

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ต้องเผชิญกับความท้าทายของตลาดที่ต้องการสินค้าที่ดีมีคุณภาพเป็นไปตามข้อตกลงทางการค้าทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งยังต้องเตรียมความพร้อมต่อมาตรการกีดกันทางการค้าในรูปแบบอื่นนอกจากกำแพงภาษี กล่าวคือ มีการใช้มาตรการด้านสิ่งแวดล้อมมาเป็นตัวกีดกันทางการค้า เช่น การแสดงเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการบังคับใช้มาตรฐานข้อปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นหนึ่งในหลักปฏิบัติสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industry Citizenship Coalition: EICC) ที่กำหนดให้ผู้ประกอบการในกลุ่มนี้ต้องประกอบธุรกิจที่ไม่มุ่งเฉพาะการสร้างผลประโยชน์ทางธุรกิจเท่านั้น แต่ต้องมีความรับผิดชอบต่อสังคมร่วมด้วย จากประเด็นดังกล่าวทำให้ EICC เล็งเห็นว่าการผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม จากการใช้ทรัพยากร สารเคมี ตลอดจนพลังงานในกระบวนการผลิต สอดคล้องกับปัญหาภาวะโลกร้อนที่ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น มีสาเหตุสำคัญมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) ทำให้ข้อปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมของ EICC มุ่งเน้นไปที่การรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบและหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต

การออกข้อปฏิบัติของ EICC ดังกล่าวส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลก สำหรับประเทศไทยได้รับผลกระทบโดยตรงในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากเป็นหนึ่งในห่วงโซ่อุปทานหลักของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด ที่ปัจจุบันประเทศไทยเป็นฐานการผลิตและส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่สำคัญของโลก เนื่องจากมีผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์รายใหญ่ของโลกถึง 4 บริษัท ได้แก่ Western Digital (WD), Seagate, Hitachi Global Storage Technology (HGST) และ Fujitsu เข้ามาตั้งฐานการผลิตอยู่ในประเทศ และในปัจจุบันสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นมูลค่ามหาศาล โดยในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยสามารถส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ทั้งที่สำเร็จรูปและที่เป็นชิ้นส่วนได้สูงถึง 537,118 ล้าน

บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 37.18 ของการส่งออกสินค้าไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด และคิดเป็นร้อยละ 10.33 ของการส่งออกโดยรวมของทั้งประเทศ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2552) ทำให้กลุ่มบริษัทที่เป็นลูกค้าและสมาชิกของ EICC ทำการร้องขอข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และลูกค้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน ที่จำเป็นต้องปฏิบัติตามความต้องการของลูกค้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

โครงการวิจัยนี้ นำหลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) มาศึกษาและวิเคราะห์ เพื่อจัดทำบัญชีรายการข้อมูลวัฏจักรชีวิตของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งในการทำวิจัยครั้งนี้มุ่งหวังในการนำผลที่ได้จากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่การพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้มีการลดการใช้พลังงานและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง อันเป็นการช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับเศรษฐกิจ และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของสังคมไทย สังคมโลกต่อไป

