สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 3
วิธีการศึกษาวิจัย

ในบทที่แล้วได้กล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ที่นำมาใช้ในการประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สำหรับในบทนี้จะแสดงแนวทางการดำเนินงานในการวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ในการวิเคราะห์ผลจะทำการแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 2) ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 3) ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 4) ขั้นตอนการขนส่ง 5) ขั้นตอนการใช้งาน และ 6) ขั้นตอนการกำจัดขยะและของเสีย โดยสถานที่เก็บข้อมูลของงานวิจัย คือ โรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกของประเทศไทย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 คอมพิวเตอร์แบบพกพา Intel® Core™ i5, Microsoft Window 7	1 เครื่อง
3.1.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.1	1 ชุด

3.2 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักความแม่นยำสูง ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์สนับสนุนการผลิตที่ใช้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มีขนาดพิกัดน้ำหนักตั้งแต่ 120-310 กรัม มีค่าความละเอียดตั้งแต่ 0.1 มิลลิกรัม แสดงดังรูป 3.1

3.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์สนับสนุนการผลิตที่ใช้ผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ รวมถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป มีขนาดพิกัดน้ำหนักสูงสุด 5 กิโลกรัม มีค่าความละเอียดตั้งแต่ 1 กรัม แสดงดังรูป 3.2

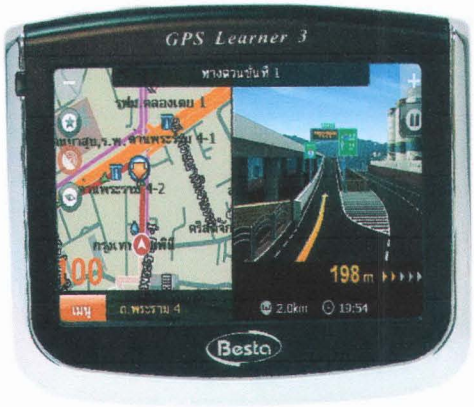
3.2.3 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Clamp on meter) ใช้สำหรับวัดปริมาณทางไฟฟ้า ได้แก่ กำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า แสดงดังรูป 3.3

3.2.4 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ใช้สำหรับคำนวณหาระยะทางการขนส่งระหว่างตำแหน่งต้นทางและปลายทาง แสดงดังรูป 3.4

รูป 3.1 เครื่องชั่งน้ำหนักความแม่นยำสูง

รูป 3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

รูป 3.3 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า



รูป 3.4 ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก

3.3 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายในการประเมินวัฏจักรชีวิต (Goal definition)

3.3.1.1 เพื่อพัฒนาบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.3.1.2 เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการใช้งาน และขั้นตอนการกำจัดของเสีย

3.3.1.3 เพื่อหาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

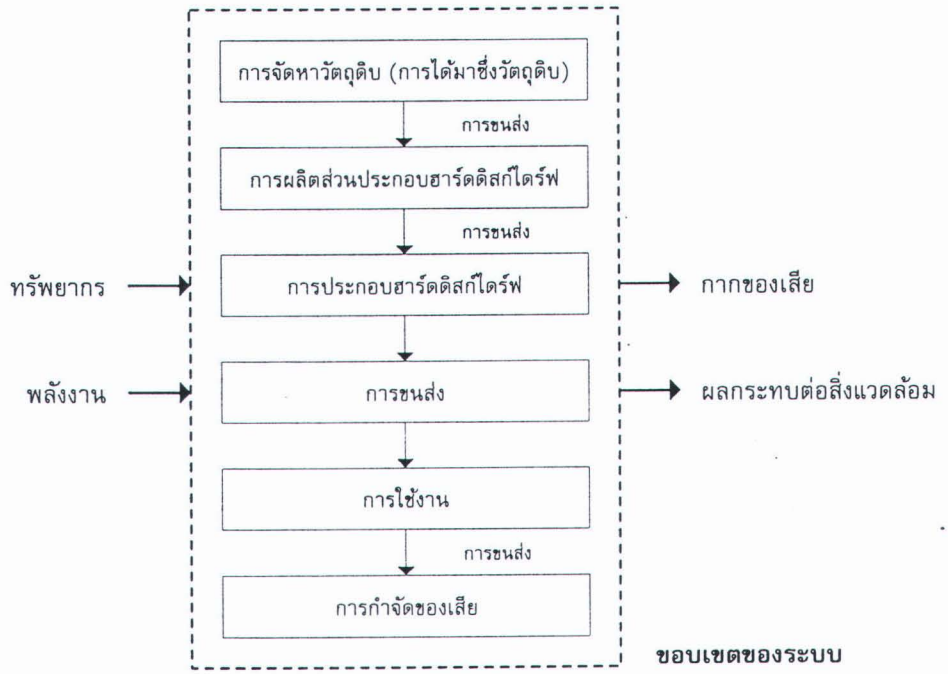
3.3.2 กำหนดขอบเขตการศึกษา (Scope definition)

