจก	-
รื้อพื้นปาร์เก้	ขแรง	-	-	-	-	-	เศษไม้ปาร์เก้	-
		-	-	-	-	-	เศษปูน	-
ถอดเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์	ไขควง	-	-	-	-	-	เครื่องสุขภัณฑ์	-
		-	-	-	-	-	เศษเซรามิก	-
รื้อฝ้าเพดานทั้งหมด	ขแรง	-	-	-	-	-	แผ่นฝ้า / เศษฝ้า	-
รื้อกระเบื้องผนังหลังคาและ โคร่งหลังคา	ประแจ	-	-	-	-	-	กระเบื้อง	-
ทุบผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นบน	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เศษอิฐ	-
		-	-	-	-	-	เหล็กเส้น	-

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

ขั้นตอน	ชนิดเครื่องมือ	การใช้ไฟฟ้า			การใช้วัสดุ		ของเสีย//วัสดุที่เกิดจากการรื้อถอน	
		กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	ชั่วโมงใช้งาน (ชั่วโมง)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)	ชนิดของวัสดุ	ปริมาณ (หน่วย)	ชนิดของเสีย	ปริมาณ (หน่วย)
ทุบผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นล่าง	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เศษอิฐ เหล็กเส้น	- -
รื้อถอนบันได	ค้อนปอน	-	-	-	-	-	ไม้	-
รื้ออะเส คอนกรีตเสริมเหล็ก	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เศษอิฐ เหล็กเส้น	- -
รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นสอง	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เศษอิฐ เหล็กเส้น	- -
รื้อพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นสองและรื้อคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับพื้นชั้นสอง	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เศษอิฐ เหล็กเส้น	- -
รื้อเสาคอนกรีตเสริมเหล็กชั้นล่าง	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เหล็กเส้น	- -
ทุบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	แบ็คโฮหัวกระแทก	-	-	-	น้ำมันดีเซล	-	เศษปูน เหล็กเส้น	- -



ตารางผนวกที่ ค1 ปริมาณของเสียจากการรีดถอน

ประเภทวัสดุ	องค์ประกอบ	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	แฟกเตอร์	น้ำหนักรวมทั้งหมด (กก.)	น้ำหนักต่อหน่วยการ ทำงาน (1 ตารางเมตร)
ไม้	วงกบไม้		0.9069421	680	616.721	4.313
	หน้าต่างไม้+ประตู		1.061144	680	721.578	5.046
	พื้นไม้	48		19.013	912.624	6.382
	ไม้ระแนง	112.75		11.88	1339.470	9.367
	คานไม้	2.2709686		680	1544.259	10.799
	พื้นไม้ปาเก้	37		5	185.000	1.294
กระจก	กระจก		0.140814	2560	360.484	2.521
กระเบื้องหลังคา	กระเบื้องหลังคา	112.75		13.64	1537.910	10.755
เหล็ก	เหล็กเส้น		ชั่งน้ำหนักจริง		1050.000	7.343
กระเบื้องปูพื้น	กระเบื้องปูพื้น	38		15	570.000	3.986
ยิปซัม	ฝ้าเพดาน	185.75		3.063	795.122	5.560
	ยิปซัมบอร์ด	25.2		9.174		
โครงสร้างก่ออิฐฉาบปูน (ผนัง)	อิฐ+คอนกรีต	220		240	52800.000	369.231
โครงสร้าง (พื้น)	อิฐ+คอนกรีต		5.11	2400	12264.000	85.762
	เสาคอนกรีต		30	80	2400.000	16.783



ตารางผนวกที่ ง1 แสดงรายละเอียดการใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 7.1

