สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาวิจัย

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

5.1.1 สรุปผลการจัดทำบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ผลที่ได้จากการจัดทำบัญชีรายการของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทำให้ทราบถึงชนิดและปริมาณของปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิต และแต่ละส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ทั้งในส่วนของวัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน รวมถึงขยะ ของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 และ 4 ในส่วนของข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้น อ้างอิงจากฐานข้อมูลทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต แบ่งการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 2) ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 3) ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ 4) ขั้นตอนการขนส่ง 5) ขั้นตอนการใช้งาน และ 6) ขั้นตอนการกำจัดขยะและของเสีย ผลจากการศึกษาพบว่าตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 15.64 kg CO_2-eq สำหรับการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนพบว่า

<u>อันดับ 1 ขั้นตอนการใช้งาน</u> มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 11.00 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบเท่ากับ 70.33% เนื่องมาจากในการใช้งานฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนการทำงานตลอดเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้สูง เพราะในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

<u>อันดับ 2 ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ</u> มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3.29 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบเท่ากับ 21.04% เนื่องมาจากการใช้วัสดุจำพวกแผงวงจรพิมพ์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์อย่างวงจรรวม ตัวเก็บประจุ ตัวควบคุมสัญญาณ ตัวต้านทาน และตัวขยายสัญญาณ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้ เพราะในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกนี้ใช้พลังงานและเชื้อเพลิงสูง

อันดับ 3 ขั้นตอนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.96 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบเท่ากับ 6.14% เนื่องมาจากในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้

อันดับ 4 ขั้นตอนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.88 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบเท่ากับ 5.63% เนื่องมาจากในการผลิตส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซล และก๊าซปิโตรเลียมเหลว ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนนี้ เพราะในกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ และการเผาไหม้น้ำมันดีเซลและก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็เป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

อันดับ 5 ขั้นตอนการขนส่ง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.09 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการเกิดผลกระทบเท่ากับ 0.58% สาเหตุที่ทำให้ผลกระทบในขั้นตอนนี้น้อย เนื่องมาจากน้ำหนักบรรทุกในการขนส่งค่อนข้างน้อยมาก อย่างไรก็ตามจากการแบ่งช่วงของการขนส่งพบว่า การขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด เนื่องมาจากวัตถุดิบส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานจากระยะทางการขนส่งที่ไกล

อันดับ 6 ขั้นตอนการกำจัดขยะและของเสีย สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 0.58 kg CO_2-eq และมีสัดส่วนการลดผลกระทบเท่ากับ 3.71% ผลกระทบที่เกิดจากการกำจัดขยะแบบฝังกลบในขั้นตอนนี้มีปริมาณน้อยกว่าผลกระทบที่สามารถลดได้จากการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ของขยะในกลุ่มเหล็กและอะลูมิเนียม

5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

การประเมินก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิดพบว่า PCBA เป็นส่วนประกอบที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือ Motor base, Glass disk substrate, Head stack flex circuit, Top cover, Latch, Suspension, VCM Coil, Ramp, Head stack arm, Crash stop, Breather filter และ Recirculation filter ตามลำดับ โดยส่วนประกอบ 5 อันดับแรกมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมกันมากกว่า 93% สาเหตุสำคัญของผลกระทบจำนวนมากในแต่ละส่วนประกอบเกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือมีค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัตถุดิบสูง และการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตภายในโรงงาน สำหรับส่วนประกอบที่เหลือมีการใช้วัตถุดิบในปริมาณที่น้อยและมีค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

5.3 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของข้อมูล

การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของฐานข้อมูลส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทั้ง 13 ส่วนประกอบพบว่า Head stack arm มีความไม่แน่นอนของข้อมูลมากที่สุด รองลงมาเป็น Crash stop, Ramp, Glass disk substrate, VCM Coil, Recirculation filter, Breather filter, Latch, Suspension, Head stack flex circuit, PCBA, Top cover และ Motor base ตามลำดับ โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดค่าความไม่แน่นอนส่วนใหญ่มาจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ไม่ถูกตรวจสอบบนพื้นฐานของการวัด ความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ผ่านการเก็บรวบรวมจากโรงงานผลิตเพียงบางแห่ง และขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูลที่ไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน

5.4 สรุปและวิจารณ์ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกกับฐานข้อมูลต่างประเทศ

การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟกับฐานข้อมูล Ecoinvent พบว่าในงานวิจัยนี้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าฐานข้อมูล เนื่องมาจากข้อมูลของฐานข้อมูลทำการวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลประเภทและน้ำหนักของวัตถุดิบหลัก ไม่ได้พิจารณาวัตถุดิบทางอ้อมที่ใช้สนับสนุนการผลิต รวมถึงสารเคมีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม จึงทำให้ค่าผลกระทบดังกล่าวน้อยกว่าความเป็นจริง อีกทั้งประเภทและปริมาณของวัตถุดิบหลักที่ใช้ก็มีความแตกต่างกัน สำหรับความไม่แน่นอนของข้อมูลพบว่าฐานข้อมูล Ecoinvent มีความไม่แน่นอนของข้อมูลมากกว่าฐานข้อมูลจากงานวิจัยถึง 4.6 เท่า เนื่องจากข้อมูลของฐานข้อมูล Ecoinvent บางส่วนไม่ได้มาจากโรงงานผู้ผลิตจริง จึงส่งผลให้ข้อมูลโดยรวมมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น

5.5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ความไว

การวิเคราะห์ความไวในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ การศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบเฉพาะส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ในกรณีแรกพบว่าปริมาณวัตถุดิบหลักของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละชนิดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก ผลการวิเคราะห์พบว่า PCBA มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสูงที่สุด เมื่อเทียบกับส่วนประกอบอื่น ๆ สำหรับในกรณีที่สองพบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบหลักของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พลังงานไฟฟ้าในการผลิตและการประกอบ ชั่วโมงการทำงานปกติ กำลังไฟฟ้าในโหมดการทำงานปกติและการเตรียมพร้อมใช้งาน อายุการใช้งาน และปริมาณขยะแบบฝังกลบ ผลการวิเคราะห์พบว่าอายุการใช้งานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เมื่อเทียบกับตัวแปรอื่น ๆ

5.6 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.6.1 ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบ สารเคมี การเผาไหม้เชื้อเพลิง การขนส่งทางน้ำและอากาศ รวมไปถึงการกำจัดขยะและของเสีย ตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในงานวิจัยนี้มีการอ้างอิงจากฐานข้อมูลต่างประเทศ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น จึงควรสร้างฐานข้อมูลของประเทศไทยและทำการวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ผลการประเมินมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.6.2 ฐานข้อมูลของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีเฉพาะส่วนประกอบหลักที่สำคัญ อย่างไรก็ตามยังเหลือส่วนประกอบอีกจำนวนหนึ่งที่สนับสนุนการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษา ประกอบกับ 3 ส่วนประกอบในงานวิจัยนี้ที่ไม่มีข้อมูลการผลิตจริงภายในโรงงาน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น จึงควรสร้างฐานข้อมูลของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหลือและทำการวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ผลการประเมินมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.6.3 ข้อมูลการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในงานวิจัยนี้มีเพียงการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงย่อมมีการใช้วัสดุและสารเคมีในการสนับสนุนการทำงาน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น จึงควรมีการศึกษาฐานข้อมูลการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในอนาคต ซึ่งจะทำให้ผลการประเมินสะท้อนถึงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

5.6.4 ฐานข้อมูลของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความไม่แน่นอนสูง ควรทำการศึกษาอีกครั้งเพื่อลดปัจจัยที่เป็นจุดอ่อนลง

5.6.5 การนำผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นในเรื่องที่ใกล้เคียงกันต้องพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของสมมติฐาน เพราะถ้าขอบเขตการวิจัยแตกต่างกันจะส่งผลทำให้ข้อมูลต่าง ๆ เปลี่ยนไปด้วย

5.6.6 งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้อีกด้วย