3.3.2.1 ขอบเขตของระบบ (System boundary)

ทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการใช้งาน และขั้นตอนการกำจัดของเสีย ด้วยเหตุนี้วัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจึงถูกแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ทำการพิจารณาข้อมูลวัตถุดิบทั้งทางตรงและทางอ้อมทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ
- ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบเข้ามาภายในโรงงานไปจนถึงการได้ผลิตภัณฑ์ที่พร้อมส่งให้กับลูกค้า
- ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำการพิจารณาในส่วนของการใช้พลังงานในการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูป
- ขั้นตอนการขนส่ง ทำการพิจารณาทุกช่วงการขนส่งตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนการกำจัดของเสีย
- ขั้นตอนการใช้งาน ทำการพิจารณาตามลักษณะการใช้งานออกเป็นโหมดการทำงานปกติ (Active) และโหมดการเตรียมพร้อมใช้งาน (Sleep)
- ขั้นตอนการกำจัดของเสีย ทำการพิจารณาการจัดการของเสียออกเป็นของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

โดยในแต่ละขั้นตอนจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ชนิดและปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงาน กากของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นจากแต่ละกระบวนการ ไปจนถึงการจัดการกับผลกระทบและของเสียเหล่านั้น ซึ่งในรูป 3.5 จะแสดงขอบเขตการศึกษางานวิจัยนี้



รูป 3.5 ขอบเขตของระบบในการศึกษาการประเมินก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกของประเทศไทย ดังรูป 3.6 ส่วนข้อมูลการจัดหาวัตถุดิบ การประกอบ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดของเสีย ทำการศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิ เช่น เอกสารงานวิจัย ฐานข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นต้น ทั้งนี้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้น จะไม่ทำการศึกษาผลกระทบรอง (Minor impact) จากต้นทุนคงที่ อาทิเช่น อุปกรณ์หรือเครื่องจักร และการได้มาซึ่งอุปกรณ์เครื่องจักรนั้น ๆ ไปจนถึงการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ เนื่องจากต้องการทราบผลกระทบหลัก (Major impact) ที่เกิดจากกระบวนผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเท่านั้น

3.3.2.2 หน่วยการทำงาน (Functional unit)

การประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำการวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจาก "การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว อายุการใช้งาน 4 ปี ถูกใช้เป็นอุปกรณ์หลักในคอมพิวเตอร์แบบพกพา"

รูป 3.6 ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาวิจัย

3.4 การทำบัญชีรายการ (Inventory)

ในขั้นตอนการทำบัญชีรายการได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลภายใต้กรอบการดำเนินการตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยมุ่งประเด็นการเก็บข้อมูลไปที่การใช้ทรัพยากร พลังงาน กากของเสีย และมลพิษที่เกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบไปจนถึงขั้นตอนการกำจัดของเสีย โดยข้อมูลทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการ (Primary data) และข้อมูลที่ได้จากการนำข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วมาใช้ (Secondary data) โดยสามารถจัดทำบัญชีรายการตามการจำแนกขั้นตอนได้ ดังนี้

3.4.1 ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ

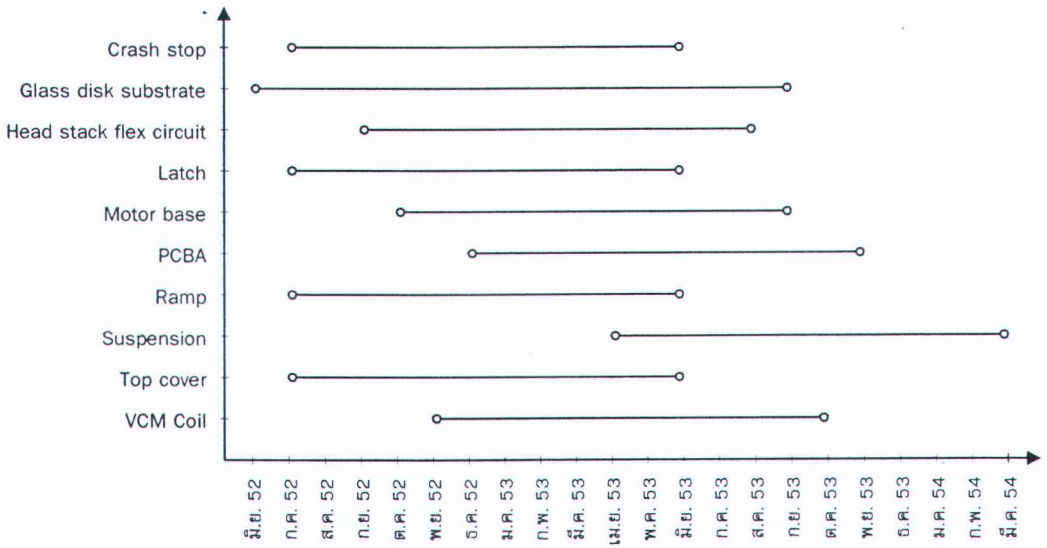
ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบประกอบด้วยข้อมูลของวัตถุดิบทางตรงและทางอ้อมทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยทำการเก็บรวบรวมชนิดและปริมาณการใช้งานจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลการใช้มาตรฐาน (Standard usage) ข้อมูลการเบิกใช้งานจริงรายเดือน (Actual usage) และโครงสร้างสินค้าหรือสูตรการผลิต (Bill of Material: BOM) แล้วทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบเพื่อหาปริมาณการใช้งานจริง อันก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อน รายละเอียดของแหล่งข้อมูลการใช้วัตถุดิบในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชิ้นแสดงดังตาราง 3.1 และเพื่อให้ชนิดของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมีความถูกต้องมากขึ้น จึงทำการตรวจสอบกับเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Material Safety Data Sheets: MSDS) ที่สามารถระบุได้ถึงองค์ประกอบพื้นฐานของวัตถุดิบหรือสารเคมี

