การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัย โดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

นางสาวณัฐกานต์ สมตัว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS BY LIFE CYCLE ASSESSMENT

Nathakan Somtua

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.สุดจิต ครุจิต)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.ฉัตรเพชร ยศพล)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล)
กรรมการ

(อ. ดร.อภิชน วัชเรนทร์วงศ์)
กรรมการ

(อ. ดร.ประยงค์ กีรติอุไร)
กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปีจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ณัฐกานต์ สมตัว : การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยโดยการประเมินวัฏจักรชีวิต (ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS BY LIFE CYCLE ASSESSMENT)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล, 262 หน้า

อาคารที่พักอาศัยเป็นโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมที่ถูกพิจารณาให้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในทุกขั้นตอน แนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) มุ่งเน้นให้การออกแบบใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดมลภาวะน้อย โดยคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรตั้งแต่เริ่มต้นการผลิตจนสิ้นสุดการใช้งานหรือการทำลาย ทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้ต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสในการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น งานวิจัยนี้ได้เลือกบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค ซึ่งประกอบด้วย บ้านภาคเหนือ บ้านภาคกลาง บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคใต้ มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 242-339 ตารางเมตร โดยกรมโยธาธิการและผังเมืองได้ออกแบบไว้บริการประชาชนมาเป็นกรณีศึกษา

การวิจัยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลจากบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ในขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย การใช้พลังงานในการซ่อมแซมบำรุงรักษา ตลอดจนพลังงานที่ใช้และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการรื้อถอน โดยทำการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค ด้วยวิธี Eco-indicator 99 เปรียบเทียบกับ BEES 4.0 เพื่อศึกษาความพร้อมของวิธีการและฐานข้อมูลในการประเมินโครงสร้างและวัสดุทางสถาปัตยกรรม ซึ่งการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 เป็นวิธีที่ประเมินได้ง่าย รวดเร็ว สามารถสร้างขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ (Product Stages) ที่ต้องการประเมินผลกระทบทั้งหมดขึ้นมาเพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต อีกทั้งยังมีฐานข้อมูลมากกว่า สำหรับวิธี BEES 4.0 มีจุดเด่นที่สามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันและสามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ จากการประเมินทั้ง 2 วิธีพบว่า บ้านภาคกลางกรณีศึกษามีแนวโน้มความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าบ้านภาคอื่น ๆ กล่าวคือ มีสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมดีที่สุด

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

NATHAKAN SOMTUA : ENVIRONMENTAL PERFORMANCE EVALUATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS BY LIFE CYCLE ASSESSMENT. THESIS ADVISOR : CHATPET YOSSAPOL, Ph.D., 262 PP.

GREEN ARCHITECTURE/ LIFE CYCLE ASSESSMENT/
LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT/ RESIDENTIAL BUILDING

Residential housings are architectural structure that can be considered as a product that poses environmental burden along its life cycle stages. Architectural design employing life cycle assessment (LCA) approach focuses on the design that aims at less resource use and less waste emission from the production of materials to their final disposal. The assessment provides the potential environmental impacts associated with energy and material use for a housing project. Furthermore, it also provides magnitude of the impacts and opportunity to improve environmental friendliness of the house. This research selects four Thai-style housings as the case study for the assessment purpose namely; northern region style, central region style, northeastern region style, and southern region style with their functional area ranging from 242 to 339 square meters. These houses were designed by Thailand's Department of Public Works and Town & Country Planning and the drawings are free of charge to the public.

This research begins from the collection of inventory data associated with bill of quantity in the construction stage, average energy use in every day's life and maintenance in the use stage, and energy use and debris generation in the demolition stage. Then the environmental performance of the housing projects is assessed using

Eco-Indicator 99 and BEES 4.0 life cycle impact assessment (LCIA) methods. This is done with the focus on the capability evaluation of the methods and their database as an environmental performanceassessment tool for structural and architectural materials. It is found that Eco-Indicator 99 is a capable one in terms of its convenience of use and product stage simulation, comparative assessment capability for the entire life cycle stages, and a comprehensive inventory database. Meanwhile, BEE 4.0 is capable of the assessment between different construction materials and economic point of view. The assessment from both methods suggests that the central region style housing has the highest score in terms of environmental performance. In other words, it is the most environmental friendliness one.

School of Environmental Engineering Student's Signature Nathakan

Academic Year 2010 Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ซึ่งได้แก่

อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำ และแนวทางอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัย รวมถึงได้ช่วยตรวจทาน และแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนทำให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดจิต ครุจิต อาจารย์ ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล อาจารย์ ดร.อภิชน วัชเรนทร์วงศ์ อาจารย์ ดร.ประยงค์ กีรติอุไร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และความรู้ทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเงินทุนทางด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่งมาโดยตลอดจนได้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณจริยาพร ศรีวิไลลักษณ์ คุณนารี กลิ่นกลาง ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาการจัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และคอยให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน รวมถึงมิตรสหายทั้งในอดีตและปัจจุบันที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น ความห่วงใย การอบรมเลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

ณัฐกานต์ สมตัว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฐ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม 4

2.1.1 ความหมายและแนวคิดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 5

2.1.1.1 ความหมายของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 5

2.1.1.2 แนวคิดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 5

2.1.1.3ประโยชน์ของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ 7

2.1.2 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษา 7

2.1.2.1 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษาในต่างประเทศ 7

2.1.2.2 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษาในประเทศไทย 12

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต 16

2.2.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2 หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต 16
2.2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา 16
2.2.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 19
2.2.2.3 การประเมินผลกระทบ 20
2.2.2.4 การแปลผลการศึกษา 21
2.2.3 การนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทย 22
2.3 การใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตในงานด้านสถาปัตยกรรม 34
2.4 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม 43
2.5 กรณีศึกษาบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 44
2.6 โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 47
2.6.1 โปรแกรม SimaPro 7.1 47
2.6.2 โปรแกรม BEES 4.0 53
2.7 ความสำคัญของปัญหา 56
3 วิธีดำเนินการวิจัย 58
3.1 รูปแบบการวิจัย 58
3.2 วิธีการวิจัย 59
3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา 59
3.2.1.1 เป้าหมายของการศึกษา 59
3.2.1.2 ขอบเขตของการศึกษา 59
3.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 61
3.2.2.1 วัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างบ้านพักอาศัย 61
3.2.2.2 ช่วงการใช้งานบ้านพักอาศัย 61
3.2.2.3 ช่วงการซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย 63
3.2.2.4 ช่วงการรื้อถอนและการนำไปกำจัดเมื่อบ้านพักอาศัย หมดอายุการใช้งาน 66
3.2.3 การประเมินผลกระทบ 67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 การแปลผล 68
3.3 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 68
3.4 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ 69
3.4.1 บัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 69
3.4.2 โปรแกรม SimaPro 7.1 69
3.4.3 โปรแกรม BEES 4.0 69
3.5 การดำเนินงาน 72
4 ผลการศึกษา 74
4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา 74
4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ 75
4.2.1 ข้อมูลวัสดุก่อสร้าง 75
4.2.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ 75
4.2.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ 77
4.2.2 ขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัย 79
4.2.3 การซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย 79
4.2.4 การรื้อถอนและนำไปกำจัด 80
4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม 80
4.3.1 SimaPro-Ecoindicator 99 80
4.3.1.1 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 80
4.3.1.2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 82
4.3.1.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 84
4.3.1.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 86
4.3.1.5 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค 88
4.3.2 SimaPro-BEES 93

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.3 BEES 4.0 94
4.3.3.1 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 94
4.3.3.2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 97
4.3.3.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 99
4.3.3.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 102
4.3.3.5 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค 104
4.4 การแปลผล 110
4.4.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-Ecoindicator 99 กับ BEES 4.0 110
4.4.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-BEES กับ BEES 4.0 112
4.4.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 112
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 113
5.1 สรุปผลการศึกษา 113
5.1.1 ผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 113
5.1.1.1 ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro วิธี Eco-indicator 99 113
5.1.1.2 ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro วิธี BEES 114
5.1.1.3 ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 114
5.1.2 การเปรียบเทียบความพร้อมของวิธีการและฐานข้อมูล 114
5.1.2.1 Eco-indicator 99 114
5.1.2.2 BEES 4.0 114
5.1.3 สรุปข้อดีและข้อด้อยของวิธีการประเมิน 114
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 115
5.3 ข้อเสนอแนะ 115

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง 117
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 126
ภาคผนวก ข. รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 139
ภาคผนวก ค. รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 152
ภาคผนวก ง. รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 164
ภาคผนวก จ. รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA 178
ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดเพิ่มเติมการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ 187
ภาคผนวก ช. รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 210
ภาคผนวก ซ. ปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล SimaPro 7.1 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค กรณีศึกษา 216
ภาคผนวก ฌ. ปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล BEES 4.0 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค กรณีศึกษา 222
ภาคผนวก ญ. ผลการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Ecoindicator 99 226
ภาคผนวก ฎ. ผลการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี BEES 235
ภาคผนวก ฏ. ผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 240
ภาคผนวก ฐ. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา 253
ประวัติผู้เขียน 262

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างการทำ LCA ของตู้เย็น 8
2.2 ตัวอย่างการทำ LCA ของเครื่องปรับอากาศ 9
2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย 29
2.4 ค่าการปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงไฟฟ้า 40
2.5 พลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ของวัสดุก่อสร้าง 41
2.6 ข้อมูลการปล่อยมลพิษของวัสดุก่อสร้าง 42
2.7 ค่าที่ใช้ในการคำนวณความเสียหายด้วยวิธี Eco-indicator 99 49
2.8 มุมมองเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 51
2.9 ตัวอย่างการจำแนกประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Classification) 51
2.10 ตัวอย่างผลกระทบในกลุ่มการปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) ในขั้นตอน Characterization 52
2.11 การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในโปรแกรม BEES 4.0 54
3.1 รายละเอียดโดยสังเขปของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค 61
3.2 ปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ต้องใช้ในหมวดงานโครงสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 62
3.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทผู้ใช้เฉพาะที่เป็นบ้านพักอาศัย 62
3.4 สรุปประเด็นหลักของการซ่อมแซมบำรุงรักษาอาคารที่พักอาศัย จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 63
3.5 สรุปอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 64
3.6 สรุปประเด็นหลักของการรื้อถอนและการนำไปกำจัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 66
3.7 ระยะเวลาในการดำเนินงาน 73
4.1 ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 76
4.2 สรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 77

ฎ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.3 สรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ในฐานข้อมูลโปรแกรม BEES 4.0 79
4.4 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 81
4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทย อนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 81
4.6 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 82
4.7 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทย อนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 83
4.8 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 84
4.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทย อนุรักษ์ไทยภาคอีสาน ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 85
4.10 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 86
4.11 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทย อนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 87
4.12 พลังงานและวัสดุที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค 89
4.13 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยวิธี Eco-indicator 99 90
4.14 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยพิจารณาต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ด้วยวิธี Eco-indicator 99 91
4.15 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro โดยอาศัยวิธี BEES 93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.16 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 96
4.17 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 98
4.18 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 101
4.19 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 103
4.20 ผลกระทบพิจารณาแยกในแต่ละหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 105
4.21 ปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ทั้ง 4 ภาค 105
4.22 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยโปรแกรม BEES 4.0 108
4.23 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ด้วยโปรแกรม BEES 4.0 108

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040 17
2.2 การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษา 18
2.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ 45
2.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง 45
2.5 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน 46
2.6 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ 46
2.7 แบบจำลองรายละเอียดการคำนวณผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหาย ด้วยวิธี Eco-indicator 99 55
3.1 วัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย 58
3.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 59
3.3 ขอบเขตในการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย 60
3.4 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 68
3.5 ขั้นตอนการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 70
3.6 ขั้นตอนการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 71
3.7 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน 72
4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 82
4.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 84
4.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 86
4.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 88
4.5 สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยวิธี Eco-indicator 99 90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค
พิจารณาพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ด้วยวิธี Eco-indicator 99 92
4.7 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 95
4.8 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 95
4.9 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 97
4.10 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 99
4.11 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 100
4.12 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 100
4.13 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 102
4.14 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 104
4.15 กลุ่มผลกระทบพิจารณาแยกในแต่ละหมวดงานประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 106
4.16 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 107
4.17 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
พิจารณาต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 109

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Sustainable Development	=	การพัฒนาที่ยั่งยืน
Eco Design	=	การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ
WEEE	=	ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
RoHS	=	ระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
REACH	=	ระเบียบเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ
ELV	=	ระเบียบเกี่ยวกับการจัดการซากของยานยนต์
Eco Product	=	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ
Green Design	=	การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม
Eco Label	=	ฉลากสิ่งแวดล้อม
LCA	=	การประเมินวัฏจักรชีวิต
Goal and Scope Definition	=	การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา
Functional Unit	=	หน่วยหน้าที่ของผลิตภัณฑ์
System Boundary	=	ขอบเขตของระบบที่ศึกษา
LCI	=	การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ
LCIA	=	การประเมินผลกระทบ
Selection	=	การเลือกข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
Classification	=	การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม
Characterization	=	การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
Normalization	=	การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
Grouping	=	การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

Weighting	=	การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท
Data Quality Analysis	=	การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล
Sensitivity Analysis	=	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล
Allocation	=	วิธีปันส่วน
Cut-off	=	การตัดออก
Life Cycle Interpretation	=	การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต
Green Building	=	อาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม/อาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
BREEAM	=	แบบประเมินอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมของประเทศอังกฤษ
LEED	=	แบบประเมินอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา
TEEAM	=	แบบประเมินอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
Embodied Energy	=	พลังงานสะสมรวมของวัสดุ
EPE	=	การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม
Mid-point Impact	=	การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง
End-point Impact	=	การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง
Eco-indicator 99	=	วิธีการประเมินค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม
Damage Category	=	กลุ่มความเสียหาย
DALY	=	การสูญเสียทางด้านสุขภาพที่ดีเนื่องจากการได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้อม
PDF*m^2yr	=	สัดส่วนของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่หายไปในพื้นที่ที่แน่นอน
MJ surplus	=	พลังงานที่ต้องการหรือพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในการนำแร่ขึ้นมาใช้เทียบกับวัตถุดิบที่เสียไป โดยขึ้นอยู่กับความรู้ทางเทคโนโลยี
Indicator	=	ตัวชี้วัด
Single Score	=	คะแนนเชิงเดี่ยว
pts	=	คะแนน
Impact Category	=	กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม
Carcinogens	=	การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง
Respiratory organics	=	สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

Respiratory inorganic	=	สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ
Climate Change	=	สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก
Radiation	=	การแผ่รังสี
Ozone Depletion	=	ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ
Ecotoxicity	=	ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์
Acidification	=	ภาวะความเป็นกรด
Land Use	=	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
Minerals	=	การใช้แร่ธาตุ
Fossil Fuel	=	การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล
Pairwise	=	การเปรียบเทียบผลกระทบเป็นคู่ ๆ
Equal Weight	=	ให้น้ำหนักผลกระทบเท่ากันหมด
Global Warming	=	ภาวะโลกร้อน
Eutrophication	=	ภาวะการเจริญเติบโตของพืชน้ำ
Fossil Fuel Depletion	=	ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล
Indoor Air Quality	=	คุณภาพอากาศภายในอาคาร
Habitat Alteration	=	การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย
Water Intake	=	ปริมาณการใช้น้ำ
Criteria Air Pollutants	=	ปริมาณมลสารในอากาศ
Smog	=	การเกิดหมอกควัน
Human Health	=	ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์
BOQ	=	บัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติปีละประมาณ 3,000 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วนถึง 40% ของจำนวนทรัพยากรทั้งหมดที่ใช้ในโลก (Roodman and Lenssen, 1995) โดยอาคารและสิ่งปลูกสร้างมีการใช้วัสดุที่หลากหลายซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน วัตถุดิบ และก่อให้เกิดของเสียเป็นจำนวนมาก สาเหตุหลักเกิดจากการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง (Kospomoulos, 2004) นอกจากนี้ Asif, Muneer, and Kelley (2007) ยังพบว่าอาคารและสิ่งปลูกสร้าง รวมไปถึงการผลิตและการขนส่งวัสดุก่อสร้างได้มีการใช้พลังงานประมาณ 25-40% และอาจมากถึง 50% ในบางประเทศ

อาคารที่พักอาศัยเป็นสถาปัตยกรรมที่สนองความต้องการพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุจำนวนมาก ไม่ตายตัว และอาจปรับเปลี่ยนไปตามการออกแบบในแต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับการใช้งานของผู้อยู่อาศัย โดยความต้องการบ้านพักอาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี อันเนื่องมาจากปริมาณคนชั้นกลางและแนวโน้มการแยกเป็นครอบครัวเดี่ยวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากสถานการณ์พลังงานในปี 2550 พบว่า อาคารที่พักอาศัยมีการใช้พลังงานสูงเป็นอันดับ 3 หรือคิดเป็นร้อยละ 20 รองจากภาคอุตสาหกรรมและภาคการคมนาคมขนส่ง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากปัญหาวิกฤตพลังงานดังกล่าวทำให้สถาปนิกให้ความสนใจกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับขั้นตอนการใช้งานของอาคารสิ่งก่อสร้างเพราะมีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่น ๆ อีกทั้งยังมีหลายหน่วยงานพยายามออกเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินอาคารที่พักอาศัยเพื่อเป็นการรณรงค์ให้มีการลดการใช้พลังงาน เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ออกเกณฑ์การประเมินอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ชื่อว่า TEEAM (Thailand Energy and Environmental Assessment Method) โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ แบบประเมินสำหรับบ้านพักอาศัย และแบบประเมินอาคารที่ไม่ใช่บ้านพักอาศัย แล้วได้ออกฉลากให้กับอาคารประหยัดพลังงาน โดยแบ่งไว้ 3 ระดับคือ ดี ดีมาก และดีเด่น (ธนิต จินดาวณิค, พรรณชลัท สุริโยธิน และ วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์, 2550) แต่แบบประเมินดังกล่าวจะทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานภายในอาคารเท่านั้น เช่น เกณฑ์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง/หลังคา และเกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถประเมินการใช้วัตถุดิบ พลังงาน ตลอดจนการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนได้

แนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) มุ่งเน้นให้การออกแบบใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดมลภาวะน้อย ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการหรือกิจกรรม โดยการระบุ จำแนกปริมาณพลังงานและวัสดุที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้เหล่านี้ต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสที่จะปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น โดยในการประเมินนี้พิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรมตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การขนส่งและการจำหน่าย การใช้งาน การใช้ซ้ำ การบำรุงรักษา การรีไซเคิล และการจัดการของเสีย (Society of Environmental Toxicology and Chemistry [SETAC], 1997) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (From the Cradle to Grave) เพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยที่ผ่านมา LCA ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่มีความสัมพันธ์กับงานทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยสามารถนำไปใช้ประเมินผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร รวมไปถึงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งในปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปถึงการประเมินผลกระทบในภาคส่วนของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ โดยผลจากการศึกษาไม่เพียงจะเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดความใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังนำไปสู่การยกระดับกลุ่มผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและผลกระทบที่สำคัญตลอดอายุการใช้งาน เช่น ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ระบบนิเวศน์ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น

อาคารที่พักอาศัยหรือโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมในประเทศไทยยังไม่ค่อยมีผู้ศึกษาวิจัยมากนัก ที่ผ่านมามีผลการศึกษาของชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2551) ที่เปรียบเทียบผลกระทบของบ้านโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีต โดยใช้ SimaPro-Ecoindicator 99 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการทำ LCA เนื่องจากสามารถประเมินได้ง่าย รวดเร็ว แสดงผลออกมาเป็นคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยไม่ได้แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเด็นในรูปแบบปริมาณหรือความเข้มข้นของมลพิษ แต่แสดงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศน์ที่ถูกทำลายไป ในขณะที่ BEES 4.0 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะและมีจุดเด่นที่สามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันได้ เพื่อนำผลไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดที่ใช้การประเมินทั้งสองวิธีมาประเมินอาคารที่พักอาศัยเปรียบเทียบกัน โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกแบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยที่ประกอบด้วย บ้านภาคเหนือ บ้านภาคอีสาน บ้านภาคกลาง และบ้านภาคใต้ มาใช้เป็นกรณีศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัย โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

2. เพื่อศึกษาความพร้อมของวิธีการและฐานข้อมูล สำหรับใช้ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างและวัสดุทางสถาปัตยกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ ที่ทางกรมโยธาธิการและผังเมืองได้ออกแบบไว้สำหรับบริการประชาชน โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งาน การซ่อมแซมบำรุงรักษา ตลอดจนการรื้อถอนและการนำไปกำจัดเมื่อหมดอายุการใช้งาน

2. เป็นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัย โดยเปรียบเทียบการใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานในการประยุกต์ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารและสิ่งก่อสร้าง

2. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัย ซึ่งนอกจากจะนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารต่าง ๆ ได้แล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานออกแบบอาคารและการวางแผนการก่อสร้างต่อไป

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม

การขยายตัวของประชากรและการพัฒนาทางเศรษฐกิจในปัจจุบันก่อให้เกิดการขยายตัวของกิจกรรมและเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกมามากมายเพื่อตอบสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ ในขณะเดียวกันกิจกรรมและผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นฐานในการผลิตและการพัฒนา จึงก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของประชาชน ตลอดจนเป็นข้อจำกัดในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในอนาคต การจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีควรเน้นนโยบายเชิงรุกซึ่งนโยบายดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผสมผสานวิธีการและทางเลือกหลายรูปแบบที่เหมาะสม โดยมีแนวคิดว่าการพัฒนาสิ่งแวดล้อมจะต้องควบคู่ไปกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development)

ในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจกับการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Design for Environment and Economic and Ecological Design : Eco Design or Green Design) ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบที่รวมทั้งแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเข้าไว้ด้วยกัน กล่าวคือเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์และบริการให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มุ่งเน้นการลดกากของเสีย ยืดระยะเวลาการใช้งานและเพิ่มปริมาณการนำกลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงผลเสียที่จะตามมาภายหลังตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ความสำคัญของ Eco Design มิใช่เป็นเพียงแค่แนวทางในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญในแง่ของการค้าและการส่งออกอีกด้วย เนื่องจากประเทศพัฒนาแล้ว เช่น สหภาพยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น ให้ความสนใจด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงมีข้อกำหนดและกฎระเบียบทางการค้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste Electrical and Electronic Equipment : WEEE) ระเบียบว่าด้วยการห้ามใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (The Restriction of the use of certain Hazardous Substance in electrical and electronic equipment : RoHS) ระเบียบเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Registration Evaluation and Authorization of Chemical : REACH) ระเบียบเกี่ยวกับการจัดการซากของยานยนต์

(End of Life Vehicles : ELV) เป็นต้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องเข้ามาเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อเศษซากวัสดุจากผลิตภัณฑ์ของตน ผู้ประกอบการจึงต้องปรับปรุงและพัฒนาสินค้าของตนเพื่อที่จะสามารถส่งออกสินค้าได้

ดังนั้นแนวคิด Eco Design จึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์เชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco Product) ให้แก่อุตสาหกรรมหลักของประเทศ ตลอดจนทำการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบใหม่ (Redesign) กับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยใช้วิธีการที่เหมาะสม เช่น Streamlined LCA อีกทั้งได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตของอุตสาหกรรมทั้งในแง่ของการพัฒนาเทคโนโลยี และการพัฒนากำลังคนซึ่งจะส่งผลให้เป็นสังคมที่ยั่งยืนต่อไป

2.1.1 ความหมายและแนวคิดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

2.1.1.1 ความหมายของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Economic and Ecological Design : Eco Design) หรือกรีนดีไซน์ (Green Design) คือกระบวนการที่ผนวกแนวคิดด้านเศรษฐศาสตร์และด้านสิ่งแวดล้อมเข้าไปในขั้นตอนการออกแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะทางด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนการผลิต ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการใช้งาน และช่วงการทำลายหลังการใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน โดยส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2547)

2.1.1.2 แนวคิดด้านการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ในอดีตที่ผ่านมา การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นจะมุ่งเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าและผู้ผลิตเป็นสำคัญ โดยเน้นพิจารณาต้นทุน หน้าที่ (Functional Unit) ความสวยงาม และความปลอดภัยเป็นหลัก แต่จากแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่แนวคิดผลิตภัณฑ์ยั่งยืน ทำให้มุมมองการออกแบบผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปสู่แนวคิดที่มีการพิจารณาด้านอื่น ๆ มากขึ้น นั่นคือการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และจริยธรรมเพิ่มเติมขึ้นมา ทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ขยายไปสู่แนวคิด Eco Design คือการนำหลัก 4R ได้แก่ การลด (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช่ใหม่ (Recycle) และการซ่อมบำรุง (Repair) มาประยุกต์ใช้ในทุกช่วงของวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การวางแผนการผลิต การออกแบบ การผลิต การใช้งาน และการทำลายหลังการใช้งาน

Eco Design เป็นแนวทางหนึ่งในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมนอกเหนือจากแนวทางอื่น ๆ ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology : CT)

หรือวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งในประเทศไทยพบว่าปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐ องค์กรอิสระ และสถาบันการศึกษาหลายแห่งที่มีโครงการศึกษาและการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้าน Eco Design มากขึ้น ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และสนับสนุนให้ภาคอุตสาหกรรมสามารถนำ Eco Design มาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco Product) อย่างไรก็ตามสำหรับประเทศไทยคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อมไทย (Thailand Business Council for Sustainable Development, TBCSD) ได้ริเริ่มโครงการฉลากเขียวตั้งแต่ปี 2536 และได้รับความเห็นชอบและความร่วมมือจากกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และองค์กรเอกชนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้ปฏิบัติออกมาเป็นรูปธรรม ซึ่งถือได้ว่าเป็นการกระตุ้นและส่งเสริมให้เกิดการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมในเมืองไทย โดยฉลากดังกล่าวเป็นฉลากที่ให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน ซึ่งการออกฉลากเขียวนี้ไม่มีกฎหมายบังคับแต่ขึ้นอยู่กับความสมัครใจของผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้ให้บริการที่ต้องการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม โดยปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้ฉลากเขียวแล้ว 39 ประเภท

ประเด็นขับเคลื่อนแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่แนวคิดผลิตภัณฑ์ยั่งยืน เกิดจากแนวคิดในการบริโภคและการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางเศรษฐศาสตร์และสังคม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. แนวคิดการบริโภคและการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป

เนื่องจากประชาชนให้ความสนใจเรื่องสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้นประเทศที่พัฒนาแล้วจึงให้ความสนใจกับปัญหานี้เป็นอย่างมาก โดยให้ความรู้กับประชาชนในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ความต้องการ Eco Product สำหรับประเทศที่พัฒนาแล้วจึงมีอัตราสูงมาก นอกจากนั้นภาครัฐของประเทศเหล่านี้ต่างช่วยกันผลักดันให้ใช้ Eco Product โดยการเอานโยบายรัฐมาเป็นตัวกำหนด เช่น งบประมาณในการจัดซื้อของรัฐต้องพิจารณา Eco Product ก่อนเป็นอันดับแรก เป็นต้น

ข. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี

ปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ความสามารถของเทคโนโลยีก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นผู้ออกแบบต้องตระหนักเสมอว่า ผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีไม่ได้เหมาะสำหรับทุกคน ผลิตภัณฑ์อาจเหมาะสำหรับคนที่ใช้เท่านั้นแต่เกิดผลกระทบต่อคนอื่น ดังนั้นหากมุ่งสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนแล้วต้องมองในภาพกว้างถึงผลกระทบที่อาจตามมา และปลูกฝังแนวคิดทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กับผู้ออกแบบ

ค. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางด้านเศรษฐศาสตร์และสังคม

เนื่องจากเทคโนโลยีได้ย่อโลกไว้ทำให้เกิดห่วงโซ่อุปทานไปทั่วโลก ดังนั้นธุรกิจหนึ่ง ๆ จะมีหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั่วโลก การที่ประชากรหันมาตระหนักถึงปัจจัยทางด้านคุณภาพชีวิตมากขึ้น จึงทำให้เกิดความต้องการ Eco Product ไปทั่วโลก ดังนั้นในปัจจุบันหลาย ๆ ประเทศจึงให้ความสำคัญและสนับสนุนผลิตภัณฑ์ประเภท Eco Product ด้วยการให้สิทธิประโยชน์กับสินค้านำเข้าที่มีฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco Label) หรือระบุให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีตารางผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมแสดงให้ผู้บริโภคทราบ เป็นต้น

2.1.1.3 ประโยชน์ของการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

1. เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยจะส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชน และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development)

2. เพื่อสร้างผลกำไรให้กับองค์กรโดยการนำกระแสความต้องการสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมาใช้เป็นจุดเด่นในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค

3. สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตจากการลดปริมาณวัตถุดิบ หีบห่อ การใช้พลังงาน ในการผลิตสินค้าและบริการ

4. สามารถนำวัสดุหรือชิ้นส่วนกลับมาใช้ได้ใหม่โดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์จากการออกแบบ

5. เพื่อป้องกันปัญหาการใช้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นกำแพงทางการค้าที่มิใช่ภาษี (Non-tariff Barrier : NTB) และรองรับการเปลี่ยนแปลงของกฎระเบียบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีความเข้มงวดจากประเทศพัฒนาแล้ว เช่น WEEE RoHS EuP เป็นต้น

6. ส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กรและผลิตภัณฑ์

2.1.2 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษา

2.1.2.1 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษาในต่างประเทศ

โลกเริ่มให้ความสนใจเกี่ยวกับ CT LCA และ Eco Design มาตั้งแต่ช่วงปี 1970-1980 โดยเริ่มจากกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว เช่น อเมริกา อังกฤษ และออสเตรเลีย อย่างไรก็ตามในระยะแรกผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ยังให้ความสนใจกับแนวคิด Eco Design น้อย และผู้บริโภคเองยังมีความเข้าใจผิดว่าการใช้ Eco Product มีราคาแพงกว่า แต่หลังจากปี 2002 เป็นต้นมาจึงเริ่มให้ความสำคัญกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เห็นได้จากการออกข้อกำหนด และกฎระเบียบของประเทศที่พัฒนาแล้วไม่ว่าจะเป็น WEEE RoHS REACH และ ELV ทำให้ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ที่

มีเครื่องหมายรับรองทางสิ่งแวดล้อมและยังมีซอฟต์แวร์ (Software) ที่ช่วยให้นักออกแบบสามารถสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมได้ง่ายขึ้น

ในระดับเอเชียเองก็มีความตื่นตัวมากเช่นกัน เพราะนอกจากจะต้องแข่งขันกันในทางการค้าแล้ว การจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดีภายในประเทศก็เป็นเรื่องสำคัญ ผู้นำด้าน Eco Design ในกลุ่มประเทศนี้ ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลี ฮ่องกง ไต้หวัน เนื่องจากประเทศในแถบเอเชียเป็นคู่ค้าที่สำคัญและยังขาดความรู้และทักษะในด้านนี้ กลุ่มสหภาพยุโรปซึ่งเป็นประเทศคู่ค้าสำคัญจึงสนับสนุนโครงการที่จะให้ความรู้และพัฒนาทักษะด้าน Eco Design แก่กลุ่มอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าแก่ประเทศในเอเชียภายใต้โครงการ Asia Eco Design Electronics (AEDE) Project

ดังที่กล่าวมาแล้วญี่ปุ่นเป็นประเทศหนึ่งในเอเชียและในโลกที่มีความก้าวหน้าและความตื่นตัวด้าน LCA และ Eco Product มาก วาระแห่งชาติของงานด้านนี้เริ่มดำเนินการเมื่อปี 1995 โดยมีคณะกรรมการชุดต่าง ๆ ทั้งจากภาครัฐ เอกชน และองค์กรไม่แสวงผลกำไร (NGO) เข้าร่วมโครงการ ในปี 2005 ที่ผ่านมามีการจัดงาน “Eco Product 2005” ณ เมืองโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น โดยความร่วมมือของภาครัฐ เอกชน และองค์กรต่าง ๆ มีผู้สนใจเข้าร่วมงานเป็นจำนวนมาก การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ของญี่ปุ่นในปัจจุบันจะเน้นเรื่อง Eco Design เป็นสำคัญ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมาเป็นชนิดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของการพัฒนา Eco Design ของญี่ปุ่นมีดังนี้

- Arai (2004) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคนิคของ ICSMEP (Ibaraki Corporation for Small and Medium Enterprise Promotion) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญภายใต้โครงการของ MTEC ที่ได้รับการสนับสนุนทุน Expert Dispatch จาก JODC (Japan Overseas Development Corporation) ยกตัวอย่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าของประเทศญี่ปุ่น เช่น การเปลี่ยนชนิดของสารทำความเย็น ซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาและลดปริมาณการใช้พลังงานได้มาก ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการทำ LCA ของตู้เย็น (Arai, 2004)

Items	Conventional	New
Produced in	1977	2003
Product Life	10 Years	
Product Mass (kg)	96	89
Internal Volume (L)	450	416
Annual Power Cons. (kWh/Y)	980	190

Life Cycle CO_2 (kg/L) Emission / Internal Volume	8.02	2.10

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการทำ LCA ของเครื่องปรับอากาศ (Arai, 2004)

Items	Conventional	New
Produced in	1994	2003
Product Life	10 Years	
Product Mass (kg)	38.5	47.0
Capacity (kW)/COP	C 2.8 kW / 2.59 H 4.2 kW / 3.07	C 2.8 kW / 6.09 H 4.0 kW / 5.93
COP (C & H averaged)	2.8	6.01
Seasonal Power Cons. (kWh)	1,982	909
Life Cycle CO_2 (kg/kW) Emission / Cooling Capacity	2,509	1,172

- NEC Corporation ซึ่งเป็นบริษัทชั้นนำผู้ผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ของญี่ปุ่น เป็นบริษัทที่ให้ความสำคัญกับการจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ปัจจุบันประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมที่บริษัทให้ความสนใจมาก คือการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีผลต่อภาวะโลกร้อน โดยตั้งเป้าไว้ว่าภายในปี 2003 จะออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีอัตราการใช้ไฟฟ้าลดลงประมาณ 30% ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จในการลดอัตราการใช้ไฟฟ้า เช่น Desktop PCs (Value star) Laptop PCs (LaVie) IP-capable telephone exchanges (APEX3600i, APEX7600i) Liquid crystal projector LT260 และ Liquid crystal projector HT1000 เป็นต้น สามารถคิดเป็นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 10,000 ตัน หรือเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ที่อยู่อาศัย (Household) ประมาณ 7,000 หลัง ปล่อยออกมาในหนึ่งปี (Elpida Memory Inc, 2004)

- Mitsubishi Electric Corporation (2006a) พัฒนาเครื่องปรับอากาศที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีการออกแบบให้คอมเพรสเซอร์มีประสิทธิภาพการใช้งานเพิ่มขึ้น 30% ส่วนประกอบต่าง ๆ ในเครื่อง เช่น แผงวงจรทำจากวัสดุที่ปลอดสารตะกั่ว ออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบและแยกชิ้นส่วนเพื่อทำความสะอาดและนำกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้พัดลมที่ใช้ระบายอากาศยังทำจากพลาสติกรีไซเคิล

- Mitsubishi Electric Corporation (2006b) พัฒนาเครื่องซักผ้าที่มีระบบซักล้างและอบแห้งในตัว ซึ่งสามารถลดพลังงานความร้อนที่สูญเสียไประหว่างการเป่าแห้ง ทำให้สามารถลดอัตราการใช้พลังงานได้ถึง 10% นอกจากนี้ยังใช้วัสดุที่ปลอดสารโครเมียมและตะกั่ว

- NEC Corporation (2006) ใช้เทคโนโลยี Cutting-edge fine-process ในการเพิ่มประสิทธิภาพหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์หรือที่เรียก RAM เพื่อให้มีความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลเร็วขึ้นขณะที่ใช้พลังงานลดลง เปรียบเทียบจาก RAM ที่ออกแบบในปี 1998 และ 2005 มีอัตราการส่งผ่านข้อมูล 1.06 และ 4.26 GB/Sec ตามลำดับ ในขณะที่มีการใช้พลังงาน (Power Consumption) ลดลง 1.3 เท่า นอกจากนี้ยังมีการออกแบบให้ใช้สารซิลิคอนซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตให้ลดลงเหลือเพียง 1 ใน 5 ทำให้ลดความต้องการในการผลิตซิลิคอนลง ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศก่อให้เกิดผลเสียต่อชั้นบรรยากาศ

นอกจากประเทศญี่ปุ่นแล้วยังมีกรณีศึกษาของประเทศอื่น ๆ ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับ Eco Design ดังนี้

- Coors Brewing Company เป็นบริษัทผลิตกระป๋องเบียร์แห่งแรกของอเมริกา ใช้วัตถุดิบเป็นอลูมิเนียม ทางบริษัทต้องการลดปริมาณการใช้อลูมิเนียม จึงลดความหนาของกระป๋อง มีผลทำให้ในปี 1996 บริษัทลดปริมาณการใช้อลูมิเนียมได้ถึง 673 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1.25 ล้านเหรียญ โดยในปี 1996 (ณ ปีที่รายงาน) กระป๋องเบียร์ที่บริษัทผลิตหนัก 25 lbs. และคาดว่าในปี 2000 จะลดลงเหลือ 22.5 lbs. (Wilkinson and Duffy, 2002)

- Wilkinson and Duffy (2002) กล่าวถึงการเตรียมการของไอร์แลนด์หนึ่งในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปเพื่อรองรับระเบียบ WEEE ที่จะประกาศใช้ โดยมีงานด้าน Eco Design เป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการเตรียมความพร้อม จากการศึกษาพบว่ากลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในไอร์แลนด์ยังไม่มีความพร้อมและให้ความสำคัญกับระเบียบ WEEE มากพอ จากการสำรวจกิจกรรมด้าน Eco Design ในปี 2001 พบว่า ส่วนใหญ่ของกลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในไอร์แลนด์ (73% โดยประมาณ) ยังขาดองค์ความรู้ด้านนี้ และมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่มีการให้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมลงในผลิตภัณฑ์ของตน นอกจากนี้ยังพบว่าหลายบริษัทที่มีการปรับปรุงด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์มุ่งผลประโยชน์ด้านการตลาดมากกว่า โดยให้ผลประโยชน์ที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อมเป็นประโยชน์โดยทางอ้อม

- Indiana Institute on Recycling (2006) กล่าวถึงการปรับตัวของอุตสาหกรรมในไต้หวันให้พร้อมต่อระเบียบทางการค้าของประเทศของคู่ค้า พบว่าการเติบโตของอุตสาหกรรมในไต้หวัน และกฎระเบียบต่าง ๆ ที่ประเทศคู่ค้ากำหนดขึ้น ทำให้ไต้หวันต้องคำนึงถึงเรื่องของการจัดการสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันรัฐบาลไต้หวันส่งเสริมเรื่องของ Eco Design เป็นอย่างมาก มีการจัดตั้งให้หลายองค์กรทำงานร่วมกันในด้านนี้ ในระยะแรกราวปี 1990 เริ่มมีการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัย จวบจนปี 1994 องค์ความรู้ได้แพร่ขยายมาสู่วงการอุตสาหกรรม มีการจัดประชุมและสัมมนาพร้อมทั้งให้ความรู้กับผู้ออกแบบและวิศวกรอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน Eco Product เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป ตัวอย่างของ Eco Product ในประเทศไต้หวันมีดังนี้

1) The Type F Mouse เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่บริษัท Forward Electronic Corporation ซึ่งเป็นบริษัทผู้ออกแบบและผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เช่น คีย์บอร์ด เมาส์ ทำการออกแบบและผลิตให้บริษัท Hewlett Packard โดยมีการออกแบบให้แยกชิ้นส่วนเพื่อนำไปรีไซเคิลได้ง่ายและใช้วัตถุดิบซึ่งเป็นพลาสติกลดลง ในส่วนของวัตถุดิบที่เป็นพลาสติกนั้นมีการนำพลาสติกรีไซเคิลมาใช้ถึง 27% โดยมีการติดฉลากบนผลิตภัณฑ์และกล่องใส่บรรจุบอกให้ทราบว่าเป็นพลาสติกรีไซเคิล

2) บริษัทออโรร่าผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์แยกส่วนของไต้หวันเป็นบริษัทที่ให้ความสำคัญกับการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมมาก โดยมุ่งมั่นที่จะจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อประโยชน์ต่อสังคมในอนาคต จัดทำโครงการภายใต้สัญลักษณ์ “I+O” โครงการนี้เน้นการนำเศษวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่โดยมีอัตราการรีไซเคิลสูงถึง 98%

3) แฟ้มกระดาษแข็งของบริษัท Utensonic Trading เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับรางวัลออกแบบผลิตภัณฑ์ยอดเยี่ยมจากเยอรมันเมื่อปี 2002 ในการออกแบบและการผลิตแฟ้มจะใช้กระดาษที่ทำจากวัสดุไม่ใช้แล้ว สามารถแยกส่วนที่เป็นคลิปโลหะ ตัวยึด และตัวแฟ้มออกจากกันเพื่อนำไปรีไซเคิลได้ง่าย เนื่องจากปรับเปลี่ยนมาใช้ตะปูควงแทนการตอกหมุดยึดแบบเดิม

4) Mei Food Company เป็นตัวอย่างของบริษัทหนึ่งในไต้หวันที่เป็นผู้นำในการดำเนินนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งในเรื่องของ Eco Design การจัดซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green Procurement) การรีไซเคิล และความรับผิดชอบต่อสังคมในด้านสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ปี 1989 บริษัทมีการปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุแท่งไอศกรีมจากพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene) มาเป็นกระดาษ ลดปริมาณการพิมพ์สีลงบนบรรจุภัณฑ์และลดจำนวนสีที่ใช้ให้เหลือเพียงสีเดียว

5) Olympus Corporation (2006) ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตกล้องชั้นนำของโลกใช้แนวคิดด้าน LCA และ Eco Design มาใช้ในการออกแบบกล้องรุ่นใหม่ ๆ เช่น กล้องรุ่น Olympus E-1 Digital SLR มีการเปลี่ยนวัตถุดิบของชิ้นส่วน เช่น เลนส์ แผงวงจร และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ให้เป็นชนิดที่ปลอดสารตะกั่ว อีกทั้งยังเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมอิออนซึ่งประหยัดพลังงานมากกว่า สามารถนำกลับมาชาร์จไฟใหม่ได้ถึง 500 ครั้ง

- Crisco ซึ่งเป็นบริษัทในเครือ Procter & Gamble ประเทศสหรัฐอเมริกา นำแนวคิด Eco Design มาใช้ในการออกแบบขวดบรรจุผลิตภัณฑ์ซึ่งทำจากพลาสติกชนิด PET หลังจากที่คิดค้นและพัฒนาร่วมกับบริษัท Continental PET Technologies ซึ่งเป็นบริษัทผู้จัดหาขวดพลาสติกเป็นเวลากว่า 4 ปี ก็ประสบผลสำเร็จในการลดปริมาณการใช้พลาสติกโดยเปลี่ยนรูปทรงจากขวดทรงกระบอกเป็นทรงสี่เหลี่ยม และลดความหนาของขวดลง ทำให้สามารถลดวัตถุดิบในการผลิตถึง 30% คิดเป็นเงิน 2.5 ล้านเหรียญ และประหยัดค่าขนส่ง เนื่องจากน้ำหนักขวดที่ลดลง

นอกจากความตื่นตัวของหน่วยงานและกลุ่มอุตสาหกรรมในประเทศต่าง ๆ แล้ว ในกลุ่มผู้ขายสินค้าและผู้บริโภคเองก็มีความตื่นตัวเช่นกัน ปัจจุบันมีเวปไซด์หลายแห่งที่บริการขายสินค้าประเภท Eco Product ผ่านทางเครือข่ายไร้สาย เช่น www.realgoods.com www.ecoproducts.com และ www.ecoclub.com ซึ่งมีสินค้าที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร ของใช้ประจำวัน หรือเฟอร์นิเจอร์ที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ

2.1.2.2 สถานการณ์ปัจจุบันและกรณีศึกษาในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยนั้น Green Concept เริ่มมีมากว่า 20 ปีแล้ว ตั้งแต่ปี 1990 โดยเริ่มต้นจากการใช้ CT ส่วนแนวคิดเรื่อง LCA และ Eco Design เริ่มเข้ามามีบทบาทในประเทศราวปี 1997-1999 ในระยะเริ่มแรกองค์ความรู้ทางด้านนี้ยังไม่แพร่หลายนักและกระจุกตัวอยู่ในสถาบันการศึกษา ต่อมาจึงมีการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีออกสู่ภายนอกและวงการอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐ องค์กรอิสระ และสถาบันการศึกษาหลายแห่งที่มีโครงการศึกษาและการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้าน Eco Design โดยมีหน่วยงานที่ทำและ/หรือให้ทุนสนับสนุนการวิจัยเรื่องนี้อย่างจริงจัง ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ภายใต้การกำกับของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยหลายแห่ง เช่น มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น

ในส่วนของนโยบายและข้อกฎหมายของภาครัฐที่เข้ามาเสริม พบได้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ที่มีการกล่าวถึงยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หนึ่งในนั้นคือ “การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษ ควบคู่กับการส่งเสริมกระบวนการผลิตที่สะอาด ลดการใช้วัสดุและส่งเสริมการแปรรูปของเสียเพื่อกลับมาใช้ใหม่” นอกจากนี้ในแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม (พ.ศ. 2545-2549) มียุทธศาสตร์ในการจัดทำแผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วยการผลิตที่สะอาด ที่ครอบคลุมภาคอุตสาหกรรม ภาคเกษตรกรรม การท่องเที่ยวและบริการ การเงินและการธนาคาร การศึกษา และการวิจัยและพัฒนา

โครงการฉลากเขียวของไทย ก็เป็นอีกหนึ่งโครงการที่แสดงให้เห็นถึงความตื่นตัวของภาครัฐในเรื่องของการพัฒนา Eco Product โดยริเริ่มเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2536 ปัจจุบันประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว (Green Label/Eco Label ซึ่งหมายถึงฉลากที่มอบให้แก่ผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน โดยที่คุณภาพยังอยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนด) ที่จัดทำข้อกำหนดแล้วเสร็จทั้งสิ้น 39 ประเภท และอยู่ระหว่างร่างข้อกำหนดอีก 8 ประเภท แต่ขณะนี้มีสินค้าเพียง 18 ประเภทเท่านั้นที่ได้รับ

สัญลักษณ์ฉลากเขียว นับรวมทั้งสิ้น 34 บริษัท เช่น บริษัทเจนเนอรัลมอเตอร์ส (ประเทศไทย) จำกัด บริษัทไทยโตชิบาไลท์ติ้งจำกัด บริษัทสยามไฟเบอร์กลาสจำกัด และบริษัทโจตันไทยจำกัด เป็นต้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2552)

ดังที่กล่าวมาแล้ว หลายปีมานี้ประเทศไทยมีความตื่นตัวในเรื่อง Eco Design มากพอสมควร มีทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กรต่าง ๆ รวมถึงสถาบันการศึกษาให้ความสนใจกันมากขึ้น มีการจัดประชุมสัมมนา การฝึกอบรม ตลอดจนนิทรรศการต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่อุตสาหกรรมและประชาชนทั่วไปมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากกิจกรรมและโครงการต่าง ๆ ที่มีในประเทศไทยพอสรุปได้ดังนี้

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, MTEC (2545-2549) จัดทำโครงการเทคโนโลยีการออกแบบและการผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมไทย หรือ Green Manufacturing Technical Assistance Program (GMTAP) โดยได้รับทุนสนับสนุนด้านเทคนิคจากประเทศญี่ปุ่นผ่าน Green Aid Plan Scheme (หรือ Green Partnership Plan) ซึ่งมีระยะเวลาของโครงการ 6 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2545-2550 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถนะในด้าน LCA Eco Design และ Green Materials Technology ให้กับ สวทช. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมไทยและเพื่อนบ้าน การถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีดังกล่าวจะเป็นการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่น ในรูปแบบการฝึกอบรมที่ประเทศญี่ปุ่น การจัดสัมมนา/ฝึกอบรมในประเทศไทย และการส่งผู้เชี่ยวชาญชาวญี่ปุ่นมาให้คำแนะนำอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ ๆ ในระยะแรกจะเน้นที่การพัฒนากำลังคนและการเพิ่มขีดความสามารถของไทยในด้าน LCA และ Eco Design ผ่านรูปแบบต่าง ๆ เช่น การอบรมด้านเทคนิค การดูงานของบริษัทชั้นนำและสถาบันวิจัยในญี่ปุ่น เป็นต้น ด้านการพัฒนาบุคลากรนั้นในปีงบประมาณ 2548 ได้มีการจัดอบรมด้าน LCA และ Eco Design ในประเทศจำนวน 5 ครั้ง เพื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่บุคลากรจากภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม ภาคการศึกษา และประชาชนทั่วไป โดยมีผู้ร่วมเข้าอบรมสัมมนาโดยรวมมากกว่า 200 คน อีกทั้งได้รับทุนอบรมสำหรับคนไทยจำนวน 32 คน จากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนจำนวน 20 แห่ง ณ ประเทศญี่ปุ่นในหลักสูตร The New Energy and Industrial Technology Development Organization Program on Industry and Environmental Protection for Thailand [NETH]; Life Cycle Assessment (LCA) and Eco Design with an emphasis on data base establishment and case study ซึ่งประสบความสำเร็จอย่างมากเนื่องจากได้รับความรู้ในเชิงลึก เชิงปฏิบัติการ และมีการขยายขอบเขตครอบคลุมไปยังอุตสาหกรรมอื่นนอกเหนือจากอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายแรก เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก/การบรรจุหีบห่อ ปิโตรเลียม ปิโตรเคมี สิ่งทอ และยานยนต์

ทั้งนี้หากคิดรวมผลงานที่ผ่านมาของโครงการแล้วนั้น จะพบว่าได้พัฒนาบุคลากรด้านเทคนิคในเชิงลึก ณ ประเทศญี่ปุ่นรวมทั้งสิ้นมากกว่า 90 คน จากกว่า 50 องค์กร โดยได้รับทุนจากประเทศญี่ปุ่น และได้สร้างความตระหนักในด้านดังกล่าวให้แก่ผู้เกี่ยวข้องทั่วไปมากกว่า 500 คน นอกจากนี้ โครงการ GMTAP ยังมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้โครงการร่วมวิจัยกับภาคเอกชนและโครงการวิจัย In-house หลายโครงการใน MTEC ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานด้านเทคนิค (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2546)

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2547) จัดงานสัมมนา “การออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ” (Eco Design for Refrigerator and Air-conditioner) โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญจากญี่ปุ่นมาถ่ายทอดเทคนิค Eco Design มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้ผู้ประกอบการเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นของไทยเห็นความสำคัญและเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับมาตรการของประเทศคู่ค้าในเรื่องสิ่งแวดล้อมได้

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548a) ร่วมกับบริษัทผู้ผลิตคอมเพรสเซอร์ชั้นนำของไทย ตัวอย่างเช่น บริษัทสยามคอมเพรสเซอร์อุตสาหกรรมจำกัด บริษัทอุตสาหกรรมไทยคอมเพรสเซอร์จำกัด และบริษัทกุลธรพรีเมียร์จำกัด เป็นต้น ในการเตรียมฐานข้อมูลเพื่อการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจของโรตารีคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องปรับอากาศ จากผลการศึกษาสามารถเสนอแนวทางการออกแบบโรตารีคอมเพรสเซอร์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นโดยนำระบบ Inverter มาใช้ควบคุมการทำงานเพื่อประหยัดพลังงาน และเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 มาเป็น R407C ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 37%

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2548b) จัดงานสัมมนาในหัวข้อเรื่อง “การประเมินวัฏจักรชีวิต : เครื่องมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสู่ตลาดโลก” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้าน LCA และ Eco Design เพื่อลดผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและช่วยลดต้นทุนการผลิต ตลอดจนเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการค้ากับประเทศต่าง ๆ มากขึ้น

- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จัดทำแผนการเสริมสร้างความรู้สู่ผู้ประกอบการและสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงภาครัฐ หน่วยงานเอกชน รวมถึงนักวิชาการ และนักวิจัยต่าง ๆ โดยสถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ได้รับทุนจากรัฐบาลญี่ปุ่นในการฝึกอบรมหลักสูตร Life Cycle Assessment (LCA) and Eco Design for the Electrical and Electronics Industries ที่ YKC เมืองโยโกฮามา ประเทศญี่ปุ่นภายใต้ The Program on Industry and Environmental Protection for Thailand (THEN-2) โดยมีผู้ประกอบการและนักวิชาการเข้าร่วมรวมทั้งสิ้น 29 คน

- ห้างหุ้นส่วนจำกัดไบโอไบร์ดเป็นตัวอย่างของบริษัทที่ได้รับสัญลักษณ์ผลิตภัณฑ์ฉลากเขียวเป็นรายแรก ๆ ของไทย ภายใต้เครื่องหมายการค้า “บูมกรีน” ซึ่งเป็นกลุ่มของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่สามารถย่อยสลายได้เองทางชีวภาพ (Biodegradable) ประกอบด้วย น้ำยาล้างจาน น้ำยาซักผ้า และน้ำยาอเนกประสงค์ โดยเฉพาะน้ำยาอเนกประสงค์ถือเป็นผลิตภัณฑ์ฉลากเขียวรายแรกของไทย โดยเน้นการใช้ส่วนผสมของสารที่มาจากธรรมชาติแทนการใช้สารเคมีที่มีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2549)

- กระทรวงอุตสาหกรรมร่วมกับหน่วยงานต่าง ๆ จัดงาน “อุตสาหกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงานนานาชาติ 2005” (Eco Products International Fair 2005) เป็นครั้งแรกในประเทศไทย เพื่อให้งานดังกล่าวเป็นเวทีแสดงศักยภาพและคุณภาพของสินค้าประเภท Eco Product ของไทยให้เป็นที่ประจักษ์ต่อผู้ค้าและผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ และยังเป็นการสร้างให้ผู้ผลิตและผู้บริโภคสำนึกในมาตรฐานสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้ผลิตสินค้าปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงความเป็นอยู่ที่กลมกลืนกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2549)

- โครงการ Green Camp เป็นโครงการนำร่องของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เน้นการสร้างเครือข่ายให้ผู้ประกอบการได้ตระหนักเกี่ยวกับ CT โดยการนำเทคนิคด้าน LCA และ Eco Design ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเพื่อให้เกิดการผลิตที่สะอาด และได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายในตลาดสหภาพยุโรปโดยไม่ขัดต่อระเบียบ RoHS (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2548)

- สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ (2549) ร่วมกับสภาอุตสาหกรรมจัดงานสัมมนาพิเศษหัวข้อ “Recent Status of Eco-Material and its Applications” เนื่องในโอกาสการจัดงาน “มหกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมโลก” โดยมี ศ. เรียวอิชิ ยามาโมโต วิทยากรชาวญี่ปุ่นผู้เชี่ยวชาญด้าน Eco-material จาก International Research Center for Sustainable Materials, Institute of Industrial Science มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น มาให้ความรู้กับผู้สนใจ

นอกจากนี้ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2549 ยังมีการจัดการประชุม ICGSI 2006 (International Conference on Green and Sustainable Innovation) ที่จังหวัดเชียงใหม่ และการจัดประชุมครั้งที่ 2 ช่วงปลายปี 2552 (ICGSI 2009) ที่จังหวัดเชียงราย ภายใต้แนวคิด “International Conference on Green and Sustainable Innovation” โดยมีศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ร่วมกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นเจ้าภาพหลักในการจัดงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักวิจัย นักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีความสนใจในด้านการศึกษาและพัฒนานวัตกรรมสีเขียวและนวัตกรรมที่ยั่งยืนมีโอกาสได้พบปะแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

ความรู้ และประสบการณ์ต่อกัน พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและทิศทางการศึกษา และการพัฒนาในอนาคต

2.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต

2.2.1 ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เป็นกระบวนการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรม โดยการระบุจำแนกปริมาณพลังงานและวัสดุที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้เหล่านี้ต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสที่จะปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น โดยการประเมินนี้รวมถึงวงจรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรมตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การขนส่งและการจำหน่าย การใช้ การใช้ซ้ำ การบำรุงรักษา การรีไซเคิล และการจัดการของเสีย (SETAC, 1997)

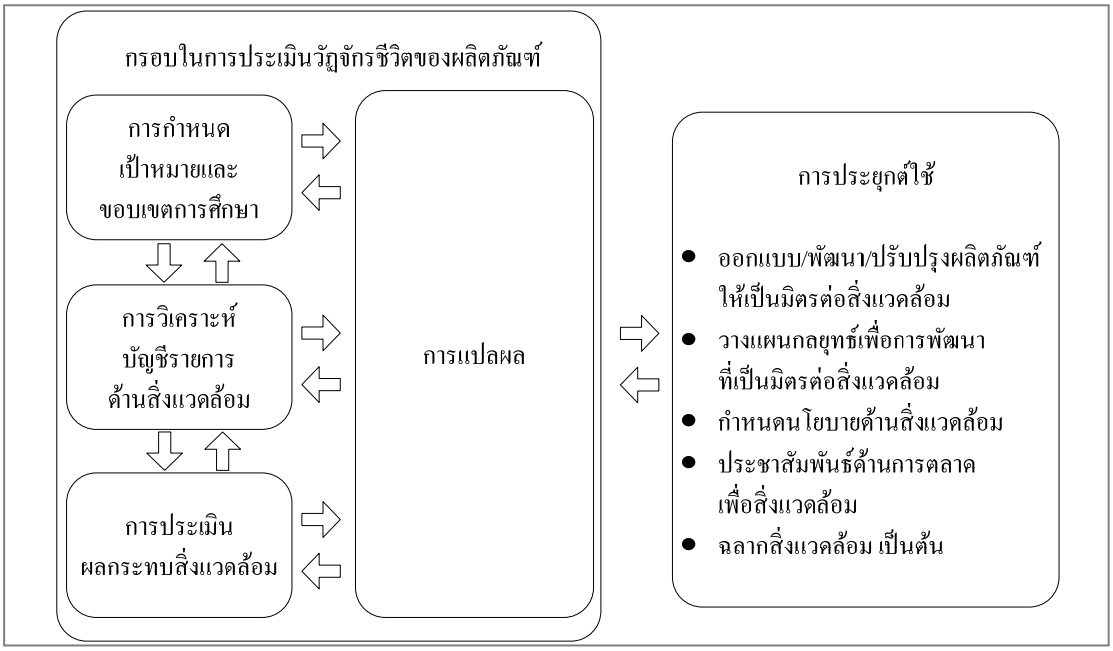
2.2.2 หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต

หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่ (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis : LCI) (3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA) และ (4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.2.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

1) การกำหนดเป้าหมาย (Goal Definition)

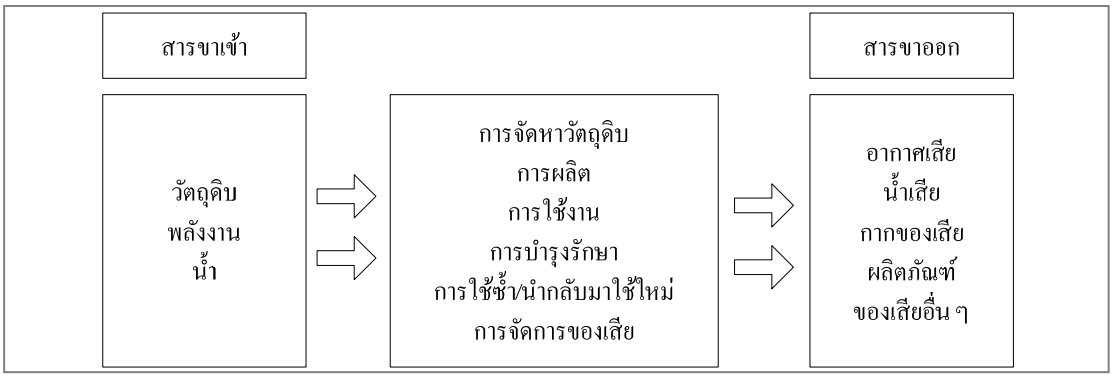
การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เป็นขั้นตอนแรกในการทำ LCA โดยพิจารณาถึงเหตุผลในการศึกษา เพื่อให้ผู้รับสามารถนำผลการประเมินไปใช้ได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะในส่วนของวิธีทำ LCA ขึ้นอยู่กับการกำหนดวัตถุประสงค์ ผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดถ้าการใช้งานไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างเหมาะสม เป้าหมายเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายและวัตถุประสงค์จะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่าง ๆ ของเนื้อหาได้อย่างถูกต้อง การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ต้องครอบคลุมปัญหาเหล่านี้ ได้แก่ การนำผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้ทำอะไร การเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้นเมื่อมีการนำหลักการ LCA มาพิจารณาและผลิตภัณฑ์ใหม่จะได้รับการปรับปรุงในเรื่องใดบ้าง ซึ่งทำให้เกิดผลอย่างไร



รูปที่ 2.1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040 (2006)

2) การกำหนดขอบเขต (Scope Definition)

การกำหนดขอบเขต คือการบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและกำหนดการรวบรวมสิ่งที่อำนวยประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดสิ่งที่เราต้องการศึกษา รวมถึงการกำหนดหน่วยหน้าที่หรือสิ่งที่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ (Functional Unit : FU) การออกแบบระบบอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงวัตถุประสงค์ของการศึกษา การออกแบบตัวแปรการประเมินทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายของ LCA และการบ่งชี้กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA ซึ่งการกำหนดขอบเขตประกอบไปด้วย ขอบเขตระบบ (System Boundary) หมายถึง ขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์หมายรวมเอาหน่วยที่รวบรวมวัตถุดิบและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกัน ที่ทำหน้าที่อย่างเดียวกันหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบ หรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษา

หน่วยหน้าที่และหน่วยการทำงานของระบบ (Function and Functional Unit) ซึ่งระบบอาจมีหน้าที่หลายอย่าง และหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นที่อาจถูกเลือกมาเพื่อทำการศึกษา LCA โดยขึ้นอยู่กับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา ดังนั้นในการกำหนดขอบเขตของการศึกษา จึงต้องระบุหน้าที่ของระบบที่ทำการศึกษาให้ชัดเจน และหน่วยการทำงาน (Functional Unit : FU) ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับสารขาเข้าและสารขาออกของระบบ มีความสำคัญในการใช้เปรียบเทียบผลของ LCA โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ต่างกัน ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของ LCA ที่สามารถวัดผลความแตกต่างของระบบได้ และมีหน้าที่พื้นฐาน 3 ประการคือ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ความคงทนและคุณสมบัติพื้นฐานคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ เนื่องจากการศึกษา LCA ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และข้อมูลมีความแตกต่างกันทั้งที่มาและวิธีการเพื่อได้มาซึ่งข้อมูล ดังนั้นการระบุรายละเอียดและระดับคุณภาพของข้อมูลจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการใช้ผลของ LCA เปรียบเทียบกัน การกำหนดคุณภาพของข้อมูลตามมาตรฐานควรคำนึงถึงประเด็นดังต่อไปนี้

- ระยะเวลาที่ต้องการศึกษาเพื่อให้ทราบว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในช่วงเวลาใดและระยะเวลาในการเก็บข้อมูล
- เทคนิคที่ต้องการศึกษา
- พื้นที่ที่ต้องการศึกษา
- ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลและต้องเป็นตัวแทนของสภาพจริง
- แหล่งที่มาของข้อมูล เพื่อสามารถตรวจสอบประเภทของข้อมูลและความถูกต้องของข้อมูล

- ความสอดคล้องต่อเนื่องของข้อมูล เพื่อตรวจสอบความผิดปกติและความไม่แน่นอนของข้อมูล

2.2.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis : LCI)

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล หมายถึงการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ซึ่งรวมถึงการใช้ทรัพยากร การปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศ ดิน และน้ำ ข้อมูลเหล่านี้ถูกใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงจากวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ กระบวนการนี้เป็นการทำซ้ำไปซ้ำมา โดยเรียนรู้จากข้อมูลที่เก็บมาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีเก็บข้อมูลหรือประเด็นปัญหา เพื่อให้สอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้ จุดมุ่งหมายของการทำบัญชีรายการก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการที่ได้มีการนิยามไว้แล้วในขั้นตอนการกำหนดขอบเขต (Scope Definition) รวมทั้งการสร้างแบบจำลองของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System)

1) การสร้างหน่วยของข้อมูลและการตั้งหน่วยกระบวนการ

การสร้างหน่วยของข้อมูล เป็นการระบุกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในรูปผังแสดงกระบวนการ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดหน้าที่และหน่วยการทำงาน โดยเริ่มจากการศึกษาวัตถุดิบ การใช้พลังงาน ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การบริโภคและการกำจัด ซึ่งจำเป็นต้องระบุวัตถุดิบ พลังงานและกระบวนการต่าง ๆ ให้ครบถ้วน เนื่องจากมวลสารที่เข้าระบบจะต้องสมมูลกับมวลสารที่ออกจากระบบ

2) การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีความแตกต่างกันตั้งแต่การเริ่มใช้วัตถุดิบซึ่งมีหลากหลายประเภท ต้องสามารถแยกเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลได้ และข้อมูลเหล่านั้นต้องมีการเชื่อมโยงกัน ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาว่าจะมีการพิจารณาละเอียดมากน้อยเท่าใด

3) การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูล หากระบบที่เกี่ยวข้องมีหลายประเภท ต้องมีการแจกแจงตามประเภทผลิตภัณฑ์ตามเหตุผลที่ชัดเจนและวิธีที่ระบุไว้ แล้วนำมาคำนวณ ซึ่งกระบวนการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธี เช่น NETS (Numerical Environmental Total Standard) Method เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้วิจัย นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ LCA จำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองงานด้าน LCA โดยเฉพาะสามารถเลือกได้ตามชนิดและข้อมูลของงาน เช่น ฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro ที่ถูกพัฒนาขึ้นและเป็นที่นิยมในวงการ LCA

4) การนำเสนอของข้อมูลในรูปของแบบฟอร์มที่เข้าใจง่าย

การนำเสนอข้อมูลแก่ผู้รับ เป็นส่วนสำคัญมาก เพราะการทำ LCA จะบรรลุวัตถุประสงค์ได้เมื่อผู้รับสามารถนำไปใช้ประโยชน์และเข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน การนำเสนอข้อมูลประกอบด้วย รายละเอียดของกระบวนการผลิต คุณลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพของข้อมูล ข้อจำกัด และที่มาของข้อมูล เป็นต้น รูปแบบที่เป็นที่นิยม เช่น กราฟแท่ง กราฟวงกลม

2.2.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA)

เป็นการนำข้อมูลมาทำการแปลงแยกแยะตามชนิดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญ แต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม แหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ

1) การเลือกข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Selection) หมายถึง การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแต่ละช่วงในวัฏจักรชีวิต ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้แก่ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน การขนส่ง การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ การบริโภค การนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการกำจัดโดยอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกลไกด้านสิ่งแวดล้อมและกระบวนการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดของปัญหาอันเนื่องมาจากกิจกรรมในวัฏจักรชีวิต จนถึงการแพร่กระจายมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งสร้างความเสียหายตั้งแต่ระดับท้องถิ่นจนถึงระดับโลก