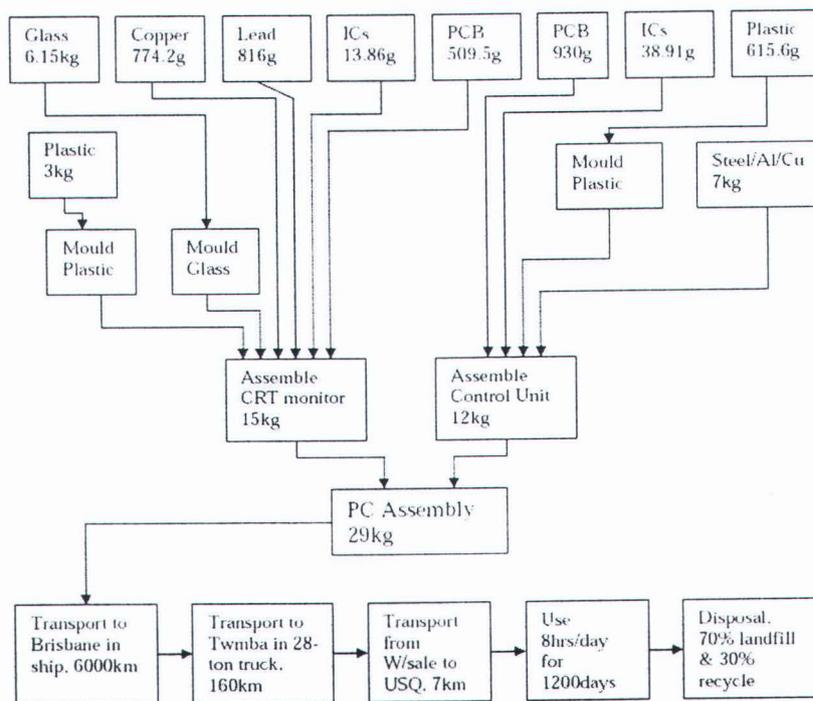
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hikwama (2005) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมพิวเตอร์ส่วนตัว (Personal computer) โดยในงานวิจัยได้มุ่งเน้นไปที่การประเมินส่วนประกอบย่อยของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาหาส่วนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ขั้นตอนการศึกษาใช้หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต ทำการศึกษาคอมพิวเตอร์รุ่น Pentium IV รวมถึงหน้าจอ แป้นพิมพ์ และเมาส์ ขอบเขตการของระบบทำการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การใช้ และการกำจัดหลังจากใช้งาน (รูป 1.1) สำหรับบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และฐานข้อมูลของผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตสำหรับคอมพิวเตอร์มาจากโปรแกรม SimaPro 6.0 การประเมินผลกระทบใช้วิธี Eco-indicator 99 โดยผลจากการศึกษาพบว่า ในส่วนของขั้นตอนการผลิตและการใช้งานเกิดผลกระทบมากที่สุด ในขั้นตอนการผลิตประกอบไปด้วยกระบวนการย่อย เช่น การประกอบและการบรรจุ ในส่วนของการประกอบชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ เช่น แผงวงจร PCB จอ CRT และชิ้นส่วน ICs ล้วนเป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในกลุ่มนี้ ในส่วนของการใช้งานพบว่าขึ้นอยู่กับการบริโภคไฟฟ้าทั้งหมด ส่วนการกำจัดหลังจากใช้งานพบว่ามีผลกระทบน้อยมาก ในงานวิจัยนี้ได้แสดงส่วนประกอบและวัสดุของ Hard disk drive ดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ส่วนประกอบและวัสดุของ Hard Disk Drive

ชิ้นส่วน	น้ำหนัก (กรัม)	วัสดุที่ใช้
- PCB with components	31.39	Polyester/Al/PVC/Steel/Phenol/Epoxy/Cu/Pb/Si ₂ O ₃
- Hard disk plates	101.21	Assumption: alloy aluminum with coating
- Casing	307.92	Aluminum
รวม	440.52	

ที่มา: Hikwama (2005)

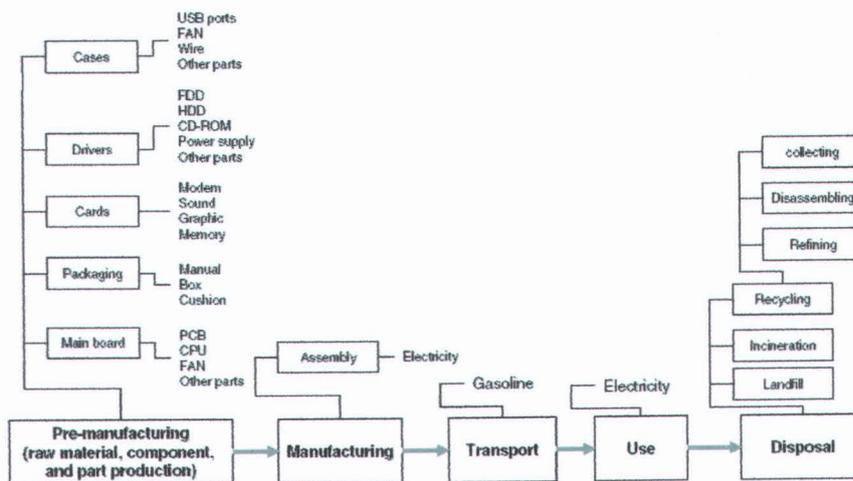


รูป 1.1 แบบจำลองวัฏจักรชีวิตของเครื่องคอมพิวเตอร์

ที่มา: Hikwama (2005)