ตาราง 3.1 แหล่งที่มาของข้อมูลการใช้วัตถุดิบในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

รายการส่วนประกอบ	แหล่งที่มาของข้อมูลการใช้วัตถุดิบ			
	Standard usage	Actual usage	BOM	ชั่งน้ำหนัก
1. Breather filter				•
2. Crash stop		•		•
3. Glass disk substrate		•		•
4. Head stack arm			•	•
5. Head stack flex circuit	•	•		•
6. Latch		•		•
7. Motor base	•	•		•
8. PCBA	•	•		•
9. Ramp		•		•
10. Recirculation filter				•
11. Suspension		•		•
12. Top cover		•		•
13. VCM Coil	•	•	•	•

ที่มา: โรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การเก็บข้อมูลของส่วนประกอบทั้งหมดพบว่ามี 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ Breather filter, Head stack arm และ Recirculation filter ที่มีข้อจำกัดในด้านการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและการเข้าไปเก็บข้อมูลต่าง ๆ ภายในโรงงาน ทำให้ข้อมูลสำหรับการผลิตส่วนประกอบกลุ่มนี้มีเฉพาะวัตถุดิบทางตรงที่เป็นส่วนประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ แต่สำหรับส่วนประกอบที่เหลือมีการเก็บข้อมูลทั้งวัตถุดิบทางตรงและทางอ้อมเป็นระยะเวลาย้อนหลังอย่างน้อย 12 เดือน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปริมาณการใช้งาน โดยช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลของแต่ละส่วนประกอบมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับช่วงการสั่งผลิตสินค้าและรอบปฏิทินการผลิตของโรงงานแสดงดังรูป 3.7



รูป 3.7 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ในส่วนของการปันส่วนปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิตของแต่ละส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์หลายชนิดในช่วงเวลาเดียวกัน และมีการใช้ระบบสาธารณูปโภคร่วมกันระหว่างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ลักษณะของการปันส่วนในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ การพิจารณาตามสัดส่วนของมวล พื้นที่ กำลังคน อัตราการใช้น้ำ และจำนวนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การปันส่วนในงานวิจัยนี้ครอบคลุมทั้งหมด 9 ส่วนประกอบ เนื่องจาก Breather filter, Head stack arm และ Recirculation filter มีข้อจำกัดในด้านการขอความอนุเคราะห์ข้อมูล และ Glass disk substrate มีการผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว การปันส่วนของแต่ละส่วนประกอบมีความแตกต่างกัน การเลือกใช้ประเภทของการปันส่วนทำการพิจารณาให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของข้อมูล ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ ลักษณะของสารขาเข้าและสารขาออก มีรายละเอียดดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 การปันส่วนของข้อมูลการใช้วัตถุดิบในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

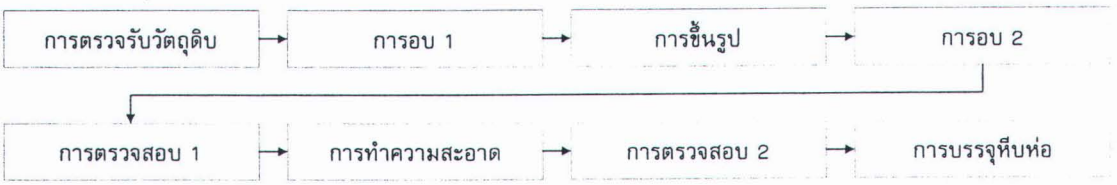
รายการส่วนประกอบ	รูปแบบการปันส่วนของข้อมูล				
	มวล	พื้นที่	กำลังคน	อัตราการใช้น้ำ	จำนวนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
1. Crash stop	•	•		•	
2. Head stack flex circuit	•				•
3. Latch	•	•		•	
4. Motor base	•				•
5. PCBA	•				•
6. Ramp	•	•		•	
7. Suspension					•
8. Top cover					•
9. VCM Coil	•		•	•	