Data Inventory	Database	Descript of Database
1.Oxygen Gas	O ₂ / ETH-ESU 96 unit processes	Air is cooled down into liquid form where it can be separated from the other components. Energy use is approximated from varous sources orginating from 1979 - 1992. Process emissions, land use and capital goods are excluded.
2. LPG Gas	LPG / IDEMAT 2001	Data for the cradle-to-gate resource requirements and emission for providing of 1000 gallons of liquid propane (95.5 Million Btu or 146193 MJ) as a ready input in industrial equipment No combustion emissions are part of this process. Average USA technology, late 1990's (1000 US liquid gallons =3875.4 liters)
3. Diesel Fule	Diesel / IDEMAT 2001	Average for the produktion of 1 kg diesel with 15% North sea oil. Density 0.84 kg/ltr
4. Diesel burned in building machine (55 kW	Diesel, burned in building machine/ GLO U/Ecoinvent unit process	Diesel in building equipment, original German title: Diesel in Baumaschine.Unit inventory with links to other processes.Rough estimate for a 10 ton building machine using 19 liters of diesel per hr, assumed life time 10.000 hrs. Co, NOx , NMVOC, and dust emissions taken from BUWAL 1994 study. Other emissions taken from 16 ton truck. Oil use 2.2 g/hr listed as diesel use.

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Data Inventory	Database	Descript of Database
5. Diesel burned in building machine (62 kW)	Diesel, burned in building machine/ GLO U/Ecoinvent unit process	Diesel in building equipment, original German title: Diesel in Baumaschine. Unit inventory with links to other processes. Rough estimate for a 10 ton building machine using 19 liters of diesel per hr, assumed life time 10.000 hrs. Co, NOx , NMVOC, and dust emissions taken from BUWAL 1994 study. Other emissions taken from 16 ton truck. Oil use 2.2 g/hr listed as diesel use.
6. Transportation by truck 16 ton.	Truck 16t * ETH -ESU 96	Inventory tables include construction of the infrastructure (roads, bridges and tunnels),manufacturing of the truck, direct energy and working material consumption and emissions during operation. End of life and production waste are included as well. In principle, all subsystems described in System model ESU-ETH 1996 (general principles) are included in the system. System model Transport lists the modeled transportation means and the geographical provenience of the main data sources. Transportation services, i.e. ton-kilometers (tkm), are modeled according to the particularities of each energy carrier. Average fuel consumption, load factors and emission factors are used for the different transport means. Direct emissions are based on studies in Germany, Switzerland and the USA. The emissions are influenced by many factors, such a car weight, effective and allowed load, type of engine, age, road conditions, congestions, topography, maximum speed, individual driving behaviour, to name a few.The composition of the truck fleet was modeled for Switzerland in 1993. This means this process is

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

Data Inventory	Database	Descript of Database
		not representing European conditions, even though it is used to model transport throughout the study.
8. Transportation by delivery van <3.5 ton.	Delivery van <3.5t ETH - ESU 96	Inventory tables include construction of the infrastructure (roads, bridges and tunnels), manufacturing of he van, direct energy and working material consumption and emissions during operation. End of life and production waste are included as well. In principle, all subsystems described in System model ESU-ETH 1996 (general principles) are included in the system. System model Transport lists the modeled transportation means and the geographical provenience of the main data sources. Transportation services, i.e. ton-kilometers (tkm), are modeled according to the particularities of each energy carrier. Average fuel consumption, load factors and emission factors are used for the different transport means. Direct emissions are based on studies in Germany, Switzerland and the USA. The emissions are influenced by many factors, such a car weight, effective and allowed load, type of engine, age, road conditions, congestions, topography, maximum speed, individal driving behaviour, to name a few. The composton of the truck fleet was modeled for Switzerland in 1993. This means this process is not representing European conditions, even though it is used to model transport throughout the study.





ภาพผนวกที่ จ1 การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันล๊อมรอบพื้นที่รื้อถอน



ภาพผนวกที่ จ2 การรื้อถอนระบบไฟฟ้า



ภาพผนวกที่ จ3 การรื้อถอนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน



ภาพผนวกที่ จ4 การรื้อถอนอุปกรณ์สุขภัณฑ์



ภาพผนวกที่ จ5 การรื้อถอนส่วนของวงกบหน้าต่าง



ภาพผนวกที่ จ6 ลักษณะของฝ้าเพดานที่ถูกรื้อถอนบางส่วน



ภาพผนวกที่ จ7 การรื้อวงกบพร้อมประตู



ภาพผนวกที่ จ8 การรื้อส่วนของบันได



ภาพผนวกที่ จ9 การรื้อถอนส่วนของไม้ที่ตกแต่งภายใน



ภาพผนวกที่ จ10 การรื้อพื้นไม้ชั้น 2



ภาพผนวกที่ จ11 การรื้อถอนหลังคา



ภาพผนวกที่ จ12 การรื้อถอนโครงสร้างหลังคา



ภาพผนวกที่ จ13 การรื้อถอนโครงสร้างหลังคา



ภาพผนวกที่ จ14 การรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต (ก)



ภาพผนวกที่ จ15 การรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต (ข)



ภาพผนวกที่ จ16 การบดย่อยชิ้นส่วนคอนกรีต



ภาพผนวกที่ จ17 การตัดแยกส่วนของโครงสร้างเหล็ก



ภาพผนวกที่ จ18 การรื้อส่วนของโครงสร้างเหล็กออกจากคอนกรีต





ภาพผนวกที่ ๑1 วงกบน้ำต่างและบานเกล็ดจากการรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๑2 พื้นไม้และโครงสร้างไม้จากการรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๑3 กระเบื้องหลังคาจากการรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๔ พื้นไม้ปาร์เก้จากการรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๕ ลักษณะของฝ้าเพดานและแผ่นยิปซัมจากการรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๖ ลักษณะการผสมกันของเศษยิปซัม เศษกระเบื้อง
เศษอิฐและคอนกรีต



ภาพผนวกที่ ๗ ลักษณะของโครงสร้างคอนกรีตและโครงสร้างเหล็กที่ถูกรื้อถอน



ภาพผนวกที่ ๘ ลักษณะของเหล็กที่ถูกแยกออกจากส่วนของคอนกรีต

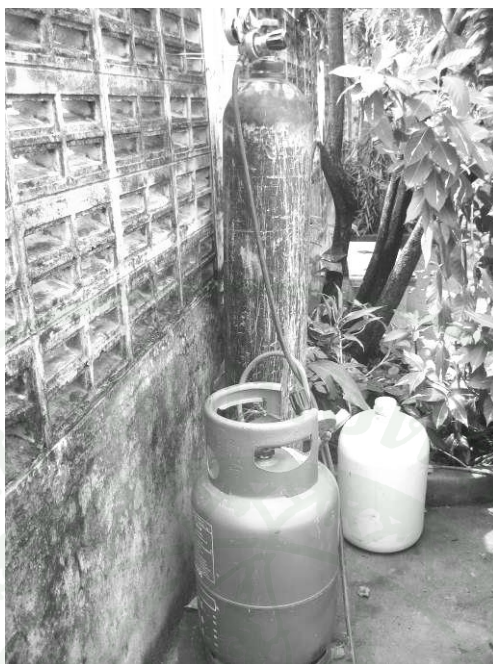


ภาพผนวกที่ ๙ ลักษณะของคอนกรีตจากการรื้อถอนก่อนทำการบดย่อย



ภาพผนวกที่ ๑๑ ลักษณะของคอนกรีตที่ถูกรื้อถอนและบดอัดเพื่อให้มีขนาดเล็กลง





ภาพผนวกที่ ข1 ชุดตัดแก๊สที่ใช้ในการตัดโครงสร้างเหล็ก



ภาพผนวกที่ ข2 รถแบ็คโฮที่ใช้ในการรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีต

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นิษา ม่วงเอง
วัน เดือน ปี ที่เกิด 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา ระดับอุดมศึกษา
 วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2554)
ตำแหน่งปัจจุบัน -
สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
ทุนการศึกษาที่ได้รับ ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2556)