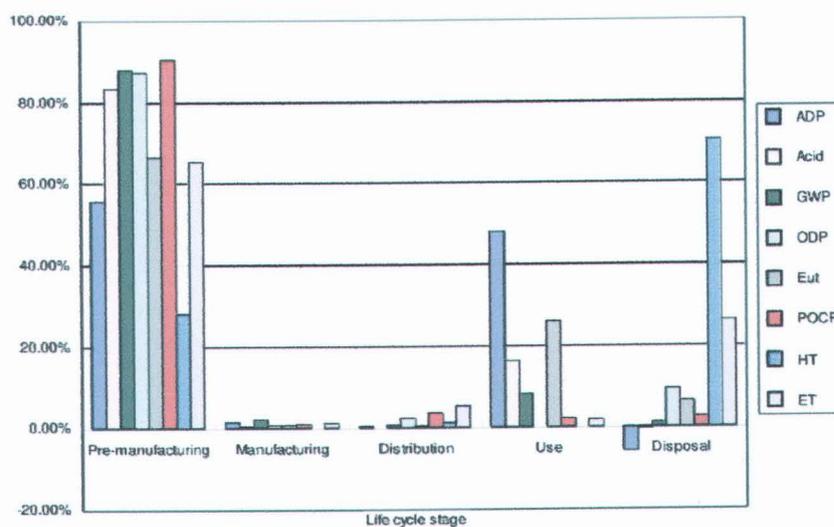
Choi et al. (2006) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมพิวเตอร์ส่วนตัวและอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากแรงการผลิต การบริโภค และการกำจัดหลังจากใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ในประเทศเกาหลี โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องคอมพิวเตอร์ และเพื่อหาอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่ที่น่าสนใจหรือเป็นไปได้ของคอมพิวเตอร์หลังหมดอายุการใช้งาน ผลิตภัณฑ์เป้าหมายที่ศึกษาเป็นรุ่น Pentium IV ที่ผลิตในประเทศเกาหลี ไม่รวมถึงหน้าจอ และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ ขั้นตอนการศึกษาใช้หลักการของการประเมินวัฏจักรชีวิต ขอบเขตของระบบ

ทำการศึกษาตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมถึงขั้นตอนก่อนการผลิต (ส่วนของไฟฟ้า และการผลิตส่วนประกอบย่อย) การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดหลังจากใช้งาน (รูป 1.2) อายุการใช้งาน 4 ปี บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมและฐานข้อมูลของผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากโปรแกรม SimaPro 4.0 และข้อมูลอีกส่วนหนึ่งมาจากโรงงานผลิตและฐานข้อมูลแห่งชาติของประเทศเกาหลี ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าขั้นตอนก่อนการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดถึงร้อยละ 90 (รูป 1.3) ของผลกระทบทั้งหมด โดยมาจากการผลิตแผงวงจรที่อยู่ในเมนบอร์ดเป็นส่วนใหญ่ ในด้านการขนส่งและผลิตคอมพิวเตอร์มีผลกระทบที่ไม่อยู่ในขั้นวิกฤต



รูป 1.2 โครงสร้างการประเมินวัฏจักรชีวิตของเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