3.4.2 ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ หลายขั้นตอนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการผลิตของแต่ละส่วนประกอบ โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณกระแสพลังงานต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตของเครื่องจักร เชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ระหว่างกระบวนการผลิต ของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลภายในโรงงานผลิตจำนวน 10 ส่วนประกอบ ได้แก่ Crash stop, Glass disk substrate, Head stack flex circuit, Latch, Motor base, PCBA, Ramp, Suspension, Top cover และ VCM Coil มีรายละเอียดแต่ละส่วนประกอบ ดังนี้

3.4.2.1 Crash stop

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.8 ในโรงงานผลิต Crash stop ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้น้ำมันดีเซล แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลต่อ Crash stop จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ

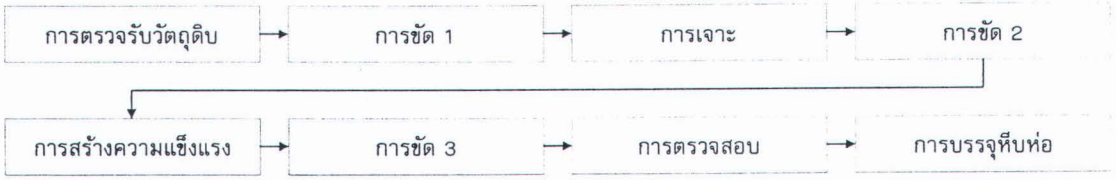


รูป 3.8 แผนผังกระบวนการผลิต Crash stop

ที่มา: โรงงานผลิต Crash stop

3.4.2.2 Glass disk substrate

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.9 ในโรงงานผลิต Glass disk substrate ใช้กระแสไฟฟ้าและก๊าซปิโตรเลียมเหลวในการผลิตทั้งหมด แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่อ Glass disk substrate จำนวน 1 แผ่น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ

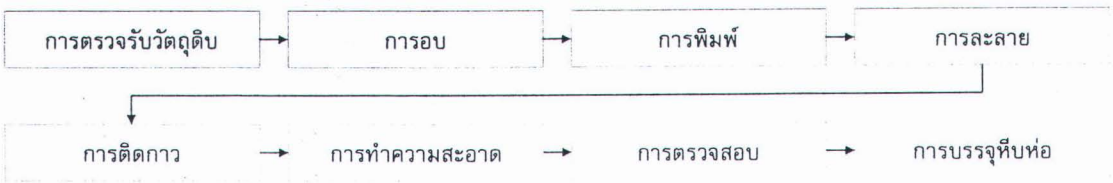


รูป 3.9 แผนผังกระบวนการผลิต Glass disk substrate

ที่มา: โรงงานผลิต Glass disk substrate

3.4.2.3 Head stack flex circuit

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.10 ในโรงงานผลิต Head stack flex circuit ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าต่อ Head stack flex circuit จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ

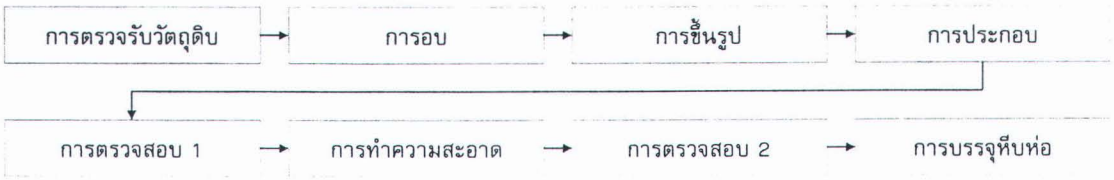


รูป 3.10 แผนผังกระบวนการผลิต Head stack flex circuit

ที่มา: โรงงานผลิต Head stack flex circuit

3.4.2.4 Latch

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.11 ในโรงงานผลิต Latch ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้น้ำมันดีเซล แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลต่อ Latch จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ

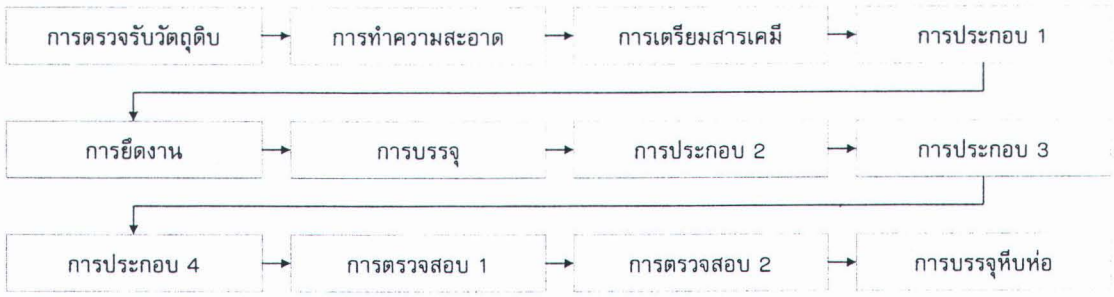


รูป 3.11 แผนผังกระบวนการผลิต Latch

ที่มา: โรงงานผลิต Latch

3.4.2.5 Motor base

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.12 ในโรงงานผลิต Motor base ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่อ Motor base จำนวน 1 ชุด ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย และมลพิษทางน้ำ