2) การจัดแบ่งหรือจำแนกข้อมูลในบัญชีรายการ (Classification) หมายถึง การจำแนกข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจำแนกเป็นกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point Impact) หรือขั้นปลายทาง (End-point Impact) โดยดูจากความสัมพันธ์ของสารขาเข้าและสารขาออกที่เป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบนั้น ๆ ในการจำแนกข้อมูล มีข้อควรระวังคือการจำแนกซ้ำ เนื่องจากสารบางตัวอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่าหนึ่งประเภท เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและเกิดฝนกรด การจำแนกสารดังกล่าวให้อยู่ในกลุ่มใด ต้องพิจารณาว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นผลกระทบโดยตรงจากสารมลพิษหรือเป็นผลกระทบต่อเนื่องจากผลกระทบอีกประเภทหนึ่ง ในกรณีที่เป็นผลกระทบต่อเนื่องไม่ควรจำแนกซ้ำ

3) การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) หมายถึงการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกใน

กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกันให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในรูปตัวชี้วัดตามมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานเรียกว่า Equivalent or Characterization Factors โดยคำนวณจากแบบจำลองที่อธิบายกลไกทางฟิสิกส์-เคมี และวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

4) การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) หมายถึง การเทียบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษากับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาคหรือระดับโลก ขั้นตอนนี้ทำให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในภาพรวม

5) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) หมายถึง การจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ เช่น ผลกระทบต่อสุขภาพและอนามัยของมนุษย์ การทำลายคุณภาพของระบบนิเวศน์ การลดลงของปริมาณทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งพลังงาน หรืออาจแบ่งเป็นระดับท้องถิ่นเช่น การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร และระดับโลกเช่น ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เพื่อให้ทราบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละหมวดหมู่ในภาพรวม เป็นต้น

6) การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) หมายถึง การเปรียบเทียบความสำคัญของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท เรียกว่า Weighting Factor โดยเกณฑ์ในการกำหนดลำดับความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาจเป็นการเปรียบเทียบเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ใช้หลักเกณฑ์แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ผู้วิจัยจะนำมาพิจารณา เช่น ขนาดและความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เฉพาะประเภทที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขการแปลงค่าความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมเป็นค่าเงินเพื่อวิเคราะห์ในทางเศรษฐศาสตร์ การใช้หลักเกณฑ์เชิงสังคม เป็นต้น

7) การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) หมายถึง การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนที่จะนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป ปัจจัยที่นำมาพิจารณาเกี่ยวกับคุณภาพข้อมูล ได้แก่ ความเหมาะสมและสอดคล้องของข้อมูลที่ใช้และข้อมูลที่ต้องการตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา โดยดูจากแหล่งที่มาของข้อมูล ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล ความถูกต้องของวิธีการวัดและการคำนวณ การเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของข้อมูลที่ขาดหายไป ตัวอย่างเทคนิคในการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของข้อมูล (Sensitivity Analysis) เพื่อจำแนกข้อมูล วิธีปันส่วน (Allocation) วิธีคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม และการตัดออก (Cut-off) เป็นต้น

2.2.2.4 การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

ขั้นตอนการแปลผลของ LCA หมายถึง การนำผลจากการทำรายการบัญชีข้อมูล และการประเมินผลกระทบมารวมกันเข้าเพื่อให้ได้ข้อสรุป และข้อเสนอแนะตามเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาที่ระบุไว้ การแปลผลอาจเป็นการทำซ้ำไปซ้ำมาเพื่อพิจารณาทบทวนจากข้อมูลและอาจต้องเปลี่ยนแปลงขอบเขตการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และคุณภาพของข้อมูลที่รวบรวมมาได้ตามเป้าหมายที่กำหนด การแปลผลของการศึกษาควรจะคำนึงถึงความอ่อนไหวและความไม่แน่นอนในการวิเคราะห์ด้วย

การประเมินวัฏจักรชีวิตแบ่งการศึกษาเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการศึกษาหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Methodology Research Team) กลุ่มการศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับภูมิภาค (Regional Environment Research Team) กลุ่มการศึกษาระบบการใช้พลังงาน (Energy Systems Analysis Research Team) กลุ่มการศึกษาประสิทธิภาพการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Efficiency Research Team) โดยแต่ละกลุ่มมีการเชื่อมโยงข้อมูลต่อกันตลอดเวลา

2.2.3 การนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทย

การประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาใช้ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2540 โดยได้มีการก่อตั้งกลุ่มเครือข่ายการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Thai LCA Network) ขึ้นที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นจุดเริ่มต้น และในปี พ.ศ. 2543 มีการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต เกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสถาบันสิ่งแวดล้อมและมีการจัดตั้งศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ โดยได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ใน พ.ศ. 2548 ได้จัดตั้งโครงการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยได้รับการสนับสนุนด้านเทคนิคจากรัฐบาลญี่ปุ่นผ่านโครงการความร่วมมือทางสิ่งแวดล้อม (Green Partnership Plan) และได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน อาทิเช่น กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตอ้างอิงกับหลักการ ISO 14000 การจัดทำฐานระบบข้อมูลการประเมินวงจรชีวิตของประเทศไทยขึ้นอยู่กับความสำคัญก่อนหลัง โดยแบ่งเป็น

- ทรัพยากรและพลังงาน แบ่งเป็น พลังงาน น้ำ การขนส่ง
- วัตถุดิบ พิจารณาที่การใช้วัตถุดิบ เช่น พลาสติก กระดาษ ไฟเบอร์ ปิโตรเคมี
- การนำกลับมาใช้ใหม่ และของเสียต่าง ๆ เช่น ขยะ น้ำทิ้ง อากาศเสีย

ทั้งนี้ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติจะเป็นหน่วยงานจัดทำฐานข้อมูลกลางที่รวบรวมข้อมูลจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ เคมี พลาสติก ปิโตรเคมี ก๊าซ ยาง น้ำมัน การกำจัดของเสีย เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานที่ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ของตน

ตัวอย่างการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการศึกษาในประเทศไทยเช่น การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง รวมไปถึงอาคารที่พักอาศัย เป็นต้น

ในการเปรียบเทียบวิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสองวิธี ระหว่างการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment : EIA) กับการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) พบว่าการทำ EIA นั้นเป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะในส่วนของโรงงานหรือโครงการว่ามีผลกระทบทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร เพื่อใช้ช่วยในการยืนยันการตัดสินใจทำกิจกรรม โครงการนั้น ๆ โดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ส่วนการทำ LCA นั้นเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งออกเป็นสามทาง คือ ผลกระทบทางสุขภาพมนุษย์ ผลกระทบทางระบบนิเวศวิทยา และการนำทรัพยากรธรรมชาติไปใช้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการได้

จากการศึกษาผลกระทบของตู้เย็นพาณิชย์รุ่น CRB120 ซึ่งพิจารณาถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบเมื่อมีการเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R12 เป็น R134a โดยใช้หลักการของ NETS (Numerical Environmental Total Standard) และโปรแกรม SimaPro พบว่าตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R12 เป็นสารทำความเย็นมีค่าประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของระบบทำความเย็นเท่ากับ 8.57 Btu/h/W จะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมเท่ากับ 43.78 (NETS) และ 11.4 PE_T และตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R134a เป็นสารทำความเย็นมีค่าประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของระบบทำความเย็น เท่ากับ 5.58 Btu/h/W จะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมรวมเท่ากับ 56.40 (NETS) และ 16.6 PE_T ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตู้เย็นพาณิชย์ที่ใช้ R134a เป็นสารทำความเย็นจะมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากกว่า เนื่องจากตู้เย็นพาณิชย์ CRB120 (R134a) จะมีอัตราการใช้ไฟฟ้ามากกว่า ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สูงกว่าในด้านของการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิลและปัญหาภาวะกรดในบรรยากาศ (เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2544)

จากการประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอทานอล โดยการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ชนิดท่อความร้อน ด้วยวิธี NETS และโปรแกรมสำเร็จรูปพบว่าส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 209.61 (NETS) และ 14.4 PE_T ส่วนการกลั่นโดยใช้น้ำมันเตาเกรดซี มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 2,064.34 (NETS) และ 36.1 PE_T จะเห็นได้ว่า การกลั่นเอทานอลด้วยน้ำมันเตาเกรดซีส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า เนื่องจากมีอัตราการใช้ไฟฟ้ามากกว่าและสารประกอบจากน้ำมันเตา ก่อให้เกิดปัญหาฝนกรดในบรรยากาศและการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, 2545)

จากการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอมเพรสเซอร์แบบหมุนขนาด 18,000 Btu/hr โดยแบ่งการประเมินเป็น 4 ช่วง ตลอดวัฏจักรชีวิตได้แก่ ช่วงการผลิต ช่วงการใช้งาน ช่วงการขนส่ง และช่วงการกำจัด โดยใช้วิธีการประเมิน Eco-indicator 99 และโปรแกรม SimaPro 5.1 ผลการประเมินพบว่า ช่วงการใช้งานมีผลกระทบมากที่สุด รองลงมาคือช่วงการผลิต ช่วงการขนส่ง และช่วงการกำจัด ตามลำดับ โดยมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยวดังนี้ 9.45 0.0015 0.000198 และ -0.00125 kPt โดยงานวิจัยเน้นศึกษารายละเอียดในส่วนการผลิตคอมเพรสเซอร์แบบหมุน ผลการประเมินโดยวิธี Eco-indicator 99 ถูกนำไปเปรียบเทียบกับวิธี NETS ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งผลการประเมินออกมาในแนวเดียวกัน (นงค์นุช พฤฒิชัยวิบูลย์, 2547) และสอดคล้องกับผลการวิจัยวัฏจักรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์ พบว่าช่วงการใช้งานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จากผลการประเมินดังกล่าวสามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงโรตารี่คอมเพรสเซอร์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยนำระบบ “Inverter” มาใช้ควบคุมการทำงานและเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 เป็น R410A ซึ่งสามารถลดปริมาณ CO_2 ลงได้ 37% และลดสาร CFC-11 ได้ถึง 98% (โอมฤทธิ์ หาระบุตร และคณะ, 2547)

จากรายงานการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าพบว่า ในการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตันตลอดจนการขนส่งไปยังผู้จัดจำหน่าย มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกซ์ (CO_2) 973–980 กิโลกรัม (ไม่บรรจุถุง–บรรจุถุง) กระบวนการที่มีการปล่อย CO_2 ออกมามากที่สุดคือ กระบวนการเผาเพื่อให้ได้ปูนเม็ด โดยในการเผาเพื่อให้ได้ปูนเม็ด 1 ตัน จะเกิดก๊าซ CO_2 ประมาณ 909 กิโลกรัม และสำหรับการผลิตเหล็กแท่งยาว 1 กิโลกรัม มีการปล่อย CO_2 0.883 กิโลกรัม โดยการใช้ไฟฟ้าในการผลิตเป็นสาเหตุหลักของการเกิดก๊าซ CO_2 คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นทั้งหมด (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, อธิวัตร จิรจริยาเวช, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และ วุฒิพงษ์ ปรีดาภัทรพงษ์, 2547)

ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องปรับอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์พบว่า เครื่องปรับอากาศ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในช่วงใช้งาน รองลงมาคือช่วงประกอบเครื่องและการจัดการซากผลิตภัณฑ์ตามลำดับ ส่วนเครื่องรับโทรทัศน์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในช่วงใช้งานเช่นกัน และรองลงมาคือช่วงผลิตและประกอบเครื่อง โดยผลกระทบในช่วงใช้งานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งเชื้อเพลิงที่นำมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าและเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้า และถ้ามีการส่งเสริมให้มีการนำซากผลิตภัณฑ์ไปรีไซเคิลมากขึ้นผลกระทบจะน้อยลง (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, พัชรินทร์ วรธนกุล, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และ ชิฏจุมพล แก้วประกิจ, 2546) สอดคล้องกับผลการศึกษาตู้เย็นบ้านขนาด 6.3 ลูกบาศก์ฟุต ประเมินผลกระทบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 6.0 และใช้วิธี EDIP (Environmental Design of Industrial Products) ผลการศึกษาพบว่าขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคิดเป็น 83% เนื่องจากการใช้

ปริมาณไฟฟ้าสูงตลอดอายุการใช้งาน รองลงมาคือขั้นตอนการผลิตคอมเพรสเซอร์คิดเป็น 5.31% และขั้นตอนการฉีดโฟมในตัวโครงตู้คิดเป็น 3.56% (สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์, 2548)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของระบบการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบการกลั่นโดยใช้เชื้อเพลิง ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro โดยการออกแบบให้ระบบการกลั่นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ หม้อต้มน้ำ หอกลั่น ชุดระบายความร้อนและปั๊ม และมีการทำงานในลักษณะการกลั่นแบบต่อเนื่อง จากผลการศึกษาพบว่า นอกจากพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถนำมาทดแทนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้แล้วยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย ซึ่งไม่เฉพาะด้านของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกแต่ยังรวมถึงด้านอื่น ๆ เช่นการลดลงของชั้นโอโซน ภาวะฝนกรด เป็นต้น นอกจากนั้นในการศึกษาครั้งนี้ยังได้ทำการเปรียบเทียบการใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์แบบต่าง ๆ 3 แบบด้วยได้แก่ แบบกระจกแผ่นราบชั้นเดียว (Flat Plate Collector) แบบท่อแก้วสูญญากาศ (Evacuated Tube Collector) และแบบท่อความร้อน (Heat Pipe Collector) ซึ่งพบว่าแผงรับรังสีแบบท่อแก้วสูญญากาศเหมาะสมที่สุดในการใช้กับระบบการกลั่นเอทานอล (ณัฐนี วรยศ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, 2548)

โดยการใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนเป็นการมุ่งเน้นการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากวัตถุดิบ 2 ชนิดคือ มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นวัสดุเชื้อเพลิงทดแทนการนำเข้าสาร Methyl-Tert-Butyl-Ether (MTBE) ในการผลิตเชื้อเพลิงออกเทน 95 โดยพิจารณาตลอดวงจรชีวิตของเบนซินผสมเอทานอล 10 เปอร์เซ็นต์ หรือแกสโซฮอล์ 95 เปรียบเทียบกับเบนซิน 95 ซึ่งใช้ MTBE เป็นสารเพิ่มค่าออกเทน วิธีการที่ใช้ในการศึกษาคือ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน ผลการศึกษาพบว่าโดยภาพรวมการใช้เอทานอลทดแทน MTBE ในน้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการประหยัดจากการทดแทนการนำเข้า ส่วนผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมมีสัดส่วนค่อนข้างน้อย (วินัย พุทธกูล และ กัมปนาท เพ็ญสุภา, ม.ป.ป.)

การส่งเสริมการผลิตเอทานอลสำหรับเป็นเชื้อเพลิงและการส่งเสริมการผลิตและใช้งานแก๊สโซฮอล์ของภาครัฐเป็นนโยบายที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์และก่อให้เกิดประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมโดยรวมของประเทศ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตและการใช้งานแก๊สโซฮอล์ 95 พบว่า มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้านที่ลดลงเมื่อเทียบกับการผลิตและการใช้เบนซิน 95 เช่น การทำลายทรัพยากร (Abiotic Depletion) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Ecotoxicity) ปัญหาด้านภาวะความเป็นกรด (Acidification) และความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ยังมีประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอีก 2 ประเด็นสำคัญที่ยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมเพื่อลดผลกระทบ ได้แก่

ปัญหาด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การผลิตและการใช้แก๊สโซฮอล์ 95 เทียบกับเบนซิน ในปัจจุบันก่อให้เกิดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนใกล้เคียงกัน ในขณะที่การผลิตและการใช้งานแก๊สโซฮอล์มีโอกาสก่อปัญหาด้านธาตุอาหารพืชในน้ำสูงเกินสมดุล (Eutrophication) สูงกว่าเมื่อเทียบกับเบนซิน เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากช่วงการผลิตเอทานอลมีปริมาณมาก และรูปแบบการจัดการของเสียและการนำไปใช้ประโยชน์ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริมและพัฒนาที่ถูกต้องตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตและใช้แก๊สโซฮอล์ เพื่อพัฒนาศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมต่อไป (มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550)

จากโครงการการเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางไทยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมศักยภาพการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อมให้กับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยางที่เกี่ยวข้องกับสายโซ่การผลิตยางรถยนต์ (ประเภทยางรถบรรทุก) ซึ่งประกอบด้วย การเพาะกล้ายาง สวนยางพาราผลิตน้ำยางสด สวนยางพาราผลิตยางก้อนถ้วย โรงงานผลิตวัตถุดิบหลักเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ ได้แก่ โรงงานผลิตยางแผ่นดิบ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง STR20 โรงงานผลิตยางรถบรรทุก และโรงงานผลิตยางปรับสภาพ โดยอาศัยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยางรถบรรทุกที่ใช้สำหรับรถบรรทุกขนาดไม่เกิน 21 ตัน จำนวน 1 เส้น โดยมีน้ำหนักของยางเฉลี่ยเท่ากับ 42 กิโลกรัม ขอบเขตการประเมินแบ่งเป็น (1) การผลิตยางรถบรรทุก ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบถึงผลิตภัณฑ์ (2) การจัดหาวัตถุดิบถึงการใช้งานยางรถบรรทุกจนหมดสภาพ และ (3) การจัดการยางรถยนต์หลังหมดสภาพด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่า ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงของการใช้งานมีสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงชีวิตอื่น ๆ ตั้งแต่ประเด็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ การก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก การเกิดมลสารทางอากาศ เช่น ฝุ่น NO_x SO_x โดยแหล่งที่มาของผลกระทบในช่วงของการใช้งานแบ่งออกเป็น (1) จากช่วงการผลิตน้ำมันดีเซลที่ถูกใช้ในช่วงใช้งานรถบรรทุก และ (2) การเผาไหม้น้ำมันดีเซลช่วงใช้งานของรถบรรทุกและกลายเป็นมลสาร ทางอากาศสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางรถยนต์ นอกจากจะปรับปรุงการผลิตให้มีประสิทธิภาพแล้วยังต้องคำนึงถึงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์ให้เหมาะสมในช่วงของการใช้งานด้วย (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ และคณะ, 2550)

จากการประเมินความคุ้มค่าเชิงพลังงานและประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์สาเหตุและพัฒนาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาครอบคลุมถึงการเพาะปลูก การขนส่ง และกระบวนการผลิต/แปรรูป ซึ่งผลการประเมิน

พลังงานป้อนเข้าและพลังงานที่ได้รับพบว่า การใช้พลังงานมาจาก 3 ส่วนสำคัญคือ การใช้ถ่านหิน การใช้ไฟฟ้า และการใช้ปุ๋ยเคมี คิดเป็น 14.8 4.4 และ 3.8 เมกะจูล/ลิตร ตามลำดับ และอัตราส่วนพลังงานที่ได้รับ (Net Energy Ratio) คิดเป็น 0.86 เท่า ของพลังงานป้อนเข้า ส่วนการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตพบว่า ช่วงการผลิตเอทานอลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมมากที่สุดในเกือบทุกกลุ่มผลกระทบ ได้แก่ การเกิดภาวะโลกร้อนการเกิดฝนกรด การเพิ่มธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล การเกิดโลหะหนัก การเกิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายและการใช้พลังงาน เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในกระบวนการผลิต เมื่อพิจารณาผลกระทบการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนพบว่า มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วงการเพาะปลูก การขนส่ง และการแปรรูป คิดเป็น 0.25 0.004 และ 1.24 kg-CO_2 eq. ต่อลิตรไบโอเอทานอล ตามลำดับ (เสกสรร พาป้อง และปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา, 2551)

จากการนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมซึ่งเป็นรูปแบบการใช้พลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นตัวอย่างของพลังงานสะอาด โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากก๊าซธรรมชาติเกิดการเผาไหม้ได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ทำให้สารพิษต่าง ๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น พบว่าส่งผลกระทบต่อการลดลงของเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel Depletion) มากที่สุด และการลดลงของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resource Depletion) ตามลำดับ (ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, 2551)

ประเภทของโรงไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้ามากที่สุดของประเทศไทยจะเป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมคิดเป็น 51.2% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดของประเทศ รองลงมาคือโรงไฟฟ้าพลังความร้อน กำลังการผลิตคิดเป็น 33% โดยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกังหันแก๊ส และส่วนที่เป็นพลังความร้อนทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนรวมมีค่าสูง และจากการเปรียบเทียบผลการประเมินวัฏจักรชีวิตระหว่างระบบผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊สกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค LCA-NETS พบว่า โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมให้ประสิทธิภาพสูงกว่าและสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส ผลกระทบที่เกิดขึ้นมากที่สุดของทุกกระบวนการของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สและพลังความร้อนร่วม เมื่อคิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าแยกเป็นแต่ละประเภทผลที่ได้คือ ผลกระทบทางด้านการใช้เชื้อเพลิง (Fossil Fuel Depletion) มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือมลพิษทางอากาศ (Air Pollution) และการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ตามลำดับ และทั้งโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมและโรงไฟฟ้ากังหันแก๊สเมื่อทำงานเข้าใกล้ค่ากำลังการผลิตสูงสุดจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, 2551)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสีผงชนิดโพลีเอสเตอร์-อีพอกซี ซึ่งเป็นสีผงชนิดที่มีการใช้งานมากในประเทศไทยอีกทั้งยังเป็นเคมีภัณฑ์พื้นฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคนิคของการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งจะทำให้ได้ทราบค่าเชิงปริมาณและแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่าง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของสีผง เช่น การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก การลดลงของชั้นโอโซน และภาวะความเป็นกรด เป็นต้น ขอบเขตการศึกษาของวัฏจักรชีวิตของสีผง ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัด ผลจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 5.1 และวิธี Eco-indicator 95 พบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของสีผง ขั้นตอนการเคลือบสีผงกับชิ้นงานก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคิดเป็น 86.1% เนื่องจากกระบวนการนี้มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากถึง 58.1 ลิตรต่อการเคลือบสีผง 1 กิโลกรัม รองลงมาคือขั้นตอนการขนส่ง 6.4% และขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ 6.3% ตามลำดับ (กฤษกร เจียมจำรัสศิลป, กิรณา จอมคำศรี และ เสกสรร พาป้อง, 2550)

ในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของกล่องกระดาษแบ่งเป็น 5 ระยะได้แก่ ช่วงการเตรียมวัตถุดิบ ช่วงการผลิต ช่วงการขนส่ง ช่วงการใช้งานและช่วงการกำจัดเมื่อหมดอายุการใช้งาน ตลอดจนการวิเคราะห์วิธีการที่เป็นไปได้ในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 4.0 ซึ่งกำหนดประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญที่นำมาพิจารณา คือ GWP AP EP POCP Energy Use and Solid Waste Generation จากการศึกษาพบว่า กระบวนการฝังกลบเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดที่มีต่อแนวโน้มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยผลกระทบนั้นมาจากมลพิษทางอากาศที่มีการปลดปล่อยออกมาระหว่างการฝังกลบ ซึ่งก๊าซดังกล่าวได้แก่ ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซแอมโมเนีย รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้งกระดาษ ขยะจากกระบวนการผลิตกระดาษแข็งและกล่องกระดาษ ถ้าอัตราการนำไปฝังกลบสูงจะทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเกือบทั้งหมดสูงขึ้น ดังนั้นการนำกล่องกระดาษฝังกลบจึงไม่ใช่วิธีการจัดการที่เหมาะสม ยกเว้นแต่ว่าในสถานที่ฝังกลบได้มีการจัดการก๊าซที่เกิดขึ้นอย่างปลอดภัย (อรุณี องค์มงคลกุล, 2544)

ในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเสื้อเชิ้ตชาย ระหว่างเสื้อที่ผลิตจากใยผ้าธรรมชาติและใยสังเคราะห์ตลอดวัฏจักรชีวิต โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นห้าช่วงได้แก่ ช่วงการเตรียมวัตถุดิบ (การปลูก ปั้นและทอฝ้าย) ช่วงการผลิต (การใส่สี และตกแต่ง) ช่วงการขนส่ง ช่วงการใช้งาน (การซัก ตากแห้งและรีด) และช่วงการกำจัด (การนำมาใช้ซ้ำใช้ใหม่ การเผา) จากการศึกษาพบว่าช่วงการใช้งาน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องมาจาการใช้พลังงานในการซักและรีด เมื่อพิจารณาชนิดของผ้าที่เหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตเสื้อพบว่า การใช้ใยผ้าที่เป็นใยสังเคราะห์มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากใยสังเคราะห์มีคุณสมบัติทำให้เสื้อแห้งเร็วและรีดง่าย ซึ่งช่วยลดการ

ใช้พลังงาน ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้สำหรับเครื่องนุ่งห่มชนิดอื่น โดยเน้นที่วัสดุหรือผ้าที่ใช้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543)

จากการทบทวนการนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มาใช้ในประเทศไทยที่ผ่านมาสามารถสรุปภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
ไฟฟ้าพลังความร้อนและพลังน้ำ	การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังความร้อนและพลังน้ำในประเทศไทยโดยใช้โปรแกรม SimaPro 5.0	กิรณา จอมคำศรี, 2546	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2551	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว	การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชันของไม้โตเร็ว	ชนาภา วรรณศรี, 2551	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม	การประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม	ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, 2545	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไฟฟ้ากังหันแก๊สกับไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	การเปรียบเทียบผลการประเมินวัฏจักรชีวิตระหว่างระบบผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊สกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค LCA-NETS	ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, 2551	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ตู้เย็นพาณิชย์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์	เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2544	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เครื่องปรับอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ “ผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์”	พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, 2546	สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
สายไฟ	การประเมินวัฏจักรชีวิตของสายไฟชนิดพีวีซีและสายไฟชนิดที่ใช้วัสดุทดแทนพีวีซี	จันจิรา หะยียามา, 2547	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โรตารี่คอมเพรสเซอร์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์	นงค์นุช พฤฒิชัยวิบูลย์, 2547	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
โรตารี่คอมเพรสเซอร์	การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์	โอมฤทธิ์ หาระบุตร, 2547	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
ตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน	การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน	สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์, 2548	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
โรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ	การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของโรงไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะโดยเทคนิคแอลซีเอ	อนุวัตร์ เดชครุฑ, 2548	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ถ่านหินเหมืองเปิด	การจัดการพลังงานโดยการประเมินวัฏจักรชีวิตในการผลิตถ่านหินเหมืองเปิด	บวร บริบูรณ์, 2548	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ก๊าซธรรมชาติอัดและก๊าซธรรมชาติเหลว	การเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมและพลังงานของก๊าซธรรมชาติอัดและก๊าซธรรมชาติเหลวโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต	วีราภรณ์ คารมณ์, 2552	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
คาร์บอนนาโนทิวบ์	การประเมินรวมความเสี่ยงและการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับการประเมินการผลิตคาร์บอนนาโนทิวบ์	วารุณี มุสิกชาติ, 2548	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุภาคนาโนของซิงค์ซัลไฟด์	การประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับการเปรียบเทียบการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของซิงค์ซัลไฟด์	อรนุช ตันติสุข, 2548	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ไททาเนียมไดออกไซด์	การประเมินวัฏจักรชีวิตด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์	สิทธิกร ผลพอตน, 2549	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สีผง	การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง	กฤษกร เจียมจำรัสศิลป์, 2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กระป๋องโลหะกับรีทอร์ตเพาช์	การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของกระป๋องโลหะกับรีทอร์ตเพาช์ในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง	กิตติวรรณ กิจปกรณ์สันติ, 2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เอทานอล	การประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอทานอลโดยการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ชนิดท่อความร้อน	ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, 2545	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เอทานอล	การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบพลังงาน กรณีศึกษาระบบกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์	ณัฐนี วรยศ, 2548	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ตารางที่ 2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย	การประเมินวงจรชีวิตเชิงเศรษฐศาสตร์ของเอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย	วินัย พุทธกูล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย	การศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย	มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550	มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย
ดีเซลผสมเอทานอล 95% และ 99.5%	การศึกษาเปรียบเทียบวัฏจักรพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตระหว่างการใช้ดีเซลผสมเอทานอลชนิด 95% และ 99.5% ในภาคการขนส่งของประเทศไทย	จักรภพ นาคฤทธิ์, 2546	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วัตถุดิบหลักในการผลิตเอทานอล	การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานเพิ่มสุทธิและผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบหลักในการผลิตเอทานอล	วรยุทธ สายบัวตรง, 2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เอทานอลสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์	การวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบผลิตเอทานอลสำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ในประเทศไทย	นุชนาถ ลอยจิ๋ว, 2551	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไบโอเอทานอลจากมันสำปะหลัง	การประเมินความคุ้มค่าเชิงพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต	เสกสรร พาป้อง, 2551	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
ไบโอดีเซลจากสบู่ดำ	การประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากน้ำมันสบู่ดำ	กันต์ พรหมเมตตา, 2548	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไบโอดีเซลจากสบู่ดำ	การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ	ชลธิชา สุทธิบุตร, 2550	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน	การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน	ปราณี หนูทองแก้ว, 2551	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตารางที่ 2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
วัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซล	การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานเพิ่มสุทธิและผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซล	อรชุมา ดีศรีแก้ว, 2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว	การประเมินวัฏจักรชีวิตของเมธิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้วในระบบการผลิตขนาดเล็ก	จันทิมา ริ้วลายเงิน, 2550	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ข้าว	การประเมินวงจรชีวิตเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ข้าว	หทัยชนก นัดสถาพร, 2550	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ยาง	การเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางไทยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, 2550	สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
กระทง	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระทงที่ประดิษฐ์จากพลาสติกโฟม	ชุติมา บุษบง, 2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังกับโฟมพอลิสไตรีน	การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของภาชนะบรรจุจากแป้งมันสำปะหลังกับโฟมพอลิสไตรีน	อัครเดช จวงถาวร, 2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง	การประเมินวัฏจักรชีวิตของมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลัง	สุธี คงศิริ, 2552	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาหารกุ้งขาวแวนนาไม	การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ที่ใช้ปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก	วรรณนิภา สุขสถิตย์, 2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผ้าฝ้ายคลุมไหล่	การประเมินวัฏจักรชีวิตผ้าฝ้ายคลุมไหล่เพื่อการติดฉลากสิ่งแวดล้อม	ฐิติกร ชูไพโรจน์, 2552	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปูนซีเมนต์	การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์	ธิดา ทัศนราพันธ์, 2543	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ภาพรวมการศึกษาวิจัยด้าน LCI และ LCA ของประเทศไทย (ต่อ)

ชื่อผลิตภัณฑ์	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
ปูนซีเมนต์และเหล็กกล้า	การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม	พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, 2547	สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
Office Building	Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand	Kofoworola and Gheewala, 2008	King Mongkut's University of Technology
การออกแบบสถาปัตยกรรม	การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้แนวทางวัฏจักรชีวิต	ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2550	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาคารพักอาศัย	การประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย	ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตในงานด้านสถาปัตยกรรม

ในปัจจุบันแนวคิดเรื่องการออกแบบและการก่อสร้างอาคาร Green Building หรืออาคารเขียว มีความสำคัญมากขึ้น เพราะการออกแบบที่ดีจะต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ความประหยัด ลดค่าใช้จ่าย ลดการสูญเสียที่เกิดจากการใช้วัสดุ วัสดุควรสามารถใช้หมุนเวียน (Recycle) ได้ ทำให้ลดปริมาณขยะก่อสร้างได้อีกทางหนึ่ง วิธีการก่อสร้างควรใช้ระยะเวลาที่รวดเร็วทันต่อความต้องการ มีคุณภาพ มีความคลาดเคลื่อนและผิดพลาดน้อย ปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้นเป็นผลให้นำไปสู่การประหยัดพลังงาน การประหยัดต้นทุนการก่อสร้าง ลดการใช้วัสดุที่ไม่จำเป็นลง อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการใช้วัสดุที่มีอยู่แล้วหรือนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ รวมไปถึงการคิดค้นหาวัสดุใหม่ ๆ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ แต่ขณะเดียวกันก็มีความแข็งแรงคงทน เมื่อนำไปทำลายแล้วไม่เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม

Green Building หรืออาคารเขียว คือการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรของอาคาร ได้แก่ พลังงาน น้ำ และวัสดุ ในขณะที่ลดผลกระทบต่อผู้ใช้ทางด้านสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม โดยการคัดเลือกที่ตั้งอาคาร ออกแบบ ก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษา และรื้อถอนที่ดีกว่าตลอดอายุการใช้งานของอาคาร อาคารเขียวได้รับความสนใจอย่างมากในต่างประเทศและเริ่มได้รับความสนใจในประเทศไทย ผู้ที่มีส่วนสำคัญในการสร้างอาคารเขียวได้แก่ วิศวกรและสถาปนิก ดังที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) และสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ (ASA) ร่วมลงนามในบันทึกความตกลงเพื่อส่งเสริมการจัดตั้งสถาบันอาคารเขียวไทย ในระหว่างการจัดสัมมนาเรื่อง “อาคารเขียว (Green Building) : โอกาสใหม่สำหรับวิศวกรและสถาปนิกไทย” เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2552 ที่ผ่านมา โดยการสัมมนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระบบประเมินอาคารเขียวที่ช่วยประหยัดพลังงานเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น ซึ่งเป็นที่แพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ทวีปอเมริกามีองค์กร USGBC หรือ The U.S. Green Building Council ได้ออกแบบเกณฑ์การประเมินเรียกว่า LEED (Leadership in Energy and Environment Design) และทางฝั่งยุโรปในประเทศอังกฤษได้ออกแบบเกณฑ์วิธีการประเมิน BREEAM (Building Research Establishment’s Environmental Assessment Method เป็นต้น พร้อมกับนำผู้ที่ปฏิบัติวิชาชีพที่มีประสบการณ์จริงในการดำเนินโครงการอาคารเขียวมาร่วมกันนำเสนอความคิดเห็นในรูปแบบของการอภิปรายกลุ่ม ทั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการจัดทำระบบประเมินอาคารเขียวที่เหมาะสมกับประเทศไทยต่อไป โดยหลักเกณฑ์อาคารเขียวที่เหมาะสมกับประเทศไทยจะช่วยส่งเสริมให้มีการออกแบบอาคารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ สภาพเศรษฐกิจของไทย และเน้นใช้วัสดุภายในประเทศเป็นหลัก ซึ่งการจัดตั้งสถาบันอาคารเขียวจะจัดทำหลักเกณฑ์อาคารเขียวสำหรับประเทศไทย และให้มีการตรวจประเมินให้การรับรองอาคารที่ผ่านเกณฑ์ โดยมีเป้าหมายให้การจัดตั้งสถาบันอาคารเขียวไทยให้แล้วเสร็จเพื่อรับรองอาคารเขียวได้ภายในปี พ.ศ. 2553

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยพลังงานที่ได้ร่วมกันออกแบบเกณฑ์วิธีการประเมินอาคารสีเขียว ในลักษณะคล้ายกับ LEED ในชื่อว่า TEEAM หรือ Thailand Energy and Environmental Assessment Method ซึ่งใช้เกณฑ์ในการพิจารณาอาคารที่มีการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างรอบด้าน การจัดการด้านพลังงาน รวมทั้งสุขภาวะที่ดีของผู้อยู่อาศัยในอาคาร หลักเกณฑ์ในการประเมินว่าอาคารใดควรเป็นอาคารเขียวนั้น คณะกรรมการอาคารเขียวได้กำหนดเกณฑ์พิจารณาไว้ 6 เรื่องด้วยกัน ประกอบด้วย

1. ที่ตั้งอาคาร จะต้องมีการพิจารณาว่าที่ตั้งของอาคารส่งผลกระทบต่อนิเวศวิทยาหรือไม่ บริเวณโดยรอบมีระบบขนส่งมวลชนที่เหมาะสมหรือไม่

2. การใช้พลังงานและการใช้วัสดุก่อสร้าง อาคารเขียวจะต้องก่อสร้างจากวัสดุประหยัดพลังงาน เป็นวัสดุในท้องถิ่นเพื่อให้เกิดการขนส่งน้อยที่สุด หรือหากเป็นวัสดุรีไซเคิลจะได้รับการพิจารณามากที่สุด

3. ระบบการใช้น้ำต้องมีประสิทธิภาพมากที่สุดซึ่งจะส่งผลถึงน้ำเสียที่จะเกิดขึ้น เมื่อใช้น้ำน้อยน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นก็น้อยลง รวมทั้งน้ำที่ใช้แล้วต้องนำกลับมาใช้ใหม่ด้วย เช่นห้ามใช้น้ำประปารดน้ำต้นไม้โดยเด็ดขาด น้ำสำหรับรดต้นไม้ต้องเป็นน้ำเสียจากอาคารที่ผ่านการบำบัดแล้ว

4. สภาพแวดล้อมในอาคารต้องมีความเหมาะสม ต้องมีแสงสว่างเพียงพอกับความต้องการของผู้อยู่อาศัยในอาคาร ไม่มีฝุ่น เชื้อโรค องค์ประกอบในการก่อสร้างต้องไม่ปล่อยสารพิษออกมา เช่น พรม หรือสีจะต้องไม่มีสารระเหยที่เป็นอันตราย เป็นต้น

5. ผู้อยู่อาศัยในอาคารต้องมีคุณภาพชีวิตที่ดี

6. ต้องสร้างด้วยนวัตกรรม หรือเทคโนโลยีใหม่

นอกจากอาคารขนาดใหญ่แล้ว ยังมีอาคารสำหรับที่อยู่อาศัยซึ่งกำลังมีการก่อสร้างจำนวนมากให้ความสนใจที่จะออกแบบอาคารสำหรับที่อยู่อาศัยให้เป็น “อาคารเขียว” เพื่อเป็นการสร้างภาพลักษณ์ให้แก่องค์กรนั้นว่าให้ความสนใจเรื่องสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังและยังดึงดูดความสนใจแก่ผู้บริโภคอีกด้วย (นินนาท ไชยธีรภิญโญ, 2551)

เครื่องมือสำหรับการประเมินมาตรฐานอาคารยั่งยืน (Building Environmental Assessment Tool) ส่วนใหญ่ใช้แนวทางการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารเพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารได้ครอบคลุม โดยตัวอย่างเครื่องมือในการประเมินระดับความยั่งยืนของอาคารได้แก่ LEED (สหรัฐอเมริกา) BREEAM (อังกฤษ) CASBEE (ญี่ปุ่น) HK-BEAM (ฮ่องกง) Green Star (ออสเตรเลีย) GreenMark (สิงคโปร์) และ GBTool (แคนาดา) สำหรับประเทศไทยได้พัฒนาเครื่องมือประเมินอาคารด้านการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำการศึกษาและออกแบบวิธีการประเมินอาคารยั่งยืนในแนวทางที่คล้ายคลึงกับ LEED โดยใช้ชื่อว่า TEEAM (Thailand Energy and Environmental Assessment Method) และออกฉลากให้กับอาคารประหยัดพลังงานเพื่อส่งเสริม

การออกแบบและก่อสร้างอาคารประหยัดพลังงาน แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็นสองกลุ่มตามลักษณะการใช้สอยและมีทั้งหมด 4 ชุดได้แก่ แบบประเมินสำหรับอาคารพักอาศัย (บ้านเดี่ยว ทาวเฮาส์ อาคารอยู่อาศัยรวม) และแบบประเมินอาคารที่ไม่ใช่อาคารที่พักอาศัยซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชุดได้แก่ แบบประเมินอาคารสำนักงาน ห้องสมุด แบบประเมินอาคารสรรพสินค้า อาคารพาณิชย์ อาคารแสดงสินค้า/นิทรรศการ และแบบประเมินอาคารโรงพยาบาล โรงแรม โดยหัวข้อการประเมินแบ่งเป็นหมวดต่าง ๆ ได้แก่ หมวดสถานที่ตั้งอาคาร หมวดผังบริเวณและงานภูมิสถาปัตยกรรม หมวดเปลือกอาคาร หมวดระบบปรับอากาศ หมวดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หมวดระบบธรรมชาติ พลังงานทดแทนและการจัดการพลังงาน หมวดระบบสุขาภิบาล หมวดวัสดุและการก่อสร้าง และหมวดเทคนิคการออกแบบและกลยุทธ์ประหยัดพลังงาน/รักษาสิ่งแวดล้อม สำหรับเกณฑ์ที่ใช้เป็นการรับรองการประเมิน ได้แบ่งระดับการประเมินไว้ 3 ระดับคือ ดี ดีมาก และดีเด่น (ธนิต จินดาวณิค และคณะ, 2550)

ในปัจจุบันการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีความสัมพันธ์กับงานทางด้านสิ่งแวดล้อมได้ก้าวหน้าไปถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาคส่วนของอาคารสิ่งปลูกสร้างที่เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่ผ่านมาที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในช่วงการใช้งานอาคารสิ่งก่อสร้าง และทำอย่างไรจึงจะลดผลกระทบดังกล่าวนั้นลงได้ ซึ่งผลจากการศึกษานี้ไม่เพียงจะเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดความใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้นแต่ยังนำไปสู่การยกระดับกลุ่มผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานและผลกระทบที่สำคัญตลอดอายุการใช้งาน เช่น ความเป็นพิษต่อมนุษย์ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ เป็นต้น

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยในต่างประเทศได้มีผู้ศึกษาไว้แล้วเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างอาคารที่แตกต่างกัน การประเมินการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารที่พักอาศัย ผลของอากาศภายในอาคาร (VOCs) จากการใช้วัสดุที่แตกต่างกันออกไป หรือแม้แต่การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต เพราะสามารถแสดงถึงปริมาณทรัพยากรที่ถูกใช้ไปและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ เพื่อให้สามารถลดผลกระทบให้น้อยลงตั้งแต่การคัดเลือกและการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

อาคารสิ่งปลูกสร้างซึ่งมีการใช้วัสดุที่หลากหลายได้มีบทบาทสำคัญต่อสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยซึ่งมีการใช้ที่ดิน วัตถุดิบ และก่อให้เกิดของเสียเป็นจำนวนมาก สาเหตุหลักเกิดจากการใช้พลังงานสิ้นเปลืองและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Kospomoulos, 2004) อุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้างเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการบริโภควัตถุดิบเป็นจำนวนมาก ตามด้วยอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหาร (Berge, 2000) โดยในภาคอุตสาหกรรมการก่อสร้างนั้นพบว่า มีปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติปีละ

ประมาณ 3,000 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วนถึง 40% ของจำนวนทรัพยากรทั้งหมดที่ใช้ในโลกแต่ละปี (Roodman and Lenssen,1995) ซึ่งปริมาณทรัพยากรหลัก ๆ ที่มีการบริโภคคือ หิน ทราย และกรวด ประมาณ 40% ไม้ 25% และน้ำ 16% (Arena and Rosa, 2003) ส่วนพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ในทุก ๆ กระบวนการผลิต การขนส่ง และการติดต่อสื่อสารซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนเศรษฐกิจและพัฒนาสังคมของทุกประเทศ (Griffin and Steele, 1980) ซึ่งผลลัพท์จากการใช้พลังงานพบว่า 40-50% ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกและภาวะฝนกรด (California Integrated Waste Management Board, 2000; Cheng, Chiang, and Tang, 2006; Department of Trade and Industry, 2006; Prasad and Hill, 2006; Uher, 1999) การขุดแร่จากธรรมชาติขึ้นมาใช้งานเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงาน เกิดของเสียและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านลบ เช่น ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติลดน้อยลง สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และผลกระทบอื่น ๆ เช่น ภาวะโลกร้อน ภาวะฝนกรด และการเกิดหมอกควัน (Cheng et al., 2006; Department of Trade and Industry, 2006; Prasad and Hill, 2006; Uher, 1999) ซึ่งพลังงานที่ใช้ในส่วนของอาคารสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงการผลิตและการขนส่งวัสดุก่อสร้างได้บริโภคพลังงานประมาณ 25-40% และอาจมากถึง 50% ในบางประเทศ (Asif, Muneer, and Kelley, 2007)

หลายงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนการใช้งานอาคารที่พักอาศัยมีการใช้พลังงานมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่น ๆ โดยกำหนดอายุการใช้งานเท่ากับ 50 ปี ซึ่งคิดเป็น 85-95% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ (Thormark, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศสเปนที่ได้ทำการศึกษาบ้านที่ตั้งอยู่แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนในบาร์เซโลนา เมืองท่าของสเปน มีพื้นที่ใช้สอย 160 m^2 อายุการใช้งาน 50 ปี และมีผู้พักอาศัย 4 คน โดยอาศัย LCM ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผล 2.34×10^3 kg CO_2-eq/m^2 ต่อ 50 ปี โดย 90.5% อยู่ในขั้นตอนการใช้งาน (ใช้งาน 88.9%, บำรุงรักษา 1.7%) และ 9.5% อยู่ในขั้นตอนการก่อสร้าง (Ortiz, Bonnet, Bruno, and Castells, 2009) ส่วนในประเทศญี่ปุ่น อาคารสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ถูกสร้างด้วยเหล็ก ส่วนโครงสร้างขนาดเล็กนิยมสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งปริมาณ CO_2 ที่ปล่อยออกมาสามารถคำนวณได้จากการใช้น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าทุก ๆ การผลิตซีเมนต์ 1 ตัน ปล่อย CO_2 0.3 ตัน (Oil Industry Activation Center, 1988) ซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายหินปูน และจากการประเมินพบว่าช่วงใช้งานอาคารมีการใช้พลังงานมากที่สุดคิดเป็น 81% ช่วงการก่อสร้างคิดเป็น 15% ของพลังงานทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิต (Suzuki and Oka, 1998) ส่วนในขั้นตอนของการรื้อทำลายพบว่า ต้องใช้พลังงาน 0.49 GJ/m^2 และปล่อย CO_2 36 kg/m^2 สำหรับอาคารสำนักงานที่เป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Suzuki and Oka, 1993) ส่วนอาคารสำนักงานในกรุงเอเธนส์ ประเทศกรีซ พิจารณาขั้นตอนการก่อสร้างและการใช้งานของอาคารซึ่งกำหนดไว้ 80 ปี ด้วยซอฟแวร์ GaBi พบว่าในขั้นตอนของการใช้งานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า 92% โดยก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนถึง 78.77% (Koroneos, Dompros, and Loizidou, 2006)

ในขณะที่ปัญหาสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น อาคารและสิ่งปลูกสร้างได้กลายเป็นสิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับการใช้พลังงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและมีการใช้พลังงานน้อยลง ด้วยเหตุนี้พลังงานที่ต้องการสำหรับการก่อสร้างและการผลิตวัสดุจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น การศึกษาเกี่ยวกับบ้านประหยัดพลังงานแสดงให้เห็นว่าวัสดุมีพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) คิดเป็น 40-60% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ (Thormark, 2002; Winter and Hestnes, 1999) แสดงให้เห็นว่าบ้านประหยัดพลังงานมีพลังงานสะสมรวมของวัสดุน้อยกว่าบ้านทั่วไปที่ต้องการใช้พลังงานในขั้นตอนการใช้งาน ที่เป็นผลมาจากพลังงานปริมาณมากที่ต้องการในขั้นตอนการผลิตและการซ่อมบำรุงของเครื่องมือช่าง (Feist, 1996) และวัสดุที่มีพลังงานสะสมรวมสูง ๆ ส่วนประกอบดังกล่าวต้องมีการพัฒนาวัสดุอื่นมาแทนที่ (Scheuer, Keoleian, and Reppe, 2003)

งานวิจัยอื่น ๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุประกอบอาคารที่แตกต่างกัน โดยวัสดุหลักที่ใช้ได้แก่ ไม้ คอนกรีต เหล็ก และอิฐ พบว่าไม้เป็นวัสดุที่ใช้พลังงานและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น (Buchanan and Honey, 1994; Buchanan and Levine, 1999; Cole and Kernal, 1996; Gustavsson and Sathre, 2006; Koch, 1992; Lenzen and Treloar, 2002; Perez et al., 2005) จากการศึกษาบ้านเดี่ยวของชาวดัตช์ที่เปลี่ยนการก่อสร้างเป็นไม้พบว่า สามารถลดการปล่อย CO_2 ลงได้ถึง 50% เมื่อเทียบกับบ้านดั้งเดิม (Goverse, Hekkert, Groenewegen, Worrell, and Smits, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในประเทศญี่ปุ่นที่ทำการประเมินบ้านพัก 3 ประเภทพบว่าการใช้พลังงานของบ้านคอนกรีตเสริมเหล็กเท่ากับ 8-10 บ้านไม้ 3 บ้านเหล็กมวลเบา 4.5 GJ/m^2 ส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 เท่ากับ 850 250 และ 400 kg/m^2 ตามลำดับ (Suzuki, Oka, and Okada, 1995) ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำสามารถลดการปล่อย CO_2 ลงถึง 30% ในขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งสรุปได้จากการศึกษาบ้านพักในประเทศสเปน (González and Navarro, 2006)

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้วัสดุที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการประเมินบ้านเดี่ยว 3 ห้องนอนในประเทศสก็อตแลนด์พบว่า คอนกรีต ไม้ และกระเบื้องเซรามิก เป็นวัสดุหลัก 3 ชนิดที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะคอนกรีตใช้พลังงานถึง 65% ของพลังงานสะสมรวมทั้งหมด เนื่องจากคอนกรีตถูกใช้เป็นจำนวนมาก และพบว่าคอนกรีตและปูนขาวผสมซีเมนต์เป็นองค์ประกอบหลักของการปล่อย CO_2 จากการสร้างบ้านพักอาศัย (Asif, Muneer, and Kelley, 2007)

ปัจจัยที่แตกต่างกันซึ่งมีผลกับสมดุลพลังงานและ CO_2 ที่มีความเกี่ยวข้องกับวัสดุก่อสร้างตลอดวงจรชีวิต ตามที่ (Gustavsson and Sathre, 2006) ในบางส่วนอธิบายว่าเป็นความไม่มั่นใจซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการทางสถิติของการสังเกตแบบสุ่มตัวอย่างหรือจากการขาดความรู้ความแม่นยำ ตัวอย่างความไม่แน่นอนของข้อมูลสมดุล CO_2 ซึ่งสัมพันธ์กับวัสดุก่อสร้างรวมถึงอัตราการเจริญเติบโตของป่าและอัตราการสลายตัวของไม้ที่หลุมฝังกลบ ส่วนความไม่แน่นอนในสมดุลพลังงานตัวอย่างเช่น คุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันของวัตถุดิบเช่น ไม้กับหินย่อมมี

ความต้องการพลังงานในการผลิตที่แตกต่างกัน ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมดุลพลังงานและ CO_2 สามารถอธิบายความแปรผันด้วยการตัดสินใจและวิธีการจัดการเช่น การใช้เทคโนโลยีในกระบวนการผลิตซีเมนต์ เชื้อเพลิงที่ใช้ และทางเลือกของการใช้หรือการรีไซเคิลเหล็ก ซึ่งการรวมกันของความไม่แน่นอนและความแปรผันมันเป็นการยากที่จะแยกออกจากกัน ตัวอย่างเช่น โรงงานต่างกันอาจผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันแต่ใช้กระบวนการที่มีประสิทธิภาพต่างกัน แต่เมื่อถูกนำไปรวมกันตามท้องตลาดหรือคลังวัสดุทำให้มองไม่เห็นความแตกต่าง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการก่อสร้างและอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างที่ต่างกันได้มีผู้สนใจศึกษาแล้วหลายท่านดังเช่น ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินและอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างที่ต่างกันซึ่งเป็นการประเมินในกรณีของโครงสร้างไม้และโครงสร้างคอนกรีต พบว่าโครงสร้างไม้ใช้พลังงานและปล่อย CO_2 น้อยกว่าโครงสร้างคอนกรีต (Borjesson and Gustavsson, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของชาวสวีเดนและชาวนอรเวย์เกี่ยวกับการใช้งานจากไม้ พบว่าโครงสร้างไม้ปล่อย CO_2 น้อยกว่าโครงสร้างที่ทำจากวัสดุอื่น โดยการพิจารณาได้รวมไปถึงการจัดการขยะและพิจารณาวงจรคาร์บอน (Carbon Flows) ในป่าด้วย (Petersen and Solberg, 2005) สำหรับการศึกษาอาคารโครงสร้างไม้และโครงสร้างคอนกรีต การเปลี่ยนแปลงปัจจัยในการผลิต (เช่น การผลิตมีข้อผิดพลาด การผสมของซีเมนต์ การบดหิน การรีไซเคิลเหล็ก ประสิทธิภาพในการเลื่อยไม้ออกเป็นท่อน) และวิธีการใช้วัสดุ (เช่น ระยะการขนส่งวัสดุ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ การปลูกป่าทดแทน โรงเลื่อย การใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล การบุกรุกป่า) ต้องถูกพิจารณาอย่างถี่ถ้วนและต้องมีข้อสรุปของการใช้ประโยชน์จากไม้แทนคอนกรีตซึ่งเป็นการเชื่อมโยงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้เข้ากับหลักการพลังงานเพื่อให้เป็นไปตามที่ตั้งใจคือการลดใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลและลดการปล่อย CO_2 สู่ชั้นบรรยากาศ (Gustavsson and Sathre, 2006) แต่ก็มีผลงานการศึกษาบางชิ้นที่สรุปว่าไม้มีผลกระทบด้านลบต่อศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนเพราะการเผาหรือการฝังกลบซึ่งผลลัพธ์จากการสมดุล CO_2 จะทำให้เป็นกลางหรือเป็นบวก (Peuportier, 2001) นอกจากนี้ในประเทศสวีเดนยังมีการศึกษาวิจัยอีกหลายผลงานที่เป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างอาคารเช่น การเปรียบระหว่างโครงสร้างคอนกรีตและโครงสร้างเหล็ก (Jonsson, Bjorklund, and Tillman, 1998) ส่วนการเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างไม้และโครงสร้างอิฐในกรุงสต็อกโฮล์ม โดยใช้ซอฟแวร์ช่วยประเมิน SimaPro 6.0 พบว่าบ้านโครงสร้างไม้เป็นต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า (Bajpai, Ekane, Wang, and Lin, 2005)

ความต้องการสำหรับพิจารณาไม่เพียงแค่พลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งานอาคารสิ่งปลูกสร้างเท่านั้น แต่พลังงานสืบเนื่องจากกิจกรรมที่ผู้อยู่อาศัยได้กระทำเช่นเดียวกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นทุกวันของครอบครัวชาวออสเตรเลียซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว 2 ห้องนอน ถูกทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวอย่าง โดยกำหนดระยะเวลาเท่ากับ 30 ปี ซึ่งพลังงานที่ใช้พื้นฐานถูกจำลองเป็นพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการใช้งานและ

น้ำมันที่ใช้ในยานพาหนะถูกใช้เป็นตัวแทนเพียง 30% ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด โดยพลังงานที่ใช้ทางอ้อมเป็นส่วนประกอบของวงจรพลังงานในครอบครัวและกิจกรรมของครอบครัว ซึ่งมีความสำคัญมากกว่า (Treloar, Fay, Love, and Iyer, 2000)

แนวทางการใช้งานให้ได้ผลซึ่งมีความเที่ยงตรงของฐานข้อมูลและผลการศึกษาของอาคารสิ่งปลูกสร้างจำเป็นต้องแสดงรายละเอียดของข้อมูลพื้นฐานที่ใช้สำหรับการประเมินส่วนประกอบของอาคาร (Papadopoulos and Giama, 2007) ซึ่งพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ของวัสดุก่อสร้างที่ทำการรวบรวมโดย (Cole and Kernal, 1996) ที่เป็นการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา (นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น แคนาดา อเมริกา อังกฤษ) ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากการประมาณค่าซึ่งมีค่าความแปรผันมากถึง 10 เท่า

ส่วนในประเทศไทยได้มีผู้ศึกษาวิจัยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารสำนักงาน (Kofoworola and Gheewala, 2008) โดยเลือกศึกษาอาคารที่อยู่กลางเมือง พิจารณาผลกระทบ 3 ด้าน คือ ศักยภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน, ศักยภาพในการก่อให้เกิดฝนกรด, และการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี โดยกำหนดให้อาคารมีอายุการใช้งาน 50 ปี ซึ่งพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารตั้งแต่การก่อสร้าง การใช้งาน การซ่อมบำรุง และการรื้อเมื่อหมดอายุการใช้งาน โดยในขั้นตอนการใช้งานอาคารได้มีการกำหนดรูปแบบการใช้ไฟฟ้า 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงาน 5 วันต่อสัปดาห์ และทำการจดบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าไว้เกือบทั้งปีโดยใช้ข้อมูลนั้นเป็นตัวแทนข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ส่วนของวัสดุก่อสร้างที่ใช้หลัก ๆ ได้แก่ คอนกรีต เหล็กโครงสร้าง เหล็กเสริมคอนกรีต และอิฐ ผลที่ได้แสดงออกมาในรูปของโลหะและคอนกรีต เพราะเป็นวัสดุก่อสร้างที่ถูกใช้ในปริมาณมาก โดยในขั้นตอนการใช้งานอาคารเป็นขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุด เนื่องจากมีการใช้พลังงานจากเครื่องทำน้ำร้อน เครื่องทำความเย็น เครื่องระบายอากาศ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ และการประกอบอาหารภายในครัวเรือน

การผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยแยกตามชนิดเชื้อเพลิงพลังงานพบว่า ผลิตจากก๊าซธรรมชาติ 64.1% ถ่านหินและลิกไนต์ 20% พลังน้ำ 4.8% น้ำมันเตา 1% น้ำมันดีเซล 0.1% จากระบบการผลิตพลังงานร่วมและเครื่องยนต์ก๊าซของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน 10% และจากแหล่งพลังงานอื่น ๆ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551) ซึ่งค่าการปล่อยออก (Emission Conversion Factors) มลพิษทางอากาศของโรงไฟฟ้า (Pongvipa Lohsomboon, 2002) แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าการปล่อยมลพิษทางอากาศของโรงไฟฟ้า (Pongvipa Lohsomboon, 2002)

Emission	CO_2	SO_2	NO_X	CO	N_2O	NMVOC	CH_4	Dust
kg/kWh	7.06E-01	8.24E-04	2.10E-03	1.81E-04	2.19E-05	3.42E-05	1.92E-05	7.88E-05

สำหรับการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Energy Analysis: LCEA) พบว่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง (Embodied Energy) ไม่อาจมองข้ามไปได้จากการทำสมดุลพลังงาน (LCE Balance) รวมถึงเมื่อมีการรีไซเคิลวัสดุก่อสร้างจะสามารถประหยัดพลังงานได้ประมาณ 8.9% (Kofoworola and Gheewala, 2009) ซึ่งปริมาณพลังงานที่ใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้างสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.5 ส่วนข้อมูลการปล่อยออกของวัสดุก่อสร้างสามารถแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 พลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ของวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้าง	MJ/kg[a]	MJ/kg[b]
กระเบื้องเซรามิก	2.20	2.5
หินแกรนิต	0.70	
อิฐ	1.86	0.97
ยิปซั่ม	3.31	4.4
อลูมิเนียม (สกัดใหม่)	216.50	197-227
ไม้อัด	8.50	10.4
ปูนซีเมนต์	0.20	0.1
กระจก	17.10	15.9
คอนกรีตผสมเสร็จ (17.5 MPa)	1.30	1.0-1.6
เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	11.10	8.9
เหล็กโครงสร้าง	22.10	35
ลวดผูกเหล็ก	13.30	12.5
ปูนซีเมนต์ผง	3.60	5.8[b], 1.7-4.7[c]
ปูนขาวผสมซีเมนต์	1.20 (Fine), 1.4 (LWB), 3.2 (LWB, Bricklaying), 1.0 (Normal Bricklaying), 1.1 (General Plastering)	2
สีน้ำมัน	81.50	88.5 (Water), 90.4 (General), 95.4 (Polypropylene), 98.1 (Solvent)
ทราย	0.1	0.1

หมายเหตุ : [a]Kofoworola and Gheewala (2009)

[b]Alcorn and Haslam (1997)

[c]Lensink (2005)

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลการปล่อยมลพิษของวัสดุก่อสร้าง (Kofoworola and Gheewala, 2008)

วัสดุก่อสร้าง	t-CO_2 eq/Baht	t-SO_2 eq/Baht	t-C_2H_4 eq/Baht
กระเบื้องเซรามิก	1.2614E-05	7.06341E-07	1.24336E-08
หินแกรนิต	2.1092E-05	4.86349E-07	9.59945E-09
กระเบื้องไวนิล	1.1578E-05	6.26746E-07	1.74583E-08
อิฐ	2.8396E-05	7.49718E-07	1.79165E-08
ปูนฉาบผนัง	4.5044E-06	1.13819E-06	1.61232E-08
ยิปซั่ม	1.1248E-05	3.71803E-07	1.48949E-08
อลูมิเนียม	3.5433E-06	2.13622E-07	6.73871E-09
สี	1.2293E-05	5.2572E-07	1.45153E-08
ไม้	1.603E-06	2.88267E-07	5.61752E-09
ปูนซีเมนต์	1.1248E-05	3.71803E-07	1.48949E-08
พื้นหินขัด/พื้นหินอ่อน	4.5044E-06	1.13819E-06	1.48949E-08
คอนกรีตหล่อสำเร็จรูป	4.5044E-06	1.13819E-06	1.61232E-08
สเตนเลสสตีล	6.6398E-06	5.32445E-07	1.04928E-08
กระจก	3.7137E-05	1.03293E-06	1.91681E-08
คอนกรีตผสมเสร็จ	1.951E-04	3.25873E-06	3.85205E-08
เหล็กโครงสร้าง	2.5842E-05	1.44828E-06	2.63157E-08
ลวดผูกเหล็ก	8.055E-06	9.2302E-07	1.58452E-08
เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต	2.5842E-05	1.44828E-06	2.63157E-08

และในส่วนของบ้านพักอาศัยในประเทศไทยได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบโครงสร้างบ้านเดี่ยวระหว่างโครงสร้างคอนกรีตกับโครงสร้างเหล็กที่มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน ผลการประเมินพบว่า บ้านที่เป็นโครงสร้างเหล็กเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าโครงสร้างคอนกรีตเล็กน้อย และในช่วงของการใช้งานบ้านพักอาศัยจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนถึง 80% ดังนั้นจึงควรเน้นการออกแบบบ้านให้ประหยัดพลังงานและใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานที่สะอาดก่อให้เกิดมลพิษในการผลิตน้อยเป็นหลัก ส่วนการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยก็จะช่วยให้บ้านมีคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551)

2.4 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Evaluation)

การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม (EPE) ได้เริ่มมีการนำมาใช้กันอย่างต่อเนื่องเพราะเป็นกระบวนการที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดการดำเนินงาน การปฏิบัติงานทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงกระบวนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากดัชนีชี้วัดได้รับการคัดเลือกเป็นอย่างดี กระบวนการ EPE จะเกิดประสิทธิภาพและส่งผลในเชิงบวกต่อสิ่งแวดล้อม (Kuhre, 1998)

EPE ได้ถูกนำมาใช้ในองค์กรต่าง ๆ อย่างแพร่หลายทั่วโลกในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การผลิต การบริการด้านสุขภาพ การขนส่ง เครื่องใช้ไฟฟ้า และส่วนต่าง ๆ ของภาครัฐ โดยใช้เพื่อการปรับปรุงการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมในองค์กรให้ดีขึ้น และเป็นการจัดหาเกณฑ์ของการดำเนินงาน ซึ่งข้อบังคับต่าง ๆ จะระบุไว้ในหลักการของ EPE ในมาตรฐาน ISO 14031 โดยจะอธิบายถึงผลประโยชน์ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนวิธีการ และผลลัพธ์ของการดำเนินงาน (Putnam, 2002)

Putnam (2002) ได้ระบุหลักการของมาตรฐาน ISO 14031 ไว้ใน Draft Submitted to Confederation of Indian Industry for publication in their Journal ว่าเป็นมาตรฐานสากลที่อธิบายถึงกระบวนการสำหรับการประเมินผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่ใช่มาตรฐานสำหรับการรับรองเช่นเดียวกับ ISO 14001 โดยที่ EPE จะเป็นเครื่องมือในการออกแบบและทำให้เกิดการจัดการเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือและการตรวจสอบข้อมูลขององค์กร EPE เป็นสิ่งที่จัดเตรียมสำหรับการทำระบบมาตรฐาน ISO 14000 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะสนับสนุนองค์กรในการได้การรับรอง ISO 14001 โดยที่ ISO 14031 เป็นสิ่งที่สามารถนำไปใช้ได้กับองค์กรทุกขนาด ทุกประเภท และในลักษณะที่ซับซ้อน ซึ่ง ISO 14031 จะให้ผลประโยชน์ในส่วนที่นอกเหนือจากระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมขององค์กรด้วย

ในการประยุกต์ใช้มาตรฐาน ISO 14031 องค์กรที่มีการจัดการสิ่งแวดล้อมควรมีการประเมินผลการดำเนินงานขององค์กร ทั้งในส่วนของนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กร วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้กำหนดขึ้นในแผนของการจัดการ ส่วนองค์กรที่ไม่มีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมอาจใช้ EPE ในการบ่งชี้ปัญหาสิ่งแวดล้อมขององค์กรเพื่อกำหนดปัญหาที่พิจารณาว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ โดยสร้างเกณฑ์ในการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมและประเมินเกณฑ์การดำเนินงานดังกล่าวอีกครั้ง

EPE เป็นระบบการจัดการภายในซึ่งใช้ดัชนีชี้วัดเพื่อหาข้อมูลมาเปรียบเทียบในส่วนต่าง ๆ และแสดงผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม นั่นคือมาตรฐานของการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม โดยที่ EPE ได้ระบุอยู่ในมาตรฐานสากลและมีการดำเนินงานตามหลักของระบบการจัดการ

สิ่งแวดล้อม (Environmental Management Systems : EMS) คือ การวางแผน การดำเนินการ การตรวจสอบ และการแก้ไขปรับปรุง (Jasch, 2000) ตัวชี้วัดของระบบจะช่วยให้เราวางแผน ควบคุม และประเมินผลการพัฒนาต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กรอบแนวคิดในการพัฒนาดัชนีและตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมสามารถช่วยในการจัดโครงสร้างของกลุ่มตัวชี้วัดเพื่อให้มีความสะดวกต่อการแปลความหมายและเพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นหรือปัญหาต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ โดยข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมจะถูกนำมาประกอบการตัดสินใจในการกำหนดมาตรการหรือนโยบายเพื่อต้องการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ มีผลทำให้พฤติกรรมของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปและในที่สุดจะทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น ซึ่ง EPE มีความสอดคล้องกับ Eco Design ที่เป็นแนวทางหนึ่งในการแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะเป็นการพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Product Life Cycle) ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนการผลิต ช่วงการออกแบบ ช่วงการผลิต ช่วงการใช้งาน และช่วงการทำลายหลังการใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไปพร้อม ๆ กัน โดยส่งผลดีต่อธุรกิจ ชุมชนและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไป

2.5 กรณีศึกษาบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

เนื่องจากกรมโยธาธิการและผังเมืองมีนโยบายในการจัดทำแบบอาคารบ้านพักอาศัยมาตรฐานเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชนในการปลูกสร้างอาคารบ้านเรือนเป็นของตนเองและเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้แก่ประชาชนโดยทั่วไป อีกทั้งยังเป็นการยกระดับความเป็นอยู่ ทำให้บ้านเมืองมีความสวยงามเป็นระเบียบ โครงการดังกล่าวจะตอบสนองประชาชนในทุกระดับ โดยแบบบ้านได้จัดทำไว้ทั้งหมด 30 แบบ ประกอบด้วย แบบบ้านผู้ประสบภัยธรรมชาติ แบบบ้านผู้มีรายได้น้อย แบบบ้านในเมือง แบบบ้านและอาคารตึกแถวอนุรักษ์สถาปัตยกรรมท้องถิ่น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค ที่ประกอบด้วย บ้านภาคเหนือ บ้านภาคกลาง บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคใต้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ถึงรูปที่ 2.6 มาเป็นกรณีศึกษา ซึ่งมีลักษณะโดดเด่นแตกต่างกันออกไปตามสภาพสังคมและวัฒนธรรมที่แสดงถึงความเป็นอยู่ของคนไทยในแต่ละภูมิภาค การใช้วัสดุไม่ซับซ้อนมากนัก โดยมีโครงสร้างและฐานรากเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนพื้นปูด้วยไม้เนื้อแข็ง ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ประตู-หน้าต่างวงกบไม้ ส่วนที่ต่างกันคือ ปริมาณการใช้วัสดุและการเลือกใช้วัสดุประกอบในแต่ละหมวดงาน

รูปที่ 2.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

รูปที่ 2.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

รูปที่ 2.5 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

รูปที่ 2.6 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

2.6 โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.6.1 โปรแกรม SimaPro 7.1

โปรแกรม SimaPro 7.1 ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท PRe' Consultant ของประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นโปรแกรมที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการทำ LCA เพราะมีข้อดีคือเป็นโปรแกรมที่มีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลไว้หลากหลายสาขาการผลิต โดยเฉพาะ Eco Invent ที่ครอบคลุมกระบวนการผลิตถึง 4,000 กระบวนการ ซึ่งส่วนใหญ่มาการศึกษา LCA ในยุโรปจากภาคอุตสาหกรรม เช่น ข้อมูลวัตถุดิบ พลังงาน การขนส่งและสภาพมลพิษที่เกิดขึ้นจริง และสามารถนำโปรแกรมมาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นจำนวนตัวเลขที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ส่วนการแปลงบัญชีรายการเป็นตัวชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้แบ่งได้เป็นสองแนวทางคือ (1) Problem Oriented Method เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point Impact) เช่น การใช้ทรัพยากรและพลังงาน การแพร่กระจายของสารพิษ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดฝนกรด ตัวอย่างวิธีการประเมินแบบนี้ได้แก่ CML Baseline Method (2001) EDIP 97 and EDIP 2003 และ IMPACT 2002+ และ (2) Damaged Oriented Method เป็นการประเมินผลกระทบที่ปลายทาง (End-point Impact) ประเมินที่ผู้รับผลกระทบจริง ได้แก่ ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านระบบนิเวศน์ สุขอนามัย และปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) การทำลายชั้นโอโซน (Ozone Depletion) วิธีการประเมินแบบนี้คือ Eco-indicator 99

Eco-indicator 99 เป็นดัชนีชี้วัดเชิงนิเวศน์ที่เป็นการแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) และแสดงผลในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ซึ่งให้ความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับกลุ่มผู้รับผลกระทบจริง โดยไม่ได้แสดงผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละประเด็นในรูปแบบปริมาณหรือความเข้มข้นของมลพิษ แต่แสดงค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปแบบผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศน์ที่ถูกทำลาย (Goedkoop, 2000) หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม Eco-indicator 99 นั้นเป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับสุขภาพของสิ่งมีชีวิตนั้นเอง โดยขั้นตอนการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมวิธี Eco-indicator 99 มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม เกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พื้นที่ใช้สอย และมลพิษที่ปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2. การคำนวณความเสียหายที่ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศน์ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ

3. การให้น้ำหนัก (Weighting) ของกลุ่มความเสียหายทั้ง 3 ด้าน

โดยการให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นและก่อให้เกิดการโต้แย้งมากที่สุด เนื่องจากเป็นการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของบุคคลในการให้คะแนนออกมา กล่าวคือความแตกต่างระหว่างบุคคล องค์กร และสังคม อาจทำให้เกิดความพอใจที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นจึงเป็นไปได้ที่ข้อมูลชุดเดียวกัน (Indicator Results) เปรียบเทียบด้วยค่าอ้างอิง (Normalization) เดียวกัน แต่ผลที่ออกมาแตกต่างกันจากการขั้นตอนการให้น้ำหนัก (Weighting) หรือเป็นการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่แตกต่างกัน โดยค่าที่ใช้ในการคำนวณความเสียหายได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.7 ในขณะที่ผลลัพธ์สามารถแสดงออกมาในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นการรวมกลุ่มความเสียหายทั้ง 3 ด้านคือ

1) ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ เป็นการสูญเสียทางด้านสุขภาพ กล่าวคือคนเราจะมีชีวิตลดน้อยลงกี่ปี ยกตัวอย่างเช่น 1 หน่วย DALY (Disability Adjusted Life Years) เป็นตัวบ่งชี้การสูญเสียความสมบูรณ์ของชีวิตใน 1 หน่วยปี คือช่วงเวลาที่มีชีวิตอยู่กับความทุพพลภาพหรือช่วงเวลาที่สูญเสียไปก่อนวัยอันควร

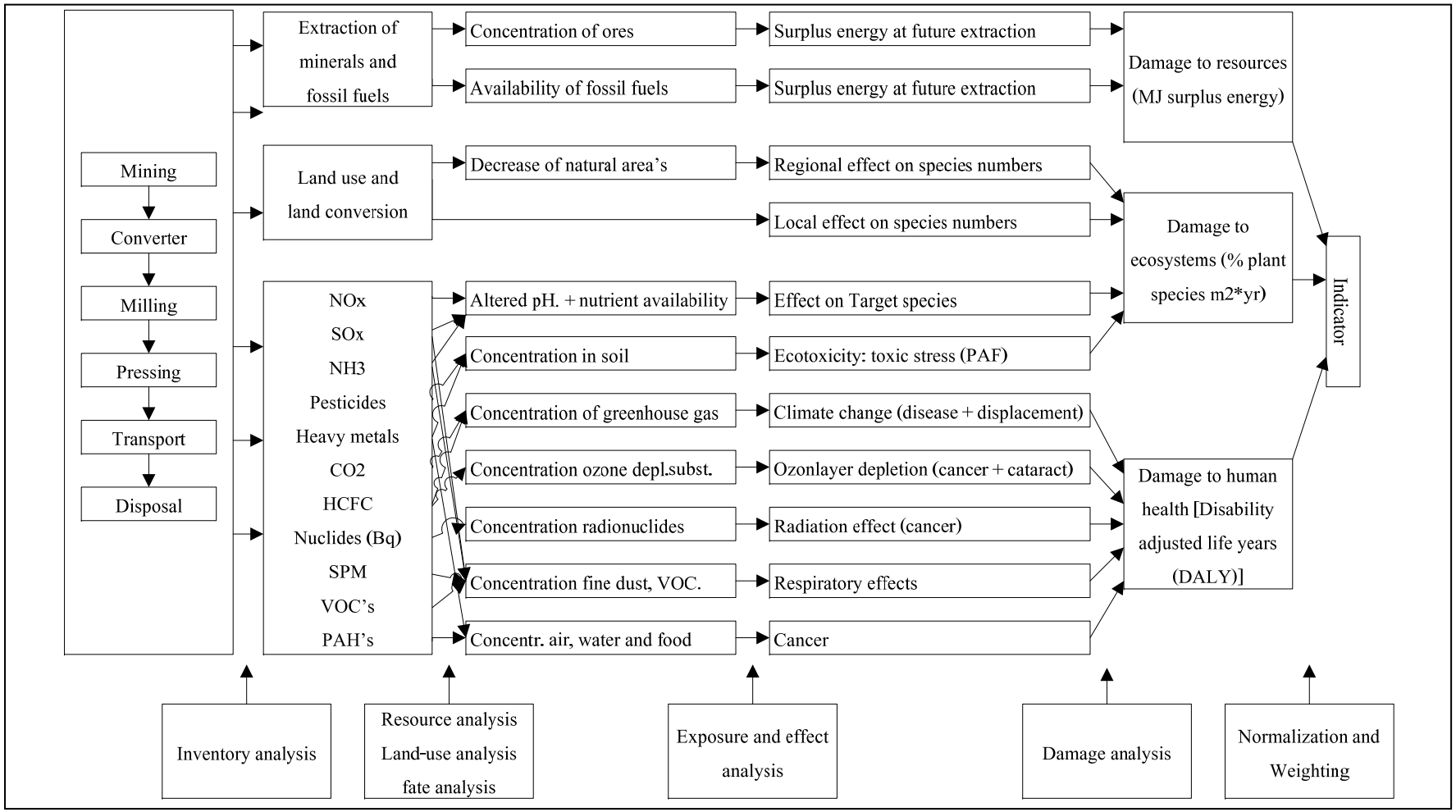
2) ส่งผลต่อระบบนิเวศน์ แสดงออกมาในรูปของสัดส่วนสิ่งมีชีวิตที่หายไปในพื้นที่ที่แน่นอนเนื่องมาจากสิ่งที่เราใส่เข้าไปในสิ่งแวดล้อม (Environmental Loads) มีหน่วยเป็น PDF*m^2yr (Potentially of Disappeared Fraction)

3) ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ แสดงออกมาเป็นความต้องการพลังงานส่วนเกินที่จำเป็นต้องใช้ในการนำแร่ขึ้นมาใช้เทียบกับวัตถุดิบที่เสียไป โดยขึ้นอยู่กับความรู้ทางเทคโนโลยี มีหน่วยเป็น MJ surplus

ส่วนคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) เป็นการรวมจาก 3 กลุ่มที่ได้รับความเสียหายออกมาเป็นคะแนนเดี่ยว ๆ หรือเป็นตัวชี้วัด (Indicators) ซึ่งมีหน่วยเป็น points (pts) โดยผ่านการ Normalization และ Weighting ซึ่งมีความซับซ้อนและได้รับการพัฒนาเรื่อยมา ซึ่งแบบจำลองที่แสดงเส้นทางของกลุ่มความเสียหาย (Damage Model) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.7 นอกจากนี้ สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญอีกสิ่งหนึ่งคือ ความไม่แน่นอน (Uncertainties) เกี่ยวกับความถูกต้องของแบบจำลองที่ใช้เพื่อคำนวณหาค่าตัวชี้วัด (Indicators) และมุมมองของระยะเวลาที่ต้องการพิจารณาผลกระทบสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.7 ค่าที่ใช้ในการคำนวณความเสียหายด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มผลกระทบ (Damage Category)	หน่วย (Unit)	ตัวคูณ (Factor)	การวิเคราะห์ความเสียหาย (Damage Assessment)	การทำให้เป็นค่ามาตรฐาน (Normalization)	การให้น้ำหนัก (Weighting)
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	1	Human Health (DALY)	65.1	400
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	1			
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	1			
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	DALY	1			
การแผ่รังสี	DALY	1			
ระดับโอโซน	DALY	1			
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	PDF*m^2yr	0.1	Ecosystem Quality (PDF*m^2yr)	1.95E-04	400
ค่าความเป็นกรด	PDF*m^2yr	1			
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	PDF*m^2yr	1			
การใช้แร่ธาตุ	MJ surplus	1	Resources (MJ surplus)	1.19E-04	200
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	MJ surplus	1			



รูปที่ 2.7 แบบจำลองรายละเอียดการคำนวณผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายด้วยวิธี Eco-indicator 99

ตารางที่ 2.8 มุมมองเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

มุมมองพื้นฐาน	มุมมองของระยะเวลา	ความสามารถในการจัดการ	ระดับของการอ้างอิง
H (Hierarchist)	อยู่ระหว่างระยะสั้นและระยะยาว	ใช้เป็นนโยบายที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา	การรวมความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่
I (Individualist)	ระยะสั้น	เทคโนโลยีที่สามารถใช้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหา	เป็นเพียงผลกระทบที่ทดสอบก่อนที่จะเกิดขึ้น
E (Egalitarian)	ระยะยาว	ปัญหาที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงของเปลือกโลก	ความเป็นไปได้ที่อาจเกิดขึ้น

หลักการทำงานในขั้นตอนการประเมินผลกระทบประกอบด้วย

1. การเลือกข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Selection) ได้แก่ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน การขนส่ง การบริโภค การนำกลับมาใช้ใหม่ รวมไปถึงการกำจัด

2. การจำแนกประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Classification) ของระบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม ข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมมักจะมีการใช้ทรัพยากรรวมถึงการปลดปล่อยมลพิษ (Emission) ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยสารต่าง ๆ ในบัญชีรายการจะถูกจำแนกเข้าสู่กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณของ CO_2 และ CH_4 จะก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential : GWP) สำหรับ SO_2 และ NH_3 จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มภาวะที่ก่อให้เกิดความเป็นกรด (Acidification Potential : AP) ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างการจำแนกประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Classification)

กลุ่มผลกระทบ (Impact Category)	สารมลพิษ (Emissions)	ค่าเทียบเท่า (Equivalency)
ศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน	CO_2, CH_4, N_2O, CO	CO_2
ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ	CFC-11, HCFC	CFC-11
ศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะฝนกรด	SO_2, NO_x	SO_2
ภาวะการเจริญเติบโตของพืชน้ำ	NO_x, N_2O	NO_3

3. การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) ให้อยู่ในรูปตัวชี้วัดตามมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน โดยตัวอย่างผลกระทบในกลุ่มของการปลดปล่อยสารก่อมะเร็งในขั้นตอน Characterization สามารถแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างผลกระทบในกลุ่มการปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง (Carcinogens) ในขั้นตอน Characterization

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การแพร่กระจาย	สสาร	ตัวคูณ (Factor)	หน่วย
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	อากาศ	1,4-Dioxane	1.39E-07	DALY/kg
		น้ำ	1,4-Dioxane	9.21E-07	DALY/kg
		ดิน	1,4-Dioxane	3.10E-07	DALY/kg

4. การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) เป็นขั้นตอนที่จะแสดงว่าแต่ละกลุ่มผลกระทบจะมีอิทธิพลต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมอย่างไร โดยการ Normalization ทำได้โดยนำค่าผลกระทบ (Impact Category Indicators) มาเทียบกับค่าพื้นฐาน (Normal Value) โดยทั่วไป Normal Value คือขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับภูมิภาคต่อหนึ่งปี หรืออาจเป็นจำนวนประชากรในภูมิภาคนั้น

$$\text{Normalization Result} = \frac{\text{ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา}}{\text{ขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศ ภูมิภาค หรือโลก}}$$

5. การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) เป็นการนำค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบ (Normalized Value) มาจัดเป็นกลุ่มตามชนิดของผลกระทบ เช่น Acidification Eutrophication และ Global Warming ถูกจัดให้อยู่ในหมวดหมู่ปัญหาทางด้านระบบนิเวศน์ (Ecosystem) เพื่อให้ทราบขนาดของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละหมวดหมู่ในภาพรวม

6. การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) เป็นการกำหนดลำดับความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

7. การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data Quality Analysis) เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการประเมิน ก่อนที่จะนำผลดังกล่าวไปใช้ต่อไป

นอกจากนี้ในโปรแกรม SimaPro ยังได้รวบรวมวิธีการประเมินแบบอื่น ๆ ไว้อีกมากมาย ซึ่งรวมไปถึงวิธี BEES ด้วย แต่ผลจากการประเมินจะเป็นการแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) ประกอบด้วย 13 กลุ่มผลกระทบได้แก่ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ภาวะความเป็นกรด (Acidification) ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Health Cancer) ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Human Health Noncancer) ปริมาณมลสารในอากาศ (Criteria Air Pollutants) การเจริญเติบโตของพืชน้ำ (Eutrophication) ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ (Ecological Toxicity) การเกิดหมอกควัน (Smog) ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resource Depletion) คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย (Habitat Alteration) ปริมาณการใช้น้ำ (Water Intake) และภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion) โดยหน่วยที่แสดงออกมาเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เทียบกับค่าพื้นฐานและยากที่จะเข้าใจหรืออธิบาย ซึ่งหากต้องการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) ก็สามารถทำเพิ่มเติมได้โดยหาจากคู่มือการใช้ฐานข้อมูล แต่ผู้วิจัยคิดว่าวิธีการนี้ จะมีความยุ่งยากและอาจต้องเสียเวลามาก เพราะเกี่ยวข้องกับข้อมูลและตัวเลขจำนวนมาก

2.6.2 โปรแกรม BEES 4.0

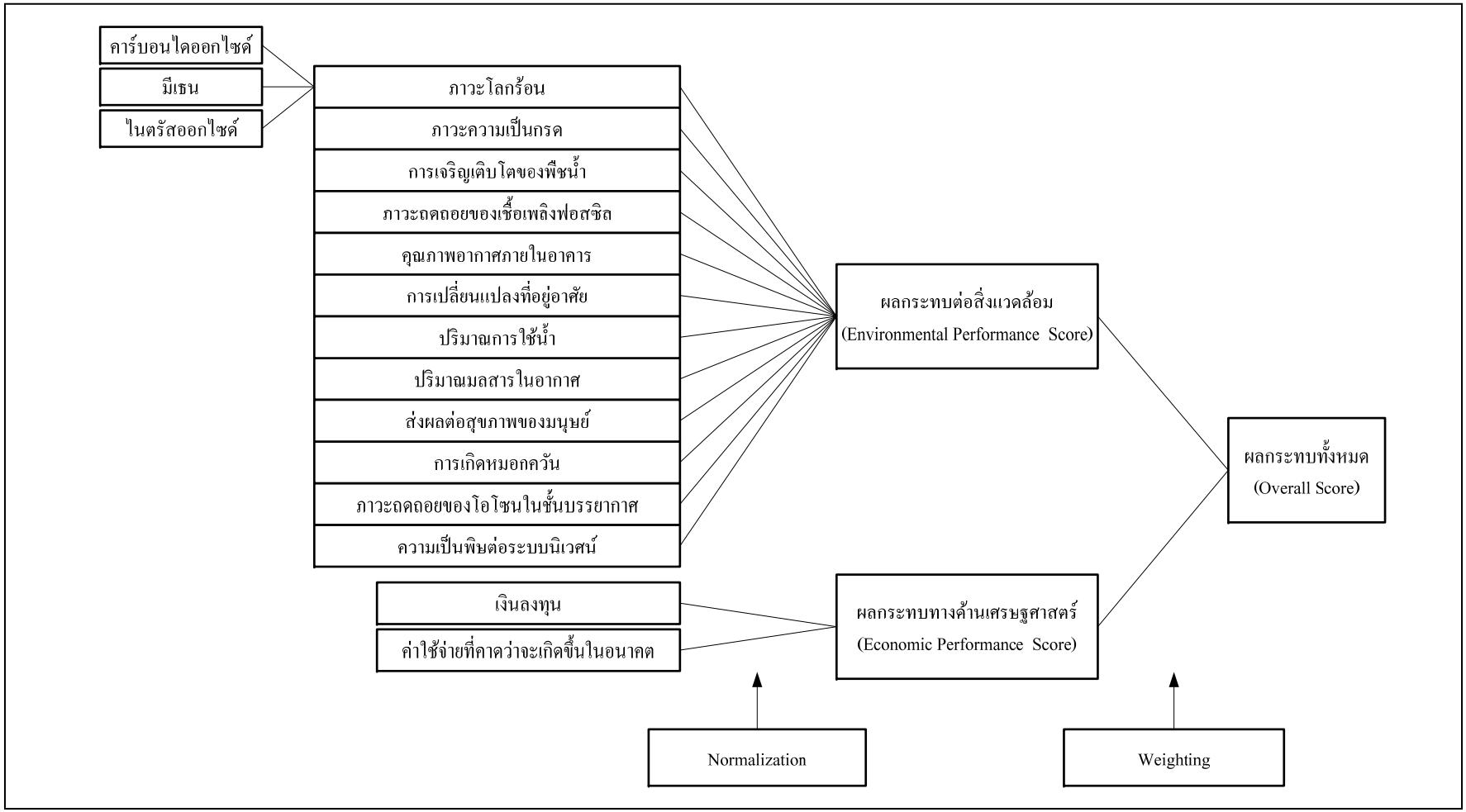
โปรแกรม BEES 4.0 (Building for Environmental and Economic Sustainability) เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้เพื่อช่วยเลือกผลิตภัณฑ์สิ่งก่อสร้างในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยเพื่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะและสามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันได้ เพื่อนำผลไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม พัฒนาโดยสถาบัน NIST (National Institute of Standards and Technology) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และเป็นโปรแกรมที่ให้บริการฟรีเพราะมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์พื้นฐานของอาคารที่พักอาศัยมากกว่า 200 รายการ (Lippiatt and Boyles, 2001) โดยผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถเลือกให้น้ำหนัก (Weight) ในการพิจารณากลุ่มผลกระทบทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว ซึ่งข้อดีของโปรแกรมคือสามารถประเมินได้ทั้งความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการระบุน้ำหนักความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ และอาจทดสอบคุณสมบัติที่ไวต่อคะแนนทั้งหมดด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกันด้วยการศึกษาเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ (Pairwise)ให้ความสำคัญกับทุกผลกระทบเท่ากันหมด (Equal Weight) หรือการให้น้ำหนักจากผู้ใช้โปรแกรมเอง (User-defined) ซึ่งผลการประเมินจะแสดงออกมาในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยรายละเอียดการให้ความสำคัญของผลกระทบได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในโปรแกรม BEES 4.0

กลุ่มผลกระทบ	EPP Weights	EPA SAB	Harvard	Equal
ภาวะโลกร้อน	29.3	16	11	8.3
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	9.7	5	7	8.3
ปริมาณมลสารในอากาศ	8.9	6	10	8.3
ปริมาณการใช้น้ำ	7.8	3	9	8.3
สุขภาพของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็ง	7.6	11	6	8.3
สุขภาพของมนุษย์ที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	5.3			
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	7.5	11	6	8.3
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	6.2	5	9	8.3
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	6.1	16	6	8.3
การเกิดหมอกควัน	3.5	6	9	8.3
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	3.3	11	7	8.3
ภาวะความเป็นกรด	3.0	5	9	8.3
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	2.1	5	11	8.3

หมายเหตุ : Gloria, Lippiatt, and Cooper (2009)

แบบจำลองกลุ่มผลกระทบที่แสดงออกมาในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ด้วยโปรแกรม BEES 4.0 ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งเป็นการรวม 12 กลุ่มผลกระทบ จากนั้นทำการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) ตามด้วยการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Weighting) เพื่อให้แสดงผลเป็นคะแนนเชิงเดี่ยวที่สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัด (Indicators) ภาวะทางสิ่งแวดล้อม มีหน่วยเป็น points (pts)



รูปที่ 2.7 แบบจำลองรายละเอียดการคำนวณผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายด้วยวิธี BEES 4.0

2.7 ความสำคัญของปัญหา

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) เป็นกระบวนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งวิธีการ LCA ถูกนำมาใช้แพร่หลายทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนำมาใช้ในปี 2540 และที่ผ่านมา LCA ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เป็นต้น เพราะสามารถระบุ จำแนกปริมาณพลังงานและวัสดุที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้เหล่านี้ต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสที่จะปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น

ในขณะเดียวกันการประเมินอาคารที่พักอาศัยในปัจจุบันมีวิธีการที่หลากหลายสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ (1) เครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบวัสดุประกอบอาคาร ได้แก่ GaBi (เยอรมัน) SimaPro (เนเธอร์แลนด์) TEAM (ฝรั่งเศส) และ LCAiT (สวีเดน) (2) เครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบทางเลือกในการออกแบบอาคาร ได้แก่ LISA (ออสเตรเลีย) EcoQuantum (เนเธอร์แลนด์) Envest (อังกฤษ) ATHENA (แคนาดา) BEE (ฟินแลนด์) และ (3) ระบบหรือแนวทางในการประเมินทั้งอาคาร ซึ่งเป็นการประเมินคุณภาพของอาคาร (Qualitative Assessment) โดยอ้างอิงหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้แก่ BREEAM (อังกฤษ) LEED (อเมริกา) ในส่วนของประเทศไทยได้ออกเกณฑ์การประเมินอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ชื่อว่า TEEAM มาจากคำว่า Thailand Energy and Environmental Assessment Method จัดทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) อย่างไรก็ตามแบบการประเมินดังกล่าวจะเน้นเฉพาะด้านการประหยัดพลังงานโดยดูจากเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ เช่น การใช้พลังงาน จำนวนหน้าต่าง การระบายอากาศ สัดส่วนพื้นที่โล่งต่อพื้นที่อาคารรวม เป็นต้น ซึ่งไม่ได้คิดตลอดวัฏจักรชีวิต ดังนั้นหากนำ LCA มาใช้ในการประเมินอาคารที่พักอาศัยจะสามารถทำได้หรือไม่ เพราะอาคารมีองค์ประกอบที่ค่อนข้างซับซ้อนและยากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อมูลวัสดุจำนวนมากและต่างชนิดต่างที่มากันในแต่ละอาคารและมีองค์ประกอบที่คาดเดาได้ยาก โดยในการประเมินครั้งนี้จะอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 และ BEES 4.0

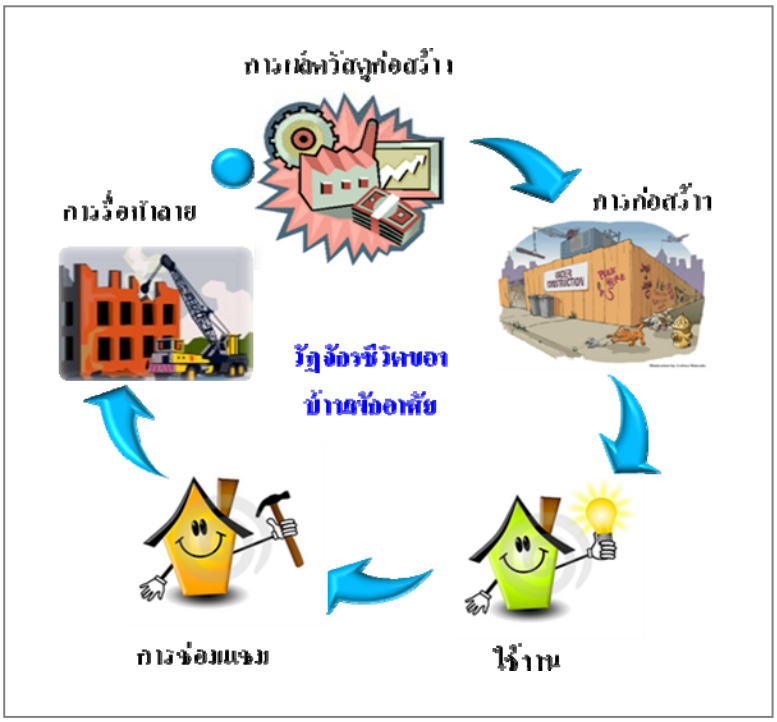
โปรแกรม SimaPro เป็นโปรแกรมที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในการทำ LCA ประเมินได้ง่าย รวดเร็ว สามารถสร้างขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ (Product Stages) ที่ต้องการประเมินผลกระทบทั้งหมดขึ้นมาเพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต และเป็นโปรแกรมที่เก็บฐานข้อมูลของวัตถุดิบ พลังงานและสภาพมลพิษตามที่ได้มีการศึกษา LCA ไว้ ซึ่งฐานข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการศึกษา LCA ในยุโรป ในขณะที่โปรแกรม BEES เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะมีจุดเด่นที่สามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันและสามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้ โดยผลจากการประเมินที่ได้รับจะเป็นการแปลงข้อมูลการ

ใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปล่อยของเสียตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย 1 หลัง ทำให้ทราบความพร้อมของฐานข้อมูล (Database) สำหรับใช้ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัย และในอนาคตหากต้องการจะประเมินผลกระทบของอาคารที่พักอาศัยที่โครงสร้างแตกต่างกันออกไป จะสามารถพิจารณาได้ว่าควรเลือกใช้วิธีการใดเพื่อให้มีความเหมาะสมมากที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

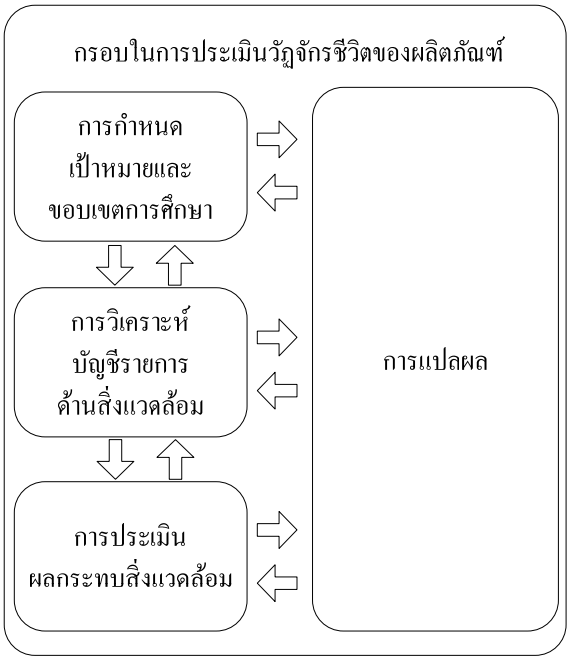
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ โดยอาศัยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งเป็นการรวบรวมและประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ ระบบการผลิตหรือการบริการ ตลอดวัฏจักรชีวิต เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาของวัตถุดิบและพลังงาน กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การใช้งาน การบำรุงรักษา และการนำไปกำจัดหลังจากหมดอายุการใช้งาน ดังแสดงในรูป 3.1 โดยในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย กรณีศึกษาบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค



รูปที่ 3.1 วัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย

3.2 วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยดำเนินการตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งประกอบด้วย (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory : LCI) (3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA) และ (4) การแปลผล (Life Cycle Interpretation) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

3.2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal and Scope Definition)

3.2.1.1 เป้าหมายของการศึกษา (Goal Definition)

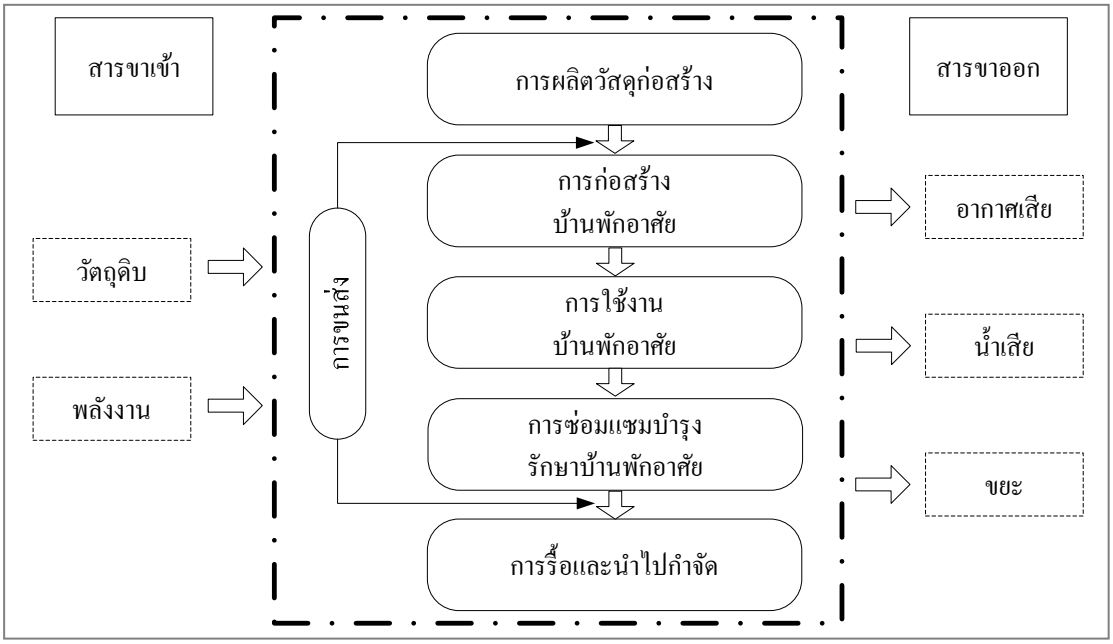
1) เพื่อศึกษาวิธีการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยโดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA)

2) เพื่อศึกษาความพร้อมของวิธีการ (Method) และฐานข้อมูล (Database) สำหรับใช้ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม

3.2.1.2 ขอบเขตของการศึกษา (Scope Definition)

1) การวิจัยนี้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งาน การซ่อมแซมบำรุงรักษา ตลอดจนการรื้อถอนและการนำไปกำจัดเมื่อบ้านพักอาศัยหมดอายุการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยเลือกศึกษาบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ มีพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 242-339 ตารางเมตร โดยมีโครงสร้างและฐานรากเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนพื้นปูด้วยไม้เนื้อแข็ง ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ประตู-หน้าต่างวงกบไม้ ส่วนที่ต่างกันคือ ปริมาณการใช้วัสดุ และการเลือกใช้วัสดุประกอบในแต่ละหมวดงาน ซึ่งรูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ง.

2) การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยของการศึกษานี้จะใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 ในการประเมิน



รูปที่ 3.3 ขอบเขตในการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย

เมื่อการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่า การเปรียบเทียบจะต้องถูกกำหนดด้วยหน่วยพื้นฐานที่เท่ากัน กล่าวคือต้องมีการกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit : FU) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เท่ากัน ซึ่งเป็นปริมาณหรือจำนวนที่ใช้เป็นหน่วยอ้างอิง (ISO 14044, 2006) ในงานวิจัยนี้เป็นการประเมินสมรรถนะทาง

สิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ที่มีพื้นที่ใช้สอยแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีการระบุหน่วยหน้าที่เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ซึ่งหน่วยหน้าที่ (FU) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยจะกำหนดที่ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย และมีอายุการใช้งานเท่ากับ 50 ปี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในประเทศไทย (Kofoworola and Gheewala, 2008; ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551) และต่างประเทศ (Jonsson et al., 1998; Adalberth, Almgren, and Petersen, 2001; Guggemos and Horvath, 2005) โดยรายละเอียดโครงการแบบบ้านเพื่อประชาชน ที่เป็นการสรุปราคาก่อสร้างโดยสังเขปของแบบบ้านไทยอนุรักษ์ไทยได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 ส่วนรูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (Bill of Quantities : BOQ) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ง.

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดโดยสังเขปของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค

รายละเอียด	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
สูง 2 ชั้น ห้องนอน/ห้องน้ำ	3/3	2/2	2/2	2/1
แบบฐานรากไม่ตอกเสาเข็ม (บาท)	1,999,000	2,125,000	1,632,000	1,541,000
แบบฐานรากตอกเสาเข็ม (บาท)	2,138,000	2,257,000	1,746,000	1,633,000
พื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร)	333	339	242	244
ขนาดพื้นที่ดิน (ตารางวา)	100.00	100.00	75.00	80.00

หมายเหตุ : ที่มากรมโยธาธิการและผังเมือง (2552)

3.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory : LCI)

เป็นการรวบรวมข้อมูลของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) ของการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการปล่อยของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย

3.2.2.1 วัสดุก่อสร้างและการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

ปริมาณวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่ต้องใช้ในแต่ละหมวดงานซึ่งได้จากการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ ของบ้านในแต่ละภาค ประกอบด้วย งานโครงสร้าง งานสถาปัตยกรรม งานหลังคา งานฝ้าเพดาน งานผนังและตกแต่งผิวผนัง งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น งานประตู-หน้าต่าง งานบันไดและราวบันได งานสุขภัณฑ์ และงานทาสี โดยแต่ละหมวดงานต้องใช้วัสดุในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างของวัสดุที่ต้องใช้ในหมวดงานโครงสร้างแสดงในตารางที่ 3.2

3.2.2.2 ช่วงการใช้งานบ้านพักอาศัย

ในขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัยจะพิจารณาประเด็นการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยสามารถคำนวณหาได้จาก

ข้อมูลสถิติจำนวนหน่วยจำหน่ายและสถิติจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลรายงานทางสถิติของการไฟฟ้านครหลวง (2553) ซึ่งแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเฉพาะที่เป็นส่วนของบ้านพักอาศัยเท่านั้น และพบว่า อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยเท่ากับ 4,166 kWh ต่อปี โดยข้อมูลแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 ปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ต้องใช้ในหมวดงานโครงสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

วัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ทราย	ลบ.ม.	28	30	6	26
คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	1	1	1	4
คอนกรีตละเอียด	ลบ.ม.	86	87	66	69
เหล็ก	กก.	10,897	12,141	6,941	7,976
ไม้	ลบ.ม.	24	28	28	15
เหล็กโครงสร้างขึ้นรูปเย็น	กก.	2,077	2,676	3,739	2,601
เหล็กโครงสร้างขึ้นรูปร้อน	กก.	1,005	1,388	-	1,466
สีทาเหล็ก	ตร.ม.	150	216	203	217

ตารางที่ 3.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทผู้ใช้เฉพาะที่เป็นบ้านพักอาศัย

ปี	สถิติจำนวนหน่วยจำหน่าย (kWh)	สถิติจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า (ราย)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)
2545	7,626,883,090	1,861,339	4,097.52
2546	7,998,774,284	1,916,757	4,173.08
2547	8,334,626,018	1,986,747	4,195.11
2548	8,637,373,070	2,056,473	4,200.09
2549	9,079,156,247	2,127,323	4,267.88
2550	9,230,433,889	2,193,529	4,208.03
2551	9,381,418,282	2,278,072	4,118.14
2552	9,779,260,850	2,405,286	4,065.74
อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย			4,165.70

หมายเหตุ : ที่มาการไฟฟ้านครหลวง (2553)

3.2.2.3 ช่วงการซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย

ข้อมูลจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 สรุปประเด็นหลักของการซ่อมแซมบำรุงรักษาอาคารที่พักอาศัยจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายการอ้างอิง	พลังงานที่ใช้	หมายเหตุ
1. ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551	ไม่ได้ประเมิน	เพราะเป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างเหล็กกับโครงสร้างคอนกรีต ดังนั้นจึงไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอาคารทั้ง 2 ประเภท เนื่องจาก - การบำรุงรักษาอาคารภายในตามปกติ เช่น การทำความสะอาด - การปรับปรุงอาคารเป็นการทาสีใหม่ ระหว่างอายุการใช้งาน
2. Kofoworola and Gheewala, 2008	ประเมิน แต่ไม่ได้บอกรายละเอียดเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้	การปล่อยออก (Emission) จากขั้นตอนการซ่อมบำรุงถูกคำนวณจากอายุการใช้งานของวัสดุและตามขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง
3. Ortiz et al., 2009	ประเมิน แต่ไม่ได้บอกรายละเอียดเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้	คิดกิจกรรมในสภาวะการใช้งานบ้านพักอาศัยอย่างเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยการทาสีใหม่ การเปลี่ยนหลังคา การเปลี่ยนครัว และการเปลี่ยนหลอดไฟ นอกจากนั้นในระหว่างอายุการใช้งาน 50 ปี ของบ้านพักอาศัยจะต้องมีการปรับปรุงซึ่งการดำเนินการเหล่านี้ได้พิจารณาการเปลี่ยนพื้น การปูกระเบื้อง และการเปลี่ยนหน้าต่างและประตูภายนอก
4. Adalberth, 1997	การใช้พลังงานคิดเป็น 15% ของพลังงานทั้งหมด	-

ตารางที่ 3.5 สรุปอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายการวัสดุก่อสร้าง	อายุการใช้งาน (ปี)				
	A[1]	B[2]	C[3]	D[4]	E[5]
ฉนวนกันความร้อน	25	-	-	-	-
กระเบื้อง	20	-	-	-	-
อลูมิเนียม	45	-	-	-	-
น้ำมันดินและแอสฟัลต์	25	-	-	-	-
อิฐ	50	-	-	80	-
สิ่งก่อสร้าง	50	50	-	-	-
พรม	15	-	-	-	-
พรมปูพื้นที่มีลักษณะเป็นชิ้น	15	-	-	-	-
แผ่นปูนซีเมนต์	10	-	-	-	-
กระเบื้องซีเมนต์ปูพื้น	-	-	-	80	-
คอนกรีต	50	-	-	80	-
ท่อพีวีซี	-	-	40	-	20
ไม้ฝาบุผนัง	-	30	-	-	-
ฉนวนใยแก้ว	10	-	-	-	-
โครง (ผนังภายนอก ผนังภายใน รอด ฐานราก)	-	50	-	-	-
เหล็กชุปเคลือบสังกะสี	10	-	-	-	-
แก้ว กระจก	45	-	-	-	-
ยิปซั่มเสริมใยแก้ว	10	-	-	-	-
คอนกรีตมวลเบา	-	-	-	80	-
สี	10	-	-	-	20
พื้นปาร์เก้	-	50	-	-	-
พรมที่ทำจากพลาสติก	-	17	-	-	-
พลาสติก ยาง โพลีเมอร์	10	-	-	-	-
ไม้อัด	10	-	-	-	-
ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป	50	-	-	-	-
ชิ้นส่วนคอนกรีตโครงสร้างสำเร็จรูป	50	-	-	-	-
เซลล์แสงอาทิตย์	25	-	-	-	-
กระเบื้องมุงหลัง กระเบื้องปูพื้น และท่อน้ำ	-	30	-	-	30
แผ่นเหล็กรีดลอน	-	-	35	-	-

เหล็กกล้าไร้สนิม	10	-	-	-	-
เหล็กโครงสร้าง	50	-	-	-	-

ตารางที่ 3.5 สรุปอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	อายุการใช้งาน (ปี)				
	A[1]	B[2]	C[3]	D[4]	E[5]
หิน	25	-	-	-	-
กระเบื้องไวนิล แผ่นพื้นไวนิล	20	-	-	-	20
ตู้เสื้อผ้า ตู้เก็บของ	-	30	-	-	-
เครื่องทำน้ำร้อน	-	16	-	-	-
ท่อประปาและสายไฟฟ้า	-	50	-	-	20
ประตูและหน้าต่าง	-	30	28	-	-

หมายเหตุ : [1]Chau, Yik, Hui, Liu, and Yu (2007)

[2]Adalberth (1997)

[3]Pulselli, Simoncini, Pulselli, and Bastianoni (2007)

[4]Dimoudi and Tompa (2008)

[5]Suzuki and Oka (1998)

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกการใช้พลังงานที่คิดเป็น 15% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยตามผลการศึกษาวิจัยของ Adalberth (1997) มาใช้ประเมินในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย เนื่องจากสะดวกต่อการใส่ข้อมูลเพื่อประเมินผลกระทบ ทั้งนี้หากนำอายุการใช้งานของวัสดุก่อสร้างมาใช้ในการประเมินอาจทำให้เกิดความยุ่งยากและต้องใช้เวลามากในการพิจารณา อีกทั้งข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทย มีรายการที่ตรงกันเพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งมีไม่เพียงพอต่อการประเมิน

3.2.2.4 ช่วงการรื้อถอนและการนำไปกำจัดเมื่อบ้านพักอาศัยหมดอายุการใช้งาน

ข้อมูลจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการรื้อถอนและการนำไปกำจัดเมื่อบ้านพักอาศัยหมดอายุการใช้งาน สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สรุปประเด็นหลักของการรื้อถอนและการนำไปกำจัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายการอ้างอิง	พลังงานที่ใช้	หมายเหตุ
1. ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2551	คิดเพียงการทุบทำลายและนำไปยังสถานที่ฝังกลบ แต่ไม่ได้บอกรายละเอียดเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้	โดยจะไม่คิดการจัดการหลังจากนี้เนื่องจาก - เป็นการยากที่จะทราบว่าในอนาคตการจัดการขยะจากการก่อสร้างจะเป็นไปในรูปแบบใด - การนำวัสดุบางชนิดมาใช้ใหม่นั้นได้ถูกคำนึงถึงอยู่แล้วในช่วงของการออกแบบ จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษระบุว่าในประเทศไทยมีศูนย์กำจัดขยะ - ขนาดใหญ่ที่มีรัศมีการให้บริการ 50 กม. จำนวน 10 แห่ง - ขนาดกลางถึงเล็กทั้งที่ก่อสร้างแล้วและที่กำลังก่อสร้างที่มีรัศมีการให้บริการ 30 กม. จำนวน 57 แห่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ
2. Kofoworola and Gheewala, 2008	- ในการรื้อทำลายโครงสร้างคอนกรีตมีความต้องการใช้น้ำมันดีเซล 51.5 MJ/m^2 (Thomas, Jonsson, and Tillman, 1996) - ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการรื้อทำลาย (แต่เป็นสิ่งก่อสร้างที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย) 0.845 t/m^2 (Chini and Bruening, 2003) - พลังงานสำหรับการขนส่งเท่ากับ 2.7 MJ/tkm (Adalberth, 1997)	- การปล่อยออก (Emission) จากขั้นตอนการรื้อทำลายส่วนใหญ่มาจากการใช้พลังงานของเครื่องจักรกล แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังขาดข้อมูลอยู่จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของต่างประเทศ - การขนส่งสมมติให้เป็นระยะทางจาก Central Business District (CBD) ซึ่งเป็นที่ตั้งของสิ่งก่อสร้างที่ได้ทำการศึกษา ไปยังสถานที่ฝังกลบชานเมืองคือ จ.นนทบุรี เป็นระยะทางประมาณ 50 กม. - ซึ่งเป็นการแปลงค่าการปล่อยออกโดยใช้ convertion factor

ตารางที่ 3.6 สรุปประเด็นหลักของการรื้อถอนและการนำไปกำจัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

รายการอ้างอิง	พลังงานที่ใช้	หมายเหตุ
3. อุษณีย์ อุยะเสถียร และอัฉราอัศวรุจิกุลชัย, 2550	ไม่ได้บอกรายละเอียดเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้	- บ้านพักอาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอย 332 ตร.ม. พบว่าของเสียที่เกิดจากการรื้อถอนเท่ากับ 984.66 kg/m^2
4. Ortiz et al., 2009	ไม่ได้คิดขั้นตอนการรื้อทำลาย	เพราะขั้นตอนการรื้อทำลายไม่มีนัยสำคัญเมื่อพิจารณาขั้นตอนการใช้งาน - ในขั้นตอนการรื้อทำลายจะส่งผลต่อการกำจัดโดยหลุมฝังกลบ - ส่วนการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่โดยวัสดุหลัก ๆ ได้แก่คอนกรีต ไม้ แผ่นปลาสเตอร์ที่ใช้ทำผนังกำแพง และโลหะ ยังขาดข้อมูลอยู่
5. Adalberth, 1997	การใช้พลังงานคิดเป็น 1% ของพลังงานทั้งหมด	-

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลการรื้อถอนโครงสร้างคอนกรีตที่ต้องการพลังงานจากน้ำมันดีเซล 51.5 MJ/m^2 (Thomas et al., 1996, quoted in Kofoworola and Gheewala, 2008) โดยขยะจากสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 984.66 kg/m^2 ตามข้อมูลการศึกษาวิจัยของอุษณีย์ อุยะเสถียร และ อัฉรา อัศวรุจิกุลชัย (2550) และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นถูกกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบทั้งหมด

3.2.3 การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA)

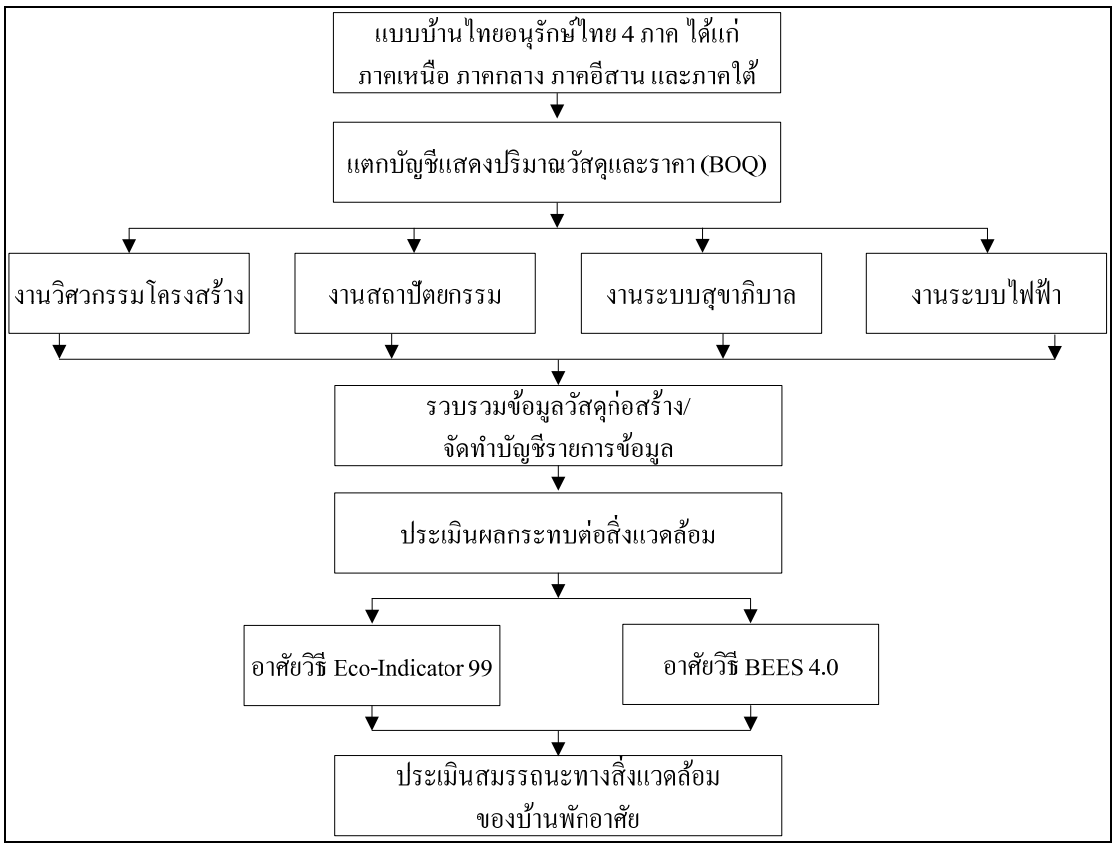
เป็นการแปลงข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปล่อยของเสียตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยโดยพิจารณาต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยวิธีการประเมิน Eco-indicator 99 เปรียบเทียบกับ BEES 4.0 ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (End-point Impact) ที่แสดงผลกระทบออกมาในรูปของคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) เช่นเดียวกัน แต่การแสดงกลุ่มความเสียหายจากทั้งสองวิธีนั้นจะแตกต่างกันคือ วิธี Eco-indicator 99 จะแสดงกลุ่มความเสียหายออกมา 3 กลุ่มคือ สุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศน์และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ จากการรวมกลุ่มของ 11 ผลกระทบ ส่วนวิธี BEES 4.0 จะแสดงคะแนนเชิงเดี่ยวออกมาจากการรวมทั้ง 12 กลุ่มผลกระทบ

3.2.4 การแปลผล (Life Cycle Interpretation)

เป็นการนำผลการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อสรุปผล พิจารณาข้อจำกัด การให้ข้อเสนอแนะที่มาจากผลการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลและตัวเลขจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเข้าช่วยในการทำงาน ซึ่งจะทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลของกระบวนการผลิตที่มีหลายขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่ได้ทำศึกษาไว้แล้วทั่วโลก

3.3 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทำโดยการนำผลจากการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 และ BEES 4.0 ของบ้านไทยอนุรักษ์ทั้ง 4 ภาค ดังแสดงในรูปที่ 3.4 มาเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นว่าภาคใดส่งผลกระทบมากน้อยกว่ากัน กล่าวคือหากบ้านภาคใดส่งผลกระทบน้อยที่สุดก็หมายความว่าบ้านภาคนั้นเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด



รูปที่ 3.4 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

3.4 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

3.4.1 บัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

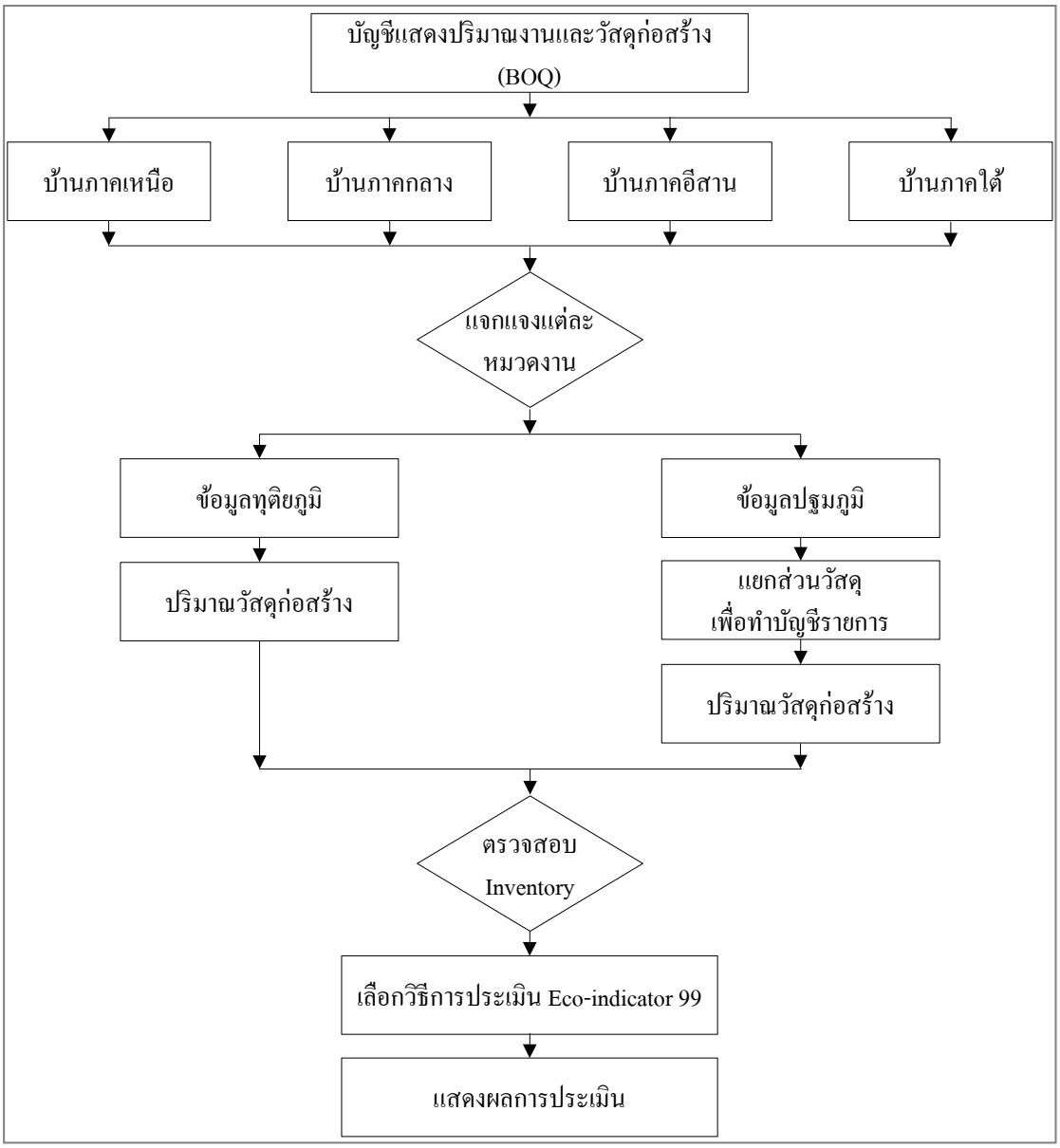
กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จัดทำแบบอาคารบ้านพักอาศัยมาตรฐานเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ประชาชน โดยบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ง. ซึ่งใน BOQ ของบ้านแต่ละภาคจะประกอบด้วย 4 หมวดงานคือ หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง หมวดงานสถาปัตยกรรม หมวดงานระบบสุขาภิบาล และหมวดงานระบบไฟฟ้า

3.4.2 โปรแกรม SimaPro 7.1

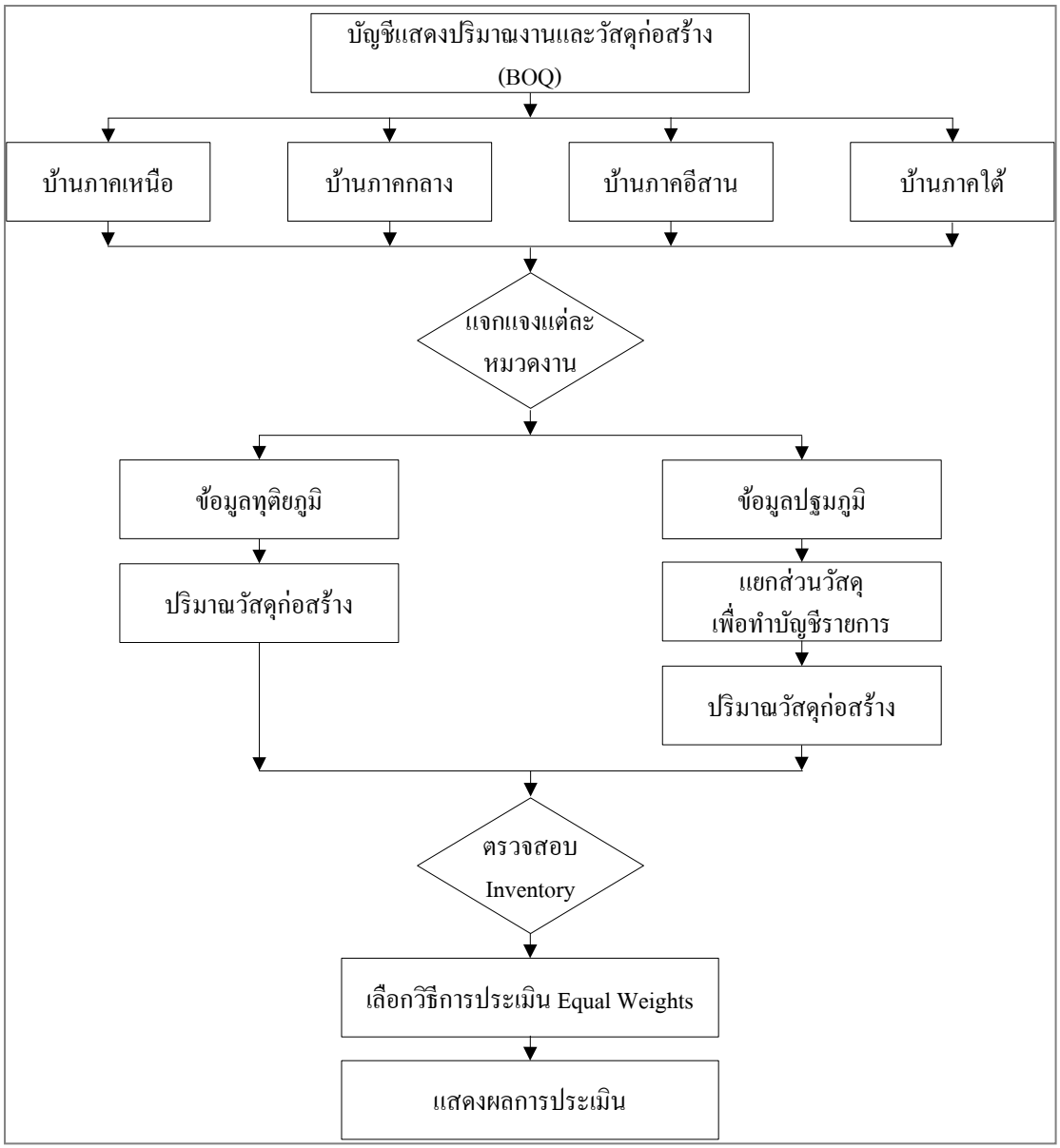
เป็นเครื่องมือช่วยในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยวิธีการประเมิน Eco-indicator 99 ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง (End-point Impact) คือประเมินที่กลุ่มผู้รับผลกระทบจริง 3 ด้านได้แก่ สุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศน์ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ โดยขั้นตอนในการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 ได้แสดงขั้นตอนไว้ดังรูปที่ 3.5

3.4.3 โปรแกรม BEES 4.0

เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้เพื่อช่วยเลือกผลิตภัณฑ์สิ่งก่อสร้างในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยเพื่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยวิธีการให้น้ำหนักแบบ Equal Weights และแสดงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Score) ในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยขั้นตอนในการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 แสดงดังรูปที่ 3.6



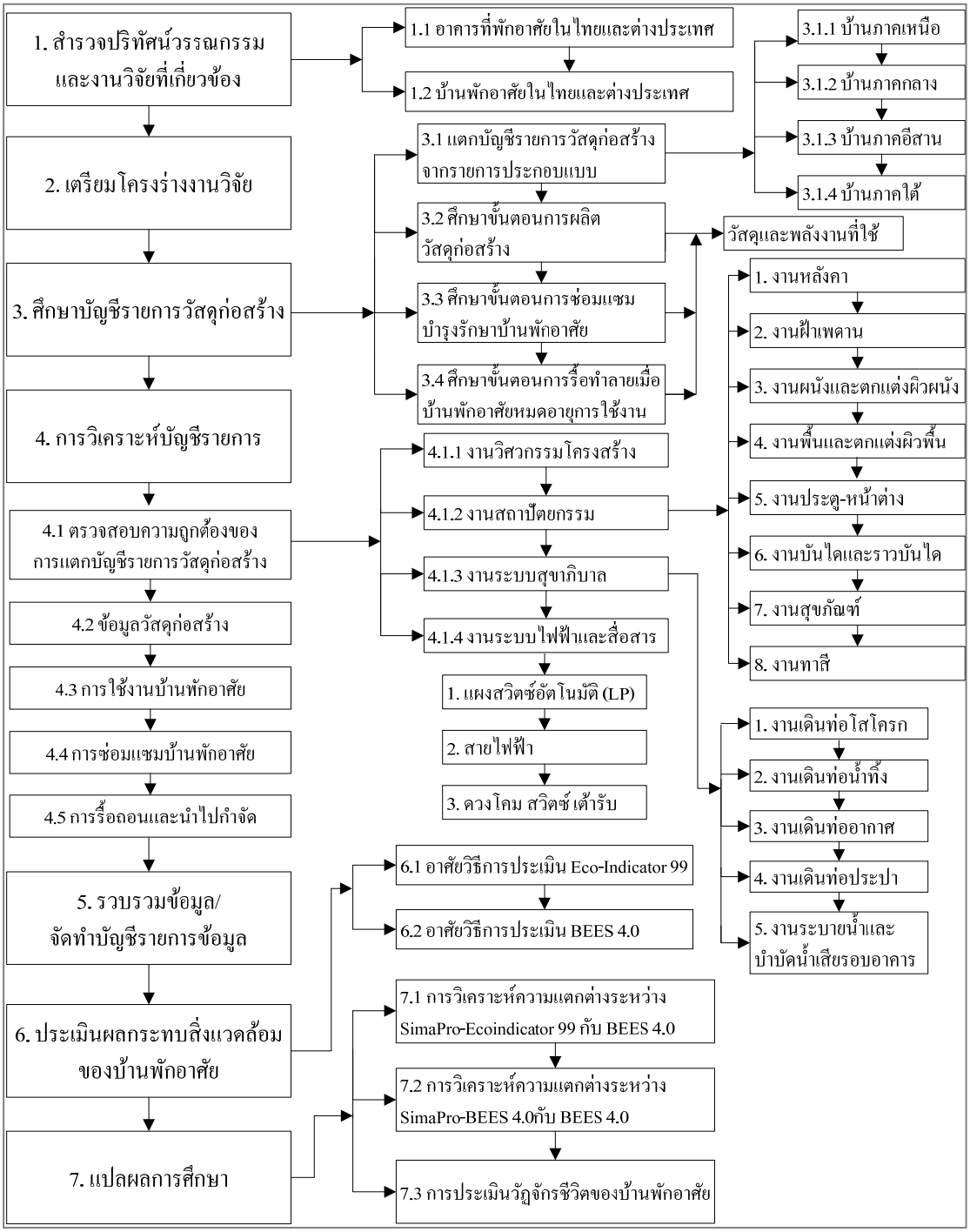
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

3.5 การดำเนินงาน

ผังขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงาน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7 และตารางที่ 3.7 ตามลำดับ



รูปที่ 3.7 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.7 ระยะเวลาในการดำเนินงาน (เริ่มตั้งแต่ 1 ส.ค. 2552 ถึง 31 ก.ค. 2553)

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน (เดือน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. สำรวจปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	X	X	X	X	X	X	X	X				
1.1 อาคารที่พักอาศัยในต่างประเทศ	X	X	X									
1.2 อาคารที่พักอาศัยในประเทศไทย		X	X	X								
1.3 บ้านพักอาศัยในต่างประเทศ			X	X	X	X						
1.4 บ้านพักอาศัยในประเทศไทย				X	X	X	X	X				
2. เตรียมโครงร่างงานวิจัย			X	X	X	X	X	X				
3. ศึกษาบัญชีรายการวัสดุก่อสร้าง			X	X	X	X						
3.1 แตกบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) จากรายการประกอบแบบ			X	X	X	X	X					
1) บ้านภาคเหนือ			X	X	X	X	X					
2) บ้านภาคกลาง			X	X	X	X	X					
3) บ้านภาคอีสาน			X	X	X	X	X					
4) บ้านภาคใต้			X	X	X	X	X					
3.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง						X	X	X				
3.3 ศึกษาขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย						X	X	X				
3.4 ศึกษาขั้นตอนการรื้อทำลายและการจัดการขั้นสุดท้าย เมื่อบ้านพักอาศัยหมดอายุการใช้งาน							X	X				
4. การวิเคราะห์บัญชีรายการ				X	X	X	X					
4.1 ตรวจสอบความถูกต้องของการแตกบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ)							X	X	X			
4.2 ข้อมูลวัสดุก่อสร้าง							X	X	X			
4.3 การใช้งานบ้านพักอาศัย							X	X	X			
4.4 การซ่อมแซมบ้านพักอาศัย							X	X	X			
4.5 การรื้อถอนและนำไปกำจัด							X	X	X			
5. รวบรวมข้อมูล/จัดทำบัญชีรายการข้อมูล					X	X	X	X	X			
6. ประเมินผลกระทบของบ้านพักอาศัย						X	X	X	X			
6.1 อาศัยวิธีการประเมิน Eco-Indicator 99								X	X			
6.2 อาศัยวิธีการประเมิน BEES 4.0								X	X			
7. แปลผลการศึกษา							X	X	X	X		
7.1 ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-EI99 กับ BEES 4.0								X	X	X		
7.2 ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-BEES กับ BEES 4.0								X	X	X		
7.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย									X	X	X	
8. จัดทำวิทยานิพนธ์และรูปเล่มรายงาน									X	X	X	
9. แก้ไขวิทยานิพนธ์											X	X
10.สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์								X				
11.สอบวิทยานิพนธ์												X

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 เป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ของบ้านพักอาศัย มีเป้าหมายของการศึกษาครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างไปจนถึงขั้นตอนการรื้อถอนและนำไปกำจัด เพื่อประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมในแต่ละช่วงของวัฏจักรชีวิตบ้านพักอาศัย รวมถึงการใช้พลังงาน การใช้ทรัพยากร จัดทำเป็นฐานข้อมูล บนพื้นฐานหลักของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถทราบแหล่งที่มาของปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แท้จริง เพื่อให้สามารถป้องกันและลดมลพิษได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงหรือป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาความพร้อมของวิธีการ (Method) และฐานข้อมูล (Database) ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อม ของโครงสร้างและวัสดุทางสถาปัตยกรรมได้อีกด้วย

ขอบเขตการศึกษาวัฏจักรชีวิตบ้านพักอาศัยครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งาน การซ่อมแซมบำรุงรักษา และการรื้อถอนรวมถึงการนำไปกำจัด โดยจะเป็นการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ ที่ทางกรมโยธาธิการและผังเมืองได้ออกแบบไว้สำหรับบริการประชาชน ซึ่งรูปตัดตามขวางและข้อมูลบัญชีรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านทั้ง 4 ภาคได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ง. โดยการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมนั้นได้ใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัย

การประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารที่พักอาศัยในประเทศไทยที่ผ่านมายังไม่ค่อยมีผู้ศึกษามากนัก ซึ่งจากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างหรือองค์ประกอบของอาคารพบว่ายังขาดฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุ (LCI Database) ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากบ้านพักอาศัยเป็นสถาปัตยกรรมที่สนองความต้องการพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์และประกอบขึ้นจากวัสดุที่แตกต่างและหลากหลาย จึงสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และนอกจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยทั้ง 4 ภาคจะสามารถประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมได้แล้วยังเป็นการรวบรวมผลกระทบที่มีนัยสำคัญจากบ้านพักอาศัยได้อีกด้วย

4.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory : LCI)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการ (Inventory) ในการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยซึ่งเป็นการพิจารณาแต่ละขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้งาน การซ่อมแซมบำรุงรักษาและการรื้อ รวมถึงการนำไปกำจัด แต่ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลเนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลการผลิตวัสดุก่อสร้างทุกชนิดได้ ผู้วิจัยจึงอาศัยข้อมูลน้ำหนักของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในขั้นตอนการก่อสร้างเป็นสำคัญ เพื่อให้สามารถประเมินปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านแต่ละหลัง กล่าวคือข้อมูลปริมาณวัสดุก่อสร้างใช้แทนขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้างและการก่อสร้าง ส่วนขั้นตอนการใช้งานจะเป็นการพิจาณาการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย ขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาจะเป็นการพิจารณาถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการซ่อมแซมบ้านพักอาศัย และในส่วนของการรื้อถอนรวมถึงการนำไปกำจัดจะเป็นการพิจารณาการใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงในการรื้อและปริมาณขยะจากสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นที่ต้องนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ โดยทั้ง 4 ขั้นตอนข้างต้นสามารถรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

4.2.1 ข้อมูลวัสดุก่อสร้าง

ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งข้อมูลทุติยภูมิคือข้อมูลที่ได้จากรายการแสดงรายละเอียดของวัสดุที่ต้องใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยในแต่ละภาคและพบในฐานข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ประเมิน ส่วนข้อมูลปฐมภูมิคือรายการวัสดุก่อสร้างที่ไม่พบในฐานข้อมูลของโปรแกรม แต่สามารถแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการและนำข้อมูลวัสดุนั้นไปประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4.2.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

เป็นข้อมูลที่ได้จากบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ที่กรมโยธาธิการและผังเมืองได้คำนวณปริมาณวัสดุก่อสร้างไว้แล้วสำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค (ดังแสดงในภาคผนวก ก. ถึงภาคผนวก ง.) ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลทุติยภูมินี้จะเป็นการพิจารณาเฉพาะวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 โดยข้อมูลวัสดุก่อสร้างทั้งหมดที่ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบสามารถเปรียบเทียบข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูลกับข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ดังแสดงในภาคผนวก จ. (ตารางที่ จ1) และจากการตรวจสอบพบว่าวัสดุก่อสร้างที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม LCA มีเพียงบางส่วนเท่านั้นซึ่งยังขาดข้อมูลอยู่อีกเป็นจำนวนมาก โดยในโปรแกรม SimaPro 7.1 พบข้อมูลวัสดุก่อสร้าง 20 รายการ และ BEES 4.0 พบข้อมูลเพียง 15 รายการ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
1. ทราย	Sand	-
2. คอนกรีต	Concrete, normal	Generic 100% Portland Cement
3. เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
4. ไม้แบบ ไม้ค้ำ	Hardwood, stand establishment/ tending/site development, under bark	Generic Wood Framing - Untreated
5. ไม้เคร่า (ไม้เนื้อแข็ง)	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing - Treated
6. สีทาเหล็ก	Alkyd paint, white, 60% in solvent	Generic Consolidated Latex Paint
7. กระเบื้องหลังคา	Concrete roof tile	Generic Clay Tile
8. ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
9. อลูมิเนียม	AlCuMg2 (2024) I	Generic Aluminum Siding
10. ยิปซั่มบอร์ด	Gypsum fibre board	Generic Gypsum Board
11. ฉนวนใยแก้ว	Glass fibre	Generic Fiberglass Batt R-38
12. อลูมิเนียมฟอยด์	Aluminium foil B250	-
13. อิฐ	Brick	Generic Brick and Mortar
14. เสาเอ็นและคานทับหลัง	-	Generic 100% Portland Cement 5KSI
15. กระเบื้องเซรามิก	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with Recycled Glass
16. สุขภัณฑ์เซรามิก	Sanitary ceramics, at regional storage	-
17. กระจกเงา	Solar collector glass tube, with silver mirror	-
18. สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	Acrylic varnish, 87.5% in H_2O	Generic Virgin Latex Paint
19. สีน้ำมันทาไม้/พื้นไม้	Alkyd varnish ETH S	Generic Virgin Latex Paint
20. ท่อพีวีซี	PVC pipe E	-
21. พลาสติก HDPE	Polyethylene, HDPE, granular	-

4.2.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

เป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยได้แยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory) เพิ่มเติมในส่วนของวัสดุก่อสร้างที่ไม่พบในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 เนื่องจากในฐานข้อมูลยังขาดแคลนข้อมูลวัสดุก่อสร้างอยู่และเพื่อให้การประเมินผลกระทบมีข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด โดยรายละเอียดวิธีการคำนวณปริมาณวัสดุก่อสร้าง ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ. (ตารางที่ ฉ1) เมื่อทำการรวบรวมบัญชีรายการวัสดุก่อสร้างทั้งหมดแล้ว ต่อจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบรายการวัสดุในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 ว่าในแต่ละฐานข้อมูลประกอบด้วยรายการวัสดุก่อสร้างใดบ้างซึ่งรายชื่อวัสดุในแต่ละฐานข้อมูลจะใช้ชื่อที่แตกต่างกัน และวิธีการเลือกวัสดุก่อสร้างในแต่ละฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้พิจารณาโดยใช้รายละเอียดที่มาของข้อมูลวัสดุที่อธิบายไว้เป็นเกณฑ์ในการเลือก โดยรายชื่อของวัสดุในแต่ละฐานข้อมูลผู้วิจัยได้พิจารณาแยกแต่ละหมวดงานดังแสดงในภาคผนวก ช. (ตารางที่ ช1) ส่วนข้อมูลสรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ที่เป็นกรณีศึกษาของฐานข้อมูลในโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ ในส่วนของรายละเอียดที่พิจารณาแยกแต่ละหมวดงานแสดงในภาคผนวก ซ. และภาคผนวก ฌ. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 สรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีตอัดแรง	ลบ.ม.	122	123	113	106
เหล็ก	กก.	15,520	7,098	10,057	10,853
ทราย	ลบ.ม.	28	30	6	26
คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	4.3	3.0	6.1	5.9
ไม้แบบ ไม้ค้ำ	ลบ.ม.	10.6	13.2	11.2	7.7
เหล็กตัวซี - ขึ้นรูปเย็น	กก.	2,077	2,676	2,411	2,601
สีทาเหล็ก	ตร.ม.	160	226	211	217
กระเบื้องซีเมนต์	ตร.ม.	270	333	246	250
ปูนฉาบ	ตร.ม.	1,625	1,268	900	1,112
ไม้	ลบ.ม.	480	745	630	630
อลูมิเนียม	กก.	7.4	39.4	6.1	15.3
ยิปซั่มบอร์ด	ตร.ม.	265	271	181	203
โครงคร่าวอลูมิเนียม	ตร.ม.	265	271	181	203

ตารางที่ 4.2 สรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ฉนวนใยแก้ว	ตร.ม.	102	100	76	104
อลูมิเนียมฟอยล์	ตร.ม.	102	100	76	104
อิฐ	ตร.ม.	479	303	298	272
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	195	153	195	45
กาวซีเมนต์	กก.	822	643	826	183
กาวตะปู	กก.	2.6	1.7	2.3	2.9
อ่างอาบน้ำอะครีลิค	กก.	23	-	-	-
โลหะ	กก.	1.2	0.6	0.6	0.3
พลาสติก	กก.	0.5	0.3	0.3	0.2
โลหะ	กก.	4.0	2.8	2.8	0.6
กระจกเงา	กก.	4.5	3.0	3.0	1.5
สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	ตร.ม.	919	814	437	572
สีน้ำมันทาไม้/พื้นไม้	ตร.ม.	260	267	254	376
ท่อพีวีซี	กก.	167	103	60	65
เหล็กหล่อ	กก.	4.9	2.4	-	1.2
เหล็กอาบสังกะสี	กก.	0.2	0.1	0.1	0.1
พลาสติก (HDPE)	กก.	120	80	40	40
โลหะ	กก.	12	12	10	12
น็อต	กก.	0.3	0.3	0.2	0.2
ทองแดง	กก.	26	26	19	25
สปริง	กก.	0.03	0.03	0.03	0.03
โลหะ (ดีบุก)	กก.	0.05	0.05	0.04	0.05
โลหะ (ทังสเตน)	กก.	0.004	0.004	0.003	0.004
พีวีซี	กก.	27	27	39	27
กระเปาะแก้ว	กก.	0.03	0.03	0.02	0.03

ตารางที่ 4.3 สรุปปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ในฐานข้อมูลโปรแกรม BEES 4.0

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	ลบ.ม.	123	124	113	106
เหล็ก	กก.	17,597	19,774	12,468	13,454
ไม้แบบ, ไม้ค้ำ	ลบ.ม.	10.7	12.1	10.7	7.3
ไม้เคร่า	ลบ.ม.	10.3	12.6	25.2	44.4
สีทาเหล็ก	ตร.ม.	160	226	211	217
กระเบื้องซีเมนต์	ตร.ม.	270	333	246	250
ปูนฉาบ	ตร.ม.	1,625	1,268	900	1,112
รางระบายน้ำฝน (อลูมิเนียม)	ม.	-	32	-	7.5
ยิปซั่มบอร์ด	ตร.ม.	265	271	181	203
ฉนวนใยแก้ว	ตร.ม.	102	100	76	104
อิฐ	ตร.ม.	479	303	298	272
เสาเอ็นและคานทับหลัง	ลบ.ม.	3.4	2.1	2.1	1.9
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	195	153	195	45
บานเกล็ดไม้	ลบ.ม.	0.03	0.05	-	-
สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	ตร.ม.	1,179	1,081	691	948

4.2.2 ขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัย

ในขั้นตอนการใช้งานได้พิจารณาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย มีค่าเท่ากับ 4,166 kWh ต่อปี ซึ่งเป็นรายงานทางสถิติของการไฟฟ้านครหลวง โดยที่อายุการใช้งานของบ้านพักอาศัยถูกกำหนดไว้ 50 ปี (อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 3.2.1.2) ดังนั้นตลอดอายุการใช้งานจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 208,300 kWh

4.2.3 การซ่อมแซมบำรุงรักษาบ้านพักอาศัย

ในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาได้พิจารณาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย โดยเลือกใช้ข้อมูลตามที่ Adalberth (1997) ได้นำเสนอไว้ว่า ในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาจะใช้พลังงานคิดเป็น 15% ของพลังงานทั้งหมด เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลในขั้นตอนการซ่อมแซมที่แน่นอน และจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยที่แสดงในหัวข้อข้างต้น ทำให้ทราบว่าในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาจะใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 31,245 kWh

4.2.4 การรื้อถอนและนำไปกำจัด

ขั้นตอนการรื้อโครงสร้างคอนกรีตมีความต้องการพลังงานจากน้ำมันดีเซล 51.5 MJ/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่ Thomas et al. (1996, quoted in Kofoworola and Gheewala, 2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยไว้ ส่วนปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการรื้อถอนมีค่าเท่ากับ 984.66 g/m^2 โดยเป็นค่าที่อุษณีย์ อุยะเสถียร และ อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย (2550) ได้ทำการประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนอาคารในกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นบ้านพักอาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอย 332 ตารางเมตร และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากสิ่งก่อสร้างของงานวิจัยนี้ได้ประเมินผลกระทบโดยนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบทั้งหมด เนื่องจากการจัดการขยะจากการก่อสร้างยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอน

4.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment : LCIA)

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ ได้ประเมินผลโดยใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 ซึ่งได้ทำการประเมิน 3 แบบด้วยกันคือ (1) ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro โดยอาศัยวิธี Eco-indicator 99 (2) ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro โดยอาศัยวิธี BEES และ (3) ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

4.3.1 SimaPro-Ecoindicator 99

Eco-indicator 99 เป็นวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง (End-point Impact) พิจารณาที่กลุ่มผู้รับผลกระทบจริงโดยจะแสดงผลในรูปของกลุ่มความเสียหาย (Damage Category) 3 ด้านคือ ทำลายสุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศน์และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ จากการรวมกลุ่มของ 11 ผลกระทบ ให้อยู่ในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)

4.3.1.1 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ผลการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ พบว่า ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 5.13E+05 MJ surpluses ตามด้วยระบบนิเวศน์ 3.79E+04 PDF*m^2yr และสุขภาพของมนุษย์ 3.43E-01 DALY ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนรายละเอียดของกลุ่มผลกระทบทั้ง 11 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตารางที่ ญ1 และรูปที่ ญ1)

ตารางที่ 4.4 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มความเสียหาย	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม
สุขภาพของมนุษย์	DALY	8.53E-02	3.84E-02	9.11E-02	1.28E-01	3.43E-01
ระบบนิเวศน์	PDF*m^2yr	4.71E+03	9.89E+02	4.85E+03	2.73E+04	3.79E+04
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	6.99E+04	3.16E+05	1.17E+05	9.77E+03	5.13E+05

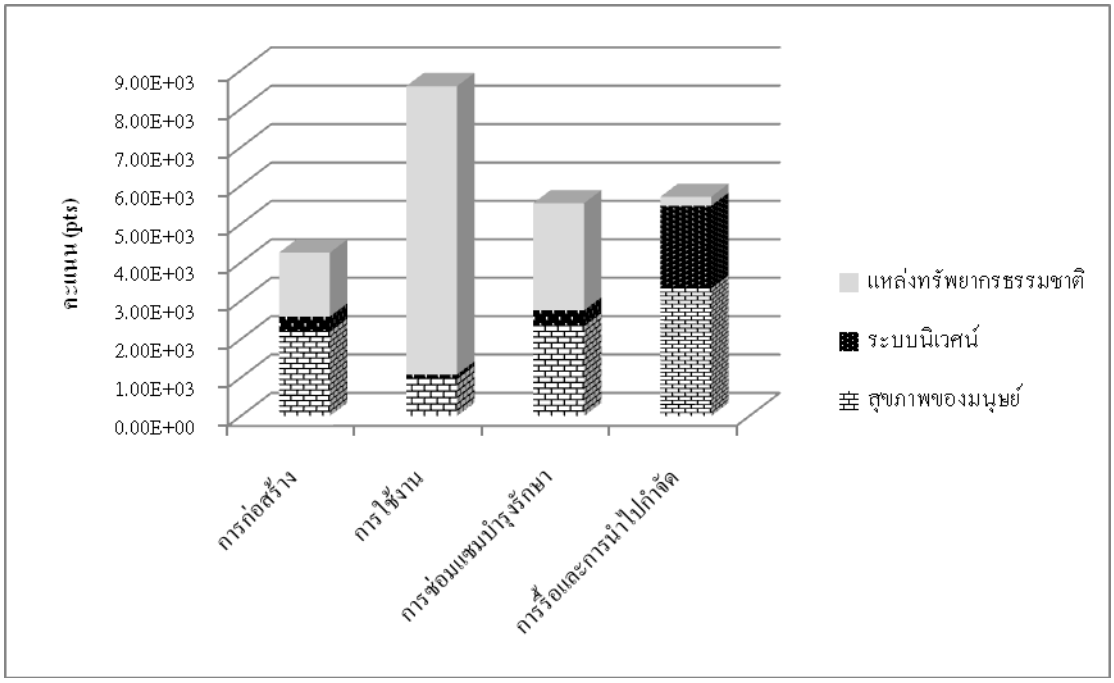
โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งาน และการซ่อมแซมบำรุงรักษา ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.99E+04 3.16E+05 และ 1.17E+05 MJ surpluses ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดส่งผลต่อระบบนิเวศน์มากที่สุดเท่ากับ 2.73E+04 PDF*m^2yr

ตารางที่ 4.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
สุขภาพของมนุษย์	pts	2.22E+03	1.00E+03	2.37E+03	3.34E+03
ระบบนิเวศน์	pts	3.67E+02	7.72E+01	3.79E+02	2.13E+03
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	pts	1.66E+03	7.51E+03	2.79E+03	2.32E+02
รวม	pts	4.25E+03	8.59E+03	5.54E+03	5.71E+03

จากตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นผลการประเมินในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พบว่าขั้นตอนการใช้งานส่งผลกระทบมากที่สุดเท่ากับ 8.59E+03 pts คิดเป็น 35% ของวัฏจักรชีวิต ตามด้วยขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด และขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 5.71E+03 และ 5.54E+03 pts คิดเป็น 24% และ 23% ตามลำดับ และสุดท้ายคือขั้นตอนการก่อสร้าง 4.25E+03 pts คิดเป็น 18% ตลอดวัฏจักรชีวิต สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 4.1 ส่วน

รายละเอียดที่เป็นคะแนนเชิงเดี่ยวของทั้ง 11 กลุ่มผลกระทบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตาราง ญ2 และรูปที่ ญ2)



รูปที่ 4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

4.3.1.2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

ผลการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง พบว่า ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 5.08E+05 MJ surpluses ตามด้วยระบบนิเวศน์ 3.38E+04 PDF*m^2yr และสุขภาพของมนุษย์ 3.24E-01 DALY ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6 ส่วนรายละเอียดของกลุ่มผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตารางที่ ญ3 และรูปที่ ญ3)

ตารางที่ 4.6 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มความเสียหาย	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม

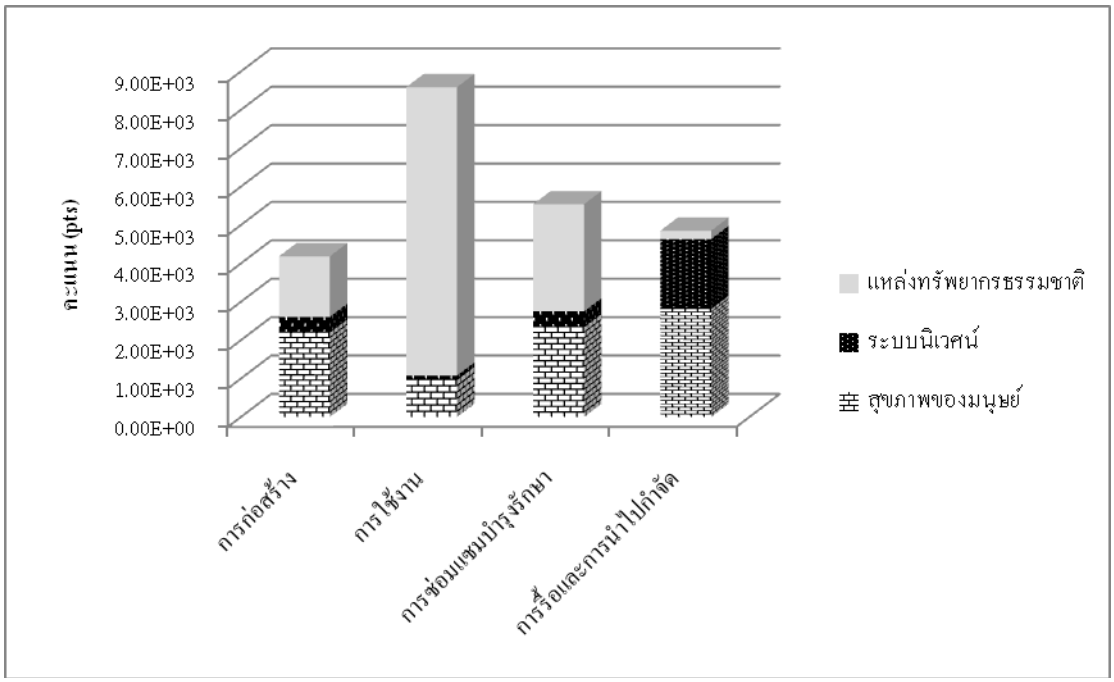
สุขภาพของมนุษย์	DALY	8.56E-02	3.84E-02	9.11E-02	1.09E-01	3.24E-01
ระบบนิเวศน์	PDF*m^2yr	4.85E+03	9.89E+02	4.85E+03	2.31E+04	3.38E+04
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	6.63E+04	3.16E+05	1.17E+05	9.11E+03	5.08E+05

โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งาน และการซ่อมแซมบำรุงรักษา ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 6.63E+04 3.16E+05 และ 1.17E+05 MJ surpluses ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดส่งผลต่อระบบนิเวศน์มากที่สุดเท่ากับ 2.31E+04 PDF*m^2yr

ตารางที่ 4.7 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
สุขภาพของมนุษย์	pts	2.23E+03	1.00E+03	2.37E+03	2.84E+03
ระบบนิเวศน์	pts	3.78E+02	7.72E+01	3.79E+02	1.80E+03
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	pts	1.58E+03	7.51E+03	2.79E+03	2.17E+02
รวม	pts	4.18E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.85E+03

จากตารางที่ 4.7 เป็นผลการประเมินในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พบว่าขั้นตอนการใช้งานส่งผลกระทบมากที่สุดเท่ากับ 8.59E+03 pts คิดเป็น 37% ของวัฏจักรชีวิต ตามด้วยขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษา และขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 5.54E+03 และ 4.85E+03 pts คิดเป็น 24% และ 21% ตามลำดับ และสุดท้ายคือขั้นตอนการก่อสร้างมีค่า 4.18E+03 pts คิดเป็น 18% ตลอดวัฏจักรชีวิต สามารถแสดงผลดังรูปที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดที่เป็นคะแนนเชิงเดี่ยวของทั้ง 11 กลุ่มผลกระทบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตาราง ญ4 และรูปที่ ญ4)



รูปที่ 4.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

4.3.1.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ผลการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน พบว่า ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 4.90E+05 MJ surpluses ตามด้วยระบบนิเวศน์ 2.47E+04 PDF*m^2yr และสุขภาพของมนุษย์ 2.62E-01 DALY ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.8 ส่วนรายละเอียดของกลุ่มผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตารางที่ ญ5 และรูปที่ ญ5)

ตารางที่ 4.8 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มความเสียหาย	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม
สุขภาพของมนุษย์	DALY	6.02E-02	3.84E-02	9.11E-02	7.23E-02	2.62E-01
ระบบนิเวศน์	PDF*m^2yr	3.58E+03	9.89E+02	4.85E+03	1.53E+04	2.47E+04

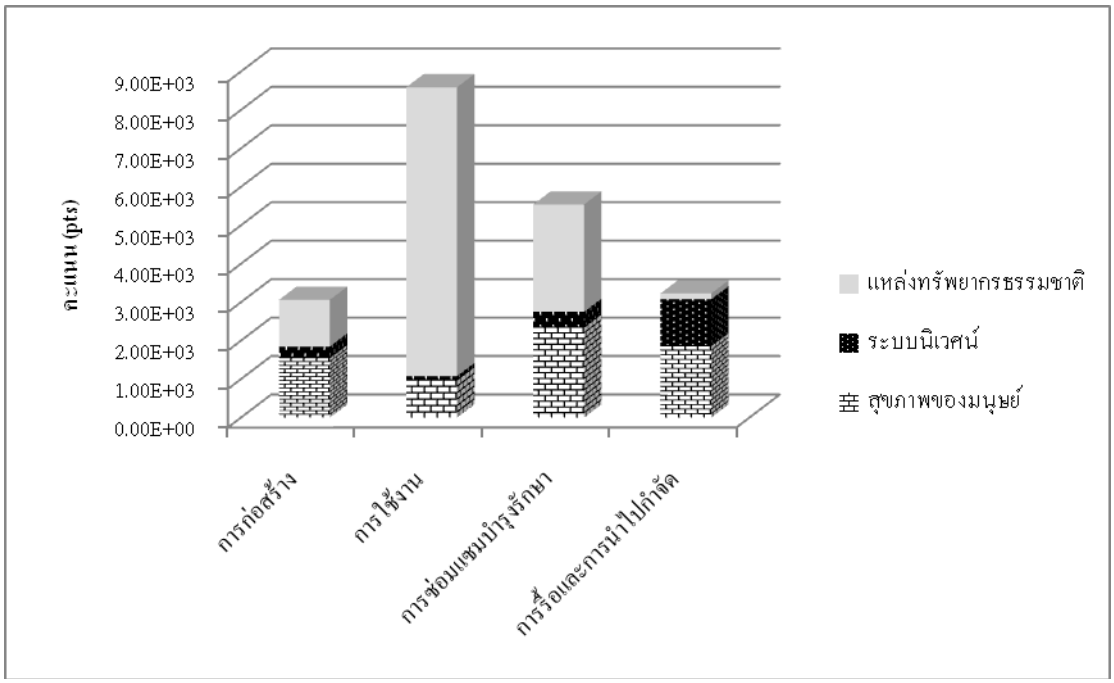
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	5.11E+04	3.16E+05	1.17E+05	6.24E+03	4.90E+05

โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งาน และการซ่อมแซมบำรุงรักษา ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 5.11E+04 3.16E+05 และ 1.17E+05 MJ surpluses ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดส่งผลต่อระบบนิเวศน์มากที่สุดเท่ากับ 2.47E+04 PDF*m^2yr

ตารางที่ 4.9 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย ภาคอีสาน ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
สุขภาพของมนุษย์	pts	1.57E+03	1.00E+03	2.37E+03	1.88E+03
ระบบนิเวศน์	pts	2.79E+02	7.72E+01	3.79E+02	1.19E+03
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	pts	1.22E+03	7.51E+03	2.79E+03	1.49E+02
รวม	pts	3.06E+03	8.59E+03	5.54E+03	3.23E+03

จากตารางที่ 4.9 เป็นผลการประเมินในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พบว่าขั้นตอนการใช้งานส่งผลกระทบมากที่สุดเท่ากับ 8.59E+03 pts คิดเป็น 42% ของวัฏจักรชีวิต ตามด้วยขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ 5.54E+03 pts คิดเป็น 27% ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดและขั้นตอนการก่อสร้างซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือ 3.23E+03 และ 3.06E+03 pts คิดเป็น 16% และ 15% ตามลำดับ สามารถแสดงผลดังรูปที่ 4.3 ส่วนรายละเอียดที่เป็นคะแนนเชิงเดี่ยวของทั้ง 11 กลุ่มผลกระทบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตาราง ญ6 และรูปที่ ญ6)



รูปที่ 4.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

4.3.1.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

ผลการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้พบว่าส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 4.89E+05 MJ surpluses ตามด้วยระบบนิเวศน์ 2.88E+04 PDF*m^2yr และสุขภาพของมนุษย์ 2.80E-01 DALY ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.10 ส่วนรายละเอียดของกลุ่มผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตารางที่ ญ7 และรูปที่ ญ7)

ตารางที่ 4.10 กลุ่มความเสียหาย (Damage Category) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มความเสียหาย	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม
สุขภาพของมนุษย์	DALY	5.93E-02	3.84E-02	9.11E-02	9.08E-02	2.80E-01

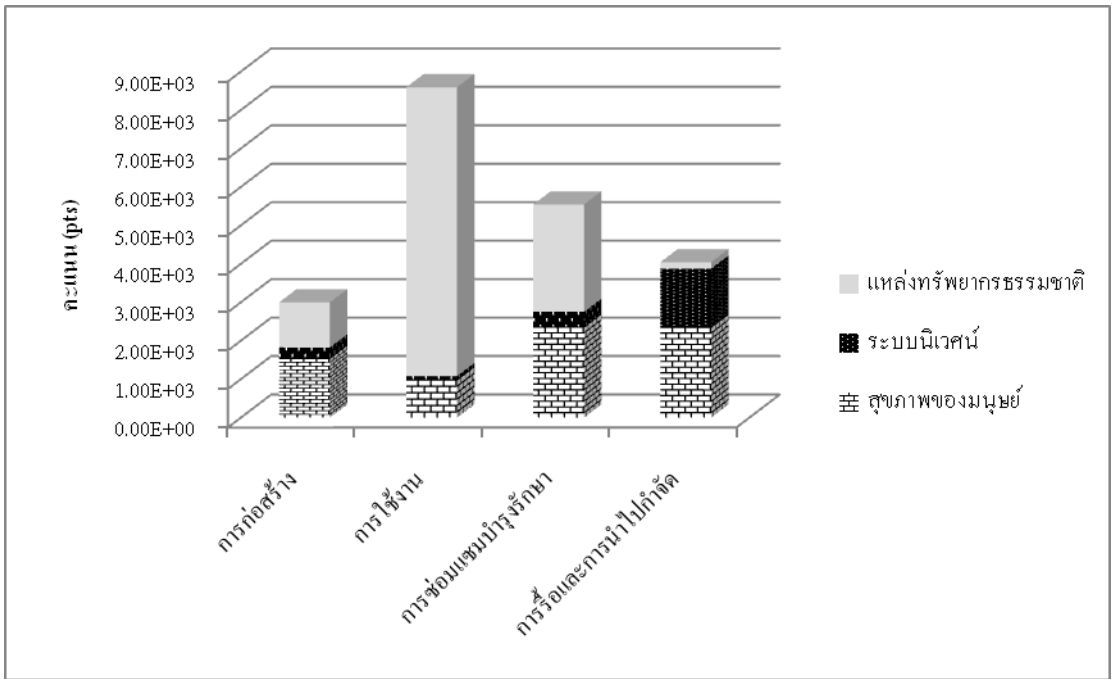
ระบบนิเวศน์	PDF*m^2yr	3.57E+03	9.89E+02	4.85E+03	1.93E+04	2.88E+04
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	4.92E+04	3.16E+05	1.17E+05	7.01E+03	4.89E+05

โดยเมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งาน และการซ่อมแซมบำรุงรักษา ส่งผลต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติมากที่สุดเท่ากับ 4.92E+04 3.16E+05 และ 1.17E+05 MJ surpluses ตามลำดับ ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดส่งผลต่อระบบนิเวศน์มากที่สุดเท่ากับ 1.93E+04 PDF*m^2yr

ตารางที่ 4.11 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
สุขภาพของมนุษย์	pts	1.54E+03	1.00E+03	2.37E+03	2.37E+03
ระบบนิเวศน์	pts	2.79E+02	7.72E+01	3.79E+02	1.51E+03
แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	pts	1.17E+03	7.51E+03	2.79E+03	1.67E+02
รวม	pts	2.99E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.04E+03

จากตารางที่ 4.11 เป็นผลการประเมินในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พบว่าขั้นตอนการใช้งานส่งผลกระทบมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.59E+03 pts คิดเป็น 41% ของวัฏจักรชีวิต ตามด้วยขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษามีค่าเท่ากับ 5.54E+03 pts คิดเป็น 26% ส่วนขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดมีค่า 4.04E+03 pts คิดเป็น 19% และขั้นตอนการก่อสร้างมีค่าเท่ากับ 2.99E+03 คิดเป็น 14% ของวัฏจักรชีวิต สามารถแสดงผลดังรูปที่ 4.4 ส่วนรายละเอียดที่เป็นคะแนนเชิงเดี่ยวของทั้ง 11 กลุ่มผลกระทบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ญ. (ตาราง ญ8 และรูปที่ ญ8)



รูปที่ 4.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99

4.3.1.5 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ด้วยวิธี Eco-indicator 99 โดยทำการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยพบว่า ผลการประเมินที่ได้รับเป็นไปในแนวทางเดียวกันกล่าวคือ ขั้นตอนการใช้งานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ตามด้วยขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษา ขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด และขั้นตอนการก่อสร้าง ตามลำดับ โดยในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ในขั้นตอนของการใช้งานจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องมาจากในขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัยเป็นการคิดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการใช้แร่ธาตุเป็นจำนวนมาก ทำให้ในขั้นตอนดังกล่าวมีส่งผลกระทบต่อแหล่งทรัพยากรธรรมชาติอย่างโดดเด่นที่สุด
- ขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษา ในขั้นตอนนี้จะคิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเช่นกัน ซึ่งคิดเป็น 15% ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย ทำให้ทั้ง 4 ภาค มีค่าผลกระทบไม่แตกต่างกัน

- ขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด ในขั้นตอนการรื้อจะคิดจากปริมาณน้ำมันดีเซลที่ต้องใช้ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ดังนั้นบ้านทั้ง 4 ภาคจึงมีค่าที่ต่างกันเนื่องจากมีพื้นที่ใช้สอยไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณขยะจากสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้น โดยวิธีการนำไปกำจัดเป็นการฝังกลบทั้งหมด เพราะว่าในประเทศไทยยังไม่มีรูปแบบที่แน่นอนของการจัดการขยะจากสิ่งก่อสร้างและจากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Kofoworola and Gheewala (2008) และชนิกานต์ ยิ้มประยูร (2551) ได้นำเสนอไว้ว่าขยะจากสิ่งก่อสร้างได้ถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงส่งผลต่อระบบนิเวศน์มากกว่าขั้นตอนอื่น อีกทั้งยังมีความต้องการใช้พื้นที่เพื่อการฝังกลบและขยะจากสิ่งก่อสร้างเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ยากและอาจปล่อยสารเคมีที่อยู่ในตัวขยะออกมาเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม

- ขั้นตอนการก่อสร้าง ในขั้นตอนนี้เป็นการคิดปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านแต่ละหลัง ผลกระทบในขั้นตอนนี้จึงมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้

โดยในที่นี้จะขอแยกพิจารณาผลการประเมินออกเป็น 2 กรณีคือ

1) พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัย

เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าพลังงานและวัสดุหลักที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ตลอดวัฏจักรชีวิตสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.12 ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.13 และแสดงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้ดังรูปที่ 4.5

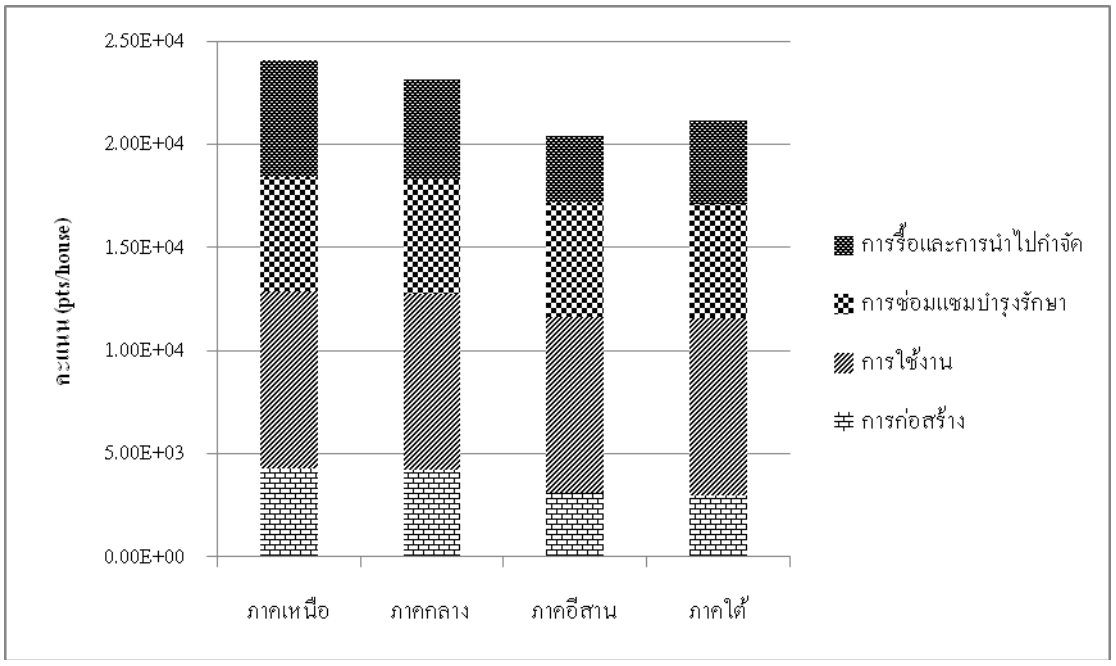
ตารางที่ 4.12 พลังงานและวัสดุที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค

รายการ	ภาคเหนือ (333 ตร.ม.)	ภาคกลาง (339 ตร.ม.)	ภาคอีสาน (242 ตร.ม.)	ภาคใต้ (244 ตร.ม.)
วัสดุหลักที่ใช้ในขั้นตอนก่อสร้าง				
เหล็ก, กก.	15,520	17,098	10,057	10,853
คอนกรีต, ลบ.ม.	122	123	109	102
เหล็กตัวซีขึ้นรูปเย็น, กก	2,077	2,676	2,411	2,601
อิฐ, ตร.ม.	479	303	298	272
ปูนฉาบ, ตร.ม	1,625	1,268	900	1,112
ขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัย				
พลังงานไฟฟ้า, กิโลวัตต์	208,300			
ขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษา				
พลังงานไฟฟ้า, กิโลวัตต์	31,245			
ขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด				

พลังงานจากน้ำมันดีเซล, เมกะจูล	17,143	17,426	12,463	12,530
ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น, กก	327,774	333,179	238,288	239,568

ตารางที่ 4.13 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยวิธี Eco-indicator 99

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย (pts/house)				
	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม
ภาคเหนือ (333 ตร.ม.)	4.25E+03	8.59E+03	5.54E+03	5.71E+03	2.41E+04
ภาคกลาง (339 ตร.ม.)	4.18E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.85E+03	2.32E+04
ภาคอีสาน (242 ตร.ม.)	3.06E+03	8.59E+03	5.54E+03	3.23E+03	2.04E+04
ภาคใต้ (244 ตร.ม.)	2.99E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.04E+03	2.12E+04



รูปที่ 4.5 สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค
พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยวิธี Eco-indicator 99

จากรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคอีสาน

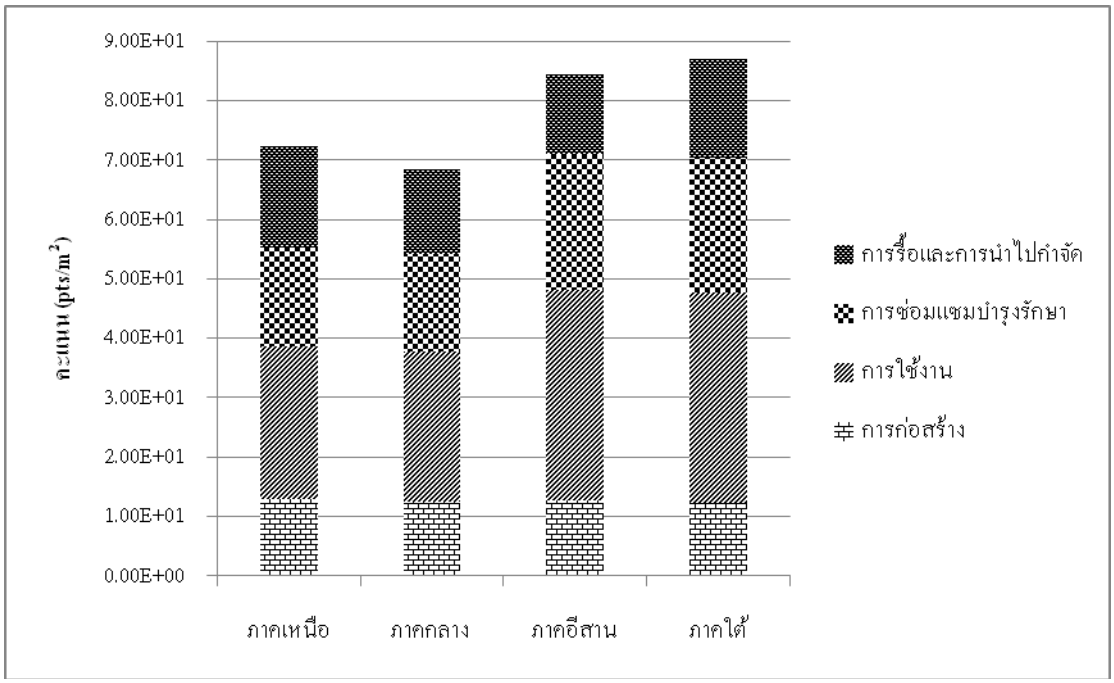
เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 2.04E+04 pts/house เนื่องจากบ้านภาคอีสานมีพื้นที่ใช้สอยน้อยกว่าภาคอื่น ๆ (242 ตารางเมตร) ทำให้ปริมาณวัสดุที่ต้องใช้ในขั้นตอนการก่อสร้าง และพลังงานจากน้ำมันดีเซลและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดน้อยกว่าบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอื่น ๆ ตามด้วยบ้านภาคใต้ บ้านภาคกลาง และบ้านภาคเหนือ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 2.12E+04 2.32E+04 และ 2.41E+04 pts/house ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับบ้านภาคกลางซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด (339 ตารางเมตร) ทำให้มีการใช้วัสดุก่อสร้างมากกว่าภาคอื่น ๆ และในขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดก็มีการใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลและเกิดขยะมากกว่าภาคอื่นเช่นกัน ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากตามไปด้วย แต่เมื่อทำการพิจารณาปริมาณอิฐและปูนฉาบที่ใช้สำหรับบ้านภาคเหนือซึ่งใช้ปริมาณมากกว่าภาคอื่น ๆ สูงมากและส่งผลให้บ้านภาคเหนือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ของวัสดุก่อสร้าง

2) พิจารณาพื้นที่ใช้สอยต่อ 1 ตารางเมตรของบ้านพักอาศัย

เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบจากบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องกำหนดหน่วยหน้าที่ (Functional Unit) โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเป็น 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย โดยผลการประเมินในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.14 และแสดงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้ดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.14 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ด้วยวิธี Eco-indicator 99

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	หน่วย (pts/m^2)				
	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด	รวม
ภาคเหนือ	1.28E+01	2.58E+01	1.66E+01	1.71E+01	7.24E+01
ภาคกลาง	1.24E+01	2.54E+01	1.64E+01	1.43E+01	6.85E+01
ภาคอีสาน	1.27E+01	3.55E+01	2.29E+01	1.33E+01	8.44E+01
ภาคใต้	1.23E+01	3.53E+01	2.28E+01	1.66E+01	8.70E+01



รูปที่ 4.6 สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค
พิจารณาพื้นที่ใช้สอย1 ตารางเมตร ด้วยวิธี Eco-indicator 99

จากรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค โดยพิจารณาต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยพบว่า บ้านภาคกลางเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 6.85E+01 pts/m^2 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากบ้านภาคกลางมีพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด (339 ตารางเมตร) ทำให้เมื่อหารต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ทำให้ส่งผลกระทบน้อยกว่าภาคอื่น ซึ่งประเด็นนี้ถือเป็นข้อได้เปรียบของบ้านพักอาศัยที่มีพื้นที่ใช้สอยมากกว่าทำให้มีตัวหารมากกว่า ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ประเมินออกมาจึงต่ำกว่าภาคอื่น ๆ ตามด้วยบ้านภาคเหนือ บ้านภาคอีสานและบ้านภาคใต้ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 7.24E+01 8.44E+01 และ 8.70E+01 pts/m^2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลกระทบในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาและขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดจะเห็นว่าบ้านภาคอีสานและบ้านภาคใต้ส่งผลกระทบโดดเด่นกว่าภาคเหนือและภาคกลางมากซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่ใช้สอยที่น้อยกว่าจึงส่งผลกระทบสูงกว่า

4.3.2 SimaPro-BEES

BEES ในโปรแกรม SimaPro เป็นการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point Impact) ที่แสดงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในรูปตัวชี้วัดตามมาตรฐานที่ได้จากการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Equivalent or Characterization Factors) โดยผลจากการประเมินผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือได้แสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro โดยอาศัยวิธี BEES

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
ภาวะโลกร้อน	g CO_2 eq	6.15E+07	1.22E+08	7.98E+07	8.21E+07
ภาวะความเป็นกรด	H^+ moles eq	1.52E+07	5.07E+06	1.59E+07	2.24E+06
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_6H_6 eq	4.41E+05	5.83E+03	4.42E+05	2.28E+05
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_7H_7 eq	1.08E+09	1.98E+07	1.08E+09	1.30E+10
ปริมาณมลสารในอากาศ	microDALYs	1.56E+04	5.97E+02	1.57E+04	5.87E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	g N eq	8.78E+04	7.17E+03	8.89E+04	8.77E+05
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	g 2,4-D eq	1.95E+06	4.07E+04	1.95E+06	4.06E+06
การเกิดหมอกควัน	g NO_x eq	2.26E+05	1.58E+05	2.50E+05	4.75E+04
ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	6.98E+04	3.80E+05	1.27E+05	9.72E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	kg TVOC eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	T&E count	1.94E-09	1.99E-08	4.93E-09	4.30E-09
ปริมาณการใช้น้ำ	liters	1.89E+08	2.75E+06	1.89E+08	1.55E+07
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	g CFC-11 eq	1.81E+00	5.08E-01	1.89E+00	1.16E+00

จากตารางที่ 4.15 แสดงกลุ่มผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ และแม้จะสามารถประเมินได้ตลอดวัฏจักรชีวิตแต่ผลการประเมินที่ได้รับเป็นเพียงขั้นตอนที่แสดง

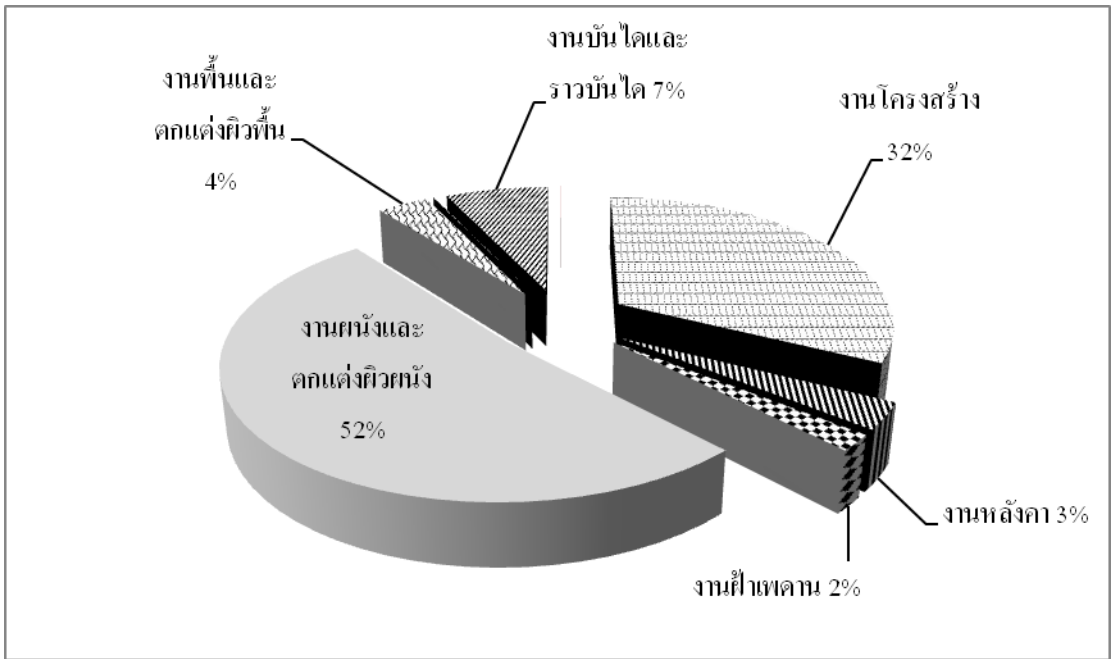
ความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหน่วยที่แสดงออกมาเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เทียบกับค่าพื้นฐานและยากที่จะเข้าใจหรืออธิบาย ซึ่งหากต้องการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) ก็สามารถทำเพิ่มเติมได้โดยหาจากคู่มือการใช้ฐานข้อมูล แต่ผู้วิจัยคิดว่าวิธีการนี้จะมีความยุ่งยากและอาจต้องเสียเวลามาก เพราะเกี่ยวข้องกับข้อมูลและตัวเลขจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเข้ามาช่วยในการทำงาน เนื่องจากสามารถจัดการกับข้อมูลในกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเลือกใช้โปรแกรม BEES 4.0 ในการประเมินซึ่งได้อธิบายในหัวข้อถัดไป และในส่วนของผลการประเมินของภาคอื่น ๆ โดยใช้โปรแกรม SimaPro ด้วยวิธี BEES ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฎ.

4.3.3 BEES 4.0

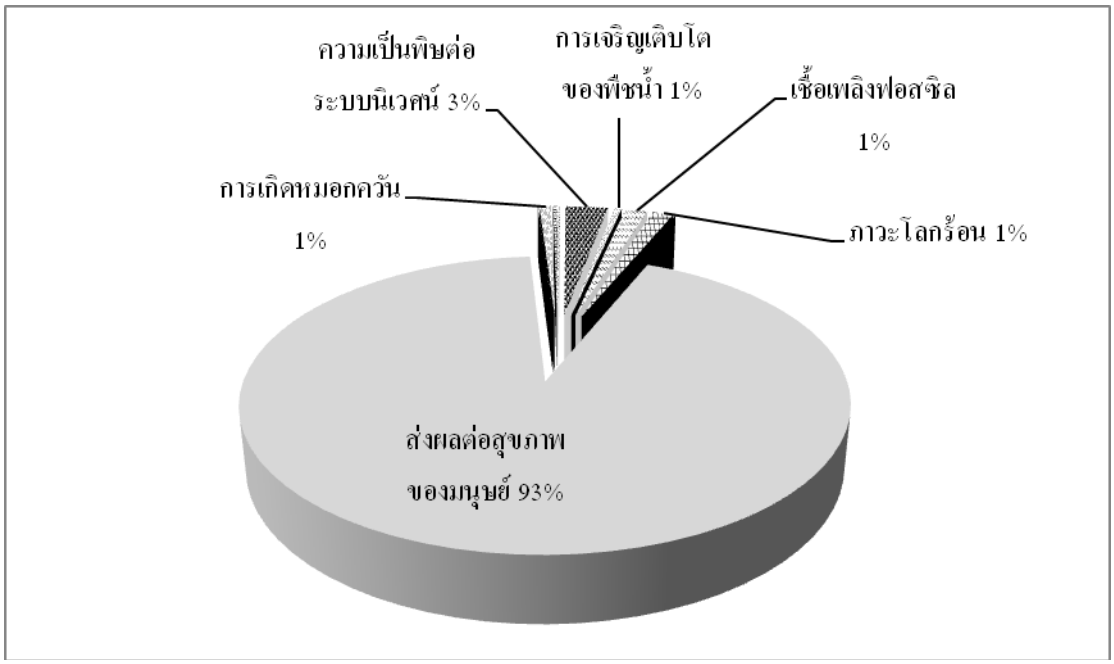
BEES 4.0 เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้เพื่อช่วยในประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Score) ที่เป็นผลจากการรวมกลุ่มของ 12 ผลกระทบให้เป็นตัวชี้วัดในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)

4.3.3.1 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ผลการประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือด้วยโปรแกรม BEES 4.0 พบว่าสามารถประเมินได้เฉพาะในขั้นตอนของการก่อสร้างเท่านั้น เนื่องจากในขั้นตอนอื่น ๆ เช่น ขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาและขั้นตอนการรื้อ แม้จะมีข้อมูลอยู่บ้างแต่วัสดุที่ใช้ไม่ตรงกับวัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังนั้นผลการประเมินที่ได้รับจึงเป็นของขั้นตอนการก่อสร้างซึ่งแยกพิจารณาตามหมวดงานโดยแสดงผลไว้ในตารางที่ 4.16 และจากผลการประเมินพบว่า หมวดงานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 2.74E+03 pts คิดเป็น 52% ตามด้วยงานโครงสร้างที่ส่งผลกระทบรองลงมามีค่าเท่ากับ 1.72E+03 pts คิดเป็น 32% ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ส่วนรายละเอียดของทั้ง 12 กลุ่มผลกระทบที่แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละหมวดงานได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฎ. และเมื่อทำการพิจารณากลุ่มผลกระทบพบว่า ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างโดดเด่นที่สุดคิดเป็น 93% ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



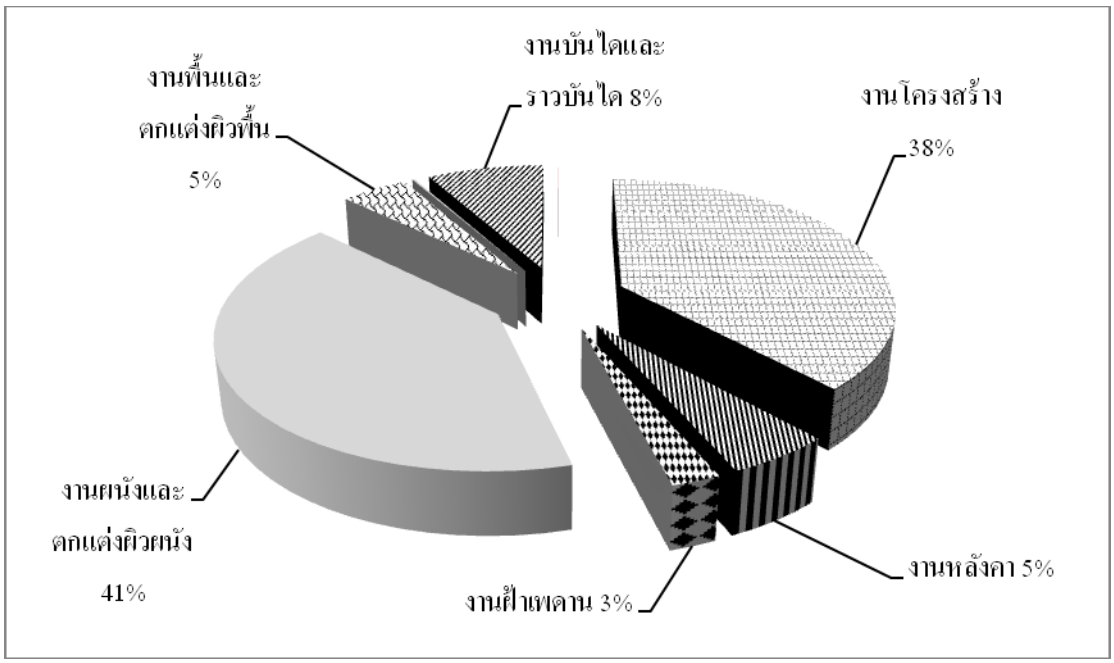
รูปที่ 4.8 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ 4.16 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน									รวม คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้า เพดาน	งานผนัง และ ตกแต่งผิว ผนัง	งานพื้น และ ตกแต่ง ผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งาน บันได และราว บันได	งาน สุขภัณฑ์	งานทาสี	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.91E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.91E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	2.15E+00	2.74E+00	4.07E-01	2.36E+00	3.01E-01	0.00E+00	4.13E-02	1.08E-03	0.00E+00	8.00E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.57E+01	1.71E+01	6.83E+00	8.16E+01	4.37E+00	1.69E-01	2.15E+01	8.61E-03	2.03E-02	1.47E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.98E+00	7.18E+00	1.58E+00	1.09E+01	7.21E-01	2.57E-02	2.71E+00	2.15E-03	0.00E+00	2.61E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.41E+00	4.27E+01	3.70E+00	2.28E+01	2.05E+00	2.59E-02	2.81E+00	1.08E-02	6.74E-03	7.75E+01
ภาวะโลกร้อน	7.99E+00	2.29E+01	3.47E+00	3.08E+01	2.29E+00	4.62E-02	5.49E+00	8.61E-03	6.74E-03	7.30E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.68E+03	6.47E+01	8.54E+01	2.57E+03	1.77E+02	2.49E+00	3.37E+02	1.58E-01	1.35E-02	4.92E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	4.03E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.19E-01	3.60E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเกิดหมอกควัน	5.14E+00	1.30E+01	1.72E+00	1.66E+01	1.62E+00	2.56E-02	2.79E+00	6.46E-03	7.47E-02	4.10E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	7.88E-01	1.95E-01	5.99E-01	8.61E+00	5.14E-01	2.06E-02	2.68E+00	2.15E-03	0.00E+00	1.34E+01
รวมคะแนน (pts/house)	1.72E+03	1.71E+02	1.04E+02	2.74E+03	1.89E+02	2.80E+00	3.75E+02	1.98E-01	4.41E-01	5.30E+03

4.3.3.2 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

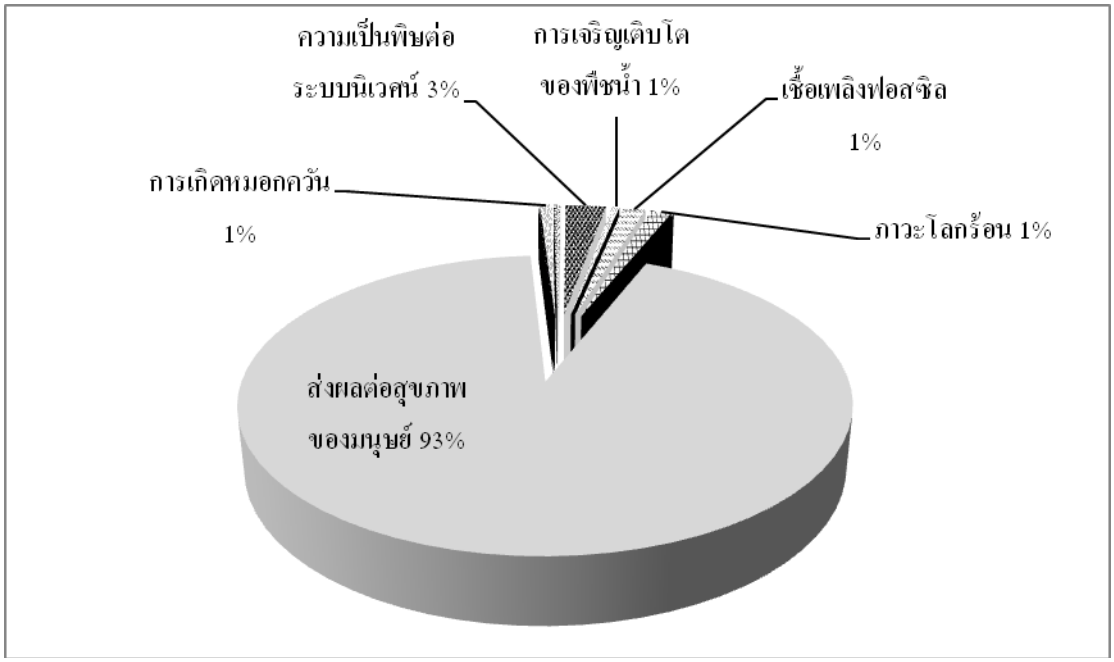
ผลการประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลางดังแสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าหมวดงานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเท่ากับ 1.87E+03 pts คิดเป็น 41% ของหมวดงานทั้งหมด ตามด้วยงานโครงสร้าง 1.74E+03 pts คิดเป็น 38% และเมื่อพิจารณากลุ่มผลกระทบพบว่า ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุดคิดเป็น 94% ซึ่งสามารถแสดงผลดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ 4.17 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลางโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

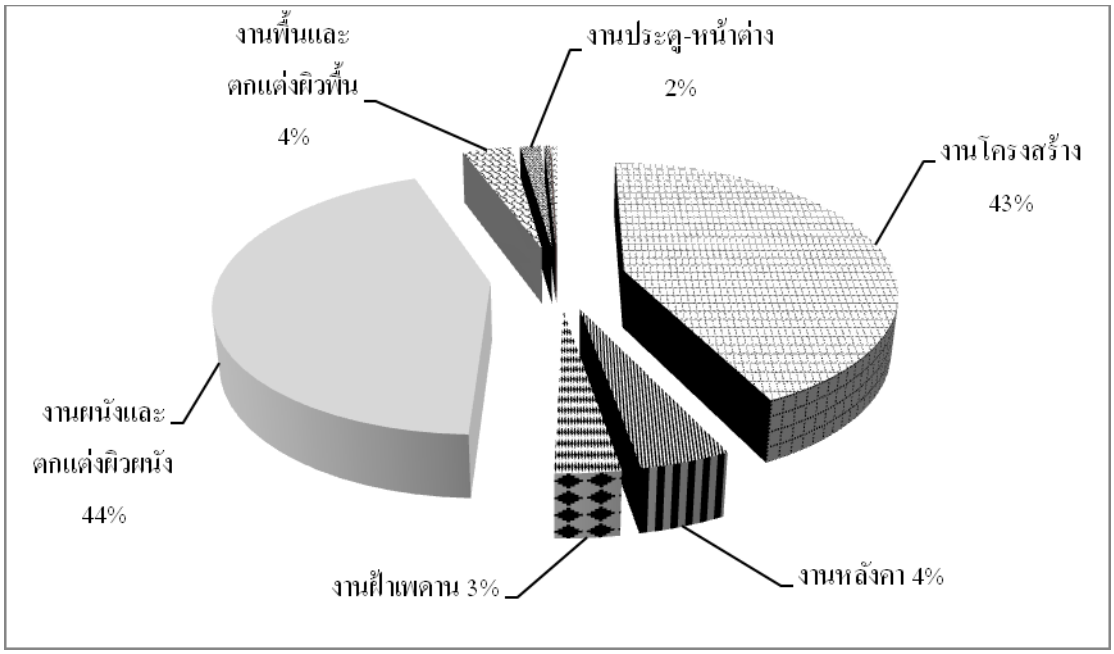
กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน									คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.70E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	2.17E+00	2.70E+00	4.18E-01	1.65E+00	3.02E-01	0.00E+00	4.34E-02	5.38E-04	0.00E+00	7.29E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.61E+01	1.71E+01	6.95E+00	5.32E+01	4.66E+00	4.32E-01	2.11E+01	4.31E-03	1.86E-02	1.20E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	3.02E+00	6.96E+00	1.61E+00	7.15E+00	7.30E-01	5.78E-02	2.66E+00	1.08E-03	0.00E+00	2.22E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.45E+00	4.08E+01	3.78E+00	1.48E+01	1.88E+00	5.80E-02	2.78E+00	5.38E-03	6.18E-03	6.76E+01
ภาวะโลกร้อน	8.30E+00	2.22E+01	3.54E+00	2.02E+01	2.25E+00	1.11E-01	5.40E+00	4.31E-03	6.18E-03	6.20E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.70E+03	1.34E+02	9.13E+01	1.76E+03	2.01E+02	6.36E+00	3.32E+02	7.91E-02	1.24E-02	4.22E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.80E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.93E-01	3.51E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	6.89E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.89E-02
การเกิดหมอกควัน	5.20E+00	1.27E+01	1.75E+00	1.10E+01	1.58E+00	5.76E-02	2.75E+00	3.23E-03	6.85E-02	3.51E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	7.98E-01	1.85E-01	6.02E-01	5.45E+00	4.91E-01	5.36E-02	2.63E+00	1.08E-03	0.00E+00	1.02E+01
รวมคะแนน (pts/house)	1.74E+03	2.37E+02	1.10E+02	1.87E+03	2.12E+02	7.13E+00	3.70E+02	9.90E-02	4.05E-01	4.55E+03



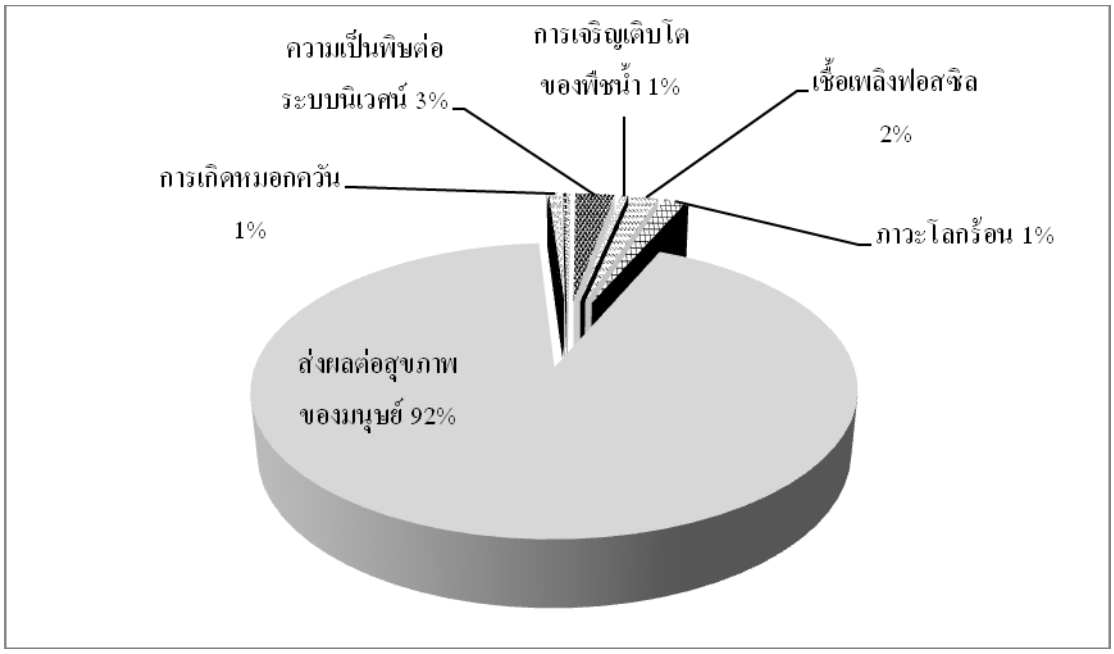
รูปที่ 4.10 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

4.3.3.3 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ผลการประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสานดังแสดงในตารางที่ 4.18 พบว่าหมวดงานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเท่ากับ 1.61E+03 pts คิดเป็น 44% ของหมวดงานทั้งหมด ตามด้วยงานโครงสร้าง 1.57E+03 pts คิดเป็น 43% และเมื่อพิจารณากลุ่มผลกระทบพบว่า ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุดคิดเป็น 92% ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



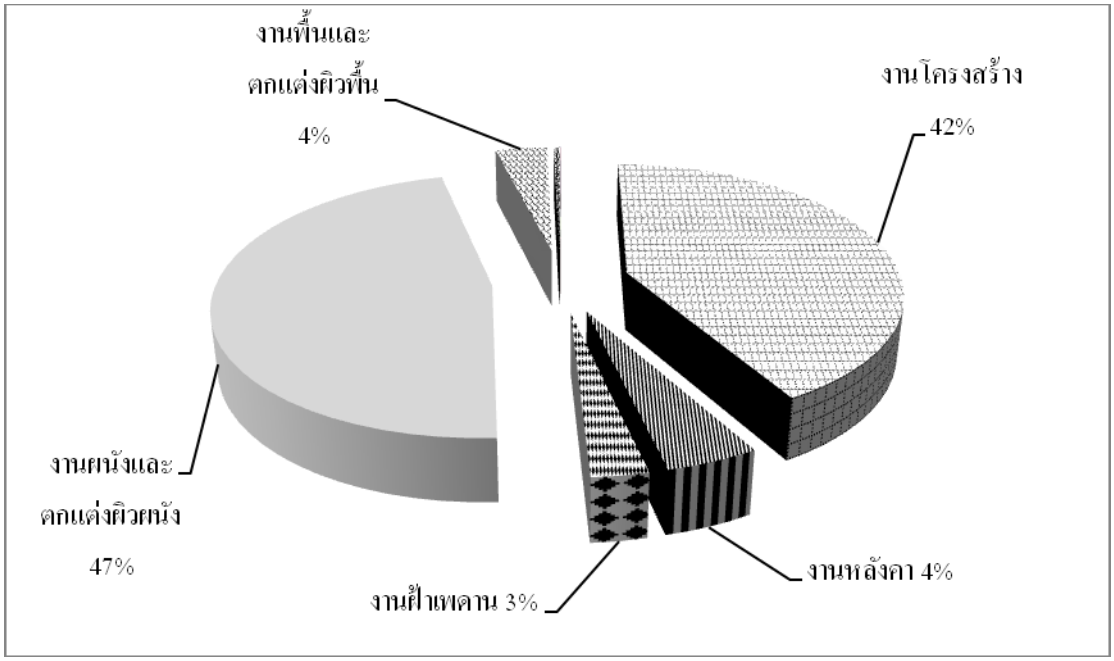
รูปที่ 4.12 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ 4.18 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสานโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน										คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	งานเบ็ดเตล็ด	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.72E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.72E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	1.98E+00	2.62E+00	2.86E-01	1.34E+00	1.93E-01	0.00E+00	1.76E-02	8.61E-04	0.00E+00	8.29E-02	6.52E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.40E+01	1.63E+01	7.47E+00	4.99E+01	3.69E+00	3.30E+00	1.16E-01	6.89E-03	1.19E-02	6.63E-01	9.54E+01
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.67E+00	6.83E+00	1.50E+00	6.82E+00	6.09E-01	4.16E-01	2.15E-02	1.72E-03	0.00E+00	1.66E-01	1.90E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.07E+00	4.07E+01	2.96E+00	1.40E+01	1.55E+00	4.16E-01	2.89E-02	8.61E-03	3.95E-03	8.29E-01	6.36E+01
ภาวะโลกร้อน	7.24E+00	2.18E+01	3.14E+00	1.88E+01	1.76E+00	8.28E-01	5.90E-02	6.89E-03	3.95E-03	6.63E-01	5.43E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.54E+03	6.27E+01	1.01E+02	1.50E+03	1.17E+02	4.87E+01	1.37E+01	1.27E-01	7.94E-03	1.22E+01	3.40E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-01	0.00E+00	2.42E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเกิดหมอกควัน	4.67E+00	1.24E+01	1.60E+00	1.01E+01	1.21E+00	4.16E-01	4.39E-02	5.17E-03	4.39E-02	4.97E-01	3.09E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	6.57E-01	1.86E-01	7.46E-01	5.35E+00	4.66E-01	4.12E-01	2.54E-03	1.72E-03	0.00E+00	1.66E-01	7.98E+00
รวมคะแนน (pts/house)	1.57E+03	1.64E+02	1.18E+02	1.61E+03	1.27E+02	5.44E+01	1.40E+01	1.58E-01	2.59E-01	1.53E+01	3.68E+03

4.3.3.4 บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

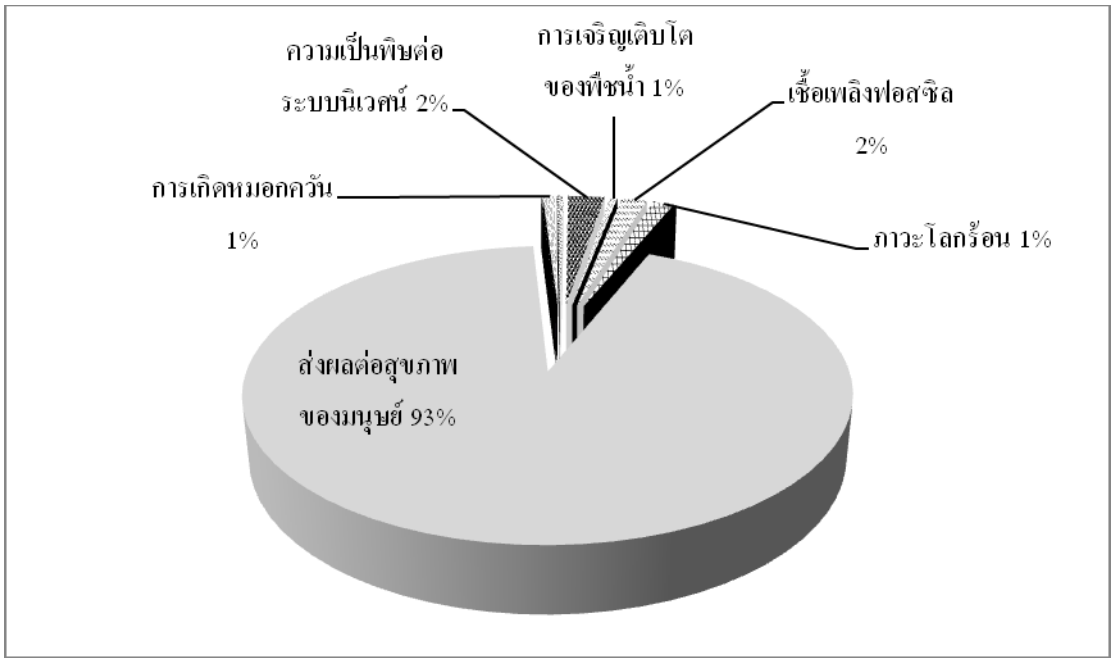
ผลการประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ดังแสดงในตารางที่ 4.19 พบว่าหมวดงานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเท่ากับ 1.67E+03 pts คิดเป็น 47% ของหมวดงานทั้งหมด ตามด้วยงานโครงสร้าง 1.49E+03 pts คิดเป็น 42% และเมื่อพิจารณากลุ่มผลกระทบพบว่า ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุดคิดเป็น 93% ซึ่งสามารถแสดงผลดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ 4.19 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน										คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	งานเบ็ดเตล็ด	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.73E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.73E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	1.87E+00	2.62E+00	3.48E-01	1.46E+00	1.69E-01	0.00E+00	9.69E-03	6.46E-04	0.00E+00	3.18E-03	6.48E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.32E+01	1.63E+01	6.13E+00	4.75E+01	1.58E+00	2.75E-01	9.13E-02	5.17E-03	1.63E-02	2.54E-02	8.52E+01
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.54E+00	6.84E+00	1.34E+00	6.45E+00	2.85E-01	3.76E-02	1.38E-02	1.29E-03	0.00E+00	6.35E-03	1.75E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	2.91E+00	4.08E+01	3.00E+00	1.32E+01	6.50E-01	3.76E-02	2.35E-02	6.46E-03	5.42E-03	3.18E-02	6.07E+01
ภาวะโลกร้อน	6.79E+00	2.19E+01	2.93E+00	1.80E+01	8.76E-01	7.15E-02	4.29E-02	5.17E-03	5.42E-03	2.54E-02	5.06E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.46E+03	6.19E+01	8.39E+01	1.57E+03	1.24E+02	4.06E+00	8.18E+00	9.49E-02	1.08E-02	4.67E-01	3.31E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.83E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E-01	0.00E+00	3.13E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	1.61E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.61E-02
การเกิดหมอกควัน	4.43E+00	1.24E+01	1.49E+00	9.88E+00	6.79E-01	3.76E-02	3.32E-02	3.88E-03	5.96E-02	1.91E-02	2.90E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	6.36E-01	1.86E-01	5.54E-01	4.86E+00	5.60E-02	3.40E-02	0.00E+00	1.29E-03	0.00E+00	6.35E-03	6.34E+00
รวมคะแนน (pts/house)	1.49E+03	1.63E+02	9.97E+01	1.67E+03	1.28E+02	4.55E+00	8.39E+00	1.19E-01	3.52E-01	5.84E-01	3.56E+03



รูปที่ 4.14 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

4.3.3.5 การประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค

สมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยที่ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 สามารถประเมินขั้นตอนการก่อสร้างได้เพียงขั้นตอนเดียวเท่านั้น ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในแต่ละหมวดงาน ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ประเมินออกมาเป็นไปในแนวทางเดียวกันคือ งานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบมากที่สุด ตามด้วยงานโครงสร้าง โดยส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดดเด่นที่สุดทุกภาค มากกว่า 90% และเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ในแต่ละหมวดงานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ผลกระทบพิจารณาแยกในแต่ละหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

หมวดงาน	คะแนน (pts/house)			
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
งานโครงสร้าง	1.72E+03	1.74E+03	1.57E+03	1.49E+03
งานหลังคา	1.71E+02	2.37E+02	1.64E+02	1.63E+02
งานฝ้าเพดาน	1.04E+02	1.10E+02	1.18E+02	9.97E+01
งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	2.74E+03	1.87E+03	1.61E+03	1.67E+03
งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	1.89E+02	2.12E+02	1.27E+02	1.28E+02
งานประตู-หน้าต่าง	2.80E+00	7.13E+00	5.44E+01	4.55E+00
งานบันไดและราวบันได	3.75E+02	3.70E+02	1.40E+01	8.39E+00
งานสุขภัณฑ์	1.98E-01	9.90E-02	1.58E-01	1.19E-01
งานทาสี	4.41E-01	4.05E-01	2.59E-01	3.52E-01
งานเบ็ดเตล็ด	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+01	5.84E-01

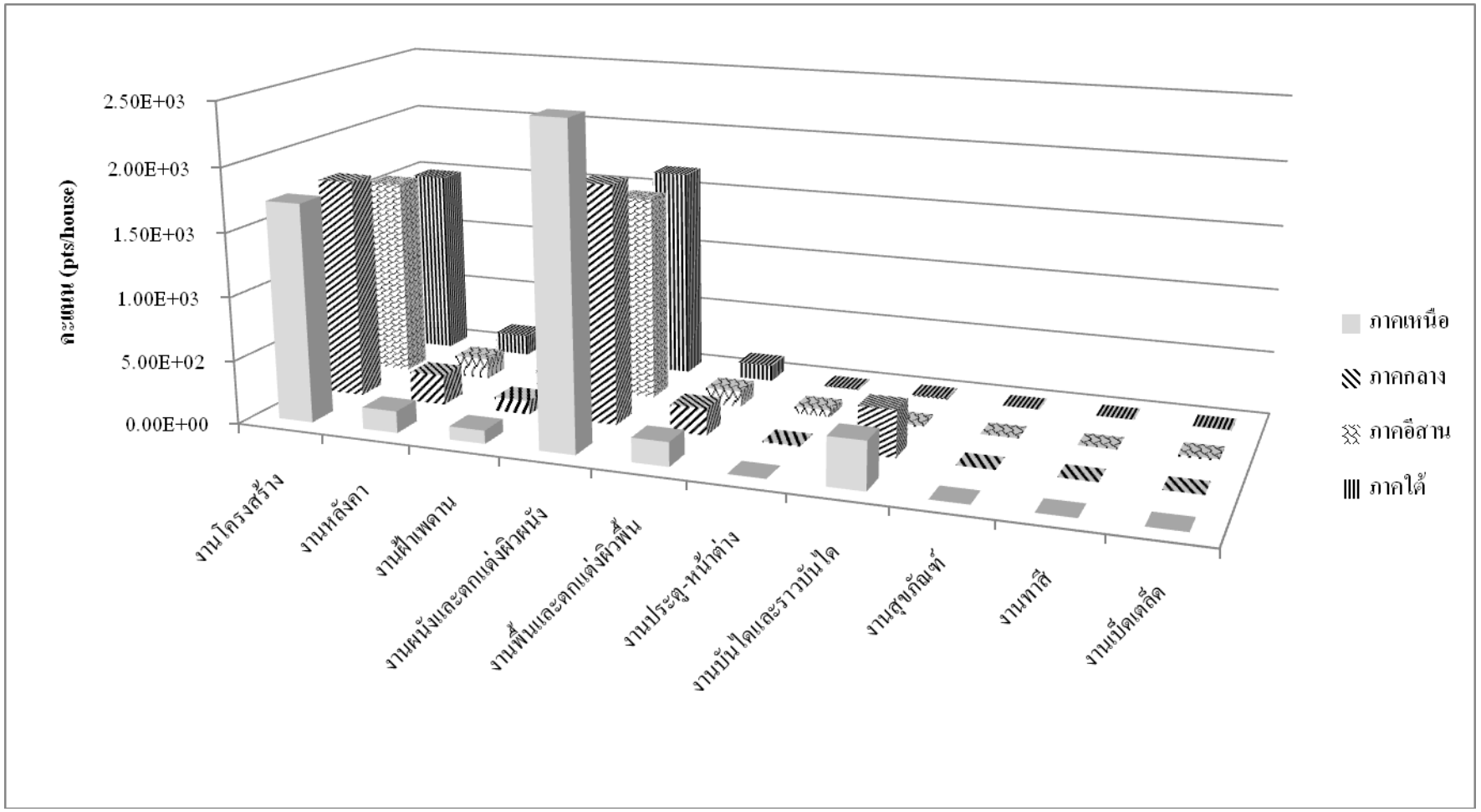
โดยในที่นี้จะขอแยกพิจารณาผลการประเมินออกเป็น 2 กรณีคือ

1) พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัย

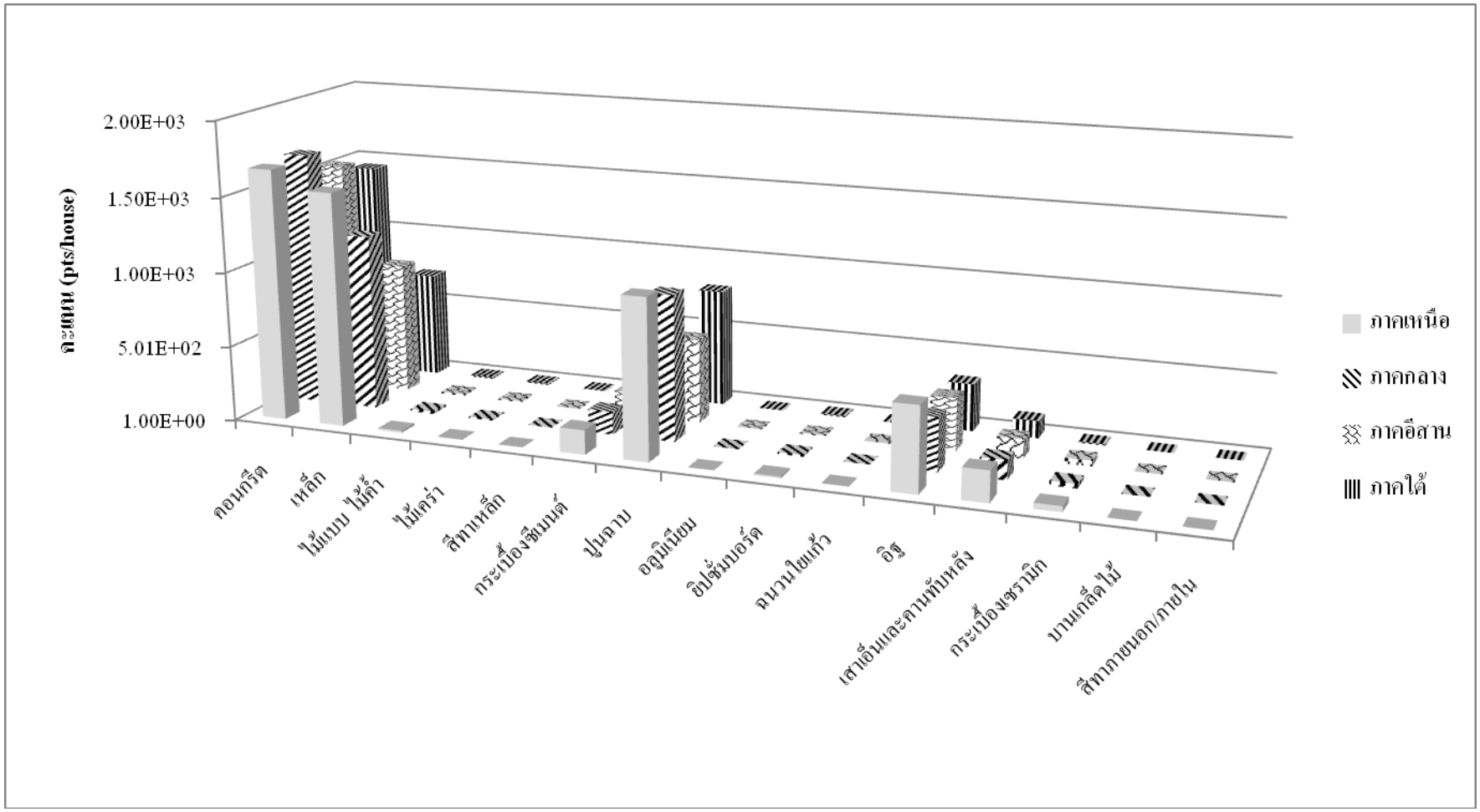
เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบชนิดและปริมาณวัสดุก่อสร้างหลัก ๆ ที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.21 ส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.22 และแสดงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้ดังรูปที่ 4.16

ตารางที่ 4.21 ปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ทั้ง 4 ภาค

รายการวัสดุก่อสร้าง	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต, ลบ.ม.	123	124	113	106
เหล็ก, กก.	17,597	19,774	12,468	13,454
ปูนฉาบ, ตร.ม.	1,625	1,268	900	1,112
อิฐ, ตร.ม.	479	303	298	272



รูปที่ 4.15 กลุ่มผลกระทบพิจารณาแยกในแต่ละหมวดงานประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



รูปที่ 4.16 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ 4.22 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลัง ด้วยโปรแกรม BEES 4.0

รายการวัสดุก่อสร้าง	คะแนน (pts/house)			
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	1.68E+03	1.69E+03	1.54E+03	1.44E+03
เหล็ก	1.56E+03	1.18E+03	8.75E+02	7.07E+02
ปูนฉาบ	1.06E+03	9.71E+02	5.63E+02	7.82E+02
อิฐ	5.61E+02	3.55E+02	3.49E+02	3.19E+02
รวม	5.30E+03	4.55E+03	3.68E+03	3.56E+03

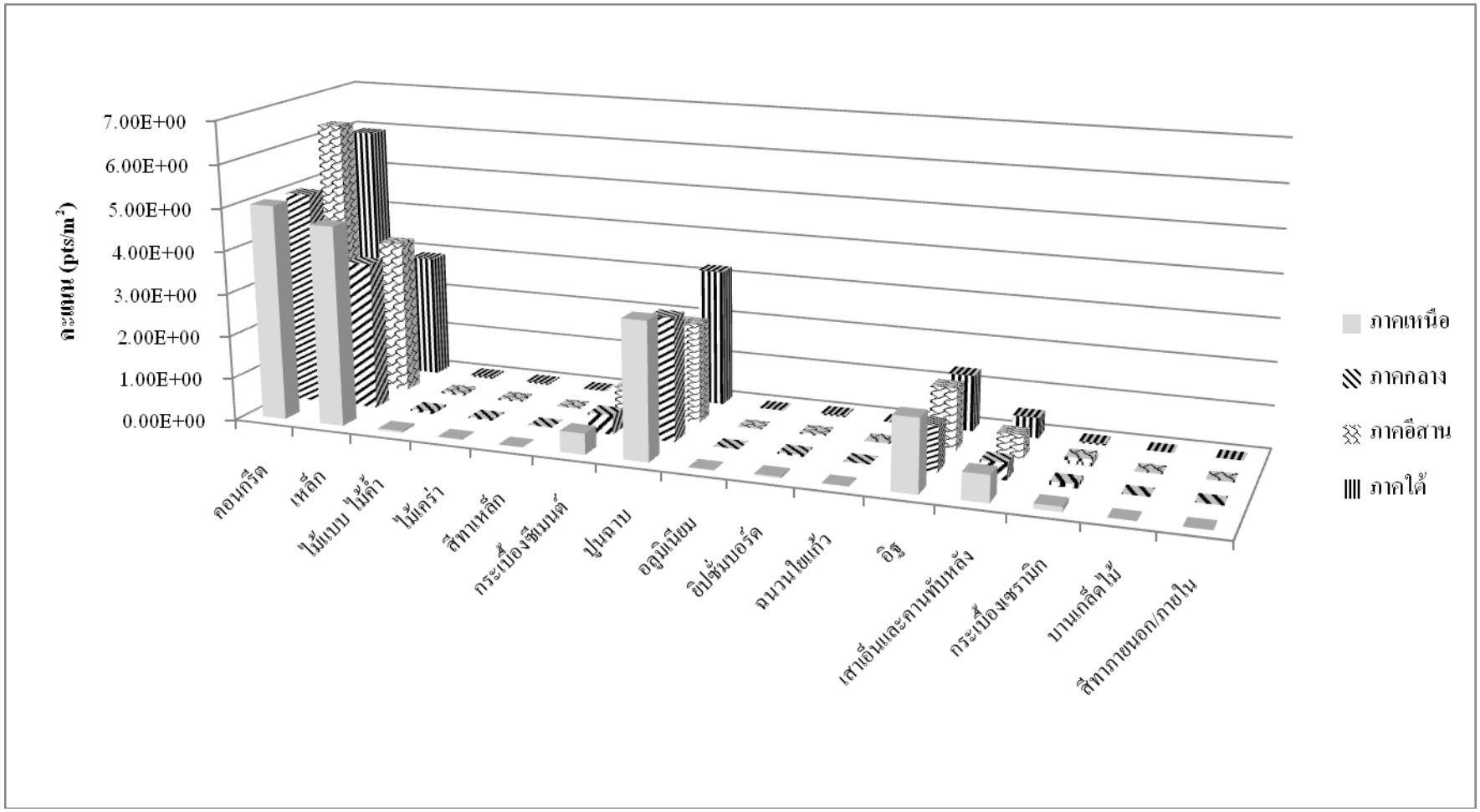
จากตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.16 ซึ่งเป็นผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคใต้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 3.56E+03 pts/house เนื่องจากมีการใช้วัสดุก่อสร้างในปริมาณที่น้อยกว่าภาคอื่น ๆ ตามด้วยบ้านภาคอีสาน บ้านภาคกลาง และบ้านภาคเหนือ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 3.68E+03 4.55E+03 และ 5.30E+03 pts/house ตามลำดับ โดยบ้านภาคเหนือมีการใช้อิฐและปูนฉาบจากงานผนังและตกแต่งผิวผนังมากกว่าบ้านภาคอื่น ๆ

2) พิจารณาพื้นที่ใช้สอยต่อ 1 ตารางเมตรของบ้านพักอาศัย

ผลการประเมินในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยพิจารณาต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.23 และแสดงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ได้ดังรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.23 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score)
โดยพิจารณาพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร ด้วยโปรแกรม BEES 4.0

รายการวัสดุก่อสร้าง	คะแนน (pts/m^2)			
	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	5.04E+00	5.00E+00	6.36E+00	5.94E+00
เหล็ก	4.68E+00	3.47E+00	3.62E+00	2.91E+00
ปูนฉาบ	3.20E+00	2.87E+00	2.33E+00	3.22E+00
อิฐ	1.69E+00	1.05E+00	1.44E+00	1.31E+00
รวม	1.59E+01	1.34E+01	1.52E+01	1.46E+01



รูปที่ 4.17 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) พิจารณาต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

จากตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.17 ซึ่งเป็นผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค โดยพิจารณาต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย พบว่า บ้านภาคกลางเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 1.34E+01 pts/m^2 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากบ้านภาคกลางมีพื้นที่ใช้สอยมากที่สุด (339 ตารางเมตร) ทำให้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ประเมินออกมาจึงต่ำกว่าภาคอื่น ๆ ตามด้วยบ้านภาคใต้ บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคเหนือ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 1.46E+01 1.52E+01 และ 1.59E+01 pts/m^2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลกระทบจากคอนกรีตพบว่า บ้านภาคอีสานและบ้านภาคใต้ส่งผลกระทบโดดเด่นมาก เนื่องจากมีพื้นที่ใช้สอยน้อย เมื่อพิจารณาต่อ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอยจึงส่งผลกระทบสูงกว่าบ้านภาคเหนือและบ้านภาคกลางซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยมากกว่า

4.4 การแปลผล (Life Cycle Interpretation)

จากการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมิน 3 แบบด้วยกันคือ (1) ใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Eco-indicator 99 (2) ใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี BEES และ (3) ใช้โปรแกรม BEES 4.0 ซึ่งผลจากการประเมินด้วย 3 วิธีนั้นมีความแตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

4.4.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-Ecoindicator 99 กับ BEES 4.0

การใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Eco-indicator 99 และโปรแกรม BEES 4.0 เป็นการประเมินผลกระทบของบ้านพักอาศัยโดยการแปลงบัญชีรายการ (Inventory) ให้อยู่ในรูปของคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (End-point Impact) เช่นเดียวกัน แต่ให้ผลการประเมินที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากในขั้นตอนการเปรียบเทียบด้วยค่าอ้างอิง (Normalization) และขั้นตอนการให้น้ำหนัก (Weighting) ซึ่งเป็นการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของบุคคลในการให้คะแนนออกมา กล่าวคือความแตกต่างระหว่างบุคคล องค์กร และสังคม อาจทำให้เกิดความพอใจที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นจึงเป็นไปได้ที่ข้อมูลชุดเดียวกัน (Indicator Results) เปรียบเทียบด้วยค่าอ้างอิง (Normalization) เดียวกัน แต่ผลที่ออกมาแตกต่างกันจากขั้นตอนการให้น้ำหนัก (Weighting) หรือเป็นการจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่แตกต่างกัน โดยผลการประเมินสามารถสรุปได้ดังนี้

1) โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Eco-indicator 99 สามารถประเมินได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัย โดยแสดงผลกระทบออกมาเป็นคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า ในขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคิดเป็น 39% ขั้นตอนการซ่อมแซมคิดเป็น 25% ขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดคิดเป็น 20% และขั้นตอนการก่อสร้างคิดเป็น 16% ซึ่งการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยสามารถแยกออกเป็น 2 กรณี

- พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคอีสานส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 2.04E+04 pts/house ตามด้วยบ้านภาคใต้ บ้านภาคกลาง และบ้านภาคเหนือ ส่งผลกระทบด้วยคะแนน 2.12E+04 2.32E+04 และ 2.41E+04 pts/house ตามลำดับ

- พิจารณาพื้นที่ใช้สอยต่อ 1 ตารางเมตรของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคกลางส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 6.85E+01 pts/m^2 ตามด้วยบ้านภาคเหนือ บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคใต้ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 7.24E+01 8.44E+01 และ 8.70E+01 pts/m^2 ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้างและขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด พบว่า บ้านภาคเหนือและบ้านภาคกลางส่งผลกระทบใกล้เคียงกันแต่เนื่องจากบ้านภาคกลางมีพื้นที่ใช้สอยมากกว่าบ้านภาคเหนือ ดังนั้นเมื่อคิดต่อพื้นที่ใช้สอย 1 ตารางเมตร จึงทำให้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านภาคกลางน้อยกว่าบ้านภาคเหนือ ส่วนบ้านภาคอีสานและบ้านภาคใต้ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอยใกล้เคียงกันมาก เมื่อพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้างส่งผลกระทบใกล้เคียงกัน แต่ในขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดบ้านภาคใต้ส่งผลกระทบมากกว่าบ้านภาคอีสานจึงทำให้บ้านภาคใต้ส่งผลกระทบมากกว่าบ้านภาคอีสาน

2) โปรแกรม BEES 4.0 สามารถประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ตลอดวัฏจักรชีวิตเช่นเดียวกับโปรแกรม SimaPro แต่เนื่องจากวัสดุก่อสร้างที่ใช้สำหรับบ้านไทยอนุรักษ์ไทยที่ระบุไว้ในบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) ในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาและขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดนั้น ข้อมูลวัสดุไม่ตรงกันจึงไม่สามารถทำการประเมินได้ตลอดวัฏจักรชีวิต ดังนั้นผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0 จึงเป็นการประเมินเฉพาะขั้นตอนการก่อสร้างเท่านั้น ซึ่งเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในแต่ละหมวดงาน และผลจากการประเมินออกมาในแนวทางเดียวกันคือ งานผนังและตกแต่งผิวผนังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคิดเป็น 46% ตามด้วยงานโครงสร้างคิดเป็น 39% โดยส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์อย่างโดดเด่นที่สุดมากกว่า 90% ซึ่งการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยสามารถแยกออกเป็น 2 กรณีคือ

- พิจารณาพื้นที่ใช้สอยทั้งหลังของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคใต้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 3.56E+03 pts/house ตามด้วยบ้านภาคอีสาน บ้านภาคกลาง และบ้านภาคเหนือ ส่งผลกระทบด้วยคะแนน 3.68E+03 4.55E+03 และ 5.30E+03 pts/house ตามลำดับ

- พิจารณาพื้นที่ใช้สอยต่อ 1 ตารางเมตรของบ้านพักอาศัยพบว่า บ้านภาคกลางส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 1.34E+01 pts/m^2 ตามด้วยบ้านภาคใต้ บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคเหนือ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 1.46E+01 1.52E+01 และ 1.59E+01 pts/m^2 ตามลำดับ ซึ่งหากใช้ข้อมูลที่ได้สรุปไว้ในภาคผนวก ฌ. ตารางที่ ฌ4 มาประกอบการพิจารณาจะเห็นว่าวัสดุที่มีผลต่อการประเมินคืออิฐและปูนฉาบในงานผนังและตกแต่งผิวผนังซึ่งปริมาณที่ใช้สำหรับบ้านภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ มีค่าไม่ต่างกันมากนัก ผลจากการประเมินจึงมีค่าใกล้เคียงกัน

แต่ภาคเหนือจะใช้ในปริมาณที่มากกว่าภาคอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดจึงทำให้ผลการประเมินออกมาพบว่าบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

4.4.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง SimaPro-BEES กับ BEES 4.0

การใช้โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี BEES ในการประเมินผลกระทบของบ้านพักอาศัยจะแสดงผลการประเมินออกมาเป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) ซึ่งประเมินผลกระทบขั้นกลาง (Mid-point Impact) แตกต่างกับการใช้โปรแกรม BEES 4.0 ที่เป็นการประเมินผลกระทบขั้นปลาย (End-point Impact) และแสดงออกมาในรูปแบบคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) โดยผลการประเมินสามารถสรุปได้

1) โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี BEES แม้จะสามารถประเมินได้ตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านพักอาศัยจริง แต่ผลการประเมินเป็นเพียงค่าความสามารถที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Characterization) เท่านั้น กล่าวคือเป็นการแปลงบัญชีรายการข้อมูล (LCI) ให้เป็นหน่วยเดียวกันโดยหน่วยที่แสดงออกมาเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เทียบกับค่าพื้นฐานและยากที่จะเข้าใจหรืออธิบาย ซึ่งหากต้องการเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Normalization) ก็สามารถทำเพิ่มเติมได้โดยหาจากคู่มือการใช้ฐานข้อมูล

2) โปรแกรม BEES 4.0 ผลการประเมินได้อธิบายไว้แล้วใน 4.4.1 หัวข้อที่ 2)

4.4.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

โปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Eco-indicator 99 และโปรแกรม BEES 4.0 สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของบ้านพักอาศัยได้จริง ซึ่งผลการประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 พบว่าขั้นตอนการก่อสร้างส่งผลกระทบคิดเป็น 16% ขั้นตอนการใช้งาน 39% ขั้นตอนการซ่อมแซม 25% และขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัด 20% โดยปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการรื้อถูกนำไปกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบทั้งหมด จึงทำให้ส่งผลกระทบค่อนข้างสูง เพราะการจัดการกับขยะจากสิ่งก่อสร้างในประเทศไทยยังไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ซึ่งผลการประเมินไม่สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาของชนิกานต์ (2551) ที่ประเมินอาคารโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้างส่งผลกระทบคิดเป็น 20% และขั้นตอนการใช้งานคิดเป็น 80% เนื่องจากงานของชนิกานต์ไม่ได้คิดขั้นตอนการซ่อมแซม และขั้นตอนการรื้อคิดเฉพาะพลังงานที่ใช้ในการทุบทำลาย ส่วนโปรแกรม BEES 4.0 มีลักษณะโดดเด่นในเรื่องของการเปรียบเทียบวัสดุก่อสร้างที่แตกต่างกัน ซึ่งผลจากการประเมินจะทราบถึงผลกระทบของวัสดุแต่ละชนิดได้จึงสามารถใช้ในการเลือกผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้ผลการประเมินของทั้ง 2 โปรแกรมยังสามารถประเมินผลกระทบได้ตั้งแต่ก่อนการก่อสร้างบ้านพักอาศัยว่าบ้านจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง (BOQ) จากรายการประกอบแบบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค โดยลักษณะของบ้านมีโครงสร้างและฐานรากเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นปูด้วยไม้เนื้อแข็ง ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ประตู-หน้าต่างวงกบไม้ ส่วนที่แตกต่างกันคือปริมาณและการเลือกใช้วัสดุประกอบในแต่ละหมวดงาน ซึ่งการรวบรวมข้อมูลวัสดุก่อสร้างประกอบด้วยข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิ โดยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่ได้จาก BOQ และเป็นวัสดุที่มีอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 ผลจากการตรวจสอบพบว่าฐานข้อมูลวัสดุก่อสร้างยังขาดแคลนอยู่อีกเป็นจำนวนมาก โดยในโปรแกรม SimaPro 7.1 พบข้อมูลวัสดุก่อสร้าง 20 รายการ และ BEES 4.0 พบข้อมูลเพียง 15 รายการ ส่วนข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory) เพิ่มเติมเพื่อให้ข้อมูลวัสดุก่อสร้างที่มีความสมบูรณ์มากที่สุดในการประเมินผลกระทบในขั้นตอนของการก่อสร้าง ขั้นตอนการใช้งานจะเป็นการพิจารณาประเด็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัยซึ่งเป็นข้อมูลรายงานทางสถิติของการไฟฟ้านครหลวงตั้งแต่ปี 2545-2552 ขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษาคิดเป็นอัตราส่วนของการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยของบ้านพักอาศัย และขั้นตอนการรื้อและนำไปกำจัดเป็นการพิจารณาพลังงานที่ใช้และปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยทั้ง 4 ภาค ด้วยวิธี Eco-indicator 99 และ BEES 4.0 เพื่อนำผลการประเมินดังกล่าวไปประเมินความพร้อมของวิธีการและฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของบ้านพักอาศัย โดยสามารถสรุปผลการศึกษาที่สำคัญตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาและขั้นตอนของการศึกษาที่ตั้งไว้ดังนี้

5.1.1 ผลการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย

5.1.1.1 ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro วิธี Eco-indicator 99

บ้านภาคกลางเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 6.85E+01 pts/m^2 ตามด้วยบ้านภาคเหนือ บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคใต้ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 7.24E+01 8.44E+01 และ 8.70E+01 pts/m^2 ตามลำดับ

5.1.1.2 ประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro วิธี BEES

ผลการประเมินแสดงค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหน่วยที่แสดงออกมาเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เทียบกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Equivalent or Characterization Factors) และยากที่จะเข้าใจหรืออธิบาย เช่น ผลการประเมินบ้านภาคเหนือในขั้นตอนการก่อสร้างจะส่งผลต่อภาวะโลกร้อนเท่ากับ 6.15E+07 g CO_2 eq ภาวะความเป็นกรดเท่ากับ 1.52E+07 H^+ moles eq เป็นต้น

5.1.1.3 ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

บ้านภาคกลางเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด กล่าวคือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดด้วยคะแนน 1.34E+01 pts/m^2 ตามด้วยบ้านภาคใต้ บ้านภาคอีสาน และบ้านภาคเหนือ ซึ่งส่งผลกระทบด้วยคะแนน 1.46E+01 1.52E+01 และ 1.59E+01 pts/m^2 ตามลำดับ

5.1.2 การเปรียบเทียบความพร้อมของวิธีการและฐานข้อมูล

5.1.2.1 Eco-indicator 99

เป็นวิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ปลายทาง (End-point Impact) พิจารณาที่กลุ่มผู้รับผลกระทบจริง 3 ด้านได้แก่ สุขภาพของมนุษย์ ระบบนิเวศน์ และแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ แสดงผลในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) สามารถประเมินผลกระทบได้ตลอดวัฏจักรชีวิต นอกจากนี้ในโปรแกรมยังมีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลไว้หลากหลายสาขาการผลิตซึ่งส่วนใหญ่มาจากการศึกษา LCA ในภาคอุตสาหกรรม

5.1.2.2 BEES 4.0

เป็นวิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Performance Score) ที่แสดงผลในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) จากการรวมกลุ่มของ 12 ผลกระทบ สามารถประเมินผลกระทบได้ตลอดวัฏจักรชีวิตเช่นกัน แต่ฐานข้อมูลยังมีค่อนข้างน้อยมากเนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ให้บริการฟรี มีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.3 สรุปข้อดีและข้อด้อยของวิธีการประเมิน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า วิธี Eco-indicator 99 เป็นวิธีที่ประเมินได้ง่าย รวดเร็ว สามารถสร้างขั้นตอนของผลิตภัณฑ์ (Product Stages) ที่ต้องการประเมินผลกระทบทั้งหมดขึ้นมาเพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต อีกทั้งยังมีการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลไว้หลากหลายสาขาการผลิต โดยเฉพาะ Eco Invent ที่ครอบคลุมกระบวนการผลิตถึง 4,000 กระบวนการ ซึ่งส่วนใหญ่มาการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในยุโรปจากภาคอุตสาหกรรม เช่น ข้อมูลวัตถุดิบ พลังงาน การขนส่งและสภาพมลพิษที่เกิดขึ้นจริง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณศักยภาพในการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของตัวชี้วัดทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นจำนวนตัวเลขที่สามารถเปรียบเทียบกันได้

ส่วนวิธี BEES 4.0 เป็นวิธีที่สามารถใช้เพื่อช่วยเลือกผลิตภัณฑ์สิ่งก่อสร้างในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยเพื่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะซึ่งมีจุดเด่นที่สามารถเปรียบเทียบวัสดุที่แตกต่างกันได้ เพื่อนำผลการประเมินไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเพื่อสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามการประเมินผลกระทบของบ้านพักอาศัยด้วยวิธี BEES 4.0 ต้องใช้เวลาและมีความยุ่งยากมากกว่า เนื่องจากต้องนำข้อมูลไปประเมินด้วย Excel เพื่อรวมผลกระทบในแต่ละหมวดงานและยังมีฐานข้อมูลอยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีEco-indicator 99 โดย BEES 4.0 เป็นโปรแกรมที่ให้บริการฟรีมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งฐานข้อมูลประกอบด้วยรายการวัสดุก่อสร้างประมาณ 200 รายการ

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) ผลจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการประเมินผลกระทบของบ้านพักอาศัยทั้งหลังก่อนแล้วจึงหารด้วยพื้นที่ใช้สอย เพื่อให้ได้ผลกระทบต่อหน่วยหน้าที่ (FU) เดียวกันคือ 1 ตารางเมตรของพื้นที่ใช้สอย โดยปกติในงานก่อสร้างมักจะคิดต่อ 1 ตารางเมตรก่อนแล้วจึงประเมินผลออกมา ซึ่งผลจากการประเมินอาจมีความแตกต่างจากการคิดต่อ 1 ตารางเมตรก่อนแล้วจึงประเมินผลกระทบเพราะการหารต่อพื้นที่ออกมาจะเป็นผลกระทบโดยเฉลี่ยของทุกหมวดงาน

2) ในขั้นตอนการใช้งานบ้านพักอาศัยพิจารณาเฉพาะอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาอัตราการใช้น้ำและอัตราการเกิดขยะ ซึ่งอาจทำให้ผลการประเมินที่ได้รับยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

3) การประเมินด้วยวิธี Eco-indicator 99 และ BEES 4.0 เป็นฐานข้อมูลของต่างประเทศ ซึ่งค่าการใช้พลังงานในการขนส่ง การผลิต และผลกระทบสิ่งแวดล้อม ได้อ้างอิงจากฐานข้อมูลในโปรแกรมทั้งหมด ซึ่งหากโครงการพัฒนาฐานข้อมูลของประเทศไทยดำเนินการเสร็จสิ้น ควรนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการประเมินเพื่อให้ทราบผลกระทบที่แท้จริงจากพลังงานและวัสดุที่ใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาพัฒนาฐานข้อมูลของกลุ่มผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเพิ่มเติม เนื่องจากวัสดุที่ได้มีการศึกษาและอยู่ระหว่างดำเนินการมีเพียงบางรายการที่เป็นวัสดุหลักเท่านั้นได้แก่ เหล็ก ยิปซั่ม ซีเมนต์ แก้ว ไม้ และกระเบื้อง ซึ่งยังไม่ครอบคลุมวัสดุก่อสร้างทั้งหมด

2) การประเมินผลกระทบของอาคารที่พักอาศัยในขั้นตอนการซ่อมแซมบำรุงรักษา ควรมีการพิจารณาเปรียบเทียบในเรื่องของชนิดและปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ต้องใช้ในการซ่อมแซม

3) การศึกษาสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาคารที่พักอาศัยควรมีการพิจารณาในเรื่องของแสง ทิศทางลม และฟังก์ชันของการใช้งานอาคารที่พักอาศัยอื่น ๆ ร่วมด้วยเช่น เกณฑ์ค่าถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง/หลังคา เกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด เกณฑ์ค่าประสิทธิภาพขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น

4) ควรมีการศึกษาโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมอื่นเพิ่มเติม เพื่อให้ทราบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากโครงสร้างที่แตกต่างกันและสามารถลดผลกระทบได้ตรงจุด อีกทั้งยังสามารถนำผลการประเมินมาประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาให้การออกแบบอาคารที่พักอาศัยเป็นต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

รายการอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2551). **การผลิตพลังงานไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิงพลังงาน.** (รายงานสถานการณ์ไฟฟ้าของประเทศไทยปี 2551).

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2552). **โครงการแบบบ้านเพื่อประชาชน สรุปราคาก่อสร้างโดยสังเขป** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dpt.go.th/download/PW/house_model/framehome.html

กฤษกร เจียมจำรัสศิลป, กิรณา จอมคำศรี และ เสกสรร พาป้อง. (2550). การประเมินวัฏจักรชีวิตของสีผง. ใน **การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 15.**

การไฟฟ้านครหลวง. (2553). **สถิติจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า แยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.mea.or.th/internet/MEAEnergy/ElecConsum1_1.htm

การไฟฟ้านครหลวง. (2553). **สถิติจำนวนหน่วยจำหน่าย แยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.mea.or.th/internet/MEAEnergy/ElecConsum1_2.htm

คณะทำงานพิจารณาจัดทำหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร. (2544). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ: หลักเกณฑ์การคิดปริมาณวัสดุมวลรวมส่วนประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ.

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (พฤษภาคม 2550). การออกแบบสถาปัตยกรรมโดยใช้แนวทางวัฏจักรชีวิต. ใน **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3.**

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (พฤษภาคม 2551). การประเมินวัฏจักรชีวิตเปรียบเทียบระหว่างอาคารพักอาศัยโครงสร้างเหล็กและโครงสร้างคอนกรีตในประเทศไทย. ใน **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 4.**

ณัฐนี วรยศ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (ตุลาคม 2548). การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบพลังงาน กรณีศึกษาระบบการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ใน **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1.**

ธนิต จินดาวณิค, พรรณชลัท สุริโยธิน และ วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์. (พฤษภาคม 2550). แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับประเภทไทย. ใน **การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3.**

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2547). เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง การศึกษาด้านเทคนิคของ LCA/Eco Design ในการรับมือกับระเบียบ WEEE และ RoHs.

ธีรนันทา ฤทธิ์มณี, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ และ ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). การเปรียบเทียบผลการประเมินวัฏจักรชีวิตระหว่างระบบผลิตไฟฟ้ากังหันแก๊สกับระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค LCA-NETS. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.** 15 (3): 1-10.

ธีรนันทา ฤทธิ์มณี. (2545). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนของการกลั่นเอทานอลโดยการใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ชนิดท่อความร้อน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นงค์นุช พฤฒิชัยวิบูลย์. (2547). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมเพรสเซอร์แบบหมุน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นินนาท ไชยธีรภิญโญ. (2551, กันยายน-ตุลาคม). อาคารเขียวเพื่อสภาวะแวดล้อมและการประหยัดพลังงาน. **วารสารอินทาเนีย** (5).

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ และคณะ. (2550). **การเสริมศักยภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของอุตสาหกรรมยางไทยด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์.** สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, พัชรินทร์ วรธนกุล, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และ ชิฎจุมพล แก้วประกิจ. (2546). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ "ผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศและเครื่องรับโทรทัศน์".** สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, อธิวัตร จิรจริยาเวช, วัชรพงษ์ ศิลาเลิศรักษา และ วุฒิพงษ์ ปรีดาภัทรพงษ์. (2547). **การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม.** สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย. (2550). **การศึกษาการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย.** (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

วินัย พุทธกูล และ กัมปนาท เพ็ญสุภา. (ม.ป.ป.) **การประเมินวงจรชีวิตเชิงเศรษฐศาสตร์ของเอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย.** (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

วิสูตร จิระดำเกิง. (2550). **คู่มือประมาณราคา: สำหรับงานก่อสร้าง โครงสร้าง สถาปัตยกรรม และอื่น ๆ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี: วรรณกวี.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2547). เอกสารสัมมนาเรื่องการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ (EcoDesign for Refrigerator and Air-conditioner).

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2548a). **การเตรียมฐานข้อมูลเพื่อการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ: ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของโรตารีคอมเพรสเซอร์.** (รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์)

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2548b). เอกสารสัมมนาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิต: เครื่องมือเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันสู่ตลาดโลก.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2546). เอกสารสัมมนาโครงการเทคโนโลยีการออกแบบและการผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มประสิทธิภาพของอุตสาหกรรมไทย (GMTAP).

เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2544). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นพาณิชย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (2549). การสัมมนาพิเศษหัวข้อ “Recent Status of Eco-Material and its Applications” เนื่องในโอกาสการจัดงาน “มหกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมโลก” [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.ftpi.or.th/dwnld/apo/New17072006/SpecialNewsonWEB_APO.pdf

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. (2548). เอกสารสัมมนาพิเศษ เรื่อง Thailand Electric and Electronics Go Green โครงการขับเคลื่อนเพื่อผลิตภัณฑ์ที่สะอาดและสร้างความพร้อมสำหรับ SMEs ของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งออกไปยังสหภาพยุโรปโดยใช้ Green Camp.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. (2549). **รายชื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับฉลากเขียว** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tei.or.th/GreenLabel/pdf/TGL_Name_Oct2005.pdf

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2549). **โครงการอุตสาหกรรมรักษ์สิ่งแวดล้อมและพลังงาน** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.trf.or.th/News

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2552). **โครงการฉลากเขียว** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.tisi.go.th/green/green.html

สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์. (2548). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เสกสรร พาป้อง และ ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา. (มกราคม 2551). การประเมินความคุ้มค่าเชิงพลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต. ใน **การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน.**

อุษณีย์ อุยะเสถียร และ อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย. (2550). การประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและการรื้อถอนอาคารในกรุงเทพมหานคร. **Environment and Natural Resources Journal.** 5 (2): 133-140.

โอมฤทธิ์ หาระบุตร และคณะ. (2547). **การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของโรตารี่คอมเพรสเซอร์.** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

Adalberth, K. (1997). Energy use during the Life Cycle of Buildings: a Method. **Building and Environment.** 32 (4): 317–320.

Adalberth, K., Almgren, A., and Petersen, E.H. (2001). Life Cycle Assessment of four Multi-Family Buildings. **International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings.** 2: 1-21.

Alcorn, A. and Haslam, P. (1997). The embodied energy in building materials updated New Zealand coefficients and their significance. **IPENZ Transactions.** 24.

Arai, A. (2004). เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)

Arena, A.P. and Rosa, C. (2003). Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza–Argentina. **Building and Environment.** 38 (2): 359–368.

Asif, M., Muneer, T., and Kelley, R. (2007). Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. **Building and Environment.** 42 (3): 1391–1394.

Bajpai, A., Ekane, N., Wang, X., and Lin, X. (2005). **A Comparative Life Cycle Assessment of A Wooden House and A Brick House.** (Unpublished manuscript).

BEES 4.0 [Computer software]. (2007). Building and Fire Research Laboratory: The National Institute of Standards and Technology [NIST].

Berge, B. (2000). **The ecology of building materials.** Oxford, UK: Architectural Press.

Borjesson, P. and Gustavsson, L. (2000). Greenhouse gas balances in building construction: wood versus concrete from life-cycle and forest land-use perspectives. **Energy Policy.** 28 (9): 575–588.

Buchanan, A.H. and Honey, B.G. (1994). Energy and carbon dioxide implications of building construction. **Energy and Buildings.** 20 (3): 205–217.

Buchanan, A.H. and Levine, S.B. (1999). Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions. **Environmental Science and Policy.** 2 (6): 427–437.

California Integrated Waste Management Board. (2000). Designing with Vision: A Technical Manual for Materials Choices in Sustainable Construction. **Resource Manual Publication.** 431: 99–009.

Chau, C.K., Yik, F.W.H., Hui, W.K., Liu, H.C., and Yu, H.K. (2007). Environmental impacts of building materials and building services components for commercial buildings in Hong Kong. **Journal of Cleaner Production.** 15: 1840-1851.

Cheng, E.W.L., Chiang, Y.H., and Tang, B.S. (2006). Exploring the economic impact of construction pollution by disaggregating the construction sector of the input–output table. **Building and Environment.** 41 (12): 1940–1951.

Cole, R.J. and Kernal, P.C. (1996). Life-cycle energy use in office buildings. **Building and Environment.** 31 (4): 307–317.

Department of Trade and Industry. (2006). Sustainable construction strategy report.

Dimoudi A. and Tompa C. (2008). Energy and environmental indicators related to construction of office buildings. **Resource, Conservation and Recycling.** 53: 86-95.

Elpida Memory Inc. (2004). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://www.elpida.com/en/company/environment.html/ecoproduct

Feist, W. (1996). Life-cycle energy balances compared: low-energy house, passive house, self-sufficient house. **In Proceedings of the International Symposium of CIB W67** 1996 (pp 183–190).

Gloria, T.P., Lippiatt, B.C., and Cooper, J. (2009). Life Cycle Impact Assessment Weights to Support Environmentally Preferable Purchasing in the United States. **Environmental Science and Technology.** 41 (21): 7551-7557.

González, M.J. and Navarro, J.G. (2006). Assessment of the decrease of CO_2 emissions in the construction field through the selection of materials: Practical case study of three houses of low environmental impact. **Building and Environment.** 41 (7): 902–909.

Goverse, T., Hekkert, M.P., Groenewegen, P., Worrell, E., and Smits, R.E.H.M. (2001). Wood innovation in the residential construction sector; opportunities and constraints. **Resources, Conservation and Recycling.** 34 (1): 53–74.

Griffin, J.M. and Steele, H.B. (1980). **Energy, Economics and policy.** New York, USA. Academy Press.

Guggemos, A.A. and Horvath, A. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel-and Concrete-Framed Buildings. **Journal of Infrastructure Systems.** 11 (2): 93-101.

Gustavsson, L. and Sathre, R. (2006). Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. **Building and Environment.** 41 (7): 940–951.

Indiana Institute on Recycling. (2006). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://web.indstate.edu/recycle/home.html

ISO 14040 (2006). Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.

ISO 14044 (2006). Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

Jasch, C. (2000). Environmental Performance Evaluation and Indicators. **Journal of Cleaner Product.** 8: 79-88.

Jonsson, A., Bjorklund, T., and Tillman, A.M. (1998). LCA of Concrete and Steel Building Frames. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** 3 (4): 216 -224.

Koch, P. (1992). Wood versus non-wood materials in US residential construction: some energy-related global implications. **Forest Product Journal.** 42 (5): 31–42.

Kofoworola, O.F. and Gheewala, S.H. (2008). Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** 13 (6): 498–511.

Kofoworola, O.F. and Gheewala, S.H. (2009). Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. **Energy and Buildings.** 41 (10): 1076–1083.

Koroneos, C., Dompros, A., and Loizidou, M. (2006). **Life Cycle Assessment of an Office Building in Greece.** (Unpublished manuscript).

Kospomoulos, P. (2004). **Environmental design.** 2nd ed. Thessaloniki, Greece [In Greek]: University Studio Press.

Kuhre, W.L. (1998). **ISO 14031 Environmental Performance Evaluation (EPE).** Practical Tools for Conducting an Environmental Performance Evaluation. Practice Hall, Upper Saddler River, NJ. USA.

Lensink, S.M. (2005). Capacity Building for Sustainable Transport - Optimizing the Energy Use of Traffic and Infrastructure.

Lenzen, M. and Treloar, G. (2002). Embodied energy in buildings: wood versus concrete - reply to Borjesson and Gustavsson. **Energy Policy.** 30 (3): 249–255.

Lippiatt, B.C. and Boyles, A.S. (2001). Using BEES to Select Cost-Effective Green Products. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** 6 (2): 76-80.

Mitsubishi Electric Corporation. (2006a). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://global.mitsubishielectric.com/company/environ/pepdlac_b.html

Mitsubishi Electric Corporation. (2006b). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://global.mitsubishielectric.com/company/environ/pepdlwd_b.html

NEC Corporation. (2006). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://www.nec.co.jp/eco/en/annual2003/06/03

Oil Industry Activation Center. (1988). Report of Investigation on Green House Effect of CO_2 Gas and Measures of Oil Industry of Japan.

Olympus Corporation. (2006). **EcoProduct** [On-line]. Available: http://www.olympus.co.jp/en/corc/csr/environment/eproducts

Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J.C., and Castells, F. (2009). Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain. **Building and Environment.** 44 (3): 584–594.

Papadopoulos, A.M. and Giama, E. (2007). Environmental performance evaluation of thermal insulation materials and its impact on the building. **Building and Environment.** 42 (5): 2178–2187.

Perez-Garcia, J., Lippke, B., Briggs, B., Wilson, J., Bowyer, J., and Meil, J. (2005). The environmental performance of renewable building materials in the context of residential constrcution. **Wood and Fiber Science.** 37 (1): 3–17.

Petersen, A.K. and Solberg, B. (2005). Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: a review of micro-level analyses from Norway and Sweden. **Forest Policy and Economics.** 7 (3): 249–259.

Peuportier, B.L.P. (2001). Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. **Energy and Buildings.** 33 (5): 443–450.

Pongvipa Lohsomboon. (2002). LCA activities in Thailand. **The International Journal of Life Cycle Assessment.** 7 (3): 181.

Prasad, D. and Hill, M. (2006). **The construction challenge: Sustainability in developing countries.** Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) series. (n.p.).

Pulselli, R.M., Simoncini, E., Pulselli, F.M., and Bastianoni, S. (2007). Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. **Energy and Buildings.** 39: 620-628.

Putnam, D. (2002). **ISO 14031 Environmental Performance Evaluation Draft Submitted to Confederation of Indian Industry for publication in their Journal.** CEA, Altech Environmental Consulting Ltd.

Roodman, D. M. and Lenssen, N. (1995). Worldwatch Paper 124: A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction. Worldwatch Institute.

Scheuer, C., Keoleian, G.A., and Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modelling challenges and design implications. **Energy and Buildings.** 35 (10): 1049–1064.

SimaPro 7.1 [Computer software]. (2008). Pre' Consultant, the Natherlands.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry [SETAC]. (1997). **Guidelines for Life Cycle Assessment: A code of practice.** Washington DC.

Suzuki, M. and Oka, T. (1993). Application of Input/Output Analysis to Buildings: 7. Energy consumption and CO_2 emission due to demolition. **In Proceedings of Annual Meeting, The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineering of Japan** 1994 (pp 493-496).

Suzuki, M. and Oka, T. (1998). Estimation of life cycle energy consumption and CO_2 emission of office buildings in Japan. **Energy and Buildings.** 28 (1): 33-41.

Suzuki, M., Oka, T., and Okada, K. (1995). The estimation of energy consumption and CO_2 emission due to housing construction in Japan. **Energy and Buildings.** 22 (2): 165-169.

Thomas, B., Jonsson, A., and Tillman, A-M. (1996). **LCA of building frame structures: Technical environment planning report.** Teborg G, Sweden.

Thormark, C. (2002). A low energy building in a lifecycle–its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. **Building and Environment.** 37 (4): 429–435.

Thormark, C. (2006). The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Building and Environment.** 41 (8): 1019–1026.

Treloar, G., Fay, R., Love, P.E.D., and Iyer-Raniga, U. (2000). Analysing the life-cycle energy of an Australian residential building and its householders. **Building Research and Information.** 28 (3): 184–195.

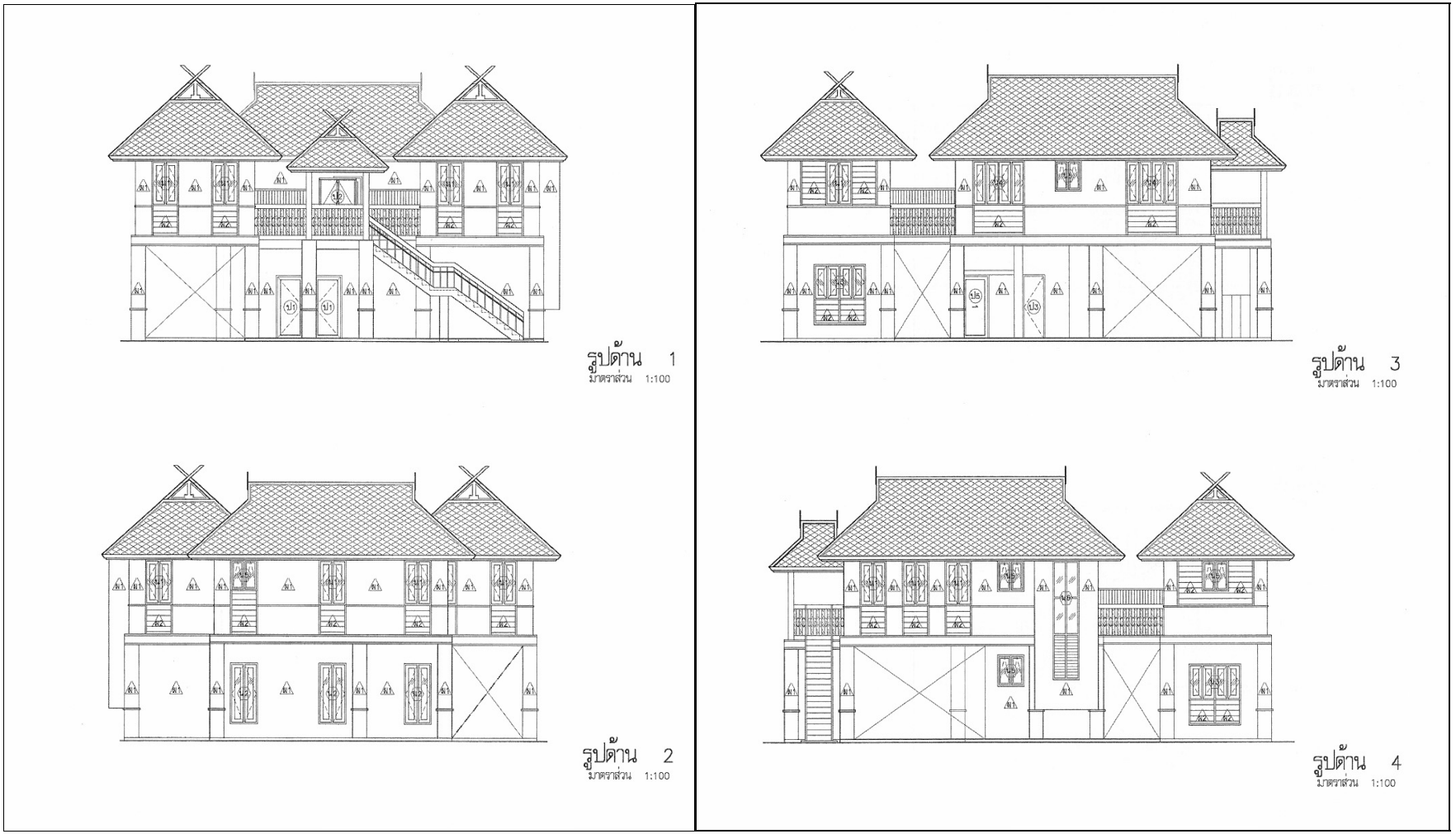
Uher, T.E. (1999). **Absolute indicators of sustainable construction.** Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) series. (n.p.).

Wilkinson, S. and Duffy, N. (2002). **Case Study of a Small State Preparing for the WEEE Directives.** The Clean Technology Centre, Cork Institute of Technology, Ireland.

Winter, B.N. and Hestnes, A.G. (1999). Solar versus green: the analysis of a Norwegian row house. **Solar Energy.** 66 (6): 387–393.

ภาคผนวก ก

รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ



รูปที่ ก1 รูปตัดตามขวางของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	<u>หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง</u>								
	1.1 ขุดดิน	105	ลบ.ม.						
	1.2 เข็ม [0.22 x 0.22 (15 ม.)	29	ต้น						
	1.3 ทรายใต้ฐานราก	0.90	ลบ.ม.						
	- ทรายใต้พื้น	27	ลบ.ม.						
	1.4 คอนกรีตหยาบ	0.90	ลบ.ม.						
	1.5 คอนกรีตโครงสร้าง	86	ลบ.ม.						
	1.6 เหล็ก Dia 6 มม.	702	กก.						
	- เหล็ก Dia 9 มม.	3,783	กก.						
	- เหล็ก Dia 12 มม.	946	กก.						
	- เหล็ก Dia 15 มม.	1,718	กก.						
	- เหล็ก Dia 19 มม.	2,613	กก.						
	- เหล็ก Dia 25 มม.	753	กก.						
	- ลวดผูกเหล็ก	236	กก.						
	1.7 ไม้แบบ	218	ลบ.ฟ.						
	- ค่าแรงไม้แบบ	728	ตร.ม.						
	- ไม้เคร่า	65	ลบ.ฟ.						
	- ไม้ค้ำ Dia 3 x 3.00	200	ต้น						
	- ตะปู	146	กก.						
	1.8 โครงหลังคาเหล็ก	-							
	- เหล็ก [100 x 50 x 20 x 3.2 มม.	1,954	กก.						
	- เหล็ก [125 x 50 x 20 x 3.2 มม.	123	กก.						
	- เหล็ก L 25 x 25 x 3 มม.	890	ม.						
	1.9 ทาสีโครงเหล็ก	150	ตร.ม.						
	รวมหมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
2	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**								
	2.1 งานหลังคา		รวม						
	2.2 งานฝ้าเพดาน		รวม						
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง		รวม						
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น		รวม						
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง		รวม						
	2.6 งานบันไดและราวบันได		รวม						
	2.7 งานสุขภัณฑ์		รวม						
	2.8 งานทาสี		รวม						
	รวมหมวดงานสถาปัตยกรรม								
	2.1 งานหลังคา								
	- กระเบื้องว่าวซีเมนต์ 13"	270	ตร.ม.						
	- ครอบสันหลังคาปูนทาสี	21	ม.						
	- ครอบตะเฆ่สันปูนทาสี	55	ม.						
	- ทับหลังปูนปั้น	14	ม.						
	- ค่าแรงงานมุงกระเบื้องหลังคา	270	ตร.ม.						
	- ปั้นลมไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	18	ม.						
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 6"	114	ม.						
	- ไม้ปิดลอน ขนาด 1" x 6"	114	ม.						
	- กาแลไม้เนื้อแข็ง	8	ชุด						
	รวมงานข้อ 2.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.2 งานฝ้าเพดาน								
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	160	ตร.ม.						
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบ	22	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ ฉาบรอยต่อเรียบ	83	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง	108	ตร.ม.						
	ทายาน้ำกันปลวก	-							
	- ฝ้าเพดานฉาบปูนเรียบ	11	ตร.ม.						
	- ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"	102	ตร.ม.						
	- มอบฝ้าไม้เนื้อแข็ง 3/4" x 2" (ฝ้าชายคา)	176	ม.						
	รวมงานข้อ 2.2								
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง								
	- ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	478	ตร.ม.						
	- ก่ออิฐมอญเต็มแผ่น	1	ตร.ม.						
	- เสาเอ็นและคานทับหลัง คสล.	335	ม.						
	- ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" x 8"	46	ตร.ม.						
	- แผงหน้าจั่วไม้เนื้อแข็ง	3	ตร.ม.						
	- ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูป ตีตามนอน	22	ตร.ม.						
	- ผนังฉาบปูนเรียบ	820	ตร.ม.						
	- ฉาบปูนโครงสร้าง	167	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.3								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น								
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	143	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้านขนาด 8" x 8"	68	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องเคลือบผิวด้านขนาด 8" x 8"	69	ตร.ม.						
	- พื้นปูไม้เนื้อแข็ง 1" x 4" ตีเข้าลิ้น	49	ตร.ม.						
	- บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง ขนาด 3/4" x 4"	55	ม.						
	- ขัดพื้นไม้เข้าลิ้น	49	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.4								
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง								
	- ป1	3	ชุด						
	- ป2	1	ชุด						
	- ป3	7	ชุด						
	- ป4	1	ชุด						
	- ป5	2	ชุด						
	- น1 (ห้องนอนและห้องอเนกประสงค์)	12	ชุด						
	- น2	3	ชุด						
	- น3	2	ชุด						
	- น4	2	ชุด						
	- น5	5	ชุด						
	- น6	1	ชุด						
	- ป1 (ประตูห้องทั่วไป)	2	ชุด						
	รวมงานข้อ 2.5								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.6 งานบันไดและราวบันได								
	บันไดภายนอก	-							
	- ขั้นบันไดผิวทรายล้าง	18	ม.						
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"	18	ม.						
	- พื้นชานพักผิวทรายล้าง	1	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" x 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก ⌀ 1" x 1"	14	ม.						
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	1	ตร.ม.						
	บันไดภายใน	-							
	- ขั้นบันไดปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" x 8"	16	ม.						
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"	16	ม.						
	- พื้นชานพักปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" x 8"	3	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" x 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก ⌀ 1" x 1"	7	ม.						
	ราวระเบียงและราวกันตก	-							
	- ราวกันตก (พื้นชานพักบันไดภายนอกชั้นบน)	4	ม.						
	- ราวกันตก (พื้นทางเดินชั้นบน)	10	ม.						
	- ราวกันตก (พื้นช่องว่างชั้นบน)	5.50	ม.						
	รวมงานข้อ 2.6								
	2.7 งานสุขภัณฑ์								
	- โถส้วมนั่งราบ	3	ชุด						
	- โถปัสสาวะชาย	2	ชุด						
	- อ่างอาบน้ำ	1	ชุด						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์	2	ชุด						
	- อ่างล้างหน้าชนิดแขวนผนัง	1	ชุด						
	- ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็ง	2	ชุด						
	หมุนได้รอบตัวพร้อมก๊อกโลหะชุบโครเมี่ยม	-							
	- ฝักบัวชำระสายอ่อน	3	ชุด						
	- ที่ใส่กระดาษชำระ	3	ชุด						
	- ที่วางสบู่	2	ชุด						
	- ราวพาดผ้าเช็ดตัว	3	ชุด						
	- ห่วงแขวนผ้า	3	ชุด						
	- ที่วางพลาสติกวางของ	1	ชุด						
	- กระจกเงา	9	ตร.ฟ.						
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเคลือบ	2	ม						
	รวมงานข้อ 2.7								
	2.8 งานทาสี								
	- สีพลาสติกภายนอก	526	ตร.ม.						
	- สีพลาสติกภายใน	393	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาไม้	211	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาเหล็ก	10	ตร.ม.						
	- สีทาพื้นไม้	49	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.8								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
3	**หมวดงานระบบสุขาภิบาล**								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)		รวม						
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)		รวม						
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)		รวม						
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)		รวม						
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร		รวม						
	รวมหมวดงานระบบสุขาภิบาล								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 4"	33	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 4"	5	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	6	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	4	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 4"	4	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**
สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 2"	37	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 2"	9	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	14	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	14	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 2"	4	อัน						
	FD	-							
	- ขนาด Dia 2"	4	อัน						
	P-TRAP	-							
	- ขนาด Dia 2"	4	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 2"	6	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.2								
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 1"	46	ม.						
	สามทางฉาก	-							

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**
สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ขนาด Dia 1"	11	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 1"	19	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.3								
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)								
	ท่อขนาด Dia 3/4"	63	ม.						
	ท่อขนาด Dia 1/2"	38	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	3	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	13	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	9	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	18	อัน						
	มิเตอร์พร้อมค่าธรรมเนียม	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	-	อัน						
	GATE VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						
	ก๊อกน้ำ	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	1	อัน						
	STOP VALVE	-							

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ขนาด Dia 1/2"	6	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.4								
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร								
	- ท่อ AC Dia 8"	-	ม.						
	- บ่อพักท่อสำเร็จรูป ขนาด 0.40 x 0.40 ม.	-	บ่อ						
	- บ่อดักไขมัน ความจุ 30 ลิตร	-	บ่อ						
	- บ่อบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ขนาดความจุ 1 ลบ.ม.	3	บ่อ						
	รวมงานข้อ 3.5								
4	**หมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร**								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติมบน (LP)		รวม						
	4.2 สายไฟฟ้า		รวม						
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ		รวม						
	รวมหมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติมบน (LP)								
	- แผงขนาด 8 ช่อง พร้อมเมน 32 AT,2P,IC10kA	1	Set						
	- ELCB 32AT ,2P , 30mA	1	Set						
	- MCB 16 AT, 1P	3	Set						
	- Ground Rod	1	Set						
	รวมงานข้อ 4.1								

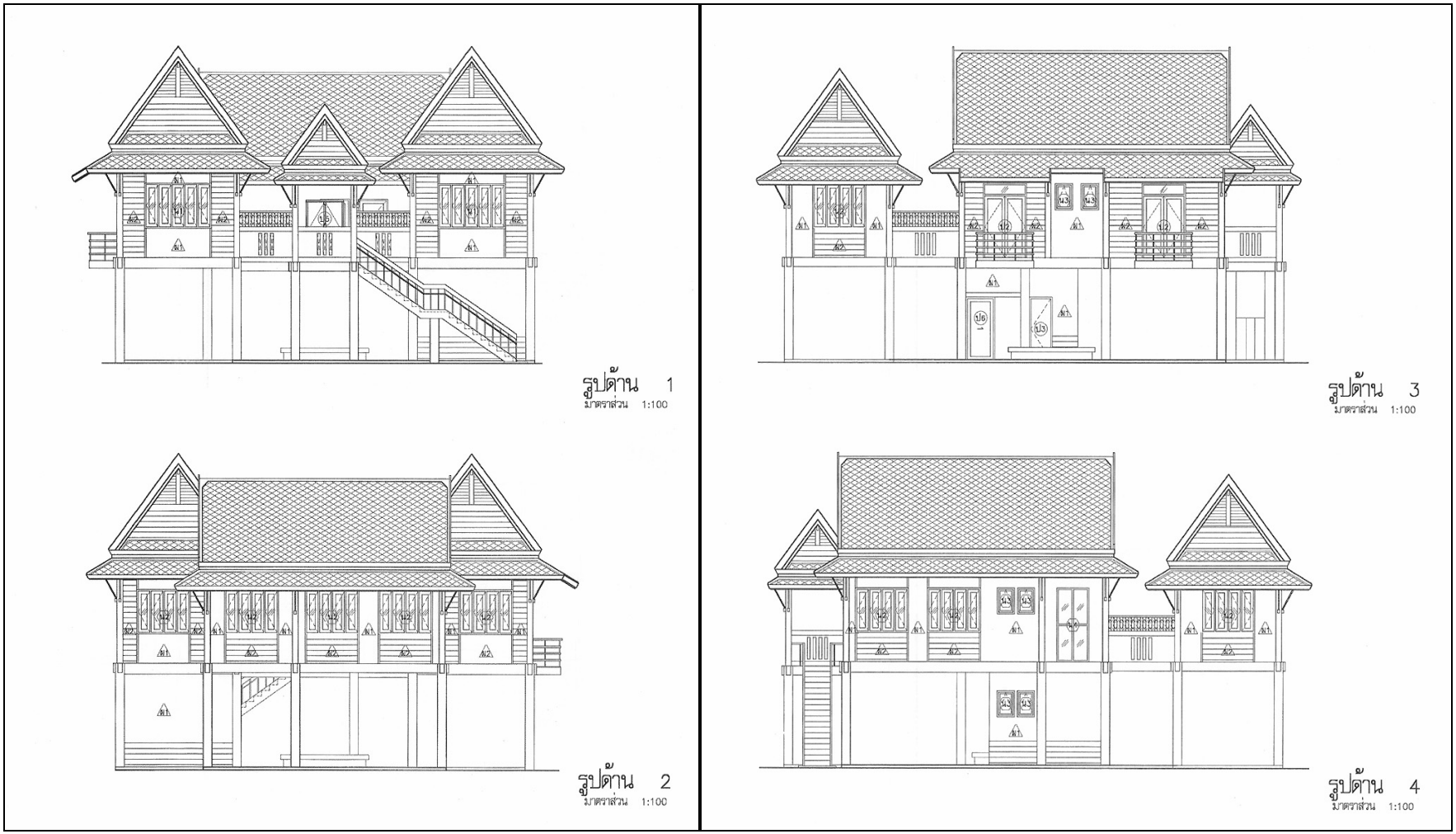
ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462103

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	4.2 สายไฟฟ้า	-							
	- 10 THW	10	m.						
	- 2x2.5/1.5 VAF-GRD	180	m.						
	-2x1.5 VAF	130	m.						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.2								
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ								
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-18 W	5	Set						
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-36 W	12	Set						
	- สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V	16	Set						
	- สวิตช์สามทาง 16A, 250V	2	Set						
	- เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V	15	Set						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.3								
5	**หมวดงานอื่นๆ(ถ้ามี)เพื่อให้ครบถ้วนตามรูปแบบและรายการ**								
	รวมหมวดงานอื่นๆ								

ภาคผนวก ข

รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง



รูปที่ ข1 รูปตัดตามขวางของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	**หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง**								
	1.1 ขุดดิน	76	ลบ.ม.						
	1.2 เข็ม I 0.22 x 0.22 (15 ม.)	29	ต้น						
	1.3 ทรายใต้ฐานราก	3	ลบ.ม.						
	- ทรายใต้พื้น	27	ลบ.ม.						
	1.4 คอนกรีตหยาบ 1:3:5	1	ลบ.ม.						
	1.5 คอนกรีตโครงสร้าง 1:2:4	87	ลบ.ม.						
	1.6 เหล็ก SR -24 Dia 6 มม.	2,854	กก.						
	- เหล็ก SR -24 Dia 9 มม.	2,058	กก.						
	- เหล็ก SR -24 Dia 12 มม.	904	กก.						
	- เหล็ก SR -24 Dia 15 มม.	1,384	กก.						
	- เหล็ก SR -24 Dia 19 มม.	3,130	กก.						
	- เหล็ก SR -24 Dia 25 มม.	1,193	กก.						
	- ลวดผูกเหล็ก	345	กก.						
	1.7 ไม้แบบ	282	ลบ.ฟ.						
	- ค่าแรงไม้แบบ	940	ตร.ม.						
	- ไม้ดร่า	85	ลบ.ฟ.						
	- ไม้ค้ำ Dia 3 x 3.00	220	ต้น						
	- ตะปู	235	กก.						
	1.8 โครงหลังคาเหล็ก	-							
	- เหล็ก [100 x 50 x 20 x 3.2 มม.	2,020	กก.						
	- เหล็ก [125 x 50 x 20 x 3.2 มม.	656	กก.						
	- เหล็ก L 25 x 25 x 3 มม.	1,388	กก.						
	1.8 แผ่นเหล็ก	38	กก.						
	1.9 ทาสีโครงเหล็ก	216	ตร.ม.						
	รวมหมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
2	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**								
	2.1 งานหลังคา		รวม						
	2.2 งานฝ้าเพดาน		รวม						
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง		รวม						
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น		รวม						
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง		รวม						
	2.6 งานบันไดและราวบันได		รวม						
	2.7 งานสุขภัณฑ์		รวม						
	2.8 งานทาสี		รวม						
	รวมหมวดงานสถาปัตยกรรม								
	2.1 งานหลังคา								
	- กระเบื้องว่าวซีแมนต์ 13"	333	ตร.ม.						
	- ครอบสันหลังคาปูนทาสี	30.50	ม.						
	- ครอบตะเฆ่สันปูนทาสี	19	ม.						
	- ทับหลังปูนปั้น	173	ม.						
	- ค่าแรงงานมุงกระเบื้องหลังคา	333	ตร.ม.						
	- ปั้นลมไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	38	ม.						
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	93	ม.						
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 6"	116	ม.						
	- ไม้ปิดลอน ขนาด 1" x 6"	209	ม.						
	- รางระบายน้ำฝน	32	ม.						
	รวมงานข้อ 2.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.2 งานฝ้าเพดาน								
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	167	ตร.ม.						
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบ	13	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ ฉาบรอยต่อเรียบ	91	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง	107	ตร.ม.						
	ทายาน้ำกันปลวก	-							
	- ฝ้าเพดานฉาบปูนเรียบ	17	ตร.ม.						
	- ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"	100	ตร.ม.						
	- มอบฝ้าไม้เนื้อแข็ง ขนาด 3/4" x 2" (ฝ้าชายคา)	180	ม.						
	รวมงานข้อ 2.2								
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง								
	- ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	303	ตร.ม.						
	- เสาเอ็นและคานทับหลัง คสล.	212	ม.						
	- ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" x 8"	28	ตร.ม.						
	- แผงหน้าจั่วบานเกล็ดไม้ติดตาย 1/2" x 5" ซ้อนกัน 2 ซม.	12	ตร.ม.						
	- แผงหน้าจั่วฝาไม้ตีเกล็ดนอน 1/2" x 8" ซ้อนกัน 2 ซม.	28	ตร.ม.						
	- ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูป ตีตามนอน	48	ตร.ม.						
	- ผนังฉาบปูนเรียบ	569	ตร.ม.						
	- ฉาบปูนโครงสร้าง	204	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.3								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น								
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	169	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้านขนาด 8" x 8"	71	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องเคลือบผิวด้านขนาด 8" x 8"	41	ตร.ม.						
	- พื้นปูไม้เนื้อแข็ง 1" x 4" ตีเข้าลิ้น	53	ตร.ม.						
	- บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง 3/4" x 4"	36	ม.						
	- ขัดพื้นไม้เข้าลิ้น	53	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.4								
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง								
	- ป1 (ห้องนอน)	2	ชุด						
	- ป2	2	ชุด						
	- ป3	4	ชุด						
	- ป4	1	ชุด						
	- ป5	1	ชุด						
	- ป6	2	ชุด						
	- น1	2	ชุด						
	- น2 (ห้องนอน,เอนกประสงค์)	3	ชุด						
	- น3	6	ชุด						
	- น4	1	ชุด						
	- ป1 (ห้องทั่วไป)	2	ชุด						
	- น2 (ห้องทั่วไป)	6	ชุด						
	รวมงานข้อ 2.5								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.6 งานบันไดและราวบันได								
	บันไดภายนอก	-							
	- ขั้นบันไดผิวทรายล้าง	18	ม.						
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"	18	ม.						
	- พื้นชานพักผิวทรายล้าง	1	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" x 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก ⌀ 1" x 1"	13	ม.						
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	1	ตร.ม.						
	บันไดภายใน	-							
	- ขั้นบันไดปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" x 8"	16	ม.						
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"	16	ม.						
	- พื้นชานพักปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" x 8"	4	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" x 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก ⌀ 1" x 1"	7	ม.						
	ราวระเบียงและราวกันตก	-							
	- ราวระเบียงไม้เนื้อแข็ง 2" x 6" พร้อมลูกกรงสเตนเลส Ø 2"	8	ม.						
	- ราวกันตก (พื้นชานพักบันไดภายนอนชั้นบน)	4	ม.						
	- ราวกันตก (พื้นทางเดินชั้นบน)	10	ม.						
	- ราวกันตก (พื้นช่องว่างชั้นบน)	5.50	ม.						
	รวมงานข้อ 2.6								
	2.7 งานสุขภัณฑ์								
	- โถส้วมนั่งราบ	2	ชุด						
	- โถปัสสาวะชาย	2	ชุด						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์	1	ชุด						
	- อ่างล้างหน้าชนิดแขวนผนัง	1	ชุด						
	- ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็ง	2	ชุด						
	หมุนได้รอบตัวพร้อมก๊อกโลหะชุบโครเมี่ยม	-							
	- ฝักบัวชำระสายอ่อน	2	ชุด						
	- ที่ใส่กระดาษชำระ	2	ชุด						
	- ที่วางสบู่	2	ชุด						
	- ราวพาดผ้าเช็ดตัว	2	ชุด						
	- ห่วงแขวนผ้า	2	ชุด						
	- หิ้งพลาสติกวางของ	1	ชุด						
	- กระจกเงา	6	ตร.ฟ.						
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเคลือบ	1	บ						
	รวมงานข้อ 2.7								
	2.8 งานทาสี								
	- สีพลาสติกภายนอก	294	ตร.ม.						
	- สีพลาสติกภายใน	520	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาไม้	214	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาเหล็ก	10	ตร.ม.						
	- สีทาพื้นไม้	53	ตร.ม.						
		-							
	รวมงานข้อ 2.8								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
3	**หมวดงานระบบสุขาภิบาล**								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)		รวม						
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)		รวม						
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)		รวม						
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)		รวม						
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร		รวม						
	รวมหมวดงานระบบสุขาภิบาล								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 4"	19	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 4"	8	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	9	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	2	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 4"	2	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 2"	12	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 2"	6	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	7	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	6	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	FD	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	P-TRAP	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 2"	4	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.2								
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 1"	30	ม.						
	สามทางฉาก	-							

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ขนาด Dia 1"	7	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 1"	13	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.3								
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)								
	ท่อขนาด Dia 3/4"	47	ม.						
	ท่อขนาด Dia 1/2"	42	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	2	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	10	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	7	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	16	อัน						
	มิเตอร์พร้อมค่าธรรมเนียม	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	-	อัน						
	GATE VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						
	ก๊อกน้ำ	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	1	อัน						
	STOP VALVE	-							

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ขนาด Dia 1/2"	6	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.4								
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร								
	- ท่อ AC Dia 8"	-	ม.						
	- บ่อพักท่อสำเร็จรูป ขนาด 0.40 x 0.40 ม.	-	บ่อ						
	- บ่อดักไขมัน ความจุ 30 ลิตร	-	บ่อ						
	- บ่อบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ขนาดความจุ 1 ลบ.ม.	2	บ่อ						
	รวมงานข้อ 3.5								
4	**หมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร**								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)		รวม						
	4.2 สายไฟฟ้า		รวม						
	4.3 ดวงโคม สวิตช์เต้ารับ		รวม						
	รวมหมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)								
	- แผงขนาด 8 ช่อง พร้อมเมน 32 AT,2P,IC10kA	1	Set						
	- ELCB 32AT ,2P , 30mA	1	Set						
	- MCB 16 AT, 1P	3	Set						
	- Ground Rod	1	Set						
	รวมงานข้อ 4.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462104

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	4.2 สายไฟฟ้า	-							
	- 10 THW	10	m.						
	- 2x2.5/1.5 VAF-GRD	180	m.						
	-2x1.5 VAF	130	m.						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.2								
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ								
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-18 W	5	Set						
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-36 W	12	Set						
	- สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V	16	Set						
	- สวิตช์สามทาง 16A, 250V	2	Set						
	- เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V	15	Set						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.3								
5	**หมวดงานอื่น ๆ (ถ้ามี) เพื่อให้ครบถ้วนตามรูปแบบและรายการ**								
	รวมหมวดงานอื่นๆ								

ภาคผนวก ค

รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

รูปที่ ค1 รูปตัดตามขวางของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	<u>หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง</u>								
	1.1 ขุดดิน	75	ลบ.ม.						
	1.2 เข็มหกเหลี่ยมกลวง ขนาด 0.15 x 0.15 x 6.00 ม.	212	ต้น						
	1.3 ทรายราดน้ำอัดแน่น	6	ลบ.ม.						
	1.4 คอนกรีตหยาบ 1:3:5	4	ลบ.ม.						
	1.5 คอนกรีตโครงสร้าง 1:2:4	66	ลบ.ม.						
	1.6 เหล็ก SR 24 Dia 6 มม.	597	กก.						
	- เหล็ก SR 24 Dia 9 มม.	1,718	กก.						
	- เหล็ก SR 24 Dia 12 มม.	1,094	กก.						
	- เหล็ก SR 24 Dia 15 มม.	2,362	กก.						
	- เหล็ก SR 24 Dia 19 มม.	812	กก.						
	- ลวดผูกเหล็ก	188	กก.						
	1.7 ไม้แบบ	205	ลบ.ฟ.						
	- ค่าแรงไม้แบบ	684	ตร.ม.						
	- ไม้เคร่า	62	ลบ.ฟ.						
	- ไม้ค้ำ Dia 3 x 3.00 ม.	267	ต้น						
	- ตะปู	170	กก.						
	1.7 โครงเหล็กรูปพรรณ	-							
	- [150 x 75 x 25 x 3.2 มม.	2,411	กก.						
	- [25 x 25 มม. หนา 3 มม.	1,328	กก.						
	- อุปกรณ์ยึดโครงเหล็ก	-	L.S.						
	- ทาสีโครงเหล็ก	203	ตร.ม.						
	รวมหมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
2	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**								
	2.1 งานหลังคา		รวม						
	2.2 งานฝ้าเพดาน		รวม						
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง		รวม						
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น		รวม						
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง		รวม						
	2.6 งานบันไดและราวบันได		รวม						
	2.7 งานสุขภัณฑ์		รวม						
	2.8 งานทาสี		รวม						
	2.9 งานเบ็ดเตล็ด		รวม						
	รวมหมวดงานสถาปัตยกรรม								
	2.1 งานหลังคา								
	- กระเบื้องว่าวซีเมนต์ 13"	246	ตร.ม.						
	- ครอบสันหลังคาปูนทาสี	27	ม.						
	- ครอบตะเฆ่สันปูนทาสี	13	ม.						
	- ทับหลังปูนปั้น	16	ม.						
	- ค่าแรงงานมุงกระเบื้องหลังคา	246	ตร.ม.						
	- ปั้นลมไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	37	ม.						
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 6"	80	ม.						
	- ไม้ปิดลอน ขนาด 1" x 6"	80	ม.						
	รวมงานข้อ 2.1								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.2 งานฝ้าเพดาน								
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	99	ตร.ม.						
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบ	12	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ ฉาบรอยต่อเรียบ	70	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง	151	ตร.ม.						
	ทายาน้ำกันปลวก	-							
	- ฝ้าเพดานฉาบปูนเรียบ	9	ตร.ม.						
	- ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"	76	ตร.ม.						
	- มอบฝ้าไม้เนื้อแข็ง 3/4" x 2" (ฝ้าชายคา)	79	ม.						
	รวมงานข้อ 2.2								
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง								
	- ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	298	ตร.ม.						
	- เสาเอ็นและคานทับหลัง คสล.	209	ม.						
	-ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูปหรือไม้จริง 1/2" x 8" ตีตามตั้งซ้อนกัน 2.5 ซม.	147	ตร.ม.						
	- ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" x 8"	17	ตร.ม.						
	- แผงหน้าจั่วพระอาทิตย์สำเร็จรูป	4	ชุด						
	- มุ้งลวดไนล่อนกันแมลง	7	ตร.ม.						
	- ผนังฉาบปูนเรียบ	398	ตร.ม.						
	- ฉาบปูนโครงสร้าง	111	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.3								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น								
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	79	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้านขนาด 8" x 8"	52	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องเคลือบผิวด้านขนาด 8" x 8"	48	ตร.ม.						
	- พื้นปูไม้เนื้อแข็ง 1" x 4" ตีเข้าลิ้น	54	ตร.ม.						
	- บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง 3/4" x 4"	47	ม.						
	- ขัดพื้นไม้เข้าลิ้น	54	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.4								
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง								
	- ป1	1	ชุด						
	- ป2	3	ชุด						
	- ป3	2	ชุด						
	- ป4	3	ชุด						
	- น1 (ห้องนอน , เอนกประสงค์)	13	ชุด						
	- น2	4	ชุด						
	- น1 (ห้องทั่วไป)	9	ชุด						
	รวมงานข้อ 2.5								
	2.6 งานบันไดและราวบันได								
	บันไดภายนอก	-							
	- ขั้นบันไดผิวทรายล้าง	18	ม.						
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"	18	ม.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- พื้นชานพักผิวทรายล้าง	4.50	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้	18	ม.						
	ราวระเบียงและราวกันตก	-							
	- ราวกันตก (ชาน,ระเบียง)	14	ม.						
	รวมงานข้อ 2.6								
	2.7 งานสุขภัณฑ์								
	- โถส้วมนั่งราบ	2	ชุด						
	- โถปัสสาวะชาย	2	ชุด						
	- อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์	2	ชุด						
	- ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็ง	2	ชุด						
	- ฝักบัวชำระสายอ่อน	2	ชุด						
	- ที่ใส่กระดาษชำระ	2	ชุด						
	- ที่วางสบู่	2	ชุด						
	- ราวพาดผ้าเช็ดตัว	2	ชุด						
	- ห่วงแขวนผ้า	2	ชุด						
	- หิ้งพลาสติกวางของ	2	ชุด						
	- กระจกเงา	6	ตร.ฟ.						
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเคลือบ	1.60	ม						
	รวมงานข้อ 2.7								
	2.8 งานทาสี								
	- สีพลาสติกภายนอก	294	ตร.ม.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**
สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- สีพลาสติกภายใน	143	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาไม้	200	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาเหล็ก	8	ตร.ม.						
	- สีทาพื้นไม้	54	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.8								
	2.9 งานเบ็ดเตล็ด	-							
	- เสาบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" x 8"	77	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.9								
3	**หมวดงานระบบสุขาภิบาล**								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)		รวม						
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)		รวม						
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)		รวม						
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)		รวม						
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร		รวม						
	รวมหมวดงานระบบสุขาภิบาล								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 4"	11	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	2	อัน						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	2	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.1								
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 2"	17	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	7	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	4	อัน						
	FD	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	P-TRAP	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 2"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.2								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 1"	8	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 1"	3	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 1"	5	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.3								
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)								
	ท่อขนาด Dia 3/4"	33	ม.						
	ท่อขนาด Dia 1/2"	10	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	3	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	6	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	5	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	9	อัน						
	มิเตอร์พร้อมค่าธรรมเนียม	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	-	อัน						
	GATE VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	ก๊อกน้ำ	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	1	อัน						
	STOP VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.4								
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร								
	- ท่อ AC Dia 8"	-	ม.						
	- บ่อพักท่อสำเร็จรูป ขนาด 0.40 x 0.40 ม.	-	บ่อ						
	- บ่อดักไขมัน ความจุ 30 ลิตร	-	บ่อ						
	- บ่อบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ขนาดความจุ 1 ลบ.ม.	1	บ่อ						
	รวมงานข้อ 3.5								
4	**หมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร**								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)		รวม						
	4.2 สายไฟฟ้า		รวม						
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ		รวม						
	รวมหมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)								
	- แผงขนาด 6 ช่อง พร้อมเมน 32 AT,2P,IC10kA	1	Set						
	- ELCB 32AT ,2P , 30mA	1	Set						
	- MCB 16 AT, 1P	2	Set						
	- Ground Rod	1	Set						
	รวมงานข้อ 4.1								

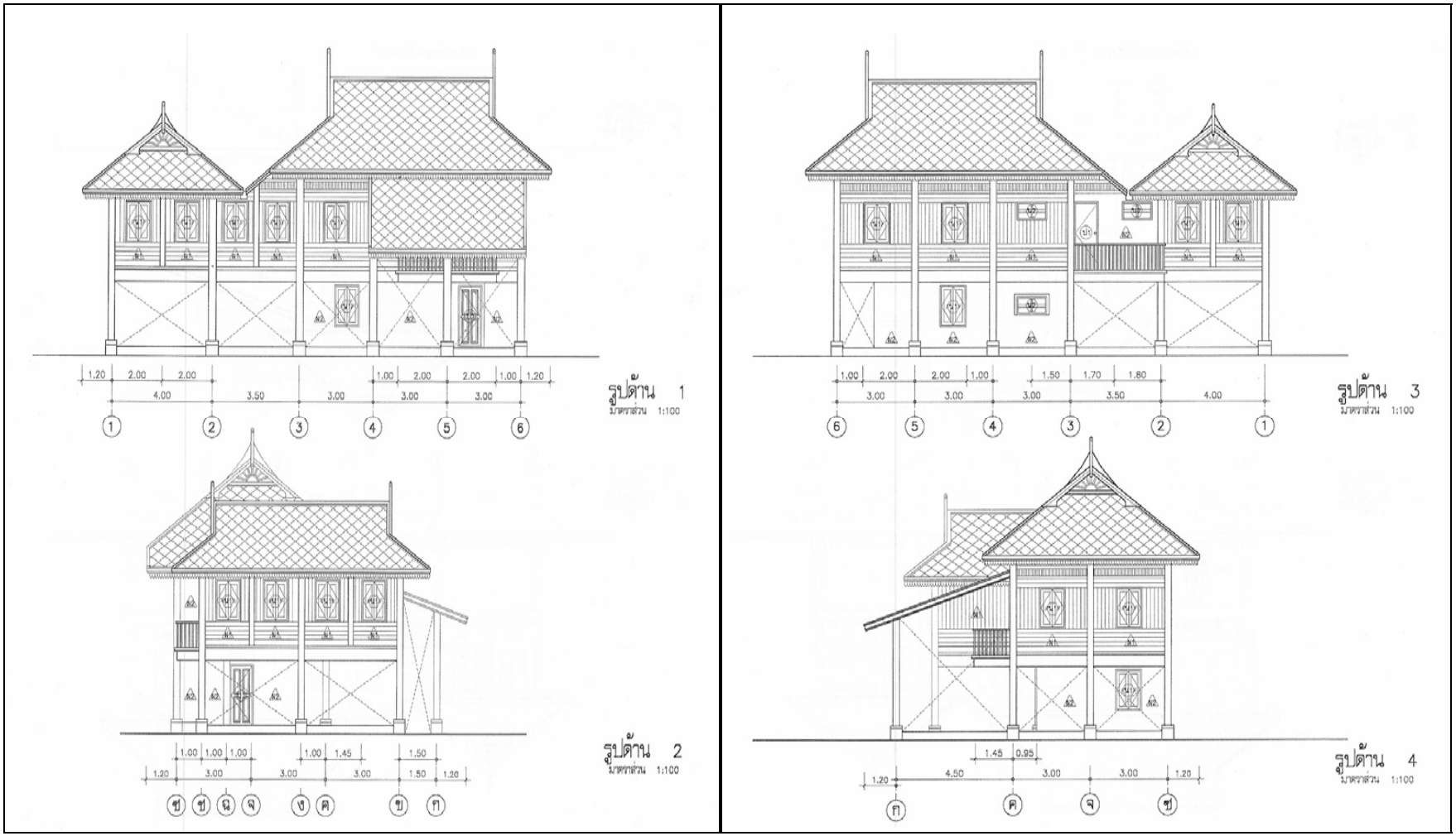
ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462105

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	4.2 สายไฟฟ้า	-							
	- 6 THW	10	m.						
	- 10 THW	5	m.						
	- 2x2.5/1.5 VAF-GRD	120	m.						
	-2x1.5 VAF	100	m.						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.2								
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ								
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-18 W	5	Set						
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-36 W	9	Set						
	- สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V	13	Set						
	- สวิตช์สามทาง 16A, 250V	2	Set						
	- เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V	11	Set						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.3								
5	<u>หมวดงานอื่นๆ(ถ้ามี)เพื่อให้ครบถ้วนตามรูปแบบและรายการ</u>								
	รวมหมวดงานอื่นๆ								

ภาคผนวก ง

รูปตัดตามขวางและบัญชีแสดงปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้



รูปที่ ง1 รูปตัดตามขวางของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	<u>หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง</u>								
	งานฐานราก	-							
	1.1 ขุดดิน	64	ลบ.ม.						
	1.2 เสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง Dia 0.15x 6.00 ม.	166	ต้น						
	1.3 ทรายอัดแน่น	6	ลบ.ม.						
	1.4 คอนกรีตหยาบ 1:3:5	4	ลบ.ม.						
	1.5 คอนกรีต 1:2:4	11	ลบ.ม.						
	1.6 ไม้แบบ	15	ลบ.ฟ.						
	- ค่าแรงไม้แบบ	50	ตร.ม.						
	- ไม้ดร่า	5	ลบ.ฟ.						
	- ตะปู	10	กก.						
	1.4 เหล็ก Dia 15 มม.	393	กก.						
	- เหล็ก Dia 12 มม.	449	กก.						
	- เหล็ก Dia 9 มม.	13	กก.						
	- เหล็ก Dia 6 มม.	28	กก.						
	- ลวดผูกเหล็ก	18	กก.						
	งานโครงสร้าง คสล.	-							
	1.5 คอนกรีต 1:2:4	58	ลบ.ม.						
	1.6 ไม้แบบ	157	ลบ.ฟ.						
	- ค่าแรงไม้แบบ	522	ตร.ม.						
	- ไม้ดร่า	47	ลบ.ฟ.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ไม้ค้ำ	110	ต้น						
	- ตะปู	104	กก.						
	1.7 เหล็ก Dia 19 มม.	2,142	กก.						
	- เหล็ก Dia 15 มม.	923	กก.						
	- เหล็ก Dia 12 มม.	1,271	กก.						
	- เหล็ก Dia 9 มม.	1,734	กก.						
	- เหล็ก Dia 6 มม.	655	กก.						
	- ลวดผูกเหล็ก	158	กก.						
	1.8 แอสฟัลต์ผสมทราย	0.09	ลบ.ม.						
	1.9 ทรายอัดแน่น	20	ลบ.ม.						
	งานโครงเหล็กหลังคา	-							
	1.10 เหล็ก [150 x 75 x 20 x 3.2 มม.	1,907	กก.						
	- เหล็ก [100 x 50 x 20 x 3.2 มม.	442	กก.						
	- เหล็ก [75 x 45 x 15 x 2.3 มม.	252	กก.						
	- เหล็ก L 25 x 25 x 3 มม.	1,466	กก.						
	1.11 เหล็กแผ่น	7	กก.						
	1.12 เหล็ก Dia 9 มม.	1	กก.						
	1.13 เหล็กหางปลา	75	อัน						
	1.14 ทาสีกันสนิม	217	ตร.ม.						
		-							
	รวมหมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
2	**หมวดงานสถาปัตยกรรม**								
	2.1 งานหลังคา		รวม						
	2.2 งานฝ้าเพดาน		รวม						
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง		รวม						
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น		รวม						
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง		รวม						
	2.6 งานบันไดและราวบันได		รวม						
	2.7 งานสุขภัณฑ์		รวม						
	2.8 งานทาสี		รวม						
	2.9 งานเบ็ดเตล็ด		รวม						
	รวมหมวดงานสถาปัตยกรรม								
	2.1 งานหลังคา								
	- กระเบื้องว่าวซีเมนต์ 13"	250	ตร.ม.						
	- ครอบสันหลังคาปูนทาสี	14	ม.						
	- ครอบตะเฆ่สันปูนทาสี	27	ม.						
	- ทับหลังปูนปั้น	14	ม.						
	- ค่าแรงงานมุงกระเบื้องหลังคา	250	ตร.ม.						
	- ปั้นลมไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	18	ม.						
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" x 8"	85	ม.						
	- ไม้ปิดลอน ขนาด 1" x 6"	85	ม.						
	- ไม้ประดับเชิงชาย	74	ม.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- เสาไม้เนื้อแข็งกลึง	4	ชุด						
	- รางระบายน้ำฝน	7.50	ม.						
	รวมงานข้อ 2.1								
	2.2 งานฝ้าเพดาน								
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	98	ตร.ม.						
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบ	7	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ ฉาบรอยต่อเรียบ	98	ตร.ม.						
	โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี	-							
	- ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" x 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง	106	ตร.ม.						
	ทายาน้ำกันปลวก	-							
	- ฝ้าเพดานฉาบปูนเรียบ	16	ตร.ม.						
	- ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"	104	ตร.ม.						
	- ไม้บอบฝ้าไม้เนื้อแข็ง 3/4" x 2"	120	ม.						
	รวมงานข้อ 2.2								
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง								
	- ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น	272	ตร.ม.						
	- เสาอิ่นและคานทับหลัง คสล.	190	ม.						
	-ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูปหรือไม้จริง 1/2" x 8" ตีตามตั้งซ้อนกัน 2.5 ซม.	45	ตร.ม.						
	- แผงหน้าจั่วพระอาทิตย์สำเร็จรูป	4	ชุด						
	- มุ้งลวดไนลอนกันแมลง	5	ตร.ม.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูป ตีตามนอน	86	ตร.ม.						
	- ผนังฉาบปูนเรียบ	493	ตร.ม.						
	- ฉาบปูนโครงสร้าง	191	ตร.ม.						
	- ผนังบุกระเบื้องเซรามิค ขนาด 8" x 8"	15	ตร.ม.						
	- ผนังช่องระบายอากาศไม้	12	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.3								
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น								
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	131	ตร.ม.						
	- พื้นปูไม้ปาร์เก้เข้าลิ้น	82	ตร.ม.						
	- พื้นปูกระเบื้องเซรามิคชนิดผิวด้าน ขนาด 8" x 8"	26	ตร.ม.						
	- บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง ขนาด 3/4" x 4"	61	ม.						
	- ขัดพื้นไม้ปาร์เก้	82	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.4								
	2.5 งานประตู - หน้าต่าง								
	- ป1 (ห้องอเนกประสงค์)	1	ชุด						
	- ป2 (ห้องนอน)	2	ชุด						
	- ป3	3	ชุด						
	- น1 (ห้องนอน,อเนกประสงค์)	16	ชุด						
	- น2 (ห้องอเนกประสงค์)	1	ชุด						
	- หน้าต่างบานเลื่อน (ช่องรับอาหาร)	1	ชุด						
	- ป1 (ห้องทั่วไป)	3	ชุด						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ป2 (ห้องทั่วไป)	2	ชุด						
	- น1 (ห้องทั่วไป)	3	ชุด						
	- น2 (ห้องทั่วไป)	2	ชุด						
	รวมงานข้อ 2.5								
	2.6 งานบันไดและราวบันได								
	- ลูกนอนไม้เนื้อแข็ง 1" x 10"	16	ม.						
	- พื้นชานพักปูไม้เนื้อแข็งเข้าลิ้น	2.50	ตร.ม.						
	- ปูนทรายปรับระดับเตรียมผิว	9	ตร.ม.						
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" x 4" พร้อมลูกกรง	7	ม.						
	ไม้เนื้อแข็ง 2" x 2" และเสาไม้เนื้อแข็ง 4" x 4"	-							
	ราวระเบียงและราวกันตก	-							
	- ราวระเบียงไม้	11.30	ม.						
	รวมงานข้อ 2.6								
	2.7 งานสุขภัณฑ์								
	- โถส้วมนั่งราบ	1	ชุด						
	- อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์	1	ชุด						
	- ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็ง	1	ชุด						
	- ฝักบัวชำระสายอ่อน	1	ชุด						
	- ที่ใส่กระดาษชำระ	1	ชุด						
	- ที่วางสบู่	1	ชุด						
	- หิ้งพลาสติกวางของ	1	ชุด						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- กระจกเงา	3	ตร.ฟ.						
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเซรามิค	1.20	ม						
	รวมงานข้อ 2.7								
	2.8 งานทาสี								
	- สีพลาสติกภายนอก	143	ตร.ม.						
	- สีพลาสติกภายใน	429	ตร.ม.						
	- สีน้ำมันทาไม้	294	ตร.ม.						
	- สีทาพื้นไม้	82	ตร.ม.						
	รวมงานข้อ 2.8								
	2.9 งานเบ็ดเตล็ด								
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเซรามิค(เตรียมอาหาร)	5.90	ม.						
	รวมงานข้อ 2.9								
3	**หมวดงานระบบสุขาภิบาล**								
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)		รวม						
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)		รวม						
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)		รวม						
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)		รวม						
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร		รวม						
	รวมหมวดงานระบบสุขาภิบาล								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 4"	12	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	3	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 4"	2	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 4"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.1								
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 2"	11	ม.						
	สามทาง Y	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	ข้องอ 45 องศา	-							
	- ขนาด Dia 2"	5	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- ขนาด Dia 2"	3	อัน						
	FCO	-							
	- ขนาด Dia 2"	1	อัน						
	FD	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	P-TRAP	-							
	- ขนาด Dia 2"	2	อัน						
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	-							
	- ขนาด Dia 2"	1	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.2								
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)								
	ท่อขนาด Dia 1"	16	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 1"	3	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 1"	5	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.3								
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)								
	ท่อขนาด Dia 3/4"	21	ม.						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	ท่อขนาด Dia 1/2"	46	ม.						
	สามทางฉาก	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	2	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	3	อัน						
	ข้องอ 90 องศา	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	4	อัน						
	- ขนาด Dia 1/2"	11	อัน						
	มิเตอร์พร้อมค่าธรรมเนียม	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	-	อัน						
	GATE VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						
	ก๊อกน้ำ	-							
	- ขนาด Dia 3/4"	1	อัน						
	STOP VALVE	-							
	- ขนาด Dia 1/2"	2	อัน						
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ	1	LOT						
	รวมงานข้อ 3.4								
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร								
	- ท่อ AC Dia 8"	-	ม.						
	- บ่อพักท่อสำเร็จรูป ขนาด 0.40 x 0.40 ม.	-	บ่อ						
	- บ่อดักไขมัน ความจุ 30 ลิตร	-	บ่อ						
	- บ่อบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ขนาดความจุ 1 ลบ.ม.	1	บ่อ						
	รวมงานข้อ 3.5								

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
4	**หมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร**								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)		รวม						
	4.2 สายไฟฟ้า		รวม						
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ		รวม						
	รวมหมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร								
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)								
	- แผงขนาด 6 ช่อง พร้อมเมน 32 AT,2P,IC10kA	1	Set						
	- ELCB 32AT ,2P , 30mA	1	Set						
	- MCB 16 AT, 1P	3	Set						
	- Ground Rod	1	Set						
	รวมงานข้อ 4.1								
	4.2 สายไฟฟ้า	-							
	-2x10 VAF	10	m.						
	- 2x2.5/1.5 VAF-GRD	160	m.						
	-2x1.5 VAF	150	m.						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.2								
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ								
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-18 W	8	Set						
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 1-36 W	10	Set						
	- สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V	16	Set						

ประมาณราคาค่าก่อสร้าง **บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ (แบบฐานรากตอกเสาเข็ม)**

สถานที่ก่อสร้าง แบบเลขที่ มบ. 462106

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน	หมายเหตุ
				ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน	ราคาหน่วยละ	จำนวนเงิน		
	- สวิตช์สามทาง 16A, 250V	2	Set						
	- เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V	11	Set						
	- Accessories	1	Lot						
	รวมงานข้อ 4.3								
5	**หมวดงานอื่นๆ(ถ้ามี)เพื่อให้ครบถ้วนตามรูปแบบและรายการ**								
	รวมหมวดงานอื่นๆ								

แผ่นที่ 12 / 12

ภาคผนวก จ

รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
1	หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง			
	1.1 ขุดดิน			
	1.2 เข็ม I 0.22 × 0.22 (15 ม.)			☑
	1.3 เข็มหกเหลี่ยมกลวง ขนาด 0.15 × 0.15 × 6.00 ม.			☑
	1.4 ทรายใต้ฐานราก	✓		
	- ทรายใต้พื้น	✓		
	1.5 คอนกรีตหยาบ	✓	✓	
	1.6 คอนกรีตโครงสร้าง	✓	✓	
	1.7 เหล็ก Dia 6 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก Dia 9 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก Dia 12 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก Dia 15 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก Dia 19 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก Dia 25 มม.	✓	✓	
	- ลวดผูกเหล็ก	✓	✓	
	1.8 แอสฟัลต์ผสมทราย			
	1.9 ไม้แบบ	✓	✓	
	- ค่าแรงไม้แบบ			
	- ไม้เคร่า	✓	✓	
	- ไม้ค้ำ Dia 3 × 3.00	✓	✓	
	- ตะปู	✓	✓	
	1.10โครงหลังคาเหล็ก			
	- เหล็ก [100 × 50 × 20 × 3.2 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก [125 × 50 × 20 × 3.2 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก [150 × 75 × 25 × 3.2 มม.	✓	✓	
	- เหล็ก L 25 × 25 × 3 มม.	✓	✓	
	1.11แผ่นเหล็ก	✓	✓	
	1.12เหล็กหางปลา	✓	✓	
	1.13ทาสีโครงเหล็ก	✓	✓	

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
2	หมวดงานสถาปัตยกรรม			
	2.1 งานหลังคา			
	- กระเบื้องว่าวซีเมนต์ 13"	✓	✓	
	- ครอบสันหลังคาปูนทาสี	✓	✓	
	- ครอบตะเฆ่สันปูนทาสี	✓	✓	
	- ทับหลังปูนปั้น	✓	✓	
	- ค่าแรงงานมุงกระเบื้องหลังคา			
	- ปั้นลมไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" × 8"	✓	✓	
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" × 8"	✓	✓	
	- เชิงชายไม้เนื้อแข็ง ขนาด 1" × 6"	✓	✓	
	- ไม้ปิดลอน ขนาด 1" × 6"	✓	✓	
	- กาแลไม้เนื้อแข็ง	✓	✓	
	- ไม้ประดับเชิงชาย	✓	✓	
	- เสาไม้เนื้อแข็งกลึง	✓	✓	
	- รางระบายน้ำฝน	✓	✓	
	2.2 งานฝ้าเพดาน			
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			☑
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			☑
	- ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยล์ ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			☑
	- ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" × 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง ทายาน้ำกันปลวก			☑
	- ฝ้าเพดานฉาบปูนเรียบ	✓	✓	
	- ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"			☑
	- มอบฝ้าไม้เนื้อแข็ง 3/4" × 2" (ฝ้าชายคา)	✓	✓	

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
	2.3 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง			
	- ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น			☑
	- ก่ออิฐมอญเต็มแผ่น			☑
	- เสาเอ็นและคานทับหลัง คสล.			☑
	- ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูปหรือไม้จริง 1/2" × 8" ตีตามตั้งซ้อนกัน 2.5 ซม.	✓	✓	
	- ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" x 8"			☑
	- แผงหน้าจั่วไม้เนื้อแข็ง	✓	✓	
	- แผงหน้าจั่วบานเกล็ดไม้ติดตาย 1/2" × 5" ซ้อนกัน 2 ซม.	✓	✓	
	- แผงหน้าจั่วฝาไม้ตีเกล็ดนอน 1/2" × 8" ซ้อนกัน 2 ซม.	✓	✓	
	- ผนังกรุไม้ฝาสำเร็จรูป ตีตามนอน	✓	✓	
	- แผงหน้าจั่วพระอาทิตย์สำเร็จรูป	✓	✓	
	- มุ้งลวดไนล่อนกันแมลง			
	- ผนังฉาบปูนเรียบ	✓	✓	
	- ฉาบปูนโครงสร้าง	✓	✓	
	- ผนังช่องระบายอากาศไม้	✓	✓	
	2.4 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น			
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	✓	✓	
	- พื้นปูไม้ปาร์เก้เข้าลิ้น			☑
	- พื้นปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้านขนาด 8" × 8"			☑
	- พื้นปูกระเบื้องเคลือบผิวด้านขนาด 8" × 8"			☑
	- พื้นปูไม้เนื้อแข็ง 1" × 4" ตีเข้าลิ้น			☑
	- บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง ขนาด 3/4" × 4"			☑
	- ขัดพื้นไม้เข้าลิ้น			
	2.5 งานประตู-หน้าต่าง			
	- ป1 (ห้องนอน)			☑
	- ป2			☑
	- ป3			☑

	- ป4			☑
	- ป5			☑

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
	- น1 (ห้องนอนและห้องอเนกประสงค์)			☑
	- น2			☑
	- น3			☑
	- น4			☑
	- น5			☑
	- น6			☑
	- ป1 (ประตูห้องทั่วไป)			☑
	2.6 งานบันไดและราวบันได			
	บันไดภายนอก			
	- ขั้นบันไดผิวทรายล้าง			☑
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"			☑
	- พื้นชานพักผิวทรายล้าง			
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" × 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก 1" × 1"			☑
	- พื้นผิวขัดมันเรียบ	✓	✓	
	บันไดภายใน			
	- ขั้นบันไดปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" × 8"			☑
	- จมูกบันไดอลูมิเนียมสีเงินร่อง PVC ขนาด 2"			☑
	- พื้นชานพักปูกระเบื้องดินเผาเคลือบด้าน ขนาด 8" × 8"			☑
	- ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" × 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก 1" × 1"			☑
	ราวระเบียงและราวกันตก			
	- ราวระเบียงไม้เนื้อแข็ง 2" × 6" พร้อมลูกกรงสเตนเลส Ø 2"			☑
	- ราวกันตก (พื้นชานพักบันไดภายนอกชั้นบน)			
	- ราวกันตก (พื้นทางเดินชั้นบน)			

	- ราวกันตก (พื้นช่องว่างชั้นบน)			

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
	2.7 งานสุขภัณฑ์			
	- โถส้วมนั่งราบ			☑
	- โถปัสสาวะชาย			☑
	- อ่างอาบน้ำ			☑
	- อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์			☑
	- อ่างล้างหน้าชนิดแขวนผนัง			☑
	- ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็งหมุนได้รอบตัวพร้อมก๊อกโลหะชุบโครเมี่ยม			☑
	- ฝักบัวชำระสายอ่อน			☑
	- ที่ใส่กระดาษชำระ	✓		
	- ที่วางสบู่	✓		
	- ราวพาดผ้าเช็ดตัว	✓		
	- ห่วงแขวนผ้า	✓		
	- หิ้งพลาสติกวางของ	✓		
	- กระจกเงา	✓		
	- เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเคลือบ			☑
	2.8 งานทาสี			
	- สีพลาสติกภายนอก	✓	✓	
	- สีพลาสติกภายใน	✓	✓	
	- สีน้ำมันทาไม้	✓	✓	
	- สีน้ำมันทาเหล็ก	✓	✓	
	- สีทาพื้นไม้	✓	✓	
	2.9 งานเบ็ดเตล็ด			
	- เสาบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" × 8"			☑
	- เคาน์เตอร์ คสล.- ผิวบุกระเบื้องเซรามิค (เตรียมอาหาร)			☑

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
3	หมวดงานระบบสุขาภิบาล			
	3.1 งานเดินท่อโสโครก (PVC 8.5)			
	ท่อขนาด Dia 4"			
	สามทาง Y	✓		
	- ขนาด Dia 4"			
	ข้องอ 45 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 4"			
	ข้องอ 90 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 4"			
	FCO	✓		
	- ขนาด Dia 4"			
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	✓		
	- ขนาด Dia 4"			
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ			
	3.2 งานเดินท่อน้ำทิ้ง (PVC 8.5)			
	ท่อขนาด Dia 2"			
	สามทาง Y	✓		
	- ขนาด Dia 2"			
	ข้องอ 45 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 2"			
	ข้องอ 90 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 2"			
	FCO	✓		
	- ขนาด Dia 2"			
	FD	✓		

	- ขนาด Dia 2"			
	P-TRAP	✓		
	- ขนาด Dia 2"			
	ข้อต่ออ่อนยางสังเคราะห์	✓		
	- ขนาด Dia 2"			

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ			
	3.3 งานเดินท่ออากาศ (PVC 8.5)			
	ท่อขนาด Dia 1"			
	สามทางฉาก	✓		
	- ขนาด Dia 1"			
	ข้องอ 90 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 1"			
	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ			
	3.4 งานเดินท่อประปา (PVC 13.5)			
	ท่อขนาด Dia 3/4"			
	ท่อขนาด Dia 1/2"			
	สามทางฉาก	✓		
	- ขนาด Dia 3/4"			
	- ขนาด Dia 1/2"			
	ข้องอ 90 องศา	✓		
	- ขนาด Dia 3/4"			
	- ขนาด Dia 1/2"			
	มิเตอร์พร้อมค่าธรรมเนียม			
	- ขนาด Dia 1/2"			
	GATE VALVE	✓		
	- ขนาด Dia 1/2"			
	ก๊อกน้ำ	✓		
	- ขนาด Dia 3/4"			
	STOP VALVE	✓		
	- ขนาด Dia 1/2"			

	ค่าอุปกรณ์ยึดแขวนและทดสอบท่อ			
	3.5 งานระบายน้ำและบำบัดน้ำเสียรอบอาคาร			
	- ท่อ AC Dia 8"			
	- บ่อพักท่อสำเร็จรูป ขนาด 0.40 × 0.40 ม.			
	- บ่อดักไขมัน ความจุ 30 ลิตร			

ตารางที่ จ1 รายการวัสดุก่อสร้างที่ปรากฏในฐานข้อมูลโปรแกรม LCA (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ข้อมูลทุติยภูมิ		ข้อมูลปฐมภูมิ
		SimaPro 7.1	BEES 4.0	
	- บ่อบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป ขนาดความจุ 1 ลบ.ม.	✓		
4	<u>หมวดงานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร</u>			
	4.1 แผงสวิตช์อัตโนมัติเมน (LP)			
	- แผงขนาด 8 ช่อง พร้อมเมน 32 AT, 2P, IC10kA			☑
	- ELCB 32AT, 2P, 30mA			☑
	- MCB 16 AT, 1P			☑
	- Ground Rod			
	4.2 สายไฟฟ้า			
	- 6 THW			☑
	- 10 THW			☑
	- 2×10 VAF			☑
	- 2×2.5/1.5 VAF-GRD			☑
	- 2×1.5 VAF			☑
	- Accessories			
	4.3 ดวงโคม สวิตช์ เต้ารับ			
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 18 W			☑
	- ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 36 W			☑
	- สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V			☑
	- สวิตช์สามทาง 16A, 250V			☑
	- เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V			☑
	- Accessories			

หมายเหตุ : ✓ วัสดุก่อสร้างที่พบอยู่ในฐานข้อมูลโปรแกรม

☑ รายการที่ต้องแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดเพิ่มเติมการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ

รายละเอียดเพิ่มเติมการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ

ฉ.1 การแยกส่วนวัสดุก่อสร้าง

วัสดุก่อสร้างบางรายการจำเป็นต้องมีแยกส่วนเพื่อให้ทราบชนิดและปริมาณวัสดุที่แท้จริงก่อนนำข้อมูลเข้าประเมินในโปรแกรม LCA ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณได้อ้างอิงตาม

1) หนังสือคู่มือประมาณราคาสำหรับงานก่อสร้าง โครงสร้าง สถาปัตยกรรม และอื่น ๆ ที่เขียนโดยอาจารย์วิสูตร จิระดำเกิง

2) หลักเกณฑ์การคิดปริมาณวัสดุมวลรวมส่วนประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ ที่จัดทำโดยคณะทำงานพิจารณาจัดทำหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร

ฉ.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ทำการแยกส่วนเพื่อทำบัญชีรายการ

วัสดุและอุปกรณ์ที่ไม่สามารถหาข้อมูลองค์ประกอบได้ เช่น งานระบบไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย MCB 16AT 1P, สายไฟ 2×4/2.5 VAF-GRD, สายไฟ 2×1.5 VAF, สวิตซ์เดี่ยว 16A 250V, สวิตซ์สามทาง 16A 250V, เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A 250V, ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือย หลอด 18W และ 36W ผู้วิจัยได้ทำการซื้ออุปกรณ์ดังกล่าวมาแยกส่วนแล้วทำการชั่งน้ำหนักวัสดุประกอบแต่ละชนิด จากนั้นจึงนำข้อมูลเข้าโปรแกรมเพื่อทำการประเมินต่อไป โดยรายละเอียดการแยกส่วนเพื่อทำบัญชีรายการแสดงดังตาราง ฉ1 และรูปที่เป็นองค์ประกอบของอุปกรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ ฉ1-ฉ4 ซึ่งประกอบไปด้วย

- MCB 16AT, 1P (Miniature Circuit Breaker 16AT, 1P) เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับคอนซูมเมอร์ยูนิท ชนิด 1 Pole
- สายไฟ 6 THW หมายถึง ชนิดสาย THW ขนาดพื้นที่หน้าตัด 6 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 1 ชั้น ใช้สำหรับเดินท่อ ร้อยสาย ฝังท่อ
- สายไฟ 10 THW หมายถึง ชนิดสาย THW ขนาดพื้นที่หน้าตัด 10 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 1 ชั้น ใช้สำหรับเดินท่อ ร้อยสาย ฝังท่อ
- สายไฟ 2×2.5/1.5 VAF–GRD หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 2.5 ตร.มม.หรือ 1.5 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 3 เส้น เป็นสายกราวด์สีเขียว 1 เส้น ใช้สำหรับเดินปลั๊กไฟชนิดมีกราวด์
- สายไฟ 2×10 VAF หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 10 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 2 เส้นคู่ ใช้สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า 15(45A)

- สายไฟ 2×6 VAF หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 6 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 2 เส้นคู่ ใช้สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า 5(15A) และสายเมนเครื่องทำน้ำอุ่น

- สายไฟ 2×4 VAF หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 4 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 2 เส้นคู่ ใช้สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า 10(30A)

- สายไฟ 2×2.5 VAF หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 2.5 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 2 เส้นคู่ ใช้สำหรับปลั๊กไฟและแอร์ไม่เกิน 12,000 BTU/H

- สายไฟ 2×1.5 VAF หมายถึง ชนิดสาย VAF 2 แกน (เส้น) พื้นที่หน้าตัด 1.5 ตร.มม. เป็นสายทองแดง หุ้มฉนวน 2 ชั้น ชนิด 2 เส้นคู่ ใช้สำหรับหลอดไฟ

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
1. เสาเข็มไอ 0.22 ม. × 0.22 ม. (15 ม.)			29	ต้น
เสาเข็มยาว	15	ม.		
น้ำหนักเสาเข็ม	80	กก./ม.		
ใช้เหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.	8	เส้น		
น้ำหนักเหล็กข้ออ้อย 12 มม.	0.888	กก./ม.		
- คอนกรีตอัดแรง			34.80	ลบ.ม.
- เหล็กข้ออ้อย			3,090.24	กก.
2. เสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง ขนาด 0.15 ม. × 0.15 ม. × 6.00 ม.			212	ต้น
เสาเข็มยาว	6	ม.		
น้ำหนักเสาเข็ม (ข้อมูลจาก CPAC)	33.12	กก./ม.		
ใช้เหล็กเส้นกลมผิวเรียบขนาด 6 มม.	3	เส้น		
น้ำหนักเหล็กเส้นกลมขนาด 6 มม.	0.222	กก./ม.		
เหล็กเสริมตามระยะความยาวของเข็มหกเหลี่ยม				
เข็ม 1 ต้นใช้เหล็กเส้น	23	วง		
แต่ละวงใช้เหล็กเส้นยาว	0.540	ม.		
- คอนกรีตอัดแรง			42.13	ลบ.ม.
- เหล็กเส้นกลม			1,431.69	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
3. ยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			160	ตร.ม.
น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดต่อตารางเมตร	5.5	กก.		
ครอส-ที 38C24 ยาว 1200 มม. ความหนา (2×0.35) มม.				
น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.49	กก.		
หน่วยบรรจุต่อกล่อง	25	ท่อน		
ขอหิ้ว ที-บาร์ ความหนา 4 มม. น้ำหนักต่อหน่วย	0.30	กก.		
หน่วยบรรจุต่อมัด	50	ชิ้น		
พุกเหล็ก 6 มม. น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.007	กก.		
หน่วยบรรจุต่อถุง	100	ชิ้น		
ตาราง 09-4* ตารางช่วยคำนวณอุปกรณ์โครงคร่าวฝ้ายิปซัมฉาบเรียบ				
ฉากริมฉาบเรียบ	104	ม.		
โครงคร่าวบน	128	ม.		
โครงคร่าวล่าง	400	ม.		
ขอยึดโครง	320	ตัว		
สปริงปรับระดับ	112	ตัว		
พุกเหล็ก	112	ตัว		
ชุดหิ้ว	112	ตัว		
ฉากเหล็ก	112	ตัว		
- ยิปซั่มบอร์ด			880	กก.
- โครงคร่าวอลูมิเนียม			8.6240	กก.
- เหล็ก			3.9438	กก.
4. ยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			22	ตร.ม.
น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดต่อตารางเมตร	6.2	กก.		
ครอส-ที 38C24 ยาว 1200 มม. ความหนา (2×0.35) มม.				
น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.49	กก.		
หน่วยบรรจุต่อกล่อง	25	ท่อน		
ขอหิ้ว ที-บาร์ ความหนา 4 มม. น้ำหนักต่อหน่วย	0.30	กก.		
หน่วยบรรจุต่อมัด	50	ชิ้น		
พุกเหล็ก 6 มม. น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.007	กก.		
หน่วยบรรจุต่อถุง	100	ชิ้น		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
4. ยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดกันชื้น ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (ต่อ)				
ตาราง 09-4* ตารางช่วยคำนวณอุปกรณ์โครงคร่าวฝ้ายิปซัมฉาบเรียบ				
ฉากริมฉาบเรียบ	20	ม.		
โครงคร่าวบน	14	ม.		
โครงคร่าวล่าง	51	ม.		
ขอยึดโครง	34	ตัว		
สปริงปรับระดับ	15	ตัว		
พุกเหล็ก	15	ตัว		
ชุดหิ้ว	15	ตัว		
ฉากเหล็ก	15	ตัว		
- ยิปซั่มบอร์ด			136	กก.
- โครงคร่าวอลูมิเนียม			1.0617	กก.
- เหล็ก			0.4751	กก.
5. ยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยด์ ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี			83	ตร.ม.
น้ำหนักแผ่นยิปซั่มบอร์ดต่อตารางเมตร	5.5	กก.		
ครอส-ที 38C24 ยาว 1200 มม. ความหนา (2×0.35) มม.				
น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.49	กก.		
หน่วยบรรจุต่อกล่อง	25	ท่อน		
ขอหิ้ว ที-บาร์ ความหนา 4 มม. น้ำหนักต่อหน่วย	0.30	กก.		
หน่วยบรรจุต่อมัด	50	ชิ้น		
พุกเหล็ก 6 มม. น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.007	กก.		
หน่วยบรรจุต่อถุง	100	ชิ้น		
ตาราง 09-4* ตารางช่วยคำนวณอุปกรณ์โครงคร่าวฝ้ายิปซัมฉาบเรียบ				
ฉากริมฉาบเรียบ	52	ม.		
โครงคร่าวบน	70	ม.		
โครงคร่าวล่าง	204	ม.		
ขอยึดโครง	170	ตัว		
สปริงปรับระดับ	60	ตัว		
พุกเหล็ก	60	ตัว		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
5. ยิปซั่มบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดบุอลูมิเนียมฟอยด์ ฉาบรอยต่อเรียบโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี (ต่อ)			83	ตร.ม.
ชุดหิ้ว	60	ตัว		
ฉากเหล็ก	60	ตัว		
- ยิปซั่มบอร์ด			457	กก.
- โครงคร่าวอลูมิเนียม			4.475	กก.
- เหล็ก			2.104	กก.
6. ฝ้าชายคาไม้เนื้อแข็ง 1/2" × 2" เว้นร่อง 0.5 ซม. บุตาข่ายกันแมลง ทายาน้ำกันปลวก			108	ตร.ม.
ตาราง 09-7* ปริมาณวัสดุฝ้าระแนง กรณีไม้โครงคร่าว 1.5" × 3" ทุกระยะ 0.60 ม. × 0.60 ม. ฝ้าระแนงเว้นร่อง 1 ซม.				
จำนวนไม้คร่าว 1.5" × 3"	486	ม.		
ปริมาตรไม้ต่อความยาว 1 ม.**	0.1026	ลบ.ฟ.		
จำนวนไม้ระแนง (ตีเว้นร่อง 1 ซม.) 0.75" × 2"	1,800	ม.		
ปริมาตรไม้ต่อความยาว 1 ม.**	0.0342	ลบ.ฟ.		
จำนวนตะปู	27	กก.		
ตาข่ายกันแมลง	108	ตร.ม.		
- ไม้			3.0084	ลบ.ม.
- เหล็ก			27	กก.
- อลูมิเนียม			10.8	กก.
7. ฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมฟอยล์ หนา 3"			102	ตร.ม.
ฉนวนตราช้างหุ้มรอบด้านด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เสริมแรง 3 ทาง ชนิดไม่ลามไฟ หนา 75 มม. ขนาด 1.00 × 10.00 เมตร				
น้ำหนักต่อ 10 ตารางเมตร (1 ม้วน)	11.30	กก.		
- ฉนวนใยแก้ว			115.26	กก.
- อลูมิเนียมฟอยด์			10.20	กก.
8. ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น			478	ตร.ม.
ตาราง 04-3* ปริมาณอิฐ และวัสดุปูนทรายในงานก่อ				
จำนวนอิฐมอญสามัญต่อผนังขนาด 1 ตารางเมตร (0.07 ม. × 0.16 ม. × 0.035 ม.)	120	ก้อน		
น้ำหนักต่อก้อน (อิฐ มอก. : สาลีรุ่งเรือง)	0.7	กก.		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
8. ก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น (ต่อ)			478	ตร.ม.
ปริมาตรปูนทรายที่ใช้ต่องานก่อ 1 ตารางเมตร	0.034	ลบ.ม.		
- อิฐ			40,152	กก.
- ปูนฉาบ			16,252	กก.
9. ก่ออิฐมอญเต็มแผ่น			1	ตร.ม.
จำนวนอิฐมอญสามัญต่อผนังขนาด 1 ตารางเมตร (0.07 ม. × 0.16 ม. × 0.035 ม.)	240	ก้อน		
น้ำหนักต่อก้อน (อิฐ มอก. : สาลีรุ่งเรือง)	0.7	กก.		
ปริมาตรปูนทรายที่ใช้ต่องานก่อ 1 ตารางเมตร	0.068	ลบ.ม.		
- อิฐ			168	กก.
- ปูนฉาบ			68	กก.
10. เสาเอ็นและคานทับหลัง คสล.			335	ม.
ตาราง 04-8* ปริมาณวัสดุต่อความยาวเสาเอ็น ทับหลัง 10 เมตร (ไม่บวกเผื่อ)				
ขนาดเสาเอ็น ทับหลัง 10 ซม. × 10 ซม.				
คอนกรีต	0.10	ลบ.ม.		
ไม้แบบ	2.00	ตร.ม.		
ไม้แบบหนา 1" เนื้อที่ 1 ตารางเมตร ใช้ไม้ปริมาตร**	1	ลบ.ฟ.		
เหล็กเสริม RB 9 มม.	10.70	กก.		
เหล็กเสริม RB 6 มม.	2.33	กก.		
ลวดผูกเหล็ก	0.26	กก.		
- คอนกรีต			3.35	ลบ.ม.
- ไม้			1.8090	ลบ.ม.
- เหล็ก			445.2150	กก.
11. ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" × 8"			46	ตร.ม.
ตาราง 09-22* ปริมาณวัสดุในงานปูกระเบื้องเซรามิกพื้น และผนัง				
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้กระเบื้อง	25	แผ่น		
น้ำหนักกระเบื้องต่อแผ่น	0.5	กก.		
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้กาวซีเมนต์	4	กก.		
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ปูนยาแนว	0.25	กก.		
- กระเบื้องเซรามิก			575	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
11. ผนังบุกระเบื้องเคลือบ ขนาด 8" × 8" (ต่อ)			46	ตร.ม.
- กาวซีเมนต์			184	กก.
- ปูนยาแนว			11.5	กก.
12. พื้นปูไม้เนื้อแข็ง 1" × 4" ตีเข้าลิ้น			49	ตร.ม.
ตาราง 09-14* (ต่อ-หน้า 238) ปริมาณไม้ตงและไม้พื้น กรณีวางตงตามกว้างและไม้พื้นตามยาว				
ปริมาณไม้ตง กรณีวางตามกว้าง (พท. 49 ตร.ม.)	105	ม.		
ปริมาตรไม้ตง (ไม้หน้า 1 1/2" × 6" : ตาราง 06-1) ต่อความยาว 1 เมตร**	0.2052	ลบ.ฟ.		
พุกยึดตง	210	จุด		
พุกเหล็ก 6 มม. น้ำหนักต่อหน่วยบรรจุ	0.007	กก.		
หน่วยบรรจุต่อถุง	100	ชิ้น		
จำนวนไม้พื้นปูตามยาว บังใบหรือเข้าลิ้น 1 ซม. (ความกว้างหน้าไม้ 4 นิ้ว)	544.44	ม.		
ปริมาตรไม้ปูพื้น (ไม้หน้า 1" × 4") ต่อความยาว 1 เมตร**	0.0912	ลบ.ฟ.		
ตะปู	12.25	กก.		
- ไม้			1.9224	ลบ.ม.
- เหล็ก			12.2647	กก.
13. บัวเชิงผนังไม้เนื้อแข็ง ขนาด 3/4" × 4"			55	ม.
ปริมาตรไม้ต่อความยาว 1 เมตร**	0.0684	ลบ.ฟ.		
ตาราง 09-17* ปริมาณ บัวไม้ลามิเนต และวัสดุร่วม				
กาวตะปูที่ใช้ต่อความยาว 10 เมตร	160	มล.		
กาวซิลิโคนที่ใช้ต่อความยาว 10 เมตร	320	มล.		
- ไม้			0.1016	ลบ.ม.
- กาวตะปู			0.0009	ลบ.ม.
- การซิลิโคน			0.0018	ลบ.ม.
14. ป1 (ห้องนอน)			3	ชุด
บานกรอบไม้สักหนา 1 1/2" × 4"				
ลูกฟักไม้สักหนา 1/2"				

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
14. ป1 (ห้องนอน) (ต่อ)			3	ชุด
บานพับ ประตูทุกบานให้ติดบานพับโลหะเคลือบชนิดมีแหวนไนล่อนขนาด 4 นิ้ว บานละ 3 อัน				
กุญแจลูกบิด ใช้ชนิดรูปทรงกลมเป็นโลหะชุบโครเมี่ยม ลิ้นคู่ติดประตูทุกบาน				
กลอน เป็นชนิดโลหะเคลือบแกนกลม กลอนบนใช้ขนาด 6 นิ้ว กลอนล่างใช้ขนาด 4 นิ้ว ติดตั้งประตูบานคู่				
ปุ่มยางกันชน ติดสำหรับประตูทุกบาน				
ที่ยึดประตู เป็นโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดลูกบิดเสียบติดตั้งสำหรับประตูทุกบาน				
บานมุ้งลวด เป็นบานมุ้งลวดอลูมิเนียม กรอบอลูมิเนียม ติดตั้งที่บานประตูห้องนอน				
ประตูบานทึบไม้สัก กรอบบาน 1 1/2" × 4" ลูกฟักหนา 1/2"				
ประตูบานทึบไม้สักขนาด 0.90 ม. × 2.00 ม.	3	บาน		
- ประตู			5.4	ตร.ม.
บานพับขนาด 4" × 3" × 2.0 มม. (แหวนไนล่อน)	9	อัน		
บานพับบรอนซ์ 4" N.R.K. น้ำหนัก	0.1317	กก.		
- โลหะ			1.1853	กก.
กุญแจลูกบิด	3	อัน		
กุญแจลูกบิดชุบโครเมียมน้ำหนัก	0.470	กก.		
- โลหะ			1.410	กก.
ปุ่มยางกันชน	3	อัน		
ปุ่มยางกันชนน้ำหนัก	52	ก.		
น๊อต+แหวนรอง	2	ก.		
- ยางสังเคราะห์			0.1560	กก.
- เหล็ก			0.0060	กก.
ที่ยึดประตู	3	อัน		
พลาสติกน้ำหนัก	20	กรัม		
โลหะ (เหล็ก+น็อต)	80	กรัม		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
14. ป1 (ห้องนอน) (ต่อ)			3	ชุด
- เทอร์โมเซตติงพลาสติก			0.0600	กก.
- เหล็ก			0.2400	กก.
บานมุ้งลวด	3	บาน		
- อลูมิเนียม			3.0	กก.
วงกบไม้เนื้อแข็งขนาด 2" × 4"**	0.1824	ลบ.ฟ./ม		
ยาว	5.1	เมตร		
- ไม้			0.0753	ลบ.ม.
15. น1 (ห้องนอนและห้องอเนกประสงค์)			12	ชุด
บานกรอบไม้สักหนา 1 1/2" × 3"				
ลูกฟักกระจกใสหนา 5 มม.				
บานพับ หน้าต่างบานเปิดทุกบาน ใช้บานพับโลหะเคลือบชนิดมีแหวนไนล่อนขนาด 3" บานละ 2 อัน				
มือจับ เป็นโลหะชุบโครเมี่ยม ขนาด 4" ติดหน้าต่างบานละ 1 อัน				
กลอน เป็นชนิดเหลี่ยมโลหะเคลือบแกนกลม กลอนบนใช้ขนาด 6" กลอนล่างใช้ขนาด 4" ติดตั้งหน้าต่างทุกบาน				
ขอรับ-ขอสับ เป็นโลหะติดหน้าต่างบานละ 1 อัน				
บานมุ้งลวด เป็นบานมุ้งลวดอลูมิเนียม กรอบอลูมิเนียม ติดตั้งที่หน้าต่างห้องนอนและห้องอเนกประสงค์ทุกบาน				
หน้าต่างบานกรอบไม้สักหนา 1 1/2" × 3" ลูกฟักกระจกใสหนา 5 มม.	12	บาน		
หน้าต่างบานกรอบไม้สักหนา กรอบบาน 1 1/2" × 3"**	0.1026	ลบ.ฟ./ม		
ยาว	7.1	เมตร		
- ไม้			0.2360	ลบ.ม.
ลูกฟักกระจกใสหนา 5 มม. ขนาด 42.5 ซม. × 120 ซม.	0.425	1.2		
บานเกล็ดขนาด (0.15 ม. × 0.7 ม.)	0.105	1.6		
- กระจกใส			93.2571	กก.
บานพับขนาด 4" × 3" × 2.0 มม. (แหวนไนล่อน)	48	อัน		
บานพับบรอนซ์ 3" N.R.K. น้ำหนัก	0.0617	กก.		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
15. น1 (ห้องนอนและห้องอเนกประสงค์) (ต่อ)			12	ชุด
- โลหะ			2.9616	กก.
มือจับโลหะชุปโครเมี่ยมขนาด 4"	24	อัน		
มือจับโครเมียม 696 BS บัวเล็ก	0.025	กก.		
- โลหะ			0.600	กก.
กลอนขนาด 6"	24	อัน		
กลอนชุบโครเมียม 6" BS น้ำหนัก	0.085	กก.		
- โลหะ			2.040	กก.
กลอนขนาด 4"	24	อัน		
กลอนชุบโครเมียม 4" BS น้ำหนัก	0.050	กก.		
- โลหะ			1.200	กก.
ขอรับ-ขอสับ	24	อัน		
ขอรับ-ขอสับโครเมียม	0.030	กก.		
- โลหะ			0.720	กก.
บานมุ้งลวด	12	บาน		
- อลูมิเนียม			6.0	กก.
วงกบไม้เนื้อแข็งขนาด 2" × 4"**	0.1824	ลบ.ฟ./ม		
ยาว	4.8	เมตร		
- ไม้			0.2837	ลบ.ม.
16. ขั้นบันไดผิวทรายล้าง			18	ม.
โครงสร้าง ค.ส.ล. หนา 15 ซม.				
ตาราง 3-9* ปริมาตรคอนกรีตต่อความยาว 1 เมตร สำหรับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม				
ขนาดหน้าตัดด้านยาว x ขนาดหน้าตัดด้านกว้าง : (20 ซม. × 20 ซม.)				
ปริมาตรคอนกรีตต่อความยาว 1 ม.	0.04	ลบ.ม.		
- คอนกรีต			0.72	ลบ.ม.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
17. ราวบันไดไม้เนื้อแข็ง 2" × 6" พร้อมราวบันไดเหล็ก 1" × 1"			14	ม.
ราวบันไดไม้เนื้อแข็งขนาด 2" × 6"**	0.2736	ลบ.ฟ./ม		
- ไม้			0.2068	ลบ.ม.
ตาราง 5-9* คุณสมบัติเหล็กรูปพรรณ Square Tube				
เหล็กกล่อง 1" × 1" หนา 2 มม. น้ำหนัก	1.36	กก./ม.		
เหล็กกล่อง 0.80 ม. × 21 ต้น	16.8	ม.		
ความยาวเหล็กกล่องตามราวบันได	14	ม.		
ความยาวเหล็กกล่องทั้งหมด	61.6	ม.		
- เหล็กกล่อง			83.776	กก.
18. โถส้วมนั่งราบ			3	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	20	กก.		
โถส้วมทำจากเซรามิก	18.6	กก.		
ฝาชักโครกทำจากพลาสติก ABS	1.4	กก.		
ฟลัชวาล์วปัสสาวะและท่อน้ำทิ้งผลิตจากทองเหลือง (สีโครเมียม)	1	กก.		
- เซรามิก			55.8	กก.
- พลาสติก			4.2	กก.
- ทองเหลือง			3	กก.
สายน้ำดีถักสแตนเลส 16"	3	ชุด		
สแตนเลส	87.8620	กรัม		
- สแตนเลส			0.2636	กก.
19. โถปัสสาวะชาย			2	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	9.17	กก.		
โถส้วมทำจากเซรามิก	7.17	กก.		
ฟลัชวาล์วปัสสาวะและท่อน้ำทิ้งผลิตจากทองเหลือง	1	กก.		
- เซรามิก			14.34	กก.
- ทองเหลือง			2	กก.
สายน้ำดีถักสแตนเลส 16"	2	ชุด		
สแตนเลส	87.8620	กรัม		
- สแตนเลส			0.1757	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
20. อ่างอาบน้ำ			1	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	24	กก.		
อ่างอาบน้ำทำจากพลาสติกชนิด Thermoplastic (อ่างอาบน้ำอะครีลิค)	23	กก.		
- อ่างอาบน้ำอะครีลิค			23	กก.
สะดืออ่างผลิตจากทองเหลืองตามมาตรฐาน ANSI	1	ชุด		
อลูมิเนียม (ทองเหลือง สีโครเมียม)	119.8197	กรัม		
ทองเหลือง	34.1170	กรัม		
ยาง	27.5290	กรัม		
พลาสติก	1.2376	กรัม		
- ทองเหลือง			0.1539	กก.
- ยาง			0.0275	กก.
- พลาสติก			0.0012	กก.
มือจับทำจากโลหะ (ใช้ข้อมูลน้ำหนักของสะดืออ่าง)				
- ทองเหลือง			0.1539	กก.
ก๊อกน้ำผลิตจากสแตนเลส	0.3	กก.		
- สแตนเลส			0.3000	กก.
สายน้ำดีถักสแตนเลส 16"	1	ชุด		
สแตนเลส	87.8620	กรัม		
- สแตนเลส			0.0879	กก.
21. อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์			2	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	8	กก.		
อ่างล้างหน้าทำจากเซรามิก	7	กก.		
- เซรามิก			14	กก.
สะดืออ่างผลิตจากทองเหลืองตามมาตรฐาน ANSI	2	ชุด		
อลูมิเนียม (ทองเหลือง สีโครเมียม)	119.8197	กรัม		
ทองเหลือง	34.1170	กรัม		
ยาง	27.5290	กรัม		
พลาสติก	1.2376	กรัม		
- ทองเหลือง			0.3079	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
21. อ่างล้างหน้าชนิดวางบนเคาน์เตอร์ (ต่อ)			2	ชุด
- ยาง			0.0551	กก.
- พลาสติก			0.0025	กก.
ก๊อกน้ำผลิตจากสแตนเลส	0.3	กก.		
- สแตนเลส			0.6000	กก.
สายน้ำดีถักสแตนเลส 16"	2	ชุด		
สแตนเลส	87.8620	กรัม		
- สแตนเลส			0.1757	กก.
22. อ่างล้างหน้าชนิดแขวนผนัง			1	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	9	กก.		
อ่างล้างหน้าทำจากเซรามิก	8	กก.		
- เซรามิก			8	กก.
สะดืออ่างผลิตจากทองเหลืองตามมาตรฐาน ANSI	1	ชุด		
อลูมิเนียม (ทองเหลือง สีโครเมียม)	119.8197	กรัม		
ทองเหลือง	34.1170	กรัม		
ยาง	27.5290	กรัม		
พลาสติก	1.2376	กรัม		
- ทองเหลือง			0.1539	กก.
- ยาง			0.0275	กก.
- พลาสติก			0.0012	กก.
ก๊อกน้ำผลิตจากสแตนเลส	0.3	กก.		
- สแตนเลส			0.3000	กก.
สายน้ำดีถักสแตนเลส 16"	1	ชุด		
สแตนเลส	87.8620	กรัม		
- สแตนเลส			0.0879	กก.
23. ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็งหมุนได้รอบตัวพร้อมก๊อกโลหะชุบโครเมี่ยม			2	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	0.77	กก.		
ฝักบัวอาบน้ำทำจากโลหะ	0.67	กก.		
หัวฝักบัวทำจากพลาสติก	0.10	กก.		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
23. ฝักบัวอาบน้ำโลหะชุบโครเมี่ยมชนิดก้านแข็งหมุนได้รอบตัวพร้อมก๊อกโลหะชุบโครเมี่ยม (ต่อ)			2	ชุด
- ทองเหลือง			1.34	กก.
- พลาสติก			0.20	กก.
24. ฝักบัวชำระสายอ่อน			3	ชุด
น้ำหนักต่อชุด	0.30	กก.		
สายยางอ่อน	160.1607	กรัม		
ยางรองแหวน	4.5331	กรัม		
พลาสติก (หัวฉีด+ที่แขวน)	68.3695	กรัม		
พุกพลาสติก	1.6202	กรัม		
หัวครอบผลิตจากทองเหลืองชุบโครเมียม	6.5571	กรัม		
น็อต	5.6240	กรัม		
- ยางสายอ่อน			0.4941	กก.
- พลาสติก			0.2100	กก.
- ทองเหลือง			0.0365	กก.
25. เคาน์เตอร์ คสล.-ผิวบุกระเบื้องเคลือบ			2	ชุด
เคาน์เตอร์ 2 เมตร ใช้กระเบื้อง	30	แผ่น		
น้ำหนักกระเบื้องต่อแผ่น	0.5	กก.		
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้กระเบื้อง	25	แผ่น		
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้กาวซีเมนต์	4	กก.		
พื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ปูนยาแนว	0.25	กก.		
- กระเบื้องเซรามิก			15	กก.
- กาวซีเมนต์			2.4	กก.
- ปูนยาแนว			0.2	กก.
26. แผงสวิตช์ขนาด 8 ช่อง พร้อมเมน 32AT, 2P, IC10kA			1	Set
น้ำหนัก	2.7	กก.		
- โลหะ			2.5944	กก.
- น็อต			0.0056	กก.
- พลาสติก			0.1	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
27. MCB 16AT, 1P			3	Set
พลาสติก	44.6558	กรัม		
ทองแดง	30.2032	กรัม		
ทองเหลือง	6.0091	กรัม		
สปริง	0.7685	กรัม		
น็อต	6.3214	กรัม		
โลหะ (ดีบุก)	13.1792	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	10.7814	กรัม		
โลหะ (ทังสเตน)	1.1144	กรัม		
- พลาสติก			0.1340	กก.
- ทองแดง			0.0906	กก.
- ทองเหลือง			0.0180	กก.
- สปริง			0.0023	กก.
- น็อต			0.0190	กก.
- โลหะ (ดีบุก)			0.0395	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.0323	กก.
- โลหะ (ทังสเตน)			0.0033	กก.
28. 6 THW			10	m
น้ำหนักทองแดงต่อความยาว 1 เมตร	55.0720	กรัม		
- ทองแดง			0.5507	กก.
น้ำหนักพีวีซีต่อความยาว 1 เมตร	20.7120	กรัม		
- พีวีซี			0.2071	กก.
29. 10 THW (ใช้ข้อมูล 16 THW)			10	ม.
น้ำหนักทองแดงต่อความยาว 1 เมตร	39.8310	กรัม		
- ทองแดง			0.3983	กก.
น้ำหนักพีวีซีต่อความยาว 1 เมตร	37.9900	กรัม		
- พีวีซี			0.3799	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
30. 2×2.5/1.5 VAF-GRD (ใช้ข้อมูล 2×4/2.5 VAF-GRD)			180	ม.
น้ำหนักทองแดงต่อความยาว 1 เมตร	97.9400	กรัม		
- ทองแดง			17.6292	กก.
น้ำหนักพีวีซีต่อความยาว 1 เมตร	114.8970	กรัม		
- พีวีซี			20.6815	กก.
31. 2×10 VAF (ใช้ข้อมูล 2×6 VAF)			10	ม.
น้ำหนักทองแดงต่อความยาว 1 เมตร	116.7060	กรัม		
- ทองแดง			1.1671	กก.
น้ำหนักพีวีซีต่อความยาว 1 เมตร	100.6480	กรัม		
- พีวีซี			1.0065	กก.
32. 2×1.5 VAF			130	ม.
น้ำหนักทองแดงต่อความยาว 1 เมตร	26.8840	กรัม		
- ทองแดง			3.4949	กก.
น้ำหนักพีวีซีต่อความยาว 1 เมตร	46.7590	กรัม		
- พีวีซี			6.0787	กก.
33. ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือยหลอด 18 (20) W			5	Set
กล่องเหล็ก	300	กรัม		
สายไฟ (พีวีซี)	8.0967	กรัม		
ทองแดง	6.1848	กรัม		
ตัวยึดสปริง (ทองเหลือง)	2.5982	กรัม		
ตัวยึดน็อต (แท่งทองเหลือง)	4.6136	กรัม		
สปริง	1.7104	กรัม		
น็อต	3.0053	กรัม		
พลาสติก	35.2515	กรัม		
- โลหะ (เหล็ก)			1.5000	กก.
- พีวีซี			0.0405	กก.
- ทองแดง			0.0309	กก.
- ทองเหลือง			0.0361	กก.
- สปริง			0.0086	กก.
- น็อต			0.0150	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
33. ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือยหลอด 18 (20) W (ต่อ)			5	Set
- พลาสติก			0.1763	กก.
บัลลาสต์				
อลูมิเนียม	417.9125	กรัม		
ทองแดง	54.6050	กรัม		
พลาสติก	5.4603	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	48.3317	กรัม		
- อลูมิเนียม			2.0896	กก.
- ทองแดง			0.2730	กก.
- พลาสติก			0.0273	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.2417	กก.
สตาร์ทเตอร์				
ทองแดง	0.0522	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	0.3900	กรัม		
กระเปาะแก้ว	1.5343	กรัม		
ทองเหลือง	0.7815	กรัม		
พลาสติก	3.5023	กรัม		
- ทองแดง			0.0003	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.0020	กก.
- กระเปาะแก้ว			0.0077	กก.
- ทองเหลือง			0.0039	กก.
- พลาสติก			0.0175	กก.
34. ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือยหลอด 36 (40) W			12	Set
กล่องเหล็ก	580	กรัม		
สายไฟ (พีวีซี)	15.8013	กรัม		
ทองแดง	11.5345	กรัม		
ตัวยึดสปริง (ทองเหลือง)	2.6024	กรัม		
ตัวยึดน็อต (แท่งทองเหลือง)	4.5792	กรัม		
สปริง	1.7315	กรัม		
น็อต	2.8894	กรัม		

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
34. ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ กล่องเหล็กเปลือยหลอด 36 (40) W (ต่อ)			12	Set
พลาสติก	33.7186	กรัม		
- โลหะ (เหล็ก)			6.9600	กก.
- พีวีซี			0.1896	กก.
- ทองแดง			0.1384	กก.
- ทองเหลือง			0.0862	กก.
- สปริง			0.0208	กก.
- น็อต			0.0347	กก.
- พลาสติก			0.4046	กก.
บัลลาสต์				
อลูมิเนียม	444.1580	กรัม		
ทองแดง	64.1209	กรัม		
พลาสติก	5.0965	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	45.2870	กรัม		
- อลูมิเนียม			5.3299	กก.
- ทองแดง			0.7695	กก.
- พลาสติก			0.0612	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.5434	กก.
สตาร์ทเตอร์				
ทองแดง	0.0522	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	0.3900	กรัม		
กระเปาะแก้ว	1.5343	กรัม		
ทองเหลือง	0.7815	กรัม		
พลาสติก	3.5023	กรัม		
- ทองแดง			0.0006	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.0047	กก.
- กระเปาะแก้ว			0.0184	กก.
- ทองเหลือง			0.0094	กก.
- พลาสติก			0.0420	กก.

ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
35. สวิตช์เดี่ยว 16A, 250V			16	Set
ฐาน (กล่องพลาสติกแบบลอย)				
พลาสติก	49.4668	กรัม		
น็อต	3.9634	กรัม		
- พลาสติก			0.7915	กก.
- น็อต			0.0634	กก.
แผงหน้ากาก 1 ช่อง				
พลาสติก	38.6479	กรัม		
น็อต	1.5777	กรัม		
- พลาสติก			0.6184	กก.
- น็อต			0.0252	กก.
สวิตซ์ทางเดียว 16A				
พลาสติก	14.9535	กรัม		
น็อต (ทองเหลือง)	1.1713	กรัม		
ตัวยึดน็อต (ทองเหลือง)	3.5872	กรัม		
- พลาสติก			0.2393	กก.
- ทองเหลือง			0.0761	กก.
36. สวิตช์สามทาง 16A, 250V			2	Set
ฐาน (กล่องพลาสติกแบบลอย)				
พลาสติก	49.4668	กรัม		
น็อต	3.9634	กรัม		
- พลาสติก			0.0989	กก.
- น็อต			0.0079	กก.
แผงหน้ากาก 1 ช่อง				
พลาสติก	38.6479	กรัม		
น็อต	1.5777	กรัม		
- พลาสติก			0.0773	กก.
- น็อต			0.0032	กก.
สวิตซ์สามทาง 16A				
พลาสติก	21.3901	กรัม		

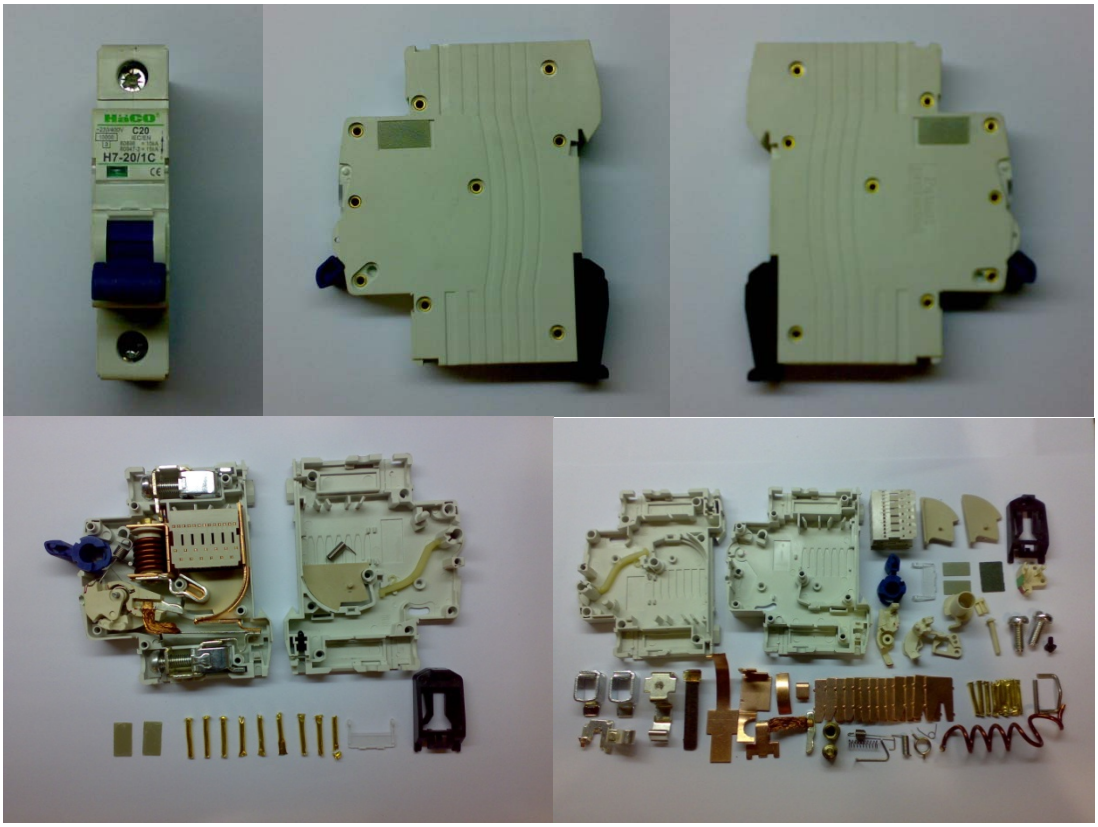
ตารางที่ ฉ1 รายละเอียดการแยกส่วนวัสดุเพื่อทำบัญชีรายการ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียดเพิ่มเติม		จำนวน	หน่วย
	ปริมาณ	หน่วย		
36. สวิตช์สามทาง 16A, 250V (ต่อ)			2	Set
ตัวยึด (ทองแดง)	3.5981	กรัม		
โลหะ (เหล็ก)	1.8182	กรัม		
สปริง	0.2898	กรัม		
- พลาสติก			0.0428	กก.
- ทองแดง			0.0072	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.0036	กก.
- สปริง			0.0006	กก.
37. เต้ารับคู่มีขาดิน ขนาด 16A, 250V			15	Set
พลาสติก	45.8017	กรัม		
ตัวยึดน็อต (ทองเหลือง)	16.0883	กรัม		
ตัวครอบ housing (โลหะ)	5.4046	กรัม		
น็อต	6.4012	กรัม		
- พลาสติก			0.6870	กก.
- ทองเหลือง			0.2413	กก.
- โลหะ (เหล็ก)			0.0811	กก.
- น็อต			0.0960	กก.

หมายเหตุ : * วิสูตร จิระดำเกิง (2550)

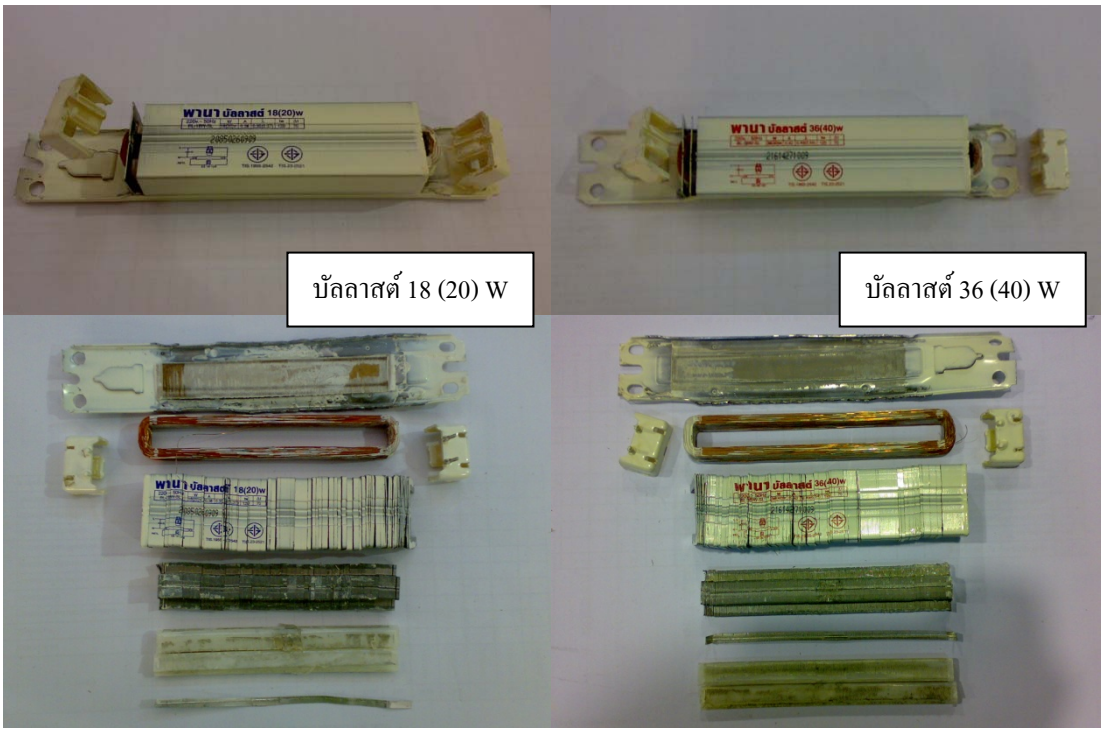
** คณะทำงานพิจารณาจัดทำหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร (2544)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ได้ทำการแยกส่วนเพื่อทำบัญชีรายการ

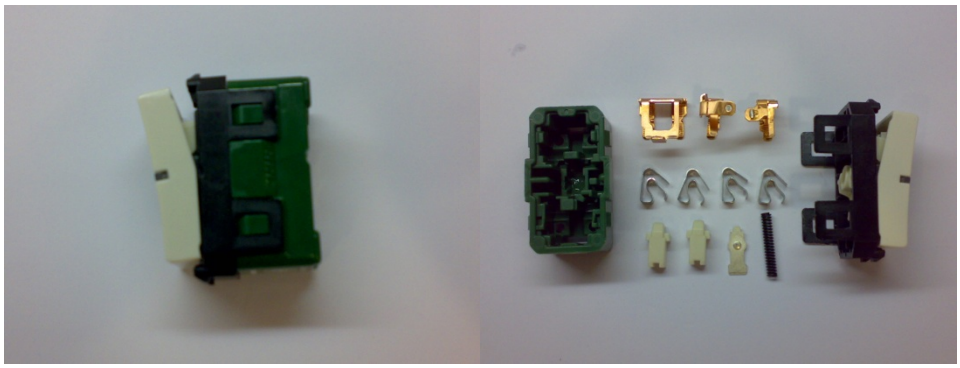


รูปที่ ฉ1 องค์ประกอบของเซอร์กิตเบรกเกอร์

รูปที่ ฉ2 องค์ประกอบสายไฟ



รูปที่ ฉ3 องค์ประกอบของบัลลาสต์ 18 และ 36 W



รูปที่ ฉ4 องค์ประกอบของสวิตซ์ 3 ทาง

ภาคผนวก ช

รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล SimaPro 7.1 และ BEES 4.0

ตารางที่ ช1 รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
<u>งานวิศวกรรมโครงสร้าง</u>		
- คอนกรีตอัดแรง	Concrete, sole plate and foundation	Generic 100% Portland Cement
- เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- ทราย	Sand	-
- คอนกรีตหยาบ	Concrete, normal	Generic 100% Portland Cement
- ไม้แบบไม้ค้ำ	Hardwood, stand establishment/ tending/site development, under bark	Generic Wood Framing-Untreated
- ไม้เคร่า	-	Generic Wood Framing-Treated
- เหล็กตัวซี (ขึ้นรูปเย็น)	Steel cold rolled	Generic Steel Framing
- สีทาเหล็ก	Alkyd paint, white, 60% in solvent	Generic Consolidated Latex Paint
<u>งานหลังคา</u>		
- กระเบื้องซีเมนต์	Concrete roof tile	Generic Clay Tile
- ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated
- รางระบายน้ำฝน (อลูมิเนียม)	AlCuMg2 (2024) I	Generic Aluminum Siding
<u>งานฝ้าเพดาน</u>		
- ยิปซั่มบอร์ด	Gypsum fibre board	Generic Gypsum Board
- โครงคร่าวอลูมิเนียม	Aluminium, production mix	-
- เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated

- ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
- ฉนวนใยแก้ว	Glass fibre	Generic Fiberglass Batt R-38
- อลูมิเนียมฟอยล์	Aluminium foil B250	-
งานผนังและตกแต่งผิวผนัง		
- อิฐ	Brick	Generic Brick and Mortar
- ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
- คอนกรีต	Concrete, normal	-

ตารางที่ ช1 รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
งานผนังและตกแต่งผิวผนัง (ต่อ)		
- เสาเอ็นและคานทับหลัง	-	Generic 100% Portland Cement 5KSI
- ไม้แบบ	-	Generic Wood Framing-Untreated
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated
- เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- กระเบื้องเซรามิก	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with Recycled Glass
- กาวซีเมนต์	Adhesive mortar	-
งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น		
- ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
- กระเบื้องเซรามิก	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with Recycled Glass
- กาวซีเมนต์	Adhesive mortar	
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated
- เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- กาวตะปู	Glued laminated timber, indoor use	-
งานประตู-หน้าต่าง		

- ประตู	Door, inner, wood	-
- โลหะ	Bronze	-
- โลหะ	Chromium, at regional storage	-
- ยางสังเคราะห์	Synthetic rubber	-
- เหล็ก	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- เทอร์โมเซตติงพลาสติก	Polyurethane rigid foam E	-
- ประตูพีวีซี	PVC (suspension polymerisation) E	-
- อลูมิเนียม	Aluminium, production mix	-

ตารางที่ ช1 รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
<u>งานประตู-หน้าต่าง</u> (ต่อ)		
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated
- บานเกล็ดไม้		Generic Cedar Siding
- ลูกล้อไนล่อน	Nylon 6	-
- กระจกใส	Flat glass, uncoated	-
- ไม้	Fibreboard hard	-
<u>งานบันไดและราวบันได</u>		
- คอนกรีต	Concrete, sole plate and foundation	Generic 100% Portland Cement
- ปูนฉาบ	Stucco	Generic Stucco
- อลูมิเนียม	Aluminium, production mix	-
- พีวีซี	PVC calendered sheet E	-
- ไม้	Wood chips, hardwood, from industry, u = 40%	Generic Wood Framing-Treated
- เหล็กกล่อง	Reinforcing steel	Generic Steel Framing
- กระเบื้อง	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with

เซรามิก		Recycled Glass
- กาวซีเมนต์	Adhesive mortar	-
- สแตนเลส	GX12Cr14 (CA15) I	-
งานสุขภัณฑ์		
- เซรามิก	Sanitary ceramics, at regional storage	-
- พลาสติก	ABS I	-
- ทองเหลือง	Brass	-
- สแตนเลส	GX12Cr14 (CA15) I	-
- อ่างอาบน้ำอะครีลิค	PMMA I : (polymethyl methacrylate)	-
- ยางสังเคราะห์	Synthetic rubber	-
- โลหะ	X6Cr17(430)I	-
- พลาสติก	Acrylonitrile butadiene styrene copolymer, ABS	-

ตารางที่ ช1 รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
งานสุขภัณฑ์ (ต่อ)		
- โลหะ	G-ZnAlCu I	-
- กระจกเงา	Solar collector glass tube, with silver mirror	-
- กระเบื้องเซรามิก	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with Recycled Glass
- กาวซีเมนต์	Adhesive mortar	-
งานทาสี		
- สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	Acrylic varnish, 87.5% in H_2O	Generic Virgin Latex Paint
- สีน้ำมันทาไม้/พื้นไม้	Alkyd varnish ETH S	Generic Virgin Latex Paint
- สีน้ำมันทา	Alkyd paint, white, 60% in	Generic Consolidated Latex

เหล็ก	solvent	Paint
งานเบ็ดเตล็ด		
- กระเบื้องเซรามิก	Porcelain I	Generic Ceramic Tile with Recycled Glass
- กาวซีเมนต์	Adhesive mortar	-
งานระบบสุขาภิบาล		
- ท่อพีวีซี	PVC pipe E	-
- เหล็กหล่อ	Cast iron	-
- ยางสังเคราะห์	Synthetic rubber	-
- เหล็กอาบสังกะสี	AlZnCuMg (7075) I	-
- ทองเหลือง	Brass	-
- พลาสติก	Polyethylene, HDPE, granular	-
งานระบบไฟฟ้า		
- โลหะ	Steel (sec) I	-
- น็อต	X10Cr13 (mart 410) I	-
- พลาสติก	Polyurethane rigid foam E	-
- ทองแดง	Cu-E I	-
- ทองเหลือง	Brass	-
- สปริง	38Si6 I	-
- โลหะ (ดีบุก)	Tin, at regional storage	-

ตารางที่ ช1 รายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูลโปรแกรม SimaPro 7.1 และ BEES 4.0 (ต่อ)

รายการวัสดุก่อสร้าง	ฐานข้อมูล	
	SimaPro 7.1	BEES 4.0
งานระบบไฟฟ้า (ต่อ)		
- โลหะ (ทังสเตน)	Tungsten I	-
- พีวีซี	PVC (suspension polymerisation) E	-
- อลูมิเนียม	AlCuMg2 (2024) I	-
- กระเปาะ	Packaging glass, white	-

แก้ว		

ภาคผนวก ซ

ปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล SimaPro 7.1 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค กรณีศึกษา

ตารางที่ ซ1 งานวิศวกรรมโครงสร้าง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีตอัดแรง	ลบ.ม.	121	122	109	102
เหล็ก	กก.	14,878	16,620	9,701	10,569
ทราย	ลบ.ม.	28	30	6	26
คอนกรีตหยาบ	ลบ.ม.	1	1	4	4
ไม้แบบ ไม้ค้ำ	ลบ.ม.	10.6	13.2	11.2	7.7
เหล็กตัวซี - ขึ้นรูปเย็น	กก.	2,077	2,676	2,411	2,601
สีทาเหล็ก	ตร.ม.	150	216	203	217

ตารางที่ ซ2 งานหลังคา

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
กระเบื้องซีเมนต์	ตร.ม.	270	333	246	250
ปูนฉาบ	ตร.ม.	18	102	21	14
ไม้	ลบ.ม.	1	2	1	2
รางระบายน้ำฝน (อลูมิเนียม)	ม.	-	32	-	7.5

ตารางที่ ซ3 งานฝ้าเพดาน

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ยิปซั่มบอร์ด	ตร.ม.	265	271	181	203
โครงคร่าวอลูมิเนียม	ตร.ม.	265	271	181	203
เหล็ก	กก.	34	34	42	31
ไม้	ลบ.ม.	3.2	3.2	4.3	3.1
ปูนฉาบ	ตร.ม.	11	17	9	16
ฉนวนใยแก้ว	ตร.ม.	102	100	76	104
อลูมิเนียมฟอยล์	ตร.ม.	102	100	76	104

ตารางที่ ซ4 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
อิฐ	ตร.ม.	479	303	298	272
ปูนฉาบ	ตร.ม.	987	773	509	684
คอนกรีต	ลบ.ม.	3.4	2.1	2.1	1.9
ไม้	ลบ.ม.	2.2	2.5	15.4	7.6
เหล็ก	กก.	446	282	278	253
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	46	28	17	15
กาวซีเมนต์	กก.	196	119	73	64

ตารางที่ ซ5 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ปูนฉาบ	ตร.ม.	143	169	79	131
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	137	112	100	26
กาวซีเมนต์	กก.	582	476	425	111
ไม้	ลบ.ม.	2	2.3	2.3	29.5
เหล็ก	กก.	13	14	14	-
กาวตะปู	กก.	2.6	1.7	2.3	2.9

ตารางที่ ซ6 งานประตู-หน้าต่าง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ประตู	ตร.ม.	33.0	32.6	15.8	17.8
โลหะ (บรอนซ์)	กก.	15.2	15.2	6.1	9.0
โลหะ (โครเมียม)	กก.	16.7	15.3	5.9	12.4
ยางสังเคราะห์	กก.	0.8	0.8	0.7	0.6
เหล็ก	กก.	3.2	3.2	23.1	1.9
เทอร์โมเซตติงพลาสติก	กก.	0.3	0.3	0.3	0.2
ประตูพีวีซี	กก.	-	-	20.0	-
อลูมิเนียม	กก.	13.0	7.5	28.5	12.9
ไม้	ลบ.ม.	1. 7	1.4	1.4	1.2
ลูกล้อไนล่อน	กก.	0.2	0.2	2.2	0.1
กระจกใส	กก.	254.2	233.8	291.1	222.3
ไม้ (ไฟเบอร์บอร์ด)	ลบ.ม.	0.03	0.05	-	-

ตารางที่ ซ7 งานบันไดและราวบันได

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	ลบ.ม.	1.4	1.4	0.7	-
ปูนฉาบ	ตร.ม.	1	1	-	-
อลูมิเนียม	ม.	34	34	18	-
พีวีซี	ม.	34	34	18	-
ไม้	ลบ.ม.	0.3	0.4	0.5	1.4
เหล็กกล่อง	ม.	21	20	-	-
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	11	12	-	-
กาวซีเมนต์	กก.	42	46	-	-
สแตนเลส	ม.	-	8	-	-

ตารางที่ ซ8 งานสุขภัณฑ์

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
เซรามิก	กก.	95.8	70.2	69.2	29.3
พลาสติก	กก.	4.6	3.1	3.1	1.6
ทองเหลือง	กก.	7.1	5.7	5.7	1.8
สแตนเลส	กก.	0.8	0.5	0.5	0.2
อ่างอาบน้ำอะครีลิค	กก.	23	-	-	-
ยางสังเคราะห์	ก.	110	55	55	28
โลหะ	กก.	1.2	0.6	0.6	0.3
พลาสติก	กก.	0.5	0.3	0.3	0.2
โลหะ	กก.	4.1	2.8	2.8	0.6
กระจกเงา	ตร.ฟ.	9	6	6	3
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	1	1	1	1
กาวซีเมนต์	กก.	2.6	1.3	2.0	1.5

ตารางที่ ซ9 งานทาสี

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	ตร.ม.	919	814	437	572
สีน้ำมันทาไม้/พื้นไม้	ตร.ม.	260	267	254	376
สีน้ำมันทาเหล็ก	ตร.ม.	10	10	8	-

ตารางที่ ซ10งานเบ็ดเตล็ด

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	-	-	77	3
กาวซีเมนต์	กก.	-	-	327	8

ตารางที่ ซ11งานระบบสุขาภิบาล

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ท่อพีวีซี	กก.	167	103	60	65
เหล็กหล่อ	กก.	5	2	-	1
ยางสังเคราะห์	ก.	133	97	43	43
เหล็กอาบสังกะสี	กก.	0.2	0.1	0.1	0.1
ทองเหลือง	กก.	1.6	1.6	1.0	1.0
พลาสติก (HDPE)	กก.	120	80	40	40

ตารางที่ ซ12งานระบบไฟฟ้า

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
โลหะ	กก.	12	12	10	12
น็อต	กก.	0.3	0.3	0.2	0.3
พลาสติก	กก.	3.6	3.6	2.9	3.4
ทองแดง	กก.	26.1	26.1	19.4	25.4
ทองเหลือง	กก.	0.2	0.2	0.2	0.2
สปริง	ก.	33	33	27	35
โลหะ (ดีบุก)	ก.	53	53	40	53
โลหะ (ทังสเตน)	ก.	4.5	4.5	3.3	4.5
พีวีซี	กก.	27.4	27.4	19.0	26.6
อลูมิเนียม	กก.	7.4	7.4	6.1	7.8
กระเปาะแก้ว	ก.	26	26	22	28

ภาคผนวก ฌ

ปริมาณและรายการวัสดุก่อสร้างในฐานข้อมูล BEES 4.0 ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทย 4 ภาค กรณีศึกษา

ตารางที่ ฌ1 งานวิศวกรรมโครงสร้าง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	ลบ.ม.	122	123	112	106
เหล็ก	กก.	16,954	19,295	12,112	13,169
ไม้แบบ, ไม้ค้ำ	ลบ.ม.	8.9	10.9	9.5	6.3
ไม้เคร่า	ลบ.ม.	1.8	2.3	1.7	1.4
สีทาเหล็ก	ตร.ม.	150	216	203	217

ตารางที่ ฌ2 งานหลังคา

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
กระเบื้องซีเมนต์	ตร.ม.	270	333	246	250
ปูนฉาบ	ตร.ม.	18	102	21	14
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	1	2	1	2
รางระบายน้ำฝน (อลูมิเนียม)	ม.	-	32	-	7.5

ตารางที่ ฌ3 งานฝ้าเพดาน

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ยิปซั่มบอร์ด	ตร.ม.	265	271	181	203
เหล็ก	กก.	34	34	42	31
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	3.2	3.2	4.3	3.1
ปูนฉาบ	ตร.ม.	11	17	9	16
ฉนวนใยแก้ว	ตร.ม.	102	100	76	104

ตารางที่ ฌ4 งานผนังและตกแต่งผิวผนัง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
อิฐ	ตร.ม.	479	303	298	272
ปูนฉาบ	ตร.ม.	987	773	509	684
เสาเอ็นและคานทับหลัง	ลบ.ม.	3.4	2.1	2.1	1.9
ไม้แบบ	ลบ.ม.	1.8	1.1	1.1	1.0
เหล็ก	กก.	446	282	278	253
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	46	28	17	15
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	0.4	1.3	14.3	6.5

ตารางที่ ฌ5 งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
ปูนฉาบ	ตร.ม.	143	169	79	131
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	137	112	100	26
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	2	2.3	2.3	29.5
เหล็ก	กก.	13	14	14	-

ตารางที่ ฌ6 งานประตู-หน้าต่าง

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
เหล็ก	กก.	3.2	3.2	23.1	1.9
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	1. 7	1.4	1.4	1.2
บานเกล็ดไม้	ลบ.ม.	0.03	0.05	-	-

ตารางที่ ฌ7 งานบันไดและราวบันได

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
คอนกรีต	ลบ.ม.	1.4	1.4	0.7	-
ปูนฉาบ	ตร.ม.	1	1	-	-
ไม้เนื้อแข็ง	ลบ.ม.	0.3	0.4	0.5	1.4
เหล็กกล่อง	ม.	21	20	-	-
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	11	12	-	-

ตารางที่ ฌ8 งานสุขภัณฑ์

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	1	1	1	1

ตารางที่ ฌ9 งานทาสี

รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้ / บ้าน 1 หลัง			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
สีพลาสติกภายนอก/ภายใน	ตร.ม.	919	814	437	572
สีน้ำมันทาไม้/พื้นไม้	ตร.ม.	260	267	254	376
สีน้ำมันทาเหล็ก	ตร.ม.	10	10	8	-

ตารางที่ ฌ10 งานเบ็ดเตล็ด

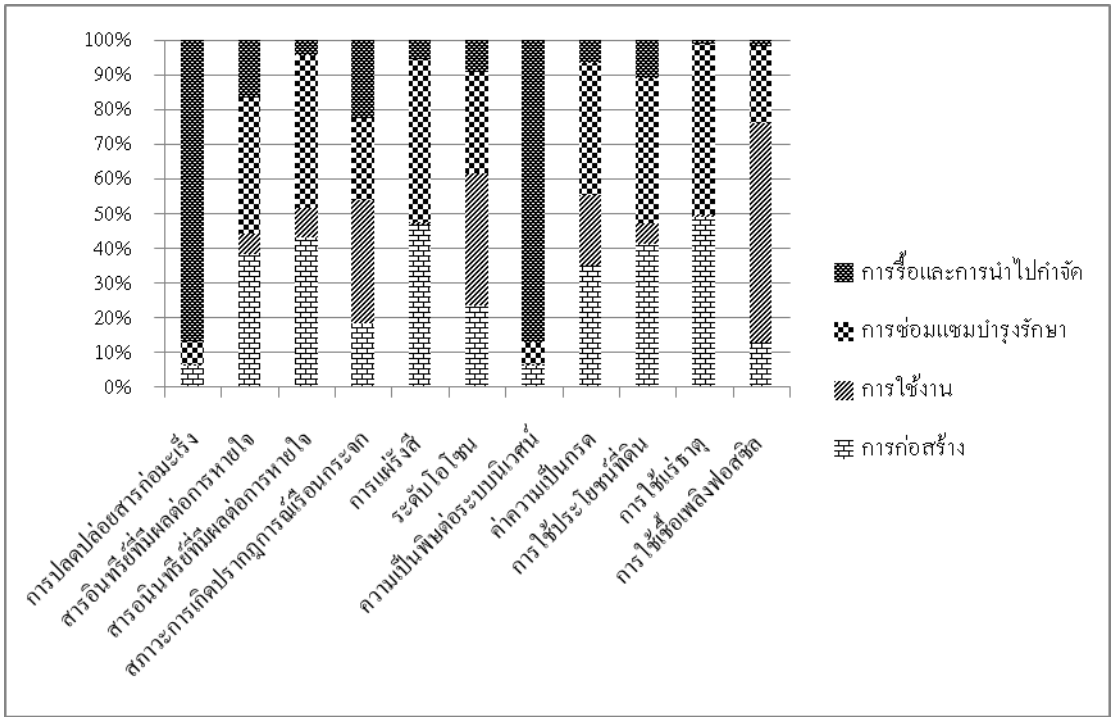
รายการวัสดุก่อสร้าง	หน่วย	ปริมาณวัสดุที่ใช้			
		ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคอีสาน	ภาคใต้
กระเบื้องเซรามิก	ตร.ม.	-	-	77	3

ภาคผนวก ญ

ผลการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี Ecoindicator 99

ตารางที่ ญ1 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

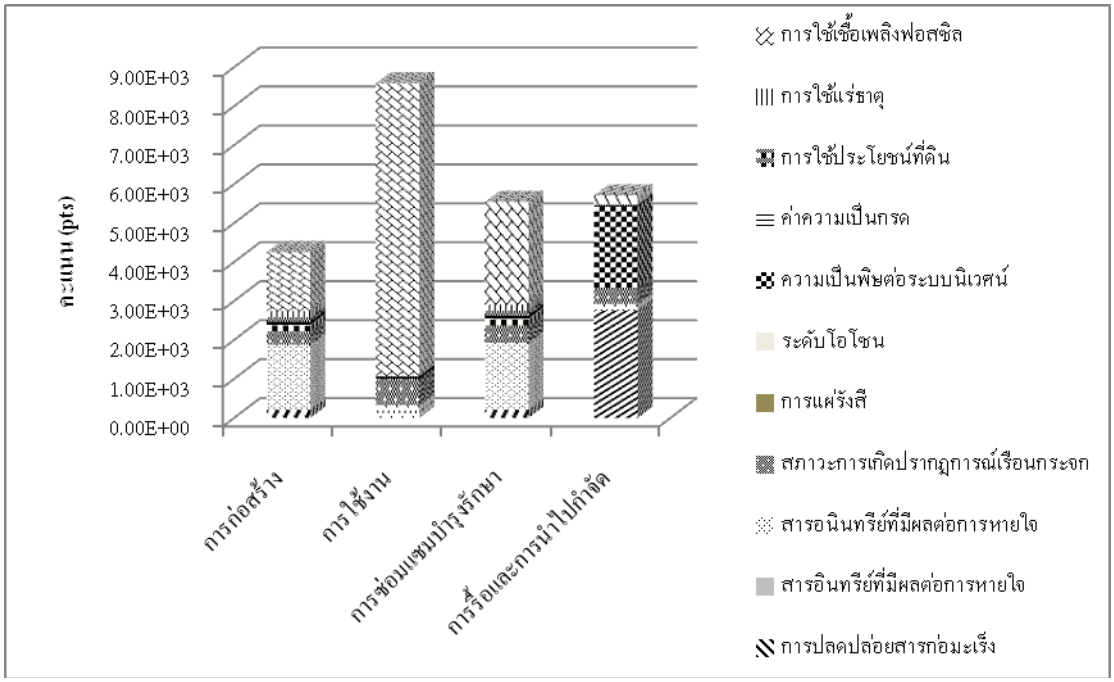
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	7.99E-03	1.54E-04	8.01E-03	1.06E-01
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	9.88E-05	1.51E-05	1.01E-04	4.34E-05
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	6.40E-02	1.26E-02	6.59E-02	6.52E-03
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	DALY	1.30E-02	2.56E-02	1.69E-02	1.61E-02
การแผ่รังสี	DALY	2.38E-04	4.15E-06	2.38E-04	2.88E-05
ระดับโอโซน	DALY	3.80E-06	6.23E-06	4.74E-06	1.53E-06
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	PDF*m2yr	1.90E+03	5.91E+01	1.91E+03	2.67E+04
ค่าความเป็นกรด	PDF*m2yr	1.19E+03	6.98E+02	1.29E+03	2.31E+02
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	PDF*m2yr	1.62E+03	2.33E+02	1.66E+03	4.35E+02
การใช้แร่ธาตุ	MJ surplus	6.69E+03	1.07E+02	6.70E+03	1.74E+02
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	MJ surplus	6.32E+04	3.16E+05	1.11E+05	9.59E+03



รูปที่ ญ1 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ตารางที่ ญ2 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

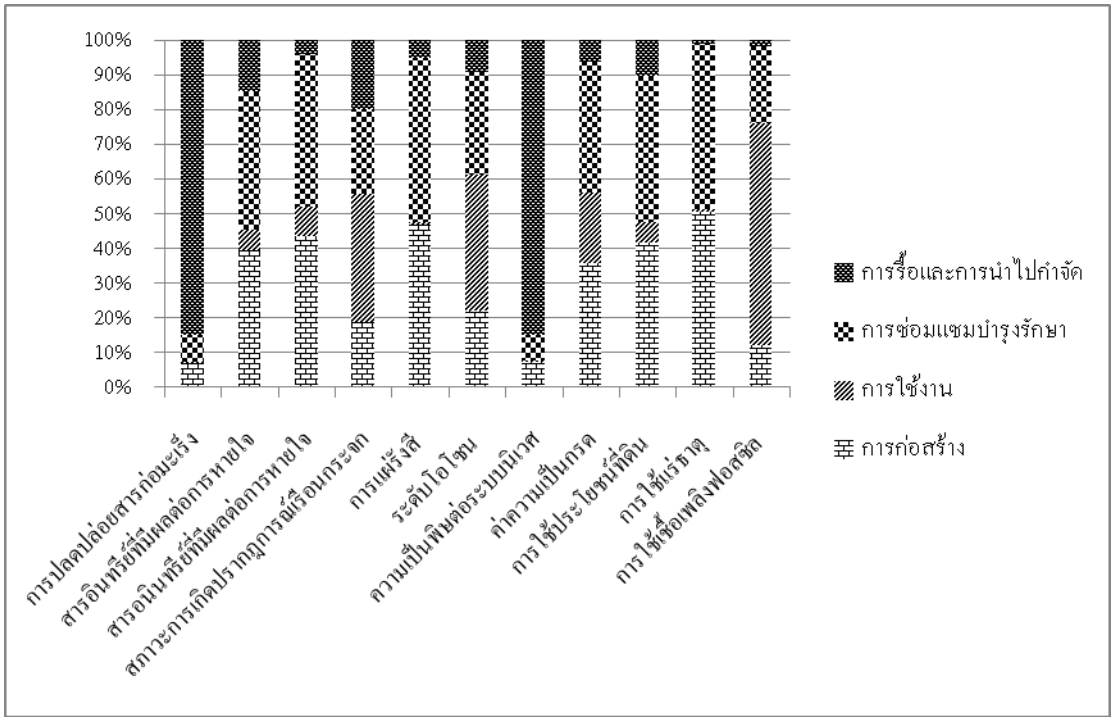
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	pts	2.08E+02	4.01E+00	2.09E+02	2.75E+03
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	2.57E+00	3.93E-01	2.63E+00	1.13E+00
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	1.67E+03	3.29E+02	1.72E+03	1.70E+02
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	pts	3.39E+02	6.66E+02	4.39E+02	4.20E+02
การแผ่รังสี	pts	6.19E+00	1.08E-01	6.21E+00	7.51E-01
ระดับโอโซน	pts	9.90E-02	1.62E-01	1.23E-01	3.97E-02
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	pts	1.48E+02	4.61E+00	1.49E+02	2.08E+03
ค่าความเป็นกรด	pts	9.25E+01	5.44E+01	1.01E+02	1.80E+01
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	pts	1.27E+02	1.82E+01	1.29E+02	3.39E+01
การใช้แร่ธาตุ	pts	1.59E+02	2.54E+00	1.59E+02	4.14E+00
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	pts	1.51E+03	7.51E+03	2.63E+03	2.28E+02
รวม	pts	4.25E+03	8.59E+03	5.54E+03	5.71E+03



รูปที่ ญ2 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

ตารางที่ ญ3 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

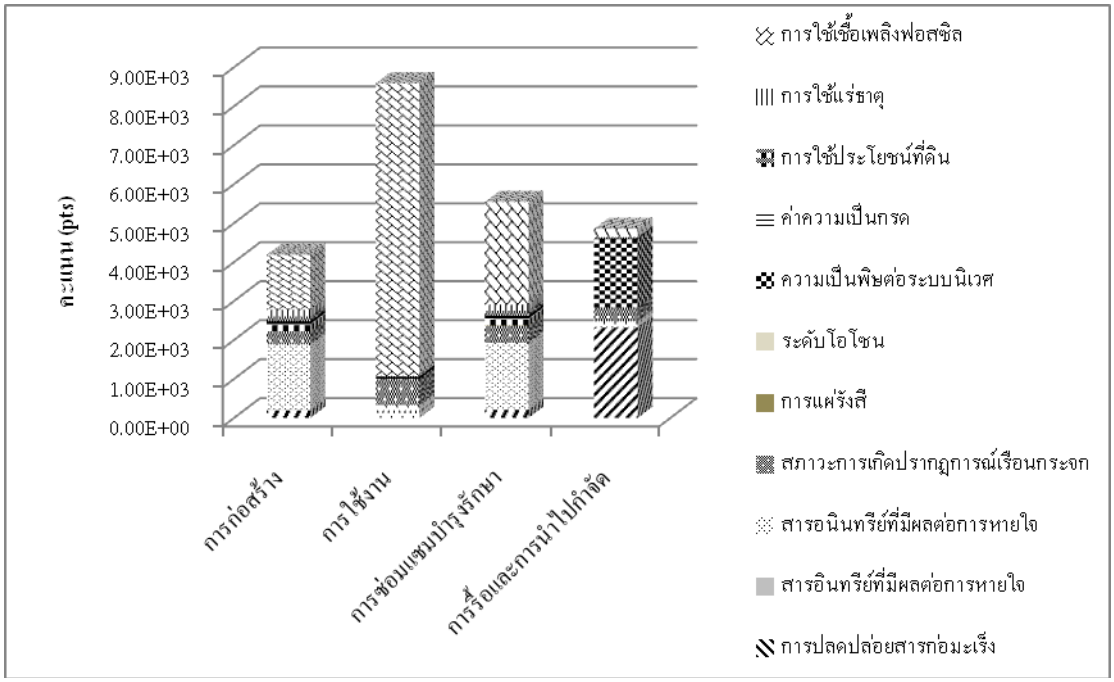
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	7.46E-03	1.54E-04	8.01E-03	8.89E-02
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	1.00E-04	1.51E-05	1.01E-04	3.76E-05
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	6.50E-02	1.26E-02	6.59E-02	6.19E-03
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	DALY	1.28E-02	2.56E-02	1.69E-02	1.37E-02
การแผ่รังสี	DALY	2.35E-04	4.15E-06	2.38E-04	2.56E-05
ระดับโอโซน	DALY	3.54E-06	6.23E-06	4.74E-06	1.48E-06
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	PDF*m2yr	1.99E+03	5.91E+01	1.91E+03	2.25E+04
ค่าความเป็นกรด	PDF*m2yr	1.22E+03	6.98E+02	1.29E+03	2.20E+02
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	PDF*m2yr	1.64E+03	2.33E+02	1.66E+03	4.04E+02
การใช้แร่ธาตุ	MJ surplus	7.11E+03	1.07E+02	6.70E+03	1.64E+02
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	MJ surplus	5.91E+04	3.16E+05	1.11E+05	8.94E+03



รูปที่ ญ3 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

ตารางที่ ญ4 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

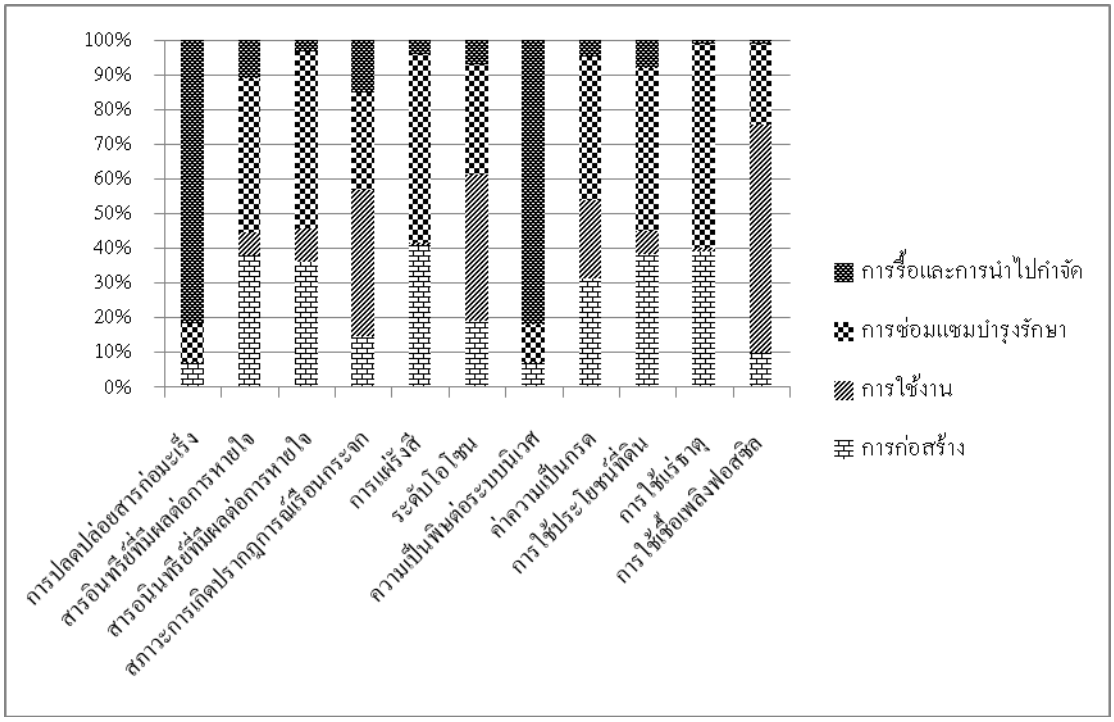
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	pts	1.94E+02	4.01E+00	2.09E+02	2.32E+03
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	2.61E+00	3.93E-01	2.63E+00	9.80E-01
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	1.69E+03	3.29E+02	1.72E+03	1.61E+02
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	pts	3.33E+02	6.66E+02	4.39E+02	3.57E+02
การแผ่รังสี	pts	6.13E+00	1.08E-01	6.21E+00	6.65E-01
ระดับโอโซน	pts	9.23E-02	1.62E-01	1.23E-01	3.85E-02
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	pts	1.55E+02	4.61E+00	1.49E+02	1.75E+03
ค่าความเป็นกรด	pts	9.53E+01	5.44E+01	1.01E+02	1.72E+01
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	pts	1.28E+02	1.82E+01	1.29E+02	3.15E+01
การใช้แร่ธาตุ	pts	1.69E+02	2.54E+00	1.59E+02	3.89E+00
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	pts	1.41E+03	7.51E+03	2.63E+03	2.13E+02
รวม	pts	4.18E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.85E+03



รูปที่ ญ4 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

ตารางที่ ญ5 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

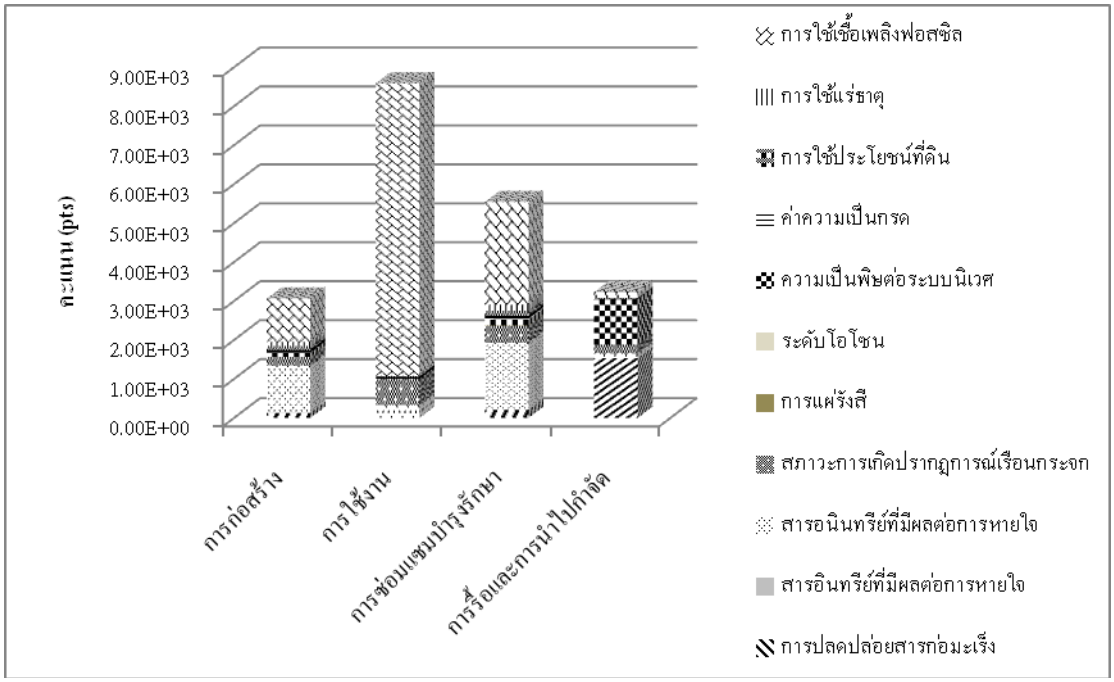
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	4.98E-03	1.54E-04	8.01E-03	5.89E-02
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	8.60E-05	1.51E-05	1.01E-04	2.52E-05
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	4.63E-02	1.26E-02	6.59E-02	4.29E-03
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	DALY	8.68E-03	2.56E-02	1.69E-02	9.11E-03
การแผ่รังสี	DALY	1.78E-04	4.15E-06	2.38E-04	1.73E-05
ระดับโอโซน	DALY	2.84E-06	6.23E-06	4.74E-06	1.03E-06
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	PDF*m2yr	1.26E+03	5.91E+01	1.91E+03	1.49E+04
ค่าความเป็นกรด	PDF*m2yr	9.76E+02	6.98E+02	1.29E+03	1.53E+02
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	PDF*m2yr	1.34E+03	2.33E+02	1.66E+03	2.81E+02
การใช้แร่ธาตุ	MJ surplus	4.41E+03	1.07E+02	6.70E+03	1.13E+02
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	MJ surplus	4.67E+04	3.16E+05	1.11E+05	6.13E+03



รูปที่ ญ5 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ตารางที่ ญ6 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

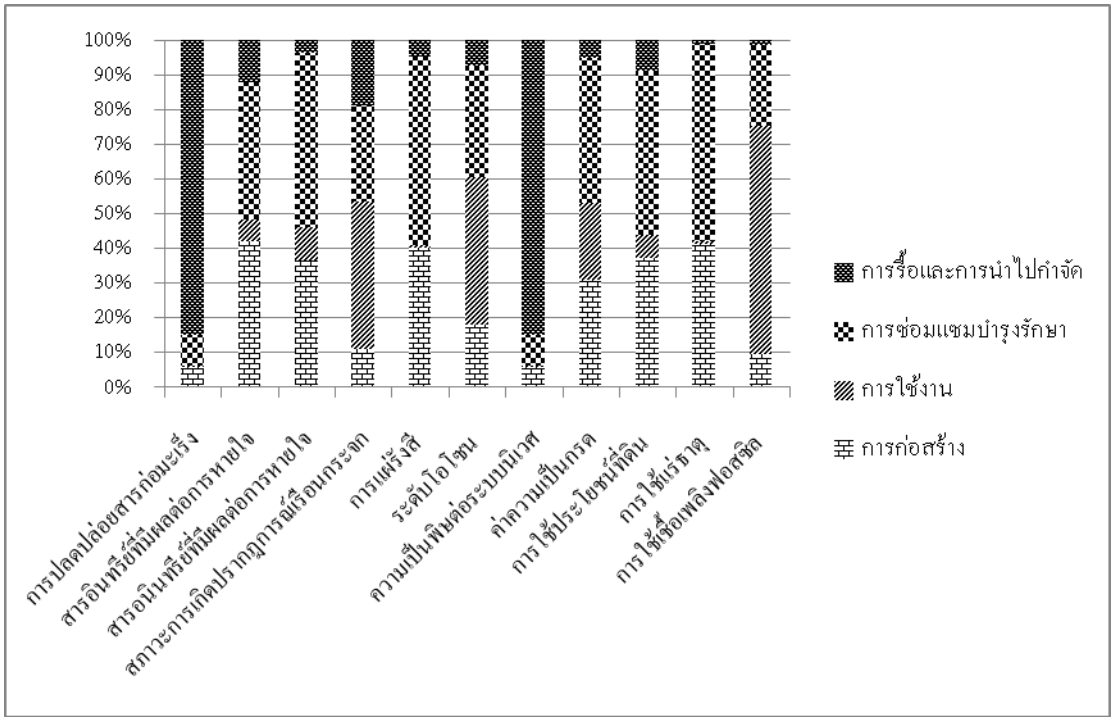
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	pts	1.30E+02	4.01E+00	2.09E+02	1.53E+03
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	2.24E+00	3.93E-01	2.63E+00	6.57E-01
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	1.21E+03	3.29E+02	1.72E+03	1.12E+02
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	pts	2.26E+02	6.66E+02	4.39E+02	2.37E+02
การแผ่รังสี	pts	4.64E+00	1.08E-01	6.21E+00	4.50E-01
ระดับโอโซน	pts	7.38E-02	1.62E-01	1.23E-01	2.69E-02
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	pts	9.82E+01	4.61E+00	1.49E+02	1.16E+03
ค่าความเป็นกรด	pts	7.61E+01	5.44E+01	1.01E+02	1.19E+01
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	pts	1.05E+02	1.82E+01	1.29E+02	2.19E+01
การใช้แร่ธาตุ	pts	1.05E+02	2.54E+00	1.59E+02	2.70E+00
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	pts	1.11E+03	7.51E+03	2.63E+03	1.46E+02
รวม	pts	3.06E+03	8.59E+03	5.54E+03	3.23E+03



รูปที่ ญ6 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

ตารางที่ ญ7 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

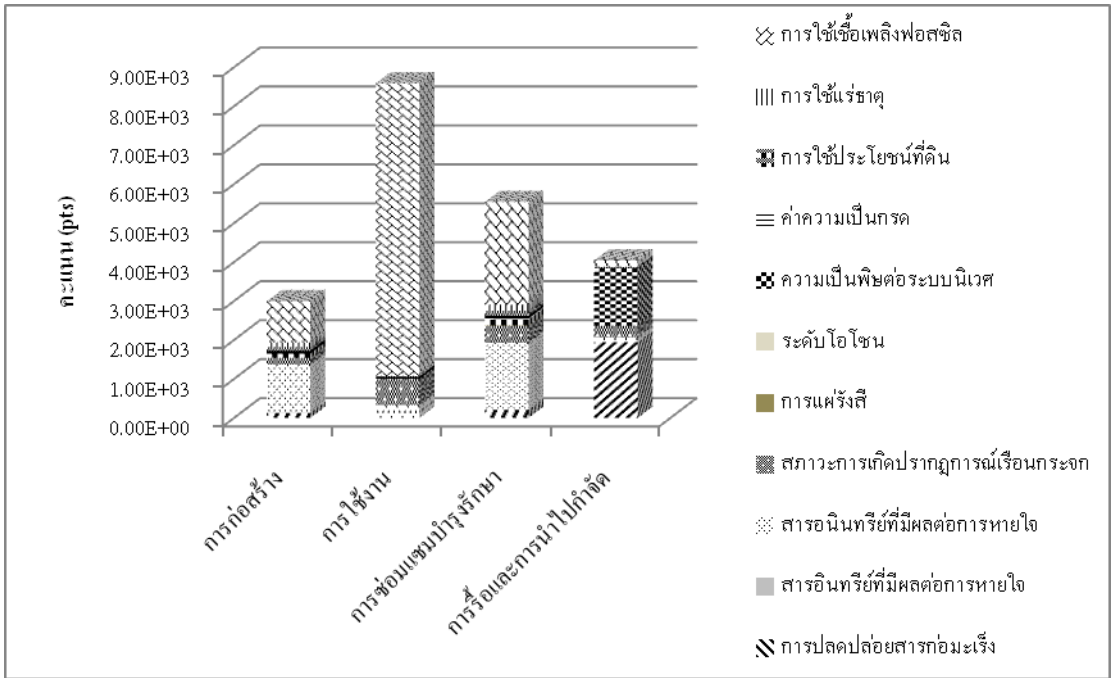
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	DALY	4.98E-03	1.54E-04	8.01E-03	7.46E-02
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	1.07E-04	1.51E-05	1.01E-04	3.08E-05
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	DALY	4.74E-02	1.26E-02	6.59E-02	4.70E-03
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	DALY	6.65E-03	2.56E-02	1.69E-02	1.14E-02
การแผ่รังสี	DALY	1.76E-04	4.15E-06	2.38E-04	2.06E-05
ระดับโอโซน	DALY	2.64E-06	6.23E-06	4.74E-06	1.10E-06
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	PDF*m2yr	1.31E+03	5.91E+01	1.91E+03	1.89E+04
ค่าความเป็นกรด	PDF*m2yr	9.56E+02	6.98E+02	1.29E+03	1.67E+02
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	PDF*m2yr	1.30E+03	2.33E+02	1.66E+03	3.13E+02
การใช้แร่ธาตุ	MJ surplus	4.85E+03	1.07E+02	6.70E+03	1.25E+02
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	MJ surplus	4.43E+04	3.16E+05	1.11E+05	6.89E+03



รูปที่ ญ7 ผลกระทบที่ส่งผลต่อกลุ่มความเสียหายของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

ตารางที่ ญ8 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
การปลดปล่อยสารก่อมะเร็ง	pts	1.30E+02	4.01E+00	2.09E+02	1.94E+03
สารอินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	2.78E+00	3.93E-01	2.63E+00	8.03E-01
สารอนินทรีย์ที่มีผลต่อการหายใจ	pts	1.23E+03	3.29E+02	1.72E+03	1.22E+02
สภาวะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	pts	1.73E+02	6.66E+02	4.39E+02	2.98E+02
การแผ่รังสี	pts	4.57E+00	1.08E-01	6.21E+00	5.36E-01
ระดับโอโซน	pts	6.88E-02	1.62E-01	1.23E-01	2.88E-02
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	pts	1.02E+02	4.61E+00	1.49E+02	1.47E+03
ค่าความเป็นกรด	pts	7.46E+01	5.44E+01	1.01E+02	1.30E+01
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	pts	1.01E+02	1.82E+01	1.29E+02	2.44E+01
การใช้แร่ธาตุ	pts	1.15E+02	2.54E+00	1.59E+02	2.98E+00
การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล	pts	1.06E+03	7.51E+03	2.63E+03	1.64E+02
รวม	pts	2.99E+03	8.59E+03	5.54E+03	4.04E+03



รูปที่ ญ8 ผลกระทบในรูปคะแนนเชิงเดี่ยว (Single Score) ของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

ภาคผนวก ฎ

ผลการประเมินด้วยโปรแกรม SimaPro 7.1 วิธี BEES

ตารางที่ ฎ1 ผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
ภาวะโลกร้อน	g CO_2 eq	6.15E+07	1.22E+08	7.98E+07	8.21E+07
ภาวะความเป็นกรด	H^+ moles eq	1.52E+07	5.07E+06	1.59E+07	2.24E+06
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_6H_6 eq	4.41E+05	5.83E+03	4.42E+05	2.28E+05
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_7H_7 eq	1.08E+09	1.98E+07	1.08E+09	1.30E+10
ปริมาณมลสารในอากาศ	microDALYs	1.56E+04	5.97E+02	1.57E+04	5.87E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	g N eq	8.78E+04	7.17E+03	8.89E+04	8.77E+05
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	g 2,4-D eq	1.95E+06	4.07E+04	1.95E+06	4.06E+06
การเกิดหมอกควัน	g NO_x eq	2.26E+05	1.58E+05	2.50E+05	4.75E+04
ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	6.98E+04	3.80E+05	1.27E+05	9.72E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	kg TVOC eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	T&E count	1.94E-09	1.99E-08	4.93E-09	4.30E-09
ปริมาณการใช้น้ำ	liters	1.89E+08	2.75E+06	1.89E+08	1.55E+07
ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ	g CFC-11 eq	1.81E+00	5.08E-01	1.89E+00	1.16E+00

ตารางที่ ฎ2 ผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
ภาวะโลกร้อน	g CO_2 eq	6.04E+07	1.22E+08	7.98E+07	6.97E+07
ภาวะความเป็นกรด	H^+ moles eq	1.59E+07	5.07E+06	1.59E+07	2.10E+06
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_6H_6 eq	4.38E+05	5.83E+03	4.42E+05	1.93E+05
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_7H_7 eq	1.12E+09	1.98E+07	1.08E+09	1.09E+10
ปริมาณมลสารในอากาศ	microDALYs	1.57E+04	5.97E+02	1.57E+04	5.52E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	g N eq	9.41E+04	7.17E+03	8.89E+04	7.38E+05
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	g 2,4-D eq	2.11E+06	4.07E+04	1.95E+06	3.42E+06
การเกิดหมอกควัน	g NO_x eq	2.28E+05	1.58E+05	2.50E+05	4.52E+04
ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	6.53E+04	3.80E+05	1.27E+05	9.06E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	kg TVOC eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	T&E count	1.85E-09	1.99E-08	4.93E-09	3.75E-09
ปริมาณการใช้น้ำ	liters	1.85E+08	2.75E+06	1.89E+08	1.35E+07
ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ	g CFC-11 eq	1.77E+00	5.08E-01	1.89E+00	1.13E+00

ตารางที่ ฎ3 ผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
ภาวะโลกร้อน	g CO_2 eq	4.10E+07	1.22E+08	7.98E+07	4.63E+07
ภาวะความเป็นกรด	H^+ moles eq	1.24E+07	5.07E+06	1.59E+07	1.45E+06
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_6H_6 eq	2.86E+05	5.83E+03	4.42E+05	1.28E+05
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_7H_7 eq	7.13E+08	1.98E+07	1.08E+09	7.23E+09
ปริมาณมลสารในอากาศ	microDALYs	1.07E+04	5.97E+02	1.57E+04	3.81E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	g N eq	5.99E+04	7.17E+03	8.89E+04	4.89E+05
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	g 2,4-D eq	1.30E+06	4.07E+04	1.95E+06	2.27E+06
การเกิดหมอกควัน	g NO_x eq	1.84E+05	1.58E+05	2.50E+05	3.14E+04
ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	5.16E+04	3.80E+05	1.27E+05	6.21E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	kg TVOC eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	T&E count	1.34E-09	1.99E-08	4.93E-09	2.46E-09
ปริมาณการใช้น้ำ	liters	1.40E+08	2.75E+06	1.89E+08	9.07E+06
ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ	g CFC-11 eq	1.44E+00	5.08E-01	1.89E+00	7.89E-01

ตารางที่ ฎ4 ผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้

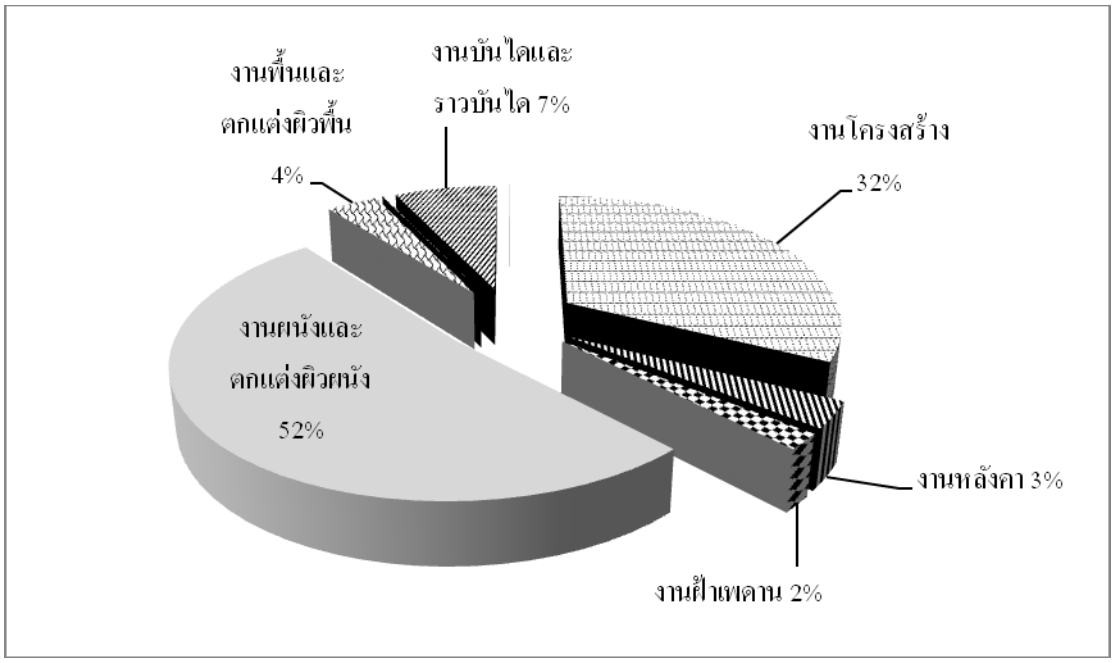
กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	การก่อสร้าง	การใช้งาน	การซ่อมแซมบำรุงรักษา	การรื้อและนำไปกำจัด
ภาวะโลกร้อน	g CO_2 eq	3.13E+07	1.22E+08	7.98E+07	5.82E+07
ภาวะความเป็นกรด	H^+ moles eq	1.24E+07	5.07E+06	1.59E+07	1.61E+06
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_6H_6 eq	2.90E+05	5.83E+03	4.42E+05	1.61E+05
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์แต่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	g C_7H_7 eq	7.35E+08	1.98E+07	1.08E+09	9.17E+09
ปริมาณมลสารในอากาศ	microDALYs	1.14E+04	5.97E+02	1.57E+04	4.22E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	g N eq	6.17E+04	7.17E+03	8.89E+04	6.20E+05
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	g 2,4-D eq	1.38E+06	4.07E+04	1.95E+06	2.87E+06
การเกิดหมอกควัน	g NO_x eq	1.82E+05	1.58E+05	2.50E+05	3.42E+04
ภาวะถดถอยของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ	MJ surplus	4.86E+04	3.80E+05	1.27E+05	6.98E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	kg TVOC eq	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	T&E count	1.32E-09	1.99E-08	4.93E-09	3.04E-09
ปริมาณการใช้น้ำ	liters	1.38E+08	2.75E+06	1.89E+08	1.10E+07
ภาวะถดถอยของโอโซนในชั้นบรรยากาศ	g CFC-11 eq	1.35E+00	5.08E-01	1.89E+00	8.42E-01

ภาคผนวก ฏ

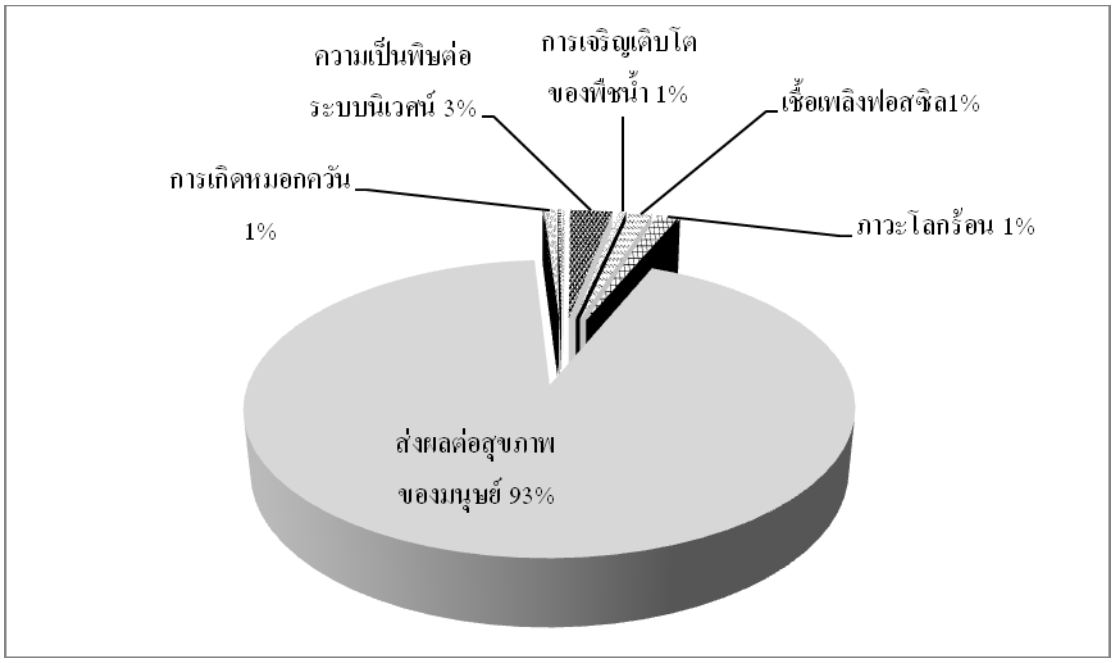
ผลการประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ ฎ1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

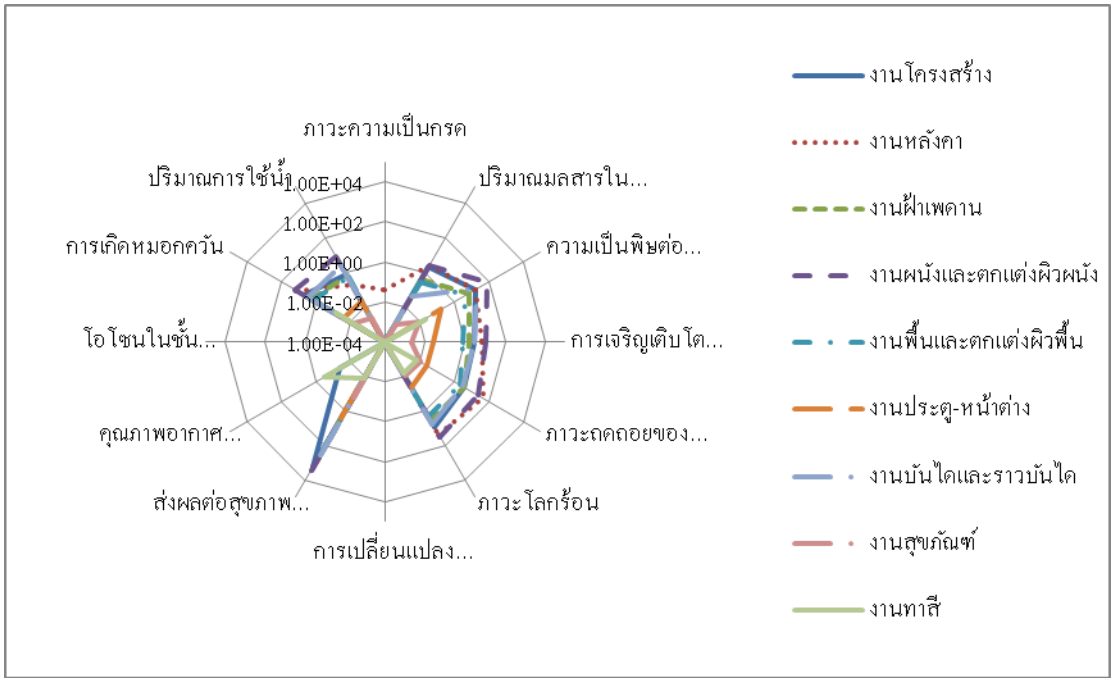
กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน									รวม คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้า เพดาน	งานผนัง และ ตกแต่งผิว ผนัง	งานพื้น และ ตกแต่ง ผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งาน บันได และราว บันได	งาน สุขภัณฑ์	งานทาสี	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.91E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.91E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	2.15E+00	2.74E+00	4.07E-01	2.36E+00	3.01E-01	0.00E+00	4.13E-02	1.08E-03	0.00E+00	8.00E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.57E+01	1.71E+01	6.83E+00	8.16E+01	4.37E+00	1.69E-01	2.15E+01	8.61E-03	2.03E-02	1.47E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.98E+00	7.18E+00	1.58E+00	1.09E+01	7.21E-01	2.57E-02	2.71E+00	2.15E-03	0.00E+00	2.61E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.41E+00	4.27E+01	3.70E+00	2.28E+01	2.05E+00	2.59E-02	2.81E+00	1.08E-02	6.74E-03	7.75E+01
ภาวะโลกร้อน	7.99E+00	2.29E+01	3.47E+00	3.08E+01	2.29E+00	4.62E-02	5.49E+00	8.61E-03	6.74E-03	7.30E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.68E+03	6.47E+01	8.54E+01	2.57E+03	1.77E+02	2.49E+00	3.37E+02	1.58E-01	1.35E-02	4.92E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	4.03E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.19E-01	3.60E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเกิดหมอกควัน	5.14E+00	1.30E+01	1.72E+00	1.66E+01	1.62E+00	2.56E-02	2.79E+00	6.46E-03	7.47E-02	4.10E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	7.88E-01	1.95E-01	5.99E-01	8.61E+00	5.14E-01	2.06E-02	2.68E+00	2.15E-03	0.00E+00	1.34E+01
รวมคะแนน (pts/house)	1.72E+03	1.71E+02	1.04E+02	2.74E+03	1.89E+02	2.80E+00	3.75E+02	1.98E-01	4.41E-01	5.30E+03



รูปที่ ฎ1 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



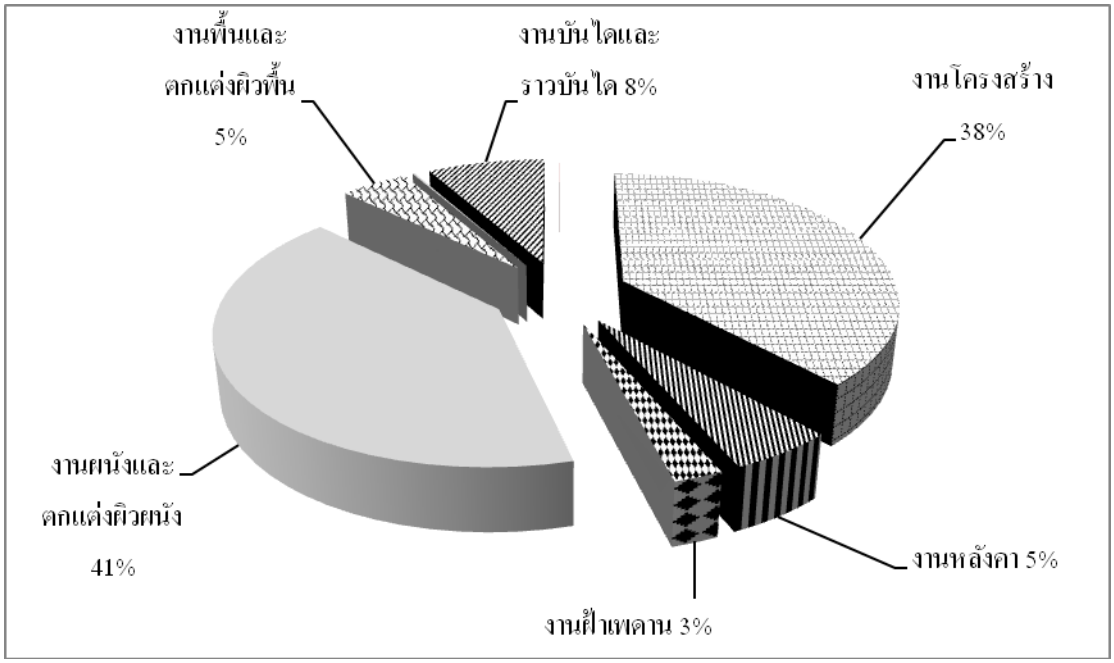
รูปที่ ฎ2 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



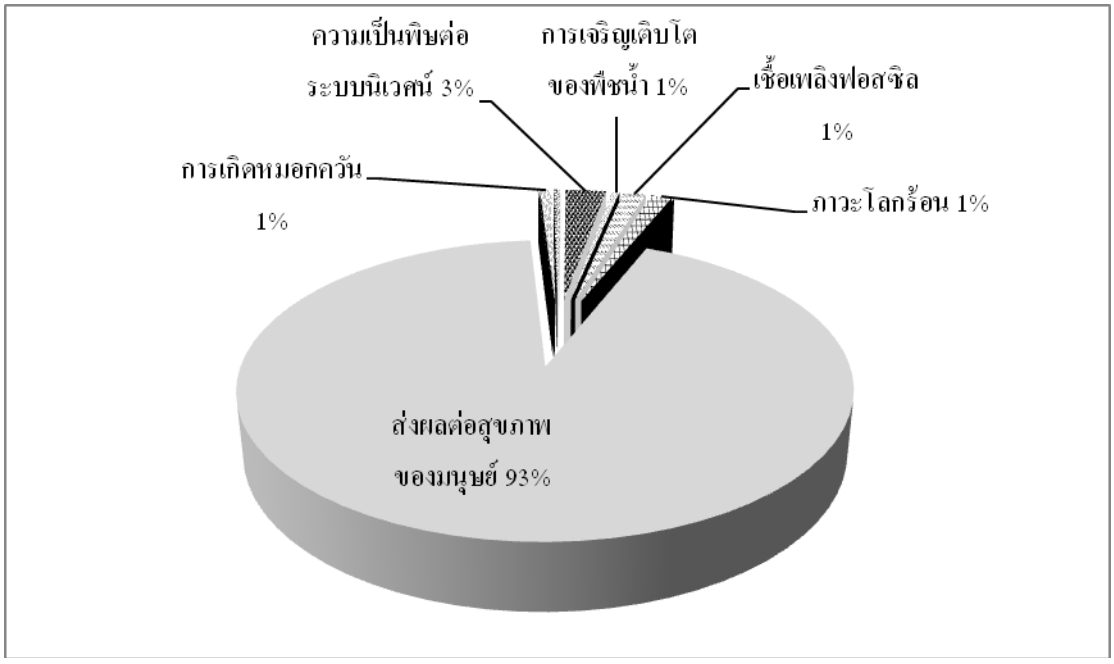
รูปที่ ฎ3 ความสัมพันธ์ระหว่างหมวดงานและผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ ฎ2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลางโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

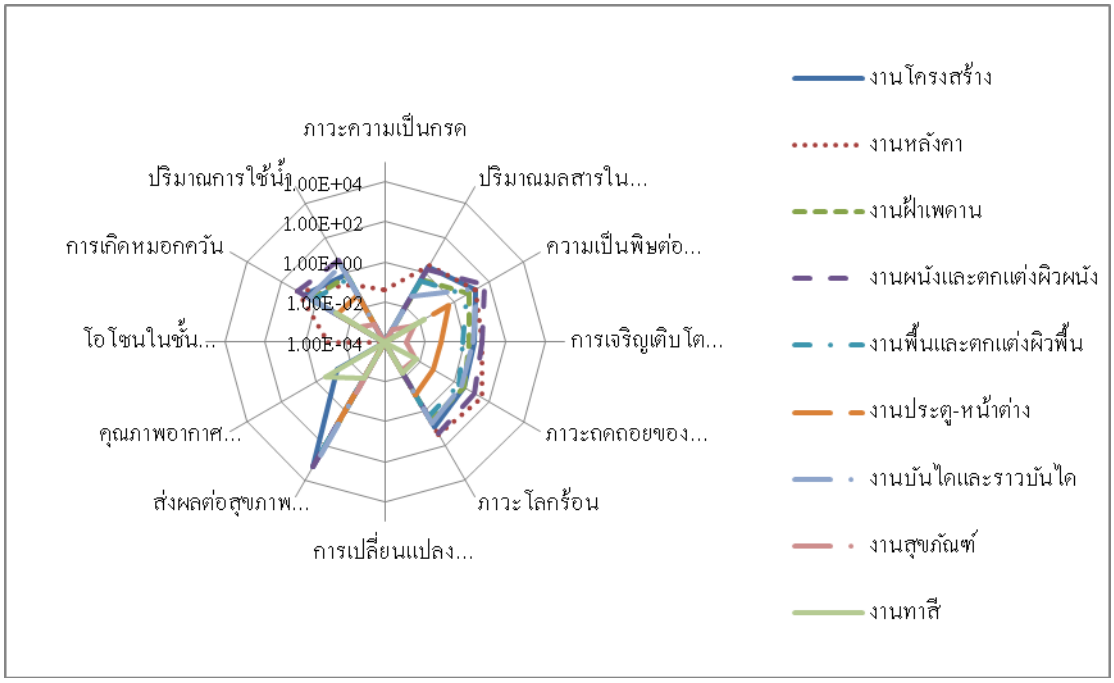
กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน									คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.70E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.70E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	2.17E+00	2.70E+00	4.18E-01	1.65E+00	3.02E-01	0.00E+00	4.34E-02	5.38E-04	0.00E+00	7.29E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.61E+01	1.71E+01	6.95E+00	5.32E+01	4.66E+00	4.32E-01	2.11E+01	4.31E-03	1.86E-02	1.20E+02
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	3.02E+00	6.96E+00	1.61E+00	7.15E+00	7.30E-01	5.78E-02	2.66E+00	1.08E-03	0.00E+00	2.22E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.45E+00	4.08E+01	3.78E+00	1.48E+01	1.88E+00	5.80E-02	2.78E+00	5.38E-03	6.18E-03	6.76E+01
ภาวะโลกร้อน	8.30E+00	2.22E+01	3.54E+00	2.02E+01	2.25E+00	1.11E-01	5.40E+00	4.31E-03	6.18E-03	6.20E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.70E+03	1.34E+02	9.13E+01	1.76E+03	2.01E+02	6.36E+00	3.32E+02	7.91E-02	1.24E-02	4.22E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.80E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.93E-01	3.51E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	6.89E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.89E-02
การเกิดหมอกควัน	5.20E+00	1.27E+01	1.75E+00	1.10E+01	1.58E+00	5.76E-02	2.75E+00	3.23E-03	6.85E-02	3.51E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	7.98E-01	1.85E-01	6.02E-01	5.45E+00	4.91E-01	5.36E-02	2.63E+00	1.08E-03	0.00E+00	1.02E+01
รวมคะแนน (pts/house)	1.74E+03	2.37E+02	1.10E+02	1.87E+03	2.12E+02	7.13E+00	3.70E+02	9.90E-02	4.05E-01	4.55E+03



รูปที่ ฎ4 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



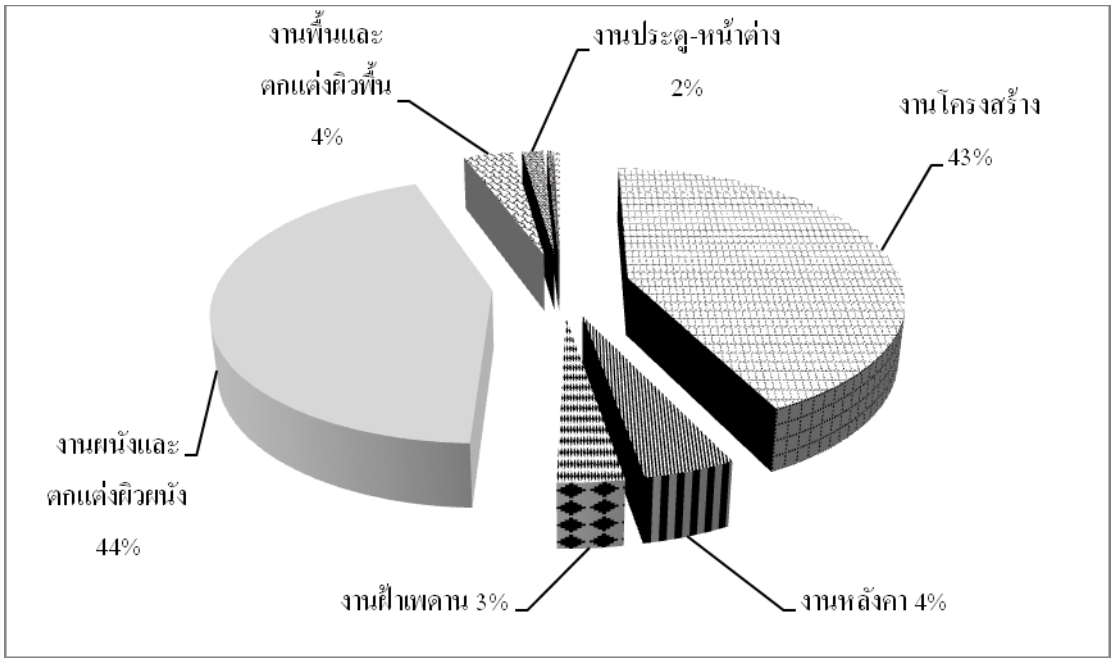
รูปที่ ฎ5 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



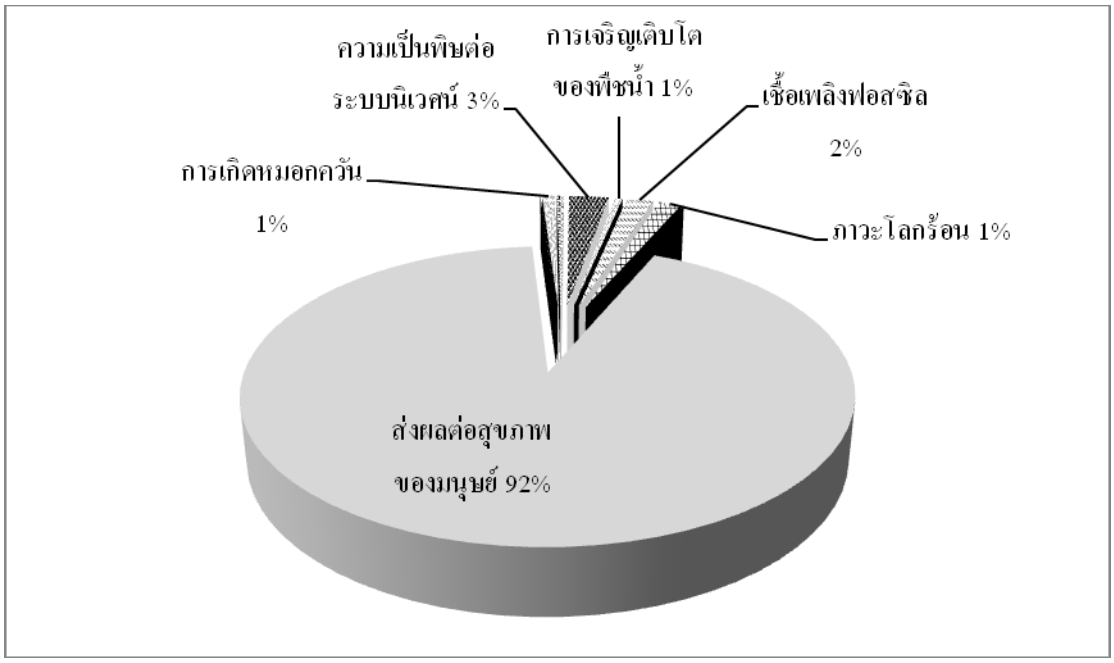
รูปที่ ฎ6 ความสัมพันธ์ระหว่างหมวดงานและผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ ฎ3 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสานโดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

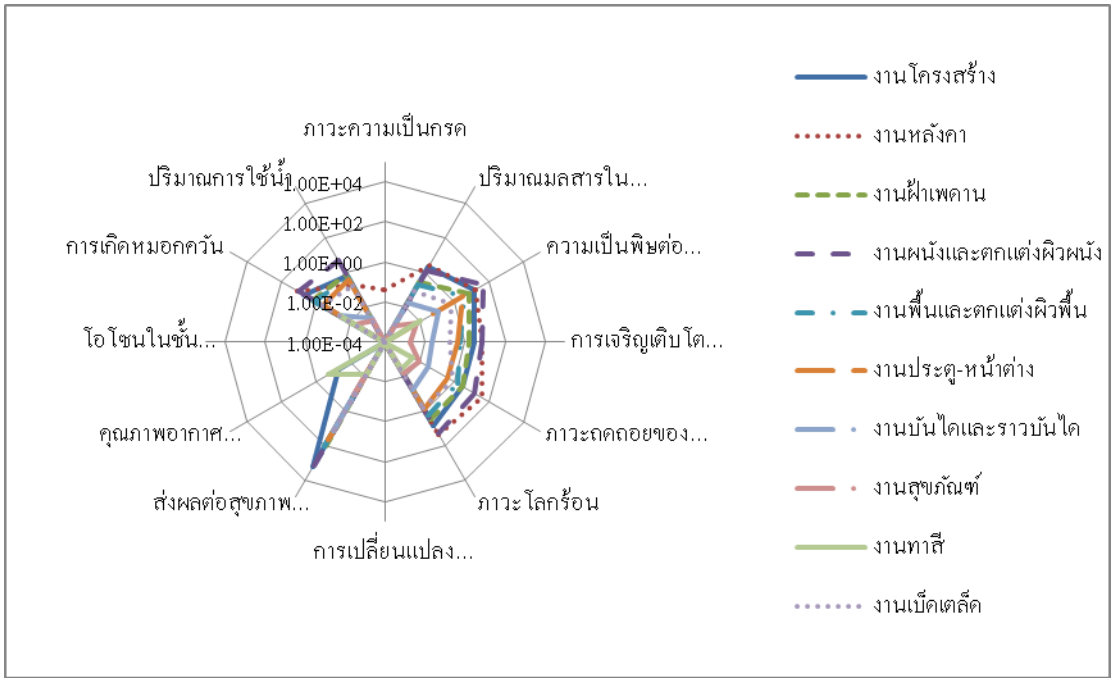
กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน										คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	งานเบ็ดเตล็ด	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.72E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.72E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	1.98E+00	2.62E+00	2.86E-01	1.34E+00	1.93E-01	0.00E+00	1.76E-02	8.61E-04	0.00E+00	8.29E-02	6.52E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.40E+01	1.63E+01	7.47E+00	4.99E+01	3.69E+00	3.30E+00	1.16E-01	6.89E-03	1.19E-02	6.63E-01	9.54E+01
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.67E+00	6.83E+00	1.50E+00	6.82E+00	6.09E-01	4.16E-01	2.15E-02	1.72E-03	0.00E+00	1.66E-01	1.90E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	3.07E+00	4.07E+01	2.96E+00	1.40E+01	1.55E+00	4.16E-01	2.89E-02	8.61E-03	3.95E-03	8.29E-01	6.36E+01
ภาวะโลกร้อน	7.24E+00	2.18E+01	3.14E+00	1.88E+01	1.76E+00	8.28E-01	5.90E-02	6.89E-03	3.95E-03	6.63E-01	5.43E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.54E+03	6.27E+01	1.01E+02	1.50E+03	1.17E+02	4.87E+01	1.37E+01	1.27E-01	7.94E-03	1.22E+01	3.40E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.45E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.88E-01	0.00E+00	2.42E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
การเกิดหมอกควัน	4.67E+00	1.24E+01	1.60E+00	1.01E+01	1.21E+00	4.16E-01	4.39E-02	5.17E-03	4.39E-02	4.97E-01	3.09E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	6.57E-01	1.86E-01	7.46E-01	5.35E+00	4.66E-01	4.12E-01	2.54E-03	1.72E-03	0.00E+00	1.66E-01	7.98E+00
รวมคะแนน (pts/house)	1.57E+03	1.64E+02	1.18E+02	1.61E+03	1.27E+02	5.44E+01	1.40E+01	1.58E-01	2.59E-01	1.53E+01	3.68E+03



รูปที่ ฎ7 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



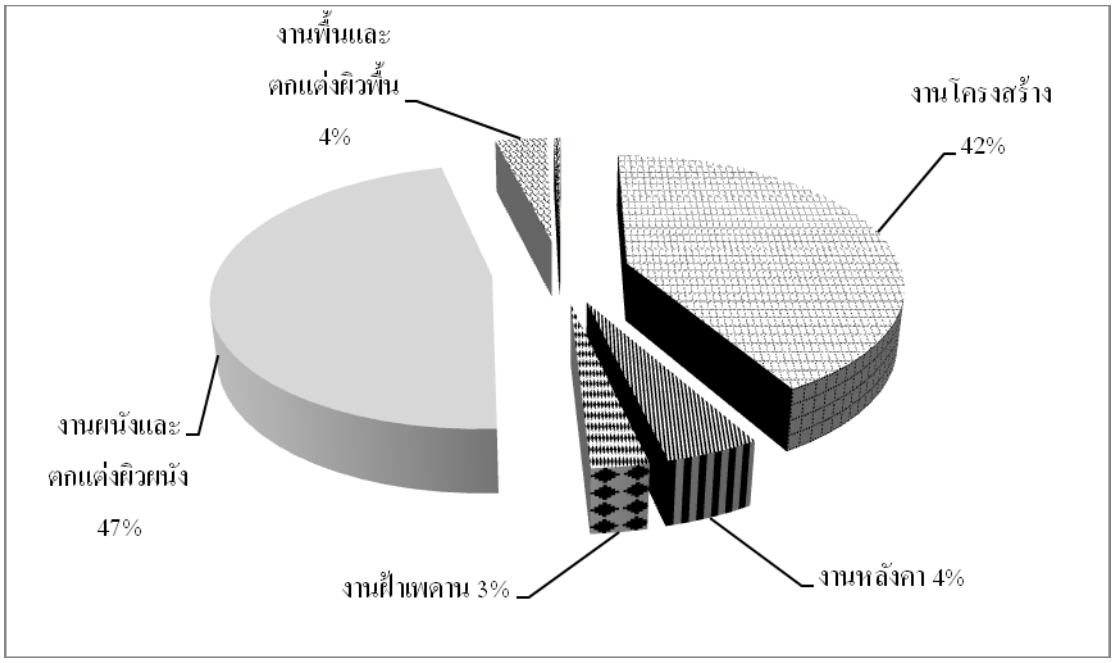
รูปที่ ฎ8 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



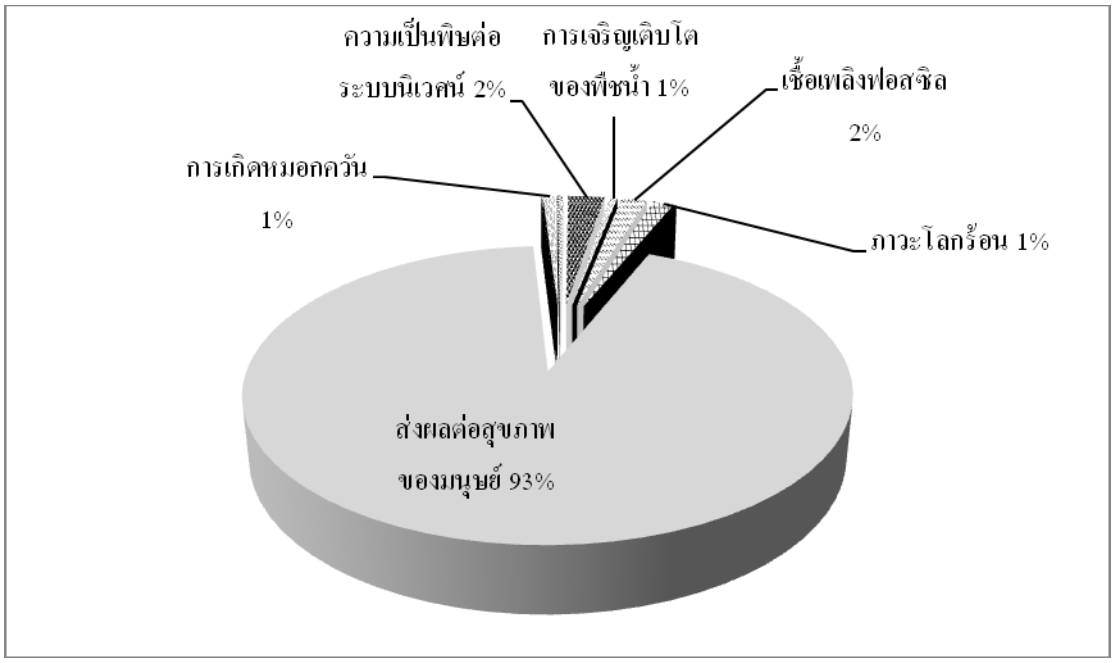
รูปที่ ฎ9 ความสัมพันธ์ระหว่างหมวดงานและผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ตารางที่ ฎ4 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้โดยพิจารณาแยกตามหมวดงาน ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

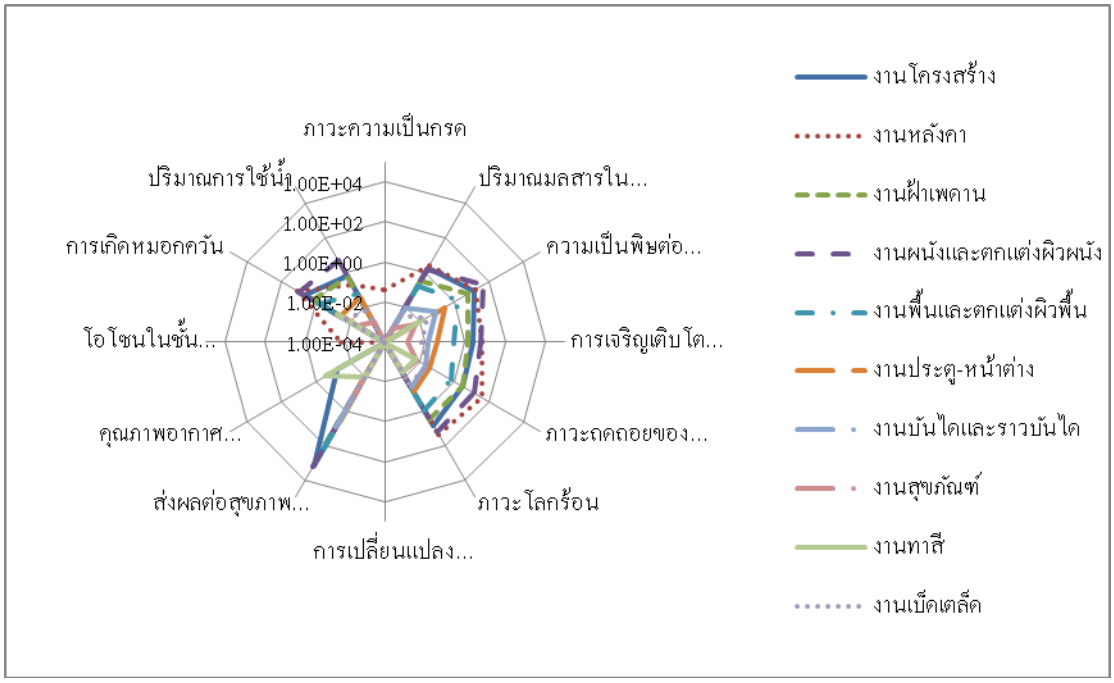
กลุ่มผลกระทบ	หมวดงาน										คะแนน (pts/house)
	งาน โครงสร้าง	งานหลังคา	งานฝ้าเพดาน	งานผนังและตกแต่งผิวผนัง	งานพื้นและตกแต่งผิวพื้น	งานประตู-หน้าต่าง	งานบันไดและราวบันได	งานสุขภัณฑ์	งานทาสี	งานเบ็ดเตล็ด	
ภาวะความเป็นกรด	0.00E+00	3.73E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.73E-02
ปริมาณมลสารในอากาศ	1.87E+00	2.62E+00	3.48E-01	1.46E+00	1.69E-01	0.00E+00	9.69E-03	6.46E-04	0.00E+00	3.18E-03	6.48E+00
ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์	1.32E+01	1.63E+01	6.13E+00	4.75E+01	1.58E+00	2.75E-01	9.13E-02	5.17E-03	1.63E-02	2.54E-02	8.52E+01
การเจริญเติบโตของพืชน้ำ	2.54E+00	6.84E+00	1.34E+00	6.45E+00	2.85E-01	3.76E-02	1.38E-02	1.29E-03	0.00E+00	6.35E-03	1.75E+01
ภาวะถดถอยของเชื้อเพลิงฟอสซิล	2.91E+00	4.08E+01	3.00E+00	1.32E+01	6.50E-01	3.76E-02	2.35E-02	6.46E-03	5.42E-03	3.18E-02	6.07E+01
ภาวะโลกร้อน	6.79E+00	2.19E+01	2.93E+00	1.80E+01	8.76E-01	7.15E-02	4.29E-02	5.17E-03	5.42E-03	2.54E-02	5.06E+01
การเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
ส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์	1.46E+03	6.19E+01	8.39E+01	1.57E+03	1.24E+02	4.06E+00	8.18E+00	9.49E-02	1.08E-02	4.67E-01	3.31E+03
คุณภาพอากาศภายในอาคาร	5.83E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.55E-01	0.00E+00	3.13E-01
โอโซนในชั้นบรรยากาศ	0.00E+00	1.61E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.61E-02
การเกิดหมอกควัน	4.43E+00	1.24E+01	1.49E+00	9.88E+00	6.79E-01	3.76E-02	3.32E-02	3.88E-03	5.96E-02	1.91E-02	2.90E+01
ปริมาณการใช้น้ำ	6.36E-01	1.86E-01	5.54E-01	4.86E+00	5.60E-02	3.40E-02	0.00E+00	1.29E-03	0.00E+00	6.35E-03	6.34E+00
รวมคะแนน (pts/house)	1.49E+03	1.63E+02	9.97E+01	1.67E+03	1.28E+02	4.55E+00	8.39E+00	1.19E-01	3.52E-01	5.84E-01	3.56E+03



รูปที่ ฎ10 สัดส่วนหมวดงานที่ส่งผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



รูปที่ ฎ11 สัดส่วนผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้
ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0



รูปที่ ฎ12 ความสัมพันธ์ระหว่างหมวดงานและผลกระทบของบ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้ ประเมินด้วยโปรแกรม BEES 4.0

ภาคผนวก ฐ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Nathakan Somtua and Chatpet Yossapol. (2009). **Comparative Life Cycle Assessment of Residential Buildings in Thailand Using Two LCIA Methods.** 2nd International Conference on Green and Sustainable Innovation (ICGSI 2009). Energy Research and Development Institute (ERDI), Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand; December, 2-4, 2009. pp. 38-44.

ICGSI 2009
International Conference on Green and Sustainable Innovation

International Conference on Green and Sustainable Innovation 2009
December 2 – 4, 2009, Chiang Rai

Comparative Life Cycle Assessment of Residential Buildings in Thailand Using Two LCIA Methods

Nathakan Somtua and Chatpet Yossapol*

School of Environmental Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000
Corresponding Author: chatpet@sut.ac.th, Tel. (044) 224-418, Fax. (044) 224-606

Abstract

Sustainable architecture or green architecture is a concept that is gaining more interest as it could be applied as an approach for sustainable thinking. In this concept the environmental impacts are taken into account in the design, construction, usage, and end-of-life stages of a building or a structure. Up to date, however, architects mostly focus on the environmental impacts associated in the use stage of a building as it poses the most energy consumption compared with other life cycle stages. Furthermore, there is little tool that architects can be employed to assess the environmental impacts for the entire life cycle stages of a building project.

Life Cycle Assessment (LCA) is a tool that can be used to assess the environmental impacts associated with an entire life cycle stages of a product or a service. However, the application of LCA for sustainable architecture is rather limited. In this paper, a comparative life cycle assessment for residential buildings is performed using two life cycle impact assessment (LCIA) methods namely BEES 4.0 and Eco-indicator 99. Four Thai-style single residential buildings which are Northern style, Central style, Northeastern style, and Southern style, are selected as the subject for the assessment. These residential buildings were designed by the Department of Public Works and Town & Country Planning by which the drawings as well as the bill of quantity are made free to the public. Although the useable space of these houses varies from 242 to 339 square meters, the assessment is conducted on the same basis of functional unit which is one square meter of the useable space of the house over a life span of 50 years. Life cycle stages taken into consideration are material manufacturing, construction, usage, maintenance, demolition and disposal.

Keywords: green architecture, life cycle assessment, life cycle impact assessment, residential building

1. Introduction

Sustainable architecture or green architecture is a concept that is gaining more interest as it could be applied as an approach for sustainable thinking. In this concept the environmental impacts are taken into account in the design, construction, usage, and end-of-life stages of a building or a structure. Up to date,

architects mostly focus on the environmental impacts associated in the use stage of a building as it poses the most energy consumption compared with other life cycle stages. Furthermore, there is little tool that architects can be employed to assess the environmental impacts for the entire life cycle stages of a building project. Life Cycle Assessment (LCA) is a methodology used to evaluate environmental loads throughout all stages of the building life cycle, from origin (raw materials) to end of life (disposal waste) [1]. Life cycle assessment of a building will give result that help practitioners to choose the system or materials which are more environmental friendly. There are three types residential building structure in Thailand they are wood, concrete, and steel structure. From life cycle assessment of building in the foreign countries compare between wood structures with brick structure is found to be the wood structure is most environmental friendly system [2]. But in Thailand, wood is expensive and not well managed. Therefore, concrete structure is more used. Steel structure is recently introduced but still not so popular. Form research compare life cycle assessment results of concrete and steel residential building structure with the same usage area. It has been found that steel structure is slightly more environmental friendly [3]. In terms of residential environmental loads, the operation phase (usage) is that most critical because of the high environmental loads from energy consumption for heating, ventilation and air conditioning (HVAC), lighting, electrical appliances and cooking [4]. However, the application of Life cycle assessment for sustainable architecture is rather limited. In this paper, a comparative life cycle assessment for residential buildings is performed using two life cycle impact assessment (LCIA) methods namely BEES 4.0 and Eco-indicator 99.

2. Methods

Life Cycle Assessment follows the international standard series of ISO 14040. Although there are plenty of valuable sources documenting the technical and practical details, LCA methodology is based on four essentials steps: goal and scope, inventory, impact assessment, and interpretation [9] as illustrated in the figure 1 below.

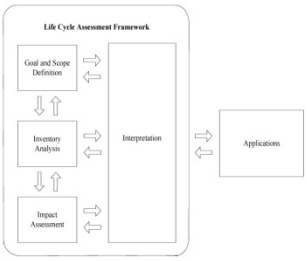


Fig. 1 Phases of a Life Cycle Assessment

2.1 Goal and Scope Definition

The goal of this study is to comparative life cycle assessment for residential buildings are performed using two life cycle impact assessment (LCIA) methods namely BEES 4.0 and Eco-indicator 99. Four Thai-style single residential buildings which are Northern style, Central style, Northeastern style, and Southern style, are selected as the subject for the assessment. The useable space of these houses varies from 242 to 339 square meters, as shown in Fig. 2. The assessment is conducted on the same basis of functional unit which is one square meter of the useable space of the house over a life span of 50 years which corresponds both of research in Thailand [5] and the foreign countries [6-8].

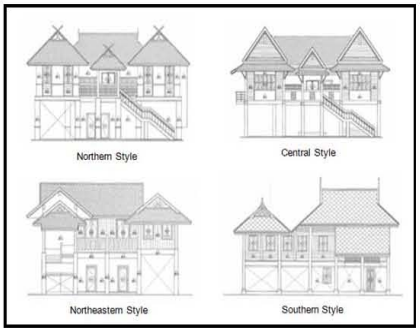


Fig. 2 Four Thai-style single residential buildings

2.2 Life Cycle Inventory Analysis (LCI)

The life cycle inventory analysis component is a technical, database process of quantifying energy and raw material requirements, atmospheric emissions, waterborne emissions, solid wastes and other releases for the entire life cycle of a product, package, process, material or activity. The data used for the purpose of this study comes from the Department of Public Works and Town & Country Planning by which the drawings as well as the bill of quantity are made free to the public, that the details of Four Thai-style Single Residential Buildings as shown in Table 1. Life cycle stages taken into consideration are material manufacturing, construction, usage, maintenance, demolition and disposal shown as illustrated in the Fig. 3.

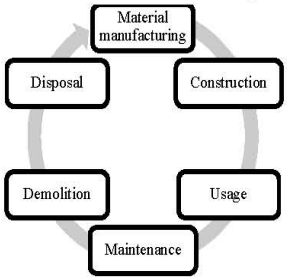


Fig. 3 Life cycle stage of residential buildings taken into consideration

Table 1 shown the details of Four Thai-style Single Residential Buildings

Item	Northern	Central	Northeastern	Southern
2 storey, bedroom/bathroom	3/3	2/2	2/2	2/1
Foundation without pile (baht)	1,999,000	2,125,000	1,632,000	1,541,000
Foundation with pile (baht)	2,138,000	2,257,000	1,746,000	1,633,000
Useable area (m^2)	332.88	338.37	242	243.30
Real estate size (wah^2)	100	100	75	80

2.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

The impact assessment step analyzes and evaluates the magnitude and significance of the potential environmental impacts of the life cycle of residential buildings. The results of the inventory analysis are translated into contributions to relevant impact categories.

2.3.1 Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Using BEES 4.0

The BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) software implements a consistent, systematic technique for selecting environmentally preferable, cost effective building products. The technique is based on consensus standards and designed to be practical, flexible, and transparent, includes actual environmental and economic performance data for 65 building products [9]. BEES measure the economic and environmental performance of building products using publicly sanctioned methods of decision making. Environmental performance measures are based on the LCA approach specified in ISO 14040 standards [10, 11]. The BEES user specifies the relative importance weights used to combine environmental and economic performance scores and may test the sensitivity of the overall scores to different sets of relative importance weights. The Equal Weights and Discount Rate (Excluding Inflation) 6% [12] used in this research. Table 2 and Table 3 are

presents the environmental impact in construction stage of Four Thai-style single residential buildings by using BEES 4.0 method.

Table 2 Environmental impact follows work category in construction stage by using BEES 4.0

Work Category	Score (pts/house)			
	Northern	Central	Northeastern	Southern
Structure	1.18E+03	1.20E+03	9.54E+02	2.04E+02
Rooftop	1.21E+03	1.50E+03	1.11E+03	1.12E+03
Ceiling	2.19E+01	2.77E+01	1.63E+01	2.37E+01
Partition	1.47E+03	1.07E+03	8.24E+02	9.54E+02
Floor	2.86E+01	2.37E+01	2.14E+01	7.53E+00
Stair	5.49E-02	5.49E-02	2.91E-02	0.00E+00
Total	3.92E+03	3.82E+03	2.92E+03	2.31E+03
Score (pts/m^2)	1.18E+01	1.13E+01	1.21E+01	9.51E+00

Table 3 Environmental impact follows impact category in construction stage by using BEES 4.0

Impact Category	Score (pts/house)			
	Northern	Central	Northeastern	Southern
Acidification	2.91E-01	3.58E-01	2.65E-01	2.89E-01
Crit. Air Pollutants	2.44E+01	2.86E+01	2.13E+01	2.07E+01
Ecological Toxicity	1.54E+02	1.79E+02	1.33E+02	1.31E+02
Eutrophication	5.87E+01	7.04E+01	5.24E+01	5.21E+01
Fossil Fuel Depletion	3.38E+02	4.08E+02	3.03E+02	3.08E+02
Global Warming	1.91E+02	2.27E+02	1.69E+02	1.68E+02
Habitat Alteration	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Human Health	3.04E+03	2.77E+03	2.14E+03	1.54E+03
Indoor Air	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ozone Depletion	7.32E-03	7.32E-03	3.88E-03	0.00E+00
Smog	1.09E+02	1.29E+02	9.64E+01	9.58E+01
Water Intake	2.65E+00	2.82E+00	2.32E+00	1.98E+00

In Fig. 4 and Fig. 5 shown the impact follows work category and impact category respectively.

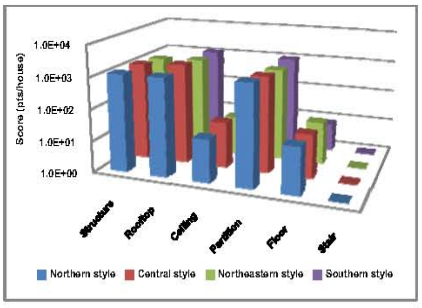


Fig. 4 Comparison environmental impact follows work category by using BEES 4.0 method

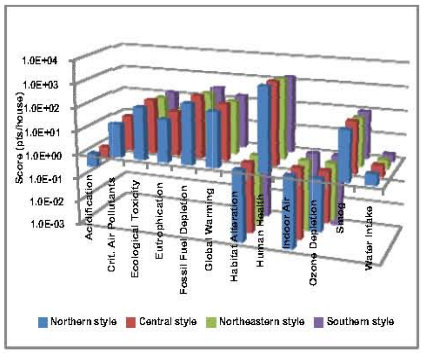


Fig. 5 Comparison environmental impact follows impact category by using BEES 4.0 method

2.3.2 Life Cycle Impact Assessment (LCIA) Using Eco-indicator 99

The Eco-indicator 99 is a state of the art impact assessment method for LCA, with many conceptual breakthroughs. The method is also the basis for the calculation of eco-indicator scores for materials and processes. The Eco-indicator 99 scores are based on an impact assessment methodology that transforms the data of the inventory table into damage scores which can be aggregates, depending on the needs and the choice of the user, to damage scores per each of 3 comprehensive damage categories (Human Health, Ecosystem Quality, and Resources), or even to one single score [13]. Method and normalization/weighting set is H/A when H refers to the weighting set belonging to the hierarchist perspective and A refers to the average weighting set. The H (Hierarchist) version is a default. In Table 4 present the environmental impact in construction stage of Four Thai-style single residential buildings by using Eco-indicator 99 method and Table 5 shown the impact in construction and usage stage which energy use during the life cycle of the residential buildings valuable equal to 4,180 kWh/yr [14].

Table 4 Environmental impact follows work category in construction stage by using Eco-indicator 99

Work Category	Score (pts/house)			
	Northern	Central	Northeastern	Southern
Ceiling	2.94E+02	2.97E+02	2.81E+02	2.49E+02
Door-Window	1.73E+02	1.48E+02	1.11E+02	1.72E+02
Floor	3.42E+02	3.45E+02	2.89E+02	2.95E+02
Mixed	0.00E+00	0.00E+00	7.38E+01	1.13E+00
Paint	2.04E+01	1.87E+01	1.20E+01	1.62E+01
Partition	1.92E+03	1.47E+03	1.60E+03	1.48E+03
Pipe	2.40E+02	1.58E+02	8.23E+01	8.50E+01
Rooftop	1.70E+02	2.10E+02	1.42E+02	1.48E+02
Sanitary Wares	3.44E+02	7.39E+01	6.78E+01	2.48E+01
Stair	4.57E+01	5.30E+01	2.81E+01	3.88E+01
Structure	2.07E+03	2.44E+03	1.83E+03	1.83E+03
Total	5.82E+03	5.21E+03	4.48E+03	4.35E+03
Score (pts/m^2)	1.69E+01	1.54E+01	1.85E+01	1.79E+01

Table 5 Environmental impact follows impact category in construction and usage stage by using Eco-indicator 99

Impact Category	Score (pts/house)			
	Northern	Central	Northeastern	Southern
Carcinogens	4.27E+02	4.00E+02	3.55E+02	3.73E+02
Resp. organics	2.10E+01	2.09E+01	2.08E+01	2.08E+01
Resp. inorganics	6.02E+03	5.79E+03	5.44E+03	5.52E+03
Climate change	1.10E+03	9.95E+02	8.91E+02	9.90E+02
Radiation	6.99E+00	5.86E+00	4.70E+00	5.13E+00
Ozone layer	1.34E-01	1.11E-01	8.48E-02	9.68E-02
Ecotoxicity	1.08E+02	1.07E+02	7.14E+01	9.10E+01
Acidification	5.45E+02	5.40E+02	5.23E+02	5.15E+02
Land use	1.05E+03	1.34E+03	1.50E+03	1.19E+03
Minerals	6.59E+01	6.82E+01	3.95E+01	5.90E+01
Fossil fuels	1.25E+04	1.22E+04	1.18E+04	1.18E+04
Total	2.18E+04	2.14E+04	2.07E+04	2.08E+04
Score (pts/m^2)	6.58E+01	6.34E+01	8.53E+01	8.45E+01

Table 6 Environmental impact follows Damage Category in construction and usage stage by using Eco-indicator 99

Damage Category	Unit	Northern	Central	Northeastern	Southern
Human Health	DALY	2.91E-01	2.77E-01	2.58E-01	2.65E-01
Ecosystem Quality	PDF*m^2 yr	2.19E+04	2.55E+04	2.68E+04	2.30E+04
Resources	MJ surplus	5.28E+05	5.13E+05	4.99E+05	4.99E+05

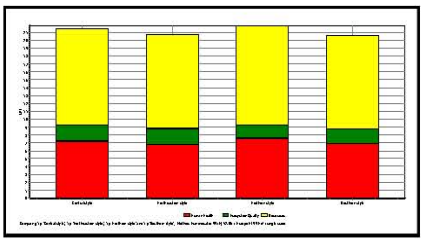


Fig. 7 Show impact assessment in construction and usage stage of Four Thai-style single residential buildings in a Single Score

2.4 Life Cycle Interpretation

The results of this study evaluated by using BEES 4.0 and Eco-indicator 99, which aggregation into a single score, that is to say BEES 4.0 (Building for Environmental and Economic Sustainability) combine a partial life cycle assessment and life cycle cost for building and construction materials into one tool. Eco-indicator 99 is a damage-oriented method (end point). Damage of the impact categories result including damage to human health, ecosystem quality, and resources.

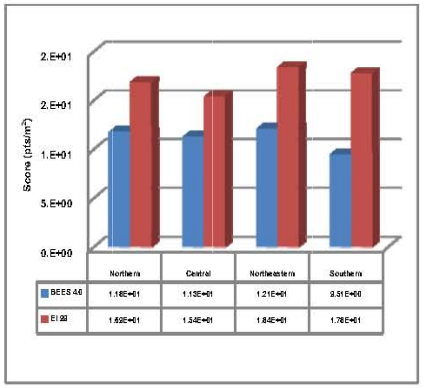


Fig. 8 Show Environmental Impact in construction stage compare between BEES 4.0 versus Eco-indicator 99 Method

ICGSI 2009
International Conference on Green and Sustainable Innovation

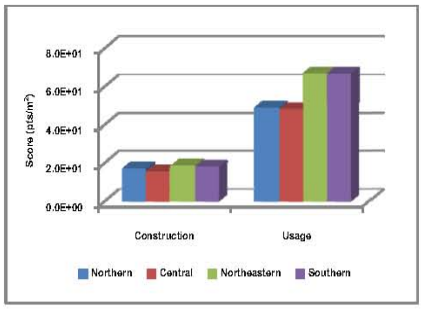


Fig. 6 Comparison environmental impact of Four Thai-style single residential buildings between construction and usage stage by using Eco-indicator 99 method

3. RESULTS

3.1 Construction Stage

Environmental impact by using BEES 4.0 method are presents in Table 2 that found Northeastern Style have environmental impact highest valuable equal to 1.21E+01 pts/m^2 as well as using Eco-indicator 99 shown that Northeastern Style have environmental impact highest environmental impact equal to 1.85E+01 pts/m^2 as shown in Table 4.

3.2 Usage Stage

The total energy required for residential buildings in usage stage for ventilation and air conditioning (HVAC), lighting, electrical appliances, heating, and cooking amount 209,000 kWh that calculated on the basis of a 50 years life-span. This in the usage stage, BEES 4.0 cannot add the value in a program. Thus in this stage can assess especial SimaPro 7.1 only, which from the assessment meets that Central Style there is the best environmental performance follows the Northern, Southern, and Northeastern Style, valuable equal to 6.34E+01, 6.56E+01, 8.45E+01, and 8.53E+01 pts/m^2 respectively as shown in Table 5.

4. CONCLUSIONS AND DISCUSSION

This study provides an estimate of the environmental impacts of a typical Four Thai-style single residential buildings in Thailand. The system studied included construction and usage stage. The results indicate that the largest contributor to the impact categories by using BEES 4.0 were emissions related to Human Health and by using Eco-indicator 99 were emissions related to fossil fuel combustion during the usage phase, particularly for electricity production. There was therefore a need to evaluate options for reducing emissions from the usage stage. The results from life cycle assessment of residential buildings in Thailand by using BEES 4.0 methods, a fact Southern Style is the most environmental performance that equal 9.51E+00 pts/m^2, portion Eco-indicator 99 methods, Central Style is the most environmental performance equal 6.34E+01 pts/m^2.

The activities that are involved during the usage phase may include direct and indirect patterns. For instance, direct patterns may relate to energy consumption resulting from leaving blinds open. Indirect patterns may include the whole process of producing, transmitting, transforming and distributing the electricity needed to meet the energy consumption of every Thai household. From the results of environmental impact can induce to apply designing green architecture and can plan designed a building and construction. There are some uncertainties and limitations of this study such as readiness of Life Cycle Inventory in the database still have not enough, which in the assessment this choose especial the database that exists in a program BEES 4.0 and SimaPro 7.1 only. Thus supposed to the education adds

about a program can evaluate the impact assessment can compare the results.

5. Acknowledgement

This research receives the asset supports from The Thailand Research Fund.

6. References

[1] Klopffer W. (2006). The role of SETAC in the development of LCA. *International Journal Life Cycle Assessment*, 11:116-22.

[2] Bajpai A. et al. (2005). A Comparative Life Cycle Assessment of A Wooden House and A Brick House.

[3] Yimprayoon C. (2008). A Comparative Life Cycle Assessment of Concrete and Steel Residential Building Structure in Thailand.

[4] Ortiz O., Bonnet C, Bruno J.C., and Castells F. (2009). Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain. *Building and Environment* 44: 584-594.

[5] Kofoworola O.F. and GheewalaS.H. (2008). Environmental life cycle assessment of a commercial office building in Thailand. *International Journal Life Cycle Assessment*, 13: 498-511.

[6] Angela A.G. and Arpad H. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel and Concrete-Framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(2): 93-101.

[7] Asa J., Thomas B., and Anne M.T., 1998. LCA of Concrete and Steel Building Frames. *International Journal of Life Cycle Assessment,* 3(4): 216-224.

[8] Karin A., Anders A., and Ebbe H.P. (2001). Life cycle assessment of four multi-family buildings. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, Vol.2.

[9] Lippiatt B. C. and Boyles A. S. (2001). Using BEES to Select Cost-Effective Green Product. *International Journal Life Cycle Assessment*, 6(2):76-80.

[10] International Organization for Standardization (2006). *Environmental management* - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, International Standard 14040; ISO: Geneva, Switzerland.

[11] International Organization for Standardization (2006). *Environmental management* - Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines, International Standard 14044; ISO: Geneva, Switzerland.

[12] Government Procurement (2009). http://www.gprocurement.go.th/02_price/index.php

[13] PRé Consultants. http://www.pre.nl/eco-indicator99/eco-indicator_application.htm

[14] http://www.mea.or.th http://www.mea.or.th/internet/MEAEnergy/ElecComsum1_2.htm

ประวัติผู้เขียน

นางสาวณัฐกานต์ สมตัว เกิดเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2525 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนระยองวิทยาคม จังหวัดระยอง และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2548 และในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยในขณะศึกษาได้รับทุนในการทำวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ในระหว่างที่ทำการศึกษาได้เผยแพร่บทความทางวิชาการเรื่อง “Comparative Life Cycle Assessment of Residential Buildings in Thailand Using Two LCIA Methods” ในงานสัมมนาวิชาการนานาชาติ ICGSI 2009 (The 2nd International Conference on Green and Sustainable Innovation) ในระหว่างวันที่ 2-4 ธันวาคม พ.ศ. 2552 ณ โรงแรมเลอ เมอริเดียน เชียงราย รีสอร์ท