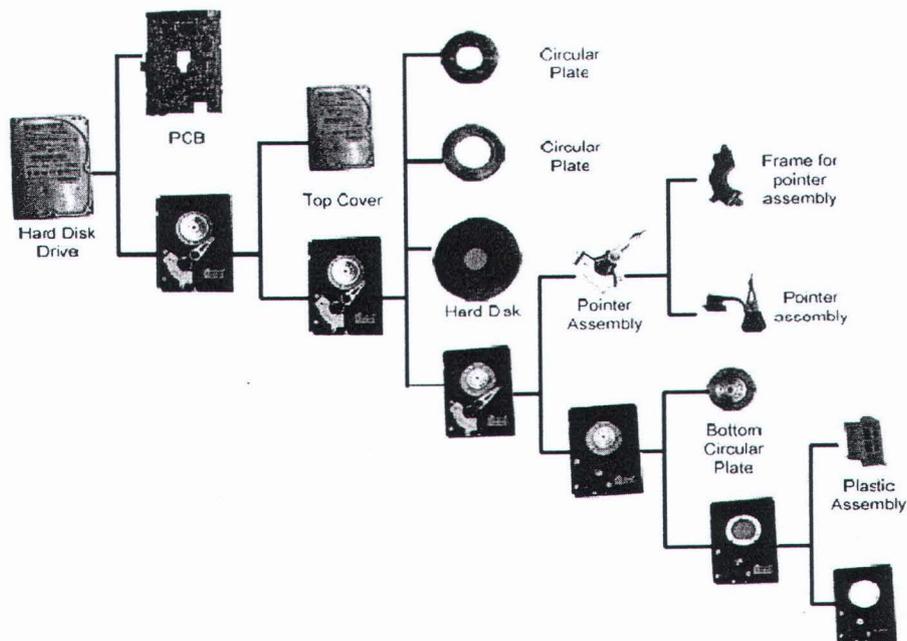
ที่มา: Choi et al. (2006)



รูป 1.3 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเครื่องคอมพิวเตอร์

ที่มา: Choi et al. (2006)

Mohite et al. (2005) ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การแยกประกอบ วิเคราะห์องค์ประกอบของวัสดุ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ Computer disk drives เช่น Hard Disk Drive, Floppy Disk Drive and CD-ROM Drive เพื่อระบุส่วนประกอบและหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของส่วนประกอบเหล่านี้ สำหรับลำดับการถอดที่คิดที่สุดจะถูกเลือกแล้วว่าใช้เวลาน้อยที่สุด พร้อมทั้งสร้างแผนผังการถอดไว้เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธี Eco-Indicator 99 พบว่ามีวัสดุอันตรายอยู่ในส่วนประกอบของแผงวงจรของ Computer Drives อีกทั้งยังกล่าวถึงวิธีการนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายสำหรับหาผลกระทบจากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับการวิเคราะห์การแยกชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ดังรูป 1.4 เป็นแบบ IDE (Integrated Drive Electronics) มีความจุ 10 จิกะไบต์ น้ำหนัก 575 กรัม พบว่าใช้เวลาแยกชิ้นส่วนทั้งหมด 4 นาที 29 วินาที ใช้เวลาน้อยกว่าใคร่ฟอื่น เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน ผลจากการวิเคราะห์วัสดุที่เป็นส่วนประกอบของ Hard Disk Drive ดังตาราง 1.2 พบว่าประกอบด้วยอลูมิเนียมมากที่สุดถึง 78.60% ที่มาจากส่วนของโครงและฝาด้านบนเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นหลักและแผงวงจร 13.91 และ 7.30% ตามลำดับ ผลจากการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมดังรูป 1.5 พบว่าค่า Eco-Indicator ทั้งหมดมีค่า 650.057 mPt ส่วนใหญ่มาจากแผงวงจรของฮาร์ดดิสก์มีค่า 269.097 mPt (41% ของค่า EI ทั้งหมด) ที่ค่าสูงเนื่องจากมีส่วนประกอบจากโลหะมีค่า เช่น ทอง เงิน วัสดุอันตรายอย่างปรอท และตะกั่ว เป็นต้น



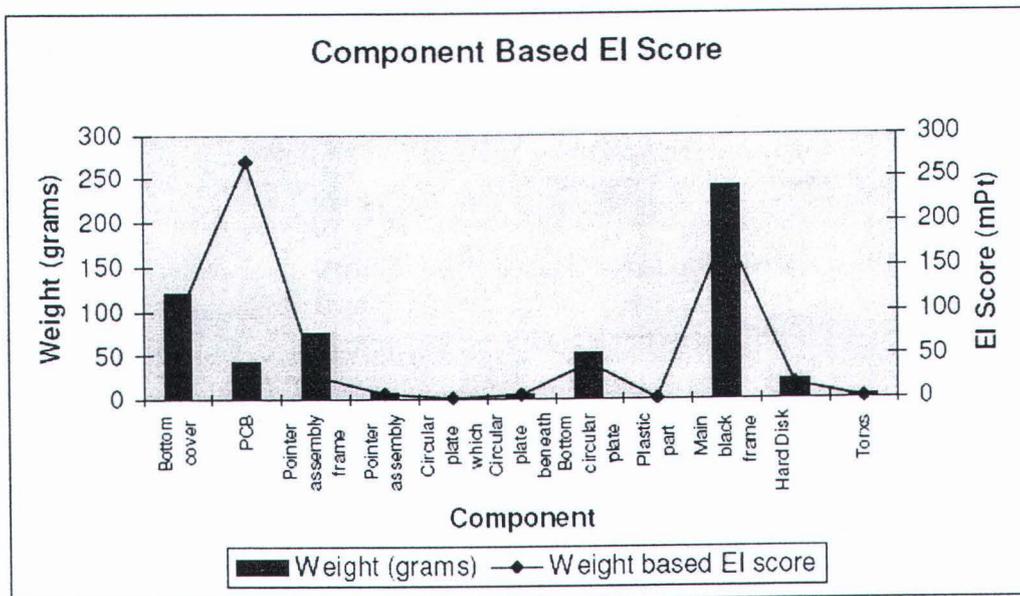
รูป 1.4 แผนผังการแยกชิ้นส่วนของ Hard Disk Drive

ที่มา: Mohite et al. (2005)

ตาราง 1.2 วัสดุส่วนประกอบและน้ำหนักของ Hard Disk Drive

No.	Part description	Quantity	Material	Weight	
				Grams	Ounce
1	Top Cover	1	Aluminum	120	4.2
2	PCB	1	PCB	42	1.5
3	Frame which holds the pointer assembly	1	Steel	76	2.7
4	Pointer Assembly	1	Aluminum	8	0.3
5	Circular plate which holds the hard disk CD	1	Aluminum	2	0.1
6	Circular plate beneath the plate which holds the hard disk CD	1	Aluminum	6	0.3
7	Bottom circular plate which is attached to the main frame	1	Aluminum	52	1.8
8	Plastic part	1	ABS	1	0.035
9	Main black frame	1	Aluminum	242	8.5
10	Hard Disk	1	Aluminum	22	0.8
11	Torxs	25	Steel	4	0.2

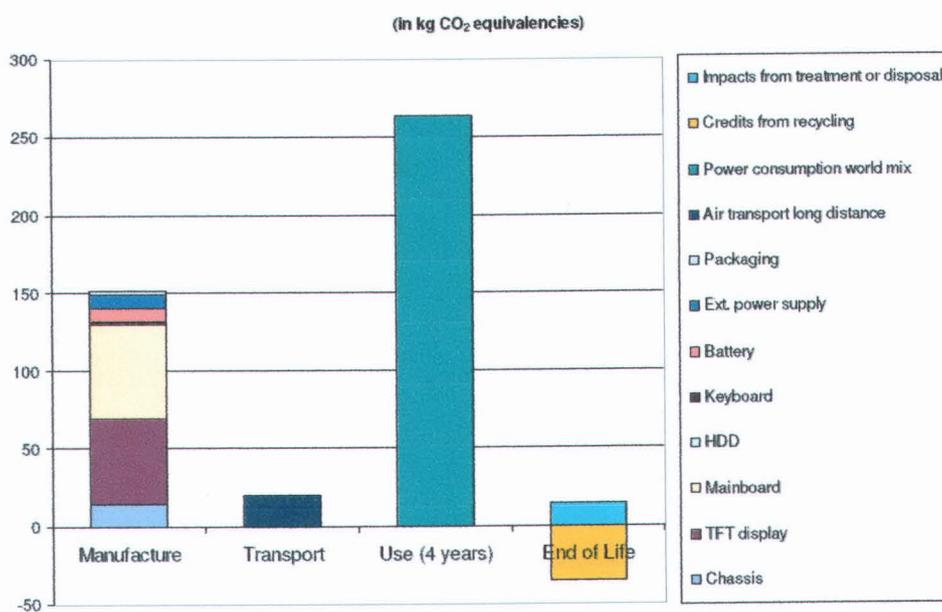
ที่มา: Mohite et al. (2005)



รูป 1.5 ค่า EI ของส่วนประกอบ Hard Disk Drive

ที่มา: Mohite et al. (2005)

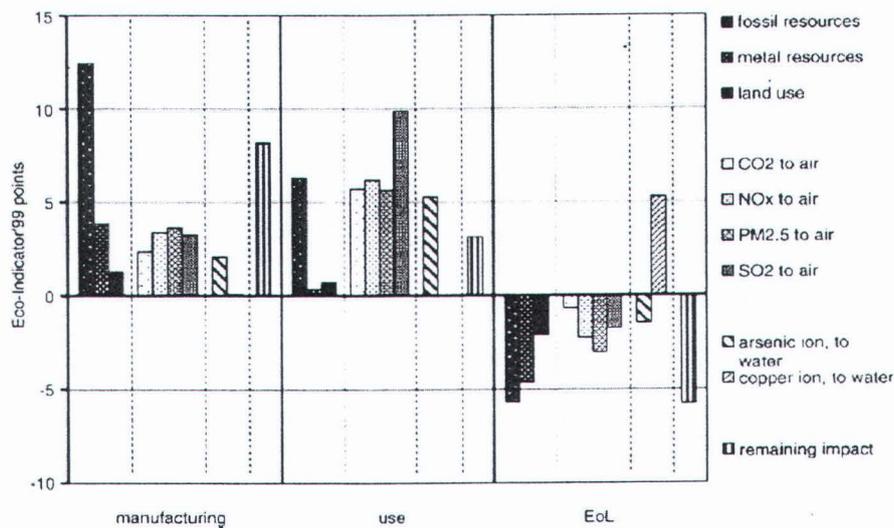
Herrmann (2008) ทำการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขั้นตอนการผลิต การใช้งาน และการจัดการหลังหมดอายุ โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต แต่ทำการมุ่งเน้นเฉพาะผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนหรือการประเมินร่องรอยคาร์บอน (Carbon footprint) สำหรับกรณีศึกษาของคอมพิวเตอร์แบบพกพาขนาดเล็ก (Small laptop) มีการกำหนดขอบเขตของระบบ ได้แก่ น้ำหนักทั้งหมด 1.5 กิโลกรัม หน้าจอแสดงผลแบบ TFT ขนาด 14 นิ้ว ใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว แรม 1 จิกะไบต์ หน่วยประมวลผลแบบ Single Core ทำการผลิตในทวีปเอเชีย แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนน้ำหนัก 300 กรัม และอายุการใช้งาน 4 ปี (ผสมระหว่างการใช้งานส่วนบุคคลและสำนักงาน) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูป 1.6 พบว่าขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ตามมาด้วยขั้นตอนการผลิต โดยเมนบอร์ดและจอแสดงผลเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ส่งผลกระทบมากที่สุด



รูป 1.6 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของคอมพิวเตอร์แบบพกพาขนาดเล็ก
ที่มา: Herrmann (2008)

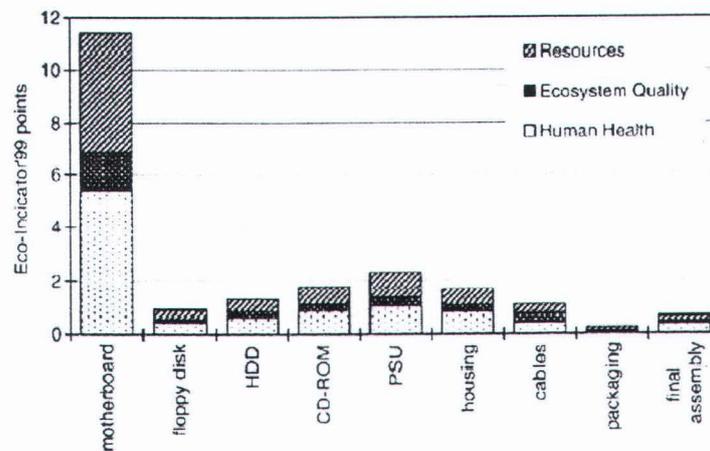
Duan et al. (2009) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลในประเทศจีน ในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะอธิบายการประยุกต์ใช้ LCA เพื่อหาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมระดับสากลของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า (E-products) จากนั้นทำการเลือกคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลมาพิจารณา เครื่องมือที่ใช้ คือ โปรแกรม SimaPro 7.0 ในวิธี Eco-indicator 99 แต่ในส่วนของฐานข้อมูลบัญชีรายการได้รวบรวมโดย Ecoinvent 1.3 ร่วมกับเอกสาร และข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์ปัจจุบัน ขอบเขตการศึกษาประเมินตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบจนถึงการกำจัดหลังใช้งาน

หน่วยหน้าที่การทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนย่อย ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ จอภาพ เป็นพิมพ์ และเมาส์ ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแบบ Pentium IV อายุการใช้งาน 6 ปี ในการศึกษาครั้งนี้ครั้งหนึ่งเป็นการใช้คอมพิวเตอร์กับจอ CRT แบบเก่า อีกครั้งหนึ่งเป็นจอแบน LCD สมัยใหม่ ผลจากการประเมินพบว่า ในการผลิตและการใช้งานทำให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (รูป 1.7) ในขั้นตอนการผลิตพบว่า วงจรรวม (ICs) และจอ LCD ส่งผลมากที่สุดในกลุ่มนี้ ส่วนในขั้นตอนการใช้งานผลกระทบเกิดขึ้นมากจากการผลิตไฟฟ้าเท่านั้น สำหรับการพิจารณาเฉพาะตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ชั้นส่วนที่มีผลกระทบมากที่สุด คือ เมนบอร์ด (Motherboard) ดังรูป 1.8



รูป 1.7 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของคอมพิวเตอร์ (วิธี Eco-Indicator 99)

ที่มา: Duan et al. (2009)



รูป 1.8 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการผลิตคอมพิวเตอร์แยกตามส่วนประกอบ (ไม่รวมจอ)

ที่มา: Duan et al. (2009)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นการวิเคราะห์บัญชีรายการเฉพาะวัตถุดิบหลักของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการพัฒนาฐานข้อมูลที่มาจากระบวนการผลิตจริงภายในโรงงานผลิต ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แต่มีใกล้เคียงอยู่บ้างในงานวิจัยต่างประเทศ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการพัฒนาบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สะท้อนความเป็นจริง

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.3.1 เพื่อพัฒนาบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
- 1.3.2 เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.4 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการจัดทำบัญชีรายการของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) โดยมีขอบเขตการศึกษาของการวิจัย ดังนี้

- 1.4.1 หน่วยการทำงาน (Functional unit: FU) คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 1 ชิ้น ขนาด 2.5 นิ้ว อายุการใช้งาน 4 ปี ใช้เป็นอุปกรณ์หลักในคอมพิวเตอร์แบบพกพา
- 1.4.2 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ครอบคลุมทั้งหมด 13 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ Breather filter, Crash stop, Glass disk substrate, Head stack arm (แขน 2 ชั้น), Head stack flex circuit, Latch, Motor base, Print circuit board assembly, Ramp, Recirculation filter, Suspension, Top cover และ VCM Coil
- 1.4.3 การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การประกอบ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดหลังการใช้งาน
- 1.4.4 ข้อมูลกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เก็บข้อมูลแบบปฐมภูมิ ตั้งแต่การรับวัตถุดิบเข้ามาภายในโรงงานจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน
- 1.4.5 ข้อมูลการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การประกอบ การใช้งาน และการกำจัดหลังการใช้งานเก็บข้อมูลแบบทุติยภูมิ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้บัญชีรายการขาเข้า-ขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ
- 1.5.2 ทราบถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ
- 1.5.3 ทราบถึงความไม่แน่นอนของฐานข้อมูลส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ
- 1.5.4 ทราบถึงปัจจัยที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรือนกระจก
- 1.5.5 ทราบถึงแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