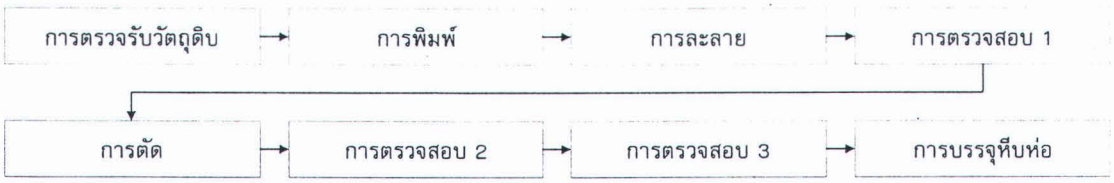


รูป 3.12 แผนผังกระบวนการผลิต Motor base

ที่มา: โรงงานผลิต Motor base

3.4.2.6 PCBA

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.13 ในโรงงานผลิต PCBA ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าต่อ PCBA จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย และมลพิษทางอากาศ

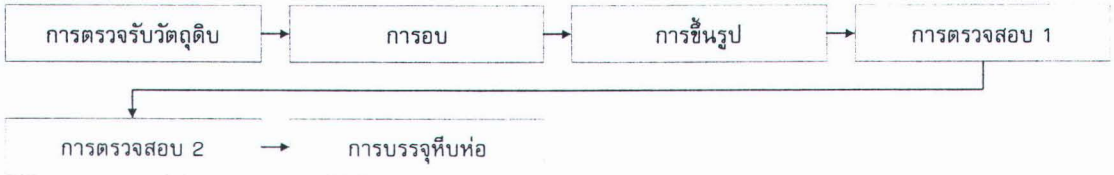


รูป 3.13 แผนผังกระบวนการผลิต PCBA

ที่มา: โรงงานผลิต PCBA

3.4.2.7 Ramp

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.14 ในโรงงานผลิต Ramp ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้น้ำมันดีเซล แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลต่อ Ramp จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีเพียงขยะและของเสียเท่านั้น

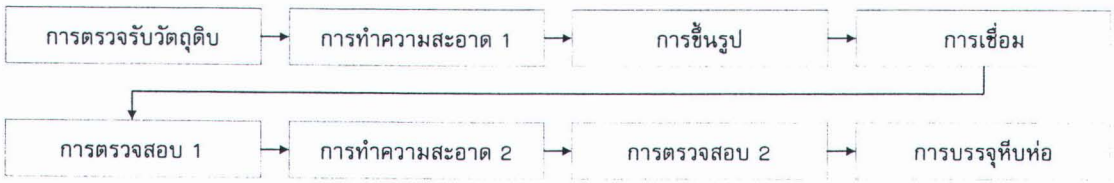


รูป 3.14 แผนผังกระบวนการผลิต Ramp

ที่มา: โรงงานผลิต Ramp

3.4.2.8 Suspension

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.15 ในโรงงานผลิต Suspension ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้น้ำมันดีเซล แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลต่อ Suspension จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย และมลพิษทางน้ำ

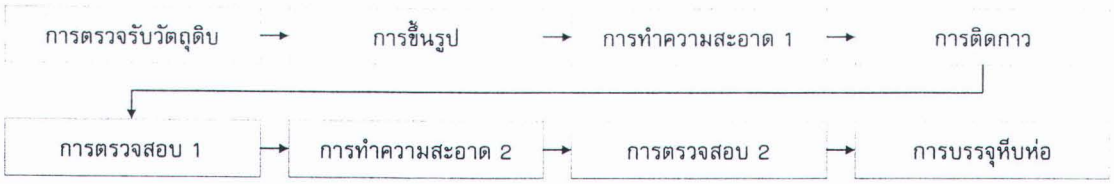


รูป 3.15 แผนผังกระบวนการผลิต Suspension

ที่มา: โรงงานผลิต Suspension

3.4.2.9 Top cover

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.16 ในโรงงานผลิต Top cover ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด การขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปภายในโรงงานใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าและก๊าซปิโตรเลียมเหลวต่อ Top cover จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ

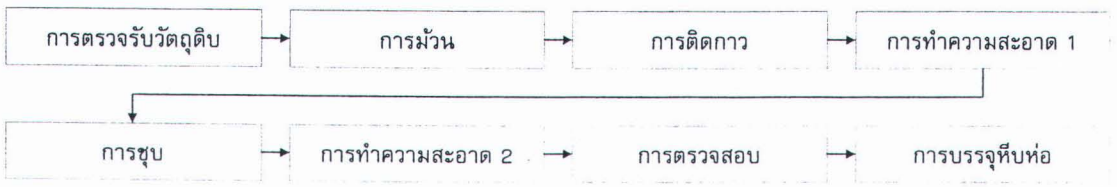


รูป 3.16 แผนผังกระบวนการผลิต Top cover

ที่มา: โรงงานผลิต Top cover

3.4.2.10 VCM Coil

ทำการเก็บปริมาณกระแสพลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 3.17 ในโรงงานผลิต VCM Coil ใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตทั้งหมด แล้วทำการคิดเป็นปริมาณการบริโภคกระแสไฟฟ้าต่อ VCM Coil จำนวน 1 ชิ้น ในส่วนของสารขาออกจากกระบวนการผลิตมีขยะ ของเสีย มลพิษทางน้ำและอากาศ



รูป 3.17 แผนผังกระบวนการผลิต VCM Coil

ที่มา: โรงงานผลิต VCM Coil

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

3.4.3 ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การเก็บข้อมูลวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เป็นการใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ศึกษามาจากฐานข้อมูลการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในต่างประเทศ ซึ่งอยู่ภายในฐานข้อมูล Ecoinvent 2.0 โดยพบว่ามีเพียงการใช้พลังงานไฟฟ้า 1.7125 kWh ต่อการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขนาด 2.5 นิ้ว จำนวน 1 ชิ้น

3.4.4 ขั้นตอนการขนส่ง

ขั้นตอนนี้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ได้แก่ น้ำหนักบรรทุก รูปแบบการขนส่ง และระยะทางขนส่งจากต้นทางถึงปลายทาง ของการขนส่งทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต โดยข้อมูลดังกล่าวมีแหล่งที่มาแตกต่างกันแสดงดังตาราง 3.3 การขนส่งพิจารณาทั้งขาไปและขากลับ ยกเว้นการขนส่งทางเครื่องบินและเรือจากต่างประเทศที่สมมติฐานให้มีการขนส่งเพียงขาเดียวเท่านั้น เนื่องจากการขนส่งดังกล่าวมีการขนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยกลับไปยังต้นทาง การขนส่งแบ่งออกเป็น 5 ช่วง ดังนี้

ตาราง 3.3 แหล่งที่มาของข้อมูลการขนส่ง

ข้อมูลการขนส่ง	แหล่งที่มาของข้อมูล
น้ำหนักบรรทุก	โรงงานผู้ผลิตและการตั้งสมมติฐาน
รูปแบบการขนส่ง	โรงงานผู้ผลิตและการตั้งสมมติฐาน
ระยะทางขนส่ง	โรงงานผู้ผลิต การตั้งสมมติฐาน ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก บริษัทผู้ประกอบการเดินเรือ Farnel Capital (Farnel Capital, 2011) บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) (บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน), 2011)

3.4.4.1 การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

พิจารณาการขนส่งวัตถุดิบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องทั้งวัตถุดิบทางตรงและทางอ้อมที่ใช้ในกระบวนการผลิต มายังโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ยกเว้น 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ Breather filter, Glass disk substrate และ Recirculation filter ที่ไม่มีข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลและการขอความอนุเคราะห์ข้อมูล

3.4.4.2 การขนส่งส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมายังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

พิจารณาการขนส่งจากโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจำนวน 11 ส่วนประกอบ มายังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ยกเว้น Head stack arm และ VCM Coil เพียง 2 ส่วนประกอบที่ต้องทำการขนส่งมายังโรงงานผลิต Head stack flex circuit ก่อนขนส่งไปยังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เนื่องจากส่วนประกอบนี้เป็นส่วนประกอบย่อยของส่วนประกอบหลัก ยังไม่สามารถนำไปประกอบภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ทันที โดยในกรณีศึกษานี้โรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตั้งอยู่ในเขตอำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีรายละเอียดการขนส่งส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 การขนส่งส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมายังโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

รายการส่วนประกอบ	รูปแบบการขนส่ง	น้ำหนักบรรทุก (g)	ระยะทาง (km)
1. Breather filter	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	3.25E-01	195.00
2. Crash stop	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	5.00E-02	0.23
3. Glass disk substrate	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4.80E+00	617.00
4. Head stack arm	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	1.93E+00	29.70
5. Head stack flex circuit	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	9.42E-01	24.20
6. Latch	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	1.06E-01	0.23
7. Motor base	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	4.14E+01	23.90
8. PCBA	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	2.14E+01	85.80
9. Ramp	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	2.15E-01	0.23
10. Recirculation filter	รถตู้บรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่	6.80E-02	195.00
11. Suspension	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	5.76E-02	26.20
12. Top cover	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	2.39E+01	25.90
13. VCM Coil	รถตู้บรรทุก 10 ล้อ	3.90E-01	29.70

3.4.4.3 การขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมายังโรงงานประกอบคอมพิวเตอร์แบบพกพา

ข้อมูลการขนส่งในขั้นตอนนี้ทำการศึกษาจากสถิติการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำเร็จรูปของประเทศไทย โดยข้อมูลจากกรมศุลกากรในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2552 ถึงมีนาคม พ.ศ. 2554 จำนวน 22 เดือน พบว่ามีการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟไปยังประเทศจีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.9 ของการส่งออกทั้งหมด รองลงมาคือประเทศฮ่องกง สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น คิดเป็นร้อยละ 14.9, 7.5 และ 7.4 ของการส่งออกทั้งหมดตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาควบคู่กับสถิติการนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบพกพา พบว่าข้อมูลในช่วงเดียวกันกับการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบพกพาจากประเทศจีนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.3 รองลงมาคือประเทศมาเลเซีย และประเทศญี่ปุ่น คิดเป็นร้อยละ 1.2 และ 0.5 ของการนำเข้าทั้งหมดตามลำดับ (กรมศุลกากร, 2554) จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนใหญ่ทำการส่งออกไปยังประเทศจีน เพื่อทำการประกอบเข้ากับส่วนประกอบอื่น ๆ จนกลายเป็นคอมพิวเตอร์แบบพกพา และคอมพิวเตอร์แบบพกพาเกือบทั้งหมดที่ประกอบเสร็จแล้วถูกขนส่งกลับมายังประเทศไทย เพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภค จากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment: BOI) พบว่าเมืองซูโจว (Suzhou) ของประเทศจีนในปัจจุบันถือเป็นแหล่งผลิตคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่ใหญ่ที่สุดของโลก (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, 2546) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกท่าเรือที่อยู่ใกล้กับเมืองดังกล่าวมากที่สุดเป็นสถานที่ปลายทางของการส่งออกฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และในขณะเดียวกันได้กำหนดให้เป็นต้นทางของการนำเข้าคอมพิวเตอร์แบบพกพา มีรายละเอียดการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟดังตาราง 3.5

ตาราง 3.5 การขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมายังโรงงานประกอบคอมพิวเตอร์แบบพกพา

เส้นทางการขนส่ง	รูปแบบการขนส่ง	น้ำหนักบรรทุก (g)	ระยะทาง (km)
1. โรงงาน - ท่าเรือแหลมฉบัง	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ	95.60	172.00
2. ท่าเรือแหลมฉบัง - ประเทศจีน	เรือบรรทุกสินค้า	95.60	3,939.20

3.4.4.4 การขนส่งคอมพิวเตอร์แบบพกพามายังผู้ใช้งาน

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นในหัวข้อ 3.4.4.3 พบว่าคอมพิวเตอร์แบบพกพาถูกขนส่งจากประเทศจีน ผ่านทางเรือบรรทุกสินค้ามายังประเทศไทย และขนส่งจากจุดพักสินค้าของท่าเรือภายในประเทศมายังผู้บริโภค โดยในกรณีศึกษานี้ผู้บริโภคเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ มีรายละเอียดการขนส่งคอมพิวเตอร์ดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6 การขนส่งคอมพิวเตอร์แบบพกพามายังผู้ใช้งาน

เส้นทางการขนส่ง	รูปแบบการขนส่ง	น้ำหนักบรรทุก (g)	ระยะทาง (km)
1. ประเทศจีน - ท่าเรือแหลมฉบัง	เรือบรรทุกสินค้า	95.60	3,939.20
2. ท่าเรือแหลมฉบัง - ผู้ใช้งาน	รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ	95.60	812.00

3.4.4.5 การขนส่งขยะจากโรงงานและฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ใช้แล้วมายังแหล่งกำจัด

การขนส่งขยะและของเสียจากโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำการคิดระยะทางเที่ยวละ 40 กิโลเมตร ขนไปกำจัดด้วยรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน (ในทางปฏิบัติ รถบรรทุกขยะจะเป็นรถ 6 ล้อ บรรทุกน้ำหนัก 15 - 20 ตัน หากแต่ฐานข้อมูลไทยมีเพียงรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน จึงใช้อนุมานเทียบเคียง) บรรทุกแบบน้ำหนักเต็ม และพิจารณาการขนส่งขากลับที่เป็นรถบรรทุกขยะเปล่า (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2552) ในส่วนของการขนส่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใช้แล้วไปยังแหล่งกำจัด ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาการกำจัดที่แหล่งรับซื้อขยะรายใหญ่ของจังหวัดเชียงใหม่ หรือวงษ์พาณิชย์สาขาสี่แยกสะเมิง เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นหนึ่งในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีราคารับซื้อเพื่อนำไปแยกชิ้นส่วนสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ ขนส่งไปกำจัดด้วยรถตู้บรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก มีระยะทางห่างจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 12.9 กิโลเมตร มีรายละเอียดการขนส่งดังตาราง 3.7

ตาราง 3.7 การขนส่งขยะจากโรงงานและฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ใช้แล้วมายังแหล่งกำจัด

เส้นทางการขนส่ง	รูปแบบการขนส่ง	น้ำหนักบรรทุก (g)	ระยะทาง (km)
1. โรงงานผลิต - แหล่งกำจัด	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ	129.28	40.00
2. ผู้ใช้งาน - วงษ์พาณิชย์	รถตู้บรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก	95.60	12.90

3.4.5 ขั้นตอนการใช้งาน

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใช้เพียงกระแสไฟฟ้าในการปฏิบัติงาน ทำให้ขั้นตอนนี้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องมาจากการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่านั้น อย่างไรก็ตามการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าในขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟปฏิบัติงานอยู่เป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีการต่อพ่วงกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ จำนวนมากภายในคอมพิวเตอร์ ในที่นี้จึงได้ศึกษาจากรายละเอียดผลิตภัณฑ์ของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ในรุ่นที่มีความเร็วรอบ 5,400 รอบต่อนาที ขนาดความจุ 500 จิกะ

ไบต์ (Western digital, 2010) โดยลักษณะการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแบ่งออกเป็น 2 โหมด ได้แก่ การทำงานปกติ (Active) และการเตรียมพร้อมใช้งาน (Sleep) สำหรับระยะเวลาการใช้งานของแต่ละโหมดทำการศึกษาจากข้อมูลทางสถิติของงานวิจัยในต่างประเทศพบว่า การใช้คอมพิวเตอร์แบบพกพาภายในสำนักงานมีการใช้งาน 50.25 และ 57.60 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ตามลำดับ (Anh Hoang, 2009)

3.4.6 ขั้นตอนการกำจัดของเสีย

การจัดการของเสียในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่หมดอายุการใช้งานแล้ว สำหรับของเสียจากโรงงานผลิตทำการเก็บข้อมูลจริงทั้งหมด 10 ส่วนประกอบ ได้แก่ Crash stop, Glass disk substrate, Head stack flex circuit, Latch, Motor base, PCBA, Ramp, Suspension, Top cover และ VCM Coil โดยส่วนใหญ่เป็นขยะที่ถูกกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบและบางส่วนเป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในส่วนของการจัดการฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ใช้งานแล้ว โดยปกติจะทำการคัดแยกของเสียที่สามารถรีไซเคิลได้ เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม อลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นต่อไป สำหรับส่วนที่เหลือจะนำไปฝังกลบ (Lu et al., 2006)

3.5 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)

วิธีการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในงานวิจัยนี้ ทำการพิจารณาเพียงผลกระทบในด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่มีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SimaPro version 7.1 ช่วยในการคำนวณผล โดยมีขั้นตอนการทำ LCA ด้วยโปรแกรม ดังนี้

3.5.1 ป้อนข้อมูลโครงการที่จะทำลงไป ซึ่งในที่นี้คือ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.5.2 ป้อนข้อมูลในแต่ละขั้นตอนวัฏจักรชีวิตลงไป ได้แก่ วัตถุดิบ การผลิต การประกอบ การขนส่ง การใช้งาน และการกำจัดของเสีย

3.5.3 ทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเลือกวิธีการประเมินแบบ IPCC 2007 GWP 100a

ในส่วนของค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor: EF) ของการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต การใช้พลังงาน และการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง ที่ใช้ในการคำนวณหา

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก ในกรณีของก๊าซเรือนกระจกที่มีแหล่งปล่อยจากกระบวนการผลิตช่วงต้นน้ำ (Upstream) ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตได้ ทำการเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมและกระบวนการย่อยที่ไม่ได้อยู่ในการควบคุมโดยตรงขององค์กร จะเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ (คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์, 2552) โดยเรียงลำดับดังนี้

1. ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย
2. ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-reviewed publications)
3. ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ LCA Software ฐานข้อมูลเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรม ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเภท
4. ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

3.6 แนวทางและวิธีการวิเคราะห์ผล

เมื่อทำการทดสอบ วัดและเก็บข้อมูลจนครบตามขั้นตอนในหัวข้อที่กล่าวมาแล้ว จึงนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อคำนวณหา

3.6.1 บัญชีรายการขาเข้า-ขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.6.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.6.3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

- ทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของวัฏจักรชีวิต
- ทำการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.6.4 ความไม่แน่นอนของข้อมูล

3.6.5 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกและความไม่แน่นอนของข้อมูลกับฐานข้อมูลต่างประเทศ

3.6.6 ความไวของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น

3.6.7 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

3.6.8 นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตั้งแต่หัวข้อ 3.6.1 ถึง 3.6.7 มาสรุปผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดผลกระทบนั้น ๆ และแนวทางในการลดผลกระทบของวัฏจักรชีวิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยอธิบายละเอียดในบทที่ 4