รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG5450035
การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ
และกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

โดย ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน และคณะ

รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG5450035
การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ และกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

(งานวิจัยยังไม่เสร็จสมบูรณ์ โปรดอย่านำไปใช้อ้างอิง)

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
2. ผศ.ดร.สมภพ ตลับแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4. ผศ.ดร.เจริยชัย โขมพัตราภรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
5. ดร.ธีรนันทา ฤทธิ์มณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ส่วนที่ 1 ข้อมูลโครงการ

ชื่อผู้รับทุน: ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน
โครงการเริ่มเมื่อ: วันที่ 1 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554
รวมเวลาที่ทำวิจัยทั้งสิ้น: 12 เดือน
รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ใช้ช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 1 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ถึงวันที่ 31 เดือนมกราคม พ.ศ. 2555

ส่วนที่ 2 รายงานเนื้อหา

บทที่ 1 บทนำ
บทที่ 2 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ
บทที่ 3 อุตสาหกรรมเหล็ก ยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์
บทที่ 4 ระบบโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแบตเตอรี่
บทที่ 5 การพยากรณ์ความต้องการโลหะ
บทที่ 6 สรุปความก้าวหน้าและแผนการดำเนินงานในอนาคต

คำนำ

กากของเสียอุตสาหกรรมเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการผลิตส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้ประกอบการและชุมชน ด้วยเหตุนี้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตควรให้ความสำคัญในการบริหารจัดการกากอุตสาหกรรมเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบประเภทเศษเหล็กในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และประเภทตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการเกิดเศษเหล็กและเศษแบตเตอรี่เก่าที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2554 เพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับที่เกิดขึ้นรวมไปถึงเสนอแนวทางในการจัดการโลจิสติกสีเพื่อสิ่งแวดล้อมและการประเมินวัฏจักรชีวิตของกากอุตสาหกรรม ทั้งนี้หน่วยงานที่สนับสนุนการวิจัยคือสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอนและคณะ
(กรกฎาคม พ.ศ. 2555)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ขอกราบขอบพระคุณผู้สนับสนุนการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตามรายนามต่อไปนี้

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
2. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
3. รศ.ดร.ดวงพรรณ (กริชชาญชัย) ศฤงคารินทร์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน
   สำนักประสานงานชุดโครงการวิจัยโลจิสติกส์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
4. คุณไสว โลจนะศุภฤกษ์
   (ผู้อำนวยการสำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม)
5. ดร.ไพศาล สมประกิจ (ผู้ประกอบการโรงหล่อ)
6. คุณวิบูลยศ อมาตยกุลและคุณรัชดาพร เฉียงกลาง (ผู้ประกอบการโรงหล่อ)
7. คุณกิตติศักดิ์ ลัทธิกุล (ผู้ประกอบการโรงหล่อ)
8. คุณจตุรวิทย์ ศศิธรานนท์ (ผู้ให้บริการด้านโลจิสติกส์)
9. คุณกฤษณ์ ลี้กำจร (ผู้จำหน่ายตะกั่ว)
10. คุณวิพงค์ กอจรัญกิตต์ (ผู้ผลิตแบตเตอรี่)
11. คุณสายใจ อนันตยา (ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และโรงหล่อ)
12. ผู้ให้สัมภาษณ์ (ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยานต์ ผู้ผลิตแบตเตอรี่ โรงหลอมเหล็ก โรงหลอมตะกั่ว)

ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอนและคณะ
(กรกฎาคม พ.ศ. 2555)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)

“การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ”

สิรางค์ กลั่นคำสอนและคณะ

<u>ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา</u>

ในโครงการวิจัยนี้จะพิจารณาปัญหาของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนซัพพลายเชนของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ ในกระบวนการผลิตขั้นตอนสุดท้ายหรือจากการใช้งานของผู้ที่อยู่ปลายน้ำในห่วงโซ่อุปทานนั้นจะมีกากอุตสาหกรรมเกิดขึ้น โดยกากอุตสาหกรรมถือว่าเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2550 ที่มีความสำคัญต่อผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรม ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะมีเศษเหล็กเกิดขึ้นจากกระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการปั๊มขึ้นรูป การหล่อ การกลึง การตะไบหรือการเจียร ส่วนในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่หรือศูนย์จำหน่ายแบตเตอรี่จะมีเศษแบตเตอรี่เก่าที่มีแผ่นธาตุที่ผลิตจากตะกั่วเป็นองค์ประกอบ

ปัญหาที่พบในปัจจุบันสำหรับอุตสาหกรรมดังกล่าวพบว่าต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาขนาดอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วจากประเทศคู่แข่งที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกัน เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบโลหะเนื่องมาจากไม่สามารถผลิตวัตถุดิบได้เองอย่างเพียงพอในประเทศ โดยพบว่าปริมาณการบริโภคเศษเหล็กในประเทศมีค่าสูงกว่าปริมาณเศษเหล็กที่มีภายในประเทศ จึงต้องการนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีต้นทุนสูง สำหรับโลหะตะกั่วนั้นถือว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ โดยพบว่าปริมาณการผลิตตะกั่วลดลงในช่วงหลายที่ผ่านมาในขณะที่ความต้องการใช้ในภูมิภาคเอเชียมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น ราคาวัตถุดิบก็ปรับตัวสูงขึ้นส่งผลให้ผู้ประกอบการมีกำไรลดลง

ในโครงการวิจัยนี้จึงจะทำการศึกษาแนวทางในการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่หรือการรีไซเคิลเศษโลหะ โดยจะพิจารณาเฉพาะเศษเหล็ก (รหัสของเสีย 12 01 01) ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และเศษแบตเตอรี่เก่า (รหัสของเสีย 16 06 01) ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ โดยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการเกิดเศษโลหะตลอดปี พ.ศ. 2554 เพื่อนำมาสร้างโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับซึ่งประกอบด้วยต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนการรวบรวมเศษโลหะและต้นทุนในการหลอมโลหะ เนื่องจากเศษโลหะถ้าเกิดการตกค้างในบรรยากาศหรือสิ่งแวดล้อมในการทำงานซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนในชุมชน ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาที่ดัชนีผลิตภาพทางสิ่งแวดล้อม

<u>วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย</u>

1.ศึกษาสภาวการณ์ปัจจุบันของการใช้และการหมุนเวียนวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

2.ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้การหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

3.ออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยพิจารณาต้นทุนตามเงื่อนไขของเส้นทางและตำแหน่งของการดำเนินงานที่เหมาะสมของการหมุนเวียนและนำกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้แบบจำลองเครือข่าย (Reverse logistics network model)

4.จัดทำโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ
5.วิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลน
6.ศึกษาและออกแบบแนวทางระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นแก่สิ่งแวดล้อมจากการนำวัตถุดิบมาหมุนเวียนหรือนำกลับมาใช้ใหม่

<u>ขั้นตอนการทำวิจัย</u>

1.ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ เทคนิคการพยากรณ์และการประเมินวัฏจักรชีวิต
2.เก็บข้อมูล
ในการเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการสัมภาษณ์โดยมีการจัดทำแบบสอบถามตามข้อมูลโรงงานจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาจะถูกเก็บรวบรวม อาทิเช่น

- ข้อมูลที่ตั้งของผู้ประกอบการ
- ข้อมูลปริมาณการใช้ การกำจัดทิ้ง การผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพและการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบ ทั้งนี้จะต้องมีการพิจารณาแยกตามตำแหน่งของการรวบรวมวัตถุดิบ
- ข้อมูลของที่ตั้งของการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle process)
- ข้อมูลเส้นทางการกระจายของการหมุนเวียนและการนำกลับคืนสู่ผู้ประกอบการ
- ข้อมูลต้นทุนพื้นฐานซึ่งเป็นองค์ประกอบของต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับ

นอกจากนี้จะทำการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบการศึกษา อาทิเช่น

- ข้อมูลการนำเข้าและการส่งออกวัตถุดิบเหล็กและตะกั่วจากกรมศุลกากร
- ข้อมูลของการแบ่งประเภทเศษเหล็กจากกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
- ข้อมูลการขออนุญาตขนย้ายเศษโลหะจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม
- ข้อมูลการนำเข้าและราคาของเศษเหล็กจากสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศ
- ข้อมูลกำลังการผลิตจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- จังหวัดที่ทำการเก็บข้อมูลประกอบจะอยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ประกอบด้วยกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรีและระยอง

3.สร้างแบบจำลองโครงข่ายโดยใช้โปรแกรม CPLEX ซึ่งพัฒนาร่วมกับ Visual Studio
4.ทำการพยากรณ์การเกิดเศษโลหะและเศษแบตเตอรี่เก่าโดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม
5.ศึกษาการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของเศษเหล็กในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็กและแบตเตอรี่ โดยมีการจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตโดยมีการเก็บข้อมูลตามช่วงการผลิต มีการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพิจารณาดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม

<u>ผลการศึกษา</u>

1. เศษเหล็กและเศษแบตเตอรี่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอีก 5 ข้างหน้า ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์และนโยบายส่งเสริมให้มีการซื้อรถยนต์เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะรถยนต์ประเภทประหยัด

พลังงาน อย่างไรก็ตามอุปทานของโลหะมีแนวโน้มลดลงและมีราคาที่สูงเพิ่มมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพื่อให้เห็นความสำคัญของการรีไซเคิลเศษโลหะเพื่อลดการขาดแคลน ลดต้นทุนและลดการใช้พลังงาน

2. ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นในภาคกลางและภาคตะวันออกของปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีการขออนุญาตขนย้ายเศษเหล็กจำนวน 254,715.4699 ตัน โดยไตรมาสที่ 3 ของปีมีการขนย้ายมากที่สุด ภาคตะวันออกพบว่ามีการเกิดเศษโลหะในปริมาณมากเมื่อเทียบกับภาคกลางโดยเกิดเศษระหว่าง 3,500-9,000 ตัน ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ 4,581,118,271.29 บาท ต้นทุนในการหลอมเหล็กถือว่ามีสัดส่วนที่สูง (ร้อยละ 97) ถ้าเทียบกับต้นทุนในการขนส่งและต้นทุนแรงงาน

3. ในการศึกษาการรีไซเคิลเศษเหล็กจากการวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนนั้น พบว่าถ้าเพิ่มการรีไซเคิลสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ การเพิ่มการรีไซเคิลจากยอดการเกิดเศษเหล็กเดิมสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้อย่างน้อย 256,753,193.66 บาท สำหรับการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้รับรวมรวบเศษเหล็กไปยังโรงหลอมนั้น ในสถานการณ์ปัจจุบันจะมีการประมูลและขนย้ายข้ามพื้นที่หรือข้ามจังหวัด ซึ่งผู้ประกอบการจะมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์โดยการสร้างแบบจำลองให้ลดระยะทางการขนส่งระหว่างพื้นที่โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย พื้นที่จังหวัดชลบุรี กลุ่มพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราและสมุทรปราการ กลุ่มพื้นที่กรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ พื้นที่จังหวัดปทุมธานี และพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยพบว่าการบริหารจัดการในลักษณะกลุ่มพื้นที่นั้นสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ลงได้เมื่อเทียบกับรูปแบบปัจจุบันได้ปีละ 22,643,983.63 บาท

4. สำหรับการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าในปี พ.ศ. 2554 นั้นพบว่ามีจำนวน 229,955.01 กิโลกรัมโดยพบว่าปริมาณเศษแบตเตอรี่เก่าเกิดขึ้นมากที่สุดในไตรมาสที่ 4 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์จะประกอบด้วยต้นทุนแรงงาน ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนในการหลอม สำหรับต้นทุนในการหลอมนั้นพบว่ามีสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับต้นทุนประเภทอื่น ๆ โดยพบว่าในการหลอมตะกั่วดิบ 1 ตัน จะต้องใช้ต้นทุนประมาณ 81,162 บาท สำหรับตะกั่วที่หลอมได้จะส่งกลับยังผู้ผลิตแบตเตอรี่โดยพบว่าตะกั่วที่ผลิตได้ทั้งหมดจากโรงหลอมสามารถจำหน่ายได้หมดเนื่องจากมีการแย่งซื้อเศษแบตเตอรี่เก่าระหว่างผู้ประกอบการโรงหลอมด้วยกันเอง สำหรับต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ในปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ประมาณ 20,610,468.51 บาท

5.ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องมีการจัดทำบัญชีรายการข้อมูล ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างเศษเหล็กและตะกั่ว สำหรับการหลอมเหล็กจะประกอบด้วยกระบวนการหลอมเหล็กด้วยเตาไฟฟ้า กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก กระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง กระบวนการรีดเหล็กการอบอ่อน กระบวนการขึ้นรูป การตกแต่งผิวและกระบวนการจัดการเศษเหล็ก สำหรับการหลอมตะกั่วจะประกอบด้วย การผลิตตะกั่วบริสุทธิ์ การผลิตตะกั่วอัลลอยด์ การผลิตเม็ดพลาสติกประเภท PE และ PP การผลิตกรดซัลฟูริกเข้มข้น การผลิตสารเคมีอื่นๆ การขึ้นรูปพลาสติก ขั้นตอน Grid Casting ขั้นตอน Oxide Mixing ขั้นตอน Pasting ขั้นตอน Curing (-) และขั้นตอน Curing (+)

6. นอกจากนี้แล้วในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะมีการใช้ค่าดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม ผลการประมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ในโครงการวิจัยนี้จะนำค่าที่ได้มาหาค่า Green Productivity Index โดยจะใช้ค่า Productivity คิดจากต้นทุนการผลิต/หน่วย และ Environmental Impact คิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งหมด จะได้ค่า Green Productivity Index จากการผลิตเหล็ก 1 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่า GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.87 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.04 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าหากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย

7. สำหรับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่นั้น จะพิจารณาวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่เป็น 3 ช่วงคือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตและการใช้งาน โดยต้นทุนการผลิตแบตเตอรี่ 1 ลูกและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นคิดเป็นสัดส่วนของ Green Productivity Index เท่ากับ 0.060 GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.133 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.568 นั่นหมายความว่า หากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย

8. แนวทางในการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับสำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมุ่งเน้นไป 3 ด้านคือด้านสังคม (Society) ด้านเศรษฐกิจ (Economy) และด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) ด้านสังคมจะมุ่งเน้นการสร้างความปลอดภัยให้แก่ชุมชน การให้ความรู้แก่ประชาชนและการดูแลสุขภาพประชาชน ทางด้านเศรษฐกิจนั้นจะต้องมีการส่งเสริมการรีไซเคิลเศษโลหะและมีการส่งเสริมให้มีการลดการใช้พลังงาน สำหรับทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องมีการควบคุมผู้ประกอบการภายใต้การกำกับดูแลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย การตกค้างของโลหะในบรรยากาศ การควบคุมคุณภาพอากาศและดินรวมไปถึงการควบคุมการขนย้ายกากอุตสาหกรรม

<u>การนำผลงานไปใช้ประโยชน์</u>

ผู้อำนวยการสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม นายไสว โลจนะศุภฤกษ์ ได้สรุปการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ให้แก่โครงการวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

การนำผลงานไปใช้เชิงนโยบาย

1.เป็นข้อมูลเชิงลึกทั้งทางปริมาณและคุณภาพในการออกกฎหมายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมในการควบคุม จัดเก็บ บริหารซากหม้อแบตเตอรี่เก่าใช้แล้วให้เข้าสู่ระบบรีไซเคิลได้อย่างครบถ้วน ซึ่งไม่เคยมีฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน เกิดการหลุดลอดของซากหม้อแบตเตอรี่เข้าสู่สิ่งแวดล้อม

2.การประเมินวงจรชีวิตของซากหม้อแบตเตอรี่เก่าทำให้ทราบผลกระทบในขั้นตอนชีวิตของแบตเตอรี่ และผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถกำหนดหลักเกณฑ์ทางกฎหมายควบคุมปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของประเทศได้

3.แบบจำลองโครงข่ายการหมุนเวียนของเศษโลหะสามารถนำมาประยุกต์ใช้และพยากรณ์กับกระบวนการแปรรูปโลหะอื่น ๆ ต่อไปได้

4.เป็นฐานข้อมูลจริงที่ได้มีการจัดทำขึ้นใหม่ สามารถนำไปใช้วางแผนพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กที่เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานได้

5.การวิจัยในลักษณะนี้ทำให้เกิดมุมมองใหม่จากการมองย้อนกลับทำให้เห็นจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ ในการวางแผนบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมของโรงงานที่ศึกษาและขยายสู่โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อมุ่งสู่อุตสาหกรรมสีเขียว ตามนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรม

6.ทำให้ทราบถึงกระบวนการโลจิสติกส์ทั้งทางตรงและแบบย้อนกลับ สามารถนำไปเป็นหลักการพื้นฐานและต้นแบบให้กับกระทรวงอุตสาหกรรมในการจัดตั้งหน่วยงานโลจิสติกส์ของภาคอุตสาหกรรมที่กำลังดำเนินการจัดตั้งอยู่

7.เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการใช้หมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบทำให้สามารถจัดทำโครงการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ตามหลักการ 3Rs ตามนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรม

8.เป็นการศึกษาที่ไม่เคยมีใครทำมาก่อนโดยเฉพาะเรื่องกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและแบตเตอรี่ ซึ่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมเคยเสียค่าใช้จ่ายมากมายในการแก้ไขปัญหามลพิษและวิธีการจัดการซากหม้อแบตเตอรี่ให้เป็นระบบแต่ไม่ประสบความสำเร็จ แต่แนวคิดเรื่องโลจิสติกส์ในโครงการวิจัยนี้ได้

เปิดมุมมองใหม่ให้กับผู้บริหารระดับสูงของกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเรื่องน้ำกรดจากหม้อแบตเตอรี่จำนวนหลายสิบล้านลิตรที่ยังไม่สามารถควบคุมได้และทิ้งสู่ท่อสาธารณะเป็นปัญหาเรื้อรังมานับสิบปี แต่ผลงานวิจัยนี้ได้เปิดแนวทางใหม่ในการแก้ไขปัญหาได้ตรงประเด็น จนต้องตั้งคณะทำงานขึ้นมาศึกษาต่อยอดจากโครงการวิจัยนี้อย่างละเอียดเพื่อสกัดข้อมูลแนวคิด การประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงปฏิบัติและการกำหนดนโยบายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การนำผลงานไปใช้เชิงพาณิชย์

1.เป็นข้อมูลสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ในการวางแผนโลจิสติกส์ในการลดต้นทุนได้เป็นอย่างดี

2.ข้อมูลวงจรชีวิตทำให้โรงงานที่เกี่ยวข้องทั้งโรงงานเหล็กและแบตเตอรี่สามารถประเมินผลกระทบและวิธีการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาสภาพแวดล้อมและการบำบัดของเสียโดยเฉพาะการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

3.ข้อมูลโครงสร้างต้นทุนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการบริหารทางการเงินในมุมมองใหม่ให้แก่โรงงาน

4.ผลการพยากรณ์ความต้องการใช้หมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบนำไปสู่การจัดการของเสียตามหลักการ 3Rs เพิ่มมูลค่าให้แก่โรงงาน

5.เนื่องจากเป็นเรื่องที่ใหม่มาก ผู้ประกอบกิจการโรงงานทั้งอุตสาหกรรมเหล็กและโรงงานหลอมแบตเตอรี่ ได้แสดงเจตจำนงค์ขอสำเนาผลการศึกษาวิจัยฉบับนี้ เพื่อนำไปวิเคราะห์ศึกษาอย่างละเอียดในการประยุกต์ใช้ ซึ่งโรงงานหลายรายแจ้งว่ามีประโยชน์จำนวนมากในรายงานผลการวิจัยฉบับนี้ แต่คงต้องใช้เวลาศึกษาพอสมควรเพื่อให้เข้าใจหลักการก่อนอย่างลึกซึ้งจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

6.ก่อนนำไปใช้ให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมจะต้องทำการศึกษางานวิจัยนี้อย่างเจาะลึกเสียก่อน แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นแล้วก็คือการยอมรับของผู้บริหารของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและผู้ประกอบกิจการโรงงานที่จะนำผลการวิจัยไปศึกษาวิเคราะห์ในรายละเอียดเพื่อที่จะสามารถสังเคราะห์ไปใช้ให้เกิดผลลัพธ์ที่มีประโยชน์ต่อไป

บทคัดย่อ

“การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ”

สิรางค์ กลั่นคำสอนและคณะ

อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ได้พบกับปัญหาของการขาดแคลนวัตถุดิบ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากประเทศไทยไม่สามารถผลิตโลหะเหล็กและตะกั่วได้เพียงพอต่อความต้องการต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การลดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบโลหะสามารถใช้วิธีการรีไซเคิลโลหะ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ก็เพื่อ1) เพื่อศึกษาสภาวการณ์ปัจจุบันของการใช้และการหมุนเวียนวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ 2) เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้การหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ 3) เพื่อออกแบบแบบจำลองเครือข่ายสำหรับระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับที่สามารถวิเคราะห์ต้นทุนตามเงื่อนไขของเส้นทางและตำแหน่งของการดำเนินงาน 4) เพื่อจัดทำโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 5) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนและ 6) เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสม สำหรับหน่วยงานสนับสนุนการวิจัยคือสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ผลของการศึกษาพบว่าข้อมูลปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นในภาคกลางและภาคตะวันออกของปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีการขออนุญาตขนย้ายเศษเหล็กจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 254,715.4699 ตันและต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นมีมูลค่า 4,581,118,271.29 บาท การเพิ่มการรีไซเคิลจากยอดการเกิดเศษเหล็กเดิมสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ไม่น้อยกว่า 256,753,193.66 บาท ในการลดระยะทางการขนส่งระหว่างพื้นที่โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย พื้นที่จังหวัดชลบุรี กลุ่มพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราและสมุทรปราการ กลุ่มพื้นที่กรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ พื้นที่จังหวัดปทุมธานี และพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ลงได้เมื่อเทียบกับรูปแบบปัจจุบันได้ปีละ 22,643,983.63 บาท สำหรับการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าในปี พ.ศ. 2554 นั้นพบว่ามีจำนวน 229,955.01 กิโลกรัม ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่มีมูลค่า 20,610,468.51 บาท การเพิ่มการรีไซเคิลจากยอดการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าเดิมสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ไม่น้อยกว่า 326,178.79 บาท ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะมีการใช้ค่าดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อมพบว่า GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.87 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.04 ของโลหะเหล็ก สำหรับแบตเตอรี่ 1 ลูกนั้น GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.133 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.568 นอกจากนี้แล้วในการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับการบริหารจัดการของกรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นควรจะมุ่งเน้นไป 3 ด้านคือด้านสังคม (Society) ด้านเศรษฐกิจ (Economy) และด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)

Abstract

“Management of Reverse Logistics System and Green Logistics of Foundry Industry”

Sirang Klankamsorn

The Automotive part industry and Battery industry are facing with the shortage problem of raw material. Since the metal and lead are not sufficiently produced for increasingly expansion of Automotive industry in Thailand. The metal recycling can reduce the metal shortage problem. The objectives of this research are to 1) To study the current situation of the use and circulation of metal part in the Automotive part industry and lead in the Battery industry 2) To forecast the circulation demand for recycling of metal part in the Automotive part industry and lead in the Battery industry 3) To design the network of reverse logistics system that can analyze the cost by conditions of route and location of operations 4) To develop the reverse logistics cost structure 5) To analyze the ability of shortage compensation and 6) To study and design the suitable of green logistics system. The supported organization of the research is the Department of Industrial Works, Ministry of Industry.

The result of the research show that the steel scrap occurred and asked for the movement permission from the Department of Industrial Works in the central and eastern region in 2011 is 254,715.4699 tons and the logistics cost is 4,581,118,271.29 baht. The increasing of recycling from the previous quantity of steel scrap can reduce the raw material cost at least 256,753,193.66 bahts. The zones are divided into Chonburi area, Chachoengsao and Samut Prakan area, Bangkok and Samut Prakan area, Patumthani area and Phra Nakhon Si Ayutthaya area to reduce the transportation distance. The zone division leads to logistics cost reduction compared with the previous pattern by 22,643,983.63 baht per year. For the old battery, the occurred quantity in 2011 is 229,955.01 kilograms. The logistics cost of Battery industry is 20,610,468.51baht. The increasing of recycling from the previous quantity of old battery can reduce the raw material cost at least 326,178.79 bahts. For the assessment on the environmental effect, the green productivity index is considered. The GP index of raw material is 0.87 and GP index of energy is 0.04 of metal. In case of a single unit of battery, The GP index of raw material is 0.133 and GP index of energy is 0.568. In addition, the green logistics management of the Department of Industrial Works, Ministry of Industry should focus on 3 aspects, which are society, economy and environment.

สารบัญ

		หน้าที่
	คำนำ	
	กิตติกรรมประกาศ	
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความสำคัญของปัญหา	1-1
	1.1.1 เหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อ	1-1
	1.1.2 ตะกั่ว	1-5
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-9
	1.3 ขั้นตอนการวิจัย	1-9
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	1-10
	1.5 แผนงานของโครงการ	1-11
บทที่ 2	**การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ**	
	2.1 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	2-1
	2.1.1 แบบจำลองเชิงปริมาณของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	2-6
	2.1.2 โปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรง	2-9
	2.2 การจัดการโลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อม	2-13
	2.2.1 การประเมินวงจรชีวิต	2-17
	2.2.2 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวงจรชีวิต	2-18
	2.2.3 ประวัติของการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตในประเทศไทย	2-19
	2.2.4ความเหมาะสมของการประยุกต์ใช้ LCA ในงานศึกษาวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม	2-19
	2.2.5 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต	2-19
	2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	2-27
บทที่ 3	**อุตสาหกรรมเหล็ก ยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์**	
	3.1 อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	3-1
	3.1.1 สถานการณ์ปัจจุบันของอุตสาหกรรมเหล็ก	3-1
	3.1.2 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเหล็ก	3-8
	3.1.3 มาตรฐานในประเทศไทยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า	3-12
	3.1.4 ความเสี่ยงเกี่ยวกับความผันผวนของราคาวัตถุดิบ	3-14
	3.2 ภาวะอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2555	3-16
	3.2.1 ภาวะอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2554	3-16
	3.2.2 ภาวะอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2555	3-17
	3.3 โซ่อุปทานของโลหะในอุตสาหกรรมยานยนต์	3-18
	3.4 โลจิสติกส์ย้อนกลับของโลหะ	3-21
	3.4.1กรอบแนวคิดของโลจิสติกส์ย้อนกลับของชิ้นส่วนและส่วนประกอบรถยนต์	3-24

สารบัญ (ต่อ)

		หน้าที่
	3.4.2 การดำเนินกิจกรรมของโลจิสติกส์ย้อนกลับ	3-25
	3.4.3 End-of-Life Vehicles	3-31
	3.4.4 อุปสรรคของโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมยานยนต์	3-31
	3.4.5 ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ	3-32
	3.5 การหลอมเหล็กจากเศษโลหะ	3-38
บทที่ 4	**ระบบโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแบตเตอรี่**	
	4.1 ความหมายของแบตเตอรี่	4-1
	4.1.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ	4-1
	4.1.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ	4-1
	4.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	4-3
	4.3 กระบวนการผลิตแบตเตอรี่ชนิดรถจักรยานยนต์/รถยนต์	4-4
	4.3.1 การออกแบบ	4-4
	4.3.2 การทำโครงตะกั่ว	4-4
	4.3.3 การทำผงตะกั่ว	4-4
	4.3.4 การผสมเนื้อแผ่นธาตุ	4-5
	4.3.5 การฉาบแผ่นธาตุ	4-5
	4.3.6 การประจุไฟแผ่นธาตุ	4-5
	4.3.7 การประกอบ	4-5
	4.3.8 การประกอบแบตเตอรี่เปลือกพลาสติก	4-5
	4.3.9 การประกอบแบตเตอรี่เปลือกดำยางแข็งโดยการลาดยาง	4-6
	4.4 คุณสมบัติสำคัญของตะกั่ว	4-7
	4.5 ประโยชน์ของตะกั่ว	4-8
	4.6 เทคโนโลยีการผลิตตะกั่ว	4-10
	4.6.1 การถลุงโลหะตะกั่วจากแร่	4-10
	4.6.2 การผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่	4-11
	4.7 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่	4-11
	4.8 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ	4-12
	4.9 แผนผังกระบวนการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่	4-14
	4.10 เทคโนโลยีการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ในประเทศไทย	4-17
	4.11 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขณะทำการหลอม	4-20
	4.11.1 การหลอมโดยใช้โซดาแอชหรือ Na_2CO_3 เป็นฟลั๊กซ์	4-20

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.11.2 การหลอมโดยใช้หินปูนเป็นฟลั๊กซ์ 4-20
4.12 การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่รถยนต์ 4-21
4.12.1 ผลกระทบจากแบตเตอรี่หลังการใช้งาน 4-21
4.13 อุตสาหกรรมตะกั่วของประเทศไทย 4-23
4.14 อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของไทย 4-24
4.15 แผนการดำเนินงานสำหรับการทำบัญชีรายการข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ 4-26

บทที่ 5 การพยากรณ์ความต้องการโลหะ

5.1 เทคนิคในการพยากรณ์ 5-1
5.1.1 การวิเคราะห์แนวโน้ม 5-1
5.1.2 วิธีการถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ 5-2
5.2 การหมุนเวียนการใช้โลหะ 5-3
5.3 การพยากรณ์การหมุนเวียนโลหะ 5-10
5.3.1 ข้อมูลประกอบการพยากรณ์ 5-10
5.3.2 ผลจากการพยากรณ์ 5-21

บทที่ 6 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

6.1 แนวคิดในการออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 6-1
6.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 6-1
6.1.2 พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 6-3
6.1.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา 6-3
6.2 โครงข่ายระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 6-3
6.3 ห่วงโซ่อุปทานของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก 6-9
6.4 ผลการวิเคราะห์โครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษเหล็ก 6-13
6.4.1 กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก 6-13
6.4.2 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของเศษเหล็กสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 6-24
6.4.3 ผลการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษเหล็ก 6-29

บทที่ 7 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของผู้ผลิตแบตเตอรี่

7.1 ห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตแบตเตอรี่ 7-1
7.2 โครงข่ายระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ 7-7
7.3 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ 7-13
7.3.1 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้ผลิตแบตเตอรี่ 7-13
7.3.2 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้ประกอบการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า 7-13

สารบัญ (ต่อ)

		หน้าที่
	7.3.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงหลอมตะกั่ว	7-14
	7.4 ผลการวิเคราะห์โครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษแบตเตอรี่เก่า	7-15
	7.4.1 เมตริกซ์ระยะทางของการขนส่ง	7-15
	7.4.2 ข้อมูลต้นทุนต่อหน่วย	7-16
	7.4.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของการจัดการเศษแบตเตอรี่เก่า	7-16
บทที่ 8	**การจัดการกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ**	
	8.1 แนวคิดพื้นฐานของการจัดการกรีนโลจิสติกส์	8-1
	8.2 การจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก	8-2
	8.2.1 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล (Inventory Data) ของกระบวนการหลอมเหล็ก	8-2
	8.2.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment) ของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก	8-4
	8.2.3 ดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity index) ของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก	8-6
	8.3 การจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับแบตเตอรี่	8-8
	8.3.1 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล (Inventory Data) ของกระบวนการผลิตแบตเตอรี่	8-8
	8.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment) ของแบตเตอรี่	8-10
	8.3.3 ดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity index) ของแบตเตอรี่	8-12
	8.4 แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ	8-13
บทที่ 9	**บทสรุป**	
	9.1 บทสรุป	9-1
	9.2 จุดแข็งของงานวิจัย	9-3
	9.3 จุดอ่อนของงานวิจัย	9-3
	9.4 ปัญหาและอุปสรรคของระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์	9-3
	9.5 การนำผลงานไปใช้ประโยชน์	9-4
	เอกสารอ้างอิง	
	ภาคผนวก	

สารบัญรูป

หน้าที่

รูปที่ 1.1	การจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรงและแบบย้อนกลับสำหรับการหมุนเวียนวัตถุดิบกลุ่มเหล็ก	1-3
รูปที่ 1.2	ผังความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ของข้อเสนอโครงการวิจัย	1-8
รูปที่ 2.1	ลำดับขั้นการลดการใช้พลังงานจากการหมุนเวียนหรือนำกลับมาใช้ใหม่ของทรัพยากร	2-1
รูปที่ 2.2	องค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทานแบบครบวงจร	2-3
รูปที่ 2.3	ลักษณะของการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและโลจิสติกส์ย้อนกลับตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์	2-4
รูปที่ 2.4	โครงข่ายของโลจิสติกส์ย้อนกลับที่สัมพันธ์กับโลจิสติกส์ทางตรง	2-8
รูปที่ 2.5	แบบจำลองโครงข่ายการหมุนเวียนการใช้สินค้า	2-10
รูปที่ 2.6	บทบาทของการปฏิบัติทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทาน	2-13
รูปที่ 2.7	กรอบของการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม	2-15
รูปที่ 2.8	กระบวนการวางแผนห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม	2-17
รูปที่ 2.9	วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	2-18
รูปที่ 2.10	กรอบการดำเนินงานของการประเมินวงจรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040	2-21
รูปที่ 2.11	เฟสต่าง ๆ ของการจัดการวงจรชีวิต	2-22
รูปที่ 3.1	สัดส่วนการบริโภคเหล็กสำเร็จรูปแบ่งตามอุตสาหกรรมของประเทศไทย	3-2
รูปที่ 3.2	สถานการณ์เหล็กแยกตามผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554	3-6
รูปที่ 3.3	สรุปภาพรวมสถานการณ์เหล็กของไทยในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554	3-7
รูปที่ 3.4	กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า	3-9
รูปที่ 3.5	โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กไทย	3-10
รูปที่ 3.6	ปริมาณการผลิต จำหน่าย และส่งออกรถยนต์	3-17
รูปที่ 3.7	สถานที่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญของประเทศไทย	3-18
รูปที่ 3.8	โซ่อุปทานของการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า	3-19
รูปที่ 3.9	โซ่อุปทานเหล็กกับอุตสาหกรรมยานยนต์	3-21
รูปที่ 3.10	การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรม	3-22
รูปที่ 3.11	การจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรงและแบบย้อนกลับสำหรับการหมุนเวียนวัตถุดิบกลุ่มเหล็ก	3-23

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3.12	ประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่ 20 ประเภทของชิ้นส่วนรถยนต์โตโยต้า	3-26
รูปที่ 3.13	การดำเนินการ ELV treatment ในปัจจุบันของประเทศเยอรมันอย่างง่าย	3-27
รูปที่ 3.14	กรอบแนวคิดของการตรวจสอบรถยนต์ที่ถูกส่งคืน	3-28
รูปที่ 3.15	พัฒนาการของสัดส่วนวัสดุ ELV และเป้าหมายของการนำกลับไปใช้ใหม่ในประเทศเยอรมัน	3-29
รูปที่ 4.1	กระบวนการผลิตแบตเตอรี่ชนิดรถจักรยานยนต์/รถยนต์	4-7
รูปที่ 4.2	วิธีการผ่าหม้อแบตเตอรี่	4-12
รูปที่ 4.3	ขั้นตอนการผ่าหม้อแบตเตอรี่	4-14
รูปที่ 4.4	ขั้นตอนการหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่กับชนิดของเตาถลุง	4-15
รูปที่ 4.5	ขั้นตอนการทำตะกั่วอ่อน ตะกั่วผสม และตะกั่วออกไซด์	4-16
รูปที่ 4.6	เตาแบบหมุนสั้น	4-17
รูปที่ 4.7	เตานอน	4-18
รูปที่ 4.8	เตาตั้ง	4-19
รูปที่ 4.9	ขั้นตอนการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่า	4-23
รูปที่ 5.1	โลจิสติกส์ของการหมุนเวียนโลหะทั้งเหล็กและตะกั่วในอุตสาหกรรมยานยนต์	5-9
รูปที่ 5.2	การเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02	5-18
รูปที่ 5.3	การเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03, 10 09 08 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09	5-19
รูปที่ 5.4	ปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว)	5-20
รูปที่ 5.5	ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559	5-22
รูปที่ 5.6	ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559	5-24
รูปที่ 5.7	ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559	5-26

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้าที่
รูปที่ 5.8	ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559	5-28
รูปที่ 6.1	ขั้นตอนการออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	6-3
รูปที่ 6.2	โครงข่ายของระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	6-4
รูปที่ 6.3	รูปแบบโครงข่ายที่แสดงปริมาณการหมุนเวียนโลหะ	6-8
รูปที่ 6.4	ห่วงโซ่อุปทานของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก	6-10
รูปที่ 6.5	ระบบการจัดการกากอุตสาหกรรม	6-14
รูปที่ 6.6	โครงสร้างรหัสของเสียของกากอุตสาหกรรม	6-14
รูปที่ 6.7	กากอุตสาหกรรมจากกระบวนการผลิตรถยนต์	6-15
รูปที่ 6.8	กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายเดือนของปี พ.ศ. 2554	6-19
รูปที่ 6.9	กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554	6-20
รูปที่ 6.10	ปริมาณการเกิดเศษโลหะ (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554 แยกรายจังหวัด	6-23
รูปที่ 7.1	ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่	7-1
รูปที่ 7.2	กระบวนการแยกแบตเตอรี่ที่โรงหลอมตะกั่ว	7-2
รูปที่ 7.3	ปริมาณการขออนุญาตขนย้ายเศษแบตเตอรี่เก่าจากแหล่งกำเนิดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554	7-3
รูปที่ 7.4	กากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ (กิโลกรัม) รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554	7-6
รูปที่ 7.5	ปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าแยกรายจังหวัดของปี พ.ศ. 2554	7-11
รูปที่ 7.6	โครงข่ายห่วงโซ่อุปทานของการรีไซเคิลตะกั่วจากแบตเตอรี่	7-12
รูปที่ 8.1	ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม	8-4
รูปที่ 8.2	เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ	8-5
รูปที่ 8.3	ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากแบตเตอรี่	8-11
รูปที่ 8.4	เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆจากแบตเตอรี่	8-11

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ **ง**-1	เข้าสู่โปรแกรม	ง-1
รูปที่ **ง**-2	กรอกข้อมูลพื้นฐาน	ง-1
รูปที่ **ง**-3	การจัดเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทาง	ง-2
รูปที่ **ง**-4	ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการกระจายเศษโลหะจากผู้ผลิตไปยังแหล่งรวบรวมหรือโรงหลอม	ง-2

สารบัญตาราง

		หน้าที่
ตารางที่ 1.1	อัตราการขยายตัวของความต้องการใช้ชิ้นส่วนหล่อโลหะในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ	1-2
ตารางที่ 1.2	การประมาณการบริโภคเศษเหล็กของไทย	1-5
ตารางที่ 1.3	ปริมาณการผลิตและอัตราการขยายตัวของการผลิตแบตเตอรี่	1-6
ตารางที่ 2.1	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับ	2-2
ตารางที่ 2.2	ลักษณะของแบบจำลองเชิงปริมาณโดยทั่วไปในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน	2-6
ตารางที่ 2.3	รูปแบบของแบบจำลองในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเทียบกับการจัดการโลจิสติกส์แบบดั้งเดิม	2-7
ตารางที่ 2.4	ตัวอย่างพารามิเตอร์และดัชนีชี้วัดจากแบบจำลองการพยากรณ์	2-8
ตารางที่ 2.5	การจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ	2-16
ตารางที่ 2.6	ตัวอย่างค่า Equivalency Factor: EF_{ij} สำหรับกรณีภาวะโลกร้อนขึ้น	2-26
ตารางที่ 3.1	ปริมาณการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี พ.ศ. 2554 เทียบกับปี พ.ศ. 2553	3-2
ตารางที่ 3.2	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี พ.ศ. 2554 เทียบกับปี พ.ศ. 2553	3-4
ตารางที่ 3.3	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี 2554 เทียบกับปี 2553	3-5
ตารางที่ 3.4	สรุปภาพรวมของโครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กไทย	3-11
ตารางที่ 3.5	สรุปผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเหล็กไทย	3-11
ตารางที่ 3.6	มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน	3-12
ตารางที่ 3.7	มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดเย็น	3-13
ตารางที่ 3.8	มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว	3-14
ตารางที่ 3.9	คำศัพท์เกี่ยวกับเหล็กที่น่ารู้	3-15
ตารางที่ 3.10	ปริมาณการผลิต จำหน่าย และส่งออกรถยนต์	3-16
ตารางที่ 3.11	คาดการณ์กำลังการผลิตยานยนต์ปี 2555	3-18
ตารางที่ 3.12	ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัทโตโยต้ากับประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่	3-21
ตารางที่ 3.13	ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัทโตโยต้ากับประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่	3-26

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้าที่

ตารางที่ 3.14	การวัดสมรรถนะโซ่อุปทานขยายผล	3-30
ตารางที่ 3.15	ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ	3-33
ตารางที่ 3.16	กรอบแนวคิดของรูปแบบการใช้ซ้ำของชิ้นส่วนและส่วนประกอบ	3-35
ตารางที่ 4.1	รายชื่อบริษัทผู้ผลิตโลหะตะกั่ว	4-24
ตารางที่ 4.2	บัญชีรายการสารขาเข้าของแบตเตอรี่รถยนต์	4-26
ตารางที่ 5.1	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2550-2554	5-11
ตารางที่ 5.2	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2549-2554	5-12
ตารางที่ 5.3	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ) ปี พ.ศ. 2549-2554	5-13
ตารางที่ 5.4	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว ที่ไม่ใช่ 10 09 07 แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งใช้งานแล้ว) ปี พ.ศ. 2549-2554	5-14
ตารางที่ 5.5	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย) ปี พ.ศ. 2550-2554	5-15
ตารางที่ 5.6	สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว) ปี พ.ศ. 2549-2554	5-16
ตารางที่ 5.7	ผลการเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02	5-18
ตารางที่ 5.8	ผลการเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03, 10 09 08 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09	5-19

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้าที่
ตารางที่ 5.9	ผลการแสดงปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว)	5-20
ตารางที่ 5.10	ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ	5-21
ตารางที่ 5.11	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02	5-22
ตารางที่ 5.12	ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02	5-23
ตารางที่ 5.13	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01	5-23
ตารางที่ 5.14	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01	5-24
ตารางที่ 5.15	ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01	5-25
ตารางที่ 5.16	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03	5-25
ตารางที่ 5.17	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03	5-26
ตารางที่ 5.18	ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03	5-27
ตารางที่ 5.19	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08	5-27
ตารางที่ 5.20	ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08	5-28
ตารางที่ 5.21	ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08	5-29
ตารางที่ 6.1	สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	6-6
ตารางที่ 6.2	แหล่งที่ตั้งของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในโครงการวิจัย	6-11
ตารางที่ 6.3	แหล่งที่ตั้งของโรงหลอมเหล็ก/โรงรีดแผ่นเหล็ก	6-13
ตารางที่ 6.4	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พ.ศ. 2554	6-16
ตารางที่ 6.5	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554	6-19
ตารางที่ 6.6	ปริมาณการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554	6-20

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้าที่
ตารางที่ 6.7	ปริมาณเศษโลหะแยกรายจังหวัดและรายภาคจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554	6-21
ตารางที่ 6.8	สรุปยอดการเกิดเศษโลหะเหล็กแยกรายภาคจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554	6-23
ตารางที่ 6.9	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์	6-24
ตารางที่ 6.10	ตำแหน่งที่ตั้งของคู่ค้าของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	6-25
ตารางที่ 6.11	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนแรงงานของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	6-26
ตารางที่ 6.12	ปริมาณวัตถุดิบหลักและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอม 1 เตา	6-28
ตารางที่ 6.13	ปริมาณสารเคมีและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอม 1 เตา	6-28
ตารางที่ 6.14	ต้นทุนพลังงานในการหลอม 1 เตา	6-28
ตารางที่ 6.15	ต้นทุนต่อการหลอมเหล็ก 1 เตา	6-29
ตารางที่ 6.16	ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษและโรงหลอม	6-30
ตารางที่ 6.17	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในปี พ.ศ.2554	6-33
ตารางที่ 6.18	ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่ไปยังโรงหลอมของปี พ.ศ.2554	6-36
ตารางที่ 6.19	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานใน ปี พ.ศ.2554	6-37
ตารางที่ 6.20	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษโลหะ	6-37
ตารางที่ 6.21	ต้นทุนเนื้อเหล็กที่สามารถประหยัดได้ตามสัดส่วนการรีไซเคิลเศษเหล็ก	6-38
ตารางที่ 6.22	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง	6-39
ตารางที่ 6.23	ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่อไปยังโรงหลอมในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง	6-42
ตารางที่ 6.24	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง	6-42
ตารางที่ 7.1	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ (กิโลกรัม) รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554	7-3
ตารางที่ 7.2	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่ พ.ศ. 2554	7-4
ตารางที่ 7.3	สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	7-11

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้าที่

ตารางที่ 7.4	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ผลิตแบตเตอรี่	7-13
ตารางที่ 7.5	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ประกอบการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า	7-14
ตารางที่ 7.6	ปริมาณวัตถุดิบหลักและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอมเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน	7-15
ตารางที่ 7.7	ต้นทุนพลังงานเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน	7-15
ตารางที่ 7.8	สรุปต้นทุนในการหลอมเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน	7-15
ตารางที่ 7.9	ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่และโรงหลอมตะกั่ว	7-16
ตารางที่ 7.10	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษแบตเตอรี่จากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ในปี พ.ศ.2554	7-19
ตารางที่ 7.11	ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ส่งต่อไปยังโรงหลอมตะกั่วของปี พ.ศ. 2554	7-21
ตารางที่ 7.12	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ตลอดห่วงโซ่อุปทานในปี พ.ศ. 2554	7-21
ตารางที่ 7.13	ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่า	7-22
ตารางที่ 7.14	ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ของการรีไซเคิลตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่า	7-22
ตารางที่ 8.1	การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิต	8-3
ตารางที่ 8.2	การเก็บข้อมูลของช่วงการผลิต	8-3
ตารางที่ 8.3	ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็ก	8-4
ตารางที่ 8.4	ตัวอย่างของ Productivity และ Environmental Impact	8-7
ตารางที่ 8.5	การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตแบตเตอรี่	8-9
ตารางที่ 8.6	การเก็บข้อมูลของช่วงการผลิตแบตเตอรี่	8-10
ตารางที่ 8.7	ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่	8-10
ตารางที่ 8.8	แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ	8-15

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้าที่
ตารางที่ ข-1	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มกราคม พ.ศ. 2554)	ข-1
ตารางที่ ข-2	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554)	ข-2
ตารางที่ ข-3	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มีนาคม พ.ศ. 2554)	ข-3
ตารางที่ ข-4	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน เมษายน พ.ศ. 2554)	ข-4
ตารางที่ ข-5	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2554)	ข-5
ตารางที่ ข-6	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554)	ข-6
ตารางที่ ข-7	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554)	ข-7
ตารางที่ ข-8	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2554)	ข-8
ตารางที่ ข-9	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กันยายน พ.ศ. 2554)	ข-9
ตารางที่ ข-10	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554)	ข-11
ตารางที่ ข-11	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)	ข-13
ตารางที่ ข-12	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554)	ข-14
ตาราง ค	เมตริกซ์ระยะทางของการขนส่ง	ค-1
ตารางที่ ฉ-1	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน มีนาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-1
ตารางที่ ฉ-2	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน เมษายน พ.ศ. 2554)	ฉ-1
ตารางที่ ฉ-3	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-1
ตารางที่ ฉ-4	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554)	ฉ-2

สารบัญตาราง

		หน้าที่
ตารางที่ ฉ-5	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-2
ตารางที่ ฉ-6	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-3
ตารางที่ ฉ-7	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน กันยายน พ.ศ. 2554)	ฉ-3
ตารางที่ ฉ-8	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-4
ตารางที่ ฉ-9	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)	ฉ-5
ตารางที่ ฉ-10	ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554)	ฉ-5
ตารางที่ ช	เมตริกซ์ระยะทางการขนส่ง	ช-1

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในโครงการวิจัยนี้จะพิจารณาปัญหาของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนซัพพลายเชนของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้โลหะเป็นวัตถุดิบ โดยโลหะที่จะพิจารณาประกอบด้วยการใช้เหล็กกล้าหล่อ เหล็กหล่อและตะกั่วเป็นส่วนสำคัญของการผลิต สำหรับการพิจารณาวัตถุดิบที่เป็นเหล็กกล้าหล่อและเหล็กหล่อจะพิจารณาที่อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นสำคัญ ส่วนการพิจารณาปัญหาของการใช้ตะกั่วที่อุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ สำหรับหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของโครงการรวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละอุตสาหกรรมโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามประเภทของวัตถุดิบ คือ ส่วนที่ 1 เหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อ และส่วนที่ 2 ตะกั่ว

1.1.1 เหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อ

อุตสาหกรรมหล่อโลหะนับว่าเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ สำหรับประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สินค้าพื้นฐานประเภทต่างๆที่เกิดจากอุตสาหกรรมหล่อโลหะมีความหลากหลายและก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจให้แก่ประเทศ เช่น ชิ้นส่วนเครื่องจักร ชิ้นส่วนยานยนตร์ อุปกรณ์ในงานประปา วาล์ว ข้อต่อ มิเตอร์วัดน้ำ รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอื่น ๆ เป็นต้น การเติบโตของอุตสาหกรรมหล่อโลหะได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วโดยเริ่มตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่หนึ่ง ซึ่งในยุคนั้นได้มีการใช้เทคโนโลยีในหลายรูปแบบในการหล่อโลหะ อาทิเช่น การใช้ระบบการหล่อในแบบทรายธรรมชาติ (Green sand) ทรายสังเคราะห์ (Synthetic sand) การหล่อด้วยแม่พิมพ์โลหะ (Die casting) การหล่อระบบความละเอียดสูง (Investment casting) การหล่อด้วยทรายผสมเรซิน (Shell mould process) เป็นต้น ต่อมาในระยะแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 ภาคอุตสาหกรรมได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจประมาณร้อยละ 26.0 ซึ่งส่งผลให้เกิดการขยายตัวในการส่งออกและการลงทุนในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เพื่อทดแทนการนำเข้าและเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ การผลิตในช่วงนี้จึงได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นทั้งทางด้านประเภทการผลิตและคุณภาพของสินค้า ระบบการผลิตเริ่มมีความซับซ้อนและมีความต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น ในแผนพัฒนาฯจึงได้มีการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาอุตสาหกรรมหล่อโลหะในระยะยาวขึ้นเพราะว่าอุตสาหกรรมหล่อโลหะมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ โดยมีการส่งเสริมสนับสนุนให้อุตสาหกรรมหล่อโลหะมีประสิทธิภาพในการผลิตมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงมีการเร่งรัดในการกำหนดมาตรฐานของสินค้าอุตสาหกรรมในประเภทนี้เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้ภายในประเทศและตลาดส่งออกต่างประเทศ ต่อมาในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 ได้ให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมหล่อโลหะเป็นอย่างมากดังจะเห็นได้จากการกำหนดยุทธศาสตร์การเพิ่มสมรรถนะและขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ การบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต และวิธีการยกระดับคุณภาพและมาตรฐานของสินค้าให้ตรงความต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศของอุตสาหกรรมหล่อโลหะ นอกจากนี้แล้วยังมียุทธศาสตร์ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมหล่อโลหะไทยนั่นคือ การส่งเสริมและสนับสนุนโครงการปรับปรุงการดำเนินการพัฒนาอุตสาหกรรมหล่อโลหะอย่างต่อเนื่อง

อุตสาหกรรมหล่อโลหะถือเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานของประเทศ เนื่องจากมีหน้าที่ผลิตผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของอุตสาหกรรมหลักต่าง ๆ ของประเทศ โดยมีมูลค่าเมื่อเป็นชิ้นงานหล่อสำเร็จรูปกว่า 50,000 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์งานหล่อโลหะโดยส่วนใหญ่ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยจะผลิตเพื่อการส่งออกมากกว่าจะมุ่งเน้นจำหน่ายภายในประเทศ อุตสาหกรรมในประเทศที่มีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหล่อโลหะที่สำคัญสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอมเพรสเซอร์ อุตสาหกรรมวาล์ว ท่อและข้อต่อ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร และอุปกรณ์และชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมเหมืองและก่อสร้าง อุตสาหกรรมหล่อโลหะมีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องดังตารางที่ 1 ตามอัตราการขยายตัวต่อปีของกลุ่มผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ แนวโน้มการเติบโตของความต้องการใช้ชิ้นงานหล่อโลหะจะเห็นชัดโดยเฉพาะกลุ่มชิ้นส่วนยานยนตร์เพื่อให้เป็นไปตามนโยบายการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนตร์ของประเทศที่มุ่งหวังให้เป็น “Detroit of Asia”

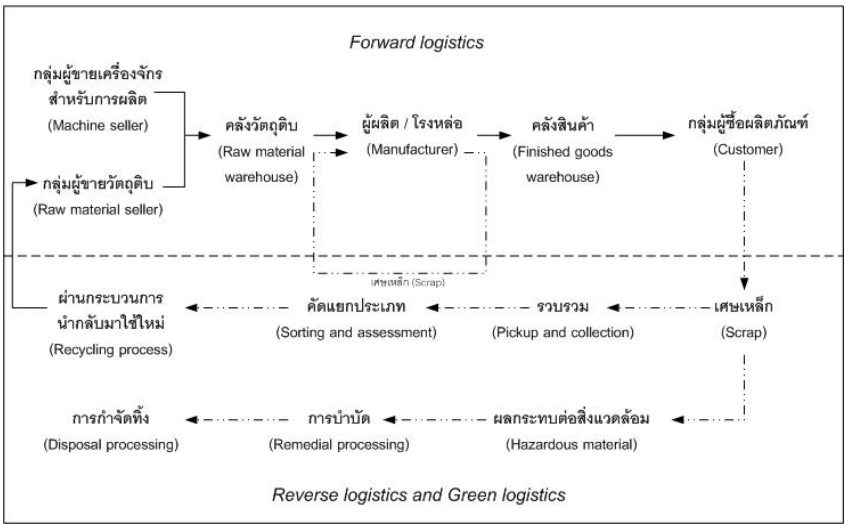
ตารางที่ 1.1 อัตราการขยายตัวของความต้องการใช้ชิ้นส่วนหล่อโลหะในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ

กลุ่มผู้ประกอบการ	**เปอร์เซ็นต์การเติบโต (% ต่อ ปี)**
อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนตร์	15-20%
อุตสาหกรรมชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	5%
อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร	8%
อุตสาหกรรมเหมืองและการก่อสร้าง	3-5%

ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2547

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมหล่อโลหะมีหลายประเภทโดยที่สำคัญและมีปริมาณการใช้งานมากที่สุดคือเหล็กหล่อ (Iron casting) และเหล็กกล้าหล่อ (Steel casting) เมื่อคิดเทียบกับวัตถุดิบชนิดอื่นในอุตสาหกรรมหล่อโลหะ เหล็กหล่อ (Iron casting) มีปริมาณการใช้โดยประมาณ 57.76% และเหล็กกล้าหล่อ (Steel casting) มีปริมาณการใช้โดยประมาณ 7.22% จากข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ปริมาณการผลิตชิ้นงานเหล็กหล่อมีค่าประมาณ 240,000 ตันและปริมาณการผลิตชิ้นงานเหล็กกล้าหล่อมีค่าประมาณ 30,000 ตัน โดยปริมาณการผลิตชิ้นงานโดยเหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ชิ้นงานที่ผลิตมาจากวัตถุดิบในหมวดเหล็กนี้โดยส่วนใหญ่แล้วเพื่อป้อนให้แก่อุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมยานยนตร์ (มีการขยายตัวสูงถึงร้อยละ 30 ต่อปี) อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรกลหรืออุตสาหกรรมก่อสร้าง ผู้ประกอบการรายใหญ่มีการป้อนผลิตภัณฑ์งานหล่อโลหะให้กลุ่มพันธมิตรซึ่งมีการลงทุนร่วมกัน เช่น กลุ่มบริษัทญี่ปุ่น มีทั้งจำหน่ายภายในประเทศและต่างประเทศ โดยในปัจจุบันนี้การผลิตงานหล่อโลหะของไทยมีการแข่งขันกันอย่างสูงทั้งทางด้านการผลิตรวมไปถึงการสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า ชิ้นงานที่ผลิตมีหลากหลายประเภทไม่ว่าจะเป็น ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล (Machinery parts) ลูกรีด (Roller) อุปกรณ์ใช้ในอุตสาหกรรมเหมือง (Ware parts for mining industry) ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร (Agricultural machinery parts) ท่อและข้อต่อ (Pipe & Fitting) ชิ้นส่วนคอมเพรสเซอร์ (Compressor parts) ปั๊ม (Pump) เครื่องยนตร์ดีเซล (Diesel engine unit) รวมไปถึงชิ้นส่วนยานยนตร์อื่น ๆ ผู้ประกอบการที่นำเหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อจะกระจายตัวอยู่ทั่วประเทศโดยจะจับกลุ่มหนาแน่นอยู่ในจังหวัด กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรปราการ ปทุมธานี นครปฐม อยุธยา

และชลบุรี กลุ่มผู้ประกอบการที่ใช้เหล็กหล่อจะถือว่ามีปริมาณที่มากกว่ากลุ่มที่ใช้เหล็กกล้าหล่อ กลุ่มที่ใช้เหล็กหล่อจะเป็นกลุ่มโรงงานขนาดใหญ่ มีกำลังการผลิตมากกว่า 5,000 ตันต่อเดือนหรือถ้าเป็นโรงงานขนาดกลางจะมีกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 100-500 ตันต่อเดือน ส่วนใหญ่จะผลิตเพื่อป้อนชิ้นส่วนให้แก่อุตสาหกรรมยานยนตร์รวมไปถึงรับจ้างผลิตชิ้นงาน สำหรับโซ่อุปทานของระบบการหมุนเวียนการใช้วัตถุดิบกลุ่มเหล็กนั้น ถ้าพิจารณาจากการจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรง (Direct/Forward logistics) และแบบย้อนกลับ (Reverse logistics) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรงและแบบย้อนกลับสำหรับการหมุนเวียนวัตถุดิบกลุ่มเหล็ก

<u>พิจารณาโลจิสติกส์แบบทางตรง</u>

ในการจะผลิตให้เกิดชิ้นงานในห่วงโซ่อุปทานทางตรงจะเริ่มจากการนำวัตถุดิบซึ่งประกอบด้วยเหล็กถลุงเฟอร์โรแมงกานีส เฟอร์โรซิลิคอน เฟอร์โรซิลิโคแมงกานีส เฟอร์โรโครเมียม เฟอร์โรโมลิบดินั่ม และเศษเหล็กนำมาผ่านกระบวนหลอมหรือกระบวนการแปรรูปในลักษณะอื่น เช่น การหล่อแบบฉีด (Die casting) เพื่อให้เกิดชิ้นงานขึ้นและมีจะเศษเหล็กเกิดขึ้นอีกครั้งจากกระบวนการตกแต่งชิ้นงาน

<u>พิจารณาโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ</u>

หลักการของโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics) เป็นกระบวนการวางแผน การปฏิบัติการและควบคุมวัสดุให้มีต้นทุนที่มีประสิทธิภาพโดยจะมีกระบวนการรวบรวมและขนถ่ายวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อกำจัดทิ้งหรือเพื่อส่งกลับคืนศูนย์กลาง โดยจะต้องทำการประเมินว่าถ้านำกลับมาใช้ใหม่จะมีความคุ้มค่าหรือไม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มสำหรับการแข่งขันได้ดีเพียงใดรวมไปถึงสามารถลดของเสีย (Waste) จากกระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการผลิต การกระจายหรือการขนส่งได้อย่างไร โดยพบว่าต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics cost) จะมีค่าประมาณร้อยละ 4 ถึง 9 ของต้นทุนรวมโลจิสติกส์ (Total logistics cost) (Dekker R *et al.,* 2001)

โครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของเศษเหล็กที่เกิดขึ้นในกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นใน 2 ลักษณะคือ

1.เศษเหล็กที่ได้จากกระบวนการซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตหรือเป็นเศษที่ตัดออกจากชิ้นงาน (Return scrap) เศษเหล็กส่วนนี้ถือเป็นเศษเหล็กใหม่ ซึ่งทางผู้ประกอบการมักจะนำกลับไปหลอมเพื่อใช้ในกระบวนการต่อไป สำหรับเศษเหล็กในส่วนนี้จะทราบประวัติของส่วนผสมทางเคมีแล้ว

2. เศษเหล็กที่ซื้อมาใช้เพื่อหลอมรวมกับวัตถุดิบอื่น (Secondary scrap)

เศษเหล็กในประเภทนี้จะมีผู้มารับซื้อเพื่อนำไปคัดแยกตามลำดับชั้นของเศษเหล็ก ซึ่งจะมีเกณฑ์ในการคัดแยกเพื่อเพิ่มคุณภาพตามปริมาณเนื้อเหล็ก ขนาดของเศษเหล็ก ปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็กและการปนเปื้อนต่าง ๆ บนผิวเศษเหล็ก ลักษณะของเศษเหล็กที่มีการซื้อขายจะมีทั้งเป็นแบบอัดเป็นทรงสี่เหลี่ยม (Bundle scrap) ไม่อัดหรือขยี้เป็นก้อน (Loose scrap) และขยี้เป็นก้อน (Shredded scrap) ผู้ประกอบการจะซื้อเศษเหล็กในลักษณะนี้เพื่อมารวมกับวัตถุดิบอื่น ๆ ต่อไป ในการหลอมเศษเหล็กเก่านี้แม้ว่าจะทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลงแต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ก็จะต่ำลงด้วย

ปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมหล่อโลหะที่ใช้วัตถุดิบเหล็กหล่อและเหล็กกล้าหล่อ

ปัญหาที่พบมีหลายประการที่มีความสำคัญ จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่าในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1-3 เท่า และเข้าสู่ยุคของการแข่งขันอย่างรุนแรง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการพัฒนาระบบเศรษฐกิจและการพัฒนาขนาดอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วจากประเทศคู่แข่งที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากประเทศจีนและประเทศอินเดีย โดยทั้ง 2 ประเทศนี้มีอัตราการขยายตัวของการผลิตชิ้นงานหล่อโลหะที่เพิ่มขึ้น จากผลการสำรวจของ “The 41st Census of World Casting Production: 2006” พบว่า ประเทศจีนมีอัตราการขยายตัวของการผลิตชิ้นงานหล่อโลหะเพิ่มขึ้น ร้อยละ 15 ในปี พ.ศ. 2549 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 รวมไปถึงอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ของจีนมีระดับการเติบโตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 30 ส่วนประเทศอินเดียมีอัตราการขยายตัวการผลิตชิ้นงานหล่อโลหะเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.5 ในปี พ.ศ. 2549 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2548 ตัวอย่างผลกระทบที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมหล่อโลหะของไทยที่เห็นได้ชัดคือการผลิตชิ้นส่วนคอมเพรสเซอร์ แม้ว่ายอดการผลิตจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปีแต่ทั้งนี้เป็นการผลิตเพื่อใช้ในประเทศเนื่องจากราคาของคอมเพรสเซอร์จากประเทศจีนต่ำกว่าของไทยประมาณร้อยละ 20-30 ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลมาสู่ปัญหาหลายประการสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การขาดแคลนวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้คือเหล็กโดยเฉพาะเหล็กปิกไม่สามารถผลิตได้เองในประเทศไทย ต้องมีการนำเข้าโดยเฉพาะมาจากประเทศจีน ซึ่งในปัจจุบันต้นทุนวัตถุดิบมีราคาเพิ่มขึ้น (ราคาวัตถุดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 30-120 ต่อปี) โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบกลุ่มเหล็กรวมไปถึงเศษเหล็ก ส่งผลให้วัตถุดิบขาดแคลน เกิดการแย่งซื้อในภูมิภาคเดียวกันและคุณภาพวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากการบริโภคเศษเหล็กของกลุ่มประเทศเอเชียที่เพิ่มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2551 มีการบริโภคเศษเหล็กถึง 263.3 ล้านตัน หรือคิดเป็น 35.4% ของการบริโภคทั่วโลก โดยราคาเฉลี่ยของเศษเหล็กสำหรับภูมิภาคเอเชียโดยประมาณมีค่าเท่ากับ 160USD ต่อตัน โดยตารางที่ 1 แสดงการประมาณการบริโภคเศษเหล็กของไทย

ตารางที่ 1.2 การประมาณการบริโภคเศษเหล็กของไทย

รายการ	**2545**	**2546**	**2547**	**2548**
นำเข้า (ตัน/ปี)	937,462	1,279,849	1,835,746	1,683,042
เศษเหล็กในประเทศ (ตัน/ปี)	1,800,000	2,300,000	2,100,000	2,400,000
ส่งออก (ตัน/ปี)	92,634	111,846	141,956	159,397
บริโภคในประเทศ (ตัน/ปี)	2,644,828	3,468,003	3,793,790	3,923,645

ที่มา : ศูนย์วิจัยวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม บางเขน

จากตารางที่ 1.2 พบว่าปริมาณการบริโภคในประเทศมีค่าสูงกว่าปริมาณเศษเหล็กที่มีภายในประเทศ ส่วนที่เหลือที่มีใช้มาจากการนำเข้าซึ่งมีต้นทุนสูง โดยราคาจะต้องเป็นไปตามข้อเสนอของผู้จัดหาเศษเหล็ก ด้วยเหตุนี้ควรมีการศึกษาการหมุนเวียนการใช้ประโยชน์จากเศษเหล็กให้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาคือโครงข่ายของการหมุนเวียนเศษเหล็กและควรมีการวางแผนในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics) ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะที่ตั้งของผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบมีการกระจัดกระจายอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ มีเพียงส่วนน้อยที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าค่าใช้จ่ายในการจัดหาวัตถุดิบและการขนส่งสินค้าจะมีค่าสูง ประเด็นที่สำคัญคือการหมุนเวียนการใช้เศษเหล็กสามารถนำมาชดเชยการขาดแคลนวัตถุดิบได้อย่างไรและควรมีการจัดการโลจิสติกส์ที่ดีได้อย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินการทั้งระบบต่ำที่สุด

2. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการนำกลับมาใช้ใหม่

แนวคิดของกรีนโลจิสติกส์ (Green logistics) เป็นการบริหารโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมโดยคำนึงถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งมักจะถูกมองข้ามจากผู้ประกอบการ แม้ว่าแนวคิดนี้สามารถสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่องค์กรและลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมได้ ในอุตสาหกรรมการแปรรูปโลหะโดยใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบจะมีสิ่งตกค้างในสิ่งแวดล้อมตั้งแต่อยู่ในกระบวนการผลิต การจัดส่งไปให้ลูกค้าตลอดจนถึงกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ การตกค้างที่เป็นไปได้ของวัตถุดิบเหล็กจะอยู่ในดินและน้ำเป็นหลักซึ่งปัญหาของการตกค้างระหว่างกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การรวบรวม การขนย้ายไปจนถึงแหล่งของการกำจัดทิ้ง ทั้งนี้ควรได้รับการศึกษาควบคู่ไปกับการจัดการ โลจิสติกส์แบบย้อนกลับ ปัญหาที่สำคัญที่ยังไม่ได้รับการศึกษาในประเทศไทยก็คือในกระบวนการหมุนเวียนการใช้เศษเหล็กมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้างและการจัดการโลจิสติกส์ที่ดีสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้อย่างไร

1.1.2 ตะกั่ว

อุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่เป็นบริษัทร่วมทุนกับต่างชาติโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น โดยผลิตแบตเตอรี่เพื่อใช้ในรถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นหลัก สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอื่น ๆ จะเป็นการนำเข้าจากต่างประเทศ สำหรับภาวการณ์การผลิตแบตเตอรี่ของประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นจากในอดีตแสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ปริมาณการผลิตและอัตราการขยายตัวของการผลิตแบตเตอรี่

	2544	**2545**	**2546**
ปริมาณการผลิต (พันลูก)	11,635.2	12,368.1	13,206.7
การขยายตัว (%)	-7.1%	6.3%	6.8%

แบตเตอรี่ที่มีการผลิตในประเทศไทยมีหลายประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1. แบตเตอรี่ชนิดพื้นฐาน (Conventional type) เป็นแบตเตอรี่ที่ต้องเติมน้ำกลั่นเพื่อยืดอายุการใช้งาน ใช้ได้ทั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนตร์

2. แบตเตอรี่ชนิดไม่ต้องดูแลรักษา (Maintenance free) เป็นแบตเตอรี่ที่ไม่ต้องเติมน้ำกลั่น ใช้ได้ทั้งสำหรับรถยนต์และรถจักรยานยนตร์

3. ประเภทอื่น ๆ อาทิเช่น แบตเตอรี่สำรองไฟฟ้า (Power supply battery) แบตเตอรี่อุตสาหกรรม (Industrial battery) และแบตเตอรี่ใช้กำลังขับเคลื่อน (Traction battery) แบตเตอรี่เหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่ได้ผลิตภายในประเทศแต่เป็นการนำเข้ามาจากบริษัทร่วมทุน

นอกจากนี้แล้วแบตเตอรี่ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 ประเภทหลักซึ่งคือ

1.แบตเตอรี่ประเภทปฐมภูมิ (Primary battery) หรือแบตเตอรี่แบบแห้ง (Dry cell) แบตเตอรี่ลักษณะนี้จะไม่มีการใช้ตะกั่วเป็นส่วนประกอบ

2.แบตเตอรี่ประเภททุติยภูมิ (Secondary battery) หรือแบตเตอรี่น้ำ (Storage battery) แบตเตอรี่ลักษณะนี้จะมีการใช้ตะกั่วหรือกรดเป็นส่วนประกอบ

ส่วนประกอบในแบตเตอรี่จะประกอบด้วยขั้วแบตเตอรี่ (Pole) แผ่นธาตุลบ (Negative plate) แผ่นกั้น (Separator and glass mat) แผ่นธาตุบวก (Positive plate) เปลือกหม้อและฝาหม้อ (Container and lid) และขั้ว (Terminal pole) สำหรับส่วนที่มีการใช้ตะกั่วคือแผ่นธาตุลบซึ่งเป็นแผ่นธาตุตะกั่ว (Pb) ที่มีรูพรุนและเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเก็บไฟและแผ่นธาตุบวกที่ทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2)

ปัญหาที่พบในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การขาดแคลนวัตถุดิบ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของโลกอยู่ในภาวการณ์แข่งขันที่รุนแรงขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์โดยมีการขยายตัวประมาณ 6% ต่อปี ตามการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2549 ความต้องการแบตเตอรี่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกยังคงมีการขยายตัว แต่อย่างไรก็ตาม สายการผลิตยังไม่ได้ปรับไปสู่การใช้แบตเตอรี่แบบ Non lead acid มากขึ้นตามการขยายตัวของการผลิตรถยนต์แบบ Hybrid ตะกั่วถือว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ ทั้งนี้เพราะปริมาณการผลิตตะกั่วของโลกอยู่ที่ประมาณร้อยละ 70-80 ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ จากการคาดการณ์พบว่าปริมาณการผลิตตะกั่วลดลงในช่วง 2-4 ปีที่ผ่านมาในขณะที่ความต้องการใช้ในภูมิภาคเอเชียมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น โดยช่วงปี พ.ศ. 2547 ประเทศจีนซึ่งเป็นแหล่งผลิตตะกั่วบริสุทธิ์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกยังมียอดส่งออกตะกั่วลดลงถึงร้อยละ 7.8 ด้วยเหตุนี้ราคาของตะกั่วจึงเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่ายแบตเตอรี่รถยนต์รายใหญ่สัญชาติญี่ปุ่นมีการ

เพิ่มการใช้ตะกั่วจากการนำกลับมาใช้ใหม่ให้มากขึ้นทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตและลด มลพิษที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม ส่วนราคาวัตถุดิบก็ปรับตัวสูงขึ้นส่งผลให้ผู้ประกอบการมีกำไรลดลง โดยในช่วงปลายปี พ.ศ. 2546 ราคาตะกั่วได้เพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 60 ทำให้กำไรของผู้ประกอบการลดลงจากร้อยละ 26 มาเป็นร้อยละ 18 โดยประมาณในช่วงปี พ.ศ. 2547 โดยทั่วไปแล้ว ต้นทุนของตะกั่วคิดเป็นประมาณร้อยละ 25 ของต้นทุนการผลิต ปัญหาที่ควรจะพิจารณาคือจะมีวิธีการจัดการในการหมุนเวียนการใช้แบตเตอรี่หรือการนำมาใช้ใหม่ได้อย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้สามารถลดการใช้ตะกั่วลงได้ ในการรวบรวมแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วนั้นในทางปฏิบัติจะมีกระจัดกระจายอยู่ตามจังหวัดต่าง ๆ ซึ่งผู้รวบรวมของเก่าจะนำมาส่งยังร้านรับซื้อของเก่าจากนั้นจึงเกิดกระบวนการแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ปัญหาที่ควรจะศึกษาต่อไปก็คือจะมีวิธีการจัดการโลจิสติกส์อย่างไรเพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำสุดและเกิดการหมุนเวียนที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

2. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการนำกลับมาใช้ใหม่

แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่จำกัดประมาณ 1-3 ปีขึ้นกับประเภทของแบตเตอรี่และลักษณะการใช้งาน ซากของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วจะเป็นขยะที่ก่อให้เกิดสารพิษจากตะกั่วและยากต่อการทำลายซึ่งจะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม สารพิษจากตะกั่วถ้าไม่ได้รับการกำจัดที่ถูกวิธีจะปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ผิวดินและพื้นดินรวมไปถึงบรรยากาศ โดยสารพิษจะเกิดจากแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ผู้ที่ได้รับพิษจากตะกั่วจะมีอาการเจ็บป่วย คลื่นไส้อาเจียน อ่อนเพลีย เกิดภาวะเลือดจางและเกิดอาการร้ายแรงอื่น ๆ จนถึงเสียชีวิต ปัญหาของการตกค้างของสารพิษตะกั่วเกิดจากซากแบตเตอรี่เก่า ดังนั้นในกระบวนการหมุนเวียนสิ่งที่ต้องพิจารณาคือจะมีวิธีการจัดการโลจิสติกส์อย่างไรเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและลดการตกค้างของสารพิษลง

ในการพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยนี้ได้มีการศึกษาข้อมูลจากเอกสารของหน่วยงานภาครัฐ สถาบันต่าง ๆ และบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหล่อโลหะและอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ของประเทศไทย รวมไปถึงเทคนิคต่าง ๆ ในการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ ผลจากการศึกษาข้อมูลเดิมซึ่งเป็นที่มาของโครงการวิจัยสรุปได้ดังต่อไปนี้

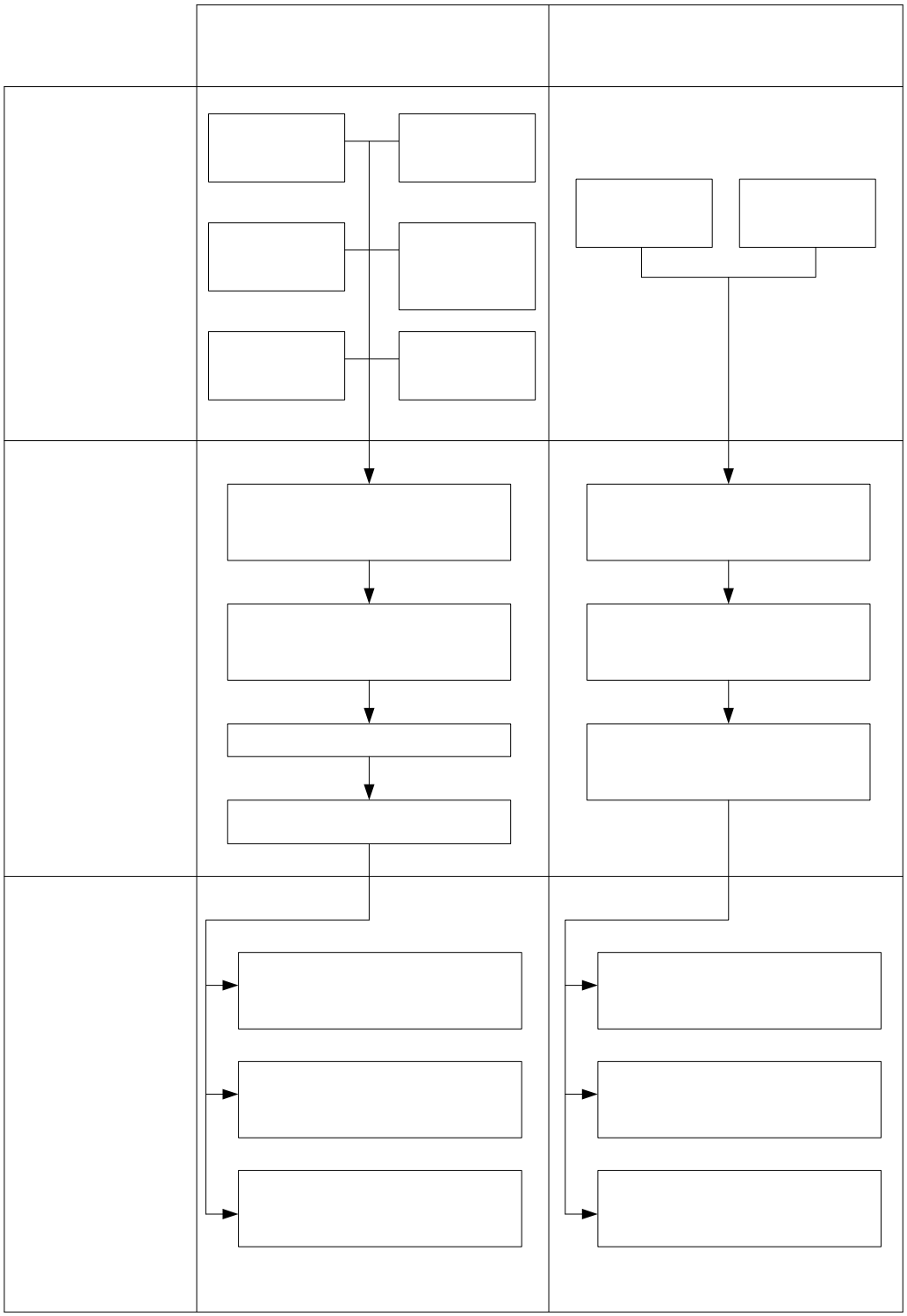
1.มีการศึกษาข้อมูลและปัจจัยพื้นฐานของอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้เหล็กและเหล็กกล้าเป็นวัตถุดิบมาเป็นอย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัตถุดิบมาใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ รวมไปถึงยังมีการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในกลุ่มผู้ประกอบการ อย่างไรก็ตามรายงานดังกล่าวยังไม่ได้มีการกล่าวถึงการจัดการโลจิสติกส์ทั้งแบบทางตรงและแบบย้อนกลับในแบบภาพรวม การศึกษาเกี่ยวกับกรีนโลจิสติกส์ก็ยังไม่เคยมีการจัดทำ

2.จากการศึกษาข้อมูลเดิมพบว่ารายงานการศึกษาเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่พบได้น้อยมากและยังไม่เคยมีการวิเคราะห์การจัดการโลจิสติกส์ทั้งแบบทางตรงและแบบย้อนกลับของอุตสาหกรรมมาก่อนและการศึกษาเกี่ยวกับกรีนโลจิสติกส์ก็ยังไม่เคยมีการจัดทำ

3. เทคนิคต่าง ๆ ในการออกแบบแบบจำลองโครงข่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาทั้งในรูปแบบของการใช้สมการทางคณิตศาสตร์และการจำลองแบบปัญหา ซึ่งเทคนิคดังกล่าวนั้นถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตในรูปแบบอื่นซึ่งไม่ได้มุ่งเน้นการศึกษามายังอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ของประเทศไทย

4.การออกแบบระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ได้ถูกนำเสนอทั้งรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์และทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการศึกษาถึงวิธีการจัดการกรีนโลจิสติกส์อุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ของประเทศไทยยังไม่ถูกพบในรายงานต่าง ๆ

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ของข้อเสนอโครงการวิจัยแสดงดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ผังความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า กระบวนการและผลลัพธ์ของข้อเสนอโครงการวิจัย

ข้อมูลเข้า (Input)

1.2 **วัตถุประสงค์ของโครงการ**

1.2.1. ศึกษาสภาวการณ์ปัจจุบันของการใช้และการหมุนเวียนวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

1.2.2.ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้การหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

1.2.3.ออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับที่มีต้นทุนต่ำที่สุดตามเงื่อนไขของเส้นทางและตำแหน่งของการดำเนินงานที่เหมาะสมของการหมุนเวียนและนำกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้แบบจำลองเครือข่าย (Reverse logistics network model)

1.2.4. จัดทำโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

1.2.5.วิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลน

1.2.6.ศึกษาและออกแบบแนวทางระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นแก่สิ่งแวดล้อมจากการนำวัตถุดิบมาหมุนเวียนหรือนำกลับมาใช้ใหม่

1.3 **ขั้นตอนการวิจัย**

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์เทคนิคการพยากรณ์และการประเมินวัฏจักรชีวิต

1.3.2 เก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการสัมภาษณ์โดยมีการจัดทำแบบสอบถามตามข้อมูลโรงงานจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาจะถูกเก็บรวบรวม อาทิเช่น

- ข้อมูลที่ตั้งของผู้ประกอบการ
- ข้อมูลปริมาณการใช้ การกำจัดทิ้ง การผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพและการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบ ทั้งนี้จะต้องมีการพิจารณาแยกตามตำแหน่งของการรวบรวมวัตถุดิบ
- ข้อมูลของที่ตั้งของการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle process)
- ข้อมูลเส้นทางการกระจายของการหมุนเวียนและการนำกลับคืนสู่ผู้ประกอบการ
- ข้อมูลการตกค้างหรือการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมของวัตถุดิบเหล็กและตะกั่วสำหรับกระบวนการทางตรงและกระบวนการย้อนกลับก่อนการบำบัด โดยจะศึกษาผลการตกค้างของโลหะในสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน ได้แก่ ดิน น้ำ หรือ อากาศ
- ข้อมูลต้นทุนพื้นฐานซึ่งเป็นองค์ประกอบของต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ อาทิเช่น ต้นทุนของการแปรรูป (Reprocessing cost) ต้นทุนของการกำจัดทิ้ง (Disposal cost) ต้นทุนของการรวบรวม (Assemble cost) ต้นทุนจากการตกค้างซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษ (Hazardous cost) และต้นทุนของการกระจายหรือการขนส่ง (Distribution or Transportation cost) เป็นต้น

นอกจากนี้จะทำการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ประกอบการศึกษา อาทิเช่น

- ข้อมูลการนำเข้าและการส่งออกวัตถุดิบเหล็กและตะกั่วจากกรมศุลกากร
- ข้อมูลของการแบ่งประเภทเศษเหล็กจากกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
- ข้อมูลการขออนุญาตขนย้ายเศษโลหะจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม
- ข้อมูลการนำเข้าและราคาของเศษเหล็กจากสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศ
- ข้อมูลกำลังการผลิตจากสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- จังหวัดที่ทำการเก็บข้อมูลประกอบจะอยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ประกอบด้วยกรุงเทพมหานคร ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สระบุรี ชลบุรี ระยองและปราจีนบุ

1.3.3 สร้างแบบจำลองโครงข่ายโดยใช้โปรแกรม CPLEX ซึ่งพัฒนาร่วมกับ Visual Studio

1.3.4 ทำการพยากรณ์การเกิดเศษโลหะและเศษแบตเตอรี่เก่าโดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

1.3.5 ศึกษาการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของเศษเหล็กในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็กและแบตเตอรี่ โดยมีการจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตโดยมีการเก็บข้อมูลตามช่วงการผลิต มีการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพิจารณาดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ (Outputs)

1.4.1 ทำให้ทราบถึงการจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับที่มีต้นทุนต่ำที่สุดของการหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของเศษเหล็กในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

1.4.2 ทำให้ทราบถึงความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนวัตถุดิบเหล็กและตะกั่วทั้งในรูปปริมาณและมูลค่าทางการเงินรวมไปถึงความสามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value-added) ให้แก่อุตสาหกรรมโดยรวม

1.4.3 ทำให้ทราบถึงแนวทางในการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของการนำวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่ที่สามารถลดมลพิษและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม

1.4.4 สามารถนำไปขยายสู่การบริหารจัดการโลจิสติกส์ให้แก่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้โลหะเหล็กและตะกั่วโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมยานยนตร์และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

1.4.5 นำไปสู่การสร้างนโยบายภาครัฐ (Public policy) ให้แก่หน่วยงานที่สนับสนุนการวิจัยต่อไป

1.5 แผนงานของโครงการ

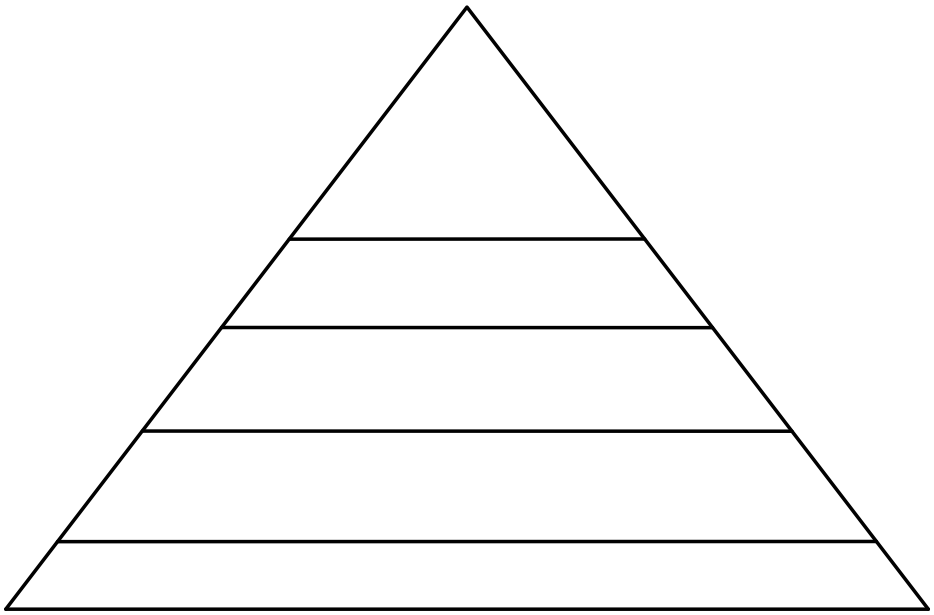
แผนงานของโครงการเป็นไปตามข้อเสนอโครงการซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระยะเวลา	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
เดือนที่ 1-6	1. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามจากผู้ประกอบการและจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 2. ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้ การหมุนเวียนและการนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ 3. จัดทำรายงานความก้าวหน้า	- ทราบถึงการจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับที่มีต้นทุนต่ำที่สุดของการหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของเศษเหล็กในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ - ได้รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 1
เดือนที่ 7-12	1. ทำการออกแบบแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 2. ศึกษาและออกแบบระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ 3. ทำการสร้างแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับโดยใช้โปรแกรม Visual C++ และ CPLEX 4. จัดทำโครงสร้างต้นทุนของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ 5. ได้แบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและได้ผลจากระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสม	- ทำให้ทราบถึงแนวทางในการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของการนำวัตถุดิบกลับมาใช้ใหม่ที่สามารถลดมลพิษและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม - สามารถนำไปขยายสู่การบริหารจัดการโลจิสติกส์ให้แก่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้โลหะเหล็กและตะกั่วโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกล -นำไปสู่การสร้างนโยบายภาครัฐ (Public policy) ให้แก่หน่วยงานที่สนับสนุนการวิจัยต่อไป - ได้แบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและได้ผลจากระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสม รวมไปถึงได้โครงสร้างต้นทุนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงต้นทุนเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการศึกษา - ได้รายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2
การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics management)

2.1 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเป็นกระบวนการบริหารจัดการทางสิ่งแวดล้อมขององค์กรต่าง ๆ ในการหมุนเวียนการใช้ (Recycling) หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) เพื่อทำให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วยวัตถุดิบ พัสดุคงคลัง งานระหว่างผลิต หรือสินค้าสำเร็จรูป โดยกระบวนการจะเริ่มตั้งแต่จุดที่มีการบริโภคหรือมีการใช้ทรัพยากรย้อนกลับไปยังจุดต้นทาง เพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าหรือมีวิธีการกำจัดอย่างถูกวิธี การลดการใช้ทรัพยากรสามารถทำให้เกิดได้ซึ่งจะนำไปสู่การลดความสูญเปล่าและการใช้พลังงานโดยการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรแก่สิ่งแวดล้อม เพื่อให้ได้ผลดังกล่าวเส้นทางการไหลของการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับจะต้องทำให้น้อยที่สุด ในกระบวนการหมุนเวียนหรือนำกลับมาใช้ใหม่ของทรัพยากรมีความเป็นลำดับขั้นเพื่อนำไปสู่การลดการใช้พลังงานดังรูปที่ 2.1 ซึ่งในการดำเนินการเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องให้เกิดความสมดุลและมีการประสานงานร่วมกันระหว่างผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ ผู้ผลิต ผู้ซื้อและกฎระเบียบของหน่วยงานทางราชการที่รับผิดชอบเกี่ยวกับปัญหาสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.1 แสดงลำดับขั้นการลดการใช้พลังงานจากการหมุนเวียนหรือนำกลับมาใช้ใหม่ของทรัพยากร (ที่มา: Carter and Ellram, 1998)

สำหรับนิยามของการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับจาก “European working group on reverse logistics” หรือ “REVLOG” กล่าวไว้ว่า “เป็นการวางแผน การปฏิบัติและการควบคุมการไหลของวัตถุดิบของคงคลังในกระบวนการและสินค้าสำเร็จรูปจากตำแหน่งที่มีการใช้งานไปจนถึงจุดที่มีนำกลับมาใช้ใหม่หรือไปยังจุดที่มีการกำจัดอย่างถูกวิธี” หรือสามารถกล่าวได้ว่าการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับเป็นกิจกรรมในการกระจายที่ประกอบไปด้วยการรับสินค้าคืน การลดการใช้ทรัพยากร การประหยัดทางด้านต่าง ๆ การหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การทดแทนการใช้ การใช้ซ้ำ การปรับปรุงงานใหม่ การซ่อมหรือการนำกลับมาผลิตใหม่ นอกจากนี้แล้วยังหมายถึงการจัดการโลจิสติกส์ในการกำจัดกากของเสียทั้งที่เป็นพิษและไม่เป็นพิษจากบรรจุภัณฑ์หรือจากสินค้าโดยจะมีการกระจายแบบย้อนกลับ ซึ่งส่งผลให้สินค้าและข้อมูลมีการไหลไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับกิจกรรมโลจิสติกส์แบบทั่วไป โดยพบว่าการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับที่ดีในการนำวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ไม่เพียงแต่ลดต้นทุนในการถือครองของคงคลัง ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนในการกำจัดกากของเสียแล้วยังสามารถนำไปสู่การสร้างความเชื่อมั่นแก่องค์กรจากลูกค้าและสามารถเพิ่มยอดขายได้ ในการทำให้เกิดการหมุนเวียนการใช้นั้นสามารถทำได้โดยกำหนดเป็นนโยบายขององค์กรทั้งทางด้านการผลิตและการจัดซื้อ นอกจากนี้แล้วยังสามารถช่วยลดการขาดแคลนทรัพยากรและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ลักษณะของโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับพบว่ามีความแตกต่างกันในบางประการดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับ

	โลจิสติกส์ย้อนกลับ	**โลจิสติกส์ทางตรง**
ปริมาณ (Quantity)	ปริมาณน้อย	ปริมาณมาก ขนาดเป็นมาตรฐาน
การติดตามข้อมูล (Information tracking)	ผสมผสานระหว่างข้อมูลอัตโนมัติและไม่อัตโนมัติ	ใช้ระบบข้อมูลอัตโนมัติในการติดตาม
วงจรของการสั่งผลิต (Order cycle time)	ปานกลางไปจนถึงยาว	สั้น
มูลค่าผลิตภัณฑ์ (Product value)	มูลค่าปานกลางไปจนถึงต่ำ	มูลค่าสูง
การควบคุมของคงคลัง (Inventory control)	ไม่มุ่งเน้น	มุ่งเน้น
การพิจารณาความสำคัญ (Priority)	ต่ำ	สูง
องค์ประกอบต้นทุน (Cost elements)	มีต้นทุนที่ซ่อนอยู่	ต้นทุนเปิดเผย
การไหลของผลิตภัณฑ์ (Product flow)	ทั้งระบบดึงและระบบผลักแบบสองทาง	ระบบดึงแบบทางเดียว
ช่องทาง (Channel)	ซับซ้อน (Multi-echelon)	ไม่ซับซ้อน (Single หรือ Multi-echelon)

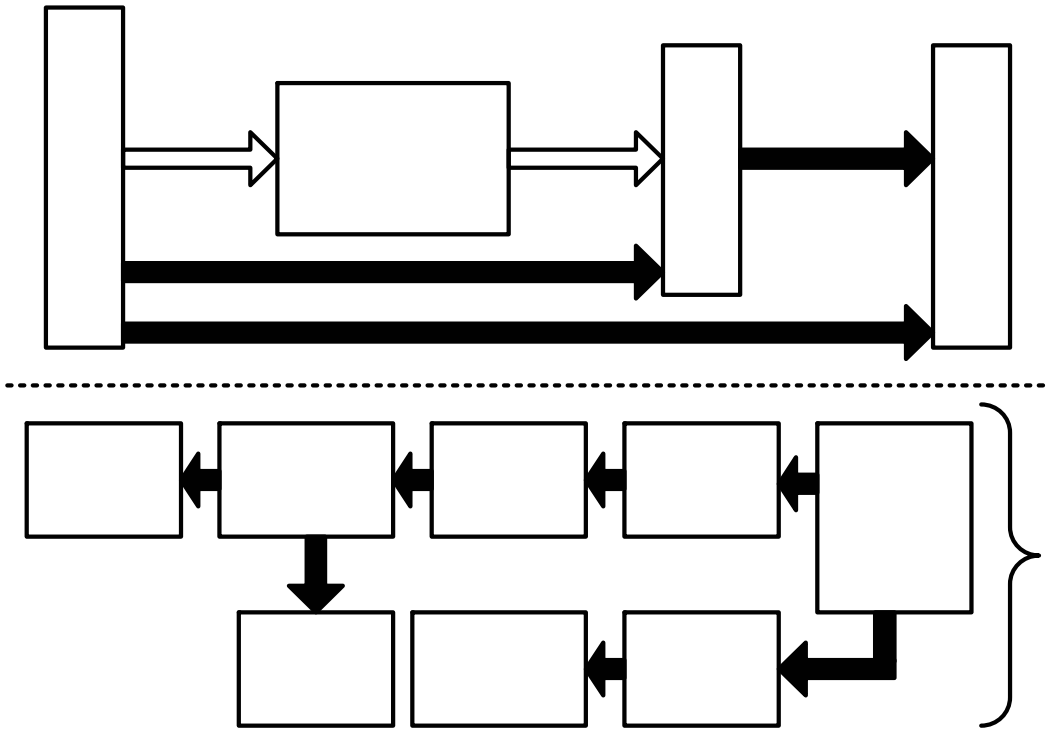
(**ที่มา:** Min H., Ko H.J. and Ko C.S.,2006)

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการของโลจิสติกส์แบบย้อนกลับจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- การรับคืนจากกระบวนการผลิต (Manufacturing returns) ประกอบด้วยการที่มีวัตถุดิบเหลือระหว่างกระบวนการผลิตหรือจากที่ผลิตสินค้าเสร็จแล้วซึ่งไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพหรือต้องมีการแก้ไขงานซ้ำ

- การรับคืนภายหลังการกระจายวัตถุดิบหรือสินค้าแล้ว (Distribution returns) จะเป็นกิจกรรมที่ประกอบด้วยการเรียกคืนสินค้าหรือการปรับสต็อก ในการเรียกคืนสินค้ามีวัตถุประสงค์หลักในเรื่องของความปลอดภัยในการใช้สินค้า นอกจากนี้แล้วยังมีการเรียกคืนทางการค้าในกรณีที่มีข้อตกลงกับผู้จัดจำหน่ายว่าสามารถคืนสินค้าหรือวัตถุดิบได้เมื่อเกิดปัญหาคุณภาพหรือสินค้าไม่ได้มาตรฐาน
- การรับคืนจากลูกค้า (Customer returns) กิจกรรมจะเกิดขึ้นภายหลังลูกค้าได้รับสินค้าแล้วและต้องการได้รับการบริการไม่ว่าจะเป็นการซ่อมหรือการเปลี่ยนอะไหล่ โดยการรับคืนจากลูกค้าจะเกิดขึ้นภายหลังที่มีการใช้หรือเมื่อหมดอายุการใช้งาน

การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับในรูปแบบจำลองห่วงโซ่อุปทานแบบปิดนั้นจะแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทานแบบครบวงจร

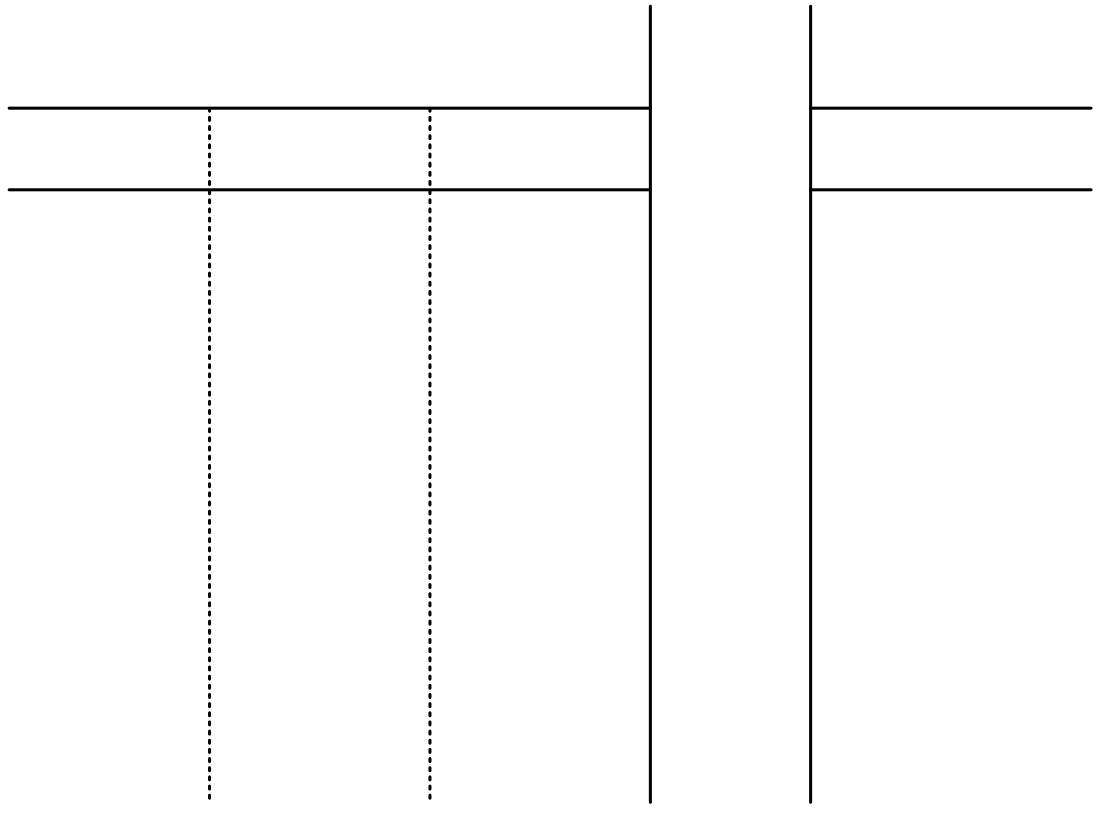
จากรูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทานแบบครบวงจรดังนี้

- โลจิสติกส์ทางตรง (Forward logistics) และการจัดการห่วงโซ่อุปทานทางตรง (Direct supply chain management) เริ่มตั้งแต่การไหลของวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตต่าง ๆ ไปจนถึงเป็นสินค้าสำเร็จรูป จากนั้นจะผ่านขั้นตอนของการกระจายสินค้าไปยังลูกค้า
- โลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics) กิจกรรมจะเริ่มตั้งแต่สินค้าได้ผ่านมือลูกค้าโดยเกิดเป็นของเสียหรือของที่ไม่ใช้แล้วซึ่งสามารถก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม กิจกรรมจะเริ่มตั้งแต่การเก็บรวบรวมกากของเสีย การคัดแยกประเภท การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการกำจัดทิ้ง ถ้าเป็นกากของเสียที่เป็นพิษจะต้องมีการผ่านกระบวนพิเศษเพื่อเก็บรวบรวมหรือคัดแยกเพื่อนำไปบำบัดหรือกำจัดให้ถูกวิธี

ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับสามารถลดต้นทุนจากการนำกลับมาใช้ใหม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กากของเสีย สามารถลดต้นทุนของการขนส่งและการจัดการคลังพัสดุได้ สำหรับการบริหารจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับที่ดีนั้นควรจะนำวัตถุดิบที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับไปยังผู้ผลิตให้เร็วที่สุดโดยจะต้องรวบรวมกากของเสียให้ได้มากที่สุดเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ ผลพลอยได้ที่สำคัญคือการลดปัญหาการตกค้างสิ่งที่มีพิษในสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในปัจจุบันส่วนหนึ่งมาจากผู้ผลิตและผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงกฎระเบียบจากทางภาครัฐในการส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมหรือธุรกิจหลายประเภทเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับดังนี้

- อุตสาหกรรมหรือธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมหรือสินค้าเชิงพาณิชย์
- อุตสาหกรรมการผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภคที่สามารถคืนสินค้าได้ เปลี่ยนสินค้าได้หรือมีการกำจัดสินค้าทิ้งได้
- อุตสาหกรรมการผลิตสินค้าที่คำนึงถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม
- การผลิตบรรจุภัณฑ์หรือแผ่นรองรับที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
- การเก็บรวบรวมกากของเสียและการนำกากของเสียมาผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

นอกจากนี้แล้วการแบ่งประเภทกิจกรรมของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับที่เสนอโดยหน่วยงานของ “Reverse logistics association” ยังได้มีการแสดงลักษณะของการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและโลจิสติกส์ย้อนกลับตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะของการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและโลจิสติกส์ย้อนกลับตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าการจัดการโลจิสติกส์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและโลจิสติกส์ย้อนกลับ โดยโลจิสติกส์ทางตรงจะประกอบไปด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การจัดการวัสดุ การผลิตและการกระจายสินค้า จุดเริ่มต้นอยู่ที่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยจะมีการออกแบบผลิตภัณฑ์ การทดสอบทางเทคนิคและการทำต้นแบบเพื่อนำไปสู่ขั้นตอนของการจัดซื้อวัตถุดิบซึ่งจะต้องมีการคัดเลือกผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบรวมไปถึงการควบคุมของคงคลังให้เหมาะสม เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนของการผลิตจะทำการประกอบวัสดุและชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เป็นผลิตภัณฑ์โดยจะต้องมีการทดสอบคุณภาพก่อนการกระจายสินค้าไปยังลูกค้า ในส่วนปลายน้ำนั้นจะประกอบไปด้วยลูกค้ารายย่อย ผู้ค้าปลีกหรือผู้ค้าส่ง เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วสินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วจะเข้าสู่กระบวนการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับซึ่งประกอบไปด้วยหลายส่วน ในการสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้าการให้บริการหลังการขายถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ธุรกิจประสบความสำเร็จ โดยสามารถให้บริการซ่อมหรือเปลี่ยนอะไหล่ให้แก่ลูกค้าผ่านศูนย์กลางการให้บริการ ทั้งนี้ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการต้องมีการจัดตั้งคลังวัสดุหรือคลังสินค้าเพื่อเก็บอะไหล่โดยต้องมีการบริหารจัดการคลังให้มีความเหมาะสมด้วย ระบบจัดการสารสนเทศมักถูกนำมาใช้เพื่อความรวดเร็วในการเรียกดูข้อมูลและค้นหา

ในการดำเนินกิจกรรมในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับพบว่าก่อให้เกิดต้นทุนแก่องค์กรในหลาย ๆ ด้านดังนี้

- ต้นทุนการขนส่ง (Transportation cost) ต้นทุนส่วนนี้เกิดขึ้นเมื่อมีการขนส่งจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยพบว่าต้นทุนส่วนนี้จะมีมูลค่ามากที่สุดในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ ต้นทุนนี้จะเกิดขึ้นตั้งแต่มีการขนส่งสินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วไปยังส่วนอื่นๆ ๆ ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งเพื่อนำไปคัดแยกกำจัดทิ้งหรือไปยังหน่วยงานที่นำกลับมาใช้งานใหม่
- ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าที่ใช้งานแล้ว (Inventory holding cost) โดยส่วนใหญ่แล้วต้นทุนจะเกิดที่ผู้ผลิตเองในการเก็บรักษาของเสียก่อนนำไปแก้ไขงานหรือกำจัดทิ้ง นอกจากนี้แล้วยังมีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บที่หน่วยงานที่ทำการแก้ไขงานหรือปรับปรุงงานเอง ต้นทุนจะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการบริหารคลังสินค้าหรือโกดัง
- ต้นทุนในการรวบรวม (Consolidation cost) ต้นทุนส่วนนี้เกิดขึ้นเมื่อต้องทำการรวบรวมสินค้าที่ใช้แล้วก่อนผ่านกระบวนการบำบัดไม่ว่าจะเป็นค่าแรง ค่าเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวม
- ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle cost) เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นที่หน่วยงานที่ดำเนินงานนำกลับมาใช้ใหม่ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ แรงงานหรือวัตถุดิบต่าง ๆ ที่จำเป็น
- ต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพหรือแก้ไขงาน (Reprocessing cost) ต้นทุนส่วนนี้เกิดขึ้นยังหน่วยงานหรือองค์กรที่ให้บริการปรับปรุงคุณภาพงานซึ่งประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ แรงงานหรือวัตถุดิบต่าง ๆ
- ต้นทุนในการบริหารงาน (Administrative cost) เป็นต้นทุนสำหรับกิจกรรมทางอ้อมไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายเครื่องใช้สำนักงานหรือค่าจ้างพนักงานที่เกี่ยวข้อง
- ต้นทุนในการบรรจุภัณฑ์ (Packaging cost) เป็นต้นทุนที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อสินค้าที่ใช้แล้วหรือต้นทุนแผ่นรองไม้ที่ใช้ในการขนถ่ายลำเลียง ต้นทุนส่วนนี้ยังสามารถรวมไปถึงต้นทุนในการขนถ่ายลำเลียงสินค้าที่ใช้แล้ว (Handling cost)

2.1.1 แบบจำลองเชิงปริมาณของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับมีลักษณะเป็น “Closed-loop supply chains” ดังรูปที่ 2.2 ในการพิจารณาให้การจัดการมีประสิทธิภาพทางด้านต้นทุนต้องพิจารณาองค์ประกอบหลักคือ การขนส่ง ของคงคลัง ข้อมูลและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ เช่น ในการตรวจสอบสินค้ามีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เป็นต้น แบบจำลองเชิงปริมาณ (Quantitative model) ได้ถูกพัฒนาเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการจัดการห่วงโซ่อุปทานในหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ โดยจะช่วยให้มีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นถึงความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของกระบวนการในห่วงโซ่อุปทาน ตารางที่ 2.2 ได้แสดงลักษณะโดยทั่วไปของแบบจำลองเชิงปริมาณที่นำมาช่วยในการตัดสินใจในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของแบบจำลองเชิงปริมาณโดยทั่วไปในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน

การจัดการ	ปัจจัยที่พิจารณา
<u>การกระจายสินค้า</u>	
- การออกแบบโครงข่ายเชิงกลยุทธ์	การขนส่ง
- การจัดหาอุปสงค์ในตลาดโลก	คลังพัสดุ
- การจัดวางแผนผังของกระบวนการ	
<u>ของคงคลังและการผลิต</u>	
การวางแผนกำลังการผลิต	ขนาดล็อต
การกำหนดตำแหน่งของคงคลัง	สต็อกเผื่อความปลอดภัย
การออกแบบสินค้าให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้	การวางแผนการผลิตรวม
	การจัดตารางการผลิต
<u>โครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ</u>	
บรรจุภัณฑ์นำกลับมาใช้ใหม่ได้	การพยากรณ์จำนวนสินค้าที่ได้รับคืน
	การเก็บรวบรวมและเส้นทางการกระจาย
	การจัดการสินค้าที่ถูกตีกลับ

สำหรับรูปแบบของแบบจำลองที่ถูกใช้ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเทียบกับการจัดการโลจิสติกส์แบบดั้งเดิมแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงรูปแบบของแบบจำลองในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเทียบกับการจัดการโลจิสติกส์แบบดั้งเดิม

การวิเคราะห์	แบบจำลองในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	การจัดการโลจิสติกส์แบบดั้งเดิม
การพยากรณ์การรับสินค้าคืน	Time series analysis	Demand forecasting models
การออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ	MILP, Stochastic programming Continuous approximation	Facility location models, Logistics cost models
เส้นทางยานพาหนะในการเก็บรวบรวมและการกระจาย	MILP, Continuous approximation	Vehicle routing models
การจัดการของตีคืนและการจัดการคลังพัสดุ	-	Facility layout models, order-picking models
ขนาดล็อตของสินค้าที่ได้รับคืน	Continuous optimization, MILP	EOQ, Dynamic lot-sizing models
การควบคุมของคงคลังแบบ Stochastic ของสินค้าที่ได้รับคืน	Markov decision processes, Stochastic optimization	Stochastic inventory control models, New vendor model
สินค้าที่ได้รับคืนแบบ Dynamic	Optimal control recovery	Optimal control models
การวางแผนการผลิตสำหรับสินค้าที่ได้รับคืน	MILP, Continuous optimization	MRP, Aggregate production planning
การประเมินมูลค่าของคงคลัง	Net present value analysis	EOQ, Stochastic inventory control models
ความสัมพันธ์ใน Closed-loop supply chains	Game theory	Supply chain contracts
การวิเคราะห์ในระยะยาวของ Closed-loop supply chains	System dynamics	Industrial dynamics models
การจัดการสิ่งแวดล้อม	Life cycle analysis	Life cycle analysis
การประเมินความสามารถทางการเงินและสิ่งแวดล้อม	MILP, LP	Network flow/Facility location models
เทคโนโลยีสารสนเทศ	-	-

สำหรับรายละเอียดของแบบจำลองต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.3 แสดงได้ดังนี้

- **การพยากรณ์การรับสินค้าคืน**

แบบจำลองที่นิยมใช้เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ข้อมูลยอดขายในอดีตมาทำการพยากรณ์โดยจะทำการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์หลายแบบ จากนั้นจะทดสอบค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์โดยการพิจารณาความแปรผันของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าพยากรณ์ของสินค้าที่ได้รับคืนเพื่อให้มีการจัดสรรมูลค่าของการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดรวมไปถึงเพื่อใช้ในการวางแผนและในการจัดการการไหลของสินค้าคืน สินค้าที่มีการรับคืนจะมีลักษณะที่สามารถนำไปแก้ไขหรือผลิตซ้ำเพื่อจะได้จำหน่ายให้แก่ลูกค้า สินค้าจะได้รับการตีกลับก็ต่อเมื่อสินค้านั้นหมดอายุการใช้งานหรือเสื่อมสภาพ การพยากรณ์การไหลของสินค้าคืนมีความสำคัญในการช่วยตัดสินใจดังเช่นในระดับกลยุทธ์ การพยากรณ์จะจัดทำเพื่อการตัดสินใจในการสั่งซื้อ การวางแผนกำลังการผลิต นโยบายในการรวบรวมสินค้าคืนและการจัดการในการกำจัดทิ้ง สำหรับระดับปฏิบัติการนั้นการพยากรณ์จะช่วยในการวางแผนการผลิตและการควบคุมของคงคลัง ตัวแปรที่สำคัญในแบบจำลองสินค้าคืนคือจำนวนและเวลาซึ่งจะต้องทำการพิจารณาให้แม่นยำเพื่อทำการออกแบบแบบจำลองที่

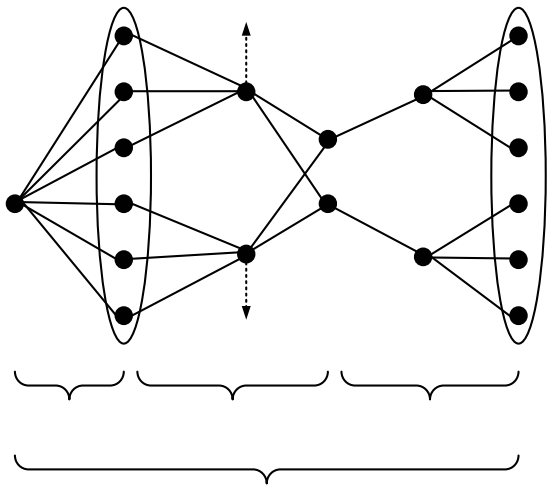
สามารถให้ผลตอบแทนสูงสุดตามวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ จุดเริ่มต้นของการสร้างแบบจำลองจะทำการกำหนดตัวแปรที่ใช้ทำนายอยู่ในรูปฟังก์ชั่นของค่าทำนาย ยกตัวอย่างเช่น ตัวแปรคือจำนวนสินค้าคืน ส่วนค่าทำนายคือยอดขายในอดีต นอกจากนี้ยังสามารถทำการพยากรณ์จำนวนสินค้าคืนที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ สำหรับตัวอย่างพารามิเตอร์และดัชนีชี้วัดที่ได้จากแบบจำลองการพยากรณ์แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างพารามิเตอร์และดัชนีชี้วัดจากแบบจำลองการพยากรณ์

พารามิเตอร์ในการพยากรณ์	**ดัชนีชี้วัดจากแบบจำลองการพยากรณ์**
- ยอดขายในช่วงเวลา τ	- ความต้องการสุทธิในช่วงเวลา τ
- จำนวนสินค้าคืนในช่วงเวลา τ	- ช่วงเวลานำในการเติมสินค้า
- ความน่าจะเป็นที่สินค้าที่ถูกขายแล้วจะได้รับคืน	- ระดับสต็อกที่ปลายช่วงเวลา τ
- ความน่าจะเป็นที่สินค้าที่ถูกขายแล้วจะได้รับคืนหลังจากช่วงเวลา k	- ปริมาณการสั่งซื้อที่ปลายช่วงเวลา τ
- จำนวนที่ได้รับคืนในช่วงเวลาใด ๆ หลังการขาย	- ต้นทุนการจัดเก็บสินค้าในช่วงเวลา τ
	- ค่าปรับจากการขาดสต็อกต่อครั้ง
	- ค่าเฉลี่ยของความต้องการต่อช่วงเวลา
	- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการต่อช่วงเวลา
	- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการสั่งซื้อในช่วงเวลา τ
	- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการสุทธิในช่วงเวลา τ

- **การออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ**

ลักษณะของโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับจะประกอบไปด้วยตำแหน่งของจุดรวบรวม การคัดแยกกระบวนการใหม่ ของคงคลัง เส้นทางกระจายและเส้นทางการขนส่งที่เชื่อโยงตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย สำหรับลักษณะทั่วไปในโครงข่ายมักมีจะอุปสงค์ที่ไม่แน่นอนและที่สำคัญคือมีความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการไหลของโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับดังแสดงในรูปที่ 2.4 การไหลของหลายผลิตภัณฑ์ในโครงข่ายมักจะเป็นปัญหาที่พบได้โดยทั่วไปเช่นกัน



รูปที่ 2.4 แสดงโครงข่ายของโลจิสติกส์ย้อนกลับที่สัมพันธ์กับโลจิสติกส์ทางตรง

สำหรับพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับแสดงตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

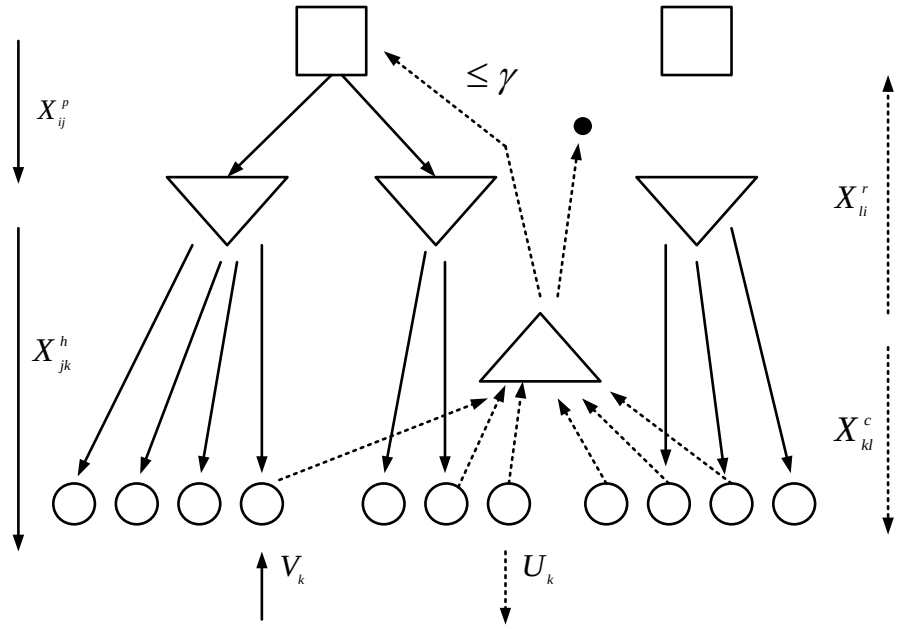
- ต้นทุน
  - ต้นทุนคงที่จะเกิดขึ้นที่โรงงาน คลังพัสดุและหน่วยทดสอบ
  - ต้นทุนการขนส่งจะติดต่อหน่วยการเดินทางในการจัดส่งสินค้าที่ตีกลับ โดยทั่วไปจะคำนวณระหว่างโรงงานไปยังคลังพัสดุ คลังพัสดุไปยังลูกค้า ลูกค้าไปยังหน่วยทดสอบ (หรือหน่วยนำกลับมาใช้ใหม่) และหน่วยทดสอบ (หรือหน่วยนำกลับมาใช้ใหม่) ไปยังโรงงาน
  - ต้นทุนที่เกิดจากค่าปรับซึ่งเกิดจากลูกค้าไม่ได้รับอุปสงค์ตามต้องการหรือเมื่อสินค้าที่ถูกคืนไม่ได้มีการเก็บรวบรวม
- ความสามารถของหน่วยงานต่าง ๆ
  - กำลังการผลิตของโรงงาน
  - ความสามารถในการจัดเก็บของคลังพัสดุ
  - ความสามารถของหน่วยทดสอบ (หรือหน่วยนำกลับมาใช้ใหม่)
  - ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ
- อัตราส่วนของการได้รับสินค้าคืน
- ระยะทางจากโรงงาน

2.1.2 โปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรง (Mixed Integer Linear Programming)

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาปัญหาโลจิสติกส์แบบทางตรง (Forward logistics) จะมีโครงสร้างที่แสดงการไหลของวัตถุดิบจากผู้จัดจำหน่าย (Supplier) ผ่านตำแหน่งของโรงงาน (Plant/Factory) ไปยังคลังพัสดุ (Warehouse) เพื่อทำการกระจายสินค้าสำเร็จรูปไปยังลูกค้า (Customers) เมื่อสินค้าได้ผ่านการใช้งานจากลูกค้าแล้วจะเข้าสู่การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics) โดยจะมีการทิ้งสินค้าโดยลูกค้า ถ้าสามารถเก็บรวบรวมได้ก็จะนำไปกำจัดทิ้งหรือนำกลับมาใช้งานใหม่โดยผ่านกระบวนการคัดแยกเพื่อผลิตใหม่หรือปรับปรุงคุณภาพ (หรือ Product recovery) แต่ก็ยังมีอีกส่วนที่ถูกทิ้งโดยลูกค้า (Disposal) และไม่สามารถรวบรวมได้โดยในส่วนนี้จะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม รูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และหาคำตอบที่ดีที่สุดจากโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับดังที่ได้กล่าวมานั้นที่นิยมใช้คือ “โปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรง” หรือ “Mixed Integer Linear Programming” หรือ “MILP” โดยมีหลักการในการหาค่าคำตอบ (Solution) ที่ดีที่สุดไม่ว่าจะเป็นมากที่สุด (Maximization) หรือน้อยที่สุด (Minimization) ของค่าเป้าหมายที่มีลักษณะเชิงเส้นตรง (Linear) สำหรับสมการเงื่อนไข (Constraint) รูปแบบสมการเป็นเส้นตรงหรืออสมการเส้นตรงก็ได้ ทั้งนี้ตัวแปรจะเป็นตัวแปรจำนวนเต็มผสมซึ่งหมายถึงบางตัวแปรเป็นจำนวนเต็ม (Integer) และบางตัวแปรไม่จำเป็นต้องเป็นจำนวนเต็มหรืออาจเป็นจำนวนจริง (Real value) ก็ได้ สำหรับโครงสร้างของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับโปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรงจะประกอบด้วย

- สมการวัตถุประสงค์ (Objective function) เป็นสมการเป้าหมายอยู่ในรูปเส้นตรงซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งค่าที่มากที่สุดและน้อยที่สุด องค์ประกอบของสมการจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัดสินใจและสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจ เช่น ตัวแปรตัดสินใจคือจำนวนสินค้าที่มีการขนส่งในแต่ละเส้นทาง สัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจคือต้นทุนในการขนส่งต่อหน่วยสินค้าสำหรับเส้นทางนั้น ๆ เป็นต้น
- สมการเงื่อนไข (Constraint) แสดงขอบเขตและเงื่อนไขของปัญหา เช่น เงื่อนไขของอุปสงค์จากลูกค้า/จากหน่วยงานที่ทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพสินค้าหรือจากหน่วยงานที่ทำหน้าที่นำสินค้ากลับมาใช้ใหม่ สำหรับเงื่อนไขของอุปทาน เช่น ความสามารถของผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบที่สามารถป้อนวัตถุดิบให้แก่ผู้ผลิต เป็นต้น นอกจากนี้แล้วยังสามารถกำหนดเงื่อนไขกำลังการผลิตของผู้ผลิตได้ด้วย รูปแบบของสมการสามารถอยู่ในรูปสมการเส้นตรงหรืออสมการเส้นตรงก็ได้
- ตัวแปรตัดสินใจ (Decision variable) คือตัวแปรซึ่งจะเป็นผลลัพธ์หรือผลเฉลยของปัญหาที่กำลังศึกษา สำหรับโปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรงบางตัวแปรเป็นจำนวนเต็มและบางตัวแปรไม่จำเป็นต้องเป็นจำนวนเต็ม อย่างไรก็ตามตัวแปรตัดสินจะต้องไม่เป็นค่าลบ (Non-negative value)

ในการหาคำตอบหรือผลเฉลยด้วยโปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรงนั้นจะใช้แนวคิดจากชาวอเมริกันผู้ซึ่งทำงานให้กับบริษัท IBM และเป็นนักคณิตศาสตร์ประยุกต์ชื่อ “Ralph Edward Gomory” ในการหาผลเฉลยขั้นตอนแรกจะทำการหาคำตอบในรูปสมการเส้นตรงเสียก่อน ถ้าคำตอบอยู่ในรูปจำนวนเต็มตามที่ต้องการให้สรุปว่าคำตอบเป็นจำนวนเต็มผสม แต่ถ้าคำตอบมีค่าของตัวแปรบางตัวยังไม่ได้อยู่ในรูปจำนวนเต็มตามที่ต้องการจะต้องทำการแปลงเงื่อนไขของจำนวนเต็มในลำดับต่อไป หลักสำคัญของโปรแกรมชนิดนี้คือจะต้องทำการขจัดเศษของตัวแปรที่ต้องการเป็นจำนวนเต็ม ส่วนตัวแปรที่ไม่ได้ต้องการให้เป็นจำนวนเต็มก็ไม่ต้องขจัดเศษ ในการใช้โปรแกรมจำนวนเต็มผสมเชิงเส้นตรงประยุกต์กับปัญหาการออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับนั้นสามารถแสดงโครงสร้างของโครงข่ายดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงแบบจำลองโครงข่ายการหมุนเวียนการใช้สินค้า

ในแบบจำลองถ้ามีการผลิตสินค้าชนิดเดียวจะประกอบด้วยหน่วยงานทดสอบ (test centers) โรงงาน (factories) และคลังกระจายสินค้า (distribution warehouses) สำหรับสินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีเส้นทางการไหล 2 เส้นทางคือการนำกลับมาใช้ใหม่ (recovery) ซึ่งมีกำหนดขอบเขตสูงสุด (maximum yield) และการกำจัดทิ้ง (disposal) สำหรับแบบจำลอง MILP จะมีการใช้สัญลักษณ์ของพารามิเตอร์และตัวแปรดังต่อไปนี้

เซตต่าง ๆ (Index sets)

I = เซตของตำแหน่งโรงงาน

J = เซตของตำแหน่งคลังพัสดุ

K = เซตของตำแหน่งลูกค้า (คงที่)

L = เซตของตำแหน่งศูนย์ทดสอบ

ตัวแปร (Variables)

Y_i^p = แสดงโรงงานที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $i \in I$

Y_j^h = แสดงคลังพัสดุที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $j \in J$

Y_l^r = แสดงศูนย์ทดสอบที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $l \in L$

X_{ij}^p = การไหลของสินค้าจากโรงงาน i ไปยังคลังพัสดุ j (หน่วยผลิตภัณฑ์)

X_{jk}^h = การไหลของสินค้าจากคลังพัสดุ j ไปยังลูกค้า k (หน่วยผลิตภัณฑ์)

X_{kl}^c = การไหลของสินค้าจากลูกค้า k ไปยังศูนย์ทดสอบ l (หน่วยผลิตภัณฑ์)

X_{li}^r = การไหลของสินค้าจากศูนย์ทดสอบ l ไปยังโรงงาน i (หน่วยผลิตภัณฑ์)

V_k = อุปสงค์ของลูกค้า k ที่ยังไม่สมบูรณ์ (หน่วยผลิตภัณฑ์)

U_k = จำนวนอุปทานที่เกินของสินค้าที่ใช้แล้วของลูกค้า k (หน่วยผลิตภัณฑ์)

ต้นทุน (Costs)

f_i^p = ต้นทุนคงที่รายปีสำหรับโรงงานที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $i \in I$

f_j^h = ต้นทุนคงที่รายปีสำหรับคลังพัสดุที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $j \in J$

f_l^r = ต้นทุนคงที่รายปีสำหรับศูนย์ทดสอบที่ดำเนินงานอยู่ โดยที่ $l \in L$

c_{ij}^p = ผลรวมระหว่างต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่โรงงาน i และต้นทุนการขนส่งจากโรงงาน i ไปยังลูกค้า j

c_{jk}^h = ผลรวมของต้นทุนในการจัดการและจัดเก็บพัสดุคงคลังที่คลังพัสดุ j กับต้นทุนการขนส่งจากคลังพัสดุ j ไปยังลูกค้า k

c_{kl}^c = ผลรวมของต้นทุนการขนส่งจากลูกค้า k ไปยังศูนย์ทดสอบ l และต้นทุนในการทดสอบตรวจสอบและกำจัดสินค้าที่ใช้แล้ว

c_{li}^r = ผลรวมของต้นทุนการขนส่งจากศูนย์ทดสอบ l ไปยังโรงงาน i และต้นทุนในการปรับปรุงกระบวนการลบด้วยต้นทุนการผลิต

c_k^b = ค่าปรับต่อหน่วยสำหรับไม่สามารถตอบสนองอุปสงค์ของลูกค้า k ได้

c_k^0 = ค่าปรับต่อหน่วยเมื่อมาสามารถไปเก็บสินค้ากลับคืนที่ลูกค้า k ได้

พารามิเตอร์ (Parameters)

d_k = อุปสงค์ต่อปีสำหรับลูกค้า $k \in K$ (หน่วยผลิตภัณฑ์)

u_k = จำนวนสินค้าที่ใช้แล้วที่ได้รับคืนจากลูกค้า $k \in K$ (หน่วยผลิตภัณฑ์)

γ = ค่าเฉลี่ยของ Recovery yield

$\overline{p}_i$ = ความสามารถในการผลิตต่อปีที่โรงงาน $i \in I$

$\overline{h}_j$ = ความสามารถในการจัดเก็บที่คลังพัสดุ $j \in J$

$\overline{r}_l$ = ความสามารถในการดำเนินงานที่ศูนย์ทดสอบ $l \in L$

สำหรับสมการโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse logistics network) หรือ RLND แสดงดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\min! & \sum_{i\in I} f_i^p Y_i^p + \sum_{j\in J} f_j^h Y_j^h + \sum_{l\in L} f_l^r Y_l^r \\ & + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} c_{ij}^p X_{ij}^p + \sum_{k\in K}(c_k^b V_k + \sum_{j\in J} c_{jk}^h X_{jk}^h) \\ & + \sum_{k\in K}(c_k^0 U_k + \sum_{l\in L} c_{kl}^c X_{kl}^c) + \sum_{l\in L}\sum_{i\in I} c_{li}^r X_{li}^r\end{aligned} \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

Subject to

$$\sum_{j\in J} X_{jk}^h + V_k = d_k \qquad \forall k \in K \qquad \text{(สมการที่ 2)}$$

$$\sum_{l\in L} X_{kl}^c + U_k = u_k \qquad \forall k \in K \qquad \text{(สมการที่ 3)}$$

$$\sum_{i\in I} X_{ij}^p = \sum_{k\in K} X_{jk}^h \qquad \forall j \in J \qquad \text{(สมการที่ 4)}$$

$$\sum_{l\in L} X_{li}^r = \sum_{j\in J} X_{ij}^p \qquad \forall i \in I \qquad \text{(สมการที่ 5)}$$

$$\sum_{i\in I} X_{li}^r = \sum_{k\in K} X_{kl}^c \qquad \forall l \in L \qquad \text{(สมการที่ 6)}$$

$$\sum_{j\in J} X_{ij}^p \le \overline{p}_i Y_i^p \qquad \forall i \in I \qquad \text{(สมการที่ 7)}$$

$$\sum_{i\in I} X_{ij}^p \le \overline{h}_j Y_j^h \qquad \forall j \in J \qquad \text{(สมการที่ 8)}$$

$$\sum_{k\in K} X_{kl}^c \le \overline{r}_l Y_l^r \quad \forall l \in L \qquad \text{(สมการที่ 9)}$$

$$Y_i^p, Y_j^h, Y_l^r \in \{0,1\} \qquad \forall i \in I, j \in J, l \in L \qquad \text{(สมการที่ 10)}$$

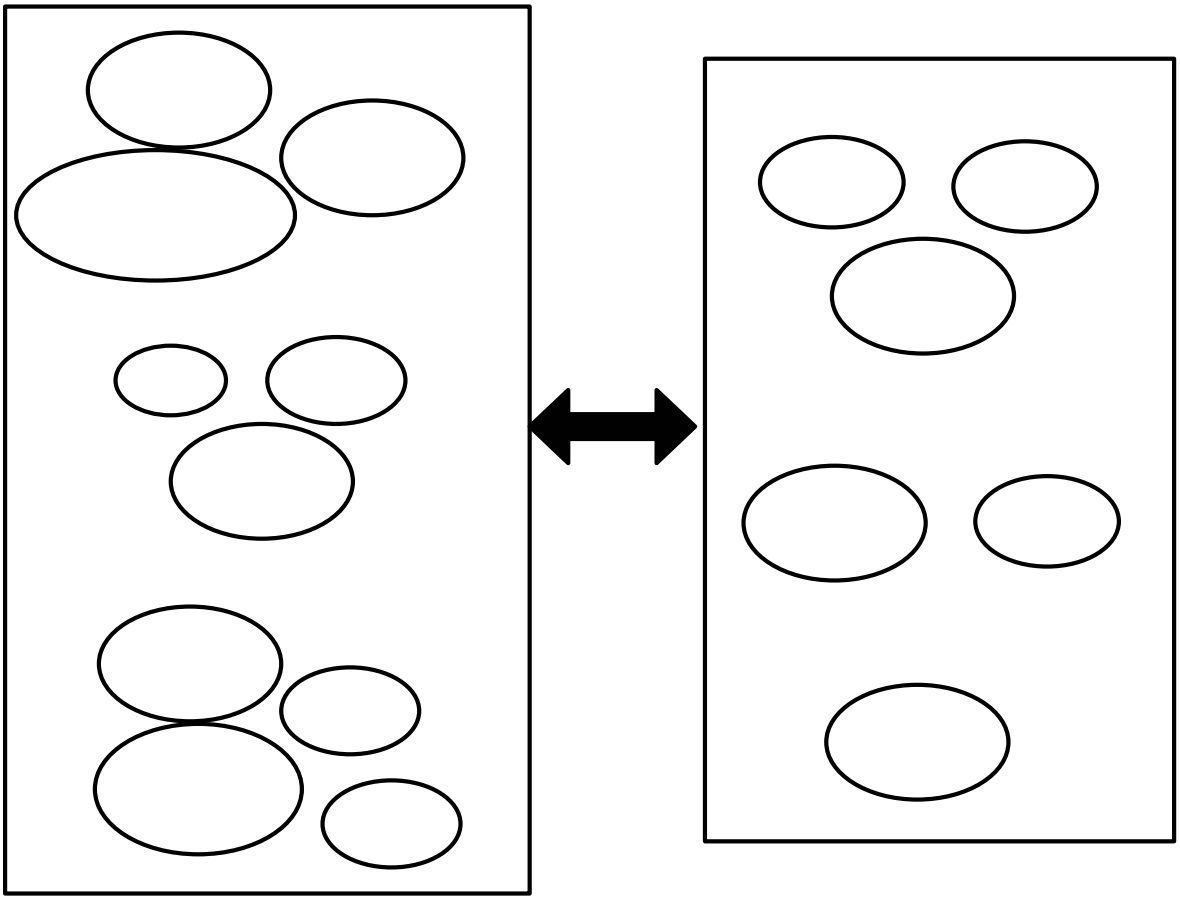
$$X_{ij}^p, X_{jk}^h, X_{kl}^c, X_{li}^r, U_k, V_k \ge 0 \qquad \forall i \in I, j \in J, k \in K, l \in L \qquad \text{(สมการที่ 11)}$$

สมการที่ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ สมการที่ (2) และสมการที่ (3) เป็นสมการเงื่อนไขที่พิจารณาอุปสงค์ของลูกค้าและสินค้าที่ได้รับการคืนจากลูกค้า สมการที่ (4) ถึงสมการที่ (6) แสดงสมการเงื่อนไขที่สมดุลกันของคลังพัสดุ โรงงานและศูนย์ทดสอบตามลำดับ ณ จุดของคลังพัสดุนั้นการไหลเข้าปละการไหลออกต้องมีความสมดุลกัน สำหรับที่โรงงานจำนวน

การไหลออกของสินค้าจะสัมพันธ์กับการผลิตครั้งใหม่ ในกรณีของศูนย์ทดสอบปริมาณที่ไหลเข้ามาเกินที่มีความสัมพันธ์กับ recovery yield จะแสดงถึงจำนวนที่ถูกกำจัดออกของสินค้า สำหรับสมการที่ (7) ถึงสมการที่ (9) แสดงความสามารถของแต่ละส่วนงาน

2.2 การจัดการโลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Green logistics management)

การเก็บรวบรวมและการหมุนเวียนวัตถุดิบ ชิ้นส่วนหรือภัณฑ์ที่ใช้ไม่ได้หรือไม่มีการใช้แล้วได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในธุรกิจและงานวิจัยในปัจจุบัน การจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green supply chain management) ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เพื่อสร้างความมั่นใจและความเชื่อถือแก่ลูกค้าหรือผู้บริโภคโดยอาศัยแรงผลักทั้งจากตัวกฎหมายของรัฐ ทางด้านการแข่งขันทางธุรกิจและจากลูกค้าเอง การปฏิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อมในองค์กรพบว่ามีบทบาทที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อผลการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ของห่วงโซ่อุปทานดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงบทบาทของการปฏิบัติทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อผลการดำเนินงานในห่วงโซ่อุปทาน
(**ที่มา:** Azevedo *et al*., 2011)

ห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ต้นน้ำและปลายน้ำภายในองค์กรและกระบวนการจัดการโลจิสติกส์ ดังนี้

1. ต้นน้ำ : กิจกรรมที่เกี่ยวข้องจะอยู่ในกระบวนการผลิตสินค้าในองค์กรรวมไปถึงการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม การจัดซื้อที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและการประเมินศักยภาพของผู้จัดจำหน่ายในการให้ความสำคัญแก่สิ่งแวดล้อม
2. ปลายน้ำ : กิจกรรมที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยการใช้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์จนครบทุกกระบวนการ จากนั้นจะนำมาหมุนเวียนใช้หรือนำกลับมาใช้ใหม่ การกำจัดทิ้งหรือการขายเศษซากที่ไม่ใช้แล้ว
3. ภายในองค์กร: กิจกรรมจะประกอบด้วยการออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม การบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมและการผลิตที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม
4. การจัดการโลจิสติกส์ : กิจกรรมจะประกอบด้วยการผลิตแบบทันเวลาพอดี การเติมวัตถุดิบ การจัดการขนาดล็อตหรือการจัดการคุณภาพโดยจะต้องเกี่ยวข้องกับเกณฑ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมมีหลายประการที่สำคัญแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental)

ผลที่ได้รับที่สำคัญคือการลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการลดกากของเสียที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ลดการเกิดมลพิษและการทำลายสิ่งแวดล้อม การที่ลดการใช้ทรัพยากรหรือมีการจัดซื้อทรัพยากรที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนสำคัญที่ทำเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

2. ทางด้านเทคโนโลยี (Technological)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านต่าง ๆ เพื่อให้การผลิตลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งในระยะยาวส่งผลต่อภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่องค์กร แม้ว่าในระยะสั้นจะต้องมีการลงทุนทางด้านเครื่องมือและอุปกรณ์รวมไปถึงการต้องมีปรับเปลี่ยนวิธีการบริหารจัดการและอบรมแต่ในระยะยาวจะส่งผลที่ดีขึ้นต่อองค์กร

3. ทางด้านการเงิน (Economical)

ในระยะยาวการจัดการห่วงโซ่อุปทานจะก่อให้เกิดรายรับขององค์กรที่เพิ่มมากขึ้นจากการขายผลิตภัณฑ์เนื่องจากการได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญแก่ผู้ผลิตที่คำนึงถึงการรักษาสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อจากการลดการใช้พลังงานและมีการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าจากการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ จากการที่องค์กรมีการผลักดันให้ลดการเกิดของเสียที่เป็นพิษย่อมส่งให้ต้นทุนลดลงไปด้วย

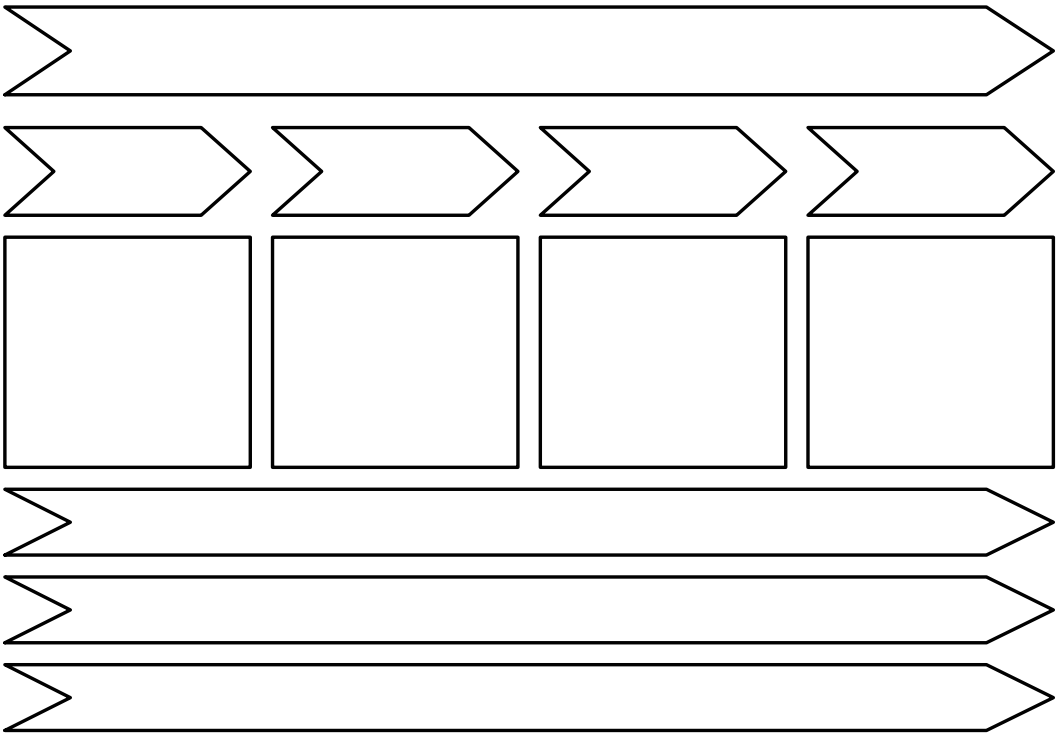
4. ทางด้านการกำหนดเป็นข้อบังคับ (Regulatory)

เมื่อมีการปฏิบัติทางด้านการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานที่คำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม ย่อมก่อให้เกิดข้อบังคับซึ่งทำให้บุคลากรในองค์กรได้ปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

5. ทางด้านสังคม (Social)

การจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมส่งผลดีทางด้านการตลาด แต่ละองค์กรสามารถผลักดันให้ตนเองได้เป็นผู้นำทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้คือสถานที่ทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ เกิดความปลอดภัยต่อผู้ที่ทำงานหรือลูกค้ารวมไปถึงสุขภาพที่ดีขึ้นของผู้ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับกรอบของการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กรอบของการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม
(**ที่มา:** Emmett S. and Sood V., 2010)

จากตารางที่ 2.5 Emmett และ Sood (2010) ได้สรุปถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนี้

- อุตสาหกรรมโลจิสติกส์ : ในการจัดการโลจิสติกส์ถ้าพิจารณาปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมพบว่าสามารถเพิ่มผลกำไรให้องค์กรได้ประมาณ 10% และยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ สิ่งแวดล้อมจากการจัดการโลจิสติกส์สามารถทำได้โดยเปลี่ยนมาใช้ยานพาหนะที่สามารถประหยัดพลังงานแทนยานพาหนะแบบเก่า การขนถ่ายควรให้เต็มหรือได้มากที่สุดตามที่จะขนถ่ายได้ มีการจัดเส้นทางให้ต้นทุนต่ำที่สุด มีการเก็บรวบรวมกากของเสียและมีการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ มีการบำบัดกากของเสียและมีการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

- อุตสาหกรรมยานยนต์ : การจัดการสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมนี้พบว่าสามารถเพิ่มผลกำไรได้ถึง 6% จากกิจกรรมต่าง ๆ คือการออกแบบให้มีการประกอบแบบแยกชิ้นส่วนได้ การจัดเก็บวัสดุและชิ้นส่วนที่ใช้ซ้ำ หมุนเวียนการใช้วัตถุดิบ ลดการใช้วัตถุดิบที่ก่อให้เกิดอันตรายรวมไปถึงการซ่อมบำรุงรักษายานพาหนะเป็นประจำเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

- อุตสาหกรรมผลิตสินค้าอุปโภคบริโภค : พบว่าถ้ามีการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมจะสามารถเพิ่มผลกำไรได้ 4% โดยสามารถทำได้โดยเปลี่ยนมาใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแทนการใช้วัสดุทดแทนวัสดุที่ก่อให้เกิดพิษ ควรทำการลดต้นทุนวัสดุและลดการเกิดของเสีย

Green supply chain planning

1. Life cycle engineering

2. S&OP

- Demand planning

- Supply planning

- Production planning

- Inventory planning

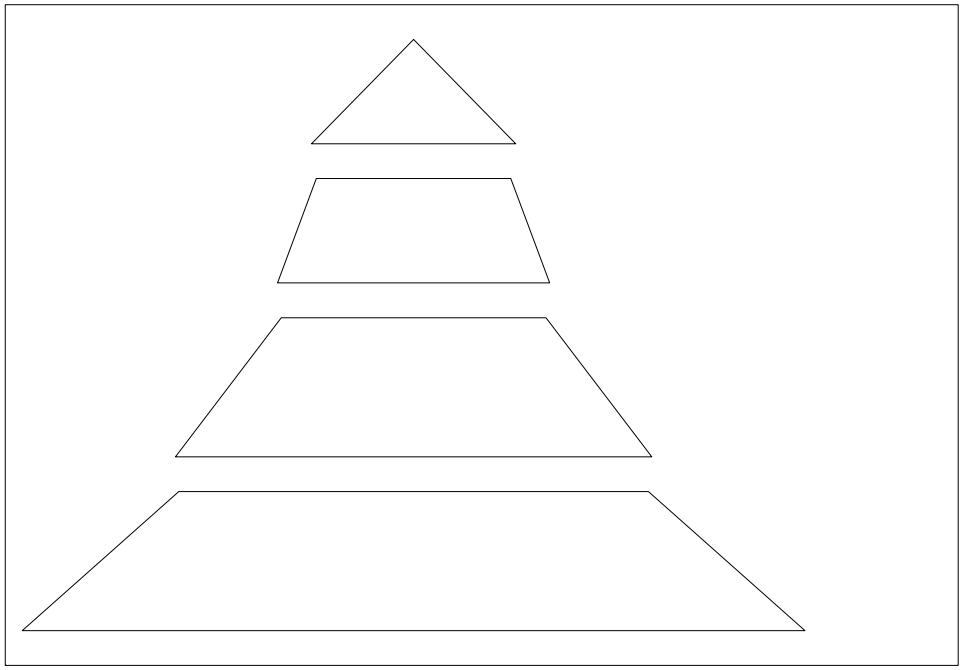
- อุตสาหกรรมเคมี : พบว่าถ้ามีการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมจะสามารถเพิ่มผลกำไรได้ 3% โดยมีการบริหารจัดการความเสี่ยงในการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ มีการใช้วัสดุทดแทนวัสดุที่เป็นพิษ มีระบบจัดการวัสดุที่เป็นพิษและมีการใช้เทคนิคในการผลิตเพื่อลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.5 การจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ

		โลจิสติกส์	ยานยนต์	สินค้าอุปโภค	เคมีภัณฑ์	ก่อสร้าง	อิเลคทรอนิคส์
	● ต้นทุน ○ กำไร						
การจัดซื้อเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green procurement)	การสั่งซื้อเพื่อทดแทนวัสดุอันตราย			●	●	●	●
	ลดการใช้วัตถุดิบ		●	●	●	●	
	การพัฒนาศักยภาพของผู้จัดจำหน่าย		●	●	●	●	●
	การลดการบริโภคทรัพยากร	○	○	○	○	○	○
	การปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบ		○	○	○	○	○
การผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green production)	การออกแบบกระบวนการ		●	●	●		
	การออกแบบผลิตภัณฑ์		●		●		●
	ปรับปรุงประสิทธิภาพให้สูงขึ้น	○	○	○	○	○	○
	สร้างความพึงพอใจให้พนักงาน	○	○	○	○	○	○
โลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Green logistics)	การใช้พลังงานทดแทน	●	●				
	การจัดการโลจิสติกส์ให้ดีที่สุด	●		●		●	
	การบำรุงรักษายานพาหนะ	●	●			●	
	การจัดการบรรทุกของยานพาหนะให้ดีที่สุด	○				○	
	ลดเที่ยวการเดินทางให้น้อยลง	○				○	
	ยืดอายุการใช้งานของยานพาหนะ	○	○				
การบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Green packaging)	การเลือกใช้วัสดุของบรรจุภัณฑ์	●		●			●
	ความหนาของบรรจุภัณฑ์	●		●			●
	ลดการใช้วัสดุของบรรจุภัณฑ์	○	○	○			
การตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green marketing)	ประเมินภาวะทางการตลาด	●	●	●	●	●	●
	เพิ่มส่วนแบ่งในตลาด	○	○	○	○	○	○
	สร้างภาพลักษณ์ที่ดี	○	○	○	○	○	○
วงจรของอุปทาน (Supply loop)	การรวบรวมของเสีย	●	●	●	●	●	●
	การนำของเสียมาปรับปรุงใหม่	●	●	●	●	●	●
	การลดต้นทุนในการกำจัดทิ้ง	○	○	○	○	○	○
การจัดการคาร์บอน (Carbon management)	คาร์บอนเครดิต	○	○	○	○	○	○

2.2.1 การประเมินวงจรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การวางแผนในการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดผลกระทบที่เกิดต่อสิ่งแวดล้อมโดยประกอบไปด้วยองค์ประกอบดังรูปที่ 2.8 โดยเครื่องมือการจัดการและการประเมินด้านสิ่งแวดล้อมที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้คือการประเมินวงจรชีวิต



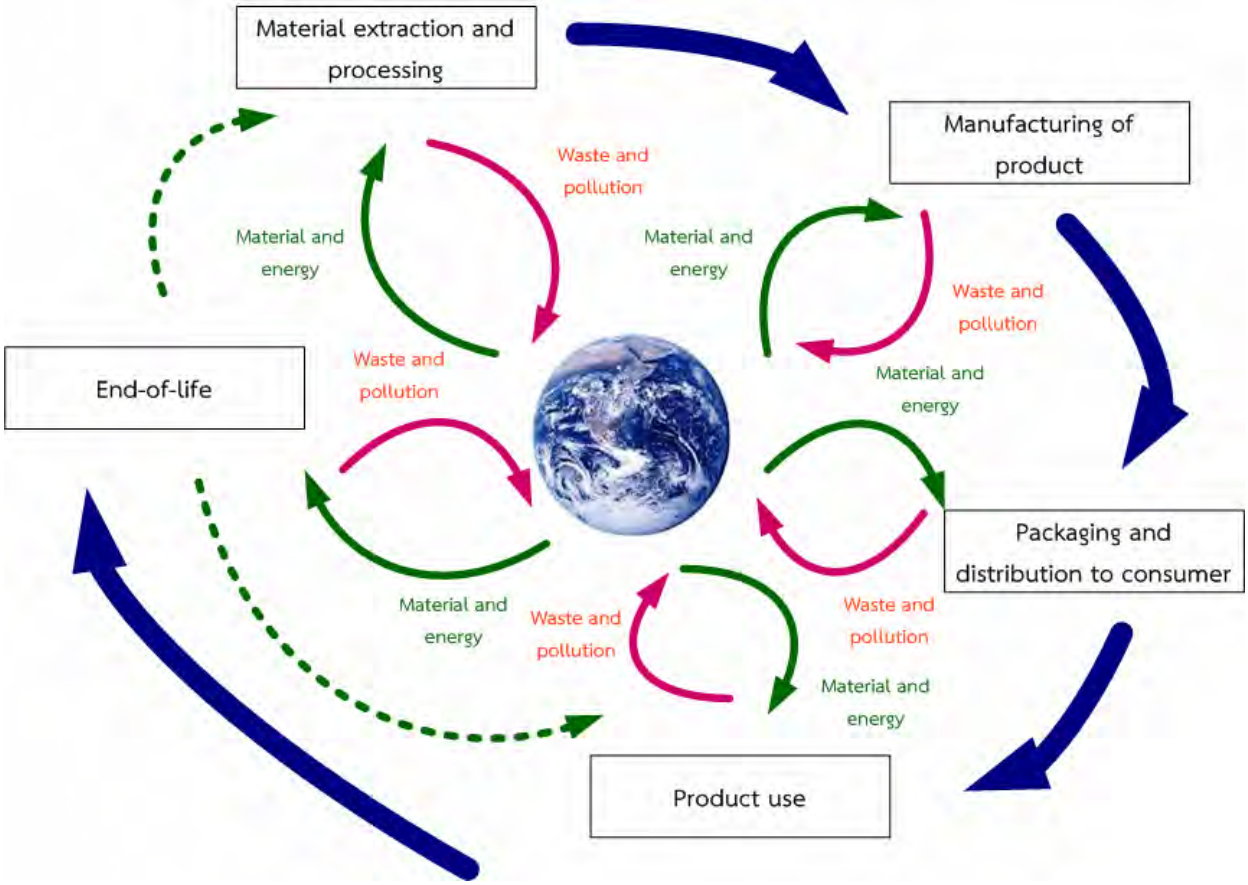
รูปที่ 2.8 แสดงกระบวนการวางแผนห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม

การประเมินวงจรชีวิต หรือ Life Cycle Assessment: LCA คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิต เริ่มตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพและการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่มีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งจากรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าในการวางแผนทางกลยุทธ์ของการจัดการสิ่งแวดล้อมคือการบริหารจัดการวงจรชีวิตของสินค้า (Life cycle management หรือ LCM) ซึ่งเป็นหลักการบริหารธุรกิจที่ประกอบด้วยกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์และการให้บริการโดยพิจารณาทั้งการใช้ทรัพยากรและการผลิต โดยเริ่มต้นจากการแปรรูปวัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิต การกระจาย การใช้งาน การซ่อม การนำกลับมาใช้งานใหม่หรือการกำจัดทิ้ง การจัดการวงจรชีวิตเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานเพื่อสิ่งแวดล้อม ISO 14040/14044

นอกจากนี้แล้วองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่าเป็น “การเก็บ

รวบรวมและทำการประเมินค่าของสารขาเข้าและขาออก รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวงจรชีวิต”

วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา LCA คือ เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือหน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์ โดย LCA เป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจทางด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์
ที่มา: http://www.ruthtrumpold.id.au

2.2.2 ประวัติความเป็นมาของการประเมินวงจรชีวิต

การเกิดวิกฤตการณ์ด้านพลังงานในช่วงปี ค.ศ. 1970 และจากนโยบายการประหยัดพลังงานของประเทศต่างๆ ส่งผลให้เกิดการปลูกจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมให้กับประชาชน การศึกษา LCA จึงถูกพัฒนาขึ้นควบคู่ไปกับแนวคิดที่ต้องการวิเคราะห์การใช้พลังงานของภาคอุตสาหกรรมแต่ละประเภทอย่างละเอียด ต่อมาการศึกษา LCA ได้ขยายไปถึงการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรอื่นๆ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลกระทบจากการแพร่มลพิษและของเสียที่เกิดขึ้นด้วย การศึกษา LCA อย่างจริงจังเริ่มชัดเจนขึ้นในปี ค.ศ. 1980 เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ คือ (1) รัฐบาลของประเทศต่างๆ เริ่มนำผลการจากการศึกษา LCA ไปใช้มาก

ขึ้น และ(2) มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงของปัญหาที่ต่างประเภทกัน เช่น ปัญหาโลกร้อนขึ้นและการลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น

2.2.3 ประวัติของการศึกษาการประเมินวงจรชีวิตในประเทศไทย

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (TISI) สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทำการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับ LCA เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เนื่องจาก LCA เป็นส่วนหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040 โดยเริ่มต้นจากการสัมมนาหรือการประชุมเชิงปฏิบัติการผ่านกลุ่มของคณะกรรมการนักธุรกิจเพื่อสิ่งแวดล้อม หรือ Thailand Business Council for Sustainable Development: TBCSD องค์กรเอกชนต่างๆ สถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ และกลุ่มนักวิชาการที่สนใจ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2545 ได้เกิดการรวมกลุ่มของผู้ที่สนใจศึกษา LCA ในประเทศไทย เป็น Thai LCA Forum/Network เพื่อเป็นศูนย์กลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ และเผยแพร่กิจกรรมต่างๆ ด้าน LCA โดยมีการดำเนินการผ่านทางเว็บไซต์ http://www.doi.eng.cmu.ac.th/Thailca

อย่างไรก็ตามการศึกษา LCA ในประเทศไทยยังไม่มีความคืบหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากความรู้ยังคงจำกัดอยู่เพียงบางกลุ่ม เช่น สถาบันการศึกษา องค์กรเอกชนบางแห่ง และหน่วยงานบางหน่วยงานของทางราชการเท่านั้น โดยหน่วยงานราชการที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลักดันการศึกษา LCA ในประเทศไทย ได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) โดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

2.2.4 ความเหมาะสมของการประยุกต์ใช้ LCA ในงานศึกษาวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม

1) LCA มีการตั้งโจทย์จากผลิตภัณฑ์

LCA เป็นเทคนิคที่มุ่งเน้นไปที่ตัวผลิตภัณฑ์และครอบคลุมไปถึงส่วนที่เครื่องมือด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ไม่ครอบคลุมถึง ดังนั้น LCA จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

2) LCA เป็นการมองภาพโดยรวม

LCA เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือการใช้งาน ซึ่งการมองภาพโดยรวมนี้ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายของปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งได้

3) LCA เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์และให้ข้อมูลเชิงปริมาณ

การศึกษา LCA ตั้งอยู่บนพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ ให้ข้อมูลในเชิงปริมาณ จึงเป็นเครื่องมือที่ดีในการตัดสินใจด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือในผลการวิเคราะห์มากกว่าการใช้ความรู้สึกของผู้ศึกษาตัดสินใจในเรื่องที่ซับซ้อน และเป็นเครื่องมือที่มีความเป็นกลางของวิธีการป้อนข้อมูล

2.2.5 วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วิธีการ การทำ LCA ปัจจุบันนิยมใช้วิธีการและขั้นตอนการศึกษาตามมาตรฐานของ ISO 14040

2) ข้อมูลที่ต้องการ การจัดทำ LCA จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากในผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง อาจต้องมีการพิจารณากระบวนการต่างๆ เป็นร้อยกระบวนการ และในแต่ละกระบวนการอาจมีข้อมูลที่ต้องเก็บมากมาย ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ของบริษัทหนึ่งๆ อาจไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ชนิดดังกล่าวในภาพรวมได้

3) โปรแกรมสำเร็จรูป ในการศึกษา LCA นั้น ต้องใช้ข้อมูลและตัวเลขเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการจัดการกับข้อมูล ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้สำหรับการศึกษา LCA เช่น SimaPro, GaBi, TEAM, LCAiT, KCL-Eco, Umberto เป็นต้น

2.2.5.1 หลักการสำคัญของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การบ่งชี้และระบุปริมาณของภาระทางสิ่งแวดล้อม (Environmental loads) ในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้องที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น พลังงานและวัตถุดิบที่ถูกใช้ การปล่อยของเสียและการแพร่กระจายของมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

2) การประเมินและการหาค่าของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) ที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณภาระทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่ถูกบ่งชี้มาในขั้นตอนแรก

3) การประเมินหาโอกาสในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อม และใช้ข้อมูลที่มีการแสดงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ

วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) ของผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือของกระบวนการผลิต หรือของการบริการนั้นๆ องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักร” ข้อมูลที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถนำมาใช้ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือของการบริการให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (ปราณี,2548) การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นหัวข้อสำคัญอีกอันหนึ่งที่ถูกจัดทำขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมในอนุกรม ISO 14000 มาตรฐานในหัวข้อนี้ประกอบด้วย

ISO 14040 (2006): Environmental management - Life cycle assessment -Principles and framework

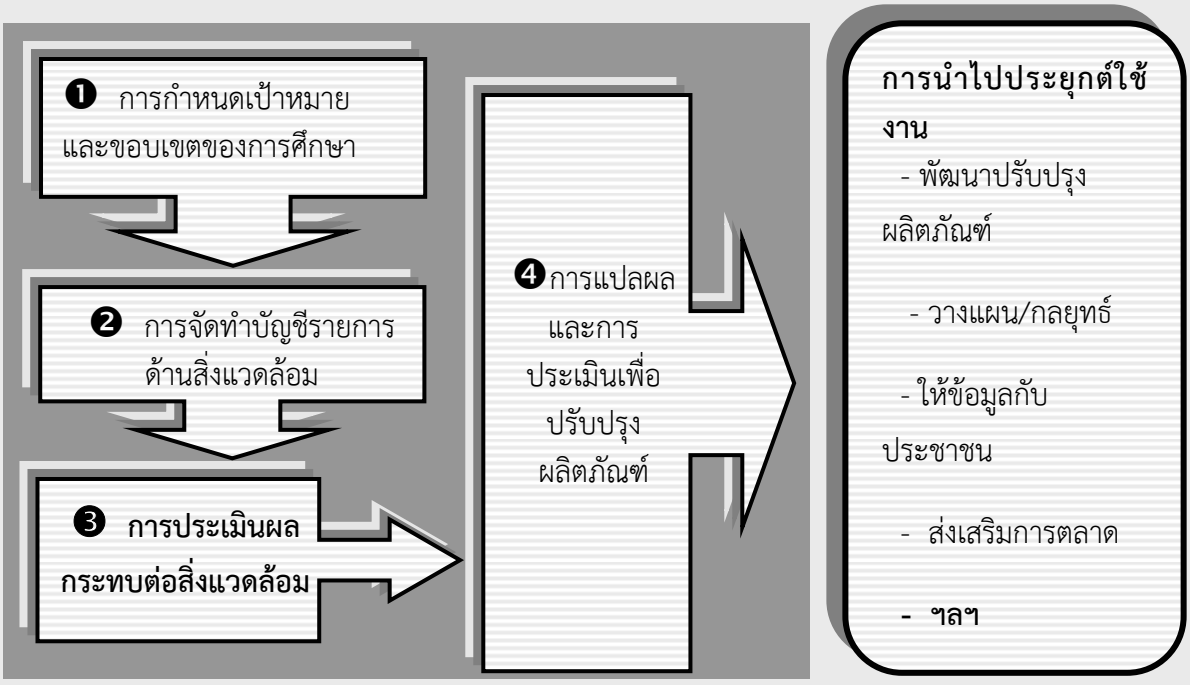
ISO 14044 (2006): Environmental management - Life cycle assessment -Requirements and guidelines

ISO/TR 14047: Life cycle assessment – Examples for ISO 14042

ISO/TR 14048: Life cycle assessment data documentation format

2.2.5.2 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

กรอบการดำเนินงานของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 แบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (2) การวิเคราะห์เพื่อจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (3) การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ (4) การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.10 กรอบการดำเนินงานของการประเมินวงจรชีวิตตามอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040

ประโยชน์ที่ได้จากการจัดการวงจรชีวิตสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อประโยชน์ทางการแข่งขันในธุรกิจจากการที่ลูกค้าในตลาดปัจจุบันเห็นความสำคัญในการซื้อสินค้าที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ทำให้องค์กรสามารถเพิ่มรายได้และส่วนแบ่งตลาด

2. ลดต้นทุนจากการลดการใช้พลังงานและลดการใช้วัตถุดิบ ลดกากของเสียและลดการปลดปล่อยก๊าซออกสู่สิ่งแวดล้อม การจัดการวงจรชีวิตมีส่วนช่วยในการสื่อสารและสร้างความร่วมมือตลอดห่วงโซ่อุปทาน ทำให้การบริหารจัดการต้นทุนดีขึ้นร่วมกันระหว่างการจัดซื้อ การออกแบบ การผลิต การกระจายสินค้า การขาย การใช้งานและการกำจัดทิ้ง เมื่อได้มีการลดการปล่อยมลพิษออกสู่บรรยากาศทำให้องค์กรลดค่าใช้จ่ายจากค่าปรับหรือค่าชดใช้ที่องค์กรจะให้ชุมชนรอบข้างได้รับความเดือดร้อนซึ่งจะส่งผลต่อภาพลักษณ์ของบริษัทในระยะยาว

3. เป็นวิธีการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ เนื่องจากสามารถพิจารณาพร้อมกันได้ระหว่างการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานพร้อมกันทั้งองค์กร

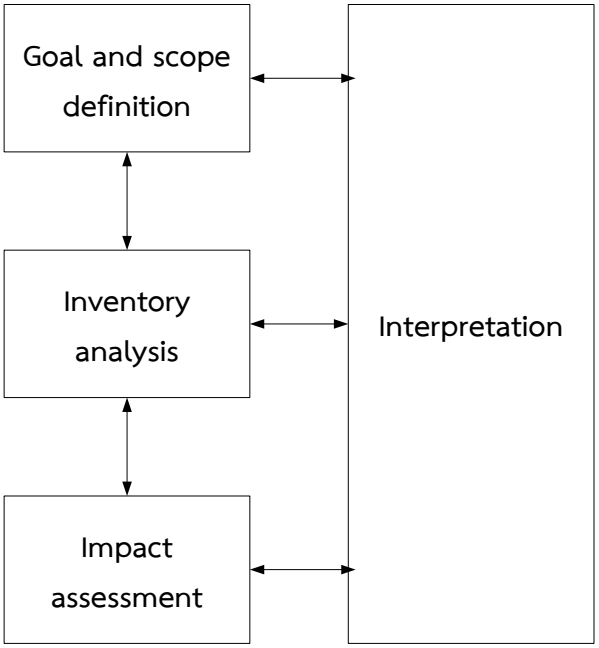
4. พัฒนาการออกแบบและสร้างมูลค่าให้แก่สินค้าและการให้บริการ

5. ในการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถลดการใช้พลังงานและทรัพยากรทางธรรมชาติรวมไปถึงก่อให้เกิดของเสียน้อยลง

6. สร้างโอกาสใหม่ทางธุรกิจและตลาด ทั้งนี้เนื่องมาจากการนำเทคโนโลยีหรือวิธีการใหม่ ๆ มาช่วยในการผลิต ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสามารถลดลงหรือทำให้หมดไปได้

7. ปรับปรุงสถานที่ทำงาน ถ้าองค์กรใดให้ความสำคัญในการจัดสถานที่ทำงานโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมจะเป็นแรงจูงใจให้แก่พนักงานในการทำงานได้

การจัดการวงจรชีวิตตามมาตรฐานเพื่อสิ่งแวดล้อม ISO 14040/14044 นั้นจะประกอบไปด้วย 4 เฟสดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เฟสต่าง ๆ ของการจัดการวงจรชีวิต

<u>ขั้นตอนที่ 1</u>: การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

การศึกษา LCA นั้น ขั้นตอนแรกจะต้องทราบว่าอะไรคือสิ่งที่จะทำการศึกษา และจะทำการศึกษาอย่างไร ซึ่งผลจากการศึกษาจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขตและเป้าหมายของการศึกษา โดย LCA สามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ของการศึกษาวิจัยที่มีความแตกต่างกันได้แก่

- เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์
- เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์
- เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตประกอบด้วยประเด็นหลักที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้

1). เป้าหมาย (Goal) หรือจุดมุ่งหมาย โดยต้องมีการระบุผลของการใช้ และผู้ที่จะนำไปใช้ การกำหนดเป้าหมายจะต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผลรายงาน เพราะเป้าหมายจะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่างๆ ในเนื้อหาได้ นอกจากนี้แล้วเป็นการกำหนดเป้าหมายและผลลัพธ์ที่ต้องการให้ชัดเจนโดยต้องระบุว่าจะมีการประยุกต์เข้ากับงานใด ควรมีการจัดทำรายงานเพื่อแสดงขั้นตอนของการทำงานโดยข้อมูลจะประกอบด้วยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องระบุตัวแปรเข้าและผลลัพธ์ ขอบเขตขอบระบบ สมมติฐานและข้อจำกัด วิธีการแยกแยะผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมเมื่อในกระบวนการมีการทำงานหลายส่วนหรือผลิตสินค้าพร้อมกันหลายชนิดรวมไปถึงลักษณะของผลกระทบที่จะทำการเลือกศึกษา โดยส่วนใหญ่แล้วเป้าหมายหลักจะประกอบด้วยการลดของเสียที่เกิดพิษให้น้อยที่สุด การลดการใช้วัตถุดิบในการผลิตสินค้าหรือการให้บริการให้น้อยที่สุด การส่งเสริมให้เกิดการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ การลด

การใช้พลังงานให้น้อยที่สุด การเพิ่มการใช้ทรัพยากรแหล่งใหม่ การยืดอายุการใช้งานของสินค้าและการลดการเสื่อมสภาพของสินค้า

2). ขอบเขต (Scope) การพิจารณาขอบเขตของระบบ มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

A. หน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือส่วนที่เป็นพื้นฐานของการศึกษา LCA เพราะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือเป็นตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ มีการให้นิยามของหน่วยการทำงานที่หลากหลาย เช่น เป็นมาตรฐานของ Inputs และ Outputs ที่เป็นกลาง โดยหน่วยการทำงานของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่กระจ่างชัด ซึ่งผลจากการวัดจะใช้เป็นคำตอบต่อไปได้ ลักษณะ 3 ประการของหน่วยการทำงาน ได้แก่ (1) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ (2) ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และ(3) คุณสมบัติพื้นฐาน ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบสามารถทำได้ด้วยฟังก์ชันที่มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกัน

B. คุณภาพของข้อมูล (Data Quality) คุณภาพของข้อมูลที่นำมาใช้ในกระบวนการของ LCA จะนำมาซึ่งคุณภาพของข้อสรุปที่ได้จาก LCA โดยคุณภาพของข้อมูลจะทำให้ทราบรายละเอียดต่างๆ ที่สำคัญและทำให้การประเมินเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 2: การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนของการกำหนดเป้าหมายและขอบเขต และคำนวณเพื่อหาจำนวนสารขาเข้า (Inputs) และสารขาออก (Outputs) ของระบบผลิตภัณฑ์ (Product System) ซึ่งสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้เหล่านี้ ได้แก่ การใช้ทรัพยากร การใช้พลังงาน และการปล่อยสารออกสู่อากาศ น้ำ และดิน การเก็บข้อมูลควรอยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และควรจะประกอบด้วยรายละเอียดของกระบวนการผลิต ผังการไหลของกระบวนการ และลักษณะของข้อมูล เช่น คุณภาพ แหล่งที่มา และข้อจำกัดของข้อมูล เป็นต้น โดยมีประเด็นที่สำคัญดังต่อไปนี้

- การคัดเลือกข้อมูล (Data Collection) คือ การคัดเลือกและจัดการกับข้อมูลของวัตถุดิบ ที่ใช้ ของเสีย และสิ่งที่แพร่กระจายออกจากทุกๆ ขั้นตอนในระบบผลิตภัณฑ์ ข้อมูลจะต้องแสดงรายละเอียดทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

- การกลั่นกรองขอบเขตของระบบ (Refining System Boundaries) คือ การกำหนดส่วน Scope Definition Procedure หลังจากการคัดเลือกข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว

- กระบวนการคำนวณ (Calculation Procedure) สามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การใช้ Spreadsheet หรือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับ LCA โดยเฉพาะ เป็นต้น

- ความถูกต้องของข้อมูล (Validation of Data) ต้องมีการควบคุมกระบวนการตั้งแต่การคัดเลือกข้อมูลจนถึงการปรับปรุงข้อมูลและสรุป

- การเชื่อมโยงข้อมูล (Relating Data) ข้อมูลที่ได้ต้องมีความเชื่อมโยงกัน โดย Inputs และ Outputs จะต้องสัมพันธ์กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ส่วนต่างๆ ในกระบวนการย่อย

- การปันส่วนและการแปรใช้ใหม่ (Allocation and Recycling) พบว่าในบางระบบที่มีความซับซ้อน ทำให้ไม่สามารถประเมินและได้ผลลัพธ์ตรงตามขอบเขตที่กำหนดไว้ จึงต้องแก้ปัญหาโดย (1) เพิ่มขอบเขตของระบบ โดยรวม Inputs และ Outputs ที่มีทั้งหมด หรือ (2) จัดทำรายการที่มีความสัมพันธ์กับการศึกษาและการประเมินผลกระทบ

ขั้นตอนที่ 3: การประเมินผลกระทบตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินผลกระทบตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ Life Cycle Impact Assessment เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณ เพื่อนำมาจำแนกและประเมินผลกระทบต่อสภาวะทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของบัญชีรายการ การประเมินผลกระทบประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- **การกำหนดประเภท (Category Definition)** คือ การเตรียมทางเลือกของผลกระทบแต่ละประเภทที่จะเกิดขึ้น ได้แก่ ผลกระทบจากแหล่งอชีวภาพ (Abiotic Resource), ผลกระทบจากแหล่งชีวภาพ (Biotic Resource), ผลกระทบต่อดิน น้ำ และอากาศ, ปัญหาโลกร้อนขึ้น, ปัญหาการลดลงของโอโซน, ของเสียจากมนุษย์ ฯลฯ

- การจำแนกประเภท (Classification) คือ การจำแนก Input และ Output ที่ได้จากการกำหนดประเภท เป็นขั้นตอนของการจำแนกวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงคุณภาพของผลกระทบที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีการแสดง Input และ Output ที่ได้จากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการ ซึ่งนำไปสู่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นโดยตรง

- การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ การแสดงประเภทของผลกระทบในรูปแบบของดัชนีชี้วัด (Indicator) โดยผลที่ได้จากการกำหนดบทบาท คือ การแสดงการแบ่งประเภทของ Initial Loading และข้อมูลการลดลงของทรัพยากรประเภทต่างๆ

- การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Valuation or Weighting) คือ การจัดอันดับ การคัดเลือก หรือการจัดกลุ่มของผลกระทบแต่ละประเภทที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ (1) การแสดงความสัมพันธ์เบื้องต้นขององค์กร กลุ่ม หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง (2) สามารถรับประกันได้ว่ากระบวนการนั้นมีความเป็นไปได้ สามารถจัดทำเป็นเอกสารและรายงานได้ และ(3) สามารถตั้งความสัมพันธ์ของผลลัพธ์ที่เป็นรากฐานของผลกระทบแต่ละประเภทได้

- การเทียบหน่วย (Normalization) คือ การศึกษาเพิ่มเติมว่าผลกระทบแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาพรวมอย่างไร การเปรียบเทียบอาจทำโดยการเทียบปริมาณทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด หรือเทียบต่อประชากร 1 คน ว่าเป็นต้นเหตุในการเกิดผลกระทบมากน้อยเพียงใด เป็นต้น

อย่างไรก็ดีการให้น้ำหนักของผลกระทบ (Valuation or Weighting) และการเทียบหน่วย (Normalization) เป็นเพียงส่วนที่ควรจัดทำเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินวงจรชีวิตไปใช้ประโยชน์เฉพาะด้านต่อไป

ขั้นตอนที่ 4: การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการแปลผล หรือ Interpretation คือ การนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (LCI) และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาเชื่อมโยงกันเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล และจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA รวมถึงการจัดทำรายงานสรุปการแปลผลการศึกษาให้เป็นที่เข้าใจได้ง่าย สมบูรณ์ครบถ้วน และสอดคล้องกับเป้าหมายและขอบเขตที่กำหนดไว้ การแปลผลจากการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ได้แก่

- การจำแนกประเด็นสำคัญที่ได้จากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวิเคราะห์ LCI และ LCIA

- การประเมินค่า (Evaluation) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ ความอ่อนไหวของผลการศึกษา และความสอดคล้องกันของข้อมูล

- การจัดทำบทสรุป ข้อเสนอแนะ และการรายงานผล

2.2.5.3 หลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตมีหลายวิธี แต่ทุกๆ วิธีล้วนมีพื้นฐานมาจากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดย Environmental Design of Industrial Products หรือ EDIP ซึ่งมีขั้นตอนการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

1) การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ ขั้นตอนการคำนวณหาศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแต่ละรูปแบบของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยคำนวณให้อยู่ในรูปของปริมาณสารอ้างอิงในแต่ละชนิดของผลกระทบนั้นๆ เช่น สารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนขึ้นจะถูกคำนวณให้อยู่ในหน่วยของ CO_2–equivalent เป็นต้น ค่าศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมในแต่ละชนิดของผลกระทบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (12)

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \qquad (12)$$

โดย EP_j (Environmental Impact Potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบ j ใดๆ

Q_i (Quantity of Substance) คือ ปริมาณสารมลภาวะ i ที่ถูกปล่อยออกมา

EF_{ij} (Equivalency Factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม j แสดงดังตารางที่ 2.6

2) การเทียบหน่วย (Normalization) คือ ขั้นตอนการหาความสำคัญของศักยภาพ ของแต่ละผลกระทบที่มีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่เกิดจากกิจกรรมของสังคมในภาพรวม โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (13)

$$NP_j = EP_j / (T \times ER_j) \qquad (13)$$

โดย NP_j (Normalization Environmental Impact Potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบที่เป็นสัดส่วนที่เกิดจากการกระทำของคน 1 คน ในแต่ละประเภทของผลกระทบ j

T (Lifetime of Product) คือ อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (ปี)

ER_j (Normalization Reference) คือ ค่าอ้างอิงปริมาณผลกระทบ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคน 1 คนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างค่า Equivalency Factor: EF_{ij} สำหรับกรณีภาวะโลกร้อนขึ้น

Substance	**Formula**	**GWP (100 years)** **g CO_2 – eq / g substance**
Carbon Dioxide	CO_2	1
Methane	CH_4	25
CFC11	$CFCl_3$	4000
CFC12	CF_2Cl_2	8500
CFC113	$CF_2ClCFCl_2$	5000
CFC114	CF_2ClCF_2Cl	9300
CFC115	CF_2ClCF_3	9300
Tetrachloromethane	CCl_4	1400
HCFC22	CHF_2Cl	1700
HFC123	CF_3CHCl_2	93
HFC124	$CF_3CHCFCl$	480
HFC134a	CH_2FCF_3	1300
HFC152a	CHF_2CH_3	140
Carbon Monoxide	CO	2

ที่มา: Henrik Wenzel et. al. (1997)

3) การให้น้ำหนักของผลกระทบ (Weighting) คือ การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับผู้ทำการประเมิน เช่น มีการนำนโยบายสิ่งแวดล้อมโลกในการลดมลภาวะมาเป็นค่า Weighting Factor (WF) หรือการนำเอากฎหมายสิ่งแวดล้อมของแต่ละประเทศ เกี่ยวกับการอนุญาตให้ปล่อยมลภาวะมาเป็นค่า WF เป็นต้น

การศึกษาวิจัยนี้จะทำการประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบ่งประเภทของผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีพิจารณาออกเป็น 15 ประเภท ได้แก่ (1) Global Warming (GW), (2) Ozone Depletion (OD), (3) Acidification (Ac), (4) Eutrophication (Eu), (5) Photochemical Smog (PS), (6) Ecotoxicity to Water Chronic (EWC), (7) Ecotoxicity to Water Acute (EWA), (8) Ecotoxicity to Soil Chronic (ESC), (9) Human Toxicity to Air (HTA), (10) Human Toxicity to Water (HTW), (11) Human Toxicity to Soil (HTS), (12) Bulk Waste (BW), (13) Hazardous Waste (HW), (14) Radioactive Waste (RW) และ (15) Slag/Ashes (S/A)

2.2.5.4 การประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต

LCA ทำให้ทราบถึงข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ข้อมูลที่ได้รับ สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจ หรือกำหนดแนวทาง ในการพัฒนาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การปรับปรุง

นโยบายของภาครัฐที่มีผลกระทบเกี่ยวข้อง กับผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งการกระตุ้นให้เกิดจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

LCA สามารถประยุกต์ใช้กับกิจกรรมหรืองานวิจัยได้อย่างหลากหลาย โดยจำแนกกลุ่มของผู้นำไปใช้งานได้เป็น 4 กลุ่มหลัก คือ

1) ภาคอุตสาหกรรม/บริษัทเอกชน ใช้สื่อสารให้ทราบถึงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์, ใช้ต่อรองกับผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) ให้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น, พัฒนากลยุทธ์ด้านการตลาด กลยุทธ์ด้านธุรกิจ และแผนการลงทุน, พัฒนากลยุทธ์ด้านนโยบาย, การจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อม (ฉลากเขียว) ประเภทที่ 3 ของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้บริโภคใช้ตัดสินใจเลือกซื้อ, ออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น, พัฒนานโยบายของผลิตภัณฑ์ว่าต้องการให้ไปในทิศทางใด โดยการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ด้วยวิธี LCA

2) ภาครัฐ เป็นเกณฑ์ในการจัดทำข้อกำหนดของฉลากสิ่งแวดล้อม, การพัฒนาและจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3, พัฒนาระบบการฝาก-การขอคืน (Deposit-refund systems), ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อสนับสนุนเงินทุน หรือการจัดทำโครงสร้างภาษีอากร, พัฒนานโยบายทั่วไปของภาครัฐ

3) องค์กรเอกชน (NGOs) เป็นข้อมูลเพื่อเผยแพร่ต่อผู้บริโภค, เป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการประชุม/สัมมนาในเวทีสาธารณะ, ใช้ข้อมูลเพื่อกดดันภาคเอกชนและรัฐบาลในการพัฒนาสิ่งแวดล้อม

4) ผู้บริโภค เป็นข้อมูลที่ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

2.2.5.5 ประโยชน์ของการประเมินวัฏจักรชีวิต

1) ช่วยในการตัดสินใจขององค์กรในการทำแผน การจัดลำดับความสำคัญ การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือปรับปรุงขั้นตอนการผลิต การวางแผนการขนส่ง

2) ช่วยเลือกดัชนีที่เหมาะสมเพื่อวัดประสิทธิภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมขององค์กร รวมทั้งวิธีวัดที่เหมาะสม

3) ช่วยการตลาด การโฆษณา เช่น การทำฉลากผลิตภัณฑ์สิ่งแวดล้อม

4) ช่วยปรับปรุงปัจจัยสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น

2.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

Hirsch B.E., Kuhlmann T. and Schumacher J. (1998)

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอเครื่องมือการจำลอง “LOCOMOTIVE” ที่สามารถวิเคราะห์ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมเพื่อออกแบบและวางแผนการจัดการโลจิสติกส์สำหรับการหมุนเวียนตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถเลือกองค์ประกอบในการจัดการโลจิสติกส์ได้ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานผลิต ฮับ เทอร์มินัลรวมไปถึงการขนส่งที่เชื่อมโยงตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดทั้งด้านเวลา ระยะทางและต้นทุน การแสดงผลจะแสดงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในรูปของ CO_2 ระหว่างที่มีการขนส่ง รวมไปถึงผลกระทบทางเคมีในรูปของต้นทุนภายนอก อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อด้อยคือการขาดข้อมูลทางด้านการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นมาตรฐาน โดยพบว่าข้อมูลเหล่านี้มีความแตกต่างกันระหว่างประเทศ ระหว่างผู้ให้บริการหรือระหว่างยานพาหนะในการเดินทาง

Lieckens K. and Vandaele N. (2007)

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับโดยได้ขยายแบบจำลองจากวิธีการเดิมที่มีการใช้ Mixed integer linear programming ที่สามารถทำการหาค่าที่น้อยที่สุดของการลงทุน การดำเนินงาน การขนส่ง การกำจัดของที่ไม่ใช้แล้วและการจ่ายค่าปรับภายใต้เงื่อนไขของอุปสงค์ อุปทานและความสามารถของแต่ละหน่วยงาน ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มแบบจำลองแถวคอยเข้าไปในวิธีการดั้งเดิมโดยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดความผันแปรในกระบวนการไม่ว่าจะเป็นช่วงเวลานำและตำแหน่งของคงคลังตลอดช่วงของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ ความสัมพันธ์ที่พิจารณาจะมีลักษณะเป็น Nonlinear ดังนั้นแบบจำลองที่ใช้จึงเป็น Mixed integer nonlinear program (MINLP model) ผลที่ได้รับจะทำให้ทราบถึงตำแหน่งของการหมุนเวียนที่เหมาะสมรวมไปถึงสามารถกำหนดการคืนสินค้าที่ประหยัดต้นทุน

Lee D.H. and Dong M. (2008)

บทความนี้ได้เสนอการออกแบบโครงสร้างโครงข่ายโลจิสติกส์โดยใช้ Meta heuristic สำหรับปัญหาของเครื่องคอมพิวเตอร์เก่าที่ผู้ใช้ไม่ต้องการใช้แล้ว ซึ่งจะต้องถูกรวบรวมเพื่อนำบางชิ้นส่วนมาใช้งานใหม่หรือเพื่อกำจัดทิ้งเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยจะพิจารณาร่วมกันทั้งโลจิสติกส์ทางตรงและทางอ้อมที่มีการพิจารณาร่วมกันระหว่างพื้นที่จัดเก็บและความจุของยานพาหนะของหน่วยงานที่ทำหน้าให้บริการและเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและลูกค้า ในแบบจำลองจะทำการหาตำแหน่งของศูนย์กลางในการให้บริการนี้ร่วมกับการใช้ Tabu search เพื่อหาวิธีการขนส่งสินค้าที่ใช้แล้วให้เหมาะสม ต้นทุนรวมที่พิจารณาประกอบด้วย 1) ต้นทุนในการก่อนสร้างหน่วยงานให้บริการ 2) ต้นทุนในการส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปหาลูกค้าผ่านหน่วยงานให้บริการและ 3) ต้นทุนในการเก็บรวบรวมสินค้าคืนจากลูกค้าส่งกลับมายังผู้ผลิตผ่านหน่วยงานกลางที่ให้บริการ

Ko H.J. and Evans G.W. (2007)

ปัญหาที่ถูกเสนอในงานวิจัยนี้เป็นกรณีของผู้ที่ให้บริการทางโลจิสติกส์ (Third party logistics provider, 3PLs) ที่มักจะมีลูกค้าหลายรายที่มีสภาพของการเปลี่ยนแปลงความต้องการตลอดเวลา จึงต้องทำการพิจารณาปัญหาพร้อมกันในการจัดการโลจิสติกส์ทางตรงและย้อนกลับโดยจะต้องมีการจัดลำดับการให้บริการเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป แบบจำลองโครงข่ายทางโลจิสติกส์ได้มีการใช้ Mixed integer nonlinear programming ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อร่วมกับการใช้ Genetic algorithm ในโครงข่ายนั้นยังประกอบไปด้วยสถานที่ของลูกค้า คลังพัสดุ หน่วยงานในการซ่อมสินค้าและตำแหน่งของตลาด มีการกำหนดสมมติฐานให้ทราบตำแหน่งของลูกค้าและตำแหน่งของตลาดล่วงหน้า รวมไปถึงยังทราบค่าความต้องการสินค้าและสินค้าที่ได้รับคืนตลอดช่วงเวลาของการวางแผน ผลที่ได้รับสามารถทำให้วางแผนการใช้ทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมในการจัดการอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงและทรัพยากรบุคคล

Qin Z. and Xiaoyu J. (2010)

งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการออกแบบโครงข่ายโลจิสติกส์สำหรับการรับสินค้าคืนจากลูกค้าเพื่อกลับสู่ผู้ผลิต โดยแบบจำลองได้ออกแบบในสภาพแวดล้อมที่เป็น Fuzzy ซึ่งงานวิจัยแบบเดิมมักจะมีการตั้งสมมติฐานว่ามีสภาพแวดล้อมเป็นแบบ Deterministic หรือ Stochastic รูปแบบจำลองในการรับสินค้าคืนนั้นจะทำการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดโดยมีการสร้างศูนย์รวบรวมสินค้าที่เชื่อมโยงระหว่างลูกค้าและผู้ผลิต ทั้งนี้ปริมาณสินค้าที่ได้รับคืนจากลูกค้ามีความไม่แน่นอน ในงานวิจัยนี้จึงทำการพิจารณาศูนย์รวบรวมที่มีความเหมาะสมกับปริมาณในการรับคืนนี้ นอกจากนี้ยังทำการหาค่าจำนวนสินค้าที่ได้รับคืนจากศูนย์รวบรวมและมาจากลูกค้า

Min H., Ko H.J. and Ko C.S. (2006)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ Nonlinear mixed integer programming และ Genetic algorithm ได้ถูกพัฒนาในงานวิจัยนี้เพื่อทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดในการเลือกตำแหน่ง จำนวนและขนาดของศูนย์รวบรวมเริ่มต้นและศูนย์กลางในการรับสินค้าคืนในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ โดยมีข้อจำกัดของความสามารถในการรวบรวมและข้อกำหนดในการให้บริการ มีการกำหนดสมมติฐานคือ 1) มีโอกาสที่จะขนส่งทางเดียวจากลูกค้าไปยังศูนย์กลางในการรับสินค้าคืน 2) เนื่องจากปริมาณที่คืนจากลูกค้าแต่ละรายมีจำนวนน้อย ศูนย์รวบรวมเริ่มต้นสามารถรองรับปริมาณได้เพียงพอ 3) ต้นทุนในการขนส่งระหว่างลูกค้าและศูนย์รวบรวมที่ใกล้ที่สุดจะไม่ถูกพิจารณาถ้าระยะทางสั้นเกินไป และ 4) แผนในการจัดสรรตำแหน่งกำหนดไว้ว่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดใด ๆ ไม่ว่าจะเป็นความต้องการของลูกค้าหรือโครงสร้างของระบบการขนส่ง ผลที่ได้รับคือสามารถลดต้นทุนพัสดุคงคลังและการขนส่ง สามารถกำหนดระยะเวลาในการรวบรวมสินค้าที่แน่นอนได้ที่ศูนย์รวบรวมเบื้องต้นรวมไปถึงสามารถหาต้นทุนรวมของโลจิสติกส์แบบย้อนกลับในการคืนสินค้า

Srivastava S.K. (2008)

แบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับได้ถูกพัฒนาในงานวิจัยฉบับนี้โดยใช้ Mixed integer linear program เพื่อหากำไรที่มากที่สุดจากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 10 ปีผ่านการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ 84 บริษัทจากอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน 6 ประเภท ในการประเมินค่าต้นทุนและพารามิเตอร์ต่าง ๆ แบบจำลองในการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ถูกพัฒนาแบบเป็นลำดับขั้น (Hierarchical optimization model) เพื่อทำการหาตำแหน่งของการรวบรวมและหาปริมาณสินค้าที่ได้รับคืนที่ศูนย์รวบรวมนี้ ตำแหน่งในการรวบรวมจะประกอบด้วยศูนย์ที่ทำการผลิตใหม่และศูนย์รับซ่อมสินค้า

Chen HK, Chou HW and Chiu YC. (2007)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการไหลโลจิสติกส์ของการหมุนเวียนแบบสมดุล (Reverse logistic recycling flow equilibrium: RLRFE) และมีการใช้วิธี Variational inequality (VI) ในการสร้างความสัมพันธ์ของฟังก์ชั่นความต้องการและต้นทุนนั้นจะมีการใช้ Nested diagonalization solution algorithm (ND) เพื่อกำหนดเส้นทางเดิน โดยช่องทางของการหมุนเวียนของวัตถุดิบจะประกอบด้วยผู้ที่รับรวบรวม ผู้ที่รับบำบัดของเสีย แหล่งเก็บของเสียและความต้องการของตลาดที่มีการกำหนดตัวตัดสินใจทางด้านราคา นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างตัวแปรเข้าและตัวแปรออกที่เป็นกากของเสียที่แหล่งที่มาและที่ตลาด

Lee JE, Gen M and Rhee KG. (2009)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอปัญหาโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับแบบหลายระดับ (Multi-stage reverse logistics netw0rk หรือ m-rLNP) เพื่อทำการหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดของค่าขนส่งและต้นทุนดำเนินงานคงที่สำหรับสถานีผลิตโดยมีการแก้ปัญหาร่วมกับ Priority-based genetic algorithm (priGA) นอกจากนี้ยังได้พัฒนา Crossover operator แบบใหม่ที่เรียกว่า “Weight mapping crossover” หรือ “WMX” พารามิเตอร์ที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยจำนวนของศูนย์รับสินค้าคืน จำนวนศูนย์ที่ทำหน้าที่ผลิต จำนวนศูนย์ที่ทำการแยกชิ้นส่วนรวมไปถึงความสามารถในการดำเนินงานของแต่ละศูนย์ นอกจากนี้แล้วยังมีการพิจารณาต้นทุนต่อหน่วยในการดำเนินงานที่แต่ละศูนย์

Achillas Ch. *et al.*, (2010)

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาปัญหาการจัดการขอเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนทางอิเลคทรอนิคส์ที่สามารถเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยได้พัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของโครงการโลจิสติกส์ย้อนกลับ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ “Mixed integer linear programming” ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำการหาตำแหน่งในการรวบรวมของเสียและตำแหน่งในการหมุนเวียนสำหรับเส้นทางที่ทำการศึกษาประกอบด้วยศูนย์ของการหมุนเวียน จุดจัดเก็บระหว่างทางและตำแหน่งของการรวบรวมเบื้องต้น จุดประสงค์หลักเพื่อทำหาต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับที่ต่ำที่สุดโดยประกอบด้วยต้นทุนการขนส่งผันแปร ต้นทุนการขนส่งคงที่และต้นทุนในการเช่าบรรจุภัณฑ์

Jayaraman V., Patterson R.A. and Rolland E. (2003)

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการกระจายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ โดยจะทำการหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดในการเคลื่อนย้ายสินค้าจากจุดต้นทางผ่านศูนย์รวบรวมไปยังตำแหน่งปลายทาง นอกจากนี้แล้วยังมีการหาต้นทุนคงที่ในการจัดตั้งศูนย์รวบรวมด้วย แบบจำลองในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาโดยใช้ Mixed Integer Linear Programming และทำการหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม CPLEX ในการเลือกตำแหน่งและหาเส้นทางที่เหมาะสมในการไหลของสินค้า

Lee D.H. and Dong M. (2009)

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้ถูกวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ โดยได้มีการพัฒนาแบบจำลองการกำหนดตำแหน่งและการจัดสรรที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แบบจำลอง “Two-stage stochastic programming” ได้ถูกขยายและพัฒนาต่อมาจาก “Deterministic model” โดยทำให้เป็นแบบหลายช่วงเวลา ในการหาคำตอบได้ใช้วิธีการสุ่มแบบ “Sample average approximation หรือ SAA” ร่วมกับ “Simulated annealing algorithm หรือ SA” จุดประสงค์ของงานวิจัยคือเพื่อทำการหาค่าที่ต่ำที่สุดของเงินลงทุนในการสร้างศูนย์รวบรวมโดยพิจารณาต้นทุนในการดำเนินงานและขนส่งในอนาคตที่จะเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

Mutha A. and Pokharel S. (2009)

แบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับชิ้นส่วนที่ถูกจ้างผลิต (Original equipment manufacturer หรือ OEM’s) เพื่อทำให้การสูญเสียน้อยที่สุดและเพื่อประหยัดการใช้ทรัพยากร แบบจำลองโครงการได้ถูกออกแบบให้ประกอบด้วย 9 Echelons คือผู้ค้าปลีก คลังพัสดุ ศูนย์ปรับปรุงกระบวนการ ตลาดขายอะไหล่ โรงงาน ศูนย์นำกลับมาใช้ใหม่ แหล่งกำจัดกากอุตสาหกรรม ผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบและศูนย์กลางการกระจายสินค้า วัตถุประสงค์ของแบบจำลองเพื่อหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดของการขนส่ง การจัดการของคงคลัง การกำจัดกากของเสียและต้นทุนในการประกอบชิ้นงาน มีการกำหนดสมมติฐานให้สินค้าที่ได้รับการตีคืนจะต้องถูกรวบรวมที่คลังสินค้าก่อนส่งไปยังศูนย์ปรับปรุงกระบวนการเพื่อทำการตรวจสอบและแยกชิ้นส่วน ชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกจะนำไปผลิตใหม่หรือขายเป็นอะไหล่ต่อไป

Arimura T.H., Darnall N. and Katayama H. (2011)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมการผลิตของประเทศญี่ปุ่นในการประเมินมาตรฐานสำหรับระบบบริหารสิ่งแวดล้อม ISO 14001 ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม การสำรวจนี้จัดทำโดยหน่วยงานภาครัฐเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยทำการสุ่มเลือกผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งเป็นผู้จัดการจำนวน 4,757 ราย มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 1,499 ราย (คิดเป็น 32%) ประเด็นหลักในการสำรวจเกี่ยวข้อกับข้อกำหนดต่าง ๆ ของ ISO 14001 การใช้เครื่องมือและนโยบายทางสิ่งแวดล้อมร่วมกับการผลิต ความสำคัญของหน่วยงานในองค์กรในการปฏิบัติทางด้านสิ่งแวดล้อมและการ

กระต้นทุนในเห็นถึงความสำคัญทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่าประมาณ 40% ของผู้ตอบแบบสอบถามได้มีการประเมินการจัดการสิ่งแวดล้อมของผู้จัดจำหน่ายและ 50% ของผู้ตอบแบบสอบถามต้องการให้ผู้จัดจำหน่ายมีระบบจัดการสิ่งแวดล้อม

Azevedo S.G., Carvalho H. and Machado V.C. (2011)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำหารความสัมพันธ์ระหว่างการปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อมในการจัดการห่วงโซ่อุปทานและผลลัพธ์ที่สามารถเห็นได้ในห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์ ในการศึกษาปัญหาจะประกอบด้วยขั้นตอนการออกแบบ การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล การเก็บข้อมูลจะใช้วิธีการสัมภาษณ์เพื่อวัดระกับความสำคัญที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและการวัดความถูกต้องของดัชนีชี้วัดที่มีผลต่อการปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อม ดัชนีชี้วัดที่ใช้ประกอบด้วย IGP score (Individual green practice implementation score) และ IPM score (Individual performance measure implementation score) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะทำการพิจารณาตัวแปรที่มีความสำคัญโดยจะทำการหาค่าคะแนนรวมเพื่อประเมินผลในการปฏิบัติเพื่อสิ่งแวดล้อม

Zhu Q., Sarkis J and Lai K.H. (2007)

งานวิจัยนี้ทำได้ทำการสำรวจโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงานซึ่งอยู่ในอุตสาหกรรมยานยนต์จำนวน 89 รายถึงวิธีการปฏิบัติในการจัดการโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม ในการสำรวจจะมีการใช้แบบสอบถามซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 สอบถามถึงปัจจัยหรือตัวผลักดันที่ทำให้เกิดการปฏิบัติงานเพื่อสิ่งแวดล้อม ส่วนที่ 2 วิธีการปฏิบัติจริงในการจัดการโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันและส่วนที่ 3 ผลการปฏิบัติงานทางด้านสิ่งแวดล้อม ผลการปฏิบัติงานทางด้านการเงินและผลการปฏิบัติงานทางด้านการดำเนินงาน สเกลที่ใช้วัดจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับโดยมีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ค่าสหสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีการสร้างความสัมพันธ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ขนาดองค์กร ตลาดและผู้จัดจำหน่าย) กับตัวแปรตาม (การสั่งซื้อเพื่อสิ่งแวดล้อม การให้ความร่วมมือจากลูกค้า ความคุ้มค่าจากการลงทุนและการออกแบบเพื่อความประหยัด)

Zhu Q., Sarkis J and Lai K.H. (2008)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจวิธีในการปฏิบัติในการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต 4 ประเภทในประเทศจีนซึ่งคือ อุตสาหกรรมการผลิตพลังงานอุตสาหกรรมเคมี/ปิโตรเลียม อุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์และอุตสาหกรรมยานยนต์ ในการสำรวจจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ 1) Pilot test: สอบถามเกี่ยวกับการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมจากผู้จัดการโรงงาน 2) Convenience survey: จะเป็นการสอบถามโดยใช้คำถามตัวอย่าง 3) Random survey: ทำการส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ และ 4) Sample aggregation: สอบถามจากประสบการณ์ทำงานของผู้จัดการ ปัจจัยที่ทำการวิเคราะห์ประกอบด้วยการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมด้วย ISO 14000 การมีส่วนร่วมกับผู้จัดจำหน่ายหรือลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อม การกำจัดเศษเหลือ ผลตอบแทนจากการลงทุนทางด้านสิ่งแวดล้อม การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือลดการเกิดมลพิษ

Zhu Q., Geng Y., Sarkis J. and Lai K.H. (2011)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการปฏิบัติตามกฎหมายภาครัฐฯของประเทศจีนในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมในห่วงโซ่อุปทานตามหลักการของ “” Ecological modernization” สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตโดยมุ่งเน้นการประหยัดพลังงานและลดการเกิดมลพิษ โดยได้ทำการสำรวจจาก 376 โรงงานโดยใช้แบบสอบถามจากอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรกล อุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์และปิโตรเคมี อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และอุตสาหกรรมก่อสร้าง

สำหรับปัจจัยหลักจะประกอบไปด้วย 3 หมวดหลักคือการจัดซื้อเพื่อสิ่งแวดล้อม การร่วมมือกับลูกค้าเพื่อสิ่งแวดล้อมและการได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนทางสิ่งแวดล้อม ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่างๆ จะใช้การทดสอบแบบ *t* การทดสอบค่าความแปรปรวนและการทดสอบแบบ Harman's one factor

Olugu E.U., Wong K.Y. and Shaharoun A.W. (2011)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการประเมินความสามารถทางด้านต่าง ๆ ในการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ทั้งห่วงโซ่ทางตรงและย้อนกลับโดยใช้วิธีการสำรวจจากผู้ที่อยู่หน่วยงานทางการศึกษาและผู้ที่อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิต สำหรับความสามารถโลจิสติกส์ทางตรงจะมุ่งเน้นไปที่การประเมินผู้จัดจำหน่าย ต้นทุนทางทางสิ่งแวดล้อม การใช้พลังงาน การลดกากของเสีย การนำผลิตภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ การออกแบบผลิตภัณฑ์ ส่วนแบ่งตลาด การบริหารจัดการและการตอบสนองของลูกค้า ส่วนโลจิสติกส์ย้อนกลับจะทำการประเมินความสัมพันธ์ร่วมกับลูกค้าทางด้านสิ่งแวดล้อม ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่ ต้นทุนในการกำจัดกากของเสีย จำนวนกากของเสียที่เกิดขึ้น การบริหารจัดการและความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่าย

Sheu J.B., Chou Y.H. and Hu C.C. (2005)

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาที่มีหลายคำตอบในการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ถูกใช้แล้วในห่วงโซ่อุปทานสีเขียวสำหรับหน่วยงานภาครัฐโดยใช้หลักการของ "Integrated logistics management" หรือ "ILM" ซึ่งประกอบไปด้วยสมาชิกในห่วงโซ่จำนวน 11 ส่วนประกอบด้วยผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ ตลาดรองที่ขายวัตถุดิบ ผู้ผลิต วัตถุดิบที่สามารถใช้งานใหม่ได้ ผู้ขายส่ง ผู้ขายปลีก จุดรวบรวม โรงงานที่นำกลับมาใช้งานใหม่ โรงงานแยกชิ้นส่วน การกำจัดครั้งสุดท้ายและลูกค้า ในห่วงโซ่อุปทานจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนผู้ผลิตและส่วนสินค้าที่ถูกใช้แล้ว แบบจำลองจะทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับกำไรที่เกิดขึ้นในการผลิตและกำไรที่เกิดขึ้นจากโลจิสติกส์ย้อนกลับภายใต้เงื่อนไขของของคงคลัง ความต้องการที่แต่ละตำแหน่งและปริมาณของที่ได้รับคืน

Diabat A. and Govindan K. (2011)

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้วิธีการของ "Interpretive structural modeling" หรือ "ISM" ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและแสดงอยู่ในรูปของเมตริกซ์ที่มีการแบ่งเป็นระดับขั้นและส่วนต่าง ๆ ที่มี 4 องค์ประกอบคือ Autonomous driver, Dominated/Dependent driver, Relay/Linkage driver และ Dominant/Independent driver สำหรับตัวผลักดันที่ศึกษาประกอบด้วยระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมของผู้จัดจำหน่าย การร่วมมือกับผู้จัดจำหน่าย การร่วมมือระหว่างผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์และผู้จัดจำหน่ายเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม กฎหมายภาครัฐฯ การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม การรวมการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในการวางแผนและการดำเนินงาน การลดการใช้พลังงาน การลดการใช้และการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบ การใช้มาตรฐาน ISO 14001 การร่วมมือกับลูกค้าและการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

Shang K.C., Lu C.S. and Li S. (2010)

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิคส์ในประเทศไต้หวันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ปัจจัยใน 6 องค์ประกอบคือการผลิตและการบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วมในสิ่งแวดล้อม การตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม การจัดซื้อเพื่อสิ่งแวดล้อม การจัดเก็บสต็อกเพื่อสิ่งแวดล้อมและการออกแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำการแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถขององค์กรต่าง ๆ คือกลุ่มที่ 1 จุดอ่อนในการจัดการสิ่งแวดล้อม กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่เน้นการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อม กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่เน้นการจัดซื้อเพื่อสิ่งแวดล้อมและกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่เน้นการ

จัดเก็บสต็อกเพื่อสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่เน้นการตลาดเพื่อสิ่งแวดล้อมมีผลการดำเนินงานที่ดีที่สุด ถ้าพิจารณาในมุมมองของทรัพยากรพบว่ากลุ่มนี้เป็นผู้รวบรวมทรัพยากรเพื่อการแข่งขัน ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบนั้นการใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมด้วย

Wang F., Lai X. and Shi N. (2011)

แบบจำลองที่ได้พัฒนาในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Mixed-integer programming สำหรับปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ในการตัดสินใจลงทุนทางด้านสิ่งแวดล้อมในห่วงโซ่อุปทานโดยมีตัวแปรตัดสินใจคือระดับการป้องกันสิ่งแวดล้อม วัตถุประสงค์จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ 1 การวัดต้นทุนรวมที่ประกอบด้วยต้นทุนคงที่ การลงทุนในการป้องกันสิ่งแวดล้อมและต้นทุนการขนส่ง ส่วนที่ 2 เป็นต้นทุนที่เกิดจากการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดห่วงโซ่อุปทาน สำหรับการลงทุนในการป้องกันสิ่งแวดล้อมจะเป็นการลงทุนในเทคโนโลยีหรือจัดซื้ออุปกรณ์เพื่อสิ่งแวดล้อม

Kainuma Y. and Tawara N. (2006)

วิธีการประเมินการจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมได้ถูกนำเสนอในงานวิจัยนี้โดยใช้วิธี “Multiple utility function” ซึ่งสามารถใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเมินลีนและห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อม ในการประเมินจะประกอบด้วยการประเมินวงจรชีวิต ผลตอบแทนที่ได้จากสินทรัพย์และความพึงพอใจของลูกค้า ในแบบจำลองจะพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างข้อมูลความต้องการ ข้อมูลของช่วงเวลานำและข้อมูลระหว่างความต้องการและช่วงเวลานำ ในการประเมินผลตอบแทนจะประกอบด้วยระดับสต็อกเฉลี่ย ความพึงพอใจของลูกค้าและอัตราส่วนของการขาดสต็อก การประเมินวงจรชีวิตจะเป็นการวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและการอุทิศให้แก่สังคม นอกจากนี้แล้วในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการตัดสินใจทางสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการใช้พลังงาน มลพิษทางน้ำ ของเสียประเภทของแข็งและมลพิษทางอากาศ โดยวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาจุดสมดุลในการเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุดและให้มีส่วนร่วมในสังคมให้มากที่สุด

Hur T., Kim I. and Yamamoto R. (2004)

ในบทความวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการวัดและการประเมินผลิตภาพทางสิ่งแวดล้อมของระบบหรือกระบวนการเพื่อการปรับปรุงทางด้านสิ่งแวดล้อม ดัชนีชี้วัดที่สำคัญคือการประเมินวงจรชีวิต (Life cycle assessment) และการประเมินต้นทุนรวม (Total cost assessment) โดยดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมจะเป็นอัตราส่วนระหว่างผลิตภาพของระบบต่อผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ดัชนีชี้วัดสามารถแบ่งออกได้เป็นทางตรงและทางอ้อม กรณีศึกษาที่ใช้เป็นบริษัทในกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีของประเทศเกาหลี

Mohanty R.P. and Deshmukh. (1999)

ในบทความนี้ได้เสนอแนวคิดของการจัดการกระบวนการผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อมเพื่อมีการความสูญเสียที่น้อยที่สุดโดยใช้กรณีศึกษาจากบริษัทในประเทศอินเดียสำหรับอุตสาหกรรมการทำเหมืองแร่ สำหรับที่มาของการเกิดความสูญเสียประกอบด้วยหลายส่วนคือ วัตถุดิบ แรงงาน การบำรุงรักษา การปฏิบัติงาน วิธีการทำเหมืองแร่ ของคงคลัง พลังงานและสินค้าสำเร็จรูป โดยได้มีการนำเสนอแผนปฏิบัติงานในส่วนต่าง ๆ คือการปรับปรุงกระบวนการ การลดของคงคลังและการลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

Gandhi N.M., Selladurai V. and Santhi P. (2006)

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการหาค่าดัชนีผลิตภาพทางสิ่งแวดล้อม (Green productivity index หรือ GPI) ในการปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมการหล่อโลหะที่มีการพิจารณาทั้งทางด้านการเงินและสิ่งแวดล้อม โดยนำเสนอวิธีการประเมินผลการปฏิบัติงานซึ่งประกอบด้วยการแจกแจง

กระบวนการที่จะทำการปรับปรุง การจัดลำดับความสำคัญของกระบวนการและการกำหนดลักษณะของกระบวนการที่จะปรับปรุง ในการประเมินจะมีการแบ่งกระบวนการออกเป็นแผนกต่าง ๆ ในการกำหนดดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมจะประกอบด้วยคุณภาพทางอากาศและทางน้ำโดยจะพิจารณาการลดมลพิษ ลดความสูญเสียและลดการบริโภคลงรวมไปถึงพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย

Zailani L. and Zailani S. (2010)

ในบทความนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพทางสิ่งแวดล้อมในทางปฏิบัติขององค์กรทั้งภายนอกและภายใน แรงผลักดันหลักมาจากหลายส่วนไม่ว่าจะเป็นกฎระเบียบจากภาครัฐ ความต้องการจากลูกค้าและความสามารถของผู้จัดจำหน่าย โดยยังได้มีวิเคราะห์ถึงมาตรฐาน ISO14000 และ SA 8000 ที่เน้นในเรื่องของการจัดการสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้แล้วยังแสดงให้เห็นความสำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสุภาพของผู้ปฏิบัติงาน โดยผลพลอยได้จากการจัดการสิ่งแวดล้อมจะก่อให้เกิดผลกำไรในองค์กร การลดต้นทุนในการผลิต การลดของเสีย ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดและบำบัดของเสียและการเพิ่มภาพลักษณ์ทางการตลาด

D'Souza C., Taghian M., Lamb P. and Peretiatkos R. (2006)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการซื้อของลูกค้าโดยคำนึงถึงผลที่มีต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ "AMOS structural modeling" ในการประเมินการรับรู้ของลูกค้า ปัจจัยที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ลักษณะฉลาก ลักษณะผลิตภัณฑ์ ประสบการณ์ที่ผ่านมาจากการใช้ผลิตภัณฑ์นี้ บรรจุภัณฑ์ ส่วนผสมของสินค้า ราคา การทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ผลการศึกษาสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจของลูกค้า เพื่อสร้างการแข่งขันให้เกิดขึ้นในสินค้า เพื่อให้ได้รับการสนับสนุนจากพนักงาน เพื่อให้เป็นไปตามความคาดหวังจากลูกค้า เพิ่มส่วนแบ่งตลาดและเพื่อให้ได้กำไรในระยะยาว

อรรถกร เก่งพลและธิดารัตน์ สลักคำ (2554)

ได้ออกแบบกระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจที่สามารถประเมินหลักเกณฑ์และการตัดสินใจเลือกแนวทางการนำยางรถยนต์มาใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน โดยใช้การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม (Quality Function Deployment for Environment: QFDE), วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP), วิธีทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์หลายทาง (Multi - Attribute Utility Theory: MAUT) และวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering: VE) โดยผลการวิเคราะห์แสดงว่าผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติผสมยางรีไซเคิล 35% เป็นแนวทางในการออกแบบการตัดสินใจที่ดีที่สุดด้วยค่าระดับความสำคัญเท่ากับ 0.6271 ค่าฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์เท่ากับ 1 และค่าดัชนีวิศวกรรมคุณค่าเท่ากับ 1

Milorad Vidovic et al. (2011)

เป็นปัญหาประเภท Reverse Logistics Inventory Routing Problems Under Risk (RLIRPUR) โดยพิจารณาถึง 1. Total Transport costs 2. Total Transportation & Recyables Storing Risk 3. Quantity of Recyclables at The Recycling Facility Up to The Storage Capacity 4. Inventory Level 5. Quantity of Recyclables at Collection Points Up to The Capacity of Containers 5. Domains of Decision Variable เพื่อหาวิธีการวางแผนหาค่าที่เหมาะสมของกระบวนการการจัดเก็บเพื่อรีไซเคิลโดยเน้นที่ตารางเวลาการเดินรถเพื่อเก็บรวบรวมและการจัดการคงคลังของการรีไซเคิลให้เหมาะสม

F. Ahmed (1996)

ได้กล่าวถึงลูปของการรีไซเคิลแบตเตอรี่ในมุมมองของยุโรปโดยกล่าวถึงความรับผิดชอบในการรีไซเคิล , ความต้องการในการรีไซเคิล, อัตราการรีไซเคิลของแบตเตอรี่และแผนการการเก็บรวบรวม, เทคโนโลยีการรีไซเคิล (Battery breaking, Smelting), ผลิตภัณฑ์รองและความสามารถในการรีไซเคิล

A.M. Bernardes et al. (2004)

นำเสนอสถานะปัจจุบันของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการเก็บรวบรวม, การแยกแยะและการดำเนินการของแบตเตอรี่แบบพกพาที่โดยกล่าวถึงคุณลักษณะของแบตเตอรี่, ทางเลือกของการจัดการแบตเตอรี่ขั้นสุดท้ายได้แก่ Landfill, Stabilization, IncinerationและRecycling โดยกล่าวถึงแบตเตอรี่และโลหะหนักในสภาพแวดล้อม, การเก็บรวบรวมแบตเตอรี่และระบบการแยกแยะ, การรีไซเคิลแบตเตอรี่, กระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่ได้แก่ Hydrometallurgical processesและPyrometallurgical processes

George L. Yender (1998)

ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับทางสิ่งแวดล้อม, ทางกฎหมาย, ทางเทคนิคและปัจจัยเชิงเศรษฐกิจที่มีผลต่อการใช้และการทิ้งแบตเตอรี่โดยกล่าวถึงการใช้งานแบตเตอรี่และผลที่มีต่อสิ่งแวดล้อม, ปฏิกิริยาเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่, กระบวนการทางเทคโนโลยี, ประเด็นของโลจิสติกส์ย้อนกลับและความท้าทายในอนาคต

Bo Yan and Bo Du (2008)

กล่าวถึงประเทศจีนในฐานะที่เป็นประเทศขนาดใหญ่ในการผลิตแบตเตอรี่ซึ่งผลิตได้มากกว่า 18 พันล้านลูกต่อปีโดยคิดเป็นมากกว่าร้อยละ 30 ของผลผลิตโดยรวมทั้งโลก นอกจากนี้ยังมีปริมาณการบริโภคแบตเตอรี่จำนวน 8 พันล้านลูกต่อปี แต่มีอัตราการรีไซเคิลน้อยกว่าร้อยละ 2 ดังนั้นจึงเห็นความสำคัญและวัตถุประสงค์ของการใช้โลจิสติกส์ย้อนกลับของของเสียในแบตเตอรี่ ในท้ายที่สุดได้จัดตั้งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณถึงวิธีการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยใช้กลไกการกำหนดราคาซื้อคืน

A. W. Worcester and M. J. Sankovitch (1997)

ได้พูดถึงรีไซเคิลของโลหะผสมตะกั่วในสหรัฐอเมริกาโดยกล่าวถึง **THE DOE RUN COMPANY RESOURCE RECYCLING CENTER,** เหตุผลที่ดีในการรีไซเคิลของตะกั่ว**,** ชนิดของวัสดุที่ได้รับจา**n Buick Facility,** ค่าต้นทุนสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันของการรักษาสิ่งสกปรกในตะกั่ว และการกำจัดสิ่งเจือปนจากตะกั่ว

Jurgen Fricke And Heinz-Albert Kiehne (2000)

ได้กล่าวถึงความสำคัญของการปกป้องสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นโดยกล่าวถึง การเก็บรวบรวมและการรีไซเคิลด้วยสมัครใจหรือถูกบังคับตามกฎหมาย, กฎหมายของยุโรป, กฎหมายระดับชาติ: รูปแบบการเก็บรวบรวมระดับชาติโดยพูดถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในการประเทศเยอรมนีและสถานการณ์ในประเทศยุโรปอื่นๆ, โครงการ EPBA(European Portable Battery Association) สำหรับการเก็บรวบรวมและการรีไซเคิลได้พูดถึงการรีไซเคิลแบตเตอรี่ในอุตสาหกรรมโลหะ การคัดแยกแบตเตอรี่และการกำจัดในขั้นสุดท้ายของปรอทจากแบตเตอรี่, การรีไซเคิลและการกำจัดในประเทศเยอรมนี, ประสบการณ์หนึ่งปีและทัศนะ

Nancy L.C. Steele (1995)

กล่าวถึงการรีไซเคิลแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าในแคลิฟอร์เนีย ในเดือนกันยายน 1990 California Air Resources Board (CARB) ได้อนุมัติยานพาหนะที่ปล่อยมลพิษต่ำและกฎระเบียบเชื้อเพลิงสะอาด โดยได้

กล่าวถึงการรีไซเคิลและการกำจัดทิ้ง, กำลังการผลิตในการรีไซเคิลแบตเตอรี่, การออกแบบเพื่อสิ่งแวดล้อม, การเปรียบเทียบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

Alessandra Smaniottoa et al. (2009)

เสนอวิธีการใหม่ในการสกัดตะกั่วจากตะกรันโดยขึ้นอยู่กับผลที่สลับซับซ้อนของ EDTAเป็นChelating Ligand ที่มีความสามารถในการ Solubilize โลหะหนักต่างๆในฐานะที่เป็นธาตุเหล็ก(Fe2+/ Fe3+)ที่มีการก่อตัวของค่าคงที่ด้วยEDTAสูงกว่าตะกั่วและปัจจุบันมีความเข้มข้นสูงในตัวอย่างที่เก็บของไอออนฟลูโอไรด์(F-)เป็นงานที่ปิดบังไอออนเหล็ก การทดสอบให้บรรลุผลสำเร็จในวิธีเชิงคุณภาพเป็นการยืนยันการสกัดตะกั่วโดยการก่อตัวของตะกอนสีเหลืองของไอโอไดด์ตะกั่ว ใช้ 2 ขั้นตอนคือ 1.Preliminary Complexation Test Using Pb2+ Salts 2.Qualitative Tests of Lead Extraction from The Slag วิธีการพัฒนาในงานนี้มีประสิทธิภาพในการสกัดตะกั่วจากตะกรัน เสนอเป็นเส้นทางที่มีแนวโน้มสำหรับการประยุกต์ใช้ในหลายชนิดที่ปนเปื้อนตกค้างโดยตะกั่ว

Z. Vaysgant et al. (1995)

เทคโนโลยีอุณหภูมิต่ำสำหรับการรีไซเคิลเศษแบตเตอรี่ได้โดยไม่ต้องการผลิตของเสียเป็นข้อเสนอแนะสำหรับโรงงานแบตเตอรี่ที่มีความสามารถผลิตขนาดน้อย รีเอเจนต์ที่จำเป็นต้องใช้ได้และบริโภคให้น้อยที่สุด ใช้อุปกรณ์ที่ง่ายและมีขนาดกะทัดรัด ขนาดของฝุ่นละอองและปริมาณของกระบวนการก๊าซมีทั้งที่น้อยที่สุดและจะถูกลบออกอย่างมีประสิทธิภาพโดยหน่วย filterventilating ที่ได้รับการพัฒนาโดย บริษัท ELTA สุดท้ายเทคโนโลยีที่นำเสนอไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนมากมายเพื่อให้บรรลุ

A.Zabaniotou et al. (1999)

กล่าวถึงความวิตกกังวลการรีไซเคิลของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดในกรีซ ขอบเขตหลักคือการประมาณการความเป็นไปได้ของการก่อสร้างโรงงานการรีไซเคิลในเพื่อที่จะนำไปสู่การเรียกคืน, โพรพิลีนและสารละลายกรดซัลฟูริกจากแบตเตอรี่รถยนต์ โดยกล่าวถึงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด, การสำรวจตลาดในดรื่องตะกั่ว, การรีไซเคิลแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่ใช้แล้ว (การประมาณค่าของจำนวนทั้งหมดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในกรีซ, แบบแผนการเก็บรวบรวม, โรงงานรีไซเคิลที่มีอยู่ในกรีซ, ขั้นตอนการรีไซเคิลและการใช้งานของแบตเตอรี่ใช้แล้ว,), การประเมินผลทางเศรษฐกิจและการเคราะห์ความอ่อนไหว

Giannis T. Tsoulfas et al. (2002)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือการดำเนินการการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมของกลุ่มการใช้ แบตเตอรี่ SLI (starting, lighting and ignition batteries) ตามโลจิสติกส์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการกู้คืนและเครื่องมือที่มีสำหรับการวัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการดังกล่าว ด้วยวิธี Life Cycle Analysis (LCA) โดยพูดถึง 1. ขั้นตอนของกระบวนการกู้คืนแบตเตอรี่ SLI 2. การปฏิบัติด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละประเทศ 3. LCA : กรณีศึกษาของแบตเตอรี่ SLI

Mats Zackrisson et al. (2010)

การศึกษาในการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment : LCA) เพื่อหาความเหมาะสมในการออกแบบแบตเตอรี่ลิเทียมอิออนสำหรับพาหนะไฮบริด โดยในส่วนของวัตถุดิบนั้นใช้ข้อมูลจากงานวิจัย , ผลทดลองอื่นๆ และฐานข้อมูล Ecoinvent 2.0 เป็นสำคัญ โดยที่การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใน 5 ด้านสำคัญคือ Global warming, Acidification, Ozone depletion, Photochemical smog และ Eutrophication

การศึกษาได้แสดงว่าสารละลาย NMP นั้นมีผลต่อกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านภาวะโลกร้อน (Global warming) กว่าสารละลายที่ใช้น้ำในกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ ขณะที่ในภาคการใช้แบตเตอรี่นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน จึงควรมีการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตแบตเตอรี่ให้มีความสัมพันธ์กับวงจรชีวิตของแบตเตอรี่ ผลกระทบที่โดดเด่นคือการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าระหว่างที่ใช้ในรถ โดยที่ผลกระทบโดยรวมทั้งหมด สันนิษฐานได้ว่า 90 % มาจากการชาร์จไฟฟ้าซึ่งไปใช้ในการเดินมอเตอร์

การศึกษายืนยันได้ว่าในทางที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมการใช้น้ำเป็นสารละลายแทนที่ NMP ของแบตเตอรี่ลิเทียมอิออนดีกว่ามาก ในกระบวนการผลิตผลกระทบที่สำคัญต่อสิ่งแวดล้อมก็คือภาวะโลกร้อน (Global warming) โดยที่มีการใช้พลังงานในภาคการผลิตทีมากกว่า 50 %

Carl Johan Rydh and Magnus Karlstrom (2002)

ในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการนำมากลับมาใช้ใหม่ของแบตเตอรี่นิเกลแคดเมียม โดยการใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment : LCA) ในการนิยามกิจกรรมตลอดวัฏจักรชีวิตกับผลกระทบที่มีอิทธิพลของอัตราการนำมากลับมาใช้ใหม่ที่แตกต่างกัน และขอบเขตของเวลาที่แตกต่างกัน สำหรับการปลดปล่อยของโลหะที่ถูกฝังกลบ ในเฟสของการใช้แบตเตอรี่นั้น 65 % มาจากพลังงานขั้นต้นสำหรับการใช้ในผลกระทบการผลิตแบตเตอรี่ ขณะที่ 32 % มาจากการผลิตของวัตถุดิบ การปลดปล่อยของโลหะจากแบตเตอรี่ลงสู่น้ำ มาจากการฝังกลบ และการเผาให้เป็นถ่าน ในส่วนของระยะทางการขนส่งเพื่อสต๊อกสินค้าไว้ไม่มีนัยสำคัญในการใช้พลังงาน และการปลดปล่อย

จากมุมมองทางสิ่งแวดล้อมความเหมาะสมของอัตราการนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับแบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม 100 % ซึ่งเป็นเรื่องยาก ด้วยในการเผาป็นถ่านนั้นยังมีอัตราที่เพิ่มขึ้นอยู่ แบตเตอรี่ที่ผลิต กับการถูกนำกลับมาใช้ใหม่ของ แคดเมียมและนิเกิลมี 16 %ต่อความต้องการพลังงานขั้นต้น การใช้แคดเมียม และนิเกิลในการนำกลับมาใช้ใหม่ที่ความต้องการ 46 และ 75 % ของพลังงานขั้นต้นน้อยลงตามลำดับ โดยถูกเปรียบเทียบจากการสกัด และการทำให้บริสุทธิ์ของโลหะบริสุทธิ์ [2]

Peter Van den Bossche et al. (2005)

ประเด็นสำคัญหลักของโครงการ SUBAT คือการส่งมอบการประเมินที่สมบูรณ์ทางพาณิชย์อย่างง่ายและเทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับ battery-electric hybrid หรือ full cell vehicles การประเมินประกอบไปด้วยเทคนิคทางเศรษฐศาสตร์ และการศึกษาทางสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่แตกต่างกัน รวมทั้งเทคโนโลยี Nickel-Cadmium สำหรับผลกระทบในส่วนเฟสของการประกอบ และการผลิตนั้นสามารถถูกทดแทนที่ขอบเขตที่กว้างกว่าเมื่อการจัดเก็บ และการนำกลับมาใช้ใหม่ของแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพ และสมรรถภาพในระดับใหญ่ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระดับใหญ่จัดถูกจัดเรียงลำดับตามประเภทของแบตเตอรี่เทคโนโลยีแบตเตอรี่ 3 แบบคือ lead-acid, nickel-cadmium, และ nickel-metal มีผลกระทบเชิงเปรียบเทียบของสิ่งแวดล้อม และมีการคำนวณสมรรถภาพกับแบตเตอรี่ที่มีความแตกต่างตามการเก็บรักษาความจุของพลังงาน

Troy R. Hawkins et al. (2010)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของ พาหนะแบตเตอรี่ไฟฟ้าแบบ ลิเทียมอิออน โดยที่มี Functional unit คือ พลังงาน 50 MJ ใช้กระบวนการไหล กับการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเฉพาะ ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญคือ ผลกระทบต่อภาวะเรือนกระจก (Global warming) ในการศึกษาที่สำคัญมากที่สุดของห่วงโซ่เชื้อเพลิง และเฟสการใช้กับพิจารณาโดยเบื้องต้นเท่านั้นของเฟสกระบวนการผลิต

Matthias Buchert et al. (2010)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ไฮบริดแบบโลหะนิกเกิลสำหรับการประยุกต์ HEV วัตถุประสงค์ในการศึกษาคือหาศักยภาพหลักสำหรับหาความเหมาะสมของสายการผลิตของแบตเตอรี่ HEV ศึกษาผลกระทบอันประกอบไปด้วย มอเตอร์ทางไฟฟ้าสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิตบนอุปกรณ์ HEV รวมทั้งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในเฟสของการนำกลับมาใช้ใหม่ด้วย โดยที่ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อภาวะเรือนกระจก (Global warming) สำหรับเทคโนโลยี HEV เป็น 10-15 % ของวงจรชีวิตมาตรฐานของรถยนต์กับการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ ในห่วงโซ่ขั้นแรกของนิเกิลเป็นผล 90 % ของภาวะฝนกรด (acidification) กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่กับประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงจะส่งผลทางบวกคือมีค่าลดลงต่อผลกระทบต่อภาวะเรือนกระจก (Global warming)

M. Gauch, R. Widmer et al. (2009)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ลิเทียมอิออนสำหรับพาหนะทางไฟฟ้า แบบ ICE และ BEV วัตถุประสงค์ในการศึกษาคือการจัดทำบัญชีสารขาเข้าสารขาออก (LCI: Life cycle Inventory) ของแบตเตอรี่ลิเทียมอิออนในขอบเขตแบบ cradle to gate คือตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบมาจนถึงหน้าโรงงาน โดยที่ให้ความสนใจที่เหมืองลิเทียม และการกลั่นของวัตถุดิบแบตเตอรี่ ใช้ฐานข้อมูลใน ecoinvent database ในการบูรณาการผลการศึกษา โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็คือ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) โดยที่ข้อสรุปทางการศึกษาการเปลี่ยนจาก รถประเภท ICE ไปเป็น รถประเภท BEVs ดูเหมือนว่าจะเป็นมิตรในมุมมองทางสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าผลกระทบจากการผลิต BEV จะมีนัยยะที่สูงกว่าการผลิต ICE ประสิทธิภาพของ รถ ICE อาจจะมีความได้เปรียบ กับ กระบวนการที่ถูกผลิตของ BEVs ในค่าค่าทางไฟฟ้ากับค่าฟุตพริ้นท์ของฟอสซิลสูง กระบวนการที่ถูกผลิตกับไฟฟ้าที่มาจากพลังงานงานจากฟอสซิล การดำเนินการ BEVs จะดีกว่า รถแบบ ICE

Design for the Environment Program Office of Research and Development (2010)

การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ลิเทียมอิออน เพื่อทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่ลิเทียมอิออน โดยเมื่อทราบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแล้วทั้งความเสี่ยงต่อสุขภาพคน ผลต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถพบว่าจุดไหนมีปัญหาสูงสุด โดยสามารถจัดการที่วัตถุดิบ หรือกระบวนการในการผลิตแบตเตอรี่ได้ โครงการกลุ่มพันธมิตรนี้ ประกอบไปด้วยสถาบันที่วิจัยการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมอิออน บริษัทที่เกี่ยวข้องกับการนำกลับมาใช้ใหม่ของแบตเตอรี่ ห้องทดลองทางพลังงาน และ EPA โดยที่เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินก็คือการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) พิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแบบ cradle to gave โครงการนี้จะสามารถประเมินความเสี่ยงในผลกระทบต่อส่งแวดล้อมในภายภาคหน้า โดยการเข้าถึงกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ และผู้จัดส่งวัตถุดิบเพื่อที่จะนิยามหาวัสดุหรือกระบวนใดซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งนิยามถึงแนวทางที่ว่าในข้อดีจากการเพิ่มการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สมมาตร์ ไทยานนท์ (2545)

ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมของโรงงานอุตสาหกรรม(เจนโก้) ที่มีผลกระทบต่อประชาชนในชุมชนมาบชะลูด เทศบาลมาบตาพุด จังหวัดระยอง จากการศึกษาพบว่าประชาชนได้รับกลิ่นจากกากอุตสาหกรรม ในระดับที่รุนแรงน้ำในลำคลองธรรมชาติเกิดการเน่าเสีย ประชาชนมี ปัญหาด้านระบบหายใจจากกลิ่นของกากอุตสาหกรรม และผิวหนัง รวมทั้งปัญหาด้านจิตใจที่ประชาชนมีความกังวลต่อความรุนแรงของมลพิษในอนาคต ประชาชนที่มีอาชีพเกษตรกรรม บางส่วนขายที่ดิน ส่วนประชาชนที่ทำ

อาชีพประมง ต้องออกไปหากินไกลจากชายฝั่งเพิ่มขึ้น ภายหลังเกษตรกร และชาวประมงบางส่วนได้ไปประกอบอาชีพรับจ้าง และเป็นพนักงานบริษัท แต่เป็นงานที่ไร้ฝีมือเนื่องจากความรู้น้อย และไม่มีประสบการณ์

แสวง เกิดประทุม และคณะ (2547)

ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่และโรงงานหลอมตะกั่วจากซากแบตเตอรี่แบบไม่ระบายน้ำทิ้งงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่มาจาก 4 แหล่งด้วยกัน กล่าวคือ

1. ระบบบำบัดน้ำเสียที่มาจากกระบวนการล้างเปลือกซากแบตเตอรี่
2. ระบบบำบัดน้ำเสียที่มาจากระบบกำจัดไอเสียของกระบวนการหลอมซากแบตเตอรี่
3. ระบบการรวบรวมน้ำกรดในซากแบตเตอรี่ และนำไปทดลองแปรสภาพเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่
4. ระบบบำบัดน้ำเสียที่มาจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำยาล้างพื้นโรงงาน การวิจัยที่น่าสนใจในครั้งนี้ คือ การรวบรวมน้ำกรดจากซากแบตเตอรี่ แล้วปรับสภาพเพื่อการกลับมาใช้ใหม่ พบว่าแต่เดิมน้ำกรดจะถูกปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ด้วยการใช้โซดาไฟในการบำบัด โดยปรับค่า pH จาก 0.5-1 เป็น 9-10 เพื่อให้โลหะหนักตกตะกอนแยกตัวออก น้ำใสที่ได้จะถูกปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง อีกครั้งหนึ่ง ในกระบวนการเช่นนี้ต้องใช้โซดาไฟ 50 % โดยน้ำหนักประมาณ 28,000 ตัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 12,727,000 บาทต่อปี เกิดตะกอนในรูปของแข็งประมาณ 59 ตันต่อปี ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดโดยบริษัทที่รับจ้างกำจัดกากของเสียอุตสาหกรรม เป็นเงิน 59,000 บาทต่อปี และยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพกรดอีก กรณีเปลี่ยนไปใช้กรดซัลฟิวริก 98 % โดยน้ำหนัก เสียค่าใช้จ่ายประมาณ 3,450,000 บาทต่อปี รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำกรดแบตเตอรี่ประมาณ 16 ล้านบาทต่อปี หรือประมาณ 1,700 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ของน้ำกรดทิ้ง ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวทางการนำน้ำกรดกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่ให้เหลือเศษทิ้งจากระบบ โดยการวิจัยในระดับปฏิบัติการ ใช้น้ำกรดจากแบตเตอรี่เก่า มาเติมกรดซัลฟิวริก 98 % ให้ได้ความถ่วงจำเพาะ 1.24 ที่อุณหภูมิ 27 °C จากนั้นนำไปทดลองกับแบตเตอรี่ ด้านการเก็บไฟ โดยเทียบกับน้ำกรดใหม่ที่มีขายตามท้องตลาด พบว่าน้ำกรดเก่าปรับสภาพแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ทำให้แบตเตอรี่มีความสามารถในการเก็บไฟฟ้า (โดยวัดศักย์ไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ) ต่างกันด้วยความเชื่อมั่น 99.999 % แต่อัตราการลดลงของศักย์ไฟฟ้าของแต่ละช่วงเวลาไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 อย่างไรก็ตามในหัวข้อนี้เป็นเพียงการวิจัยในระดับปฏิบัติการ และยังไม่ได้มีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพกรด ในระดับอุตสาหกรรมแต่อย่างใด อย่างไรก็ดีแนวคิดการปรับสภาพน้ำกรดใช้แล้ว และนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นเรื่องที่ควรให้ความสนใจและศึกษาถึงความเป็นไปได้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

Maria Chatzipanagioti et al. (2011)

จัดหาวิธีการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในเชิงปริมาณซึ่งสนับสนุนกระบวนการที่จับผลกระทบต่อความแปรปรวนของความต้องการด้านเวลานำบนการออกแบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทาน โดยพิจารณาตลาดแห่งเดียวที่อาจจะใช้บริการจากสองแห่งคือ Offshored และ Nearshored ใช้ Model ที่พัฒนาแล้วเพื่อปัญหาที่เกิดขึ้นภายใต้ Investigation โดยพิจารณาถึง 1. Total Cost 2. Holding Cost 3. Production Cost 4. Transportation Cost 5. Mean Lead Time

S. Cuc and M. Vidovic (2011)

เป็นการศึกษากระบวนการในการบรรลุเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนผ่านรีไซเคิลของเสียในสิ่งทอ ซึ่งนำเสนอกรอบการสร้างแบบจำลองซึ่งทำให้การแลกเปลี่ยนระหว่างค่าใช้จ่ายของเครือข่ายแบบย้อนกลับสำหรับของเสียในสิ่งทอจากการจัดตั้งและการดำเนินงานและผลกระทบต่อการบริโภควัสดุจาก

ธรรมชาติ, ลดการใช้ที่ดิน, เพิ่มการจ้างงานและรายได้จากขายสิ่งทอที่สวมใส่ได้ ซึ่งเป็น Linear Programming Optimization Model of The Closed Loop Supply Chain Network โดยพิจารณาถึง 1. The Sum of Reverse Network for Textiles Recycling Cost 2. Quantities Sent to The Collection, Sorting, Recycling and Production Sites Up to The Capacity 3. Domain of Decision Variables

A.M. Genaidy et al.(2008)

โดยจุดประสงค์คือ (1) กำหนดอัตราการรีไซเคิลสำหรับการกู้คืนตะกั่วในวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ของ Lead-Acid Batteries(LAB) สำหรับตลาดในสหรัฐและ (2) กำหนดปริมาณและระบุโอกาสที่สามารถกู้คืนตะกั่วและรีไซเคิลได้ดีขึ้น ได้มีการกล่าวถึง Model ดังนี้ 1. Sibley's model (1995) 2. Smith's model (1999) 3. Bied-Charreton's model (1993) 4. BCI model (2001, 2003, 2005) 5. Mao's model (2006)

YAEL KONFORTY and ARIE TAMIR (1997)

พิจารณาถึงปัญหาของการหาตำแหน่ง Facility เดียวที่ไม่พึงปรารถนาหรือน่ารังเกียจซึ่งอาจก่อให้เกิดคุณภาพในชีวิตที่ต่ำกว่าหรือแม้กระทั่งก่อให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรงต่อประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงจึงถูกจำกัดอยู่ภายนอกขอบเขตต้องห้ามโดยเฉพาะรอบแต่ละ Demand Point โดยจะพูดถึง 2 Models คือ 1-Median Model โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่น้อยที่สุดของผลรวมของระยะทางที่ถ่วงน้ำหนักเป็นเส้นตรงจากลูกค้า n คนไปยัง Facility และ 1-Center Model มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าที่น้อยที่สุดของค่าสูงสุดของระยะทางที่ถ่วงน้ำหนักเป็นเส้นตรงระหว่างลูกค้าและ Serving Facility

Mohammad Saeed at el. (2011)

แนะนำ Capacitated Facility Location/Network Design Problem (CFLNDP) มีสองฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ที่แยกจากกันในรูปแบบของหลายวัตถุประสงค์ที่มีความจุจำกัด รูปแบบที่เสนอการแก้ไขได้โดยใช้อัลกอริทึมผสมใหม่ซึ่งมีสองขั้นตอน ในระยะแรกที่ตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกและการออกแบบพื้นฐานของเครือข่ายจะถูกกำหนดและในขั้นตอนที่สองความต้องการจะถูกจัดสรรให้แก่สิ่งอำนวยความสะดวก ผลของปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ ปัญหาที่หลายวัตถุประสงค์ผลสามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการ Lexicography สำหรับเป็นตัวอย่างที่ที่รู้จักกันจาก Literature ที่มี 21 โหนด ในที่สุดการวิเคราะห์ความไวบนการทดสอบปัญหา ได้ดำเนินการเพื่อให้ได้เข้าใจถึงพฤติกรรมของแบบจำลอง เมื่อเทียบกับรูปแบบการ Uncapacitated เมื่อจำกัดกำลังการผลิตถูกกำหนดเราสังเกตว่าปัญหาที่กลายเป็นยากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาและการเชื่อมโยงค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้น

G. Kannan at el. (2010)

การพัฒนาหลายEchelon,หลายช่วง,หลายรูปแบบเครือข่ายห่วงโซ่อุปทานแบบปิดของผลิตภัณฑ์สำหรับการส่งคืนของผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจที่จะทำเกี่ยวกับวัสดุที่จัดซื้อจัดจ้าง, การผลิต, การกระจาย การรีไซเคิลและการกำจัด การวิเคราะห์พฤติกรรมบนพื้นฐาน Genetic Algorithm (GA) ถูกนำมาใช้ในกระบวนการหาคำตอบเพื่อแก้ Mixed Integer Linear Programming Model (MILP) ในที่สุดผลการคำนวณที่ได้รับผ่าน GA มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้รับโดย GAMS ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมที่สุด จากคำตอบพบว่าวิธีการที่เสนอมีประสิทธิภาพดีมากในแง่ของคุณภาพของการแก้ปัญหาที่ได้และระยะเวลาในการคำนวณ

JOHN CURRENT and SAMUEL RATICK (1995)

เสนอรูปแบบหลายวัตถุประสงค์ที่ช่วยให้การตัดสินใจในสถานที่ตั้งของสิ่งอำนวยความสะดวกที่จัดการวัตถุอันตรายและในการกำหนดเส้นทางของวัสดุอันตรายที่จะอำนวยความสะดวกเหล่านี้ ในรูปแบบค่าใช้จ่ายที่

ประกอบด้วยต้นทุนขนส่งต่อหน่วยและค่าใช้จ่ายคงที่และผกผันที่อำนวยความสะดวก และผ่านวัตถุประสงค์ Minisumและในระดับบุคคลที่ผ่านวัตถุประสงค์ Minimax HAZMAT Management ได้ดึงดูดความสนใจมากขึ้นจากรัฐบาลและประชากรจำนวนมาก ค่าใช้จ่าย, ความเสี่ยงและการกระจายของความเสี่ยงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในเลือกสถานที่ตั้งของ HAZMAT Facilities และการกำหนดเส้นทางของ HAZMAT ไปและกลับจากสถานที่เหล่านี้ NIMBY Syndrome(Not-In-My-BackขYard) มีการขยายตัวจากการตัดสินใจที่ตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกสู่การตัดสินใจการกำหนดเส้นทาง รูปแบบเป็น Mixed Integer Program with Binary Variables เฉพาะที่จำเป็นสำหรับการตัดสินใจที่ตั้ง

Andreas Klose, Andreas Drex (2005)

การออกแบบระบบการขนส่งเป็นประเด็นเชิงกลยุทธ์สำหรับเกือบทุกๆบริษัท ปัญหาที่เกิดขึ้นการหาตำแหน่งของสิ่งอำนวยความสะดวกและการจัดสรรลูกค้าครอบคลุมหัวข้อหลักของการออกแบบระบบการขนส่ง สูตรแบบจำลองและขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาที่อยู่ในประเด็นที่แตกต่างกันในแง่ของการตั้งสมมติฐานขั้นพื้นฐาน, วิธีทางคณิตศาสตร์ที่ที่ซับซ้อนและประสิทธิภาพของการคำนวณ โดยสรุปประโยชน์ของ Continuous Location Models, Network Location Models, Mixed-Integer Programming Model

วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา (2555)

เป็นการศึกษาการเลือกทำเลที่ตั้งของโรงปรับปรุงคุณภาพข้าวโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยมีเป้าหมายในการเลือกที่ตั้งที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งรวมน้อยที่สุด โดยใช้ที่ตั้งในกลุ่มจังหวัดในการคำนวณ ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นลักษณะของโปรแกรมเชิงเส้นแบบจำนวนเต็ม (Integer Programming) ตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจจะอยู่ในลักษณะของการเลือกหรือไม่เลือก (Yes or No) โดยที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะถูกดัดแปลงมาจาก p-median problem ใน Ghiani et al. (2004) คำตอบได้ว่าจังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดแรกที่ถูกเลือก ซึ่งอาจจะมีผลมาจากท่าเรือแหลมฉบังที่ตั้งอยู่ ณ จังหวัดชลบุรี

Zhiqiang Lu, Nathalie Bostel (2007)

นำเสนอ Two-Level Location Problem with Three Types of Facility ที่อยู่ในระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับที่เฉพาะเจาะจงที่มีชื่อว่า Remanufacturing Network (RMN) สำหรับปัญหานี้จะนำเสนอ 0–1 Mixed Integer Programming Model ขั้นตอนวิธีการอยู่บนพื้นฐานของ Lagrangian Heuristics ที่ถูกพัฒนาและ Model ถูกทดสอบกับข้อมูลที่ดัดแปลงมาจากปัญหาการทดสอบแบบ Classicalal ในส่วนแรกที่ให้คำแนะนำสั้นๆ เกี่ยวกับโลจิสติกส์ย้อนกลับและโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับ Remanufacturing Case ส่วนที่สองจะกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในส่วนที่สามนำเสนอขั้นตอนวิธีการอยู่บนพื้นฐานขอ Lagrangian Relaxation สำหรับการแก้ปัญหานี้และส่วนที่สี่นำเสนอผลการทดลองสำหรับกรณีที่มีขนาดเล็กเช่นเดียวกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ส่วนสุดท้ายประกอบด้วยข้อสรุปและทิศทางการวิจัยในอนาคต

Tung-Lai Hu et al. (2002)

ได้นำเสนอ Cost-Minimization Model สำหรับ Multi-Time-Step, Multi-Type Hazardous-Waste Reverse Logistics System ใช้ Discrete-Time Linear Analytical Mode เป็นสูตรที่ใช้ Minimizes Total Reverse Logistics Operating Costs ภายใต้ข้อจำกัดที่คำนึงถึงปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกเช่นกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจและกฎระเบียบของภาครัฐ กรณีที่จะถูกนำไปประยุกต์ใช้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของวิธีการที่เสนอ โดยใช้รูปแบบที่เสนอควบคู่ไปกับกลยุทธ์การดำเนินงานก็จะแสดงให้เห็นว่า Total Reverse Logistics Costs สำหรับกรณีที่จะถูกนำไปประยุกต์ใช้สามารถลดลงกว่า 49%

V. Ravia et al. (2005)

หนึ่งในปัญหาสำคัญที่ต้องเผชิญกับผู้บริหารสูงสุดในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์คือการประเมินทางเลือกต่างๆสำหรับของ End-Of-Life (EOL) เครื่องคอมพิวเตอร์ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทางเลือกในโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับ EOL ของคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบลำดับชั้นและการเชื่อมโยงปัจจัยที่กำหนด,มิติและความเป็นไปได้ของโลจิสติกส์ย้อนกลับที่มีทางเลือกที่สามารถใช้ได้กับผู้ที่ทำการตัดสินใจ

Analytic network process(ANP) บนพื้นฐาน Decision Model ตามในรูปแบบที่เสนอให้มิติของโลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับ EOL ของคอมพิวเตอร์ ได้รับการถ่ายจากสี่มุมมองที่ได้มาจากวิธี Balance Scorecard ได้แก่ ,ลูกค้า, ธุรกิจภายในนวัตกรรมและการเรียนรู้, การเงิน

Sanjay Melkote, Mark S. Daskin (2001)

งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเภท MIP (Mix integer programming)เพื่อใช้ในการจำลองปัญหาโครงข่ายการขนส่ง และปัญหา facility location โดยให้ความสำคัญกับการวางแผนในระดับภูมิภาค การกระจาย การจัดการพลังงาน และ พื้นที่อื่นๆ และใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์และตัดสินใจเกี่ยวกับการเพิ่มเงินลงทุนและการวางแผน

Tai- His, Wu , Jen–Nan Lin (2003)

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาสถานที่ตั้งที่ดีที่สุดไว้สำหรับบริการลูกค้า งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธีการ greedy-based heuristic ซึ่งนำมาใช้แก้ปัญหาเครือข่ายตัวอย่าง โดยนำมาจากการการศึกษาจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และวิธีการ heuristicนี้ยังนำไปใช้ได้ในสถานการณ์จริง ในประเทศไต้หวันอีกด้วย

บทที่ 3
อุตสาหกรรมเหล็ก ยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์

3.1 อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

อุตสาหกรรมเหล็กนับว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนา เศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากเหล็กเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต อุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีส่วนสำคัญต่อการขยายตัวของเศรษฐกิจของประเทศหลาย อุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นทิศทางของอุตสาหกรรมต่างๆ เหล่านี้ ย่อมมีผลต่อความต้องการใช้เหล็กในประเทศโดยตรง

3.1.1 สถานการณ์ปัจจุบันของอุตสาหกรรมเหล็ก

1) การผลิต

ปริมาณการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญในปี พ.ศ. 2554 มีประมาณ 7,031,505 เมตริกตัน (ไม่รวมผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบและท่อเหล็กเพื่อไม่ให้เกิดการนับซ้ำ) ลดลง ร้อยละ 6.04 เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อน เนื่องจากการชะลอตัวลงของภาคการก่อสร้าง ประกอบกับปริมาณการจัดเก็บที่เหลือค้างจากการเร่งผลิตในปีก่อน นอกจากนี้เป็นผลมาจากการนำเข้าเหล็กทั้งในกลุ่มของเหล็กเส้นและเหล็กแผ่นจากประเทศจีนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเหล็กดังกล่าวจะเป็นเหล็กที่ผู้นำเข้าใช้เทคนิคในการหลีกเลี่ยงภาษีนำเข้าโดยการเติมธาตุเคมีบางธาตุ เช่น ธาตุโบรอน เข้าไปในเนื้อเหล็กเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของเหล็กไม่ได้เปลี่ยนไปมากนักแต่พิกัดภาษีจะเปลี่ยนไปโดยผู้นำเข้าจะสำแดงพิกัดศุลกากรว่าเป็นเหล็กอัลลอยด์ซึ่งไม่มีภาษีจึงทำให้ไม่ต้องเสียภาษีนำเข้า ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้การผลิตเหล็กในประเทศปรับตัวลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตลดลงมากที่สุดในช่วงนี้ คือ เหล็กแผ่นรีดร้อน ลดลง ร้อยละ 13.61 รองลงมาคือ เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ลดลง ร้อยละ 11.06 และเหล็กแผ่นรีดเย็น ลดลง ร้อยละ 7.65 รายละเอียดตามตารางที่ 3.1

2) การใช้ในประเทศ[1]

ปริมาณการใช้เหล็กและเหล็กกล้าในประเทศที่สำคัญในปี พ.ศ. 2554 ประมาณ 12,597,555 เมตริกตันลดลงเล็กน้อยร้อยละ 0.02 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยเป็นผลมาจากความต้องการใช้ในประเทศของเหล็กทรงแบนลดลงเล็กน้อยร้อยละ 0.17 เนื่องจากผลกระทบจากน้ำท่วมตั้งแต่ช่วงปลายเดือนกันยายน ทำให้อุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น ยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า มีความต้องการใช้ที่ลดลง สำหรับเหล็กทรงยาวมีปริมาณการใช้ในประเทศเพิ่มขึ้นเล็กน้อยร้อยละ 0.33 เนื่องจากสถานการณ์อุตสาหกรรมก่อสร้างยังคงทรงตัว

สำหรับประเทศไทยนั้น พบว่ามี 5 อุตสาหกรรมหลักที่มีความต้องการใช้เหล็กในปริมาณสูง ได้แก่ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องจักร อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสัดส่วนความต้องการใช้เหล็กแยกตามประเภทอุตสาหกรรม แสดงดังรูปที่ 3.1

[1] ข้อมูลการใช้ในประเทศจะเป็นปริมาณการใช้ปรากฏ (Apparent Steel Use) ซึ่งรวมปริมาณการจัดเก็บไว้ด้วย

ตารางที่ 3.1 ปริมาณการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี พ.ศ. 2554 เทียบกับปี พ.ศ. 2553

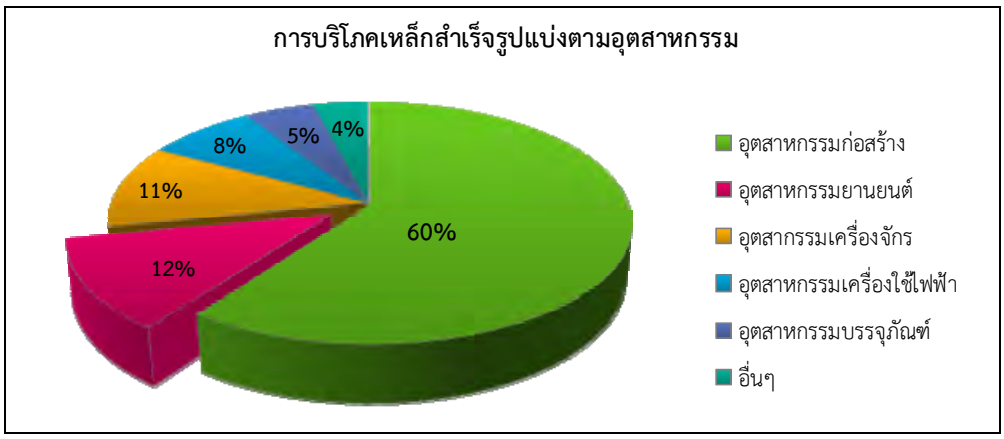
หน่วย : เมตริกตัน

ผลิตภัณฑ์[1]	ปี พ.ศ. 2554[e]	ปี พ.ศ. 2553	อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
ผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (Semi-Finished Products)	4,397,443	4,144,909	6.09
เหล็กทรงยาว (Long Products)	3,731,191	3,663,080	1.86
เหล็กทรงแบน (Flat Products)	5,679,394	6,327,667	-10.25
เหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot-rolled Flat)	3,300,313	3,820,346	-13.61
เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold-rolled Flat)	1,548,425	1,676,698	-7.65
เหล็กแผ่นเคลือบ (Coated Steel)	830,656	830,623	0.0039
• เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (Galvanized Sheet)	210,718	236,926	-11.06
• เหล็กแผ่นเคลือบดีบุก (Tin plate)	366,510	377,990	-3.04
• เหล็กแผ่นเคลือบโครเมียม (Tin free)			
• อื่นๆ (Other coated Tin free)	253,427	215,707	17.49
ท่อเหล็ก (Pipes & Tubes)	N/A	N/A	N/A
รวม[1]	**7,031,505**	**7,483,426**	**-6.04**

ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

หมายเหตุ [1] : ไม่รวมผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบและท่อเหล็กเพื่อไม่ให้เกิดการนับซ้ำ

[e] : จากการประมาณการของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.1 สัดส่วนการบริโภคเหล็กสำเร็จรูปแบ่งตามอุตสาหกรรมของประเทศไทย

แม้ความต้องการใช้เหล็กในประเทศจะสูง แต่ด้วยข้อจำกัดบางประการ เช่น การขาดกระบวนการผลิตเหล็กต้นน้ำในประเทศ และข้อจำกัดทาง ด้านเทคโนโลยีในการผลิต เป็นต้น ทำให้ไทยมีความจำเป็นต้องนำเข้าเหล็กในปริมาณที่สูงมาก โดยเฉพาะเหล็กคุณภาพสูงที่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตสูง เพื่อการรักษามาตรฐาน คุณภาพการผลิต เช่น เหล็กเพลาดำ เหล็กลวด เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนสำหรับใช้งาน เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วนสำหรับรีดเย็นต่อ และเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่ต้องมีการนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน เป็นต้น

3) การนำเข้า-การส่งออก

<u>การนำเข้า</u>

มูลค่าและปริมาณการนำเข้าเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนประมาณ 303,050 ล้านบาท และ 10,272,393 เมตริกตัน โดยมูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 9.22 แต่ปริมาณการนำเข้ากลับลดลงร้อยละ 3.14 โดยประเทศที่มีการนำเข้ามากที่สุด ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่นและรัสเซีย ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ได้แก่ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เพิ่มขึ้นร้อยละ 80.00 ท่อเหล็กมีตะเข็บ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 53.34 และเหล็กแผ่นเคลือบชนิดอื่นๆ เพิ่มขึ้นร้อยละ 33.80 ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการนำเข้าลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ได้แก่ เหล็กแท่งแบน ลดลงร้อยละ 16.47 ผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูปชนิดอื่นๆ ลดลง ร้อยละ 13.27 และเหล็กแผ่นเคลือบโครเมียมลดลงร้อยละ 7.21 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มูลค่าการนำเข้ามากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน มีมูลค่า 45,231 ล้านบาท รองลงมาคือ เหล็กแท่งแบน มีมูลค่า 40,310 ล้านบาท และเหล็กแผ่นบางรีดร้อน มีมูลค่า 29,499 ล้านบาท รายละเอียดตามตารางที่ 3-2

<u>การส่งออก</u>

มูลค่าและปริมาณการส่งออกเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนประมาณ 40,180 ล้านบาท และ 1,246,424 เมตริกตัน โดยมูลค่าและปริมาณการส่งออกลดลงร้อยละ 12.23 และ 19.85 ตามลำดับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ได้แก่ เหล็กแท่งแบน ลดลงร้อยละ 85.71 เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีด้วยไฟฟ้าลดลงร้อยละ 82.61 และเหล็กแผ่นบางรีดร้อนชนิดผ่านการกัดล้างและชุบน้ำมันลดลงร้อยละ 77.88 ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ได้แก่ เหล็กแท่งเหล็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 123.01 เหล็กแผ่นเคลือบดีบุกเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.86 และเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.43 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกมากที่สุดในช่วงนี้ คือ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนมีมูลค่า 10,421 ล้านบาท ท่อเหล็กมีตะเข็บมีมูลค่า 8,673 ล้านบาท และเหล็กแผ่นรีดเย็นไร้สนิมมีมูลค่า 5,291 ล้านบาท รายละเอียดตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี พ.ศ. 2554 เทียบกับปี พ.ศ. 2553

หน่วย : ปริมาณ: เมตริกตัน, มูลค่า : ล้านบาท

ผลิตภัณฑ์[2]	ปี พ.ศ. 2554[e]		ปี พ.ศ. 2553		อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		ตลาดนำเข้าที่สำคัญ
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	
ผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (Semi-Finished Products)	3,304,196	65,439	4,008,715	69,022	-17.57	-5.19	รัสเซีย
• เหล็กแท่งเล็ก (Billet)	1,141,369	22,478	1,078,268	17,709	5.85	26.93	รัสเซีย บราซิล
• เหล็กแท่งแบน (Slab)	2,030,194	40,310	2,751,093	48,256	-26.20	-16.47	รัสเซีย บราซิล
• อื่นๆ (Others)	132,633	2,651	179,354	3,057	-26.05	-13.27	จีน ไต้หวัน
เหล็กทรงยาว (Long Products)	613,839	19,184	675,161	18,606	-9.08	3.10	ญี่ปุ่น
• เหล็กเส้น (Bar)	258,804	8,746	267,375	8,014	-3.21	9.14	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
• เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (HR sections)	26,038	808	9,411	449	176.67	80.00	ญี่ปุ่น จีน ออสเตรเลีย
• เหล็กลวด (Wire rods)	328,997	9,629	398,375	10,143	-17.42	-5.07	ญี่ปุ่น จีน
เหล็กทรงแบน (Flat Products)	5,811,461	185,812	5,523,860	162,719	5.21	14.19	ญี่ปุ่น
เหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot-Rolled Flat Products)	2,463,931	64,634	2,410,470	55,927	2.22	15.57	ญี่ปุ่น
• - เหล็กแผ่นหนารีดร้อน (HR plate)	183,520	6,388	172,136	5,091	6.61	25.47	เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น
• เหล็กแผ่นบางรีดร้อน (HR sheet)	1,243,604	29,499	1,154,334	24,629	7.73	19.77	ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย
• เหล็กแผ่นบางรีดร้อนชนิดผ่านการกัดล้างและชุบน้ำมัน (HR sheet P&O)	1,036,807	28,748	1,084,000	26,207	-4.35	9.69	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold-Rolled Flat Products)	911,804	36,875	825,625	33,722	10.44	9.35	ญี่ปุ่น
• เหล็กแผ่นรีดเย็น (CR carbon steel)	766,806	23,654	675,959	20,273	13.44	16.68	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
• เหล็กแผ่นรีดเย็นไร้สนิม (CR stainless steel)	144,998	13,221	149,666	13,449	-3.12	-1.70	ญี่ปุ่น จีน
เหล็กแผ่นเคลือบ (Coated Steel Products)	2,435,727	84,303	2,287,765	73,070	6.47	15.37	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
• เคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galv. Sheet (HDG))	1,395,629	45,231	1,404,207	40,593	-0.61	11.43	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
• เคลือบสังกะสีด้วยไฟฟ้า (Galv. Sheet (EG))	150,363	5,002	153,128	4,771	-1.81	4.85	ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
• เคลือบดีบุก (Tin plate)	193,049	7,442	175,377	6,730	10.08	10.58	จีน เกาหลีใต้
• เคลือบโครเมียม (Tin free)	71,681	3,254	80,597	3,507	-11.06	-7.21	เกาหลีใต้ จีน
• อื่นๆ (Others)	625,005	23,374	474,456	17,469	31.73	33.80	ญี่ปุ่น จีน
ท่อเหล็ก (Pipe)	542,897	32,616	397,693	27,122	36.51	20.26	ญี่ปุ่น จีน
• ท่อเหล็กไร้ตะเข็บ (Pipe-Seamless)	298,100	19,005	267,442	18,246	11.46	4.16	จีน ญี่ปุ่น
• ท่อเหล็กมีตะเข็บ (Pipe-Welded)	244,797	13,611	130,251	8,876	87.94	53.34	ญี่ปุ่น จีน
รวม	10,272,393	303,050	10,605,429	277,469	-3.14	9.22	ญี่ปุ่น รัสเซีย

ที่มา : กรมศุลกากร

หมายเหตุ [2] : ข้อมูลนี้คิดเฉพาะเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) ม่รวมเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) และเหล็กกล้าเจือ (Alloy Steel)

[e] : จากการประมาณการของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญปี 2554 เทียบกับปี 2553

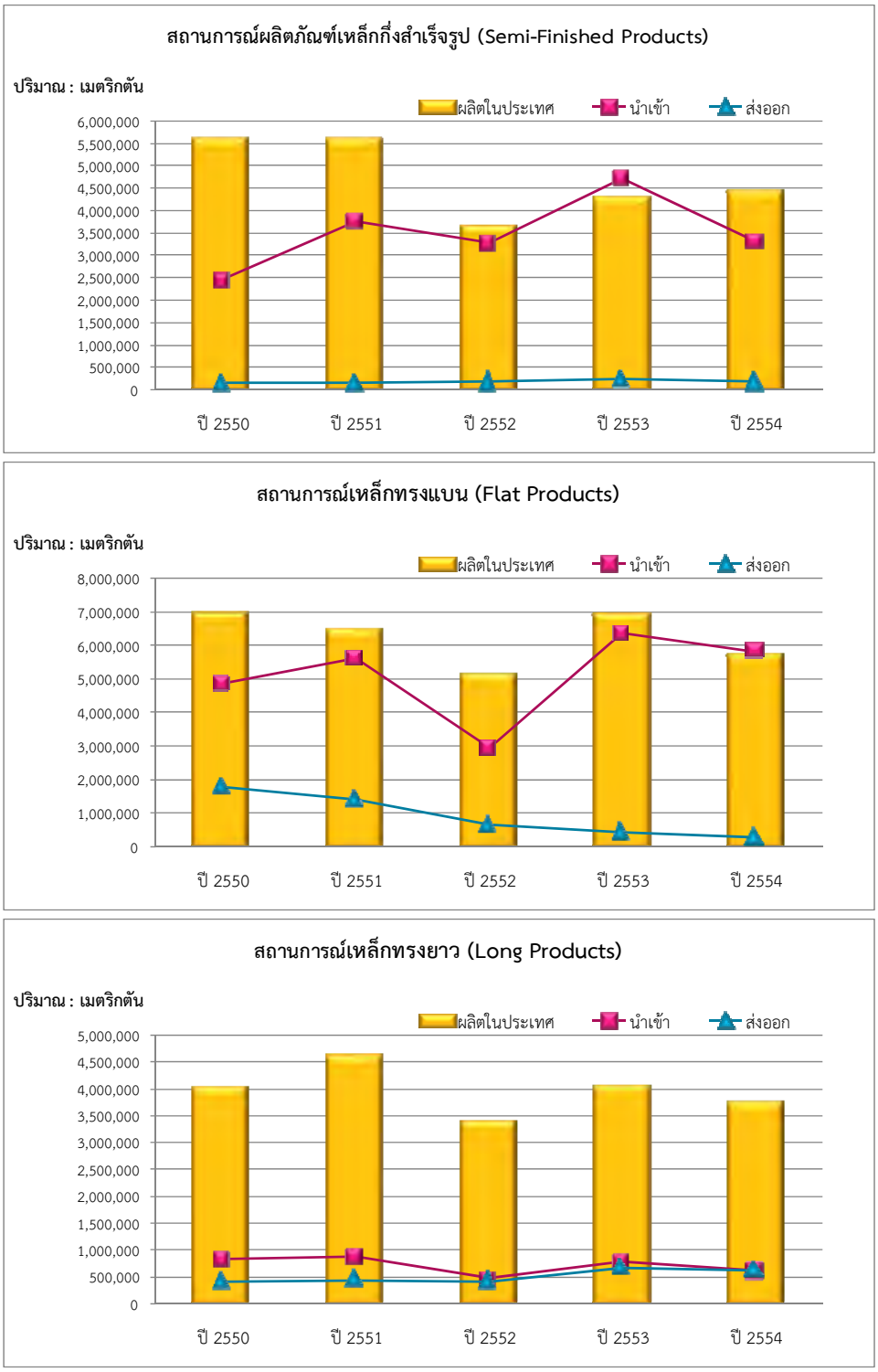
หน่วย : ปริมาณ: เมตริกตัน, มูลค่า: ล้านบาท

ผลิตภัณฑ์[2]	ปี 2554[e]		ปี 2553		อัตราการเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)		ตลาดนำเข้าที่สำคัญ
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	
ผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (Semi-Finished Products)	164,745	3,196	219,643	3,885	-24.99	-17.75	ฟิลิปปินส์ เวียดนาม
• เหล็กแท่งเล็ก (Billet)	65,388	1,287	34,201	577	91.19	123.01	ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน
• เหล็กแท่งแบน (Slab)	4,191	2	493	14	750.00	-85.71	ลาว
• อื่นๆ (Others)	95,166	1,907	184,949	3,294	-48.54	-42.11	ฟิลิปปินส์
เหล็กทรงยาว (Long Products)	601,548	14,436	607,186	11,654	-0.93	23.87	มาเลเซีย
• เหล็กเส้น (Bar)	107,045	2,430	119,256	2,351	-10.24	3.35	ลาว สิงคโปร์
• เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (HR sections)	429,606	10,421	363,778	7,869	18.10	32.43	มาเลเซีย สิงคโปร์
• เหล็กลวด (Wire rods)	64,898	1,585	124,152	1,434	-47.73	10.54	สิงคโปร์ เวียดนาม
เหล็กทรงแบน (Flat Products)	257,701	11,366	474,777	15,506	-45.72	-26.70	เวเนซูเอล่า
เหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot-Rolled Flat Products)	66,968	1,658	235,190	5,044	-71.53	-67.13	สิงคโปร์ ซาอุดิอาระเบีย
• - เหล็กแผ่นหนารีดร้อน (HR plate)	34,413	850	67,675	1,411	-49.15	-39.72	สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา
• เหล็กแผ่นบางรีดร้อน (HR sheet)	24,177	612	127,729	2,749	-81.07	-77.74	ซาอุดิอาระเบีย เวียดนาม
• เหล็กแผ่นบางรีดร้อนชนิดผ่านการกัดล้างและชุบน้ำมัน (HR sheet P&O)	8,378	196	39,786	884	-78.94	-77.88	มาเลเซีย
เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold-Rolled Flat Products)	92,268	6,051	145,407	7,011	-36.55	-13.69	อินโดนีเซีย
• เหล็กแผ่นรีดเย็น (CR carbon steel)	26,246	760	83,552	2,124	-68.59	-64.22	เอธิโอเปีย พม่า
• เหล็กแผ่นรีดเย็นไร้สนิม (CR stainless steel)	66,022	5,291	61,855	4,887	6.74	8.28	อินโดนีเซีย
เหล็กแผ่นเคลือบ (Coated Steel Products)	98,465	3,657	94,180	3,451	4.55	5.96	พม่า
• เคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน (Galv. Sheet (HDG))	38,290	1,404	35,394	1,243	8.18	12.93	พม่า มาเลเซีย
• เคลือบสังกะสีด้วยไฟฟ้า (Galv. Sheet (EG))	1,138	37	7,420	211	-84.66	-82.61	จีน พม่า
• เคลือบดีบุก (Tin plate)	2,726	139	1,862	79	46.42	75.86	เวียดนาม ลาว
• เคลือบโครเมียม (Tin free)	4,312	175	3,447	133	25.08	31.90	ลาว มาเลเซีย
• อื่นๆ (Others)	51,999	1,902	46,057	1,785	12.90	6.55	พม่า เวียดนาม
ท่อเหล็ก (Pipe)	222,430	11,182	253,437	14,731	-12.23	-24.09	เวเนซูเอล่า
• ท่อเหล็กไร้ตะเข็บ (Pipe-Seamless)	23,862	2,509	19,272	4,441	23.82	-43.51	สหรัฐอเมริกา พม่า
• ท่อเหล็กมีตะเข็บ (Pipe-Welded)	198,567	8,673	234,165	10,290	-15.20	-15.71	เวเนซูเอล่า มาเลเซีย
รวม	1,246,424	40,180	1,555,043	45,776	-19.85	-12.23	มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา

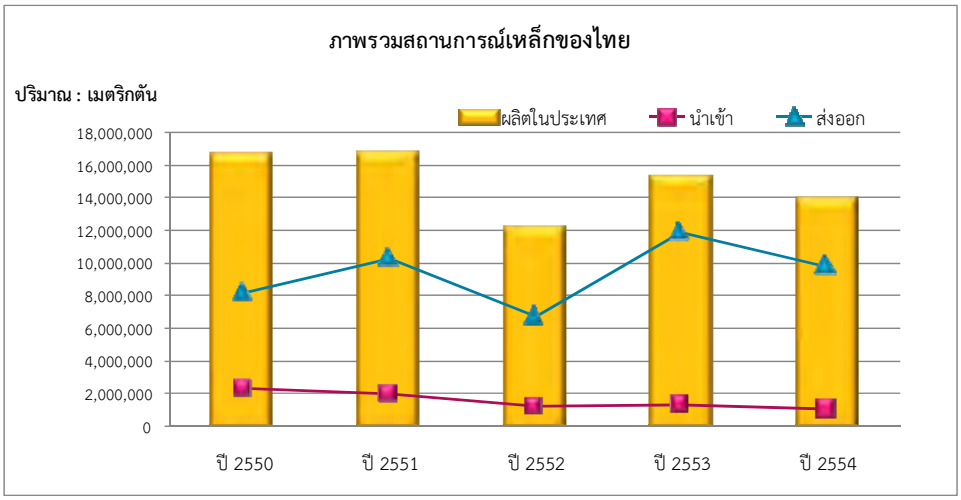
ที่มา : กรมศุลกากร

หมายเหตุ [3] : ข้อมูลนี้คิดเฉพาะเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) ไม่รวมเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) และเหล็กกล้าเจือ (Alloy Steel)

[e] : จากการประมาณการของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.2 สถานการณ์เหล็กแยกตามผลิตภัณฑ์ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554



รูปที่ 3.3 สรุปภาพรวมสถานการณ์เหล็กของไทยในช่วงปี พ.ศ. 2550-2554

4) สรุป

สถานการณ์เหล็กโดยรวมในปี พ.ศ. 2554 เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีก่อน พบว่าการผลิตโดยรวมลดลงร้อยละ 6.04 เนื่องจากการชะลอตัวลงของภาคการก่อสร้าง ประกอบกับปริมาณการจัดเก็บที่เหลือค้างจากการเร่งผลิตในปีก่อน นอกจากนี้เป็นผลมาจากการนำเข้าเหล็กชนิดที่เติมธาตุโบรอนทั้งในกลุ่มของเหล็กเส้นและเหล็กแผ่นจากประเทศจีนเพิ่มมากขึ้น สำหรับความต้องการใช้ในประเทศลดลงเล็กน้อยร้อยละ 0.02 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยเป็นผลมาจากความต้องการใช้ในประเทศของเหล็กทรงแบน ลดลงเล็กน้อยร้อยละ 0.17 เนื่องจากผลกระทบจากน้ำท่วมตั้งแต่ช่วงปลายเดือนกันยายน ทำให้อุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น ยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า มีความต้องการใช้ที่ลดลง สำหรับเหล็กทรงยาวมีปริมาณการใช้ในประเทศเพิ่มขึ้นเล็กน้อยร้อยละ 0.33 เนื่องจากสถานการณ์อุตสาหกรรมก่อสร้างยังคงทรงตัวอยู่ สำหรับมูลค่าและปริมาณการนำเข้าเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญในปี พ.ศ. 2554 มีจำนวนประมาณ 303,050 ล้านบาท และ 10,272,393 เมตริกตัน โดยมูลค่าการนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.22 แต่ปริมาณการนำเข้ากลับลดลงร้อยละ 3.14 โดยประเทศที่มีการนำเข้ามากที่สุด ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่นและรัสเซีย มูลค่าและปริมาณการส่งออกเหล็กและเหล็กกล้าที่สำคัญในปี 2554 มีจำนวนประมาณ 40,180 ล้านบาท และ 1,246,424 เมตริกตัน โดยมูลค่าและปริมาณการส่งออกลดลงร้อยละ 12.23 และ 19.85 ตามลำดับ

สำหรับสถานการณ์ราคาเหล็กในตลาดโลก พบว่าจากการที่ราคาวัตถุดิบ เช่น เศษเหล็กที่ปรับลดลงทำให้แนวโน้มราคาผลิตภัณฑ์เหล็กปรับลดลงด้วย ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากสถานการณ์เศรษฐกิจของหลายประเทศของโลก เช่น ประเทศในแถบยุโรป จีน ที่ยังคงชะลอตัวอยู่ทำให้ความต้องการเหล็กของโลกลดลง

5) แนวโน้ม

สถานการณ์อุตสาหกรรมเหล็กในปี พ.ศ. 2555 คาดว่า ในส่วนของกลุ่มเหล็กทรงยาวซึ่งใช้ในภาคการก่อสร้างจะขยายตัวขึ้นส่วนหนึ่งเพื่อเร่งซ่อมแซมสาธารณูปโภคและบ้านเรือนที่เสียหายจากภาวะอุทกภัยในประเทศ นอกจากนี้ยังเป็นการผลิตเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับการจัดเก็บที่ลดลงในช่วงปลายปี พ.ศ. 2554 สำหรับในส่วนของเหล็กทรงแบนคาดการณ์ว่าการผลิตและความต้องการใช้ในประเทศจะลดลงเนื่องจากนิคมอุตสาหกรรมหลายนิคมซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น ยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมส่งผลให้ความต้องการใช้เหล็กลดลงด้วย

3.1.2 โครงสร้างของอุตสาหกรรมเหล็ก

โครงสร้างการผลิตอุตสาหกรรมเหล็กอย่างครบวงจร สามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ การผลิตเหล็กขั้นต้น (เหล็กถลุงและเหล็กพรุน) ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานในการผลิตเหล็ก การผลิตเหล็กขั้นกลาง (เหล็กแท่งยาวและเหล็กแท่งแบน) หรือเรียกว่าผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูปและการผลิตเหล็กขั้นปลาย อันได้แก่เหล็กที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง หรืออาจนำไปแปรรูปหรือดัดแปลง เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่น เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ ท่อเหล็ก เหล็กเส้น เหล็กลวด เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ เป็นต้น และสุดท้ายเป็นอุตสาหกรรมเหล็กต่อเนื่อง กระบวนการผลิตและความเชื่อมโยงของการผลิตเหล็กในแต่ละขั้นตอนมีลักษณะพิเศษของแต่ละขั้นตอน ดังรายละเอียดพอสังเขปต่อไปนี้

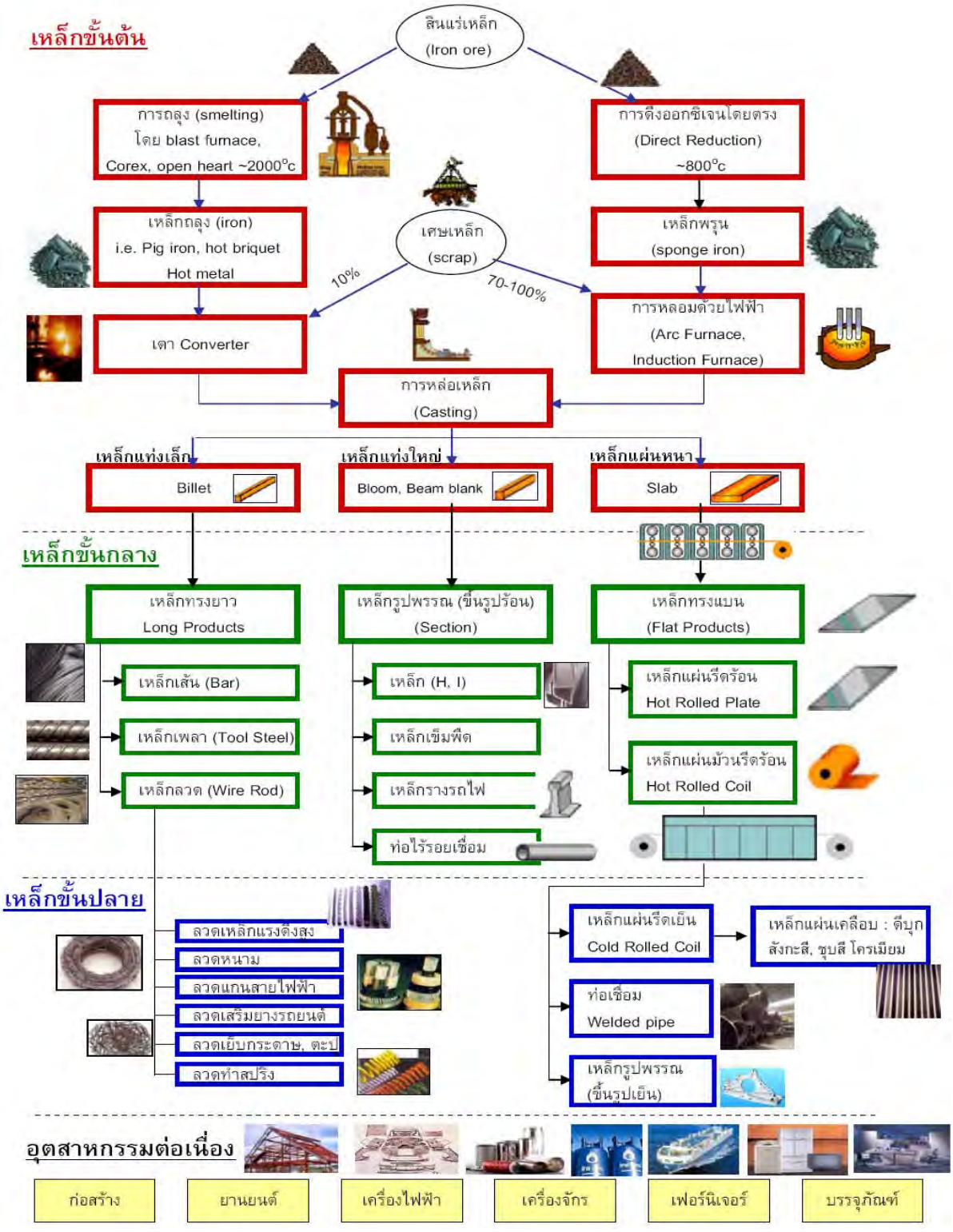
1) เหล็กขั้นต้น เรียกว่าการถลุงเหล็ก (Iron Making) คือการนำเอาสินแร่เหล็กที่ได้จากการขุดขึ้นมาจากผิวโลก แล้วนำมาทำการถลุง (Smelting) จนได้เหล็กถลุง (Iron) หรือนำสินแร่เหล็กมาทำการดึงธาตุออกซิเจนออกโดยตรง ได้เป็นเหล็กพรุน (Sponge Iron) แล้วนำเหล็กมาผลิตต่อจนได้เป็นเหล็กกล้า (Steel) ที่มีลักษณะต่างๆ เช่น เหล็กแผ่นหนา (Slab) มีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีลักษณะแบน เพื่อใช้ในการรีดต่อเป็นเหล็กทรงแบน เหล็กแท่งหนา (Billet) และ เหล็กแท่งยาว (Bloom) มีลักษณะเป็นแท่งหน้าตัดขนาดเล็กและส่วนใหญ่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส แท่งเหล็กนี้มีลักษณะเป็นแท่งยาวเพื่อใช้ในการรีดต่อเป็นเหล็กทรงยาวต่างๆ

2) เหล็กขั้นกลาง ในขั้นนี้เป็นขั้นตอนการผลิตเหล็กกล้า (Steel Making) เป็นการลดปริมาณของธาตุเจือปนและปรับปรุงส่วนผสมให้ได้ตามต้องการ โดยการนำเอาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้น คือ เหล็กถลุงมาเข้าเตาหลอมละลายอ็อกซิเจน (Basic Oxygen Furnace) เป็นน้ำเหล็กตลอดจนผ่านกระบวนการปรุงคุณภาพของน้ำเหล็กตามที่ต้องการ หรือนำเอาเหล็กพรุนมาเข้าเตาหลอมไฟฟ้า (Electric Arc Furnace) นอกจากนี้สามารถผลิตโดยการนำเศษเหล็ก (Scrap) หรือเหล็กพรุนมาหลอมในเตาหลอมไฟฟ้า เพื่อให้ได้เหล็กกล้า (Steel Making) นอกจากการผลิตเหล็กกล้าแล้วอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลาง ยังรวมไปถึงการหล่อเหล็กกล้าให้เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูปได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) เหล็กแท่งแบน (Slab) ซึ่งจะนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กยาว (Long Products) และเหล็กทรงแบน (Flat Products) สำหรับการผลิตสแลปต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูงกว่าการผลิตบิลเลต และจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนเท่านั้น ส่วนเหล็กแท่งใหญ่จะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนขนาดใหญ่

3) เหล็กขั้นปลาย เรียกว่าการผลิตเหล็กสำเร็จรูป ในขั้นนี้ วัตถุดิบขั้นกลางคือ เหล็กแท่งเล็ก เหล็กแท่งใหญ่ และเหล็กแท่งแบน จะถูกนำมาผ่านกระบวนการต่างๆ ได้แก่ การรีดร้อน (Hot Rolled) การรีดเย็น (Cold Rolled) การชุบเคลือบผิว (Coated Rolled) การรีดซ้ำ การหล่อเหล็ก การตีขึ้นรูป รวมไปถึงการผลิตท่อเหล็ก เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลาย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตในขั้นนี้คือ

- เหล็กรูปทรงยาว (Long Product) ซึ่งได้จากการนำเหล็กแท่งทำการรีด ได้ผลิตภัณฑ์เหล็กรูปทรงยาว เช่น เหล็กเส้น เหล็กลวด ลวดเหล็กแรงดึงสูง และเหล็กโครงสร้างรูปประพรรณรีดร้อน
- เหล็กทรงแบน (Flat Product) ซึ่งได้จาการนำเหล็กแท่งแบนมาทำการรีด ได้ผลิตภัณฑ์เหล็กทรงแบน เช่น เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ขั้นปลายเหล่านี้จะเป็นวัตถุดิบในการผลิตอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์โลหะ เป็นต้น



รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

4) อุตสาหกรรมเหล็กต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลายจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเพื่อแปรรูปเหล็กเพื่อความสะดวกในการใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ประกอบด้วยผู้ผลิตที่เป็น Part makers Service Centers และ Construction ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล็กจากขั้นตอนนี้แบ่งออกตามรูปทรงของผลิตภัณฑ์ได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

- ผลิตภัณฑ์เหล็กทรงแบน (Flat Products) ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot Rolled Sheet) เหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold Rolled Sheet) เหล็กแผ่นเคลือบ/ชุบ (Coated Sheet) เหล็กแผ่นหนา (Hot Rolled Plate) ซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ผลิตท่อเหล็ก ตู้คอนเทนเนอร์ ถังแก๊ส รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เฟอร์นิเจอร์

- ผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว (Long Products) ได้แก่ เหล็กเส้นกลม (Round Bar) เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar) เหล็กลวด (Wire Rod) เหล็กรูปพรรณ (Shape Steel) นำไปใช้ใน อุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่

รูปที่ 3.5 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กไทย

ตัวอย่างการนำเหล็กแผ่นรีดร้อนไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่อเนื่องแสดงดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปภาพรวมของโครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กไทย

อุตสาหกรรม	วัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์					
เหล็ก	**เหล็กรีดร้อน**	**เหล็กรีดร้อนปรับสภาพผิว**	**เหล็กรีดร้อนล้างผิดเคลือบน้ำมัน**	**เหล็กรีดร้อนเคลือบสังกะสี**	**เหล็กรีดร้อนเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน**	**เหล็กรีดเย็น**
ก่อสร้าง	- เหล็กตัวซี - เหล็กท่อ - ท่อแก๊ส	- เหล็กแผ่นจับยึดโครงสร้าง	-	- สังกะสีมุงหลังคา เหล็กแผ่นคุมหลังคา - เหล็กแผ่นรั้ว	- ท่อร้อยสายไฟ	- เฟอร์นิเจอร์ตบแต่ง
บรรจุภัณฑ์	- ถังแก๊ส	-	-	- กล่องเหล็ก - กระป๋องเหล็ก	-	- ถังบรรจุน้ำมัน
เครื่องใช้ไฟฟ้า	- โครงเหล็กด้านในเครื่องใช้ไฟฟ้า	- โครงเครื่องใช้ไฟฟ้า	- โครงตู้เย็น โครงไมโครเวฟ คอมเพรสเซอร์	- กล่องคอมพิวเตอร์ - เหล็กผิวนอกเครื่องใช้ไฟฟ้า	- กล่องคอมพิวเตอร์ - เหล็กผิวนอกเครื่องใช้ไฟฟ้า	- โครงตู้เย็น - โครงเตาไมโครเวฟ - คอมเพรสเซอร์
ยานยนต์	- ตัวถังด้านในรถยนต์ทุกชนิด	- ชิ้นส่วนรถยนต์	- คัสซีรถยนต์ - ล้อจักรยานยนต์	- ชิ้นส่วนรถยนต์	- ตัวถังด้านนอกรถยนต์	- ชิ้นส่วนรถยนต์
อื่น ๆ	- โครงด้านในเฟอร์นิเจอร์ - เครื่องมือการเกษตร	- เฟอร์นิเจอร์ที่ทำด้วยเหล็ก	- โครงหุ้มมอเตอร์	- เหล็กผิวนอกเฟอร์นิเจอร์ - บานพับประตู	- ภาชนะเหล็ก	- โครงเฟอร์นิเจอร์ - ตู้เก็บเอกสาร

ที่มา : สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย (2550 : 11-13)

ตารางที่ 3.5 สรุปผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเหล็กไทย

ผู้ผลิตในอุตสาหกรรม	ประเภท	จำนวนผู้ผลิต	ตัวอย่างบริษัท
เหล็กทรงยาว	- ผู้ผลิตเหล็กเส้น เหล็กลวดและเหล็กข้ออ้อย	24 ราย และรายเล็กอีกเป็นจานวนมาก	บริษัท มิลลิเนี่ยม สตีล จากัด, บริษัท กรุงเทพผลิตเหล็ก จากัด (มหาชน), บริษัท สหวิริยาไวร์ร็อท จากัด, บริษัท เหล็กก่อสร้างสยาม, บริษัท ไทยคูนเวิลด์ไวด์ กรุ๊ป จากัด, บริษัทโนวา สตีล จากัด
	- ผู้ผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน/ขึ้นรูปรีดเย็น	7 ราย	บริษัทเหล็กสยามยามาโตะ จากัด (เป็นบริษัทเดียวที่ผลิตเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนขนาดใหญ่)
เหล็กทรงแบน	- ผู้ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot Rolled) - ผู้ผลิตที่ผลิตจากการผลิตเหล็กกล้าแล้วหล่อเป็นแสลปขึ้น เพื่อเป็นวัตถุดิบในการรีด - ผู้ผลิตที่นาเข้าแสลปจากต่างประเทศ เพื่อเป็นวัตถุดิบในการรีด	5 ราย	บริษัทสหวิริยา สตีล อินดัสตรี จากัด (มหาชน) (ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน), บริษัท สหวิริยาเพลทมิล จากัด (ผลิตเหล็กรีดร้อนชนิดแผ่นหนา), บริษัท แอลพีเอ็นเพลทมิล จากัด (มหาชน) (ผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนทั้งชนิดม้วนและแผ่น), บริษัทนครไทยสตริปมิล จากัด (มหาชน) และบริษัทสยามสตริปมิล จากัด (มหาชน)
	- ผู้ผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็น (Cold Rolled)	4 ราย	บริษัท เหล็กแผ่นรีดเย็นไทย จากัด (มหาชน), บริษัท บีเอชพี สตีล (ประเทศไทย) จากัด, บริษัท สยามยูไนเต็ด สตีล (1995) จากัด และบริษัท แม่น้า สแตนเลสไวร์
	- ผู้ผลิตเหล็กแผ่นเคลือบ (Coated Rolled) - ผู้ผลิตเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี - ผู้ผลิตเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก	5 ราย 2 ราย	บริษัท เหล็กแผ่นเคลือบไทย จากัด, บริษัท กรุงเทพผลิตเหล็ก จากัด, บริษัทสังกะสีไทย จากัด, บริษัท ไทยแลนด์ไอออนเวิร์ค จากัด (มหาชน), บริษัท บีเอชพี สตีล (ประเทศไทย) จากัด, บริษัท แผ่นเหล็กวิลาสไทย จากัด และบริษัท สยามแผ่นเหล็กวิลาส จากัด

3.1.3 มาตรฐานในประเทศไทยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เหล็กกล้า

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) สำหรับผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าที่สำคัญ ที่ได้ยกตัวอย่างไว้ในที่นี้ แบ่งออกเป็น

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน (ตารางที่ 3.6)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดเย็น (ตารางที่ 3.7)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นเคลือบ (ตารางที่ 3.8)
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว (ตารางที่ 3.9)

ตารางที่ 3.6 มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน

มอก.	**ชื่อ**	สำหรับงาน	**ประเภท มอก.**
528-2548	เหล็กกล้าคาร์บอนทรงแบนรีดร้อน	ทั่วไปและงานขึ้นรูป	บังคับ
1479-2541	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง	โครงสร้างทั่วไป	บังคับ
1499-2541	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน แผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง	โครงสร้างเชื่อมประกอบ	บังคับ
1501-2552	เหล็กกล้าคาร์บอนทรงแบนรีดร้อน	โครงสร้างเครื่องจักรกล	บังคับ
1735-2542	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อนแผ่นม้วน และแผ่นแถบ	ท่อ	บังคับ
1884-2542	เหล็กกล้ารีดร้อนทนแรงดึงสูงแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง ที่ปรับปรุงสมบัติการขึ้นรูป	**โครงสร้างรถยนต์**	บังคับ
1999-2543	เหล็กกล้ารีดร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง	**โครงสร้างรถยนต์**	บังคับ
2011-2543	เหล็กกล้ารีดร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง ที่ต้านการกัดกร่อนได้ดีในบรรยากาศ		บังคับ
2060-2543	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบาง	ถังก๊าซ	บังคับ

หมายเหตุ มอก. เหล็กแผ่นรีดร้อนส่วนใหญ่จัดอยู่ในมาตรฐานบังคับ

ตารางที่ 3.7 มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดเย็น

มอก.	**ชื่อ**	**ประเภท มอก.**

มอก.	ชื่อ	ประเภท มอก.
2012-2543	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น แผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัด สำหรับงานทั่วไปและงานขึ้นรูป	บังคับ
2140-2546	เหล็กกล้ารีดเย็นแผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัดสำหรับรถยนต์	บังคับ
2183-2547	เหล็กกล้ารีดเย็นแผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัดสำหรับเคลือบดีบุก หรือเคลือบโครเมี่ยม/โครเมียมออกไซด์ : รีดเดี่ยว	ทั่วไป
2184-2547	เหล็กกล้ารีดเย็นแผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัดสำหรับเคลือบดีบุก หรือเคลือบโครเมี่ยม/โครเมียมออกไซด์ : รีดซ้ำ	ทั่วไป
2256-2548	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นแผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัด สำหรับงานเคลือบอิแนเมล	ทั่วไป
2257-2549	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็นแผ่นม้วน แผ่นแถบ และแผ่นตัด สำหรับงานโครงสร้าง	ทั่วไป

ตารางที่ 3.8 มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว

มอก.	ชื่อ	ประเภท มอก.
20-2543	เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กเส้นกลม	บังคับ
24-2548	เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กข้ออ้อย	บังคับ
55-2516	เหล็กเส้นแบนและสี่เหลี่ยมจัตุรัส	ทั่วไป
71-2532	ลวดเหล็กเคลือบสังกะสี (Galvanized wire)	ทั่วไป
95-2540	ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง	บังคับ
107-2533	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณกลวง	ทั่วไป
138-2535	ลวดผูกเหล็ก	ทั่วไป
163-2535	ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำอบอ่อน	ทั่วไป
194-2535	ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	ทั่วไป
276-2532	ท่อเหล็กกล้า	ทั่วไป
348-2540	เหล็กลวดคาร์บอนต่ำ	บังคับ
349-2548	เหล็กลวดคาร์บอนสูง	ทั่วไป
404-2540	ลวดเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีตีเกลียว	ทั่วไป
420-2540	ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง	ทั่วไป
514-2531	เชือกลวดเหล็กกล้า	ทั่วไป
565-2528	ลวดเหล็กกล้าดึงแข็ง	ทั่วไป
644-2539	เหล็กเพลาดำ	ทั่วไป
728-2530	เหล็กลวดเปียโน	ทั่วไป
747-2531	ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต	ทั่วไป
869-2532	เหล็กเพลาขาว	ทั่วไป
943-2533	ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต	ทั่วไป
1227-2539	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน	บังคับ
1228-2549	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น	บังคับ
1303-2548	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณเชื่อมประกอบ	ทั่วไป
1309-2539	เข็มพืดเหล็กกล้ารีดร้อน	บังคับ
2243-2548	เหล็กลวดคาร์บอนสำหรับงานย้ำหัวและงานทุบขึ้นรูปเย็น	ทั่วไป
2244-2548	เหล็กลวดสำหรับทำแกนลวดเชื่อมแบบพอกหุ้ม	ทั่วไป
2367-2551	ท่อเหล็กกล้าแบบมีตะเข็บเชื่อมสำหรับส่งน้ำมัน ก๊าซ และของเหลวความดันสูง	ทั่วไป

3.1.4 ความเสี่ยงเกี่ยวกับความผันผวนของราคาวัตถุดิบ

เศษเหล็ก (Scrap) และเหล็กดิบ (Pig Iron) เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตของบริษัท ดังนั้นหากราคาวัตถุดิบหลักดังกล่าวมีแนวโน้มปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและบริษัทไม่สามารถปรับเพิ่มราคาสินค้าในอัตราที่เท่ากับหรือมากกว่าการเพิ่มขึ้นของราคาของวัตถุดิบ ซึ่งอาจทำให้ราคาขายสินค้าสำเร็จรูปต่ำกว่าต้นทุนขาย ปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลกระทบทำให้ความสามารถในการทำกำไรในอนาคตของบริษัทลดลง และอาจมีผลทำให้บริษัทต้องตั้งขาดทุนจากการลดมูลค่าสินค้าที่มีอยู่ในสต๊อก ณ วันสิ้นงวด อย่างไรก็ตามเพื่อลดผลกระทบจากความเสี่ยงดังกล่าว บริษัทได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของราคาวัตถุดิบอย่างใกล้ชิด รวมทั้งอาศัยประสบการณ์และสัมพันธ์รูปที่ดีกับผู้จัดหาวัตถุดิบเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจสั่งซื้อหรือวางแผนการผลิตให้มีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นประกอบกับโดยปกติราคาของเศษเหล็ก (Scrap) และเหล็กดิบ (Pig Iron) จะมีราคาแปรผันตามความต้องการของเหล็กแผ่นรีดร้อน ดังนั้นหากความต้องการเหล็ก

แผ่นรีดร้อนเพิ่มมากขึ้น/ลดลง ราคาของเหล็กแผ่นรีดร้อน ราคาของเศษเหล็ก (Scrap) และเหล็กดิบ (Pig Iron) ก็จะปรับตัวเพิ่มขึ้น/ลดลงในทิศทางเดียวกัน ซึ่งการปรับตัวเพิ่มขึ้น/ลดลงในทิศทางเดียวกัน จะทำให้ส่วนต่างราคาของเหล็กแผ่นรีดร้อนกับวัตถุดิบหลักมีความผันผวนไปในทางเดียวกัน

ตารางที่ 3.9 คำศัพท์เกี่ยวกับเหล็กที่น่ารู้

คำศัพท์	คำอธิบาย
Alloy Steel	เหล็กพิเศษที่มีส่วนผสมของอัลลอยด์
Annealing	การอบเหล็กให้อ่อน เพื่อลดความแข็งและความเปราะลง ง่ายต่อการกลึง
Carburizing	การชุบผิวแข็งโดยการเติมคาร์บอนลงไปที่ผิวเหล็ก ทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้นเฉพาะส่วนผิวเท่านั้น ส่วนความแข็งของเนื้อเหล็กภายในยังเหมือนเดิม
Cold Drawn Steel	เหล็กที่ได้จากการรีดเย็น ทำให้ผิวของเหล็กมีสีขาว (เช่น เหล็ก S50C ผิวขาว)
Elongation	การใช้แรงดึงโลหะให้ยืดตัว
Flame-hardening Steel	เหล็กที่ชุบแข็งโดยเปลวไฟ
Hardness	ความแข็ง
Heat Treatment	การอบชุบ (เป็นความหมายรวมถึง การชุบแข็ง การอบอ่อน หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่มีการให้ความร้อนกับเหล็ก)
Hot Rolled Steel	เหล็กที่ได้จากการรีดร้อนโดยตรง ดังนั้นในการการกลึงจะแข็งกว่าเหล็กที่ผ่านการ Normalizing หรือเหล็กที่ผ่านการ Annealing
Induction	การชุบแข็งโดยใช้คลื่นความถี่สูงผ่านขดลวดที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เพื่อชุบแข็งที่ผิว โดยความลึกจะขึ้นอยู่กับความร้อนที่ผ่านขดลวด
Nitriding	การชุบผิวแข็งโดยการเติมไนโตรเจนลงไปที่ผิวเหล็ก ทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้นเฉพาะส่วนผิวเท่านั้น ส่วนความแข็งของเนื้อเหล็กภายในยังเหมือนเดิม
Normalizing	การอบให้เหล็กมีเนื้อเหล็ก (grain) และความแข็งสม่ำเสมอทั่วทั้งเส้น ง่ายต่อการกลึง
Pre-hardened Steel	เหล็กที่ชุบแข็งเรียบร้อยแล้วจากโรงงานที่ผลิต
Press Die	แม่พิมพ์อัด
Punching Die	แม่พิมพ์ตัดกระแทก
Rough Turned Steel	เหล็กที่มีการกลึงผิวแล้ว
Strength	ความแข็งแรง
Stress Relieve	การอบให้คลายความเค้น
Toughness	ความเหนียว
Vacuum Heat Treatment	การชุบโดยใช้เตาสุญญากาศ แบ่งเป็น การชุบน้ำมัน (Oil quenching) และการชุบแก๊ส (Gas quenching)
Wear Resistance	ความทนต่อการสึกหรอ

ที่มา: http://cwstainless.igetweb.com/index.php?mo=3&art=132745

3.2 อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์

3.2.1 ภาวะอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2554

• ปริมาณการผลิตรถยนต์ในปี 2554 (ม.ค.-ต.ค.) มีจำนวน 1,334,677 คัน ลดลงจากช่วงเดียวกันของปี 2553 ร้อยละ 1.13 และในปี 2554 ประมาณว่า มีการผลิตรถยนต์ 1,500,000 คัน ลดลงร้อยละ 8.83 จากปี 2553 ที่มีการผลิตรถยนต์ 1,645,304 คัน โดยเป็นการผลิตรถยนต์นั่ง รถยนต์ปิกอัพ 1 ตัน และรถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่นๆ ประมาณร้อยละ 37, 62 และ 1 ตามลำดับ

• ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ในประเทศปี 2554 (ม.ค.-ต.ค.) มีจำนวน 713,842 คัน เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปี 2553 ร้อยละ 13.60 และในปี 2554 ประมาณว่า มีการจำหน่ายรถยนต์ 790,000 คัน ลดลงร้อยละ 1.29 จากปี 2553 ที่มีการจำหน่ายรถยนต์ 800,357 คัน โดยเป็นการจำหน่ายรถยนต์นั่งรถยนต์ปิกอัพ 1 ตัน รถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่นๆ และรถยนต์ PPV รวม SUV ประมาณร้อยละ 45 ,42, 6 และ 7 ตามลำดับ

• ปริมาณการส่งออกรถยนต์ ในปี 2554 (ม.ค.-ต.ค.) มีจำนวน 694,323 คัน ลดลงจากช่วงเดียวกันของปี 2553 ร้อยละ 6.83 โดยมีตลาดส่งออกรถยนต์นั่งที่สำคัญของไทย ได้แก่ อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น ซึ่งมีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 16.49, 15.89 และ 7.33 ตามลำดับ ตลาดส่งออกรถแวนและปิกอัพที่สำคัญของไทย ได้แก่ ออสเตรเลีย อินโดนีซีย และชิลี ซึ่งมีสัดส่วนการส่งออก ร้อยละ 29.73, 5.86 และ 4.86 ตามลำดับ ตลาดส่งออกรถบัสและรถบรรทุกที่สำคัญของไทย ได้แก่ ซาอุดีอาระเบีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และ ออสเตรเลีย ซึ่งมีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 27.72, 13.71 และ 11.16 ตามลำดับ ในปี 2554 ประมาณว่ามีการส่งออกรถยนต์ 780,000 คัน ลดลงร้อยละ 12.93 จากปี 2553 ที่มีการส่งออกรถยนต์ 895,855 คัน

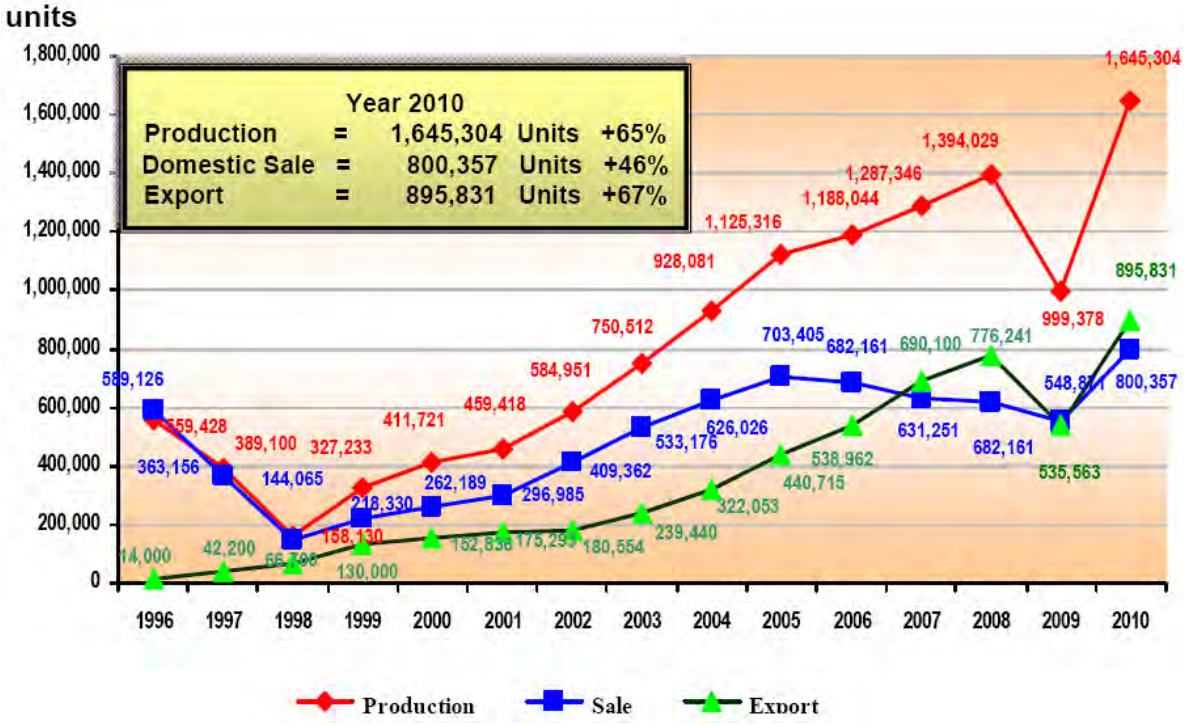
• อุตสาหกรรมรถยนต์ในปี 2555 คาดว่าจะชะลอตัวเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมา เนื่องจากในช่วงต้นปี 2554 ได้รับผลกระทบจากปัญหาภัยพิบัติที่เกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น ส่งผลให้โรงงานผลิตรถยนต์ในประเทศไทย มีการปรับลดการผลิตอันเนื่องมาจากการขาดแคลนชิ้นส่วน ได้แก่ ชิ้นส่วนสมองกล (Micro Computer Chip) ซึ่งมีฐานการผลิตอยู่ในเมืองเซนได และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น และปลายปี 2554 ได้รับผลกระทบจากปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ของประเทศ โดยมีโรงงานประกอบรถยนต์ที่ได้รับผลกระทบโดยตรง คือ โรงงานผลิตรถยนต์ บริษัท ฮอนด้า ออโตโมบิล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ตั้งอยู่ในสวนนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีการหยุดการผลิตตั้งแต่วันที่ 4 ตุลาคม 2554 และคาดว่าจะกลับมาผลิตได้อีกครั้งในช่วงไตรมาสที่ 2 ของปี 2555 ส่วนโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์หลายรายก็ได้รับผลกระทบเช่นกัน ส่งผลให้ไม่สามารถส่งชิ้นส่วนรถยนต์ให้กับผู้ผลิตรถยนต์ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์ขาดชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยบวกที่ช่วยสนับสนุนตลาดในประเทศ เช่น นโยบายการคืนเงินสำหรับรถยนต์คันแรก และกลยุทธ์การส่งเสริมการตลาดโดยการแนะนำรถยนต์รุ่นใหม่ออกสู่ตลาด เป็นต้น

ตารางที่ 3.10 ปริมาณการผลิต จำหน่าย และส่งออกรถยนต์

• หน่วย : คัน

อุตสาหกรรมรถยนต์	ปี พ.ศ.				
	2550	2551	2552	2553	2554*
การผลิต	1,287,346	1,394,029	999,378	1,645,304	1,500,000
การจำหน่าย	631,251	614,078	548,871	800,357	790,000
การส่งออก	690,100	776,241	535,563	895,855	780,000

หมายเหตุ * เป็นข้อมูลประมาณจากแผนการผลิตของผู้ประกอบการรถยนต์



รูปที่ 3.6 ปริมาณการผลิต จำหน่าย และส่งออกรถยนต์

3.2.2 ภาวะอุตสาหกรรมรถยนต์ ปี 2555

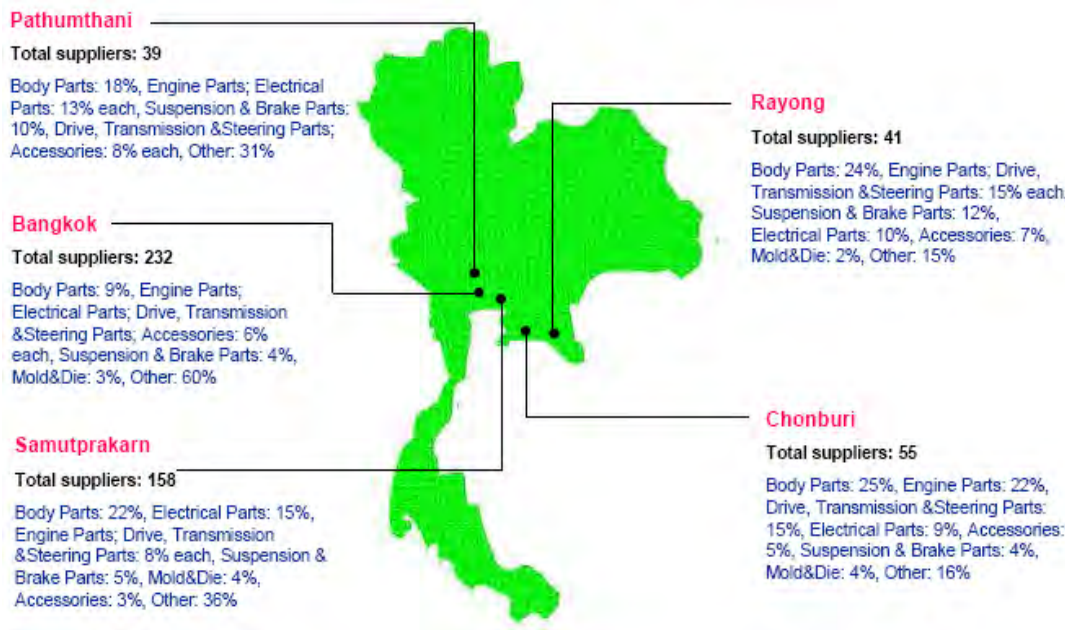
จากบทวิเคราะห์ของกสิกรไทย 2555 สรุปว่าอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี 2555 นี้ คาดว่าจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากวิกฤตน้ำท่วมใหญ่ในประเทศที่ทวีความรุนแรง ขึ้นในช่วงไตรมาสที่ 4 ปี 2554 โดยเฉพาะในส่วนของภาคการผลิต จากปัญหาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และโรงงานประกอบรถยนต์บางแห่งได้รับความ เสียหาย จนทำให้ไม่สามารถดำเนินการผลิตได้ ซึ่งกระทบต่อห่วง โซ่อุปทานของอุตสาหกรรมรถยนต์เกือบทั้งระบบ โดยปัญหาดังกล่าวคาดว่าน่าจะคลี่คลายลงได้เป็นส่วนใหญ่ในช่วงปลายครึ่งแรก ของปี 2555 ทำให้ค่ายรถต่างสามารถกลับมาผลิตได้ใน ระดับศักยภาพอีกครั้งในช่วงครึ่งปีหลัง และส่งผลให้อุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนกลับมาขยายตัวได้อีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่หดตัวลงในปี 2554 จากทั้งปัญหาสึนามิในประเทศญี่ปุ่นและ ปัญหาน้ำท่วมในประเทศไทย โดยเฉพาะในส่วนของตลาดรถยนต์ในประเทศที่ได้รับปัจจัยบวกจากนโยบายการคืนภาษี รถยนต์คันแรก นอกจากนี้ ค่ายรถหลายค่ายต่างมีการเปิดตัวรถยนต์ รุ่นใหม่ทั้งในส่วนของรถยนต์นั่งและรถปิกอัพ เพื่อรองรับสภาพตลาดที่มีแนวโน้มขยายตัวและจะมีการแข่งขันที่สูงขึ้น ขณะที่รถยนต์สำเร็จรูปของค่ายที่ได้รับความเสียหายโดยตรงจากภาวะน้ำท่วม ก็ได้รับการยกเว้นภาษีนำเข้าและยังสามารถเข้าร่วมโครงการรถยนต์คันแรกได้ รวมถึงบริษัทรถยนต์ที่แม้จะไม่ได้ประสบอุทกภัยโดยตรง แต่ได้รับผลกระทบจากการขาดแคลน ชิ้นส่วนสำหรับการผลิต ก็ได้รับการยกเว้นภาษีอากรขาเข้าเครื่องจักร และชิ้นส่วนรถยนต์ด้วย ซึ่งคาดว่าจะช่วยทำให้สถานการณ์การชะลอการผลิตรถยนต์ในประเทศฟื้นตัวได้เร็ว ยิ่งขึ้น อย่าง ไรก็ตาม จากสภาพเศรษฐกิจในบางประเทศที่ยังมีความเสี่ยงสูง เช่น สหภาพยุโรปและสหรัฐฯ อาจส่งผลกระทบต่อการส่งออกรถยนต์ของไทยได้

ตารางที่ 3.11 คาดการณ์กำลังการผลิตยานยนต์ปี 2555

หน่วย : คัน

Factory	Passenger Car	Pick Up Truck	Others	Total
Toyota	250,000	450,000	-	700,000
Mitsubishi	200,000	250,000	-	450,000
Auto Alliance	150,000	150,000	-	300,000
Nissan	140,000	100,000	-	240,000
Honda	240,000	-	-	240,000
Isuzu	-	200,000	20,000	220,000
Ford	200,000	-	-	200,000
General Motor	40,000	120,000	-	160,000
Suzuki	135,000	-	-	135,000
Others	50,000	10,000	20,000	80,000
Total	1,405,000	1,280,000	40,000	2,725,000

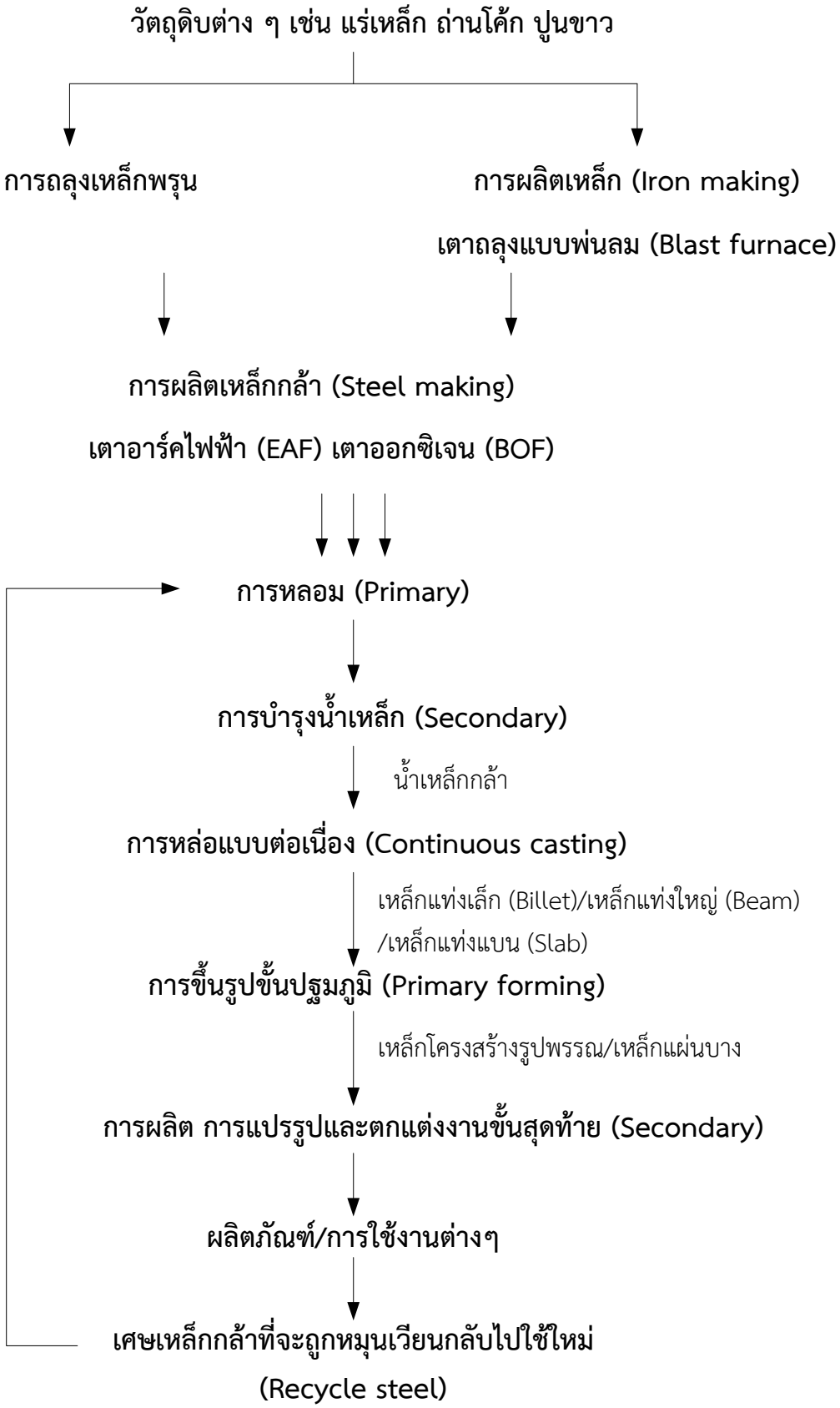
ที่มา : สถาบันยานยนต์, เป้าหมายการผลิตยายนต์ไทยปี 2012, 12 ธันวาคม 2554.



รูปที่ 3.7 สถานที่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญของประเทศไทย

3.3 โซ่อุปทานของโลหะในอุตสาหกรรมยานยนต์

โซ่อุปทานของโลหะประกอบด้วยขั้นตอนการถลุงหรือการผลิตเหล็ก (Iron making) การผลิตเหล็กกล้า (Steel making) การหล่อ (Casting) การขึ้นรูปปฐมภูมิ (Primary forming) และการขึ้นรูปทุติยภูมิ (Secondary forming) ซึ่งเป็นการผลิต การแปรรูป และตกแต่งงานขั้นสุดท้าย สำหรับโซ่อุปทานของการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โซ่อุปทานของการนำเศษเหล็กกล้ากลับมาใช้ใหม่ (สำนักพัฒนาเศรษฐกิจอุตสาหกรรม)

1) การถลุงหรือการผลิตเหล็ก (Iron making)

วัตถุดิบซึ่งประกอบด้วย แร่เหล็ก ถ่านโค้ก และปูนขาวจะถูกป้อนเข้าสู่เตาถลุงแบบพ่นลม (Blast furnace) เพื่อผลิตน้ำเหล็กเหลว (Hot metal หรือ Liquid pig iron) เหล็กที่ผลิตได้จากเตาถลุงพ่นลมประกอบด้วยคาร์บอน (~4.5%) และสารมลทินต่างๆ ซึ่งทำให้โลหะมีความเปราะมากเกินไปที่จะนำมาใช้งาน

2) การผลิตเหล็กกล้า (Steel making)

2.1) ขั้นปฐมภูมิ (Primary) หรือขั้นการหลอม

การผลิตเหล็กด้วยเตาออกซิเจน (BOF) เป็นการนำน้ำโลหะที่ได้จากเตาถลุงมาผสมกับเศษเหล็กกล้าและลดปริมาณคาร์บอนให้เหลือ 0-1.5% โดยการเป่าอ๊อกซิเจนผ่านโลหะในเตาคอนเวอร์เทอร์เพื่อให้เป็นน้ำเหล็กกล้า และการผลิตเหล็กกล้าอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้เตาอาร์คไฟฟ้า (EAF) ถูกใช้สำหรับการหลอมเศษเหล็กและเหล็กกล้า

2.1) ขั้นทุติยภูมิ (Secondary) หรือขั้นการปรุงน้ำเหล็กกล้า

กระบวนการขั้นนี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรุงน้ำเหล็กกล้าโดยจะช่วยปรับค่าส่วนผสม อุณหภูมิ และความสะอาด ให้เที่ยงตรงและดียิ่งขึ้นกว่าน้ำเหล็กที่ได้จากขั้นปฐมภูมิ

3) การหล่อ (Casting)

น้ำเหล็กกล้าที่ได้จะถูกนำมาหล่อแบบต่อเนื่อง และกลายมาเป็นเหล็กแท่งแบน (Slab) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) โดยใช้การหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous casting) ซึ่งเป็นที่แพร่หลายในปัจจุบัน

4) การขึ้นรูปขั้นปฐมภูมิ (Primary Forming)

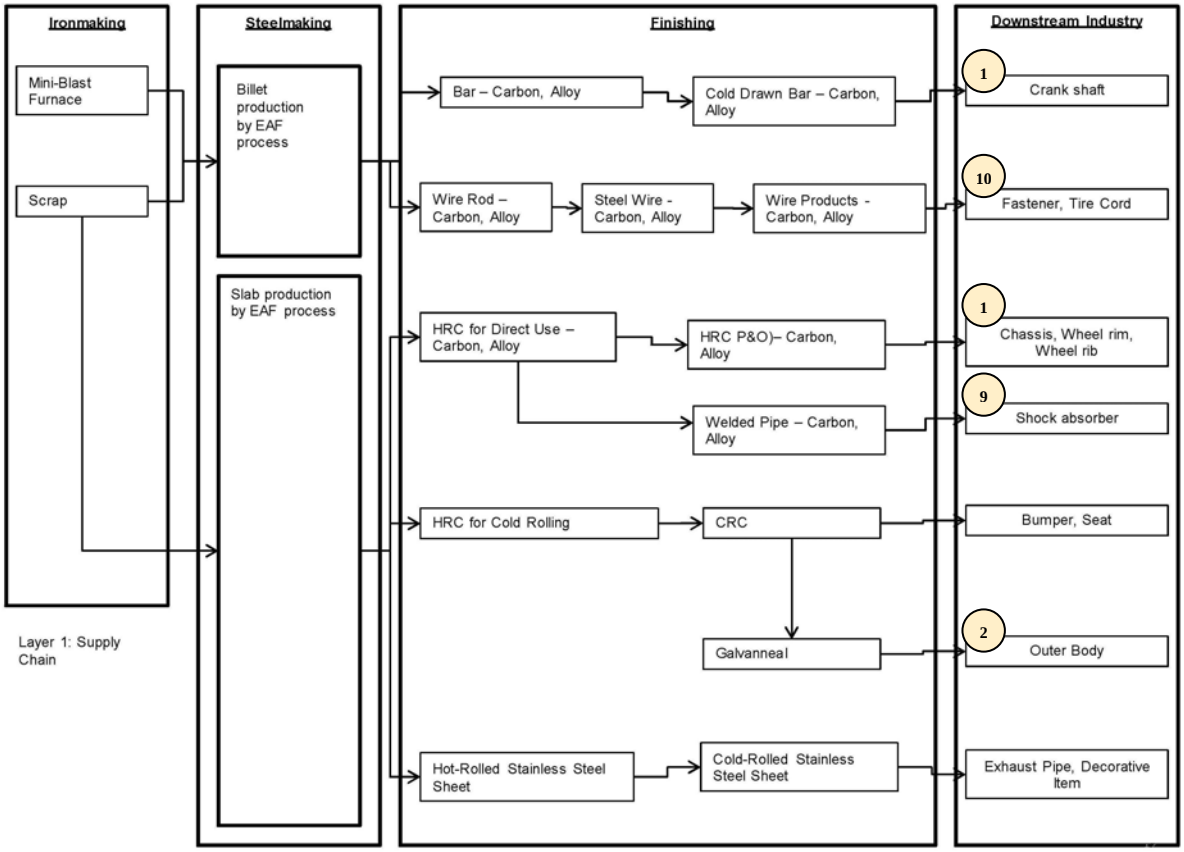
การขึ้นรูปขั้นปฐมภูมิ เช่น การรีดร้อน (Hot rolling) เป็นวิธีที่ประยุกต์ใช้กับเหล็กแท่งแบน (Slab) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) และเหล็กแท่งเหล็ก (Billet) ที่ผ่านกระบวนการหล่อแบบต่อเนื่องมา จุดประสงค์ของกระบวนการคือช่วยทำให้เกิดการลดหรือเปลี่ยนแปลงรูปทรง นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ในเนื้อโลหะด้วย ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นนี้มีหลายชนิด เช่น เหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot Rolled Plate) เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน (Hot Rolled Coil) เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (Re-bar) เหล็กลวด (Wire Rod) เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ (Section) เป็นต้น

5) การขึ้นรูปขั้นทุติยภูมิ (Secondary Forming)

กระบวนการขึ้นรูปขั้นทุติยภูมิหลากหลายรูปแบบได้ถูกประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ชิ้นส่วนเหล็กกล้าขั้นสุดท้ายมีรูปทรงและคุณสมบัติต่างๆ ตามต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งย่อยออกเป็นกระบวนการต่างๆ ได้แก่

- การเปลี่ยนรูปทรง (Shaping) เช่น การรีดเย็น (Cold rolling)
- การกลึงแปรรูป (Machining) เช่น การเจาะ (Drilling)
- การต่อประสาน (Joining) เช่น การเชื่อม (Welding)
- การเคลือบผิว (Coating) เช่น การชุบสังกะสีกัลป์วาไนซ์ (Galvanizing)
- การทำกรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment) เช่น การเทมเปอร์ริ่ง (Tempering)
- การทำกรรมวิธีที่ผิว (Surface treatment) เช่น การทำคาร์บูไรซิ่ง (Carburizing)

ในรูปที่ 3.9 เป็นการเปรียบเทียบชิ้นส่วนที่จะถูกนำกลับไปใช้ใหม่ตามข้อกำหนดของโตโยต้า (Sameer and Teruyuki 2007) จากตารางที่ 3.9 เทียบกับโซ่อุปทานของการผลิตเหล็กโดยอุตสาหกรรมยานยนต์



รูปที่ 3.9 โซ่อุปทานเหล็กกับอุตสาหกรรมยานยนต์

ตารางที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัทโตโยต้ากับประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่

ชิ้นส่วนรถยนต์	ประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่
1. ส่วนประกอบหลัก	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
2. ตัวถัง	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
3. ฝากระโปรง	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
4. เครื่องยนต์	เครื่องยนต์หรืออลูมิเนียม
5. แบตเตอรี่	แบตเตอรี่
6. Transmission	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
7. Converter	Converter
8. ประตู	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
9. ระบบกันสะเทือน	ผลิตภัณฑ์โลหะหรืออลูมิเนียม
10. ล้อ	ผลิตภัณฑ์โลหะหรืออลูมิเนียม

3.4 โลจิสติกส์ย้อนกลับของโลหะ

โลจิสติกส์ย้อนกลับหมายถึง กระบวนการวางแผน การดำเนินการ การควบคุมการไหลของวัตถุดิบ สินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการ ผลิตภัณฑ์ และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ คุ้มค่า ตั้งแต่จุดที่มีการบริโภคกลับไปยังจุดเริ่มต้นเพื่อที่จะครอบครองซ้ำ (Recapturing) การสร้างคุณค่า หรือการกำจัดที่

เหมาะสม (Proper diaposal) (Rogers and Tibben-Lembke 2001) โดยโลจิสติกส์ย้อนกลับสร้างขึ้นมาเพื่อทำการรวบรวมสินค้าเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ ใช้ซ้ำ หรือนำกลับไปทำการผลิตซ้ำ โดยการนำกลับไปใช้ใหม่ การใช้ซ้ำ และการผลิตซ้ำมีรายละเอียดดังนี้ (Benita 1999)

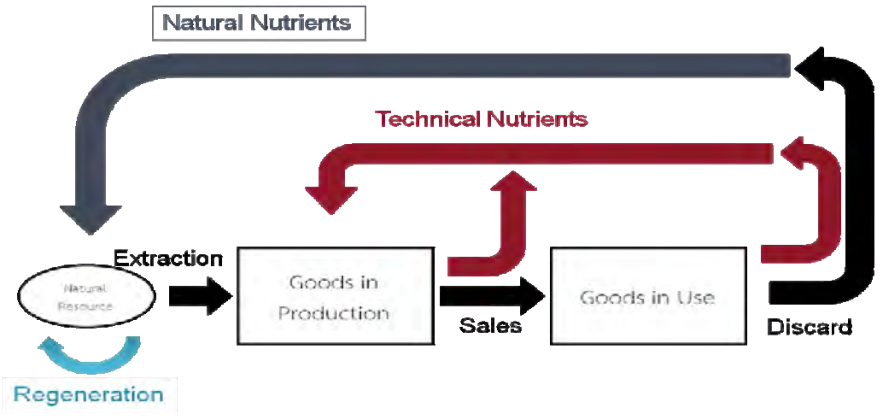
การนำกลับมาใช้ใหม่เป็นกระบวนการของการเก็บรวบรวมสินค้า ส่วนประกอบ วัสดุที่ใช้แล้วจากกองขยะ นำมาทำการแยกชิ้นส่วน (ถ้าจำเป็น) จากนั้นทำการแยกหมวดหมู่ และนำเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนประกอบ และวัสดุที่นำมาใช้ใหม่ความสำเร็จของการนำกลับมาใช้ใหม่ขึ้นกับ วัตถุดิบที่นำกลับมาใช้ใหม่ยังเป็นที่ต้องการอยู่และคุณภาพของวัตถุดิบที่นำกลับมาใช้ใหม่ (เมื่อกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ส่วนมากจะลดคุณค่าของวัตถุดิบลงจากเดิม เช่นการ Degrade)

การใช้ซ้ำเป็นกระบวนการของการเก็บรวบรวมวัสดุ สินค้า หรือส่วนประกอบที่ใช้แล้วจากกองขยะแล้วกระจายหรือนำไปขายถึงแม้ว่าคุณค่าสูงสุดที่ได้จะลดลงจากเดิม แต่มันไม่ต้องนำไปเข้ากระบวนการเพิ่มกระบวนการของการผลิตซ้ำประกอบด้วยการเก็บรวบรวมผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนที่ใช้แล้วจากกองขยะ ทำการประเมินสถานะของมัน แล้วทำการทดแทนส่วนที่เสื่อมสภาพ, แตกหัก, หรือเก่าแล้ว ด้วยชิ้นส่วนใหม่หรือชิ้นส่วนที่ทำการตกแต่งใหม่แล้ว แล้วยังสามารถคงลักษณะและหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เดิมไว้ได้

หรือตามที่ Senge (2006) ได้เสนอไว้คือการการค้นหาและนำรูปแบบของธรรมชาติมาใช้ โดยแสดงตัวอย่างของการจัดการสมรรถนะของโตโยต้าคือการนำพื้นฐานของระบบที่มีชีวิต (Living System) มาใช้ โดยผู้จัดการขับเคลื่อนการสร้างและนำองค์ความรู้ไปใช้อย่างต่อเนื่อง และให้ความไว้ใจแก่พนักงานในสายการผลิตที่จะปรับปรุงสมรรถนะด้านการเงิน ซึ่งส่งผลให้วิธีการของโตโยต้าในการจำกัดการจัดการสมรรถนะ เพื่อทำให้การค้นหาและนำรูปแบบของธรรมชาติมาใช้เกิดขึ้นจริง

โดยให้เหตุผลว่า คำจำกัดความง่ายๆ นี้ ได้สร้างภาพกว้างของการเปลี่ยนแปลงได้เป็นอย่างดีในระบบสังคม ด้วยวิธีการระบบอุตสาหกรรมจะทำงานร่วมกับธรรมชาติได้อย่างไร เช่น วิสัยทัศน์ของ Plug Power ที่ว่า “การนำไปฝังกลบเป็นศูนย์ (Zero-to-landfill)” สำหรับการผลิตเซลล์เชื้อเพลิง หรือ “ของเสียคืออาหาร (Waste equals food) โดยผลิตภัณฑ์ส่วนเกิน (By-product) ของระบบธรรมชาติจะเป็นสารอาหารของระบบธรรมชาติอีกระบบหนึ่ง

จากนั้นจึงอธิบายเพิ่มเติมว่าจากรูปที่ 3.10 ทำให้เห็นภาพใหญ่ของทางเลือกสำหรับระบบอุตสาหกรรม ที่ซึ่งของเสียถูกลดจำนวนลงด้วยการเปลี่ยนเป็นการใช้งานผลิตภัณฑ์ส่วนเกิน 2 ประเภท (Senge, Smith et al. 2008)



รูปที่ 3.10 การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรม (Senge 2006)

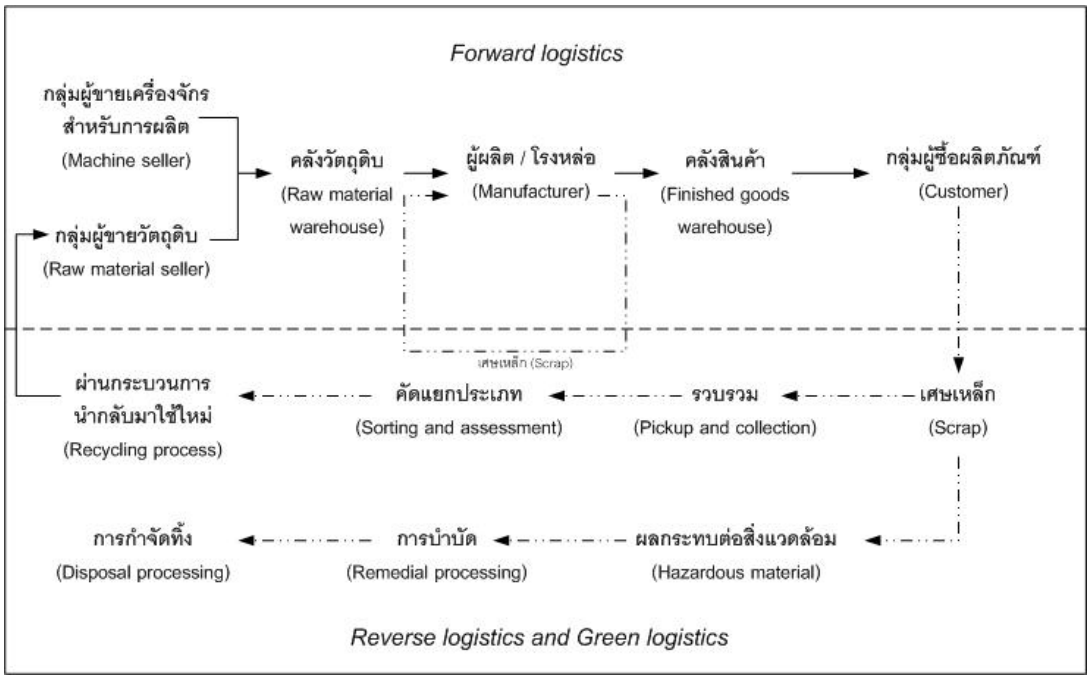
1) สารอาหารธรรมชาติ (Natural nutrients) ผลิตภัณฑ์ส่วนเกินที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้จากผลิตภัณฑ์และกระบวนการของอุตสาหกรรม ซึ่งถูกส่งกลับให้แหล่งทรัพยากรที่เปลี่ยนรูปของธรรมชาติ (Nature's regenerative resource) ประกอบด้วย เศษอาหาร เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากเส้นใยอินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ส่วนเกินจากพลังงานหมุนเวียน เช่น น้ำที่ได้จากการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนเป็นกระแสไฟฟ้าในเซลล์เชื้อเพลิง

2) สารอาหารทางเทคนิค (Technical nutrients) เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับสู่การสร้างหรือใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นได้ เช่น ขวดโซดาและผงซักฟอกที่สามารถนำกลับไปผลิตเป็นขวดใหม่ได้ ชิ้นส่วนยานยนต์หรือเครื่องถ่ายเอกสารที่นำกลับไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนใหม่ได้ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถแยกชิ้นส่วนได้ง่ายและปลอดภัยเพื่อนำกลับไปใช้ในการผลิต หลอดไฟประสิทธิภาพสูงซึ่งใช้พลังงานต่ำ (ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอน) และสามารถนำกลับไปแยกชิ้นส่วนและใช้ซ้ำได้ และผลิตภัณฑ์ส่วนเกินจากกระบวนการผลิตซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการอื่นได้

จากรูปที่ 2.4-3 ทำให้ง่ายที่จะเข้าใจหลักการของเศรษฐกิจที่ยั่งยืนอย่างแท้จริง ที่ซึ่งมีการพยายามที่จะลดของเสียทุกประเภทให้เป็นศูนย์ และหาวิถีทางใหม่ที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการซึ่งสามารถนำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือส่งกลับไปสู่ระบบธรรมชาติได้

เศรษฐกิจซึ่งอยู่บนพื้นฐานของวงรอบการไหลของสารอาหารทางเทคนิคและชีวภาพทำการเลียนแบบหลักการของระบบที่มีชีวิตที่ว่า "ของเสียคืออาหาร" โดยจะได้ประโยชน์ 2 อย่างคือ การลดลงของของเสียและผลกระทบที่จะเกิดกับชุมชนและระบบธรรมชาติ และการลดลงของการสกัดและเก็บเกี่ยวทรัพยากรธรรมชาติ

สำหรับโซ่อุปทานของระบบการหมุนเวียนการใช้วัตถุดิบกลุ่มเหล็กนั้นถ้าพิจารณาจากการจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรง (Direct/Forward logistics) และแบบย้อนกลับ (Reverse logistics) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การจัดการโลจิสติกส์แบบทางตรงและแบบย้อนกลับสำหรับการหมุนเวียนวัตถุดิบกลุ่มเหล็ก

จากรูปที่ 3.11 เมื่อพิจารณาโลจิสติกส์แบบทางตรงในการจะผลิตให้เกิดชิ้นงานในห่วงโซ่อุปทานทางตรงจะเริ่มจากการนำวัตถุดิบซึ่งประกอบด้วยเหล็กถลุง เฟอร์โรแมงกานีส เฟอร์โรซิลิคอน เฟอร์โรซิลิโคแมงกานีส เฟอร์โรโครเมียม เฟอร์โรโมลิบดินั่มและเศษเหล็กนำมาผ่านกระบวนหลอมหรือกระบวนการแปรรูปในลักษณะอื่น เช่น การหล่อแบบฉีด (Die casting) เพื่อให้เกิดชิ้นงานขึ้นและมีจะเศษเหล็กเกิดขึ้นอีกครั้งจากกระบวนการตกแต่งชิ้นงาน ส่วนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับจะเป็นกระบวนการวางแผน การปฏิบัติการและควบคุมวัสดุให้มีต้นทุนที่มีประสิทธิภาพโดยจะมีกระบวนการรวบรวมและขนถ่ายวัสดุเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อกำจัดทิ้งหรือเพื่อส่งกลับคืนศูนย์กลาง โดยจะต้องทำการประเมินว่าถ้านำกลับมาใช้ใหม่จะมีความคุ้มค่าหรือไม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มสำหรับการแข่งขันได้ดีเพียงใดรวมไปถึงสามารถลดของเสีย (Waste) จากกระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการผลิต การกระจายหรือการขนส่งได้อย่างไร โดยพบว่าต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (Reverse logistics cost) จะมีค่าประมาณร้อยละ 4 ถึง 9 ของต้นทุนรวมโลจิสติกส์ (Total logistics cost) (Dekker R. *et al*., 2010)

3.4.1 กรอบแนวคิดของโลจิสติกส์ย้อนกลับของชิ้นส่วนและส่วนประกอบรถยนต์

ในที่นี้จะไม่พิจารณาเกี่ยวกับการใช้ซ้ำทางตรงหรือการใช้รถยนต์มือสอง แต่จะมุ่งเน้นไปที่การนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycling) การตกแต่งใหม่ (Refurbishing) และการผลิตซ้ำ (Remanufacturing) ดังรายละเอียดด้านล่าง (Chan, Chan et al. 2011)

1) การนำกลับไปใช้ใหม่ มีวัตถุประสงค์คือการฟื้นสภาพ (Recover) และการใช้ซ้ำ (Reuse) วัสดุจากสินค้าและชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่ถูกส่งกลับ ซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่เหลือหน้าที่การใช้งานและสภาพภายนอกเดิมอีก ดังนั้นมักจะนำไปบดอัดและบดย่อย ซึ่งการนำกลับไปใช้ใหม่นี้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด

2) การตกแต่งใหม่ หมายถึงการทดแทนชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่หมดอายุแล้วโดยชิ้นส่วนที่มีเทคโนโลยีที่สูงกว่าเดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับสินค้าและชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่ถูกส่งกลับด้วยการซ่อมแซมหรือทดแทนชิ้นส่วนที่สึกหรอ อย่างไรก็ตามสินค้าที่ได้รับการตกแต่งใหม่นี้อาจจะไม่ดีเท่าสินค้าหรือชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นใหม่ทั้งหมด

3) การผลิตซ้ำ มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการตกแต่งใหม่ที่จะเพิ่มคุณภาพให้กับสินค้าและชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่ถูกส่งคืน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ระดับของการปรับปรุง โดยการผลิตซ้ำนั้นมุ่งเน้นที่จะฟื้นสภาพทั้งคุณภาพและเทคโนโลยีให้กับชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบให้ดีเทียบเท่ากับชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบที่ผลิตขึ้นใหม่ โดยต้องมีการทดสอบและการซ่อมแซมที่ครอบคลุมกว่า

โดยมีการแบ่งยานพาหนะออกเป็น 4 ส่วน (Chan, Chan et al. 2011) สำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับเพื่อที่จะนำกลับไปใช้ใหม่ ทำการตกแต่งใหม่ และทำการผลิตซ้ำ โดยประกอบไปด้วยส่วนของเครื่องยนต์ ตัวถังรถยนต์ (Main structure of a vehicle) อุปกรณ์ตกแต่ง (Covering body) และส่วนของระบบรับแรงกระแทก ห้ามล้อ และล้อรถยนต์ ซึ่งแยกออกมาได้ 19 รายการ โดยแต่ละรายการมีรายละเอียดดังนี้

- หลังคา (Hoods)
- เครื่องยนต์ (Engines)
- สายไฟ (Wire harnesses)
- น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และน้ำหล่อเย็น (Engine oil, gear oil and coolant)
- หม้อน้ำรถยนต์ (Radiators)
- กันชน (Bumpers)
- แบตเตอรี่ (Batteries)

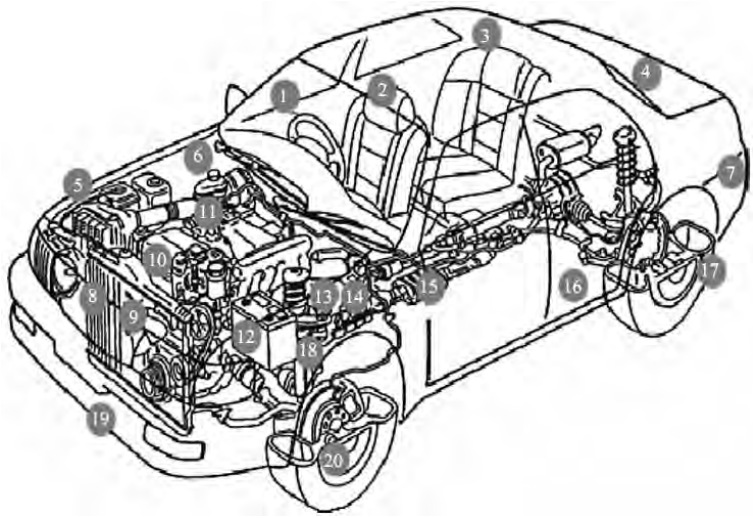
- เกียร์ (Transmission)
- ระบบรับแรงกระแทก (Suspension parts)
- ล้อ (Wheels)
- แคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter)
- ประตู (Doors)
- ยาง (Tyres)
- ตัวถัง (Trunks and vehicle bodies)
- เบาะ (Seats)
- กระจก (Windows)

3.4.2 การดำเนินกิจกรรมของโลจิสติกส์ย้อนกลับ

ในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการนำโซ่อุปทานสีเขียวหรือโลจิสติกส์ย้อนกลับมาใช้โดยเฉพาะสหภาพยุโรปร้องขอให้ผู้ผลิตทำการนำชิ้นส่วนยานยนต์กลับมาใช้ใหม่ตั้งแต่ปี 2546 (2003) โดยเรียกว่าโครงการ End of Life Vehicles (ELV) ซึ่งนอกจากกลุ่มประเทศในสหภาพยุโรปแล้ว ยังมีประเทศผู้ผลิตรถยนต์ประเทศอื่นได้นำโครงการนี้ไปใช้เช่น ประเทศญี่ปุ่น (Sameer และ Teruyuki 2007) และประเทศเม็กซิโก (Cruz-Rivera และ Ertel 2009) โดยมีการแบ่งช่องทางการนำกลับไปใช้ใหม่ของรถยนต์ตั้งแต่การเป็นรถยนต์มือสอง (Sameer และ Teruyuki 2007; Kumar และ Putnam 2008) หากพ้นจากนี้จะทำการส่งต่อให้กับโรงงานแยกชิ้นส่วน (Dismantlers) เพื่อทำการแยกชิ้นส่วน โดยในประเทศญี่ปุ่นจะแบ่งเป็นกระบวนการ 4 ขั้นตอน (Sameer and Teruyuki 2007) ดังนี้

1) การถอดและการนำกลับไปใช้ใหม่ของน้ำมัน เครื่องยนต์ ยาง และเบาะนั่ง
2) ตัวถังรถยนต์ที่เหลือจะถูกอัดและส่งไปในสถานที่ที่เหมาะสม
3) ตัวถังรถยนต์ที่ถูกอัดส่งมาจะถูกนำไปย่อยแล้วทำการแยกประเภทเป็นโลหะ อโลหะและวัสดุอื่นๆ
4) วัสดุอื่นๆ เหล่านี้ ซึ่งเรียกว่า Automobile shredder residue (ASR) จะถูกนำไปทิ้งในทะเลเพื่อทำการถมให้เป็นเกาะ

นอกจากนี้บริษัทโตโยต้ายังได้กำหนดประเภทของชิ้นส่วนรถยนต์ไว้แล้วว่าจะกำหนดให้เป็นวัสดุนำกลับไปใช้ใหม่ประเภทใดดังแสดงในตารางที่ 3.14

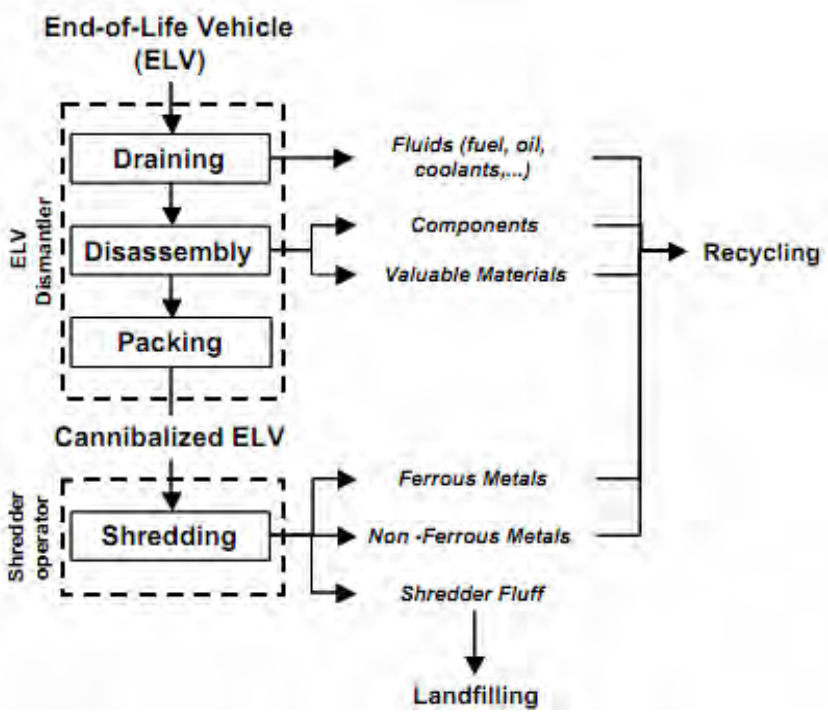


รูปที่ 3.12 ชิ้นส่วนรถยนต์โตโยต้าที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่
(**ที่มา**:Sameer และ Teruyuki, 2007)

ตารางที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนรถยนต์ของบริษัทโตโยต้ากับประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่ (**ที่มา**Sameer and Teruyuki, 2007)

ชิ้นส่วนรถยนต์	**ประเภทของการนำกลับไปใช้ใหม่**
1. กระจก	กระเบื้อง
2. เบาะนั่ง	วัสดุเก็บเสียงสำหรับรถยนต์
3. ส่วนประกอบหลัก	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
4. ตัวถัง	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
5. สายไฟทองแดง	ผลิตภัณฑ์ทองแดง
6. ฝากระโปรง	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
7. กันชน	กันชนหรืออุปกรณ์ตกแต่งภายในรถยนต์
8. หม้อน้ำ	อลูมิเนียม
9. สารหล่อเย็น	น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้ม
10. น้ำมันเครื่อง	น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้ม
11. เครื่องยนต์	เครื่องยนต์หรืออลูมิเนียม
12. แบตเตอรี่	แบตเตอรี่
13. Transmission	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
14. น้ำมันเกียร์	น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้ม
15. Converter	Converter
16. ประตู	ชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะ
17. ยาง	ซีเมนต์
18. ระบบกันสะเทือน	ผลิตภัณฑ์โลหะหรืออลูมิเนียม
19. กันชนหน้า	กันชน ชิ้นส่วนประดับยนต์ หรือเครื่องมือช่าง
20. ล้อ	ผลิตภัณฑ์โลหะหรืออลูมิเนียม

ส่วนในประเทศเยอรมันจะมีกระบวนการฟื้นสภาพ (Recovery process) ประกอบด้วยการสูบออก (Draining) การถอดชิ้นส่วน (Disassembly) (Packing) และการบดย่อย (Shredding) (Schultmann, Zumkeller et al. 2006) ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การดำเนินการ ELV treatment ในปัจจุบันของประเทศเยอรมันอย่างง่าย (Schultmann, Zumkeller et al. 2006)

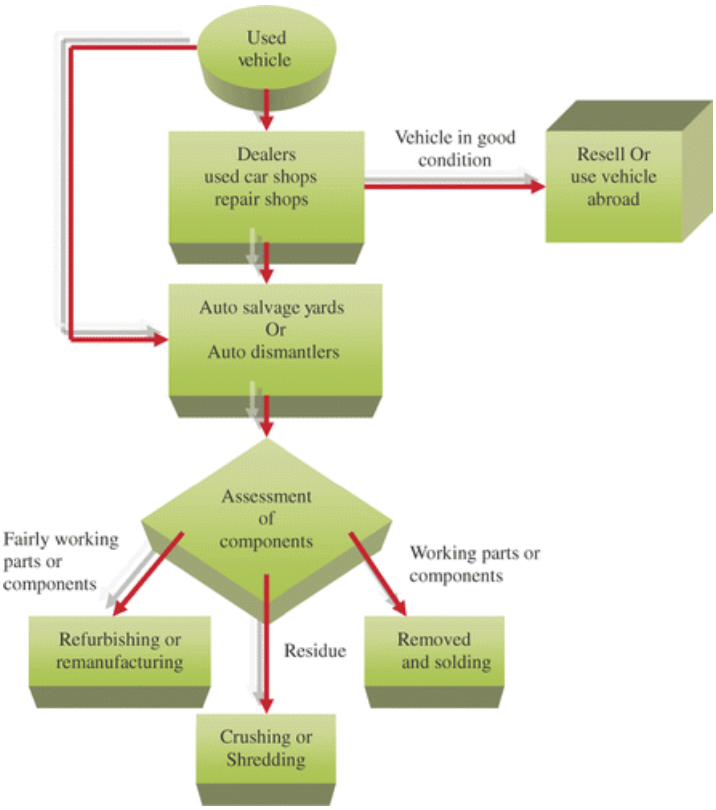
โดยก่อนที่จะเริ่มกระบวนการฟื้นสภาพใดๆ (Recovery process) รถยนต์ทุกคันจะถูกดูดเอาของเหลวต่างๆ ออก เช่น น้ำมัน น้ำมันเครื่อง สารหล่อเย็น เป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งด้านความปลอดภัยเพื่อหลีกเลี่ยงการหกกระจายสารอันตรายขณะทำการถอดชิ้นส่วนถัดไป ชิ้นส่วนรถยนต์ที่คาดว่าจะขายได้ราคาจะถูกถอดออกก่อน โดยส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ที่ประสพอุบัติเหตุและรถยนต์ที่หมดอายุขนาดกลาง (Medium-aged ELVs) จะถูกนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนทดแทน หลังจากกระบวนการฟื้นสภาพชิ้นส่วน (Component's recovery) ธุรกิจการถอดชิ้นส่วน (Economic dismantling) จะเริ่มด้วยการฟื้นสภาพชิ้นส่วนที่มีราคา ชิ้นส่วนที่ขายซ้ำไม่ได้ประกอบด้วยวัสดุที่คุ้มราคาในการนำกลับไปใช้ใหม่จะถูกแยกชิ้นส่วนออก เช่น ทองแดงและพีวีซีจากสายไฟ หรือทองคำขาวจากเครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยา (Catalytic converter) การนำชิ้นส่วนยานยนต์ที่หมดสภาพมาใช้ใหม่ (Cannibalized ELV) จะถูกส่งไปทำการบดย่อยให้ได้โลหะ โดยเฉพาะในประเทศเยอรมัน การนำกลับไปใช้ใหม่ของโลหะที่ซับซ้อนได้รับความสนใจมาร่วมทศวรรษแล้ว หลังจากแยกโลหะออกแล้ว ส่วนผสมที่ประกอบด้วยพลาสติก แก้ว ฝุ่น และส่วนประกอบอื่นๆ ซึ่งเรียกว่า Shredder fluff ไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์โดยการนำไปฝังกลบ

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดขั้นตอนของการตรวจสอบยานพาหนะที่ถูกส่งกลับและโลจิสติกส์ย้อนกลับของชิ้นส่วนและส่วนประกอบรถยนต์ (Chan, Chan et al. 2011) ไว้ดังรูปที่ 3.14

เมื่อรถยนต์ไม่เป็นที่ต้องการแล้ว ผู้บริโภคมีทางเลือก 2 ทางในการกำจัดรถยนต์ทิ้ง โดยผู้บริโภคสามารถส่งมันกลับไปให้กับตัวแทนจำหน่ายหรือส่งไปให้กับเต็นท์รถมือสอง (A used vehicle dealer) อู่ซ่อมรถยนต์ หรือส่งกลับตรงไปยังสุสานรถยนต์หรือโรงงานแยกชิ้นส่วนเพื่อการใช้ซ้ำ โดยตัวแทนจำหน่ายหรือ

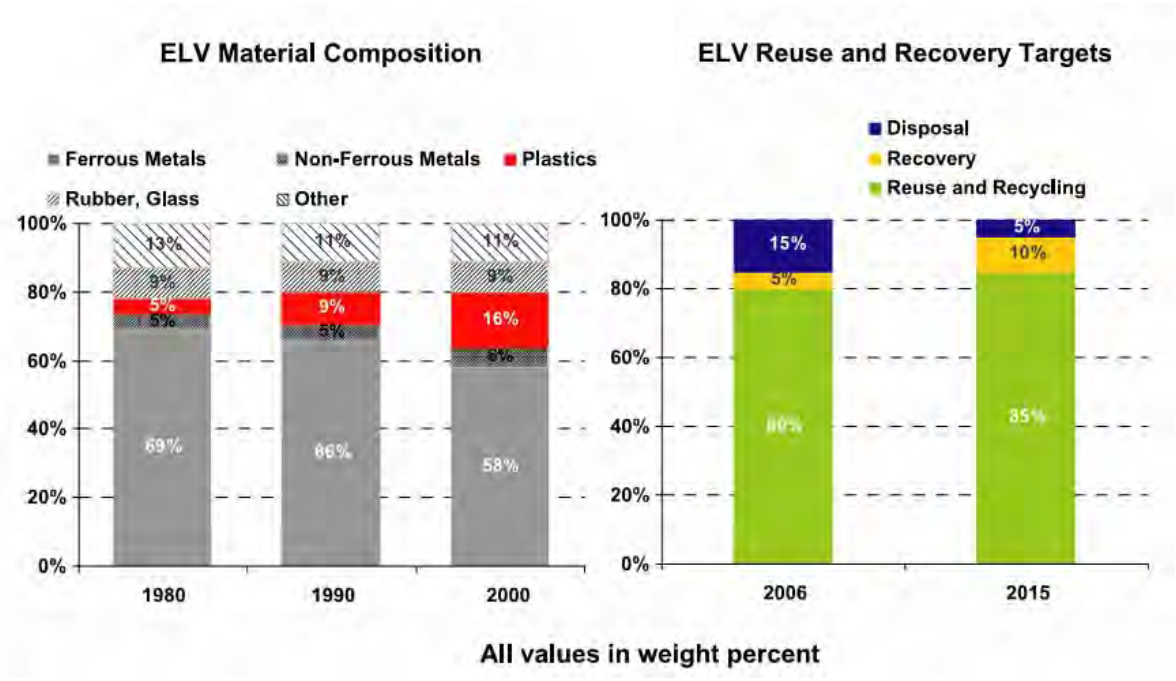
หน่วยงานอื่นข้างต้นจะทำการทดสอบและตรวจสอบรถยนต์เป็นอันดับแรก ถ้ารถยนต์ยังมีสภาพดีอยู่ตัวแทนจำหน่ายอาจจะไม่ส่งรถยนต์นี้ให้กับโรงงานแยกชิ้นส่วน แต่จะทำการนำไปขายต่อในตลาดรถมือสองหรือทำการตกแต่งและประสานงานกับผู้ผลิตรถยนต์เพื่อทำการส่งออก

แต่ถ้าหากรถยนต์ที่ถูกส่งคืนนี้ไม่คุ้มค่าที่จะนำไปขายต่อ มันจะถูกส่งไปให้สุสานรถยนต์หรือโรงงานแยกชิ้นส่วนสำหรับ Cannibalization หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ โรงงานแยกชิ้นส่วนจะทำการประเมินเป็นรอบที่สองเพื่อตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆ ชิ้นส่วนใดที่ยังใช้งานได้โดยปราศจากการซ่อมแซมเพิ่มเติมก็จะถูกถอดออกแล้วขายไป สำหรับชิ้นส่วนและส่วนประกอบที่ยังพอใช้งานได้ (Fairly good condition) และยังขายต่อได้ราคา ชิ้นส่วนนั้นจะถูกถอดออกแล้วนำไปตกแต่งหรือทำการผลิตซ้ำโดยโรงงานแยกชิ้นส่วนหรือโรงงานผู้ผลิตรถยนต์ ซึ่งในกรณีนี้ชิ้นส่วนและส่วนประกอบเหล่านี้จะถูกส่งกลับไปยังโรงงานผู้ผลิต หลังจากถูกถอดชิ้นส่วนและส่วนประกอบต่างๆ ออกหมดแล้วตัวถังรถยนต์ที่เหลือจะถูกส่งไปบดอัดหรือบดย่อยยังโรงงานบดย่อย และสุดท้ายโลหะที่ถูกบดย่อยแล้วจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่ ส่วนวัสดุประเภทอื่นจะถูกนำไปฝังกลบ โดยที่ชิ้นส่วนและส่วนประกอบทั้งหมดที่ถูกส่งกลับอาจจะไม่ได้กลับไปยังเจ้าของต้นทางที่แท้จริง ดังรูปที่ 3-14



รูปที่ 3.14 กรอบแนวคิดของการตรวจสอบรถยนต์ที่ถูกส่งคืน (Chan, Chan et al. 2011)

ถึงแม้ในปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์จะพยายามลดวัสดุที่เป็นโลหะในการผลิตลง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกชิ้นส่วนโดยมากจะเป็นเหล็ก (Ferrous metal) ดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยโลหะทั้งหมดที่ได้ไม่ว่าจะเป็นเหล็กหรือโลหะอื่น ก็จะผ่านการนำไปย่อยก่อนนำกลับไปใช้ใหม่ทั้งสิ้น (Schultmann, Zumkeller et al. 2006; Kumar and Putnam 2008; Qu and Williams 2008; Cruz-Rivera and Ertel 2009)



รูปที่ 3.15 พัฒนาการของสัดส่วนวัสดุ ELV และเป้าหมายของการนำกลับไปใช้ใหม่ในประเทศเยอรมัน (Schultmann, Zumkeller et al. 2006)

ตารางที่ 3.14 การวัดสมรรถนะโซ่อุปทานขยายผล (Benita 1999)

การแบ่งประเภทของตัววัดสมรรถนะ	**ตัววัดสมรรถนะ**
ทรัพยากรที่ใช้	- พลังงานที่ใช้ทั้งหมด
	- วัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด
การฟื้นสภาพผลิตภัณฑ์	- เวลาที่ใช้ในการฟื้นสภาพผลิตภัณฑ์
การนำมาผลิตซ้ำ	- เปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้/วัสดุที่นำมาใช้ซ้ำได้ที่มีเมื่อหมดอายุการใช้งาน
การใช้ซ้ำ	- เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรหรือน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ซ้ำและฟื้นสภาพได้
การนำกลับมาใช้ใหม่	- ความบริสุทธิของวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่
	- เปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต
	- เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ถูกกำจัดหรือเผาทำลาย
	- สัดส่วนของบรรจุภัณฑ์หรือภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
	- อัตราของการฟื้นสภาพวัตถุดิบ
	- อัตราการย้อนกลับหลัก
	- อัตราส่วนของทรัพยากรดั้งเดิมต่อส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่
	- อัตราส่วนของวัตถุดิบที่นำกลับมาใช้ใหม่ต่อวัตถุดิบที่ควรจะนำกลับมาใช้ใหม่
	- ผลิตภาพของวัตถุดิบ (ผลลัพธ์ทางเศรษฐกิจต่อหน่วยของวัตถุดิบที่ใช้)
ลักษณะผลิตภัณฑ์	- ความเป็นประโยชน์ของการทำงานของผลิตภัณฑ์
	- มวลรวมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตทั้งหมด
การนำมาผลิตซ้ำ	- เปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้/วัสดุที่นำมาใช้ซ้ำได้ที่มีเมื่อหมดอายุการใช้งาน
การใช้ซ้ำ	- เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรหรือน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ซ้ำและฟื้นฟูสภาพเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ได้
การนำกลับมาใช้ใหม่	- ความบริสุทธิ์ของวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่
	- เปอร์เซ็นต์ของวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต
	- เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ที่ถูกกำจัดหรือเผาทำลาย
	- สัดส่วนของบรรจุภัณฑ์หรือภาชนะที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้
	- อัตราของการฟื้นสภาพวัตถุดิบ
	- อัตราการย้อนกลับหลัก

เมื่อการฟื้นสภาพของชิ้นส่วนและวัสดุที่สำคัญมีน้ำหนักเฉลี่ยน้อยเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ตามน้ำหนักต่อรถยนต์หนึ่งคัน ประสิทธิภาพของการนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักส่วนใหญ่จะถูกวัดเป็นส่วนแบ่งทั้งหมดของเหล็กในยานยนต์ที่หมดอายุ (ELVs) (Schultmann, Zumkeller et al. 2006)

3.4.3 End-of-Life Vehicles

End-of-Life Vehicles เป็นระเบียบของสหภาพยุโรป (Directive 2000/53/EC) ที่ประกาศอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2543 และมีผลบังคับใช้ไปแล้วตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2546 ระเบียบนี้วางมาตรการเพื่อลดของเสียจากยานยนต์ โดยบังคับให้มีการบำบัดซากยานยนต์อย่างถูกวิธีและให้นำชิ้นส่วน/วัสดุกลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้ตามสัดส่วนที่กำหนด และเพื่อพัฒนาสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมในทุกธุรกิจในวัฏจักรชีวิตของยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บำบัดซากยานยนต์ ซึ่ง End-of-Life Vehicles จะส่งผลต่อผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์เกี่ยวกับการรับภาระค่าใช้จ่ายในการกำจัดซากรถยนต์ โดยมีการตั้งเป้าหมายให้มีสัดส่วนการใช้ซ้ำ/การดึงทรัพยากรคืนไม่ต่ำกว่า 95% โดยน้ำหนักและการใช้ซ้ำ/การรีไซเคิลไม่ต่ำกว่า 85% โดยน้ำหนัก ภายในปี 2557 นอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดในการห้ามใช้โลหะหนัก 4 ประเภท ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) แคดเมียม (Cd) และ โครเมียมเฮกซะวาเลนซ์ (Cr-VI)

3.4.4 อุปสรรคของโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมยานยนต์

อุตสาหกรรมยานยนต์เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในโซ่อุปทานที่ต่อเนื่องกันเป็นจำนวนมากเพื่อที่จะผลิตและนำส่งรถยนต์ ซึ่งประกอบด้วยการจัดซื้อและจัดหา การผลิต และการจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ทั้งหมด ทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่และสำคัญที่สุดของโลก โดยมีอุปสรรคของโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมยานยนต์ 3 ด้าน (Chan, Chan et al. 2011) ประกอบด้วยอุปสรรคด้านการจัดการ ด้านเทคนิค และด้านมุมมอง

1) อุปสรรคด้านการจัดการ

อุปสรรคด้านการจัดการ หมายถึงความยุ่งยากและปัญหาในการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับในโซ่อุปทานวงรอบปิด (Closed loop supply chain) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของโซ่อุปทานอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีจำนวนของผู้เกี่ยวข้องเป็นปริมาณมากในอุตสาหกรรมนี้ ความซับซ้อนของโซ่อุปทานนี้ทำให้การควบคุมโลจิสติกส์ย้อนกลับเป็นไปได้ยากเมื่อการร่วมมือและบูรณาการเป็นไปได้ยากหรือเป็นไปไม่ได้เลย นอกจากนี้ โซ่อุปทานวงรอบปิด (The closed loop system) ไม่ได้ปิดอย่างที่กล่าวไว้ เมื่อเจ้าของรถยนต์นำรถยนต์ไปซ่อมกับอู่ซึ่งไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบของผู้ผลิต (ดังที่โชว์รูมเป็น) สำหรับการบริการและบำรุงรักษา ดังนั้นวัสดุหรือชิ้นส่วนที่ผ่านการใช้งานแล้วแต่ยังสามารถใช้ได้อีกจะหลุดออกไปจากระบบ ดังนั้นชิ้นส่วนนี้จึงไม่สามารถส่งกลับมาที่ฟากของผู้ผลิตได้ และนี่ยังเป็นส่วนหนึ่งของความซับซ้อนของโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

อีกทางหนึ่งก็คือโดยปกติแล้วรถยนต์มีการสั่งตามความเฉพาะตัวสูง หมายความว่าเมื่อมีการแยกชิ้นส่วนรถยนต์คันต่างๆ ที่เป็นรุ่นเดียวกันในเวลาเดียวกัน วัสดุและชิ้นส่วนอาจจะไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (มีความแตกต่างกัน) ซึ่งต่างจากอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรมเครื่องใช้อิเล็คทรอนิคส์ (Consumer electronics) ซึ่งจะทำให้ยากแก่การพยากรณ์การฟื้นสภาพ (Recovery) ของวัสดุและชิ้นส่วนยานยนต์ในทุกระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับ มีนักวิจัยจำนวนมากได้อภิปรายและกล่าวถึงความยากของการวางแผนโลจิสติกส์ย้อนกลับเมื่อเทียบกับโลจิสติกส์ไปข้างหน้า ซึ่งโลจิสติกส์ย้อนกลับจะมีความไม่แน่นอนสูงกว่า (Ronald and Dale 2002) และสุดท้ายคือวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่นี้ ผู้ผลิตอาจจะไม่นำมาใช้เมื่อราคาของมันอาจจะสูงกว่าราคาของวัสดุที่ผลิตใหม่

2) ด้านเทคนิค

อุปสรรคด้านเทคนิคคือปัญหาและข้อจำกัดเกี่ยวกับความยุ่งยากด้านเทคนิคทางกายภาพ ความจริงก็คือไม่ใช่ว่าชิ้นส่วนและส่วนประกอบทุกชิ้นจะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ความขาดแคลนของเทคโนโลยีการนำกลับมาใช้ใหม่ไม่สามารถสร้างวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ได้ตามความต้องการ ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งทางด้านเทคนิคคือ

ปริมาณของยานพาหนะที่ถูกนำมาแยกชิ้นส่วน ตัวยานพาหนะนั้นประกอบด้วยชิ้นส่วนและส่วนประกอบหลายพันชิ้นซึ่งเป็นวัสดุหลากหลายประเภท เช่น พลาสติกและโลหะซึ่งไม่ใช้เหล็ก ดังนั้นการแยกชิ้นส่วนยานพาหนะไม่ได้ง่ายอย่างในผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนบุคคล สุดท้ายคือขั้นตอนการแยกชิ้นส่วนของยานพาหนะที่ถูกส่งกลับมานั้นอาจจะต้องการเครื่องมือขนาดใหญ่หรือเทคนิคในการถอดชิ้นส่วนที่ประณีตทำให้มันไม่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่น

3) ด้านมุมมอง

อุปสรรคด้านมุมมองหมายถึงการรับรู้ที่หลากหลายตั้งแต่ลูกค้าไปจนถึงผู้รับจ้างผลิต (Original equipment manufacturers, OEMS) ในการใช้ซ้ำของวัสดุที่ยังเป็นประโยชน์อยู่หรือวัสดุจากการผลิตซ้ำ ซึ่งการรับรู้เหล่านี้ส่งผลเสียหายต่อความสำเร็จของโลจิสติกส์ย้อนกลับ เพื่อความเป็นธรรมแล้วต้นกำเนิดของการรับรู้นี้เกี่ยวกับความเคร่งครัดข้อบังคับด้านความปลอดภัยของยานพาหนะ เมื่อลูกค้าจะรู้สึกไม่ปลอดภัยเมื่อรับทราบว่าตนกำลังขับรถยนต์ที่มีการใช้วัสดุที่มีการใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ ถึงแม้คุณภาพและประสิทธิภาพของรถยนต์จะผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน ดังนั้นจะทำอย่างไรให้เกิดการตลาดที่ท้าทายสำหรับผู้บริหารระดับสูงและเจ้าหน้าที่การตลาด

จากคำกล่าวข้างต้น ผู้คนในทุกวันนี้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากความตระหนักถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและกฎหมายของการกำจัดยานพาหนะ (The legal requirements of disposing vehicles) อย่างไรก็ตามทุกบริษัทยังคำนึงถึงค่าใช้จ่ายเป็นสำคัญแทนที่จะเป็นความต้องการสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Chan, Yin et al. 2009) เพื่อที่จะเอาชนะสถานการณ์นี้จึงต้องมีการค้นหาตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับและการดำเนินการโลจิสติกส์ย้อนกลับที่มีประสิทธิผลอย่างลึกซึ้ง

3.4.5 ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ

Chan, F.T.S., H.K. Chan, and V. Jain (2011)(Chan, Chan et al. 2011) ได้สรุปตัวขับเคลื่อนหลักของโลจิสติกส์ย้อนกลับในอุตสาหกรรมยานยนต์ไว้ว่า มีหลายเหตุผลหรือหลายตัวขับเคลื่อนสำหรับการทำงานโลจิสติกส์ย้อนกลับ มันชัดเจนว่าโลจิสติกส์ย้อนกลับไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เมื่อผลิตภัณฑ์ที่จุดปลายของโซ่อุปทานจะมีโอกาสย้อนกลับมาเสมอเนื่องจากการเรียกคืน การรับประกัน เป็นต้น โดยจะมีตัวขับเคลื่อนทั่วไปของโลจิสติกส์ย้อนกลับคือตัวขับเคลื่อนด้านธุรกิจ (Economic) ด้านการตลาด และแรงจูงใจด้านข้อกฎหมาย (Ranade 1999) ความรับผิดชอบที่องค์กรธุรกิจพึงมีต่อผลกระทบ จากการดำเนินงานธุรกิจที่เกิดขึ้นต่อสังคม (Corporate citizenship) และข้อกฎหมายและประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม (Ravi, Shankar et al. 2005) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยตัวขับเคลื่อนด้านธุรกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อกฎหมายและความรับผิดชอบต่อสังคม (De Brito and Dekker 2004) โดยในตารางที่ ได้ทำการสรุปและอธิบายเหตุผลทั่วไปของโลจิสติกส์ย้อนกลับดังที่อภิปรายไว้ข้างต้น

ตารางที่ 3.15 ตัวขับเคลื่อนหลักสำหรับโลจิสติกส์ย้อนกลับ

เหตุผล	รายละเอียด
การส่งกลับที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้	เหตุผลสำหรับการส่งคืนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ของผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยหลายเหตุผลคือผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิซึ่งทำให้เกิดการเรียกกลับ (Recall) หรือสินค้าไม่ได้คุณภาพตามที่รับรองไว้หลักจากมีการขายแล้ว และยังอยู่ในการรับประกัน ลูกค้าจะนำผลิตภัณฑ์กลับไปซ่อมที่ศูนย์กลางที่ซึ่งโลจิสติกส์ย้อนกลับเริ่มต้นขึ้น
ข้อกังวลด้านสิ่งแวดล้อม	ผู้คนทุกวันนี้มุ่งเน้นเกี่ยวกับประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยมีการสร้างตราสินค้าสีเขียวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการสร้างตลาดใหม่สำหรับสินค้าที่ถูกส่งคืน (Fleischmann, Beullens et al. 2001) โดยแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อมจะเกี่ยวกับการกำจัดของเสียหรือขยะ โดยมีข้อแนะนำว่าสินค้าที่ถูกใช้แล้วสามารถใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ต้องนำไปฝังกลบเสมอไป ดังนั้นขยะจึงน้อยลงและวัสดุที่เป็นประโยชน์จะถูกใช้อย่างพินิจพิเคราะห์มากขึ้นเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม โดยเรียกแนวคิดนี้ว่า Cradle to cradle (Kumar and Putnam 2008)
การบังคับใช้ข้อกฎหมาย	กฎหมายจะช่วยสนับสนุนการนำไปปฏิบัติของโลจิสติกส์ย้อนกลับ (Chan 2007) โดยทุกวันนี้มีหลายประเทศที่บังคับใช้ข้อกฎหมายเกี่ยวกับการฟื้นสภาพสินค้าที่หมดอายุ ผู้ผลิตจำเป็นต้องจ่ายเงินในการขนย้ายขยะ และค่าใช้จ่ายในการรวบรวมและการใช้ซ้ำของสินค้าที่ไม่ได้ถูกใช้ด้วย การนำกลับมาใช้ใหม่และการใช้ซ้ำวัสดุที่เป็นประโยชน์จากสินค้าที่หมดอายุสามารถลดปริมาณและขนาดของขยะได้
ด้านธุรกิจ	การควบคุมโลจิสติกส์ย้อนกลับที่ประสบผลสำเร็จสามารถอำนวยความสะดวกให้กับสมาชิกในโซ่อุปทานได้และสามารถทำให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและธุรกิจ โดยบริษัทสามารถหาโอกาสในการลดต้นทุนจากการขนถ่ายขยะของเสียด้วยการซ่อมแซม การใช้ซ้ำหลังจากการตกแต่ง (Reusing refurbishing) การผลิตซ้ำ หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ของสินค้าหรือวัสดุที่ยังมีคุณค่าและเป็นประโยชน์อยู่ เช่น ในธุรกิจโทรศัพท์ไร้สายมีการรวบรวมและตกแต่งโทรศัพท์เพื่อทำการผลิตใหม่ โดย 70% ของโทรศัพท์ที่รวบรวมได้สามารถนำมาผลิตใหม่ได้อย่างคุ้มค่า (Guide, Teunter et al. 2003; Franke, Basdere et al. 2006)
ความรับผิดชอบต่อสังคม	บริษัทสามารถใช้โลจิสติกส์ย้อนกลับสำหรับกิจกรรมความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility, CSR) ซึ่งเป็นที่สนใจของลูกค้าในปัจจุบันได้ โดยจะทำให้เกิดความน่าเชื่อถือและความสามารถในการแข่งขันของตราสินค้าได้ (Marien 1998) สำหรับบริษัทชั้นนำแล้วมันมีความสำคัญที่จะต้องพัฒนาธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อไม่ให้ชื่อเสียงของบริษัทเสียหายและสูญเสียรายได้

นอกจากนี้ยังมีแรงกระตุ้นที่เหลืออีกคือการเรียกคืนสินค้า (Product recall) กฎหมายเกี่ยวกับการกำจัดขยะ (Laws of disposal) และคุณค่าของชิ้นส่วนและส่วนประกอบที่ถูกส่งคืน (Value of returned parts and components) (Chan, Chan et al. 2011) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเรียกคืนสินค้า เพื่อการรับประกันคุณภาพสินค้าของผู้ผลิตรถยนต์ บริษัทต้องเตรียมพร้อมสำหรับการเรียกคืนสินค้าและบริการซ่อมแซมเพื่อรักษาระดับการบริการลูกค้าให้สูงอยู่เสมอ

2) กฎหมายการกำจัดขยะ กฎหมายเป็นตัวกระตุ้นที่มีประสิทธิรูปที่สุดในการบังคับใช้โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Chan 2007) เมื่อขยะที่เกิดจากรถยนต์ที่จะนำไปกำจัดสามารถส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ เช่น น้ำมันเพียงหนึ่งลิตรสามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนแก่แหล่งน้ำได้หนึ่งล้านลิตร และน้ำมันที่ซึมลงไปในดินจะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากนี้เนื่องกฎหมายยังบังคับให้ผู้ผลิตรถยนต์เป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับชิ้นส่วนและส่วนประกอบที่นำไปกำจัด ทำให้ผู้ผลิตหันไปสนใจการนำสิ่งที่ยังเป็นประโยชน์กลับมาใช้ในโซ่อุปทานเพื่อใช้ประโยชน์จากสินค้าให้ได้มากที่สุด

3) คุณค่าของชิ้นส่วนและส่วนประกอบที่ถูกส่งคืน มีนักวิจัยเป็นจำนวนมากให้การสนับสนุนว่ายานยนต์ที่ถูกส่งคืนมายังมีคุณค่าแก่การนำกลับไปใช้ใหม่อยู่ เนื่องจากปริมาณทรัพยากรที่จำกัดของเหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น โดยอุตสาหกรรมยานยนต์จะมุ่งเน้นไปที่การนำกลับไปใช้ใหม่ของเหล็ก เพื่อที่จะให้การย้อนกลับของสินค้าให้คุณค่าสูงสุด ผู้ผลิตจึงต้องให้ความสำคัญไปที่โลจิสติกส์ย้อนกลับโดยทำงานร่วมกับโรงงานแยกชิ้นส่วนมากขึ้น โดยการสร้างโครงข่ายการฟื้นสภาพอย่างเป็นทางการ (A network of authorized recovery) ด้วยพื้นฐานของการดำเนินการ End-of-life vehicle (ELV) ในปัจจุบันสามารถกำหนดประเภทของชิ้นส่วนได้ดังตารางที่ 3-17 (Chan, Chan et al. 2011)

ตารางที่ 3.16 กรอบแนวคิดของรูปแบบการใช้ซ้ำของชิ้นส่วนและส่วนประกอบ

No.	Part or component	Remanufacture by manufacturers (Group 1)	Refurbish by recover (Group 2)	Recycle (Group 3)
1	Hood			✖
2	Engine	✖	✖	
3	Wire harness			✖
4	Engine oil			✖
5	Gear oil			✖
6	Coolant			✖
7	Radiator		✖	✖
8	Bumper		✖	✖
9	Battery	✖	✖	
10	Transmission	✖	✖	
11	Suspension		✖	✖
12	Wheel		✖	✖
13	Catalytic converter	✖		✖
14	Door			✖
15	Tyre		✖	✖
16	Trunk			✖
17	Vehicle body			✖
18	Seat			✖
19	Window			✖

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) หลังคา

หลังคารถยนต์มักจะสร้างด้วยโลหะ ซึ่งสามารถนำกลับไปใช้ใหม่เป็นชิ้นส่วนรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์โลหะประเภทอื่นๆ ได้ โลหะนั้นเป็นวัสดุที่ถูกนำกลับไปใช้ใหม่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะประกอบด้วยแร่เหล็กซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด (Spengler, Geldermann et al. 1998) ทำให้มีความคุ้มค่าที่จะนำโลหะไปใช้ซ้ำหรือนำกลับไปใช้ใหม่ และที่สำคัญคือในทางปฏิบัติแล้วหลังคารถยนต์ไม่สามารถนำไปตกแต่งใหม่หรือทำการผลิตซ้ำได้ เนื่องจากหลังคารถยนต์ที่ถูกส่งกลับมานั้นจะได้รับความเสียหายมาก เช่น เป็นรอยขีดข่วนชัดเจน นอกจากนี้รถยนต์แต่ละรุ่นจะมีขนาดและรูปลักษณ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวทำให้นำไปใช้ซ้ำได้ยาก เพราะฉะนั้นการนำหลังคารถยนต์กลับไปใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบจึงเป็นทางที่ดีที่สุด

2) เครื่องยนต์

เครื่องยนต์เป็นชิ้นส่วนที่ละเอียดอ่อนเนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ จำนวนมากและน้ำหล่อเย็น โดยมักจะผลิตจากอลูมิเนียมเป็นหลัก ถ้าไม่ถูกนำกลับไปใช้ซ้ำ มันจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่เป็นวัสดุอลูมิเนียมซึ่งมีความคุ้มค่าโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มและการก่อสร้าง (Shinzato and Hypolito 2005) อย่างไรก็ตามการขนถ่ายเครื่องยนต์ต้องใช้วิธีการและเทคนิคพิเศษจึงควรดำเนินการโดย โรงงานรีไซเคิลรถยนต์โดยเฉพาะ โรงงานรีไซเคิลที่ได้รับอนุญาต หรือโรงงานรีไซเคิลที่ได้รับการรับรอง

เนื่องจากเครื่องยนต์เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมาก หากเครื่องยนต์ยังสามารถใช้งานได้ดีอยู่ มันสามารถนำไปขายต่อได้ราคา เครื่องยนต์ที่ได้รับการตกแต่งใหม่จะถูกส่งกลับไปยังผู้ผลิตรถยนต์สำหรับการผลิตซ้ำ โดยเครื่องยนต์ที่มาจากการผลิตซ้ำสามารถใช้ได้กับทั้งรถยนต์ที่ผลิตขึ้นใหม่และรถยนต์ที่ต้องการใช้เครื่องยนต์ทดแทน ซึ่งจากการศึกษาจะทำให้ลดการใช้พลังงานเหลือเพียง 83% และใช้วัตถุดิบใหม่เพียง 26-90% เมื่อเทียบกับการที่ต้องผลิตเครื่องยนต์ใหม่ทั้งหมด (Smith and Keoleian 2004)

3) สายไฟ

วัสดุที่ใช้ทำสายไฟส่วนใหญ่จะมาจากทองแดงและพีวีซี เนื่องจากการขายต่อไม่ได้ราคา จึงมักจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบ ถึงแม้การผลิตสายไฟใหม่คุ้มค่ากว่าการเก็บรวบรวมสายไฟเพื่อนำไปตกแต่งใหม่หรือทำการผลิตซ้ำ แต่มันสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำเป็นวัตถุดิบได้ โดยการนำกลับไปใช้ใหม่ของทองแดงจะขึ้นกับความผันผวนของราคาทองแดง เมื่อความต้องการทองแดงมีปริมาณสูงนำขณะที่อุปทานไม่ชัดเจน ทำให้เป็นไปได้ที่จะนำทองแดงกลับไปใช้ใหม่

4) น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และสารหล่อเย็น

น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และสารหล่อเย็นสามารถใช้ซ้ำได้สำหรับพลังงานทางเลือกของหม้อต้มและเตาถ่าน เพื่อเหตุผลทางด้านความปลอดภัยการสกัดและขนถ่ายน้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และสารหล่อเย็นต้องใช้เทคนิคพิเศษและมีวิธีการเก็บที่เฉพาะเจาะจง เช่น ระบบการเจาะและดูดออก (Drilling and suction system) ซึ่งต้องดำเนินการโดยผู้ที่ได้รับอนุญาตหรือได้รับการรับรอง หากผู้ผลิตต้องการที่จะใช้สารเหลวพวกนี้ซ้ำพวกเขาต้องซ้ำจากผู้ที่ทำการรีไซเคิลแทนที่จะเก็บรวบรวมสารเหล่านี้เอง เมื่อมันไม่คุ้มค่าที่จะทำการเก็บรวบรวมและขนส่งของเหลวเหล่านี้ไปให้กับผู้ผลิตและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน การนำน้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และสารหล่อเย็นกลับไปใช้ใหม่เป็นหนทางแนะนำ

5) หม้อน้ำรถยนต์

ในรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ส่วนใหญ่หม้อน้ำรถยนต์จะถูกเปลี่ยนจากการใช้โลหะมาเป็นการใช้วัสดุเรซินสำหรับส่วนถังและใช้อลูมิเนียมสำหรับส่วนแกนแทน ถึงแม้หม้อน้ำรถยนต์ประกอบด้วยอลูมิเนียมและทองแดงซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะในการนำกลับไปใช้ใหม่ หากจะนำไปตกแต่งซ้ำหรือนำไปผลิตซ้ำต้องมีการทำความสะอาดเอาสารเคมีอันตรายออก ต้องมีการจัดเก็บ ขนส่ง เป็นต้น ถึงแม้จะมีราคาขายต่อที่ต่ำแต่มันยังสามารถทำกำไรได้ในตลาดสินค้ามือสอง

6) กันชนรถยนต์

กันชนรถยนต์ผลิตจากพอลิโพรพิลีน (PP) กันชนรถยนต์เป็นที่ต้องการของลูกค้าเพราะมันเสียหายได้ง่าย หากกันชนรถยนต์เสียหายจนไม่สามารถใช้ซ้ำได้ มันจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอุปกรณ์ประดับยนต์ โดยการนำกลับไปใช้ใหม่นี้บางครั้งต้องใช้เครื่องมือในการถอดแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ จึงแนะนำให้มีการตกแต่งซ้ำหรือผลิตซ้ำ หรือหากจะมีการผลิตซ้ำจะกันชนรถยนต์ที่ถูกใช้แล้วหรือถูกแยกชิ้นส่วนแล้วก็ยังมีปัญหาในการขนส่งเพราะเป็นส่วนประกอบที่มีขนาดใหญ่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่สูง เมื่อเทียบกันแล้วการตกแต่งซ้ำจะมีความเป็นไปได้มากกว่าเนื่องจากค่าขนส่งและค่าขนถ่ายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามกันชนรถยนต์สามารถใช้ซ้ำ ตกแต่งซ้ำและทาสีซ้ำได้เพื่อที่จะให้มีการใช้กันชนรถยนต์ซ้ำสำหรับรถยนต์คันใหม่หรือรถยนต์ที่นำมาซ่อม

7) แบตเตอรี่

จากข้อกำหนดของ ELV (Depollution and removal) การฟื้นสภาพแบตเตอรี่ต้องมีการเตรียมการก่อนเพราะแบตเตอรี่ประกอบด้วยวัตถุอันตรายซึ่งจะทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลต่อปัญหาสุขภาพและความปลอดภัย เช่น ตะกั่วและแคดเมียมในแบตเตอรี่ต้องมีการขนถ่ายและดูแลเป็นพิเศษ หากจะย่อยทำลายแบตเตอรี่แล้วจะมีขั้นตอนในการกำจัดสารเป็นที่ยุ่งยาก จึงควรนำแบตเตอรี่ไปทำการตกแต่งซ้ำหรือทำ

การผลิตซ้ำ เพราะรถยนต์ทุกคันต้องใช้แบตเตอรี่ทำให้แบตเตอรี่ไม่ล้าสมัยและปริมาณความต้องการชัดเจน หากจะมีการลงทุนทางด้านการขนส่งและขนถ่ายที่ยอมรับได้ การตกแต่งซ้ำและการผลิตซ้ำเป็นทางเลือกที่แนะนำ

8) Transmission

เนื่องจากมีราคาขายต่อที่สูง Transmission ซึ่งประกอบด้วยเหล็กและอลูมิเนียม ไม่แนะนำให้นำกลับไปใช้ใหม่เป็นวัตถุดิบ Transmission สามารถตกแต่งซ้ำและฟื้นสภาพในการใช้เป็น Transmission มือสอง ซึ่งสามารถผลิตซ้ำสำหรับรถยนต์ที่ผลิตใหม่ได้

9) ชิ้นส่วนรับแรงกระแทก

ชิ้นส่วนรับแรงกระแทกเป็นระบบที่ประกอบด้วยสปริง ตัวรับแรงกระแทก และส่วนต่อเชื่อมระหว่างรถยนต์และล้อ ซึ่งผลิตด้วยเหล็กและอลูมิเนียม ชิ้นส่วนรับแรงกระแทกเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญของรถยนต์เมื่อมันให้ความมั่นใจเกี่ยวกับการควบคุมรถและการหยุดรถเพื่อความปลอดภัยและความพึงพอใจในการขับขี่ และทำให้ผู้โดยสารได้รับความสะดวกสบาย สำหรับชิ้นส่วนรับแรงกระแทกที่ไม่ดีแล้วให้นำกลับไปใช้ใหม่เพราะต้องมีการตรวจสอบที่ยุ่งยาก สำหรับชิ้นส่วนรับแรงกระแทกชิ้นไหนที่ยังดีอยู่นั้นสามารถนำไปตกแต่งซ้ำและฟื้นสภาพ แต่ด้วยเหตุผลทางด้านธุรกิจ ชิ้นส่วนรับแรงกระแทกจะไม่ถูกส่งกลับไปยังผู้ผลิตเนื่องจากไม่คุ้มค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมและขนส่ง

10) ล้อ

ล้อใช้วัตถุดิบจากเหล็กและอลูมิเนียม จึงถูกแนะนำให้นำกลับไปใช้ใหม่ในรูปของเหล็กและอลูมิเนียม ซึ่งจะคุ้มค่ากว่าส่งกลับไปยังผู้ผลิตเพื่อทำการผลิตซ้ำ เนื่องจากมันมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่สูงเพราะมีน้ำหนักมากและปริมาตรที่ใหญ่ ซึ่งต่างจากค่าใช้จ่ายในการตกแต่งซ้ำหากล้อรถยนต์ยังมีสภาพดีอยู่ มันสามารถตกแต่งซ้ำเพื่อขายหรือใช้เป็นชิ้นส่วนทดแทนได้

11) Catalytic converters

มีการแนะนำว่ามันเป็นไปได้ที่จะสกัดทองคำขาวจาก Catalytic converters เหล็กที่ได้จากโลหะที่เสื่อมสภาพแต่ยังมีค่าอยู่ที่ได้จาก Catalytic converters สามารถนำไปฟื้นสภาพได้ ทองคำขาว โรเดียม และพัลลาเดียมสามารถฟื้นสภาพสำหรับนำไปใช้ซ้ำได้ทั้งใน Catalytic converters ที่ผลิตขึ้นใหม่และใช้เพื่อการอื่น อย่างไรก็ตาม แต่ไม่แนะนำให้ทำการตกแต่งซ้ำเพราะมีข้อกำหนดด้านการปล่อยสารพิษที่เคร่งครัด และหากต้องการใช้ Catalytic converters ซ้ำจะต้องผ่านการตรวจคุณภาพหลายขั้นตอน (Schultmann, Zumkeller et al. 2006)

12) ประตู

เนื่องจากประตูเป็นชิ้นส่วนที่มีความเฉพาะตัวสูง โดยจะมีรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกันทุกคัน จึงเป็นที่ชัดเจนว่ามันจะไม่ถูกนำไปตกแต่งซ้ำหรือทำการผลิตซ้ำ ด้วยค่าใช้จ่ายในขนส่งที่สูงเนื่องจากประตูเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่และมีปริมาตรที่ใหญ่ ค่าใช้จ่ายในการผลิตซ้ำก็สูงและไม่คุ้มค่า การผลิตซ้ำและการตกแต่งซ้ำเพื่อขายต่อก็ไม่ได้ราคา เพราะฉะนั้นจึงไม่แนะนำให้ทำการผลิตประตูซ้ำ แต่ประตูซึ่งผลิตจากเหล็กสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้อย่างคุ้มค่า

13) ยาง

ในอดีตนั้นยางที่ใช้แล้วสามารถนำไปกำจัดโดยการฝังกลับได้อย่างง่ายดาย แต่เมื่อมีความตระหนักทางด้านสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นและสถานที่ฝังกลบก็ลดลง การกำจัดยางด้วยการฝังกลบก็เป็นการผิดกฎหมาย (Corti and Lombardi) แต่ยางก็ยังสามารถนำกลับไปใช้ใหม่และฟื้นสภาพได้ หากยางอยู่ในสรูปที่ดีอยู่มันสามารถขายหรือส่งออกได้

14) ตัวถังรถยนต์

ตัวถังรถยนต์ผลิตโดยเหล็กซึ่งสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้เป็นอย่างดี การใช้ซ้ำของตัวถังที่ถูกแยกชิ้นส่วนออกก็เป็นไปไม่ได้เพราะรูปร่างและการออกแบบตัวถังของรถแต่ละคันแตกต่างกันเช่นเดียวกับกรณีของประตู จึงไม่แนะนำให้ทำการตกแต่งซ้ำหรือทำการผลิตซ้ำของตัวถังรถยนต์ที่ส่งกลับมา โดยความเป็นไปได้มากที่สุดในการใช้ตัวถังรถยนต์ที่ถูกส่งกลับมาคือการบดอัดและการบดย่อยสำหรับเป็นเหล็กที่นำกลับไปใช้ใหม่

15) เบาะนั่ง

เบาะนั่งนั้นผลิตจากวัสดุที่หลากหลาย เช่น โฟมพอลิยูรีเธน (PUR) และเส้นใย ทำให้เป็นการยากที่จะนำกลับไปใช้ใหม่ เพราะการแยกส่วนประกอบต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้นเบาะนั่งมักจะถูกบดอัดแล้วนำไปฝังกลบ โดยปกติแล้วการตกแต่งซ้ำและการผลิตซ้ำของเบาะนั่งไม่คุ้มค่า ดังนั้นจึงแนะนำให้นำกลับไปใช้ใหม่หรือนำไปฝังกลบและหาทางนำพลาสติกที่อยู่ในเบาะนั่งกลับไปใช้ใหม่ ทุกวันนี้วัสดุส่วนใหญ่ที่ได้จากรถยนต์สามารถนำกลับไปใช้ใหม่หรือฟื้นสภาพได้ยกเว้นพลาสติกและแก้ว ดังนั้นตามข้อกำหนดของ ELV จึงช่วยในการแก้ไขปัญหานี้โดยให้ความมั่นใจว่าการใช้ซ้ำและการฟื้นสภาพจะเพิ่มโดยมีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดอยู่ที่ 95% โดยน้ำหนักต่อรถยนต์หนึ่งคัน ในขณะที่การใช้ซ้ำและการฟื้นสภาพต่ำสุดจะเพิ่มเป็น 85% ในปี ค.ศ. 2015 (Coates and Rahimifard 2007) ดังนั้นการนำเบาะนั่งกลับไปใช้ใหม่ควรได้รับการสนับสนุนเพื่อจะเติมเต็มตามข้อกำหนดที่จะมาถึง

16) หน้าต่าง

เช่นเดียวกับเบาะนั่ง หน้าต่างไม่คุ้มที่จะตกแต่งซ้ำหรือผลิตซ้ำ หน้าต่างที่ถูกส่งกลับมักจะเป็นรอยและแตกหักเสียหายทำให้ไม่คุ้มที่จะใช้ซ้ำ กระจกนั้นสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้แต่ไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากต้องมีค่าใช้จ่ายและใช้เวลา โดยรถยนต์ส่วนมากจะใช้กระจกนิรภัยและกระจกนิรภัยหลายชั้น กระจกนิรภัยสามารถถอดออกได้ง่ายหลักจากทำให้ละเอียด แต่ว่ากระจกนิรภัยหลายชั้นจะไม่แตกเป็นเม็ดข้าวโพดและต้องค่อยๆ ถอดออก ซึ่งต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายที่มากกว่า เนื่องจากราคาขายต่อที่ต่ำการนำกระจกกลับไปใช้ใหม่ไม่นิยมเท่าการนำไปฝังกลบ

3.5 ประเภทของเศษเหล็ก (ที่มา: กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

ในการกำหนดลำดับชั้นคุณภาพเศษเหล็กเป็นหลักเกณฑ์อ้างอิงในการซื้อขายได้มีการออกประกาศโดยกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ (กพร.) กระทรวงอุตสาหกรรม โดยได้มีการจัดทำ“คู่มือการกำหนดลำดับชั้นคุณภาพเศษเหล็ก” เพื่อให้เป็นมาตรฐานวัตถุดิบของอุตสาหกรรมเหล็กซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีมูลค่าสูงของประเทศ เศษเหล็กถือว่าเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำมาหลอมกลับมาใช้งานใหม่ได้ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีและกายภาพได้ ถ้านำเหล็กมีความสะอาดจากเศษเหล็กที่มีคุณภาพดีและมีความหนาแน่นที่พอเหมาะสามารถลดการใช้พลังงานได้ ในการกำหนดลำดับชั้นคุณภาพเศษเหล็กสามารถแบ่งประเภทเศษเหล็กตามลักษณะทางกายภาพได้ 10 ประเภท ดังนี้

1. เศษเหล็กหนาพิเศษ แบ่งออกเป็น
   1) เศษเหล็กหนาพิเศษประเภทที่ 1 (Spot No.1)
      เศษเหล็กประเภทนี้มีความหนามากกว่า 6 มม. และมีที่มาจากแหล่งเดียวกัน
   2) เศษเหล็กแผ่นหนาและเศษเหล็กรูปพรรณ (Plate and structural steel)
      เป็นเศษที่ได้จากการตัดเหล็กแผ่นหนาซึ่งรวมไปถึงเหล็กรูปพรรณที่มีความหนามากกว่า 6 มม. ยาวไม่เกิน 80 ซม. และกว้างไม่เกิน 60 ซม.
2. เศษเหล็กหนา
   1) เศษเหล็กหนาประเภทที่ 1 (No.1 Heavy Melting Steel)

เป็นเศษเหล็กกล้าที่มีความหนามากกว่า 5 มม. ยาวไม่เกิน 80 ซม. และกว้างไม่เกิน 60 ซม. เป็นเศษเหล็กเก่าจากครัวเรือน ในบางกรณีมีชั้นเคลือบสังกะสีหรือผิวรีดร้อน (เหล็กดำ) ตัวอย่างเช่น ท่อแป๊ปโซ่ขนาดใหญ่ แบบหล่อคอนกรีต และนั่งร้ายเหล็ก เป็นต้น

2) เศษเหล็กหนาประเภทที่ 2 (No.2 Heavy Melting Steel)

จะมีความหนามากกว่าเศษเหล็กหนาประเภทที่ 1 ประมาณ 3 มม. แต่ไม่เกิน 5 มม. ยาวไม่เกิน 80 ซม. และกว้างไม่เกิน 60 ซม. ตัวอย่างเช่น ฉากพับ ชั้นวางของ ถัง 200 ลิตร โครงรถจักรยานยนต์ เป็นต้น

3. เศษเหล็กจากกระบวนการผลิต (Process scrap)

1) เศษปลายเหล็กจากกระบวนการผลิตเหล็กกล้า (Bar crops and plate scrap)

ตัวอย่างของเศษเหล็กประเภทนี้คือส่วนหัวหรือส่วนท้ายของเหล็กที่ถูกตัดระหว่างการรีดร้อน เหล็กทรงยาว เหล็กเส้นก่อสร้างทั้งชนิดเหล็กข้ออ้อย เหล็กเส้นกลม และเหล็กลวด เป็นต้น

2) เศษเหล็กแผ่นจากการตัดขอบ และการปั๊มขึ้นรูป

เป็นเศษเหล็กจากกระบวนการผลิตที่ใช้เหล็กแผ่นเป็นวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่น จากกระบวนการปั๊ม การเจาะหรือการตัดขอบ เป็นเศษเหล็กที่ยังไม่เกิดสนิมหรือชั้นเคลือบใด ๆ ที่มีความกว้างและความยาวไม่เกิน 30 ซม. ทั้งนี้ยังรวมไปถึงเศษเหล็กจากกระบวนการรีดร้อน

4. เศษเหล็กลูกอัด

1) เศษเหล็กลูกอัดประเภทที่ 1 (No.1 Bundles)

เศษเหล็กประเภทนี้ถือว่าเป็นเศษเหล็กใหม่จากกระบวนการผลิต ขนาดของลูกอัดขนาดใหญ่ที่เหมาะสมจะมีขนาดประมาณ 60*60*60 ซม. ส่วนขนาดของลูกอัดขนาดเล็กที่เหมาะสมจะมีขนาดประมาณ 30*30*30 ซม. น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของลูกอัดต้องไม่น้อยกว่า 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2) เศษเหล็กลูกอัดประเภทที่ 2 (No.2 Bundles)

เศษเหล็กลูกอัดประเภทนี้มีลักษณะเหมือนกับเศษเหล็กลูกอัดประเภทที่ 1 แต่เป็นเศษเหล็กเก่า

5. เศษเหล็กขยี้ (Shredded scrap)

เป็นเศษเหล็กที่ถูกเพิ่มความหนาแน่นจากการปรับสภาพโดยการขยี้ ซึ่งมาจากเศษเหล็กหนาประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ความหนาแน่นของเศษเหล็กขยี้จะไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

6. เศษเหล็กหล่อ (Cast iron scrap)

เป็นเศษเหล็กจากชิ้นงานหล่อที่ผ่านการใช้งานแล้วชนิดไม่มีธาตุผสม อาทิเช่น เสื้อสูบ เฟือง มอเตอร์หรือท่อเหล็กหล่อไม่ว่าจากเหล็กหล่อเทาหรือเหล็กหล่อเหนียว

7. เศษขี้กลึง

1) เศษขี้กลึงเหล็กกล้า (Machine shop turnings)

เป็นเศษเหล็กที่เกิดจากการตบแต่งชิ้นงานผ่านกระบวนการกลึง การเจาะ การกัด หรือกระบวนการทางกลอื่น ๆ เศษขี้กลึงถือว่าเป็นเศษใหม่ที่ไม่มีสนิมหรือผิวออกไซด์และไม่มีน้ำมันผสมที่มากเกินไป

2) เศษขี้กลึงเหล็กหล่อ (Iron borings)

เป็นเศษเหล็กที่ได้จากการตบแต่งชิ้นส่วนเหล็กหล่อที่ไม่มีการเติมธาตุผสมด้วยกระบวนทางกล เศษนี้ไม่มีสนิมหรือผิวออกไซด์และไม่มีน้ำมันผสมที่มากเกินไป

8. เศษเหล็กบาง (Light scrap)

เศษเหล็กประเภทนี้มีลักษณะเหมือนกับเศษเหล็กหนาประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ซึ่งมีความหนาน้อยกว่า 3 มม. ยาวไม่เกิน 80 ซม. และกว้างไม่เกิน 60 ซม. ตัวอย่างเช่น แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีที่ยังไม่เป็นสนิม เป็นต้น

9. เศษเหล็กคละ (Mixed scrap)

เป็นเศษเหล็กที่ผสมกันมากกว่า 1 ชนิด เช่น ระหว่างเศษเหล็กหนากับเศษเหล็กบาง เป็นต้น มีความยาวไม่เกิน 80 ซม. และกว้างไม่เกิน 60 ซม.

10. เศษเหล็กกระป๋อง

1) เศษเหล็กกระป๋องประเภทที่ 1 (Steel can bundle)

เป็นเศษเหล็กที่เกิดจากกระป๋องเหล็กนำมาอัดเป็นก้อนซึ่งมาจากโรงานผลิตกระป๋องหรือกระป๋องเก่าจากแหล่งที่ไม่มีการปนเปื้อนโดยไม่มีผิวเคลือบดีบุก

2) เศษเหล็กกระป๋องประเภทที่ 2 (Steel can scrap)

เป็นเศษเหล็กที่ได้มาจากของเสียจากโรงานผลิตกระป๋องหรือกระป๋องเก่าจากแหล่งที่ไม่มีการปนเปื้อนโดยไม่มีผิวเคลือบดีบุก

นอกจากนี้แล้วยังสามารถแบ่งประเภทเศษเหล็กตามพิกัดอัตราภาษีศุลกากรประเภท 72.04 เป็นรายการเศษและของที่ไม่ได้จำพวกเหล็กรวมทั้งอินกอตที่หลอมจากที่ใช้ไม่ได้ที่เป็นเหล็กหรือเหล็กกล้า ทั้งนี้ยังสามารถแบ่งประเภทได้อีกดังนี้

1. เศษเหล็กหล่อและเหล็กกล้าเจือ	พิกัดอัตราภาษีศุลกากร 7204.10
2. เศษเหล็กกล้าไร้สนิม	พิกัดอัตราภาษีศุลกากร 7204.21
3. เศษเหล็กกล้าคาร์บอน	พิกัดอัตราภาษีศุลกากร 7204.49
4. เศษเหล็กอื่น ๆ	พิกัดอัตราภาษีศุลกากร 7204.29

เศษเหล็กอื่น ๆที่เป็นเหล็กหรือเหล็กกล้า ที่ชุบหรือเคลือบดีบุก พิกัดอัตราภาษีศุลกากร 7204.30

การหลอมเหล็กจากเศษโลหะจะมีวัตถุดิบที่ใช้คือ เศษเหล็กที่มีส่วนผสมของเหล็กพรุนหรือเหล็กดิบ (Pig iron) ฟลักซ์ (เช่น ปูนขาว หินฟันม้า โดโลไมต์ ถ่านโค้ก เป็นต้น) ธาตุผสม สารลดออกซิเจน (เช่น เฟอร์โรซิลิกอน เฟอร์โรแมงกานีส อลูมิเนียม เป็นต้น) สารลดปริมาณคาร์บอน (เช่น แร่เหล็ก เป็นต้น) สารเพิ่มปริมาณคาร์บอน (เช่น เหล็กดิบ เศษแท่งอิเลคโทรด เป็นต้น) โดยกระบวนการผลิตเหล็กกล้าจากเศษเหล็กจะมีการใช้เตาอาร์คไฟฟ้า (Electric arc furnace) ในกรณีที่มีการผลิตเหล็กหล่อจะมีการใช้เตาคิวโปลา (Cupolar)

สำหรับแหล่งที่มาของเศษเหล็กจะประกอบด้วย (**ที่มา:** กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

1. ร้านขายของเก่าหรือร้านรับซื้อเศษเหล็ก แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ตามความหนาของเศษเหล็ก ดังนี้
   - เหล็กหนาพิเศษ ความหนาตั้งแต่ 6 มม. ขึ้นไป
   - เหล็กหนาทั่วไป ความหนาระหว่าง 3-5 มม.
   - เหล็กบาง ความหนาระหว่าง 2-3 มม.
2. โรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะมาจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ งานปั๊มขึ้นรูป หรือจากโรงกลึงต่าง ๆ

บทที่ 4 กระบวนการผลิตแบตเตอรี่

4.1 ความหมายของแบตเตอรี่ [สำนักตรวจสอบป้องกันและปราบปราม, 2548]

ความหมายทั่วไป

แบตเตอรี่ หมายถึง แหล่งที่สะสมพลังงานในรูปเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้าออกไปใช้งานเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และเป็นเครื่องเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานเคมีหรือเรียกว่า เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

4.1.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery)

แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Battery) หรือแบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell) เป็นแบตเตอรี่ซึ่งมีคุณสมบัติในการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าชนิดกระแสตรงที่ได้จากกระบวนการเคมีเมื่อใช้งานจนไฟฟ้าหมดต้องทิ้งไป ไม่สามารถนำไปประจุไฟกลับให้เต็มใหม่ได้ แบตเตอรี่ประเภทนี้ส่วนมากทำจากสังกะสี คาร์บอน ปรอท และลิเธียม นิยมเรียกกันทั่วไปว่าถ่านไฟฉาย หรืออาจเรียกว่าเซลล์ (Cell) ซึ่งความหมายในทางไฟฟ้าก็คือ การนำเซลล์หลายๆเซลล์มาต่อกัน มีหลายแบบหลายชนิดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับงานด้านต่างๆ และมีหลายขนาด แต่ขนาดที่ผู้ผลิตส่วนมากนิยมทำการผลิต ได้แก่

- เซลล์แบตเตอรี่ขนาด **AAA** เป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่มีความสูงประมาณ 44.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 10.5 มิลลิเมตร
- เซลล์แบตเตอรี่ขนาด **AA** เป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่มีความสูงประมาณ 50 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 14 มิลลิเมตร เป็นเซลล์ขนาดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในกระบอกไฟฉาย วิทยุ และซาวน์อะเบาท์
- เซลล์แบตเตอรี่ขนาด **C** เป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่มีความสูงประมาณ 49 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 25 มิลลิเมตร
- เซลล์แบตเตอรี่ขนาด **D** เป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่มีความสูงประมาณ60 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 33.2 มิลลิเมตร เป็นขนาดที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวิทยุกระเป๋าหิ้ว
- เซลล์แบตเตอรี่ขนาด **PP-3** หรือแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ เป็นขนาดที่รู้จักกันดี เพราะเป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่ใช้ในเครื่องไฟฟ้าและของเด็กเล่นต่างๆ เซลล์แบตเตอรี่ขนาด PP-3 นี้ จัดว่าเป็นแบตเตอรี่อย่างแท้จริง เพราะประกอบด้วยเซลล์แบตเตอรี่มาต่อกันเป็นชุด

4.1.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery)

แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Battery) หรือแบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery) เป็นแบตเตอรี่ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงออกมาใช้ แบตเตอรี่ประเภทนี้เมื่อใช้งานจนไฟหมดหรือเลิกใช้งานแล้วสามารถนำไปประจุไฟเพิ่มเติม เพื่อปรับสภาพทางเคมีให้กลับสู่สภาพที่พร้อมใช้งานเหมือนเดิมได้ เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้ เรียกว่า ชาร์จเจอร์หรือรีชาร์จเจอร์ จึงทำให้สามารถใช้งานกลับไปกลับมาได้เป็นเวลานานจนกว่าแบตเตอรี่นั้นจะเสื่อมสภาพ ส่วนมากทำจากตะกั่ว-กรด ได้แก่ แบตเตอรี่รถยนต์ เรือยนต์ รถจักรยานยนต์แบตเตอรี่โทรศัพท์ไร้สายและใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าสำรองในระบบต่างๆ แบตเตอรี่ทุติยภูมิสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

- เซลล์แบบตะกั่ว-กรด (Lead-Acid)

เซลล์แบบตะกั่ว-กรด เป็นเซลล์แบบทุติยภูมิชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากโดยเฉพาะในรถยนต์ เซลล์ชนิดนี้ประกอบด้วย แผ่นคาโถด (แผ่นลบ) และแผ่นอาโนด (แผ่นบวก) วางสลับกันจุ่มอยู่ในน้ำกรดหรือน้ำยาอิเลคทรอไลท์ (Electrolyte) ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน โดยแผ่นเพลท (แผ่นกั้น) จะวางสลับกันเพื่อจะได้มีพื้นผิวสัมผัสกับอิเลคทรอไลท์ได้มาก ยิ่งมีพื้นที่ผิวมาก ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้มากและค่าความต้านทานภายในเซลล์จะยิ่งมีค่าน้อยลงด้วย วิธีที่นิยมใช้กันก็คือ ใช้แผ่นเพลทบางๆ คั่นด้วยฉนวนแบบมีรูพรุน อิเลคโทรดที่เป็นอาโนดจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่คาโถดจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์ ซึ่งในขณะที่เซลล์คายประจุให้กระแสไฟฟ้าออกมานั้น อะตอมของตะกั่วจากแผ่นอาโนดจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุบวกเข้าไปอยู่ในอิเลคทรอไลท์และทิ้งอิเลคตรอนให้เข้าสู่วงจรที่นำมาต่อภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็น “ไอออน” ตะกั่วที่มีประจุบวกซึ่งเป็นชนิดเดียวกับอาโนด ทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโถดผ่านไปยังวงจรภายนอกไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเลคโทรด ทั้งสองจะทำ ปฏิกิริยากับกรดกำมะถันซึ่งเป็นอิเลคทรอไลท์กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (Leadsulphate) (เป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเลคโทรดทั้งสอง) และก๊าซไฮโดรเจน (ซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากคาโถดกลายเป็นน้ำ)

- เซลล์แบบนิเกิล-แคดเมียม (Nickel Cadmium)

เซลล์แบบนิเกิล-แคดเมียม ซึ่งเรียกย่อๆ ว่า นิ-แคด หรือ บางครั้งเรียกว่าเซลล์แบบ DEAC ซึ่งเป็นชื่อย่อของบริษัทแรกที่ผลิตขึ้นมา คือ Deutsche Edison Akkulu Mulatoren Company ซึ่งอยู่ในประเทศเยอรมัน ขั้วบวกของเซลล์แบบนิ-แคดนี้ทำมาจากนิเกิลไฮเดรท (Nickle Hydrate) ส่วนขั้วลบนั้นทำจากแคดเมี่ยมไฮดรอกไซด์ (Cadmium Hydroxide) อิเลคทรอไลท์ทำจากสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) ซึ่งก็เหมือนกับเซลล์แบบตะกั่ว-กรด

- เซลล์แบบนิเกิล เมตอลไฮไดร์ (Nickel Metal Hydride)

เซลล์แบบนิเกิล-เมตอลไฮไดร์ (NI-MH) จัดอยู่ในประเภทเซลล์แบบทุติยภูมิชนิดใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัทซันโย เมื่อประมาณช่วงกลางปี ค.ศ. 1990 ซึ่งในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็กกะทัดรัดและมีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการพกพา แบตเตอรี่ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้น จึงต้องพัฒนาให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาตามไปด้วย ตลอดจนยังต้องคงความหนักแน่นของพลังงานให้เต็มเปี่ยมเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม แบตเตอรี่ NI-MH ซึ่งมีความสามารถประมาณสองเท่าของแบตเตอรี่ขนาด NI-CD มาตรฐานทั่วไปด้วยแรงดันใช้งานปกติ 1.2 โวลต์เช่นเดียวกัน และแบตเตอรี่ NI-MH ที่ผลิตออกจำหน่ายนั้นมีขนาดเป็นมาตรฐานเดียวกันกับแบตเตอรี่ชนิด NI-CD จึงสามารถใช้แทนกันได้ทันทีโครงสร้างของแบตเตอรี่ NI-MH มีทั้งแบบรูปทรงกระบอกและแบบเหลี่ยม โดยแบตเตอรี่ที่มีโครงสร้างรูปทรงกระบอกจะถูกห่อหุ้มด้วยโลหะภายนอกไม่ให้อากาศรั่วไหลได้ ภายในจะบรรจุไปด้วยขั้วบวกและขั้วลบที่ขดกันเป็นวงและจะมีแผ่นตัวกั้นบางๆ กั้นอยู่ระหว่างขั้วทั้งสองนี้อีกชั้นหนึ่ง ส่วนแบตเตอรี่ที่มีโครงสร้างแบบเหลี่ยมจะมีลักษณะของขั้วบวกและขั้วลบเป็นแผ่นวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ โดยมีแผ่นตัวกั้นวางแทรกอยู่ตรงกลางระหว่างขั้วทั้งสอง และทั้งหมดนี้จะถูกห่อหุ้มด้วยโลหะภายนอกไม่ให้อากาศรั่วไหลอีกชั้นหนึ่งเช่นเดียวกับแบบรูปทรงกระบอก

4.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดเป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ที่เก่าแก่ที่สุดในบรรดาแบตเตอรี่ด้วยกันประดิษฐ์ขึ้นมาโดยแกสตัน พลองด์ (Gaston Plante') นักฟิกสิกส์ชาวฝรั่งเศสตั้งแต่ปี ค.ศ.1859 (พ.ศ.2402) เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ชนิดแรกที่ทำออกมาเพื่อการค้าและในปัจจุบันยังมีการใช้งานกันอยู่อย่างแพร่หลาย โดยมักจะทำเป็นแบตเตอรี่ที่มีความจุ (Capacity) สูงๆ ที่ให้กระแสได้มาก เนื่องจากมีต้นทุนในการเก็บพลังงานถูกกว่าแบตเตอรี่ชาร์จได้ชนิดอื่นๆ นิยมใช้กันในรถยนต์และยานพาหนะต่างๆ (Vehicle), รถยกไฟฟ้า (Fork Lift), รถเข็น (Wheel Chair), สกู๊ตเตอร์ (Scooter), รถกอล์ฟ (Golf Car), ระบบสำรองไฟฟ้า (UPS) และระบบไฟแสงสว่างฉุกเฉิน (Emergency Light)

ในตอนแรกแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่ผลิตออกมาจำหน่ายมีเฉพาะที่เป็นแบตเตอรี่แบบเปียก (Flooded Type หรือ Wet Type) ที่ต้องคอยเติมน้ำกลั่นเท่านั้น จนกระทั่งในช่วงกลางของทศวรรษที่ 70 (ระหว่างปี พ.ศ.2513-2523) ได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบแห้งให้ใช้งานได้หลังจากที่มีการจดสิทธิบัตรมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1957 (พ.ศ.2500) โดยอ๊อตโต จาเช่ (Otto Jache) ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้นสามารถวางตำแหน่งของแบตเตอรี่ได้หลายรูปแบบมากขึ้นโดยสามารถวางนอนหรือวางตะแคงได้ (แต่ห้ามวางกลับหัว) ไม่จำเป็นต้องวางในแนวตั้งเพียงอย่างเดียวเพราะอิเล็กทรอไลต์ที่เป็นน้ำกรดจะไม่ไหลหกออกมาเหมือนแบตเตอรี่แบบเปียกซึ่งเทคนิคในการทำให้น้ำกรดไม่ไหลออกมาคือ การใช้วัสดุดูดซับน้ำกรดเอาไว้จากนั้นจึงทำการผนึกเซล (Seal) ให้ปิดสนิทเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำและแก๊สซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำกรด แบตเตอรี่จึงไม่มีการสูญเสียอิเล็กทรอไลต์ออกไปจากแบตเตอรี่

การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

แบตเตอรี่แบบแห้งจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือประเภทที่ใช้เจลเป็นวัสดุดูดซับกรดเรียกว่าแบตเตอรี่แบบเจล (Gel Battery or GelCell) และประเภทที่ใช้แผ่นซิลิกาไฟเบอร์เป็นตัวดูดซึมเรียกว่าแบตเตอรี่แบบ AGM (AGM Battery) ซึ่งลักษณะการแบ่งประเภทแบบนี้เป็นการแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของแบตเตอรี่ แต่การแบ่งประเภทของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดยังแบ่งได้อีกลักษณะหนึ่งคือ การแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานโดยจะแบ่งเป็น แบตเตอรี่แบบใช้งานทั่วไป หรือแบบที่ใช้สำหรับสตาร์ทเครื่องยนต์แบบคายประจุลึกและแบบลูกผสม

ความแตกต่างระหว่างแบตเตอรี่แบบเจลและแบบ AGM คือ แบตเตอรี่แบบเจลจะเป็นแบตเตอรี่ที่แห้งกว่าแบบ AGM ถ้าเปลือกนอกของมันแตกจะไม่มีน้ำกรดไหลหรือซึมออกมา แต่สำหรับแบบ AGM จะซับน้ำกรดได้ประมาณ 95% ดังนั้นถ้าเปลือกของมันแตกแม้น้ำกรดจะไหลออกมา แต่ก็อาจจะมีการซึมออกมาได้บ้างเล็กน้อย

ในปัจจุบันจะนิยมใช้แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบ AGM มากกว่าแบบเจล ส่วนแบบเจลมีการใช้น้อยลงเนื่องจากมีข้อเสียคือ เจลมักจะละลายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่ร้อนและถ้าเกิดการโอเว่อร์ชาร์จขึ้นเจลอาจจะเปลี่ยนรูปเป็นสารเหนียวๆ ที่เรียกว่าวอยด์ (Void) ไปเกาะติดแน่นอยู่ที่แผ่นธาตุขัดขวางการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างอิเล็กทรอไลต์และแผ่นธาตุทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง

แบตเตอรี่ทั้งแบบ AGM และแบบเจลยังแบ่งย่อยออกได้เป็นแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบปิดผนึกหรือ SLA (Sealed Lead Acid) และแบบปิดผนึกที่มีวาล์วระบายแรงดันหรือ VRLA (Valve Regulator Lead Acid) แบตเตอรี่แบบ VRLA นี้จะมีการติดตั้งเซฟตี้วาล์ว (Safety Valve) เพื่อใช้ระบายแก๊สในกรณีที่ความดันภายในเซลสูงเกินไปเพื่อป้องกันแบตเตอรี่เสียหาย

การชาร์จแบตเตอรี่ทั้ง 2 ประเภท คือ SLA และ VRLA จะต้องไม่ชาร์จเร็วหรือมากจนเกินไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแก๊สในขณะชาร์จมากนัก การชาร์จมากหรือเร็วเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลส์ดูดซัดแก๊สที่เกิดขึ้นไม่ทันความดันภายในแบตเตอรี่จะสูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแก๊สและน้ำออกไปจากตัว แบตเตอรี่ การเสียแก๊สและน้ำออกไปก็เท่ากับว่าแบตเตอรี่ได้สูญเสียอิเล็กทรอไลต์ออกไปจากระบบ เพราะแก๊สและน้ำเป็นส่วนประกอบของอิเล็กทรอไลต์เมื่อแบตเตอรี่มีปริมาณอิเล็กทรอไลต์น้อยลงจะสูญเสียความสามารถในการเก็บพลังงานไปทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์ของแบตเตอรี่หลังจากการชาร์จไม่สูงเท่าที่ควรจะเป็นและถ้าแบตเตอรี่มีการเสียแก๊สและน้ำบ่อยๆ อิเล็กทรอไลต์ภายในเซลส์ก็จะหมดไปทำให้แบตเตอรี่ใช้งานไม่ได้อีก

4.3 กระบวนการผลิตแบตเตอรี่ชนิดรถจักรยานยนต์/รถยนต์

ขั้นตอนการผลิตแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์และรถยนต์ แบ่งเป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 การออกแบบ

แบตเตอรี่จะได้รับการออกแบบโดยฝ่ายออกแบบของโรงงาน ทั้งในส่วนของเปลือก, ฝาขั้ว, สะพานแผ่นธาตุ, แผ่นกั้น, และส่วนประกอบต่างๆของแบตเตอรี่ ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ จากนั้นจะส่งแบบเหล่านี้ไปยังฝ่ายช่างของโรงงานเพื่อทำเครื่องมือตามแบบและอีกส่วนหนึ่งจะส่งไปทำแม่พิมพ์

4.3.2 การทำโครงตะกั่ว (Grid Casting)

โดยการนำตะกั่วผสมพลวง (Lead-Antimony) ที่ผ่านการตรวจวิเคราะห์คุณภาพแล้วเข้าเตาหลอมที่อุณหภูมิสูงประมาณ 450°C – 470°C หลังจากนั้นปั๊มตะกั่วเหลวเข้าแม่พิมพ์เพื่อทำโครงแผ่นตะกั่ว โดยต้องผ่านการทดสอบความเรียบร้อย ความเหนียว ขนาดและน้ำหนักให้ได้ตามมาตรฐานและรอให้โครงตะกั่วแข็งตัว (Hardening) ก่อนจึงนำเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

4.3.3 การทำผงตะกั่ว (Lead Powder)

นำตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99% ที่มีใบรับรองคุณภาพจากผู้ผลิต เข้าเตาหลอมอุณหภูมิ 400°C – 450°C หลังจากนั้น ปั๊มตะกั่วเหลวขึ้นเทลงบนแม่พิมพ์ เพื่อทำเป็นแท่งและตัดให้เป็นท่อนๆขนาดประมาณ 25x25 มิลลิเมตร เรียกว่า Lead Lump จากนั้น Lead Lump จะถูกลำเลียงไปเก็บบนถังที่เรียกว่า Lead Lump Hopper เพื่อรอป้อนเข้าโม่ซึ่งมีตะกั่วตามจำนวนที่ควบคุมน้ำหนักด้วยระบบอิเล็คโทรนิคอยู่แล้ว ในส่วนของโม่ผงตะกั่วจะเกิดขึ้นในโม่ด้วยการขัดสีกันเอง ขณะที่โม่หมุนและผงตะกั่วนี้จะทำปฏิกิริยากับอากาศที่ถูกเป่าเข้าไปจนกลายเป็นผงตะกั่วออกไซด์ (PbO) ในปริมาณที่ถูกควบคุมคือ 65-80 % ของจำนวนผงตะกั่วทั้งหมด จากนั้นด้านหนึ่งของโม่จะมีลมดูดผงตะกั่วออกไซด์ออกไปสู่ถังกรองที่มีถุงผ้าดูดอากาศออก ผงตะกั่วออกไซด์จะตกลงก้นถังและจะถูกนำไปเก็บในไซโล ผงตะกั่วที่ได้จะถูกตรวจสอบคุณภาพของเปอร์เซ็นต์ออกไซด์ก่อนจึงจะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

4.3.4 การผสมเนื้อแผ่นธาตุ (Mixing)

ทำการผสมเนื้อแผ่นธาตุโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติ โดยเครื่องจะปล่อยตะกั่วออกไซด์จากไซโลลงสู่ถังกวน จากนั้นเติมสารเคมีและเครื่องจะปล่อยน้ำกลั่นและกรดกำมะถันลงสู่ถังกวนในอัตราที่กำหนดตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ เมื่อเครื่องกวนจนครบเวลาก็จะลำเลียงเนื้อแผ่นธาตุที่ผสมแล้วลงสู่ถังพัก เพื่อรอส่งเข้าเครื่องฉาบแผ่นธาตุ โดยมีการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานก่อนเข้าสู่กระบวนการต่อไป

4.3.5 การฉาบแผ่นธาตุ

เครื่องป้อนโครงตะกั่ว (Grid Feeder) จะนำโครงตะกั่วที่ผ่านการควบคุมคุณภาพแล้วมาฉาบด้วยเนื้อแผ่นธาตุและอัดให้แน่นโดยผ่านลูกกลิ้ง ไปตามสายพานลำเลียง แผ่นธาตุที่ได้จะเป็นธาตุทั้งบวกและลบ แผ่นธาตุลบจะต้องผ่านการสเปรย์ด้วยกรดกำมะถันเจือจางเพื่อป้องกันการหดตัวของเนื้อแผ่นธาตุ แผ่นธาตุจะถูกควบคุมโดยการชั่งน้ำหนักเป็นระยะตลอดเวลา จากนั้นสายพานลำเลียงจะลำเลียงแผ่นธาตุที่ฉาบแล้วเข้าสู่เตาอบ (Tunnel Dry Oven) เพื่ออบแผ่นธาตุให้หมาดป้องกันการติดกันของเนื้อแผ่นธาตุหลังจากนั้นจะได้แผ่นธาตุที่ยังไม่มีไฟซึ่งจะต้องอบบ่ม (Curing) เพื่อให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมในการนำไปประจุไฟต่อไป การควบคุมคุณภาพจะทำโดยการสุ่มตัวอย่างแผ่นธาตุที่ยังไม่ได้ประจุไฟ วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนด

4.3.6 การประจุไฟแผ่นธาตุ (Formation)

ประจุไฟลงในแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบภายในถังเดียวกันและพร้อมกันโดยใช้ถังทนกรด (Formation Tank) ซึ่งบรรจุกรดกำมะถันเจือจางที่ทำหน้าที่เป็นสื่อไฟฟ้า แต่ละถังจะต่อกันแบบอนุกรมและปล่อยกระแสไฟฟ้า DC เข้าสู่แผ่นธาตุตามจำนวนแอมแปร์และระยะเวลาที่กำหนด ทุก 1 ชั่วโมงจะมีการตรวจเช็คโดยการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า การวัดความถ่วงจำเพาะและการวัดความร้อนของน้ำกรดในถังทนกรด เมื่อแผ่นธาตุประจุไฟฟ้าสมบูรณ์แล้วจะแยกแผ่นธาตุบวกและลบออกจากกันเพื่อนำไปรอการอบให้แห้งแผ่นธาตุลบจะต้องเก็บไว้ใต้น้ำตลอดเวลาจนกว่าจะถูกนำไปล้างและเข้าอบแห้งโดยเครื่องอบสุญญากาศหรือเครื่องอบแบบใช้ก๊าซ (Inner Gas) ส่วนแผ่นธาตุบวกจะถูกนำไปล้างทันทีเมื่อประจุไฟสมบูรณ์และจะถูกอบให้แห้งด้วยเครื่องอุโมงค์ความร้อน (Tunnel Dry Oven) แผ่นธาตุที่ผ่านการอบแล้วจะต้องเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อควบคุมมาตรฐานและอีกส่วนจะนำไปทดสอบการดึงไฟกระแสสูง (High Rate Single Plate Test) หลังจากผ่านการทดสอบแล้วจะนำไปตัด (Cutting) เพื่อให้ได้แผ่นเดี่ยวก่อนที่จะนำไปประกอบเป็นกลุ่มแผ่นธาตุต่อไป

4.3.7 การประกอบ (Assembly Line)

นำแผ่นธาตุบวกและลบใส่เข้าเครื่องเรียงสลับ โดยด้านหนึ่งของเครื่องจะมีแผ่นกั้น เครื่องจะทำหน้าที่เรียงสลับแผ่นธาตุบวก แผ่นกั้น แผ่นธาตุลบ แผ่นกั้น สลับไปเรื่อยๆ จนได้จำนวนตามที่ต้องการ จากนั้นกลุ่มแผ่นธาตุนี้จะถูกตั้งบนรางอลูมิเนียมเพื่อเชื่อมหูของแผ่นด้วยตะกั่วให้ติดกันพร้อมเชื่อมขั้วแบตเตอรี่ให้ติดกันด้วย หลังจากนั้นนำกลุ่มแผ่นธาตุบรรจุลงในช่องของเปลือกหม้อซึ่งแยกเป็น 2 ชนิด คือ เปลือกหม้อแบตเตอรี่พลาสติกและเปลือกหม้อแบตเตอรี่ดำยางแข็ง

4.3.8 การประกอบแบตเตอรี่เปลือกพลาสติก

นำกลุ่มแผ่นธาตุบรรจุลงในช่องของเปลือกหม้อพลาสติกที่ผ่านการตรวจสอบและเจาะรูที่ผนังแล้วตามขนาดแอมแปร์ หลังจากนั้นนำเข้าสู่เครื่องประกอบอัตโนมัติซึ่งประกอบตามขั้นตอนต่อไปนี้

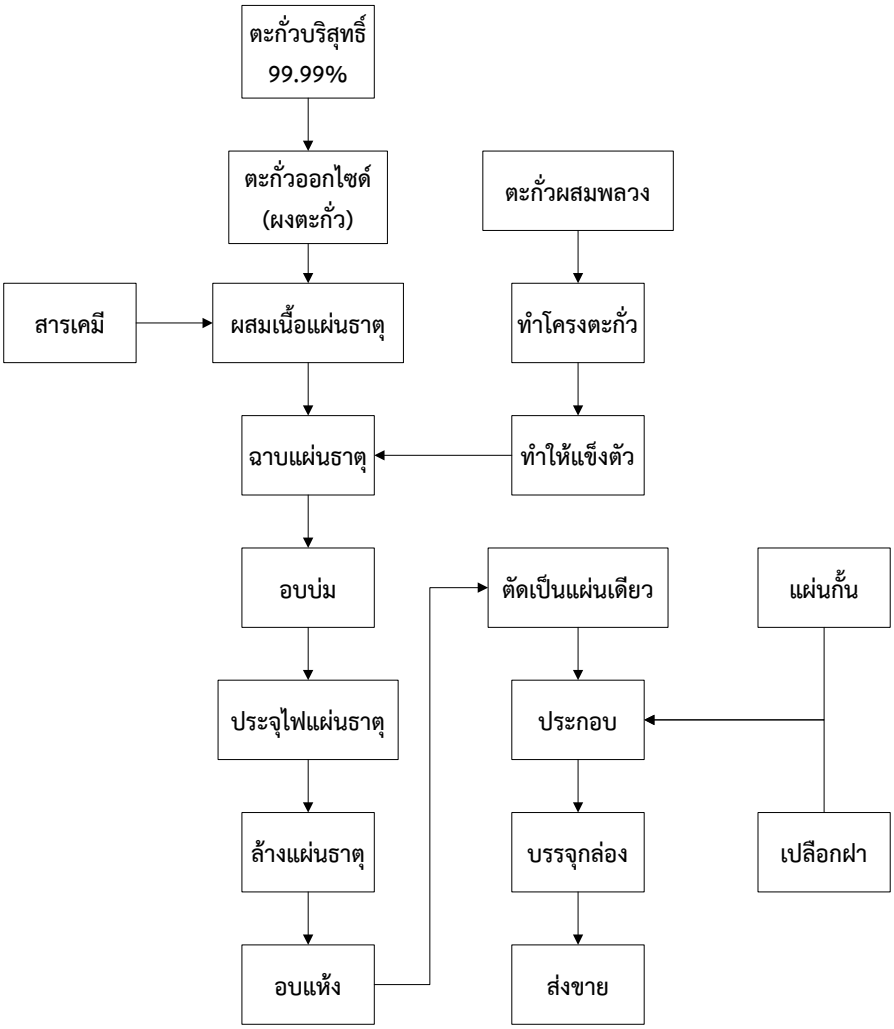
- เครื่องทำการทดสอบการลัดวงจรของกลุ่มแผ่นธาตุด้วยไฟแรงเคลื่อนสูงและตรวจการเชื่อมสะพานว่าเป็นอนุกรมถูกต้อง

- เครื่องจะเชื่อมสะพานด้วยไฟฟ้าซึ่งจะมีการทดสอบรอยเชื่อมก่อนจะลงมือปฏิบัติจริงด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงรอยเชื่อม
- เชื่อมฝาและเปลือกให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ความร้อน (Heat Seal)
- เชื่อมขั้วบวกและลบของแบตเตอรี่โดยใช้เครื่องอัตโนมัติ (Terminal Pole Welder)
- ทดสอบรอยรั่วโดยอัดอากาศ (Air Leakage Tester) และหลังจากนั้นเครื่องจะบันทึกวันที่การผลิตลงบนฝาแบตเตอรี่ที่ผ่านการทดสอบแล้ว
- ปิดรูเติมน้ำกรดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้นในอากาศ
- ตรวจเช็คความถูกต้องและประทับตราควบคุมคุณภาพขั้นสุดท้ายลงบนขั้วแบตเตอรี่
- หุ้มพลาสติกและบรรจุลงกล่อง

4.3.9 การประกอบแบตเตอรี่เปลือกดำยางแข็งโดยการลาดยาง

นำกลุ่มแผ่นธาตุบรรจุลงในช่องของเปลือกหม้อชนิดเปลือกดำยางแข็งที่ผ่านการตรวจสอบและเจาะรูที่ผนัง หลังจากนั้นนำเข้าสู่เครื่องประกอบอัตโนมัติซึ่งจะประกอบตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ทดสอบการลัดวงจรด้วยไฟแรงเคลื่อนสูง
- ทดสอบการกลับเซลล์เพื่อป้องกันการผิดพลาดก่อนเชื่อมสะพานไฟ
- เชื่อมสะพานไฟ
- นำไปเป่ายางให้เรียบ
- ตอกขั้วเครื่องหมายบวกและลบ
- ตกแต่ง ตรวจเช็คความถูกต้องและประทับตรา
- บรรจุกล่อง



รูปที่ 4.1 แสดงกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ชนิดรถจักรยานยนต์/รถยนต์
[ที่มา: สำนักตรวจสอบป้องกันและปราบปราม, 2548]

4.4 คุณสมบัติสำคัญของตะกั่ว [สลิลา,2548]

ตะกั่วเป็นโลหะที่มีความหนาแน่นสูง ความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ต่ำ จุดหลอมเหลวต่ำ นอกจากนี้ตะกั่วยังมีคุณสมบัติหล่อลื่น (Lubricating Properties) สภาพเป็นตัวนำไฟฟ้าต่ำ มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสูง แต่มีคุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ตะกั่วจำนวนมากจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำแบตเตอรี่ น้ำหนักถ่วงและตัวปรับสมดุล ตะกั่วบัดกรี คุณสมบัติความหนาแน่นสูงของตะกั่วช่วยให้สามารถใช้การป้องกันรังสีเบต้าและแกมมา ความอ่อนนิ่มใช้เป็นประโยชน์ในการทำวัสดุจำพวกปะเก็น ตัวอัดในการขันเกลียวท่อเหล็กหล่อ ประกอบกับความอ่อนตัวสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการทำปลอกหุ้มสายเคเบิล ใช้เคลือบลวดเป็นสารหล่อลื่นในการยืดลวด ข้อดีด้านความต้านทานการกัดกร่อนใช้ทำภาชนะเครื่องมือเครื่องใช้อุตสาหกรรมเคมีทำวัสดุมุงหลังคา ท่อส่งน้ำ และสารเคมีใช้เติมลงในบรอนซ์หรือทองเหลืองหรือเหล็กทำให้เครื่องมือทั่วไปเพิ่มคุณสมบัติในด้านการรับการกลึงไส

<u>คุณสมบัติทางฟิสิกส์</u>

น้ำหนักอะตอม	207.22
ระบบโครงสร้างผลึก	Face Centered Cubic
	a = 4.92 A°
ความหนาแน่น (20°C)	11.34 g/cm^3
อุณหภูมิหลอมเหลว	327.35°C
อุณหภูมิกลายเป็นไอ	1,740.0°C

<u>คุณสมบัติเชิงกล</u>

ความต้านทานแรงดึง	1.5 kg/mm^2
พิกัดยืดหยุ่น	0.3 kg/mm^2
พิกัดความคืบ (Creep limit)	0.1 kg/mm^2
อัตราการยืดตัว	60%
ความแข็ง	5 HB
โมดูลัสการยืดหยุ่น	1,800 kg/mm^2

4.5 ประโยชน์ของตะกั่ว [สลิลา**,2548]**

ตะกั่วเป็นหนึ่งในบรรดาโลหะชนิดแรกๆ ที่มนุษย์รู้จักใช้กัน ดังโบราณวัตถุหลายอย่าง เช่น รูปแกะสลัก ท่อน้ำสมัยโรมัน หลังคาตึกโบราณ ซึ่งยังปรากฏถึงปัจจุบันตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อมนุษย์ ทั้งนี้จากการลำดับปริมาณการใช้โลหะนอกกลุ่มเหล็กของโลกพบว่าตะกั่วมีปริมาณการใช้เป็นอันดับสี่รองจากอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี โลหะตะกั่วส่วนใหญ่ใช้ในผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่ วัสดุสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้าง และประโยชน์อื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ การทำกระสุนปืนสี และเปลือกเคเบิล นอกจากนี้ตะกั่วยังใช้กันแพร่หลายในการเจือกับโลหะอื่น เช่น พลวงและดีบุก เป็นโลหะเจือพลวง-ตะกั่ว หรือตะกั่วแข็ง โลหะขาว โลหะเจือจุดหลอมตัวต่ำ และทองเหลือง ตะกั่ว หรือบรอนซ์ การนำ ตะกั่วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งสภาพโลหะและสารเคมีที่สำคัญ ได้แก่

แบตเตอรี่ โลหะตะกั่วใช้มากที่สุดในการผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งประกอบด้วย แผ่นขั้ว และห่วงยึดแบตเตอรี่ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ใช้ในกิจกรรมการขนส่ง การสื่อสาร และเครื่องใช้ไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งพลังงานสำรองยามฉุกเฉินในโรงพยาบาล โรงภาพยนตร์ โทรศัพท์ วิทยุ ฯลฯ และใช้ในอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ รถวางถุงกอล์ฟ เครื่องตัดหญ้าและสูบน้ำขนาดเล็ก แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์มีตะกั่วประมาณ 9 กิโลกรัม มีอายุการใช้งาน 2-3 ปี

เปลือกเคเบิล ใช้ตะกั่วหุ้มสายเคเบิลไฟฟ้าและสื่อสารที่อยู่ใต้ดินและใต้น้ำ เพื่อป้องกันความเสียหายจากความชื้น การกัดกร่อน และการกัดแทะของหนู ทำ ให้ไม่เกิดการขัดข้องในระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

ตะกั่วแผ่น เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติด้านต้านการกัดกร่อน จึงใช้ตะกั่วแผ่นเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญในอุตสาหกรรมเคมี นอกจากนี้ยังใช้ในการก่อสร้างอาคาร เช่น หลังคาและส่วนเชื่อมต่อระหว่างหลังคาบ้านกับผนัง (Flashing) ตะกั่วแผ่นร่วมกับแอสเบสทอสและเหล็กกล้ายังใช้ปูใต้ฐานตึกเพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนและควบคุมเสียงสำหรับรถไฟใต้ดิน แผ่นกั้นเอ็กซเรย์และแกมมาเรย์ ทั้งนี้เพราะตะกั่วไม่ยอมให้รังสีเหล่านี้ผ่าน

ท่อตะกั่ว ท่อไร้ตะเข็บทำจากตะกั่ว ง่ายต่อการแปรรูปในการอัดรีด เนื่องจากตะกั่วมีคุณสมบัติด้านต้านการกัดกร่อนและดัดงอง่าย จึงใช้ท่อตะกั่วในอุตสาหกรรมเคมีและระบบท่อเพื่อส่งจ่ายน้ำ

โลหะบัดกรี จากคุณสมบัติของตะกั่วที่มีจุดหลอมตัวต่ำและราคาถูกจึงใช้เจือกับดีบุกเป็นโลหะบัดกรี คือเป็นโลหะเติมในการเชื่อมชิ้นงานโลหะให้ติดกัน จึงใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อิเล็กทรอนิกส์ อาหารกระป๋อง ก่อสร้าง และการผลิตรถยนต์ โลหะบัดกรีโดยทั่วไปมักหมายถึงโลหะเจือดีบุก-ตะกั่ว ส่วนมากผสมในอัตราส่วน 60-40 หรือ 70-30 แต่โลหะบัดกรีบางชนิดมีธาตุอื่นเช่น พลวงและเงิน เจือเข้าไปเพื่อเพิ่มความแกร่งและต้านการกัดกร่อน

โลหะตัวพิมพ์ เป็นกลุ่มโลหะที่ใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์เป็นโลหะเจือระหว่างตะกั่ว พลวง และดีบุก การที่มีตะกั่วอยู่ในโลหะตัวพิมพ์ทำให้ราคาถูก จุดหลอมตัวต่ำและหล่อได้ง่าย พลวงช่วยเพิ่มความแข็ง ต้านแรงกด และต้านการสึก ทั้งยังลดอุณหภูมิหล่อ และลดการหดตัวขณะเย็นตัว ส่วนดีบุกช่วยเพิ่มคุณสมบัติการไหล หล่อง่าย ลดความเปราะและให้ลวดลายละเอียด

โลหะรองเพลา ด้วยคุณสมบัติด้านความลื่นและต้านการสึกตามธรรมชาติ จึงใช้ตะกั่วทำ โลหะรองเพลาหรือแบริ่งในรถยนต์และรถไฟ

โลหะตะกั่ว-ดีบุก เป็นโลหะเจือตะกั่ว-ดีบุก (ปกติมีดีบุกร้อยละ 8-12) ใช้ในการเคลือบผิวแผ่นเหล็กกล้าเพื่อผลิตแผ่นเหล็กอาบตะกั่ว-ดีบุก ซึ่งมีความแข็งแกร่งและต้านการกัดกร่อนสูง จึงใช้ทำ ถังบรรจุน้ำมันรถยนต์ ฝาปิด อุปกรณ์กรอง นอกจากนี้ยังใช้มุงหลังคาอีกด้วย

ตะกั่วเปลว ตะกั่วเปลวหรือรู้จักกันว่า โลหะเปลวประกอบ (Composition Metal Foil) ทำ ขึ้นจากการรีดตะกั่วที่มีดีบุกสองแผ่นประกบ จึงได้ผลิตภัณฑ์โลหะเปลวประกบที่แน่น ตะกั่วเปลวใช้ในการป้องกันความชื้นในอุตสาหกรรมก่อสร้าง และสำหรับประดับขวดไวน์และแชมเปญ

โลหะเจือหลอมตัวต่ำ โลหะเจือตะกั่วหลายชนิดหลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำจึงใช้สำ หรับทำ ฟิวส์ระบบตัดไฟอัตโนมัติ และปลั๊กหม้อน้ำ ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติที่ตะกั่วมีจุดหลอมต่ำ จึงหลอมละลายเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินที่กำหนดไว้ในระบบ

แอโนด ใช้ตะกั่วทำ เป็นแท่งหรือแผ่นแอโนด เพื่อใช้ในกิจการทำ โลหะให้สะอาดด้วยไฟฟ้าหรือในการชุบโลหะ เช่น แมงกานีสและสังกะสี ตะกั่วมีข้อดีเหนือกว่าโลหะอื่นๆ เพื่อใช้ในการนี้เพราะตะกั่วมีความต้านการกัดกร่อนสูงจากกรดกำ มะถันที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ นอกจากนี้แอโนดตะกั่วมีคุณสมบัติต้านการกัดกร่อนจากน้ำทะเลสูง จึงนิยมใช้ตะกั่วในระบบป้องกันเรือและแท่นเจาะในทะเลจากการกัดกร่อนของน้ำทะเล

วัสดุควบคุมเสียง ตะกั่วมีคุณสมบัติดีเลิศในด้านกั้นเสียง เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงความแข็งน้อย และเสียงผ่านเข้าไปไม่ได้ นอกจากนั้นตะกั่วและแผ่นตะกั่วประกอบยังมีความสามารถรับการสั่นภายในสูง จึงมีประสิทธิภาพในการควบคุมเสียง

รงควัตถุ สีตะกั่ว เช่น ตะกั่วแดง (Red lead-Pb_3O_4) ตะกั่วโครเมต ตะกั่วซิลิโครเมต และตะกั่วซิลิเกต เหล่านี้เป็นสีป้องกันการผุกร่อน ตะกั่วแดงเป็นสีพื้นและสีเคลือบที่สำ คัญที่สุดในบรรดารงควัตถุที่ใช้ป้องกันสนิมโลหะพวกเหล็กและเหล็กกล้า ส่วนสีขาวกันสนิมที่สำ คัญทางการค้าคือเบสิกเลดคาร์บอเนต ไดเบสิกเลดคาร์บอเนต ไดเบสิกเลดฟอสไฟต์ ไดเบสิกเลดฟอสฟอซิลิเกต และเบสิกเลดซิลิเกต รงควัตถุที่สำ คัญที่สุดคือไตรเบสิกเลดโครโมซิลิเกต ซึ่งให้สีแดง-ส้ม เบสิกซิลิโคโครเมตให้สีเหลืองธรรมดา และนอร์มัลเลดซิลิโคโครเมต ที่ใช้ทาเป็นเครื่องหมายบนบาทวิถี

ส่วนด้านอื่นๆ มีการใช้ตะกั่วเปลวและแผ่นในการบรรจุสารกัมมันตภาพรังสีเพื่อการขนส่งและเก็บรักษา หลอดบีบทำ จากตะกั่วใช้บรรจุสีสำ หรับงานศิลปะ และสารเหลวที่มีการกัดกร่อนสูงโลหะเจือตะกั่วจุดหลอมตัวต่ำใช้ในการอบอ่อนโลหะต่างๆ ออกไซด์ของตะกั่วใช้เป็นสารออกซิไดซ์ในการผลิตสีย้อม ไม้ขีดไฟ ยางเทียม กลั่นน้ำมัน กาว ตะกั่วออกไซด์เป็นเชื้อปะทุในการระเบิด ตะกั่วอาร์เซเนตเป็นยาฆ่าแมลงในการเกษตร สารประกอบตะกั่วอื่นๆ ใช้เป็นตัวคงรูปไวนิลพลาสติก ใช้ตะกั่วเป็นสารถ่วง เช่น ลูกแหในอุปกรณ์ประมงและในเรือดำ น้ำ ในเครื่องถ้วยชามเคลือบและเซรามิกผิวเคลือบเพื่อเพิ่มความวาวและความคงทน เป็นธาตุเจือในเหล็กกล้าและทองแดงเจือ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านการกลึงไสให้ง่ายขึ้น

4.6 เทคโนโลยีการผลิตตะกั่ว [สลิลา,2548]

โลหะตะกั่วสามารถผลิตได้ 2 วิธี แบ่งเป็นการถลุงโลหะตะกั่วจากแร่ (Primary Process) และการผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ (Secondary Process หรือ Recycling) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.6.1 การถลุงโลหะตะกั่วจากแร่ (Primary Process)

แร่ตะกั่วที่นำมาถลุงส่วนใหญ่จะเป็นแร่ตะกั่วซัลไฟด์โดยจะผ่านกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

(1) ทำให้แร่มีความเข้มข้น (Concentration) หรือนำแร่ไปแยกเอาสิ่งเจือปนออกด้วยการลอยแร่ (Floatation) ในกรณีต้องการความเข้มข้นของแร่สูง

(2) เมื่อแร่มีความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์ดีจะนำ แร่ไปผ่านกรรมวิธีย่างเพื่อลดปริมาณกำมะถันให้น้อยลง(Roasting) โดยอุณหภูมิที่ใชจะอยู่ในนช่วง 450-700 °C และใช้ลมเป่าช่วยทำให้ปริมาณกำมะถันในแร่ลดลงดังปฏิกิริยา

$2PbS + 7/2O_2 \rightarrow PbO + PbSO_4 + SO_2$

(3) นำไปถลุงด้วยเตาสูง (Blast Furnace) หรือภายในเตากะทะ (Reverberatory Furnace) แต่ปัจจุบันนิยมถลุงด้วยเตาสูงเพราะสามารถใช้แร่ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าการถลุงภายในเตากะทะ โดยนำแร่ตะกั่วผสมกับฟลักซ์ (หินปูน) ถ่านโค้ก และเศษเหล็ก เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวไปช่วยดึงกำมะถันออกจากตะกั่วซัลไฟด์ ปฏิกิริยารีดักชั่นที่เกิดภายในเตาเป็นดังนี้

$PbO + C \rightarrow Pb + CO$

$PbO + CO \rightarrow Pb + CO_2$

$PbS + Fe \rightarrow Pb + FeS$

(4) ตะกั่วเมื่อถูกรีดิวซ์จะหลอมละลายลงสู่ก้นเตาซึ่งจะถูกเจาะออกเป็นระยะ เหนือระดับของตะกั่วหลอมละลายจะเป็น Matte หรือ Speiss ของเหล็กและทองแดงซัลไฟด์กับตะกั่วอีกจำนวนหนึ่ง และเหนือ Matte จะเป็นตะกรันซึ่งประกอบด้วยซิลิเกตของเหล็กและแคลเซียม เมื่อเจาะออกจะแยกเอา Matte ไปแยกโลหะทองแดงออก ส่วนตะกรัน (Slag) จะนำไปทิ้งสำหรับโลหะตะกั่วที่ได้จากการถลุงด้วยเตาสูงจะเป็นตะกั่วที่มีโลหะมีค่าผสมอยู่เช่นโลหะเงิน ซึ่งต้องนำ ไปแยกโลหะมีค่าออกต่อไป

(5) ตะกั่วที่ได้จากการถลุงหรือที่เรียกว่าตะกั่วดิบ (Crude Lead) ในเตาสูงจะมีโลหะเจือปนอยู่มาก ได้แก่ สารหนู พลวง บิสมัท ดีบุก และทองแดง เป็นต้น ส่งผลให้ตะกั่วมีความแข็งแต่ขาดความเหนียว ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ต้องผ่านกระบวนการทำตะกั่วให้บริสุทธิ์ (Refining) โดยนำโลหะตะกั่วหลอมเหลวที่เจาะออกจากเตาสูงมาหลอมต่อภายในเตากะทะที่อุณหภูมิ 500 °C เป่าอากาศลงไปก้นเตาเพื่อให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยารวมตัวกับโลหะมลทินกลายเป็นออกไซด์หรือเติมธาตุหรือสารเคมีบางชนิดเพื่อไปรวมตัวกับโลหะ

มลทินแยกชั้นลอยขึ้นมารวมตัวกันบริเวณผิวน้ำโลหะเรียกว่า กากโลหะ (Dross) สามารถกวาดออกได้เพราะเบากว่าโลหะตะกั่ว

(6) ตะกั่วที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์สามารถหล่อเป็นแท่งเพื่อจำหน่ายเป็นตะกั่วบริสุทธิ์ได้ หรือเติมโลหะผสมซึ่งส่วนมากได้แก่พลวงในน้ำโลหะให้มีปริมาณตามความต้องการก่อนแล้วจึงหล่อเป็นแท่งโลหะผสมเพื่อจำหน่ายต่อไป

4.6.2 การผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ (Recycling)

การผลิตโลหะตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่จะคล้ายคลึงกับการถลุงจากแร่ แต่วัตถุดิบจะได้แก่เศษแบตเตอรี่ กล่าวคือ จะมีขั้นตอนการถลุงการเศษแบตเตอรี่เก่าเป็นตะกั่วดิบ และการทำ ตะกั่วให้บริสุทธิ์ ในขั้นตอนแรกจะใช้เศษแบตเตอรี่ผสมกับฝุ่นตะกั่วที่ได้จากอุปกรณ์เก็บฝุ่น และกากโลหะ (Dross) ที่ได้จากการทำ ตะกั่วให้บริสุทธิ์ในขั้นตอนที่สอง และเชื้อถลุง (Flux) เช่น หินปูน เศษเหล็ก และถ่านโค้ก ผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม ถลุงที่อุณหภูมิ 1,000 - 1,200 °C ระยะเวลาที่ใช้แล้วแต่ประเภทของเตา จนได้น้ำโลหะแล้วนำ ไปผ่านขั้นตอนที่สองซึ่งเป็นการทำ น้ำโลหะให้บริสุทธิ์ โดยการหลอมในเตากะทะที่มีการเติมออกซิเจนหรือธาตุหรือสารเคมีบางชนิดให้รวมตัวกับมลทินต่างๆ ในน้ำโลหะตะกั่วลอยขึ้นมาบนผิวน้ำโลหะเป็นกากโลหะแล้วตักออก จากนั้นจึงเติมโลหะพลวงให้มีปริมาณตามความต้องการก่อนหล่อเป็นแท่งโลหะผสมเพื่อจำหน่ายต่อไป

4.7 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ [นัฐิราภรณ์, 2549]

(1) วัตถุดิบชนิดที่เป็นตะกั่ว

- เศษแบตเตอรี่หรือแผ่นธาตุ (Battery Scrap) ซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของตะกั่ว (PbO และ Pb_2O เป็นต้น) และตะกั่วซัลเฟต (PbSO4) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาในหม้อแบตเตอรี่ แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

ขั้วคาโธด

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow 2H_2O + PbSO_4$$

ขั้วอาโนด

$$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$$

รวมสมการ

$$PbO_2 + Pb + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

- ขี้ตะกั่ว (Dross) เกิดการกระบวนการทำตะกั่วให้บริสุทธิ์

- ฝุ่นจากถุงกรอง (Dust) เกิดจากกระบวนการถลุงตะกั่ว ขั้นตอนการทำความสะอาดตะกั่วโดยใช้เตากะทะและกะทะผสมพลวงซึ่งจะนำกลับไปหลอมใหม่

- กากตะกอน (Sludge) ได้จากบ่อบำบัดน้ำเสีย

- ตะกรัน (Slag) เกิดจากกระบวนการถลุงตะกั่ว ถ้าตะกรันที่ได้มีปริมาณตะกั่วอยู่ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนักก็จะนำกลับไปหลอมใหม่จนกระทั่งมีปริมาณตะกั่วในตะกรันน้อยกว่าร้อยละ 3

(2) ฟลั๊กซ์ที่ใช้ในการฟอร์มตะกรัน การเติมฟลั๊กซ์ลงไปเพื่อช่วยในการดึงซัลเฟอร์ออกจากตะกั่วและลดอุณหภูมิที่ต้องใช้ในการหลอม อย่างไรก็ตามการเกิดตะกรันสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ชนิดตะกรันโซเดียม โดยการเติมโซดาแอช (Na_2CO_3) และเศษเหล็กหากพิจารณาถึงตะกรันชนิดนี้จัดได้ว่าเป็นกากสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงมาก

- ชนิดตะกรันแคลเซียม-ซิลิเกต โดยการเติมหินปูน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทรายแก้ว (Silica) และเศษเหล็ก ตะกรันดังกล่าวเป็นตะกรันที่เสถียร

(3) สารรีดิวซ์ การถลุงตะกั่วจะต้องเติมสารรีดิวซ์ (Reducing agent) ซึ่งได้แก่ สารประกอบพวกคาร์บอน เช่น ถ่านหิน ถ่านโค้ก เพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในเนื้อแร่ธาตุให้เป็นโลหะตะกั่ว

- ถ่านโค้ก (Coking Coal)
- ถ่านหินชนิดแอนทราไซต์(Anthracite)

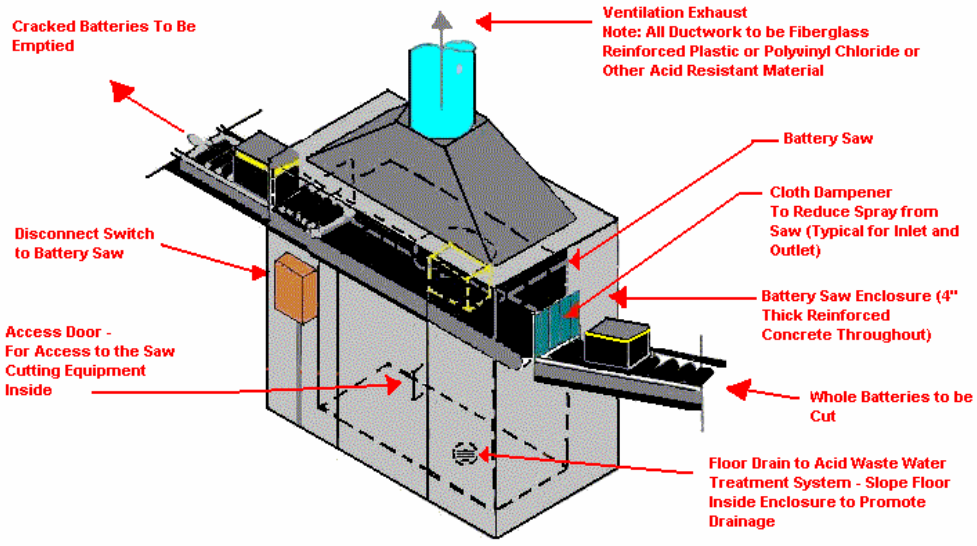
(4) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีดังต่อไปนี้

- ตะกั่วแท่งผสมพลวง (Lead Antimony Alloy)
- ตะกั่วอ่อน (Soft Lead)
- ตะกรัน
- ฝุ่นตะกั่ว
- ขี้ตะกั่ว

4.8 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ [นัฐิราภรณ์, 2549]

การถลุงตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ทุกครั้งจะต้องมีการเตรียมวัตถุดิบก่อนจะทำการถลุงโดยมีขั้นตอนดังนี้

การผ่าหม้อแบตเตอรี่ (Battery Pre-treatment) เป็นขั้นตอนแรกก่อนที่จะทำการถลุง ปัจจุบันโรงงานที่ผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ได้ใช้เครื่องผ่าหม้อแบตเตอรี่อัตโนมัติแทนการผ่าด้วยมือ ในขั้นตอนการผ่าหม้อแบตเตอรี่จะมีการเทน้ำกรด และแยกแผ่นธาตุ ยาง เปลือกหม้อแบตเตอรี่ และ กากตะกอนที่อยู่ภายในหม้อแบตเตอรี่



รูปที่ 4.2 วิธีการผ่าหม้อแบตเตอรี่

(**ที่มา:** Occupational Safety & Health Administration, 2012)

เครื่องผ่าหม้อแบตเตอรี่อัตโนมัติที่ใช้มีดังนี้ คือ

1. เครื่องเลื่อยความเร็วสูง (High speed saw)
2. เครื่องเลื่อยความเร็วต่ำ (Slow speed saw)
3. เครื่องเลื่อยวงเดือน วิธีตัดแบบเฉือน (Shear)

การใช้เครื่องเลื่อยและเครื่องเลื่อยวงเดือนเป็นวิธีการตัดด้านบนของหม้อแบตเตอรี่ โดยเลื่อยวงเดือนของเครื่องผ่าสามารถปรับระดับความสูงต่ำได้เพื่อจะได้สามารถตัดเฉพาะช่องว่างระหว่างแผ่นธาตุกับฝาเท่านั้น หลังจากนั้นก็จะมีการแยกแผ่นธาตุและแผ่นกั้นเซลล์แบตเตอรี่ ออกจากหม้อแบตเตอรี่

ในกรณีที่หม้อแบตเตอรี่มีน้ำกรดอยู่ด้วย น้ำกรดจะไหลลงบนถาดรวบรวมน้ำกรด ซึ่งถาดดังกล่าวทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อน้ำกรดไหลลงสู่บ่อรวบรวมน้ำกรด จะมีการเติมโซดาไฟเพื่อปรับ pH ให้เป็นกลางก่อนที่จะปล่อยลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสียต่อไป

สำหรับเปลือกของหม้อแบตเตอรี่ที่แยกเอาแผ่นธาตุออกมาแล้วจะถูกนำไปล้างด้วยน้ำแรงดันสูงเพื่อทำความสะอาดหม้อแบตเตอรี่ บางบริษัทก็จะนำเปลือกหม้อแบตเตอรี่ไปบด แต่บางบริษัทก็จะขายเปลือกแบตเตอรี่ทั้งลูกให้กับบริษัทที่รับซื้อของเสียเพื่อกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ต่อไป โดยบริษัทดังกล่าวจะต้องเป็นบริษัทที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อน

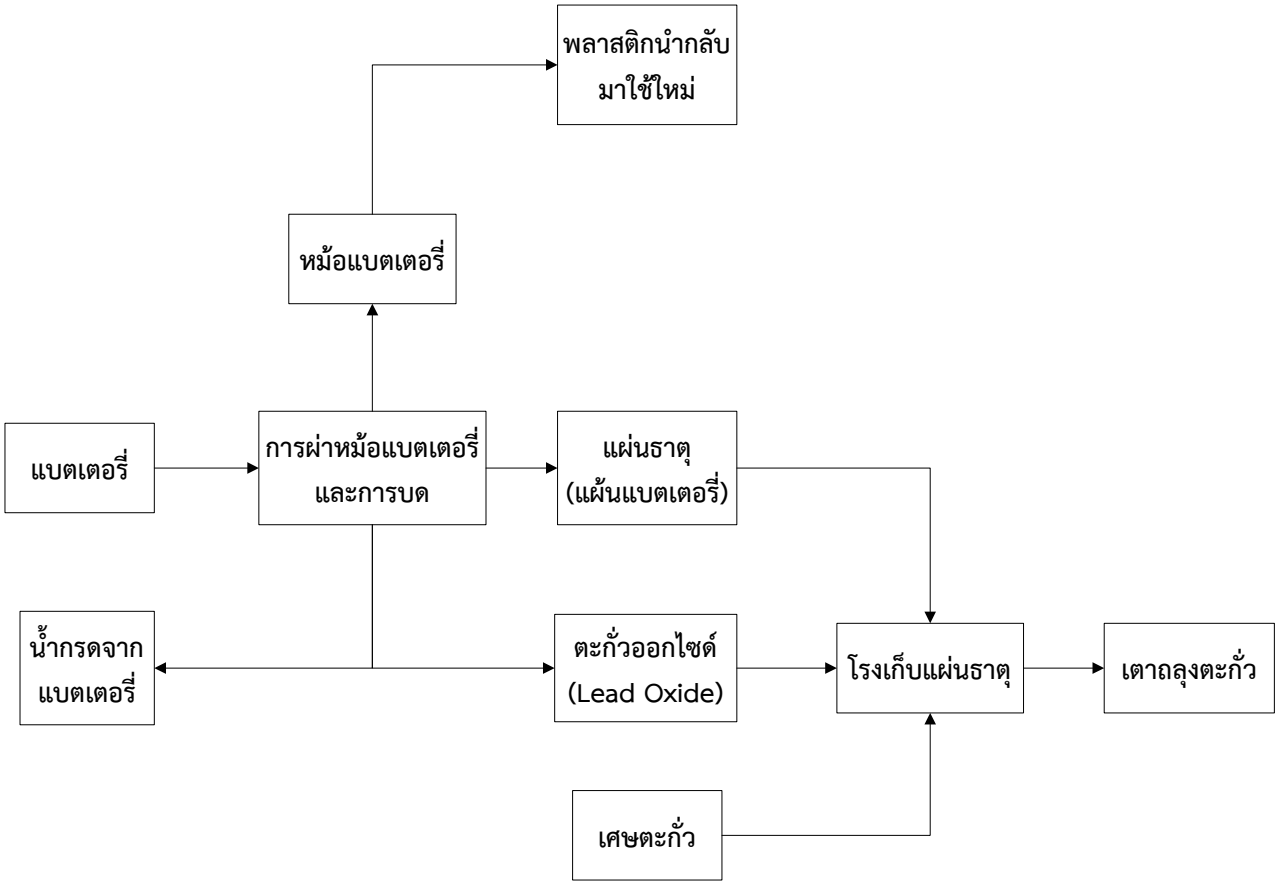
การผสมวัตถุดิบ (Mixing) จะต้องผสมในห้องที่ปิดสนิท มีทางเข้าออกเพียงทางเดียวและมีประตูปิดตลอดเวลาเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่น ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ในการถลุงจะแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้เกิดตะกรันชนิดใด ถ้าต้องการให้เป็นตะกรันโซเดียม จะต้องผสมเศษแบตเตอรี่ โซดาแอซ (Na_2CO_3) และถ่านแอนทราไซด์ หรือถ้าต้องการให้เกิดตะกรันชนิดแคลเซียม-ซิลิเกต จะผสมเศษแบตเตอรี่ ทราย หินปูน และถ่านโค้ก

การหลอมตะกั่ว (Smelting) ขึ้นอยู่กับลักษณะของเตาหลอมที่ใช้ในการผลิต จะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

การทำตะกั่วให้บริสุทธิ์ (Refining) และการหลอมเป็นแท่ง (Casting) ตะกั่วดิบที่ได้จากการถลุงจะนำมาหลอมใหม่โดยใช้เตากะทะ โดยอุณหภูมิที่หลอมอยู่ในช่วง 350-700 °C โดยเติมสารเคมี เช่น กำมะถัน และ Caustic Soda เพื่อกำจัดมลทิน ต่างๆ ได้แก่ อาร์เซนิก พลวง บิสมัส ดีบุก และ สังกะสี ออกให้อยู่ในรูปของกากโลหะ (Dross) หรือออกไซด์ผสมซึ่งจะลอยขึ้นมารวมตัวกันบริเวณผิวแล้วตักออก เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าโลหะตะกั่ว แล้วนำไปหล่อเป็นแท่ง ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ตะกั่วอ่อน หากต้องการผลิตโลหะตะกั่วผสมจะต้องเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ แล้วจึงหล่อเป็นแท่งโลหะผสมเพื่อจำหน่ายต่อไป

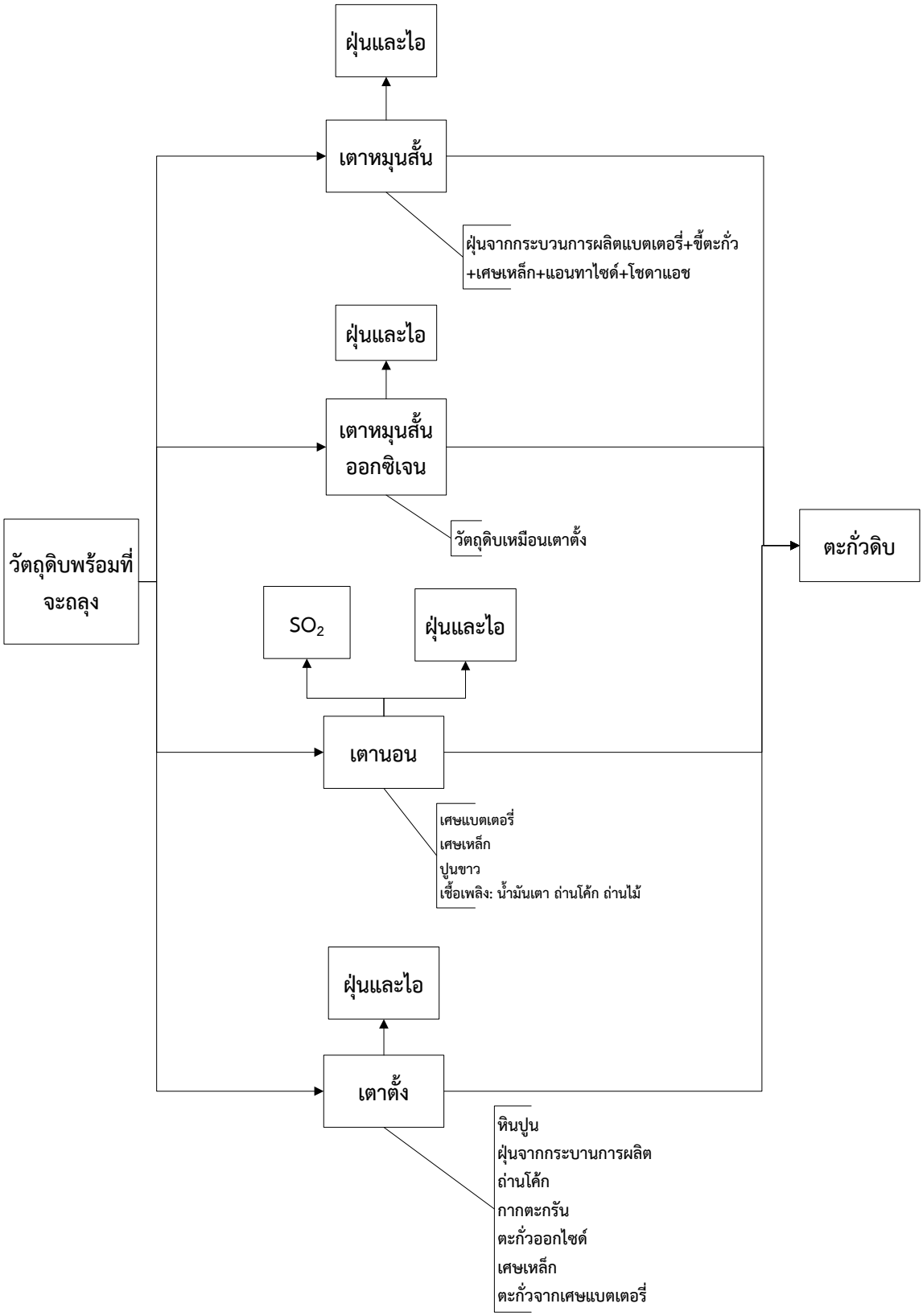
4.9 แผนผังกระบวนการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่

การผ่าหม้อแบตเตอรี่



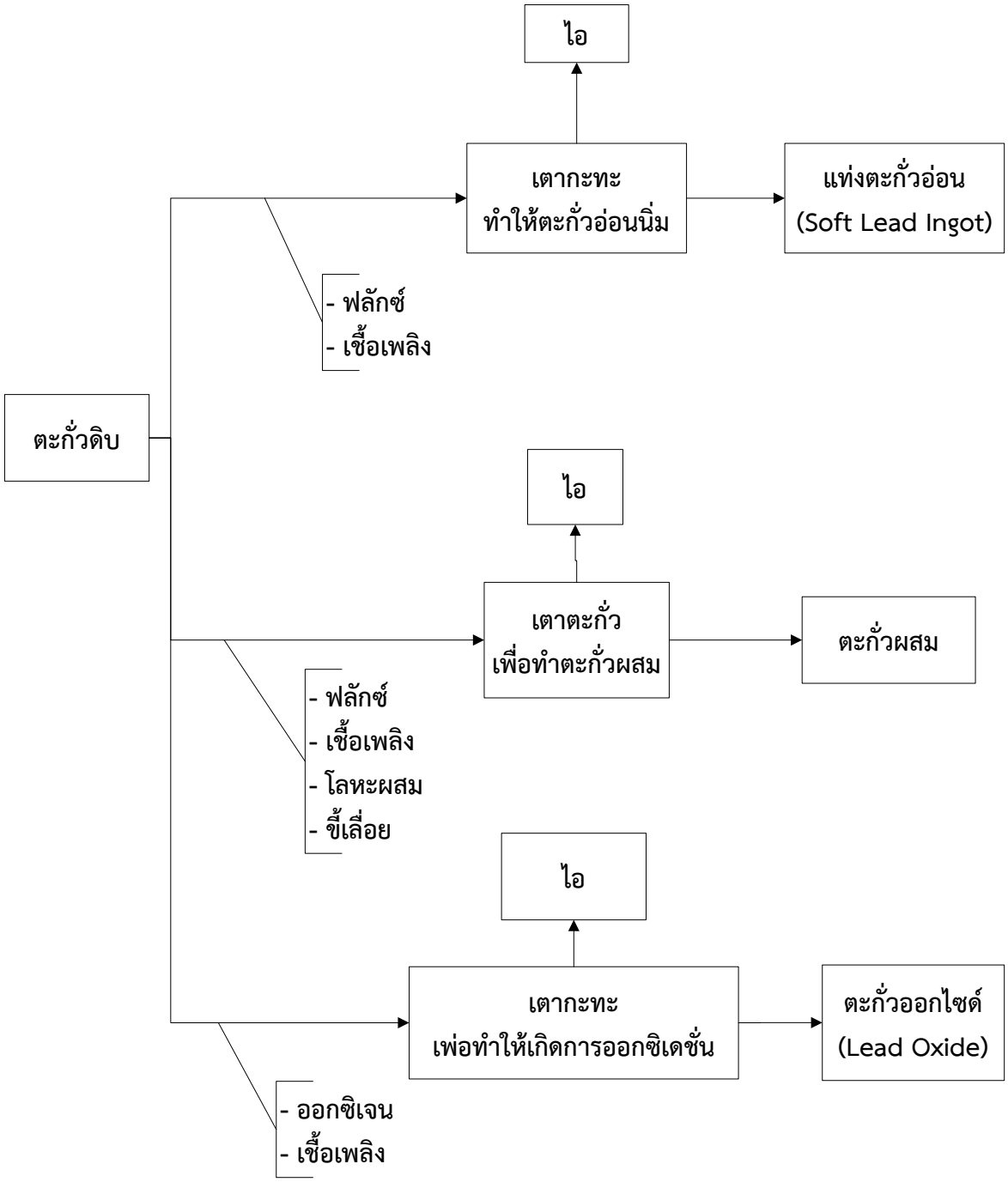
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการผ่าหม้อแบตเตอรี่

การหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่กับชนิดของเตาถลุง

การทำตะกั่วให้บริสุทธิ์ (Refining) และหลอมเป็นแท่ง (Casting)



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการทำตะกั่วอ่อน ตะกั่วผสม และตะกั่วออกไซด์

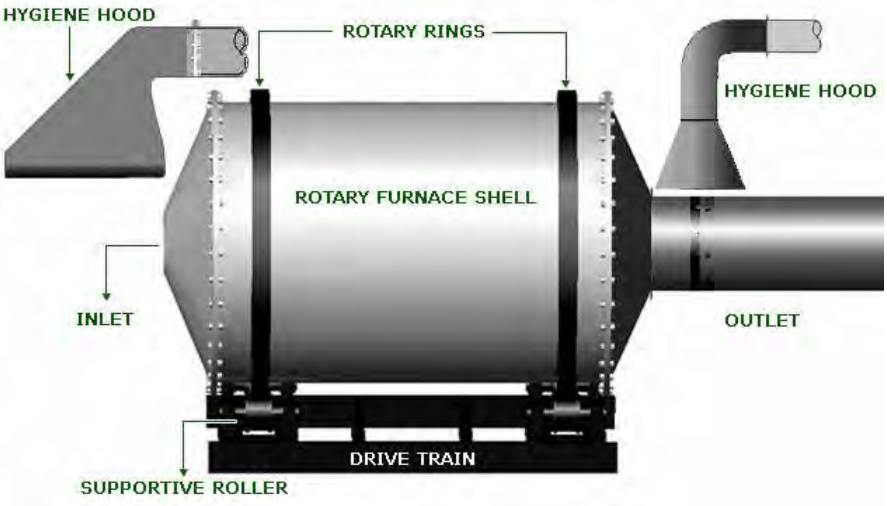
4.10 เทคโนโลยีการผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ในประเทศไทย

การผลิตตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ในแต่ละโรงงานจะใช้เทคโนโลยีของเตาถลุงที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามแต่ละเทคโนโลยีจะมีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ การถลุงตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เป็นตะกั่วดิบ (Crude Lead) และการทำความสะอาด (Refining) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต ดังนี้

1) การหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ด้วยเตาแบบหมุนสั้น (Short Rotary Furnace)

1) การถลุงจะใช้เศษแบตเตอรี่ผสมกับฝุ่น (Dust) ที่กักเก็บจากอุปกรณ์เก็บฝุ่น ควัน และกาก (Dross) ที่ได้จากการทำความสะอาดตะกั่ว (Refining) ผสมกับเชื้อถลุง (Flux) ได้แก่หินปูน เศษเหล็ก และถ่านโค้กผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วทำการถลุงที่อุณหภูมิ 1,200 ˚C ประมาณ 7-8 ชั่วโมง โดยเตาจะหมุนตัวเองไปรอบๆ อย่างช้าๆ จะได้โลหะตะกั่ว (Crude Lead) ซึ่งจะต้องนำไปทำให้สะอาด (Refining) ในเตากระทะต่อไป

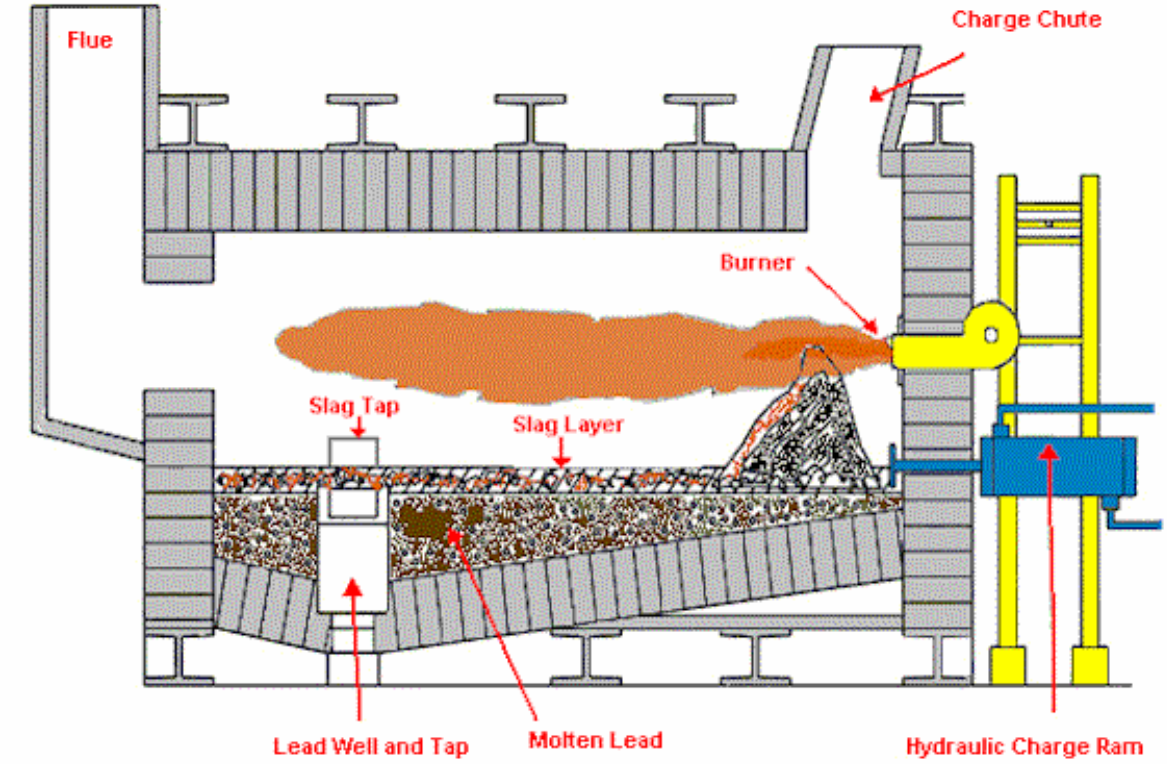
2) การทำความสะอาด (Refining) จะใช้เตากระทะซึ่งจะต้องเติมสารเคมีเพื่อกำจัดมลทินต่างๆ เช่น อาร์เซนิค ดีบุก สังกะสีออกให้อยู่ในรูปของกากโลหะ (Dross) แล้วตักออก จากนั้นจึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการแล้วจึงหล่อเป็นแท่งโลหะผสมเพื่อจำหน่ายต่อไปปัจจุบันบริษัท Boliden Contect AB ประเทศสวีเดนได้คิดค้นเทคโนโลยีการถลุงตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ด้วยเตาแบบหมุนสั้นโดยใช้ออกซิเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Oxygen Rotary Furnace) ซึ่งการถลุงในลักษณะนี้จะทำงานในลักษณะ Batch Operation โดยการป้อนวัตถุดิบเพียงครั้งเดียวแล้วปิดฝาซึ่งใช้ออกซิเจนในการหลอม อุณหภูมิในการหลอมสูงกว่า 1200 ˚C ใช้เวลาในการถลุงประมาณ 6-8 ชั่วโมง จากนั้นจึงเปิดฝาเทเอาตะกรันและตะกั่วหลอมเหลวออกมาใส่ภาชนะบรรจุเพื่อนำไปทำความสะอาดตะกั่ว (Refining) ต่อไปการทำงานของเตาชนิดนี้จะแตกต่างจากเตาหลอมแบบอื่นๆ ที่ต้องเติมวัตถุดิบตลอดเวลา และต้องคอยแยงเตาเพื่อพลิกเนื้อแผ่นธาตุในขณะที่ทำการถลุง เช่น เตาหลอมแบบตั้ง และเตานอนที่เป็นระบบการผลิตที่ต่อเนื่อง (Continuous operation) ข้อดีของเตาชนิดนี้คือ ไม่มีเขม่าควัน ไม่มีไอสารพิษแพร่กระจายออกจากเตาขณะที่ทำการหลอม เพราะเป็นเตาปิด แม้ว่าภายในเตาจะมีการเติมอากาศเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง อากาศขยายตัวก็ไม่มีการหลุดลอดออกมา การทำความสะอาด (Refining) เป็นกระบวนการทำให้ตะกั่วหลอมเหลวที่อุณหภูมิไม่เกิน 450˚C



รูปที่ 4.6 เตาแบบหมุนสั้น (Short Rotary Furnace)
(**ที่มา:** Occupational Safety & Health Administration, 2012)

2) การหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่ด้วยเตานอน (Reverberatory Furnace)

การถลุงจะใช้เศษแบตเตอรี่ผสมกับฝุ่น (Dust) ที่ได้จากการกักเก็บจากอุปกรณ์เก็บฝุ่นควันและกากโลหะที่ได้จากการทำความสะอาดตะกั่วผสมกับเชื้อถลุง ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต เศษเหล็ก และถ่านไม้บด ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจะถลุงที่อุณหภูมิ 1,000 - 1,100 ˚C โดยใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงเมื่อตะกั่วผสมกับวัตถุดิบต่างๆ ภายในเตาหลอมละลายดีแล้ว จะทำการเจาะตะกรันแล้วนำโลหะตะกั่วที่ได้ซึ่งเป็นโลหะตะกั่วดิบ (Crude Lead) ออกจากเตา นำไปทำให้สะอาด (Refining) การทำความสะอาด (Refining) จะนำตะกั่วดิบไปหลอมในเตากระทะ โดยมีท่อพ่นลมจุ่มลงในกระทะ ขณะที่โลหะตะกั่วกำลังหลอมละลายเพื่อทำให้สิ่งมลทินต่างๆ ที่อยู่ในน้ำโลหะตะกั่วลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ แล้วตักออก จากนั้นจึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ แล้วจึงหล่อเป็นแท่งเพื่อจำหน่ายต่อไป

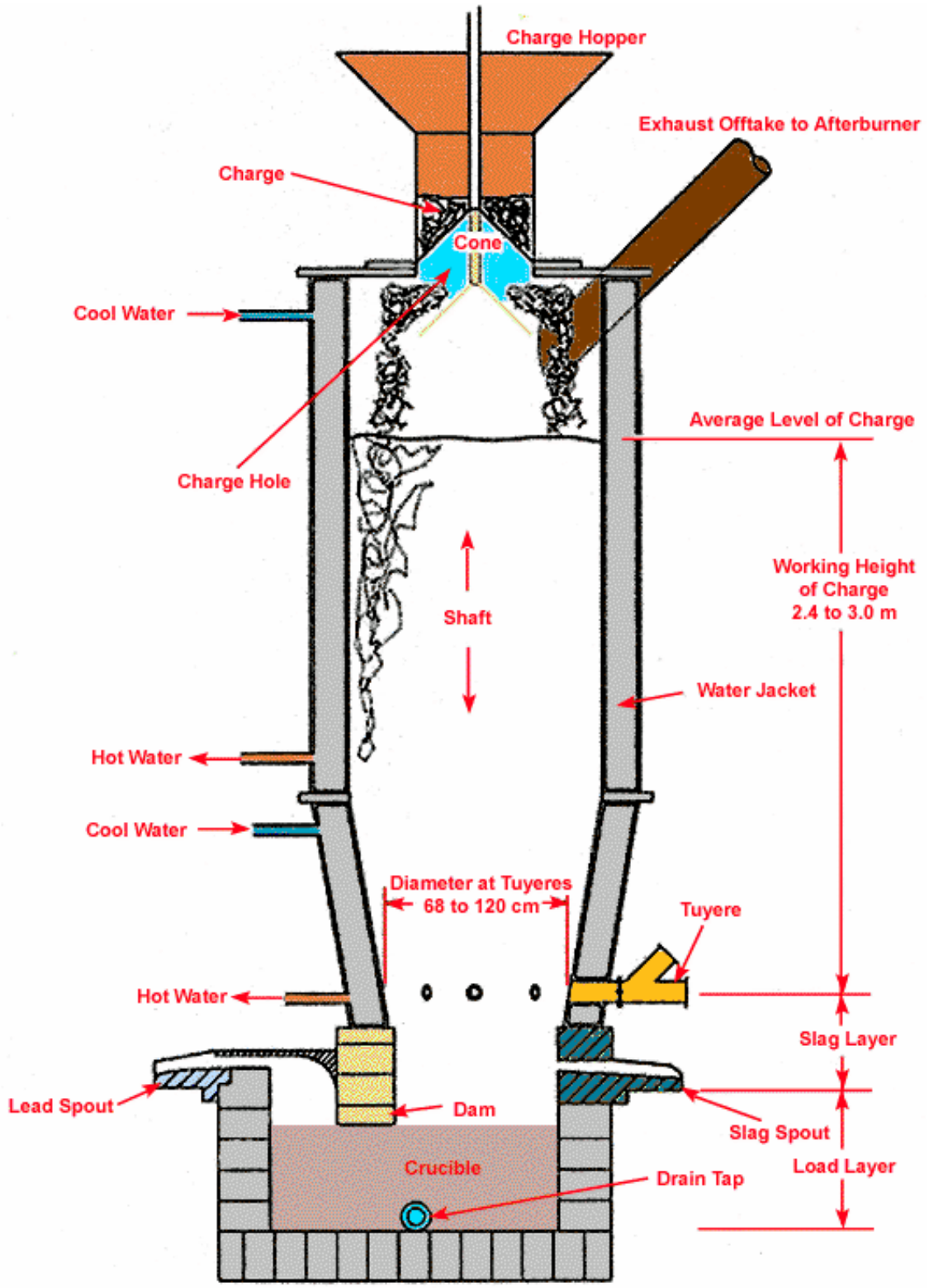


รูปที่ 4.7 เตานอน (Reverberatory Furnace)
(ที่มา: http://leadbatteryrecycling.blogspot.com)

3) การหลอมตะกั่วจากเศษแผ่นแบตเตอรี่ด้วยเตาตั้ง (Cupola Furnace หรือ Blast Furnace)

เตาชนิดนี้เหมาะสำหรับโลหะตะกั่วผสมพลวง ที่มีคุณภาพต่ำ กรรมวิธีการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การถลุงตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เป็นตะกั่วดิบ (Crude Lead) และการทำความสะอาด (Refining) การถลุงจะเริ่มอุ่นเตา (Pre-heat) โดยใช้ถ่านไม้และเติมถ่านโค้กใช้เวลาประมาณ 30 นาที เมื่อถ่านโค้กติดไฟดีแล้วจึงเริ่มป้อนเศษแบตเตอรี่ ฝุ่นที่ได้จากกระบวนการผลิตตะกรัน หินปูน รวมกับถ่านโค้กเป็นระยะๆ ทางด้านบนของเตา วัตถุดิบภายในเตาจะยุบลงที่อุณหภูมิ 800-1,000 °C ตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่าจะถูกหลอมเหลวเป็นน้ำโลหะตะกั่วไหลออกมาจากเตาลงเบ้าที่รองรับ เมื่อเต็มเบ้าจะตักใส่กระทะทำสะอาดต่อไปการทำความสะอาด (Refining) จะหลอมตะกั่วดิบ (Crude Lead) ในเตากระทะที่อุณหภูมิประมาณ

400-500 °C เพื่อไล่มลทินต่างๆ ออกจากเนื้อตะกั่ว เมื่อมลทินหมดแล้วจึงเติมโลหะพลวงให้ได้เปอร์เซ็นต์ที่ต้องการ หล่อเป็นแท่งเพื่อจำหน่ายต่อไป



รูปที่ 4.8 เตาตั้ง (Cupola Furnace หรือ Blast Furnace)
(**ที่มา:** Occupational Safety and Health Administration, 2012)

4.11 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขณะทำการหลอม

4.11.1 การหลอมโดยใช้โซดาแอชหรือ Na_2CO_3 เป็นฟลั๊กซ์

ในการหลอมลักษณะนี้จะใช้โซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาแอชเป็นฟลั๊กซ์ ช่วยในการดึงซัลเฟอร์ออกจากตะกั่วและลดอุณหภูมิที่ต้องใช้ในการหลอมซึ่งมีการเติมเหล็กลงไปด้วยและอาจช่วยในการลดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกจากเตาหลอมให้ต่ำลง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

$3C + PbSO_4 + Na_2CO_3$ (Flux) --> $2Pb + Na_2S2O_3 + 4CO_2$

$5C + 2PbSO_4 + 2Na_2CO_3$ (Flux) --> $2Pb + 2Na_2S_2 + 7CO_2$

$PbSO_4 + 2C$ --> $PbS + 2CO_2$

$C + 2PbS + 2Na_2CO_3$ (Flux) --> $2Pb + 2Na_2S + 3CO_2$

PbS + Fe (Flux) --> Pb + FeS

$2PbO_2 + C$ --> $Pb + CO_2$

$2PbO + C$ --> $2Pb + CO_2$

Na2CO3 (Flux) --> $Na_2O + CO_2$

$C + O_2$ --> CO_2

สำหรับเหล็กที่เติมลงไปจะเป็นตัวรีดิวซ์ตะกั่วซัลไฟด์ให้เป็นตะกั่ว อย่างไรก็ตามการเติมเหล็กลงไปจะต้องคำนึงถึงการหลอมเหลวและการเกิดกากตะกรันที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดEutectic

4.11.2 การหลอมโดยใช้หินปูนเป็นฟลั๊กซ์

ในการหลอมลักษณะนี้จะใช้หินปูน โดยการควบคุมส่วนผสมของปูนขาว (CaO) ทราย (SiO_2) และเหล็ก (FeO) และปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม กากตะกรันที่ได้จะมีลักษณะคล้ายหินปูน คือแข็งทนทานต่อการชะล้างกัดกร่อนของน้ำได้ดี และเพื่อควบคุมปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในตะกรัน เมื่อนำไปสกัดตามวิธีมาตรฐานแล้วให้ตะกั่วที่ถูกชะออกมา (Pb leachate) ต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วกากตะกรันที่ได้สามารถนำไปถมที่ หรือใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้โดยปลอดภัย

เทคโนโลยีการหลอมในลักษณะนี้จะมีหลายเทคโนโลยีที่ถูกคิดค้นขึ้น ได้แก่ การหลอมแบบ Kaldo process ในประเทศสวีเดน เทคโนโลยีการหลอมแบบ QSL ในประเทศเยอรมนี หรือเทคโนโลยีการหลอมแบบ Kivet process ในประเทศรัสเซีย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

$CaCO_3$ (Flux) --> $CaO + CO_2$

$CO_2 + C$ --> $2CO$

$2PbO + C$ --_ $2Pb + CO_2$

$PbO + CO$ --> $Pb + CO_2$

$PbSO_4 + 2C$ --> $PbS + 2CO_2$

CO_2 + Fe --> $FeO + CO$

$CaO + 3SiO_2 + 2FeO$ --> $CaO.(FeO)_2.(SiO_2)$

สำหรับการกำจัดซัลไฟด์ในตะกั่ว มีวิธีการกำจัดหลายวิธีแตกต่างกันไป เช่น การใช้เหล็กทำปฏิกิริยากับตะกั่วซัลไฟด์เพื่อสร้าง Iron Matte เพียงอย่างเดียว กรณีนี้ Matte จะแยกเป็นขั้นออกจากตะกรันอย่างชัดเจนปฏิกิริยาเป็นดังนี้

Fe + PbS --> FeS + Pb

4.12 การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่รถยนต์

4.12.1 ผลกระทบจากแบตเตอรี่หลังการใช้งาน

กรณีแบตเตอรี่รถยนต์ประเภทตะกั่ว-กรดโดยทั่วไป อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 2 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน และการดูแลรักษา เมื่อหมดสภาพการใช้งาน จะสังเกตได้จากเครื่องยนต์สตาร์ทติดยาก หรือสตาร์ทไม่ติด ซึ่งผู้ใช้รถยนต์จะนำรถยนต์เข้าร้านขายแบตเตอรี่ เพื่อทำการตรวจสอบสภาพของแบตเตอรี่ เมื่อตรวจสอบเสร็จ หากปรากฏว่าแบตเตอรี่หมดสภาพการใช้งาน ผู้ใช้รถยนต์ก็จะให้ร้านขายแบตเตอรี่เปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกค้าใหม่ให้ ส่วนแบตเตอรี่ลูกเก่าร้านขายแบตเตอรี่จะรับซื้อคืน จากนั้นจะถูกขายต่อไปยังพ่อค้าคนกลางรายเล็กที่มารับซื้อที่หน้าร้านอีกทอดหนึ่ง แบตเตอรี่เก่าที่พ่อค้าคนกลางรายเล็กรับซื้อไว้ น้ำกรดจะถูกเททิ้ง ลงลำรางสาธารณะจนหมด แล้วขายต่อให้กับพ่อค้าคนกลางรายใหญ่อีกทอดหนึ่ง โดยที่แบตเตอรี่เก่าที่รับซื้อมาส่วนใหญ่จะรวบรวมนำส่งโรงงานหลอมตะกั่ว บางส่วนจะแอบลักลอบหลอมเป็นตะกั่วแท่งขาย ให้กับโรงงานหลอมตะกั่ว โรงงานทำอวน และแห เป็นต้น

แบตเตอรี่เก่าที่พ่อค้าคนกลางรายใหญ่รับซื้อไว้จะรวบรวม และเทน้ำกรดทิ้ง แล้วนำส่งโรงงานหลอมตะกั่ว สำหรับแบตเตอรี่เก่าที่โรงงานหลอมตะกั่วรับซื้อไว้ จะเข้าสู่กระบวนการแยกชิ้นส่วน เปลือกหม้อ ฝาหม้อ และจุกปิด ซึ่งเป็นพลาสติก บางโรงงานจะล้างน้ำ และผึ่งให้แห้ง แล้วรอจำหน่าย แผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และขั้วแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นตะกั่ว จะเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ทำเป็นตะกั่วแท่งเพื่อจำหน่ายต่อไป ส่วนตะกรันที่เกิดขึ้นในระหว่างรีไซเคิลจะจ้างบบริษัทกำจัดกากอุตสาหกรรมดำเนินการต่อไป (บุญเสริม, 2550)

แบตเตอรี่รถยนต์ประเภทตะกั่ว-กรด (Lead-Acid Battery) เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วจะกลายสภาพเป็นขยะอันตรายชนิดหนึ่ง (Hazardous Waste) หากมีระบบการจัดการที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์และระบบนิเวศ แบตเตอรี่รถยนต์ประเภทตะกั่ว-กรด มีแผ่นตะกั่วซึ่งจะแช่อยู่ในน้ำกรดกำมะถัน (Sulfuric Acid) ซึ่งเป็นสารอันตรายที่มีฤทธิ์กัดกร่อน แม้กระทั่งเปลือกพลาสติกแข็งที่หุ้มตะกั่วก็เป็นขยะอันตราย แบตเตอรี่รถยนต์เมื่อหมดสภาพการใช้งานจะถูกขายให้กับร้านแบตเตอรี่ หรือผู้รับซื้อของเก่า แบตเตอรี่ที่ถูกซื้อบางส่วนจะถูกนำไปแยกชิ้นส่วน ตะกั่วจะถูกหลอมและนำไปขายอีกต่อหนึ่ง

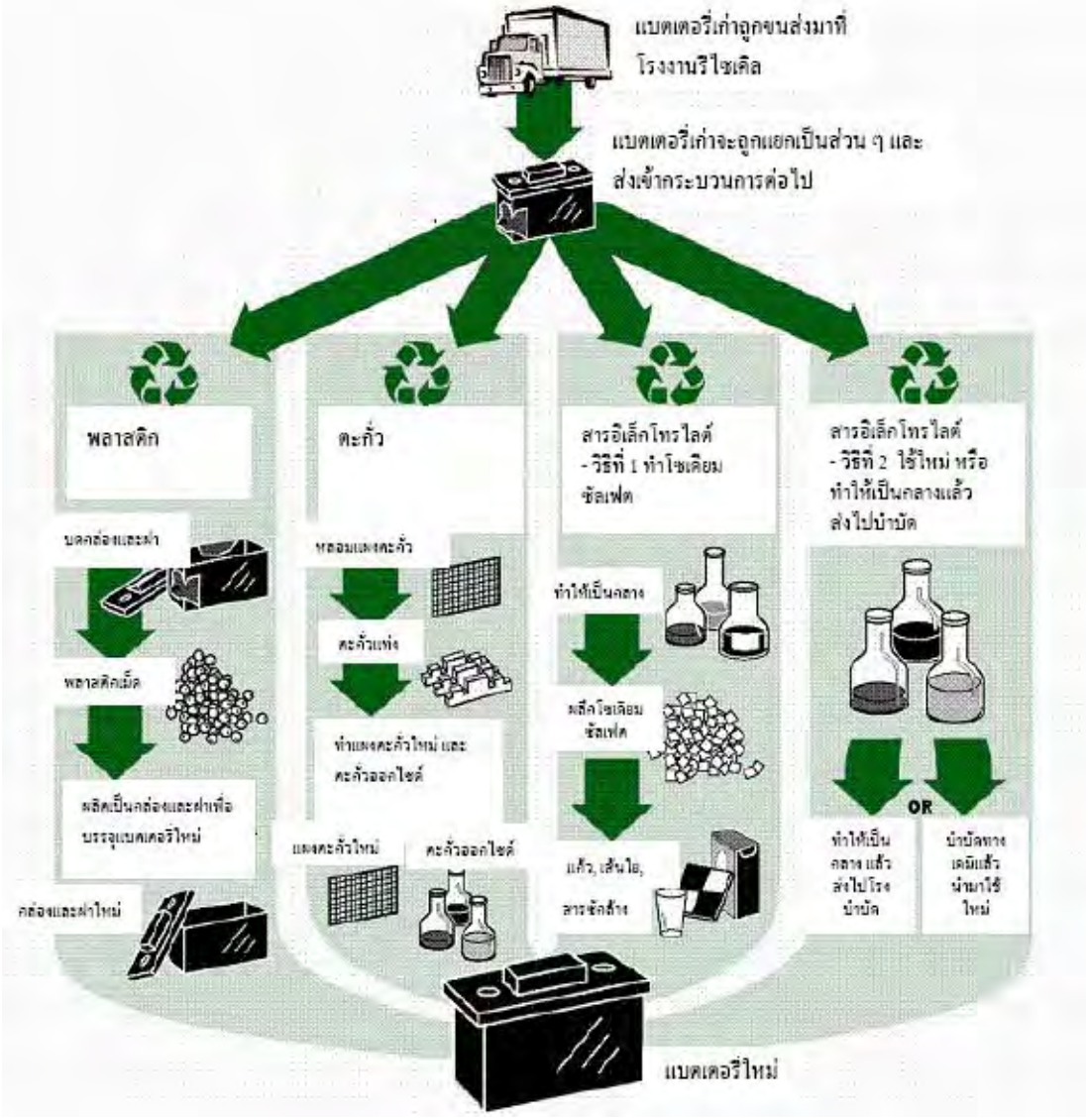
การหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าโดยผู้ที่ไม่มีความรู้จะก่อให้เกิดอันตรายได้ทุกขั้นตอน ไอของตะกั่ว ละอองของตะกั่ว ก๊าซพิษจากการเผาไหม้ซึ่งมีไอกรด คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ล้วนมีอันตรายทั้งสิ้น เช่น ปัญหาการปนเปื้อนสะสมของแร่ตะกั่วในลำห้วยคลองงู ซึ่งเป็นลำน้ำที่ไหลผ่านเหมืองแร่ และหมู่บ้านคลิตี้ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี ที่เกิดจากการรั่วไหลของหางแร่จากบ่อกักเก็บตะกอนกากแร่ของโรงแต่งแร่คลิตี้ (บริษัทตะกั่วคอนเซนเตรทส์ (ประเทศไทย) จำกัด) และการปล่อยกากตะกรันตะกั่วลงในลำธาร พิษจากสารตะกั่วปนเปื้อนสะสมในลำธารเป็นจำนวนมากสะสมจนเข้าไปในห่วงโซ่อาหาร ส่งผลให้ชาวบ้าน ที่อาศัยน้ำ และสัตว์น้ำในลำห้วย เพื่ออุปโภคและบริโภค เกิดโรคมากมาย ทารกเกิดใหม่พิการแต่กำเนิด ปัจจุบันแม้ว่าบริษัทจะปิดทำการและถูกศาลสั่งให้จ่ายเงินชดเชยให้กับชาวบ้านจำนวนหนึ่งไปแล้ว แต่มลพิษในลำห้วยยังคงอยู่ ชาวบ้านยังคงต้องใช้น้ำ และจับสัตว์น้ำบริโภค แม้จะรู้ว่ามีพิษร้ายของตะกั่วปนเปื้อนอยู่ และไม่รู้ว่าจะหมดไปเมื่อใด

หรือกรณีที่มีการลักลอบหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าในหมู่บ้านพุตะเคียน อ.จอมบึง จ.ราชบุรี ราชบุรีมาหลอม การหลอมแบตเตอรี่จะกระทำเฉพาะในเวลากลางคืนจนถึงรุ่งเช้าทุกวัน โดยตั้งเตาหลอมจำนวน 6 เตา ตามจุดต่างๆ บริเวณหุบเขา ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำของลำธารที่ไหลเข้าหมู่บ้าน เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในการหลอมตะกั่ว ได้แก่ แบตเตอรี่เก่า เชื้อเพลิง (ถ่านลิกไนต์) เตาหลอมแบบหล่อ การลักลอบหลอมตะกั่วทำโดยแยกชิ้นส่วนแบตเตอรี่เก่าเอาเฉพาะส่วนที่เป็นแผ่นโลหะตะกั่ว แล้วนำไปหลอมในเตาหลอมโดยใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง เมื่อตะกั่วหลอมละลายจะไหลลงสู่บ่อรองรับจากนั้นนำตะกั่วที่หลอมละลายไปเทลงในแบบที่เตรียมไว้ เมื่อตะกั่วเย็นและจับตัวเป็นก้อนจึงแกะแบบออก การหลอมตะกั่วด้วยวิธีนี้จะมีขี้เถ้าซึ่งมีตะกั่ว

ปะปนอยู่ในปริมาณมาก ขี้เถ้าเหล่านี้จะถูกนำออกไปขายให้แก่โรงงานหลอมตะกั่ว ในจังหวัดราชบุรี เพื่อแยกตะกั่วออก จากขี้เถ้าต่อไป

กรณีตัวอย่างที่เกิดขึ้น จากพิษร้ายของตะกั่วที่มีเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเจริญทางเศรษฐกิจ รวมทั้งจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีจำนวนแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ ดังนั้นโอกาสที่แบตเตอรี่เก่า ที่กลายเป็นขยะอันตราย จะปล่อยสารตะกั่ว น้ำกรด และมลพิษอื่น ๆ ปนเปื้อน ไปกับสิ่งแวดล้อมก็มีจำนวนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันการจัดการสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่รถยนต์จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องในทุกส่วน ตั้งแต่ผู้ใช้รถยนต์ ผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ โรงงานหลอมตะกั่ว ร้านขายแบตเตอรี่รถยนต์ จนถึงผู้รับซื้อของเก่า ต้องทำความเข้าใจถึงพิษของตะกั่ว และระมัดระวัง ในการผลิต การใช้งาน การจัดเก็บ ให้เกิดการรั่วไหลของมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สิ่งที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้การจัดการสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่รถยนต์ประสบความสำเร็จก็คือภาครัฐจะต้องมีการจัดการที่ดีมาใช้ควบคู่ไปด้วย อาจจะมีการตั้งโรงงานรีไซเคิลแบเตอรี่ที่ถูกต้องตามหลักการ การสร้างแรงจูงใจให้ผู้ก่อมลพิษเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือลดการก่อมลพิษลง เพื่อนำมาใช้เสริมมาตรการบังคับและควบคุม ในส่วนของผู้ใช้รถยนต์ซึ่งเป็นผู้ก่อมลพิษ ควรที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบด้วยโดยจะอาจจะต้องมีการจ่ายค่าจัดการสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่รถยนต์ สำหรับรูปที่ 4.9 แสดงกระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่ โดยพบว่าส่วนประกอบต่าง ๆ ของแบตเตอรี่สามารถรีไซเคิลได้ถึงร้อยละ 97 เพื่อนำผลิตเป็นแบตเตอรี่ใหม่ สำหรับขั้นตอนในการรีไซเคิลแบตเตอรี่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ทำการแยกชิ้นส่วนแบตเตอรี่ออกเป็นส่วนประกอบย่อย
2. จะทำการคัดแยกส่วนที่เป็นพลาสติค (Polypropylene) ออกจากสารละลาย ตะกั่วและโลหะหนักประเภทอื่น ๆ
3. ทำความสะอาดส่วนที่เป็นพลาสติคก่อนจะส่งต่อไปยังโรงงานรับหลอมพลาสติค
4. จะทำการหลอมตะกั่วแท่งจากแผงตะกั่วโดยจะต้องกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกเสียก่อน
5. สำหรับกรดซัลฟุริคสามารถนำไปทำให้เป็นกลางจากนั้นกำจัดทิ้งหรือนำไปทำให้เป็นโซเดียมซัลเฟต



รูปที่ 4.9 ขั้นตอนการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่า
(ที่มา: http://www.batterycouncil.org**)**

4.13 อุตสาหกรรมตะกั่วของประเทศไทย [นัฐิราภรณ์, 2549]

ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมผลิตโลหะตะกั่วในประเทศไทยมีจำนวน 7 ราย มีกำลังการผลิตรวม 82,200 ตันต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยทั้งหมดใช้เศษแบตเตอรี่ภายในประเทศเป็นวัตถุดิบหลัก ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมตะกั่วสามารถผลิตได้ ได้แก่ โลหะตะกั่วบริสุทธิ์ ตะกั่วผสมพลวง และตะกั่วผสมแคลเซี่ยม ซึ่งกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณการผลิตทั้งหมดจะส่งไปจำหน่ายให้กับอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ภายในประเทศ

ในปี 2550 ประเทศไทยมีปริมาณการใช้โลหะตะกั่วจำนวน 150,930 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 3.5 ซึ่งมีสาเหตุจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยเฉพาะการตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์ของทวีปเอเชีย จึงคาดว่าปริมาณการใช้โลหะตะกั่วเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตแบตเตอรี่จะมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต การผลิตโลหะตะกั่วของประเทศไทยในปี 2550 มีปริมาณ

73,160 ตัน และมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์โลหะตะกั่วจากต่างประเทศ79,250 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 7,415 ล้านบาท ในขณะที่มีปริมาณการส่งออกโลหะตะกั่ว1,480 ตัน หรือคิดเป็นมูลค่าเพียง 176 ล้านบาท สำหรับราคาโลหะตะกั่วในปี 2550 มีการปรับเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่าเมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาโดยเฉพาะในช่วงปลายปี ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการใช้ของตลาดโลกที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งปริมาณสำรองก็มีจำนวนลดลงค่อนข้างมาก ราคาเฉลี่ยของโลหะตะกั่วในประเทศในปี 2550 อยู่ที่ระดับ 110 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4.1 รายชื่อบริษัทผู้ผลิตโลหะตะกั่ว

บริษัท	ที่ตั้ง	กำลังการผลิต (ตันต่อปี)
1. บริษัท โลหะตะกั่วไทย จำกัด	กาญจนบุรี	14,000
2. บริษัท ไทย-ไชน่านันเฟอรัชเมทัล อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	นครสวรรค์	9,000
3. บริษัท เบอร์กโซ่เมตัลส์ จำกัด	สระบุรี	12,000
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เลี่ยงฮวดหล่อหลอมโลหะ	สมุทรปราการ	6,000
5. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงศ์ตระกูลโลหะกิจ	นครปฐม	12,600
6. บริษัท ไทย นันเฟอรัช เมทัล จำกัด	ฉะเชิงเทรา	15,600
7. บรษัท อุตสาหกรรมหลอมโลหะไทย จำกัด	ราชบุรี	14.000
รวม		**82,200**

(ที่มา: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2551)

4.14 อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของไทย

[ที่มา: www.exim.go.th]

อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของไทยที่มีศักยภาพทั้งด้านการผลิตและการส่งออก ด้วยปริมาณการผลิตเฉลี่ยปีละราว 8.6 ล้านลูก ขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 10 ต่อปี ในช่วงปี 2544-2547 ขณะที่การส่งออกในช่วงดังกล่าวซึ่งมีสัดส่วนราวร้อยละ 30 ของปริมาณการผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ทั้งหมด มีมูลค่าเฉลี่ยปีละ 92 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ขยายตัวเฉลี่ยราวร้อยละ 15 ต่อปี ทั้งนี้ปัจจัยสนับสนุนด้านการผลิตและการส่งออกที่สำคัญของอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของไทย มีดังนี้

ปัจจัยสนับสนุนด้านการผลิต

- **ผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ต่างชาติหลายรายเข้ามาตั้งฐานการผลิตและขยายการลงทุนในไทยอย่างต่อเนื่อง** โดยเฉพาะผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของญี่ปุ่น ทั้งนี้เพื่อรองรับความต้องการทั้งจากตลาดในประเทศและตลาดส่งออก ปัจจุบันผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์รายสำคัญของไทย ได้แก่ บริษัทสยามจีเอส แบตเตอรี่ จำกัด บริษัท ไทยสตอเรจแบตเตอรี่ จำกัด (มหาชน) บริษัท สยามฟูรูกาวา เทรดดิ้ง จำกัดและ บริษัท ยัวซ่าแบตเตอรี่ ประเทศไทย จำกัด (มหาชน)

- **รัฐบาลมีมาตรการสนับสนุนอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์** ผ่านมาตรการส่งเสริมการลงทุนของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Board of Investment : BOI) ด้วยการให้สิทธิ

ประโยชน์ทางภาษี ทั้งภาษีเงินได้นิติบุคคลและอากรขาเข้าเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแก่กิจการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ครอบคลุมถึงกิจการผลิตแบตเตอรี่รถยนต์

- **การขยายตัวของอุตสาหกรรมรถยนต์** ซึ่งเป็นผลจากนโยบายของรัฐบาลในการสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์อย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งหวังให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์แห่งเอเชีย (Detroit of Asia) นโยบายดังกล่าวจูงใจให้ผู้ผลิตรถยนต์ต่างชาติหลายรายเข้ามาตั้งฐานการผลิตและขยายการลงทุนในไทย ซึ่งทำให้เกิดความต้องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์ รวมถึงแบตเตอรี่รถยนต์ เพิ่มขึ้นตามลำดับ

ปัจจัยสนับสนุนด้านการส่งออก

- **ความต้องการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ของโลกเพิ่มขึ้น** ตามการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์โลก โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชีย ทั้งนี้ คาดว่าความต้องการใช้แบตเตอรี่รถยนต์ทั่วโลกจะขยายตัวเฉลี่ยราวร้อยละ 6 ต่อปี ในช่วงปี 2547-2549 จนแตะระดับ 185 ล้านลูก ในปี 2549

- **การจัดทำข้อตกลงเขตการค้า เสรีของไทยกับประเทศต่าง ๆ** โดยเฉพาะข้อตกลงเขตการค้าเสรีอาเซียน (AFTA) ซึ่งกำหนดให้ประเทศสมาชิกอาเซียน (ตลาดส่งออกแบตเตอรี่รถยนต์สำคัญอันดับ 1 ของไทย)ปรับลดอัตราภาษีนำเข้าระหว่างกันลง ปัจจุบันอัตราภาษีนำเข้าแบตเตอรี่รถยนต์ที่เรียกเก็บระหว่างประเทศสมาชิกอยู่ในอัตราร้อยละ 5 และข้อตกลงเขตการค้าเสรีไทย-ออสเตรเลียซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2548 กำหนดให้ออสเตรเลียซึ่งเป็นตลาดส่งออกแบตเตอรี่รถยนต์สำคัญอันดับ 16 ของไทย ปรับลดอัตราภาษีนำเข้าแบตเตอรี่รถยนต์จากไทยเหลือร้อยละ 5 จากเดิมร้อยละ 10 และจะปรับลดเหลือร้อยละ 0 ในปี 2553 ข้อตกลงดังกล่าวคาดว่าจะเอื้อประโยชน์ต่อการขยายตลาดแบตเตอรี่รถยนต์ของไทยในประเทศคู่เจรจาเหล่านี้

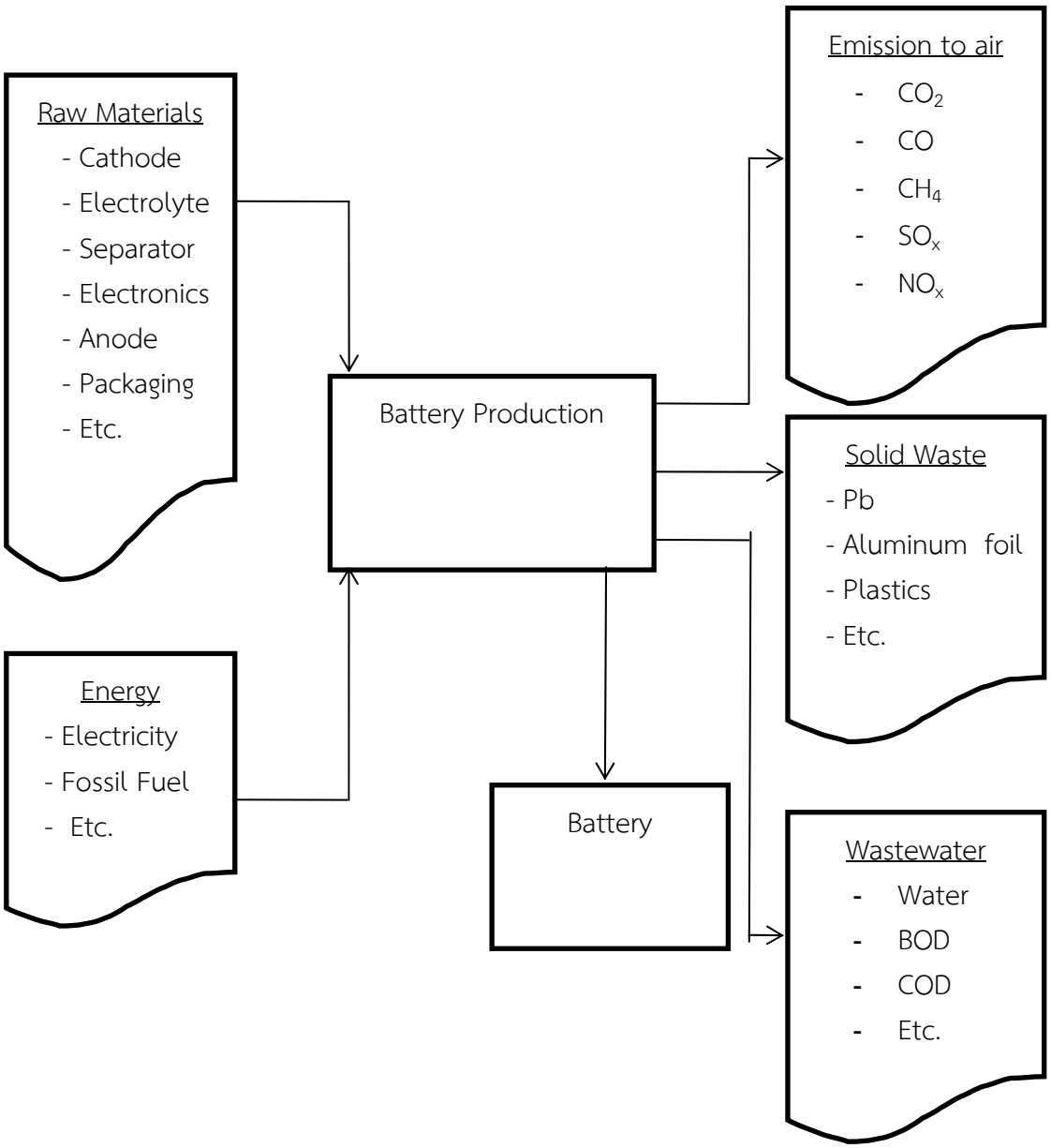
อย่างไรก็ตาม ยังมีอุปสรรคบางประการที่อาจส่งผลกระทบต่อการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของไทยในระยะข้างหน้า อาทิ ต้นทุนการผลิตที่มีแนวโน้มปรับสูงขึ้นตามราคาวัตถุดิบสำคัญที่ขยับสูงขึ้น โดยเฉพาะตะกั่ว และพลาสติก การแข่งขันที่รุนแรงขึ้นจากคู่แข่งสำคัญโดยเฉพาะจีน ซึ่งเป็นผู้ส่งออกแบตเตอรี่รถยนต์รายใหญ่อันดับ 2 ของโลก รองจากญี่ปุ่น ขณะที่ไทยอยู่ในอันดับ 22 ทั้งนี้ จีนมีความได้เปรียบไทยทั้งด้านต้นทุนการผลิตจากการที่มีค่าจ้างแรงงานราคาถูก และด้านวัตถุดิบจากการเป็นแหล่งผลิตแร่ตะกั่วรายใหญ่สุดของโลกและประเทศคู่ค้าสำคัญ โดยเฉพาะสหภาพยุโรป (European Union : EU) ซึ่งเป็นตลาดส่งออกแบตเตอรี่รถยนต์สำคัญอันดับ 2 ของไทย เตรียมออกระเบียบนำเข้าที่เข้มงวดกับสินค้าหมวดแบตเตอรี่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตราย (Restriction on Hazardous Substances : RoHS) ซึ่งกำหนดให้ผู้ผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงแบตเตอรี่รถยนต์ต้องจำกัดปริมาณการใช้สารอันตราย โดยเฉพาะตะกั่ว และแคดเมียม และให้ใช้สารชนิดอื่นแทน คาดว่าจะมีผลบังคับใช้ในปี 2549 ระเบียบดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อการส่งออกแบตเตอรี่รถยนต์ของไทยยังคงใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต

4.15 แผนการดำเนินงานสำหรับการทำบัญชีรายการข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

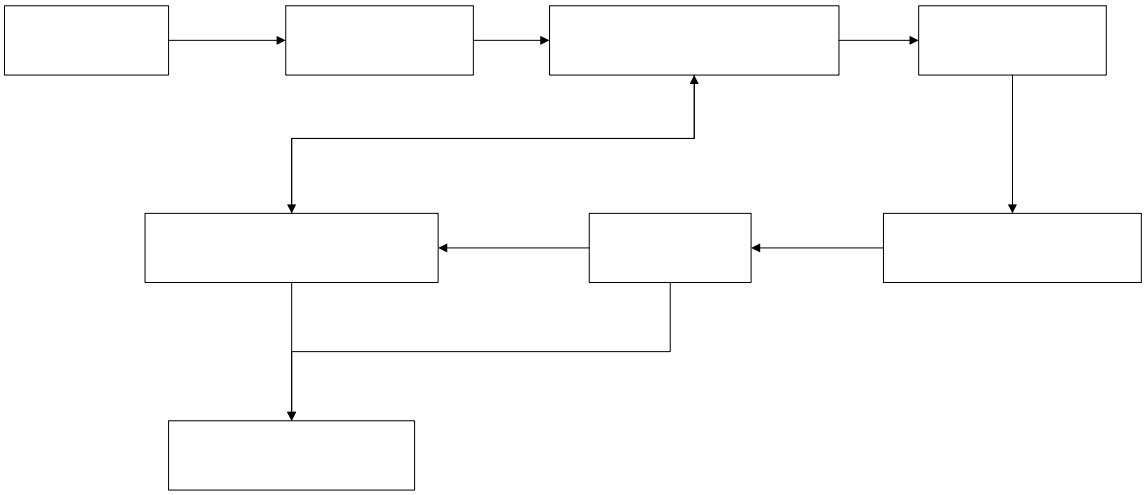
ในการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตสำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ Functional Unit คือ แบตเตอรี่รถยนต์ 1 ลูก และในขั้นตอนการวิเคราะห์สารขาเข้า และสารขาออกของแบตเตอรี่ จะมีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 บัญชีรายการสารขาเข้าของแบตเตอรี่รถยนต์ (Gaines and Cuenca, 2000)

No.	Part of cell	Material
1	Cathode	$LiFePO_4$
		Aluminum foil
		Carbon black
		PVDF
		Styrene acrylate latex
2	Electrolyte	Ethylene glycol
		dimethyl ether
		Lithium salt
3	Separator	Polyethylene
		Polypropylene
4	Electronics	Transistor
		Resistor
5	Anode	Graphite
		Carbon Black
		Copper
		PVDF
		Styrene butadiene latex
6	Packaging	Polypropyleane
		Aluminum foil


Raw Materials
- Cathode
- Electrolyte
- Separator
- Electronics
- Anode
- Packaging
- Etc.
Energy
- Electricity
- Fossil Fuel
- Etc.
Battery Production
Battery
Emission to air
- CO_2
- CO
- CH_4
- SO_x
- NO_x
Solid Waste
- Pb
- Aluminum foil
- Plastics
- Etc.
Wastewater
- Water
- BOD
- COD
- Etc.

ขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่รถยนต์สำหรับงานวิจัยนี้คือ



บทที่ 5
การพยากรณ์ความต้องการโลหะ

5.1 เทคนิคในการพยากรณ์

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้พิจารณาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 ซึ่งในการพยากรณ์แต่ละส่วนประกอบด้วยข้อมูลจำนวนน้อยเพียงค่า 5 ข้อมูล ลักษณะของการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์นั้นโดยทั่วไปไม่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลแต่มักขึ้นกับสภาวะทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมก็ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลการเกิดเศษโลหะที่เชื่อมโยงตามสภาพเศรษฐกิจ เทคนิคที่ใช้ในการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้จึงเลือกเทคนิคที่สามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์กรณีที่ข้อมูลมีจำนวนน้อยได้ซึ่งประกอบด้วย

5.1.1 **การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis)** เป็นวิธีการพยากรณ์ที่วิเคราะห์ข้อมูลตามเวลาด้วยรูปแบบของแบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Regression model) หรือมีการใช้สมการยกกำลังสองน้อยที่สุด (Least square method) ที่มีการพิจารณา Correlation coefficient (หรือ R) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญและทิศทางในการมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปร 2 ตัว ถ้าค่ามีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์ที่น้อยแต่ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในระดับมากระหว่าง 2 ตัวแปร นอกจากนี้แล้วยังมีการพิจารณา Coefficient of Determination (หรือ R^2) ซึ่งค่านี้ถูกใช้เป็นตัววัดความผันแปรที่เกิดขึ้นในตัวแปรตามซึ่งใช้แสดงแทนเส้นแนวโน้ม โดยค่านี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ค่านี้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อแสดงว่าเส้นแนวโน้มมีค่าใกล้เคียงข้อมูลจริง สำหรับการใช้สมการยกกำลังสองน้อยที่สุดนั้นจะเป็นการสร้างเส้นแนวโน้มที่ผ่านจำนวนข้อมูลหรือเข้าใกล้ข้อมูลให้มากที่สุดตามอนุกรมเวลา โดยจะมีการพิจารณาเส้นแนวโน้มเพื่อทำนายค่าของข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สำหรับตัวแปรจะประกอบด้วยตัวแปรตาม (Dependent variable) จะเป็นตัวแปรของค่าที่จะพยากรณ์ และตัวแปรอิสระ (Independent variable) จะเป็นค่าของเวลา การวิเคราะห์แนวโน้มไม่เพียงแต่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแล้วยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเส้นโค้งได้ (Non-linear trend) ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของ Logarythmic, Polynomial, Power และ Exponential สำหรับรูปแบบสมการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นแสดงดังสมการที่ 5.1

$$F_t = a + bt \qquad \text{(สมการที่ 5.1)}$$

โดยที่

$F_t =$ ค่าพยากรณ์แนวโน้มเส้นตรงที่ ณ เวลา t

$t =$ ช่วงเวลาของการพยากรณ์

$a =$ จุดตัดแกน Y ซึ่งเป็นค่าของข้อมูล

$b =$ ค่าความชันของค่าของข้อมูลต่อช่วงเวลา

สำหรับค่าความชันแสดงดังสมการที่ 5.2

$$b = \frac{\sum_{t=1}^{n} tD_t - n\bar{t}\bar{D}}{\sum_{t=1}^{n} t^2 - n\bar{t}^2} \qquad \text{(สมการที่ 5.2)}$$

ค่าจุดตัดแกน Y หาได้จากสมการที่ 5.3

$$a = \bar{D} - b\bar{t} \qquad \text{(สมการที่ 5.3)}$$

5.1.2 **วิธีการถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average method)** เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ค่าความต้องการในคาบเวลาปัจจุบันไปพยากรณ์ความต้องการในคาบเวลาหน้า" โดยมีรูปแบบของค่าการพยากรณ์ดังสมการที่ 5.4

$$F_t = \frac{\sum_{t=1}^{n} D_{t-1}}{n} \qquad \text{(สมการที่ 5.4)}$$

โดยที่

$F_t =$ ค่าพยากรณ์ถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับช่วงเวลา t

$D_t =$ ค่าของข้อมูลจริงของช่วงเวลา t

$n =$ จำนวนข้อมูลในการหาค่าถัวเฉลี่ย

วิธีการนี้จะเป็นการเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมดเพื่อให้เกิดค่าพยากรณ์ ทุกค่าของข้อมูลชุดใหม่จะสร้างค่าเฉลี่ยค่าใหม่ขึ้นมา ดังนั้นข้อมูลชุดเก่าก็จะถูกตัดออกไป วิธีการถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบทั่วไปนั้นจะต้องมีการกำหนดจำนวนข้อมูลที่จะทำการหาค่าเฉลี่ย ลักษณะของการพยากรณ์แบบถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่นั้นใช้ป้องกันการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของการพยากรณ์ เช่น ฤดูกาล วัฏจักรธุรกิจ หรือเหตุการณ์ไม่แน่นอน เหมาะกับการพยากรณ์ในช่วงสั้น ๆ และหมาะกับการพยากรณ์ที่ข้อมูลมีลักษณะไม่ผันแปรมาก โดยมีลักษณะเชิงเส้นตรงหรือค่อนข้างคงที่

ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมในเลือกใช้เทคนิคในการพยากรณ์ การวัดความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยตัวชี้วัดประเภทต่าง ๆ จะถูกนำมาใช้โดยจะพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงของข้อมูลกับค่าพยากรณ์ ค่าความแตกต่างนี้ถูกเรียกว่า "ค่าความคลาดเคลื่อน (residuals)" ซึ่งมีรูปแบบสมการที่ 5.5

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \qquad \text{(สมการที่ 5.5)}$$

โดยที่

$e_t =$ ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในช่วงเวลา t

$Y_t =$ ค่าของข้อมูลจริงของช่วงเวลา t

$\hat{Y}_t =$ ค่าที่พยากรณ์ในช่วงเวลา t

สำหรับดัชนีชี้วัดความผิดพลาดของการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. **Mean absolute deviation** (หรือ MAD) หรือค่าความคลาดเคลื่อนที่แท้จริงโดยเฉลี่ยแสดงดังสมการที่ 5.6

$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|Y_t - \hat{Y}_t\right| \qquad \text{(สมการที่ 5.6)}$$

2. **Mean square error** (หรือ MSE) หรือค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดยกกำลังสอง เป็นการวัดค่าความแปรปรวนระหว่างค่าพยากรณ์และค่าที่เกิดขึ้นจริง ในกรณีที่ค่าความผิดพลาดมีมากค่า MSE จะสูงขึ้น แสดงดังสมการที่ 5.7

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2 \qquad \text{(สมการที่ 5.7)}$$

3. **Mean Absolute Percentage Error** (หรือ MAPE) หรือเปอร์เซนต์ค่าผิดพลาดเฉลี่ยสัมบูรณ์โดยหาได้จากนำค่าความผิดพลาดที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลาหารด้วยข้อมูลจริงในช่วงเวลานั้นแสดงดังสมการที่ 5.8

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| * 100 \qquad \text{(สมการที่ 5.8)}$$

5.2 การหมุนเวียนการใช้โลหะ

ในการจัดการการหมุนเวียนการใช้โลหะที่มีแหล่งกำเนิดมาจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และผู้ผลิตแบตเตอรี่ที่ส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตในการจัดการผลกระทบด้านสังคมและด้านสิ่งแวดล้อมจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของกฎหมายที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ลูกค้าและชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงโรงงานเพื่อนำไปสู่การสร้างภาพลักษณ์ในการดำเนินกิจการ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากโลหะเป็นวัตถุดิบที่สามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมซึ่งส่งผลกระทบต่อร่างกาย ในการจัดการหมุนเวียนการใช้โลหะในส่วนของผู้ผลิตนั้นจะก่อให้เกิดการบริหารต้นทุนรวมที่เหมาะสม สำหรับในส่วนของผู้รับกำจัดกากหรือผู้ให้บริการหลอมโลหะก็จะต้องใช้วิธีการและเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการกำจัดและบำบัดกากอุตสาหกรรมให้เกิดความปลอดภัย ส่งผลให้เกิดการอนุรักษณ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ในการบริหารจัดการเศษโลหะผู้ผลิตที่ถูกจัดอยู่ในประเภทโรงงานตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ทั้งที่ตั้งอยู่นอกเขตและในเขตประกอบการอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมและโรงงานที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการลงทุน พ.ศ. 2520 จะต้องปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากโรงงานตามประกาศดังนี้

1. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วปี พ.ศ. 2548 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2549

2. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547

จากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมได้ให้คำจำกัดความของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วโดยที่ **"*สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว*** คือ สิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการประกอบกิจการโรงงาน รวมถึงของเสียจากวัตถุดิบ ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ของเสียที่เป็นผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพ และน้ำทิ้งที่มีองค์ประกอบหรือมีคุณลักษณะที่เป็นอันตราย"

สำหรับตัวอย่างของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมแสดงได้ดังนี้

- กาก หรือส่วนที่เหลือจากการผลิต หรือการใช้งาน หรือกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น ตะกรัน ตะกอนจากเครื่องกลั่น
- ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ หรือไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งาน
- วัสดุหรือสิ่งใด ๆ ที่ปนเปื้อน หกหล่น หรือเสียหาย เนื่องจากอุบัติเหตุหรือการใช้งานผิดวัตถุประสงค์
- วัสดุหรือสิ่งใด ๆ ที่ปนเปื้อน หรือสกปรก เนื่องจากการใช้งานในภาวะปกติ เช่นผ้าที่ปนเปื้อนน้ำมัน หรือสารเคมีเนื่องจากการเช็ดทำความสะอาด ภาชนะบรรจุ หรือบรรจุภัณฑ์ ที่ปนเปื้อนสารเคมี
- วัสดุ ชิ้นส่วน หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถใช้งานได้ เช่น แบตเตอรี่เสีย สารเร่งปฏิกิริยาเสื่อมสภาพ
- สารใด ๆ ซึ่งขาดคุณสมบัติเดิม เนื่องจากการผ่านการใช้งาน เช่น กรดหรือตัวทำลายที่ถูกปนเปื้อน เกลือเคมีที่ใช้ในการชุบผิวเหล็กซึ่งเสื่อมสภาพแล้ว
- กาก หรือส่วนที่เหลือจากกระบวนการบำบัด หรือกำจัดมลพิษ เช่น ฝุ่นหรือตะกอนจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ตัวกรองที่ใช้งานแล้ว
- กาก หรือส่วนที่เหลือจากกระบวนการขึ้นรูป ขัดเกลา หรือตกแต่ง เช่นเศษจากการ กลึง ไส เจาะ หรือรีดโลหะ
- กาก หรือส่วนที่เหลือจากกระบวนการกลั่น สกัด วัตถุดิบใด ๆ หรือกระบวนการแยกแต่งสินแร่ เช่น กากกาแฟ หางแร่ กากน้ำมันจากแหล่งขุดเจาะ
- วัสดุ สาร หรือผลิตภัณฑ์ใด ๆ ซึ่งกฎหมายประกาศห้ามใช้
- ผลิตภัณฑ์ใด ๆ ที่ถูกปนเปื้อนจากการจัดการแก้ไขปัญหามลพิษจากโรงงาน เช่น การฟื้นฟู สภาพเดิม
- บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ใช้แล้ว หรือเสียหาย เป็นต้น

นอกจากนี้แล้ว ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมยังได้ให้คำจำกัดความของการจัดการวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังนี้ **"*การจัดการวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว*** คือ การบำบัด ทำลายฤทธิ์ ทิ้งกำจัด จำหน่ายจ่ายแจก แลกเปลี่ยน หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการกักเก็บไว้เพื่อทำการดังกล่าว"สำหรับรหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกี่ยวข้องในการจัดการเศษโลหะแสดงได้ดังนี้

หมวด 10	สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากกระบวนการใช้ความร้อน
หมวด 11	สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากการปรับสภาพผิวโลหะและวัสดุต่าง ๆ ด้วยวิธีเคมี รวมทั้งการชุบเคลือบผิว และของเสียจากกระบวนการ non-ferrous hydro-metallurgy
หมวด 12	สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากการตัดแต่ง และปรับสภาพผิวโลหะพลาสติกด้วยกระบวนทางกายภาพ หรือเชิงกล
หมวด 16	สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทต่างๆ ที่ไม่ได้ระบุในหมวดอื่น

นอกจากนี้แล้วยังต้องพิจารณาเลข 2 หลักกลาง ที่แสดงถึงกระบวนการเฉพาะในการประกอบกิจการนั้น ๆ ที่ทำให้เกิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว หรือเป็นชนิดของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีรหัสเลข 6 หลักกำกับด้วยตัวอักษร HA (Hazardous waste - Absolute entry) หรือ HM (Hazardous waste – Mirror entry) ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติเป็นของเสียอันตราย สำหรับรหัสที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังนี้

10 04		**ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว** **(wastes from lead thermal metallurgy)**
10 04 01	HA	ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ (slags from primary and secondary production)
10 04 02	HA	กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ (dross and skimmings from primary and secondary production)
10 04 03	HA	แคลเซียมอาร์เซเนต (calcium arsenate)
10 04 04	HA	ฝุ่นจากเตาหลอม (flue-gas dust)
10 04 05	HA	ฝุ่นละออง อื่น ๆ (other particulates and dust)
10 04 06	HA	ของเสียที่เป็นของแข็งจากการบำบัดก๊าซ (solid wastes from gas treatment)

10 04		**ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว (ต่อ)** **(wastes from lead thermal metallurgy)**
10 04 07	HA	กากตะกอนและก้อนกรองจากการบำบัดก๊าซ (sludges and filter cakes from gas treatment)
10 04 09	HA	ของเสียจากการบำบัดน้ำหล่อเย็นที่ปนเปื้อนน้ำมัน (wastes from cooling-water treatment containing oil)
10 04 10		ของเสียจากการบำบัดน้ำหล่อเย็นที่ไม่ใช่ 10 04 09 (wastes from cooling-water treatment other than those mentioned in 10 04 09)
10 04 99		ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น (wastes not otherwise specified)

10 09		**ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก** **(wastes from casting of ferrous pieces)**
10 09 03		ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ (furnace slag)
10 09 05	HM	แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งไม่ได้ใช้งาน (casting cores and moulds which have not undergone pouring containing dangerous substances)
10 09 06		แกนและแบบหล่อซึ่งยังไม่ได้ใช้งาน ที่ไม่ใช่ 10 09 05 (casting cores and moulds which have not undergone pouring other than those mentioned in 10 09 05)

10 09		**ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก (ต่อ)** **(wastes from casting of ferrous pieces)**
10 09 07	HM	แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งใช้งานแล้ว (casting cores and moulds which have undergone pouring containing dangerous substances)
10 09 08		แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว ที่ไม่ใช่ 10 09 07 (casting cores and moulds which have undergone pouring other than those mentioned in 10 09 07)
10 09 09	HM	ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย (flue-gas dust containing dangerous substances)
10 09 10		ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อ ที่ไม่ใช่ 10 09 09 (flue-gas dust containing other than those mentioned in 10 09 09)
10 09 11	HM	ฝุ่นละอองที่มีสารอันตราย (other particulates containing dangerous substances)
10 09 12		ฝุ่นละออง ที่ไม่ใช่ 10 09 11 (other particulates other than those mentioned in 10 09 11)
10 09 13	HM	ตัวประสานที่มีสารอันตราย (waste binders containing dangerous substances)
10 09 14		ตัวประสาน ที่ไม่ใช่ 10 09 13 (waste binders other than those mentioned in 10 09 13)
10 09 15	HM	สารทดสอบรอยร้าวที่มีสารอันตราย (waste crack-indicating agent containing dangerous substances)
10 09 16		สารทดสอบรอยร้าว ที่ไม่ใช่ 10 09 15 (waste crack-indicating agent other than those mentioned in 10 09 15)
10 09 99		ของเสียอื่นที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น (wastes not otherwise specified)

16		**ของเสียประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุในรหัสอื่น ๆ (wastes not otherwise specified in the list)**
16 06		แบตเตอรี่ และตัวสะสมประจุ (batteries and accumulators)
16 06 01	HA	แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว (lead batteries)
16 06 02	HA	แบตเตอรี่ชนิดใช้นิเกิล-แคดเมี่ยม (Ni-Cd batteries)
16 06 03	HA	แบตเตอรี่ชนิดที่มีปรอท (mercury-containing batteries)
16 06 04		แบตเตอรี่ชนิดอัลคาไลน์ ที่ไม่ใช่ 16 06 03 (alkaline batteries (except 16 06 03))
16 06 05		แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุชนิดอื่น ๆ (other batteries and accumulators)
16 06 06	HA	สารละลายไฟฟ้าที่แยกออกมาจากแบตเตอรี่ และตัวเก็บประจุ (separately collected electrolyte from batteries and accumulators)

จาก “หลักเกณฑ์และวิธีการในการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว” ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการจะต้องดำเนินการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วและจะต้องทำการแจ้งรายละเอียดมายังกระทรวงอุตสาหกรรม โดยให้ใช้รหัสเลข 3 หลักที่กำหนดสำหรับการจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (Treatment and Disposal codes) ในการขออนุญาตนำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน ซึ่งรหัสเลขสามารถแบ่งเป็น 8 ประเภท ดังนี้

ประเภท 01 การคัดแยก (Sorting)
ประเภท 02 การกักเก็บในภาชนะบรรจุ (Storage)
ประเภท 03 การนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse)
ประเภท 04 การนำกลับมาใช้ประโยชน์อีก (Recycle)
ประเภท 05 การนำกลับคืนมาใหม่ (Recovery)
ประเภท 06 การบำบัด (Treatment)
ประเภท 07 การกำจัด (Disposal)
ประเภท 08 การจัดการด้วยวิธีอื่น ๆ

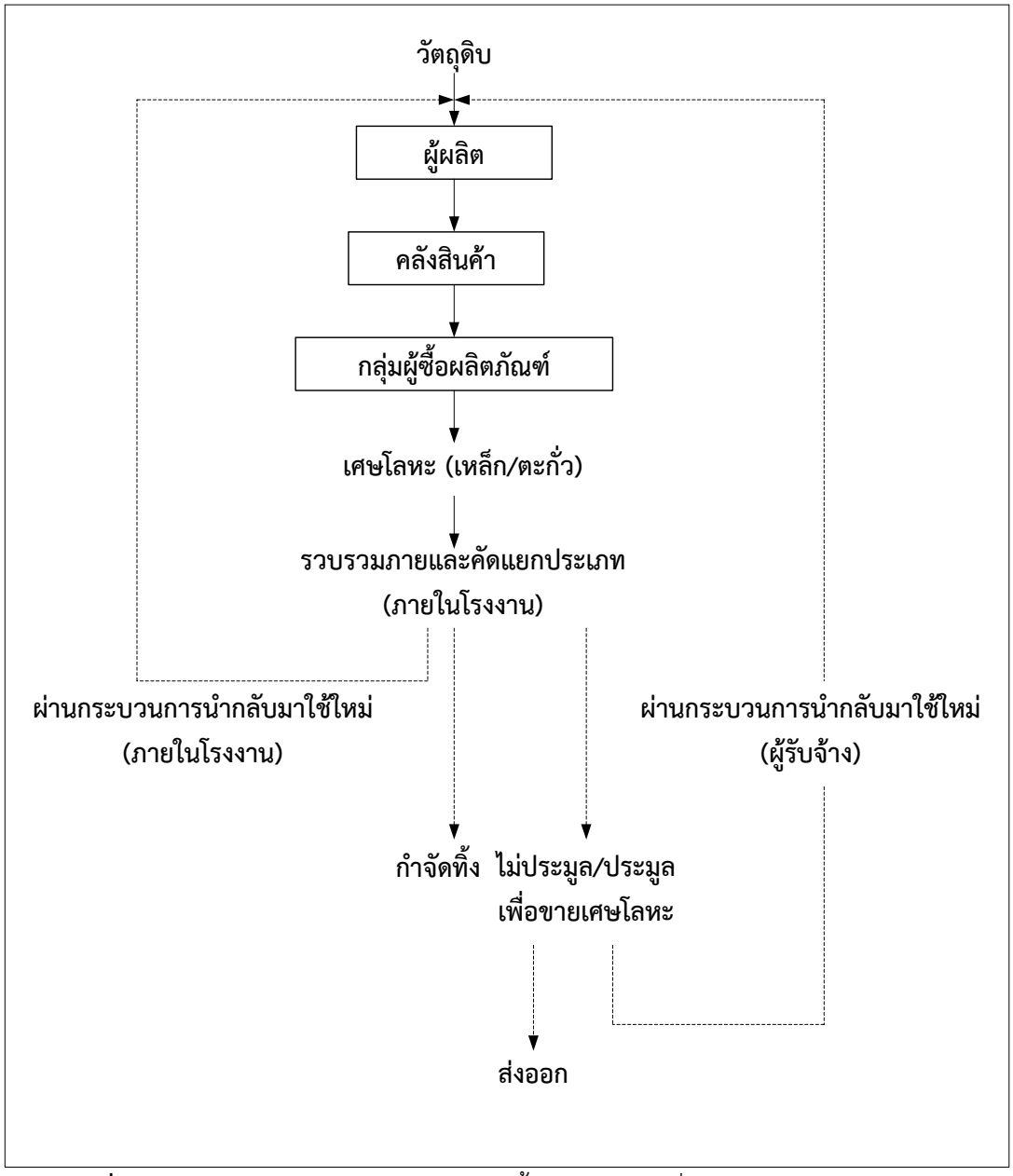
จากรหัสประเภทต่าง ๆ ยังต้องพิจารณารหัสเลข 3 หลักเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังนี้

011	คัดแยกประเภทเพื่อจำหน่ายต่อ (sorting)
021	กักเก็บในภาชนะบรรจุ (storage) ให้ระบุลักษณะการกักเก็บและภาชนะบรรจุ
031	เป็นวัตถุดิบทดแทน (use as raw material substitution) ให้ระบุกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์
032	ส่งกลับผู้ขายเพื่อกำจัด (return to original producer for disposal) ให้ระบุชื่อผู้ขายที่รับคืน
033	ส่งกลับผู้ขายเพื่อนำกลับไปบรรจุใหม่หรือใช้ซ้ำ (reuse container; to be refilled) ให้ระบุชื่อผู้ขายที่รับคืน
039	นำกลับมาใช้ซ้ำด้วยวิธีอื่น ๆ (other reuse methods) ให้ระบุ
049	นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่น ๆ (other recycle methods) ให้ระบุ
051	เข้ากระบวนการนำตัวทำละลายกลับมาใหม่ (solvent reclamation/regerneration)
052	เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใหม่ (reclamation/regeneration for metal and metal compounds)
053	เข้ากระบวนการคืนสภาพกรด/ด่าง (acid/base regeneration)
054	เข้ากระบวนการคืนสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst regeneration)
059	นำสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วอื่น ๆ กลับคืนมาใหม่ (other recovery unlisted materials) ให้ระบุ
062	บำบัดด้วยวิธีทางเคมี (chemical treatment)
063	บำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ (physical treatment)
064	บำบัดด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (physic- chemical treatment)
069	วิธีบำบัดอื่น ๆ เพื่อลดค่าความเป็นอันตราย (other detoxification methods) ให้ระบุ
071	ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) เฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น
072	ฝังกลบอย่างปลอดภัย (secure landfill)
073	ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว (secure landfill of stabilized and/or solidified wastes)
079	กำจัดด้วยวิธีอื่น ๆ (other disposal methods) ให้ระบุ
081	รวบรวมและส่งออกนอกประเทศ (collect and export)

สำหรับในส่วนของผู้ผลิตหลังจากที่วัตถุดิบผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะเกิดเศษโลหะขึ้น ในการจัดการโลหะโดยทั่วไปจะมีวิธีการดังนี้

1. การหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ภายในโรงงาน
2. ส่งไปยังบริษัทรับจ้างหลอมโลหะโดยจะทำการเปิดประมูล/ไม่ประมูล
3. ขายในส่วนของเศษโลหะเพื่อส่งออกโดยจะทำการเปิดประมูล/ไม่ประมูล

สำหรับโลจิสติกส์ของการหมุนเวียนโลหะทั้งเหล็กและตะกั่วในอุตสาหกรรมยานยนต์แสดงดังรูปที่ 5.1 สำหรับการศึกษาการหมุนเวียนการใช้วัตถุดิบเหล็กและตะกั่วในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบโครงสร้างของการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ โดยจะทำการพยากรณ์การหมุนเวียนโลหะซึ่งจะแสดงในหัวข้อ 5.3



รูปที่ 5.1 โลจิสติกส์ของการหมุนเวียนโลหะทั้งเหล็กและตะกั่วในอุตสาหกรรมยานยนต์

5.3 การพยากรณ์การหมุนเวียนโลหะ

การพยากรณ์เศษโลหะที่เกิดจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์หรือแบตเตอรี่มีความสำคัญในการประเมินถึงศักยภาพในการบริหารจัดการเศษโลหะของผู้ประกอบการเพื่อลดต้นทุนการผลิตรวมไปถึงความเพียงพอของผู้ให้บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเศษโลหะประเภทเหล็กและตะกั่วจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และแบตเตอรี่จากการรายงานข้อมูลผ่านระบบการจัดการวัสดุที่ไม่ใช้แล้วทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งรับผิดชอบในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ข้อมูลที่แสดงในบทนี้ได้ทำการสรุปยอดจนตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2549 จนถึงปลายปี พ.ศ. 2554 ทั้งนี้ในการรายงานต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมของผู้ผลิตที่ถือว่าเป็นผู้ก่อกำเนิดส่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

1. ในกรณีที่โรงงานมีวัสดุที่ไม่ใช้แล้วในประมาณที่น้อยหรือยังไม่ต้องการนำออกบริเวณโรงงานต้องพิจารณาถึงความร้ายแรงของวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ดังนี้

- วัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตราย (Non-Hazardous) สามารถเก็บไว้ภายในโรงงานได้ไม่เกิน 60 วัน
- วัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตราย (Hazardous waste) ถ้าเป็นผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตรายน้อยกว่า 100 กิโลกรัมต่อเดือนจะเก็บไว้ได้ 90 วัน ถ้าเป็นผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตราย 100-1,000 กิโลกรัมต่อเดือนจะเก็บไว้ได้ 180 วันและถ้าเป็นผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตรายมากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อเดือนจะเก็บไว้ได้ 180 วัน

หากต้องการเก็บวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังกล่าวเกินระยะเวลาที่กำหนด ต้องขอนุญาตขยายระยะเวลาในการเก็บ โดยใช้แบบ สก. 1 ระยะเวลาที่ขยายขึ้นอยู่กับปริมาณและความเหมาะสมในการจัดเก็บ รวมถึงปริมาณที่เพียงพอในการส่งกำจัดหรือบำบัด

2. ในกรณีที่โรงงานต้องการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานไปบำบัด ทำลายฤทธิ์ ทิ้ง กำจัด จำหน่ายจ่ายแจก แลกเปลี่ยนหรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ภายนอกบริเวณโรงงาน โรงงานจะต้องยื่นขออนุญาตนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน โดยใช้แบบ สก.2

5.3.1 ข้อมูลประกอบการพยากรณ์

สำหรับข้อมูลที่จะทำการพยากรณ์การเกิดเศษโลหะตามปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานแยกตามวิธีการกำจัดในงานวิจัยนี้จะพิจารณารหัสของเสียตามหมวดดังต่อไปนี้

1. รหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2550-2554 **(ตารางที่ 5.1)**
2. รหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2549-2554 **(ตารางที่ 5.2)**
3. รหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ) ปี พ.ศ. 2549-2554 **(ตารางที่ 5.3)**
4. รหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว ที่ไม่ใช่ 10 09 07 แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งใช้งานแล้ว) ปี พ.ศ. 2549-2554 **(ตารางที่ 5.4)**
5. รหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย) ปี พ.ศ. 2550-2554 **(ตารางที่ 5.5)**
6. รหัสของเสียหมวดที่ 16 06 02 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว) ปี พ.ศ. 2549-2554 **(ตารางที่ 5.6)**

ตารางที่ 5.1 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2550-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2550	10 04 01	73	1.00	66.0
		10 04 01	52	65.00	
2	2551	10 04 01	52	450.00	450.00
3	2552	10 04 01	52	460.00	460.00
4	2553	10 04 01	73	10.00	370.00
		10 04 01	52	360.00	
5	2554	10 04 01	52	5.00	375.00
		10 04 01	73	10.00	
		10 04 01	52	360.00	

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 52: เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใหม่ (reclamation/regeneration of metal and metal compounds)

วิธีกำจัด 73: ฝังกลบอย่างปลอดภัย เมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว (secure landfill of stabilized and/or solidified wastes)

ตารางที่ 5.2 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 (ของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่ว: กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) ปี พ.ศ. 2549-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2549	10 04 02	31	110.00	2,300.00
	2549	10 04 02	49	540.00	
	2549	10 04 02	52	1,650.00	
2	2550	10 04 02	39	16.00	3,840.72
	2550	10 04 02	49	869.72	
	2550	10 04 02	52	2,955.00	
3	2551	10 04 02	39	15.00	3,172.07
	2551	10 04 02	49	865.00	
	2551	10 04 02	52	2,292.07	
4	2552	10 04 02	49	820.00	3,992.07
	2552	10 04 02	52	3,172.07	
5	2553	10 04 02	49	1,405.00	4,587.07
	2553	10 04 02	52	3,182.07	
6	2554	10 04 02	49	2,725.00	4,787.07
	2554	10 04 02	52	2,062.07	

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 31: เป็นวัตถุดิบทดแทน (use as raw material substitution)
วิธีกำจัด 49: นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่น ๆ (other recycle methods)
วิธีกำจัด 52: เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใหม่ (reclamation/regeneration of metal and metal compounds)

ตารางที่ 5.3 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ) ปี พ.ศ. 2549-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2549	10 09 03	44	288.00	928.00
	2549	10 09 03	71	640.00	
2	2550	10 09 03	71	1,300.00	1,300.00
3	2551	10 09 03	44	245.00	1,975.00
	2551	10 09 03	71	1,730.00	
4	2552	10 09 03	44	490.00	2,090.00
	2552	10 09 03	71	1,600.00	
5	2553	10 09 03	44	245.00	2,545.00
	2553	10 09 03	71	2,300.00	
6	2554	10 09 03	44	245.00	1,695.00
	2554	10 09 03	49	600.00	
	2554	10 09 03	71	850.00	

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 44: เป็นวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูนซิเมนต์ (use as co-material in cement kiln or rotary kiln)

วิธีกำจัด 49: นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่น ๆ (other recycle methods)

วิธีกำจัด 71: ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) เฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น

ตารางที่ 5.4 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว ที่ไม่ใช่ 10 09 07 แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งใช้งานแล้ว) ปี พ.ศ. 2549-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2549	10 09 08	49	1,000.00	6,200.00
	2549	10 09 08	71	5,200.00	
2	2550	10 09 08	49	3,000.00	8,230.00
	2550	10 09 08	71	5,230.00	
3	2551	10 09 08	49	12,672.00	20,902.00
	2551	10 09 08	71	8,230.00	
4	2552	10 09 08	49	17,340.00	24,390.00
	2552	10 09 08	71	7,050.00	
5	2553	10 09 08	49	11,920.00	24,920.00
	2553	10 09 08	71	13,000.00	
6	2554	10 09 08	49	5,420.00	34,920.00
	2554	10 09 08	71	29,500.00	

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 49: นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่น ๆ (other recycle methods)
วิธีกำจัด 71: ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (sanitary landfill) เฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น

ตารางที่ 5.5 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09 (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก: ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย) ปี พ.ศ. 2550-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2550	10 09 09	42	150.00	150.00
2	2551	10 09 09	42	200.00	200.00
3	2552	10 09 09	42	300.00	300.00
4	2553	10 09 09	42	300.00	900.00
	2553	10 09 09	81	600.00	
5	2554	10 09 09	81	900.00	900.00

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 42: ทำเชื้อเพลิงผสม (fuel blending)
วิธีกำจัด 81: รวบรวมและส่งออกนอกประเทศ (collect and export)

ตารางที่ 5.6 สรุปปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว) ปี พ.ศ. 2549-2554

ลำดับ	พ.ศ.	รหัสของเสีย	วิธีกำจัด	ปริมาณ (ตัน)	รวม
1	2549	16 06 01	11	1.00	1,074.34
	2549	16 06 01	21	7.00	
	2549	16 06 01	49	176.61	
	2549	16 06 01	52	816.80	
	2549	16 06 01	73	54.93	
	2549	16 06 01	31	18.00	
2	2550	16 06 01	21	23.20	1,788.51
	2550	16 06 01	49	605.90	
	2550	16 06 01	52	1,078.00	
	2550	16 06 01	73	81.41	
3	2551	16 06 01	21	11.20	1,465.27
	2551	16 06 01	49	588.03	
	2551	16 06 01	73	153.41	
	2551	16 06 01	75	0.50	
	2551	16 06 01	52	712.13	
4	2552	16 06 01	21	37.80	1,256.69
	2552	16 06 01	73	108.26	
	2552	16 06 01	75	9.50	
	2552	16 06 01	49	265.00	
	2552	16 06 01	52	836.13	
5	2553	16 06 01	21	56.90	1,407.53
	2553	16 06 01	73	140.30	
	2553	16 06 01	75	10.50	
	2553	16 06 01	49	423.70	
	2553	16 06 01	52	776.13	
6	2554	16 06 01	21	52.05	1,386.21
	2554	16 06 01	49	617.50	
	2554	16 06 01	73	94.28	
	2554	16 06 01	75	10.25	
	2554	16 06 01	52	612.13	

หมายเหตุ: วิธีกำจัด 11: คัดแยกประเภทเพื่อจำหน่ายต่อ (sorting) / วิธีกำจัด 21: กักเก็บในภาชนะบรรจุ (storage)

วิธีกำจัด 31: เป็นวัตถุดิบทดแทน (use as raw material substitution)

วิธีกำจัด 49: นำกลับมาใช้ประโยชน์อีกด้วยวิธีอื่น ๆ (other recycle methods)

วิธีกำจัด 52: เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใหม่ (reclamation/regeneration of metal and metal compounds)

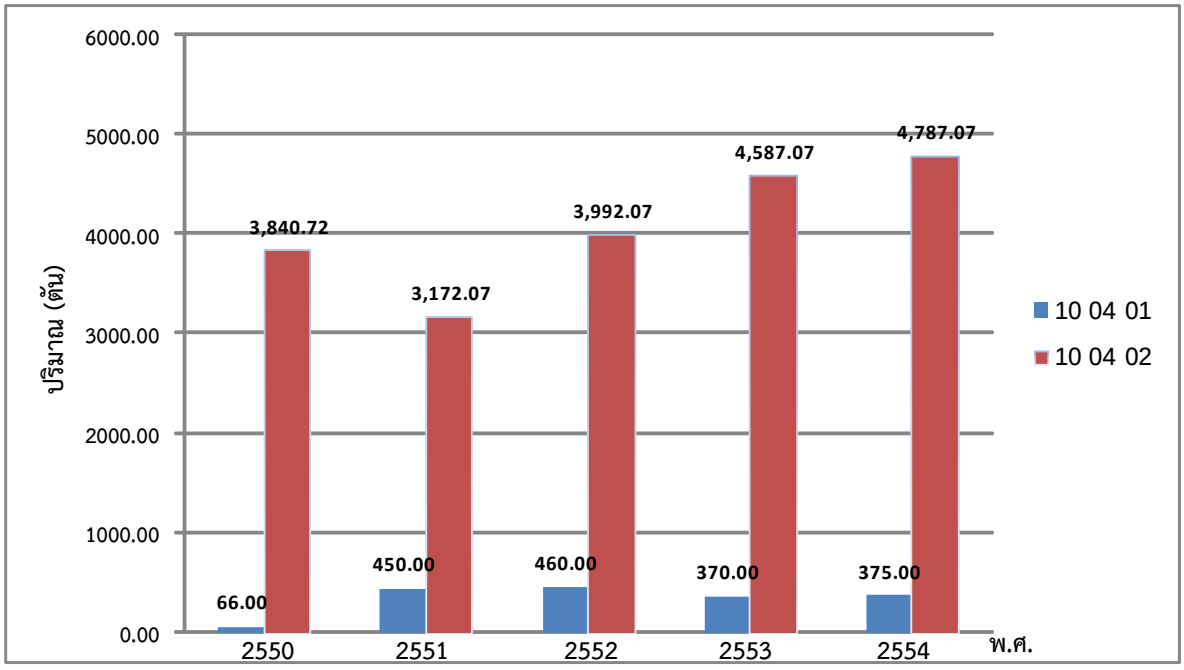
วิธีกำจัด 73: ฝังกลบอย่างปลอดภัย เมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว (secure landfill of stabilized and/or solidified wastes)

วิธีกำจัด 75: เผาทำลายในเตาเผาเฉพาะสำหรับของเสียอันตราย (burn for destruction in hazardous waste incinerator)

จากการเก็บข้อมูลผ่านรายงานอิเล็กทรอนิคส์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 สำหรับของเสียจากการหลอมถลุงตะกั่วที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่แยกตามรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 (ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) และรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 (กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.7 และผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02

	รหัสของเสีย(ปริมาณ:ตัน)	
พ.ศ.	**10 04 01**	**10 04 02**
2550	66.00	3,840.72
2551	450.00	3,172.07
2552	460.00	3,992.07
2553	370.00	4,587.07
2554	375.00	4,787.07



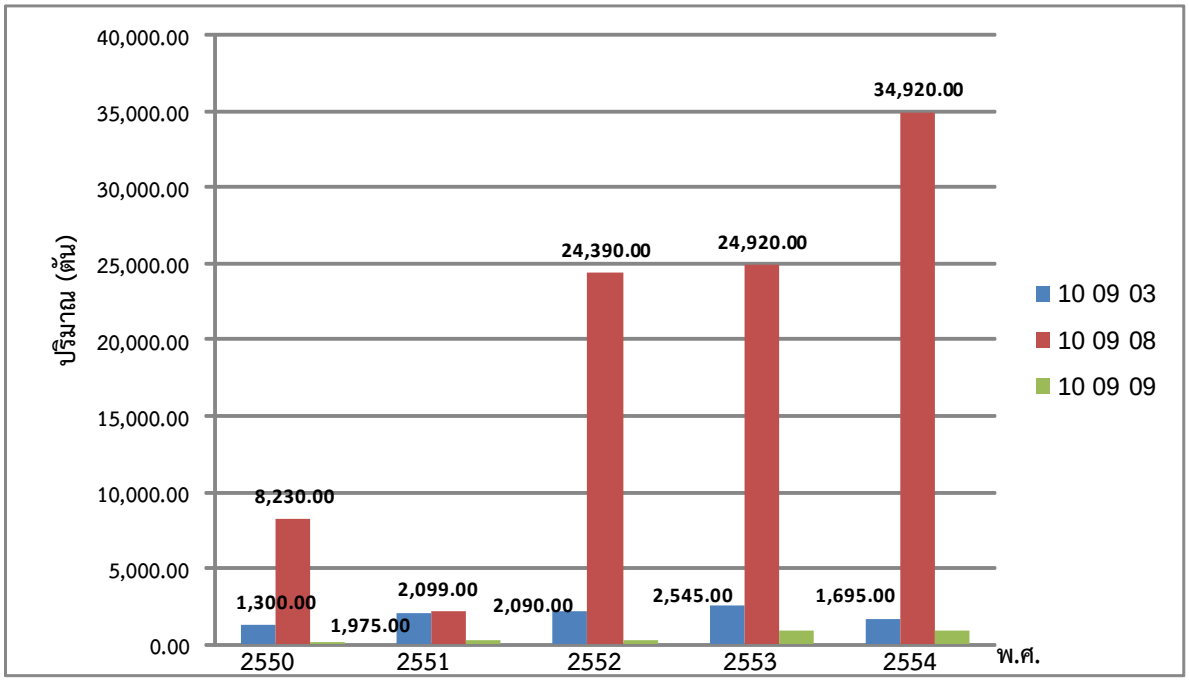
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02

ผลการเปรียบเทียบพบว่ารหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิเกิดขึ้นในปริมาณที่มากกว่ารหัสของเสียหมวดที่ 10 04 01 ตะกรันจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ ดังนั้นการพยากรณ์ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02

จากการเก็บข้อมูลผ่านรายงานอิเล็กทรอนิคส์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 สำหรับของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็กตามรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 (ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ) รหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 (แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว ที่ไม่ใช่ 10 09 07 แกนและแบบหล่อที่มีสารอันตรายซึ่งใช้งานแล้ว) และรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09 (ฝุ่นจากเตาหลอมหล่อที่มีสารอันตราย) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.8 และผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03, 10 09 08 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)		
พ.ศ.	**10 09 03**	**10 09 08**	**10 09 09**
2550	1,300.00	8,230.00	150.00
2551	1,975.00	2,099.00	200.00
2552	2,090.00	24,390.00	300.00
2553	2,545.00	24,920.00	900.00
2554	1,695.00	34,920.00	900.00



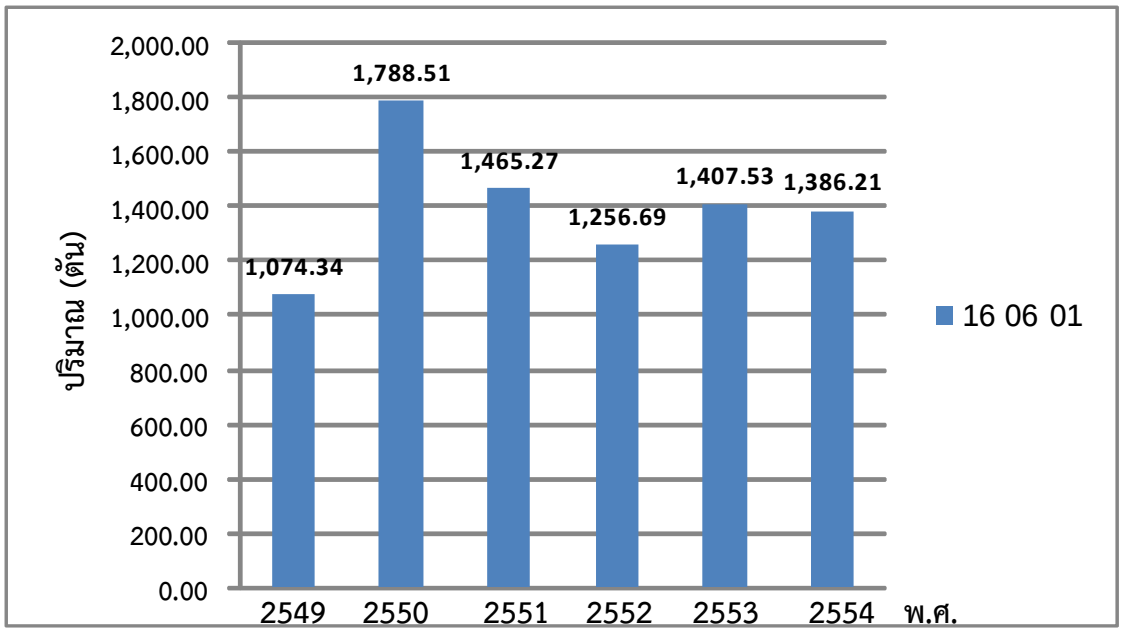
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานระหว่างรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03, 10 09 08 และรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09

ผลการเปรียบเทียบพบว่ารหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ตะกรันจากเตาหลอมหล่อและรหัสของเสียหมวด10 09 08 แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว มีปริมาณที่สูงถ้าเทียบกับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 09 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการพยากรณ์เฉพาะ 10 09 03 และ 10 09 08

จากการเก็บข้อมูลผ่านรายงานอิเล็กทรอนิคส์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549-2554 สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.9 และแสดงดังรูปที่ 5.4

ตารางที่ 5.9 ผลการแสดงปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว)

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)
พ.ศ.	**16 06 01**
2549	1,074.34
2550	1,788.51
2551	1,465.27
2552	1,256.69
2553	1,407.53
2554	1,386.21



รูปที่ 5.4 ปริมาณการอนุญาตสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงานสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว)

จากรูปที่ 5.4 พบว่าปริมาณของเศษของเสียจากการผลิตแบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่วมีความไม่แน่นนอนเมื่อเวลาผ่านไป

5.3.2 ผลจากการพยากรณ์

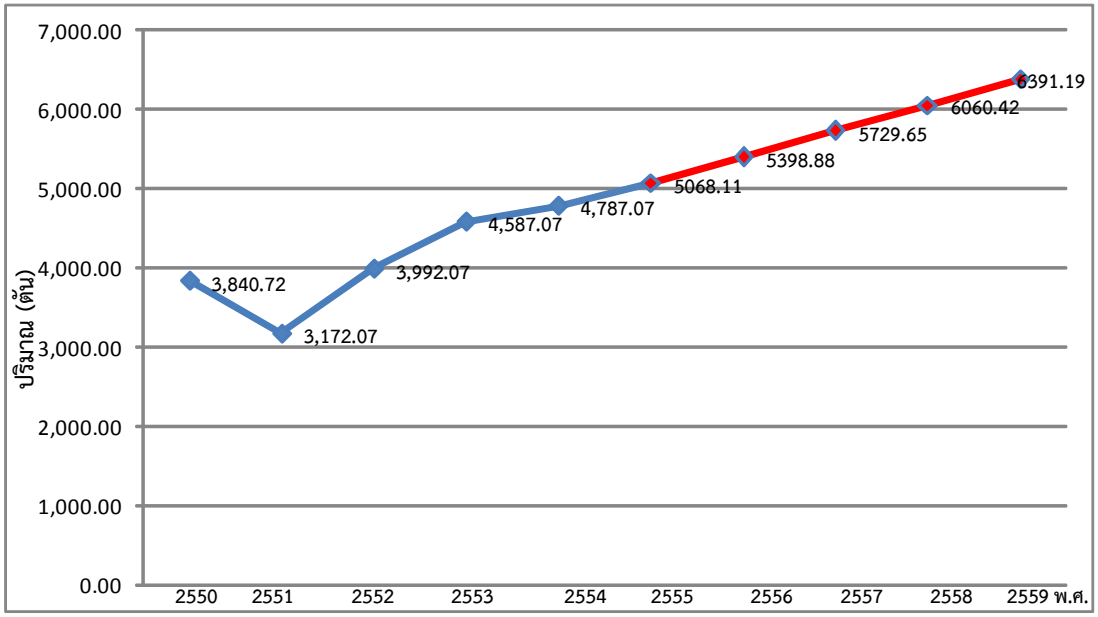
สำหรับผลการพยากรณ์การเกิดเศษโลหะในกลุ่มตัวอย่างซึ่งคือผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการรายงานผลมายังกรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะใช้ข้อมูลการเกิดเศษโลหะระหว่าง พ.ศ. 2550-2554 ในการพยากรณ์จะทำนายอนาคตล่วงหน้าไปอีก 5 ปีข้างหน้าซึ่งคือระหว่าง พ.ศ. 2555-2559 ในการพยากรณ์ได้ถูกประมวลผลจากโปรแกรม Minitab Version 13.0 ผลการพยากรณ์แสดงดังต่อไปนี้

5.3.2.1 รหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 กากตะกรันและตะกรันลอยจากการผลิตขั้นปฐมภูมิและทุติยภูมิ (ตะกั่ว)

สมการถดถอยเชิงเส้น: Yt = 3083.49 + 330.77*t

ตารางที่ 5.10 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)
พ.ศ.	**10 04 02**
2550	3,840.72
2551	3,172.07
2552	3,992.07
2553	4,587.07
2554	4,787.07
2555 (ค่าพยากรณ์)	5068.11
2556 (ค่าพยากรณ์)	5398.88
2557 (ค่าพยากรณ์)	5729.65
2558 (ค่าพยากรณ์)	6060.42
2559 (ค่าพยากรณ์)	6391.19



รูปที่ 5.5 ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 5.11 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)	Lower	Upper
พ.ศ.	**10 04 02**	-	-
2550	3,840.72	-	-
2551	3,172.07	-	-
2552	3,992.07	-	-
2553	4,587.07	-	-
2554	4,787.07	-	-
2555 (ค่าพยากรณ์)	4,455.40	2,701.74	6209.06
2556 (ค่าพยากรณ์)	4,455.40	2,701.74	6209.06
2557 (ค่าพยากรณ์)	4,455.40	2,701.74	6209.06
2558 (ค่าพยากรณ์)	4,455.40	2,701.74	6209.06
2559 (ค่าพยากรณ์)	4,455.40	2,701.74	6209.06

ตารางที่ 5.12 ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 04 02

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีถดถอยเชิงเส้น	7.24750	262.676	110443
วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่	19	894	800531

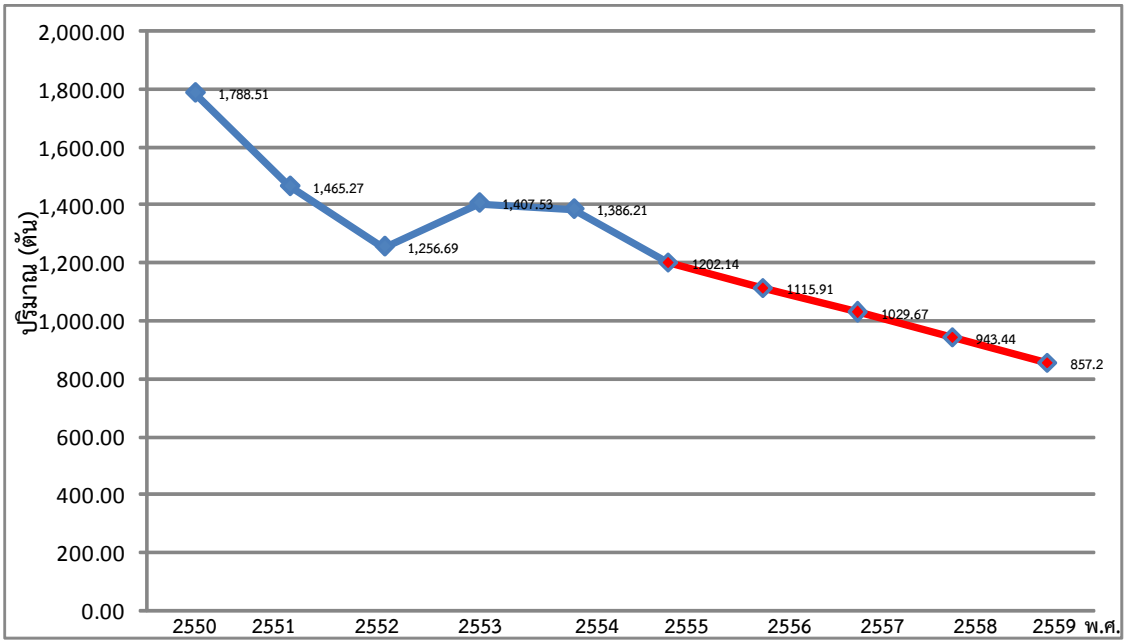
ผลที่ได้จากการพิจารณาดัชนีชี้วัดความผิดพลาดจากการพยากรณ์ดังตารางที่ 5.12 พบว่าวิธีถดถอยเชิงเส้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเดิมมากกว่าการใช้วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.5 พบว่าค่าการพยากรณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้าปริมาณเศษโลหะจะเพิ่มขึ้นถึงระดับ 6,000 ตัน

5.3.2.2 รหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 (แบตเตอรี่และตัวสะสมประจุ: แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว)

<u>สมการถดถอยเชิงเส้น</u>: Yt = 1719.54 - 86.234*t

ตารางที่ 5.13 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)
พ.ศ.	**16 06 01**
2550	1,788.51
2551	1,465.27
2552	1,256.69
2553	1,407.53
2554	1,386.21
2555 (ค่าพยากรณ์)	1202.14
2556 (ค่าพยากรณ์)	1115.91
2557 (ค่าพยากรณ์)	1029.67
2558 (ค่าพยากรณ์)	943.44
2559 (ค่าพยากรณ์)	857.20



รูปที่ 5.6 ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 5.14 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)	Lower	Upper
พ.ศ.	**16 06 01**	-	-
2550	1,788.51	-	-
2551	1,465.27	-	-
2552	1,256.69	-	-
2553	1,407.53	-	-
2554	1,386.21	-	-
2555 (ค่าพยากรณ์)	1,350.14	1,216.47	1,483.82
2556 (ค่าพยากรณ์)	1,350.14	1,216.47	1,483.82
2557 (ค่าพยากรณ์)	1,350.14	1,216.47	1,483.82
2558 (ค่าพยากรณ์)	1,350.14	1,216.47	1,483.82
2559 (ค่าพยากรณ์)	1,350.14	1,216.47	1,483.82

ตารางที่ 5.15 ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 16 06 01

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีถดถอยเชิงเส้น	7.98052	114.383	16622.6
วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่	3.76	52.84	4651.34

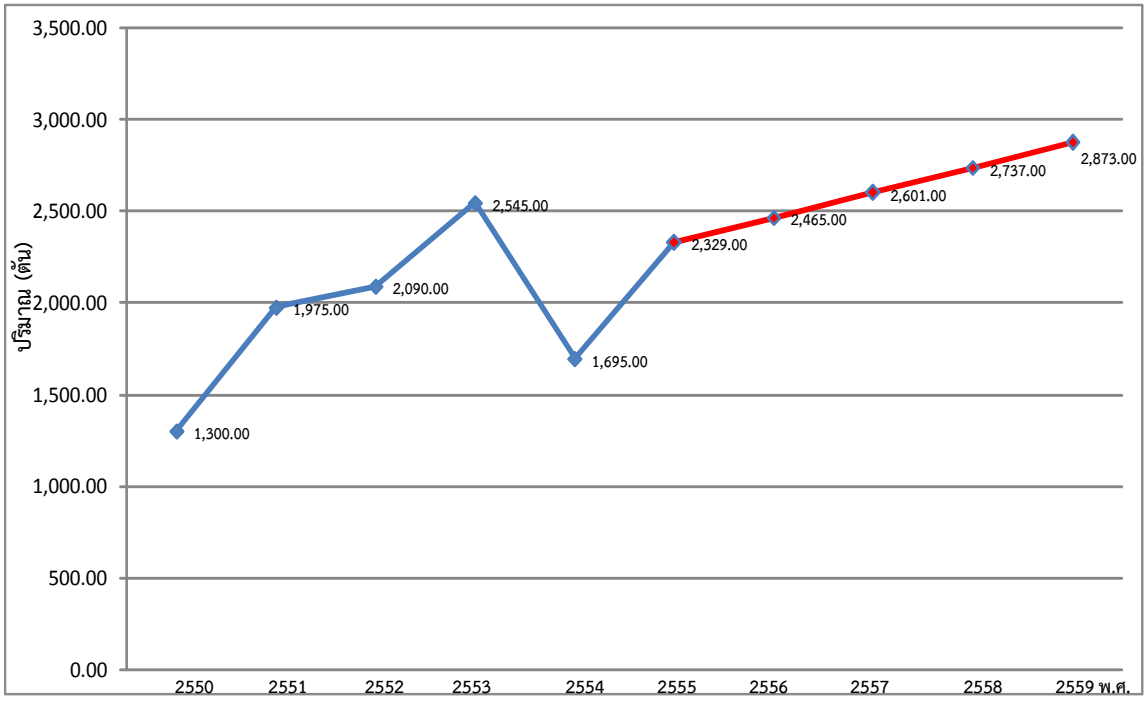
จากตารางที่ 5.15 พบว่าวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลมากกว่าการใช้วิธีถดถอยเชิงเส้น ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลที่ความผันแปร โดยคาดการณ์ไว้ว่าค่าการพยากรณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้าปริมาณเศษโลหะจะมีค่าตกอยู่ในช่วงระหว่าง 1,300-1,400 ตัน

5.3.2.3 รหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ตะกรันจากเตาหลอมหล่อ (ของเสียจากการหลอมหล่อโลหะเหล็ก)

<u>สมการถดถอยเชิงเส้น</u>: Yt = 1513 + 136*t

ตารางที่ 5.16 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)
พ.ศ.	**10 09 03**
2550	1,300.00
2551	1,975.00
2552	2,090.00
2553	2,545.00
2554	1,695.00
2555 (ค่าพยากรณ์)	2,329.00
2556 (ค่าพยากรณ์)	2,465.00
2557 (ค่าพยากรณ์)	2,601.00
2558 (ค่าพยากรณ์)	2,737.00
2559 (ค่าพยากรณ์)	2,873.00



รูปที่ 5.7 ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 5.17 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)	Lower	Upper
พ.ศ.	**10 09 03**	-	-
2550	1,300.00	-	-
2551	1,975.00	-	-
2552	2,090.00	-	-
2553	2,545.00	-	-
2554	1,695.00	-	-
2555 (ค่าพยากรณ์)	2,110.00	846.638	3,373.36
2556 (ค่าพยากรณ์)	2,110.00	846.638	3,373.36
2557 (ค่าพยากรณ์)	2,110.00	846.638	3,373.36
2558 (ค่าพยากรณ์)	2,110.00	846.638	3,373.36
2559 (ค่าพยากรณ์)	2,110.00	846.638	3,373.36

ตารางที่ 5.18 ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 03

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีถดถอยเชิงเส้น	18.6216	338.80	134522
วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่	30	633	415474

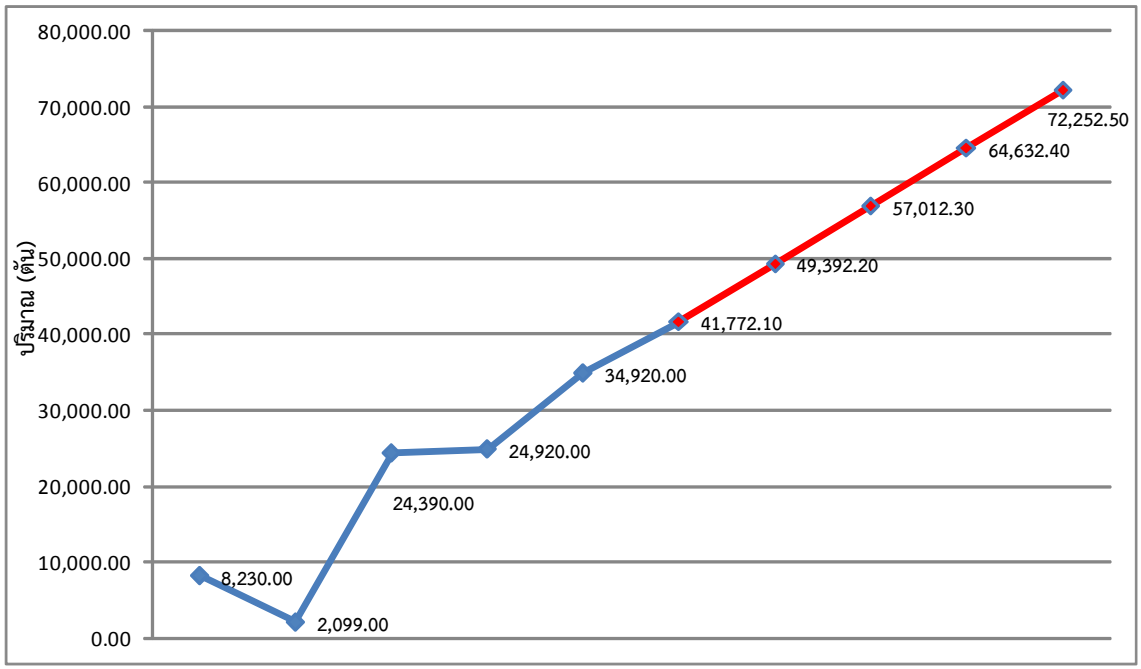
ผลที่ได้จากการพิจารณาดัชนีชี้วัดความผิดพลาดจากการพยากรณ์ดังตารางที่ 5.18 พบว่าวิธีถดถอยเชิงเส้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเดิมมากกว่าการใช้วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.7 พบว่าค่าการพยากรณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้าปริมาณเศษโลหะจะอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 2,000 ตัน

5.3.2.4 รหัสของเสียหมวด 10 09 08 แกนและแบบหล่อซึ่งใช้งานแล้ว

สมการถดถอยเชิงเส้น: Yt = -3948.5 + 7620.1*t

ตารางที่ 5.19 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นสำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)
พ.ศ.	**10 09 08**
2550	8,230.00
2551	2,099.00
2552	24,390.00
2553	24,920.00
2554	34,920.00
2555 (ค่าพยากรณ์)	41,772.1
2556 (ค่าพยากรณ์)	49,392.2
2557 (ค่าพยากรณ์)	57,012.3
2558 (ค่าพยากรณ์)	64,632.4
2559 (ค่าพยากรณ์)	72,252.5



รูปที่ 5.8 ค่าการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่

ตารางที่ 5.20 ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08 ระหว่าง พ.ศ. 2555-2559

	รหัสของเสีย (ปริมาณ:ตัน)	Lower	Upper
พ.ศ.	**10 09 08**	-	-
2550	8,230.00	-	-
2551	2,099.00	-	-
2552	24,390.00	-	-
2553	24,920.00	-	-
2554	34,920.00	-	-
2555 (ค่าพยากรณ์)	28,076.7	0	58,893.00
2556 (ค่าพยากรณ์)	28,076.7	0	58,893.00
2557 (ค่าพยากรณ์)	28,076.7	0	58,893.00
2558 (ค่าพยากรณ์)	28,076.7	0	58,893.00
2559 (ค่าพยากรณ์)	28,076.7	0	58,893.00

ตารางที่ 5.21 ความผิดพลาดการพยากรณ์สำหรับรหัสของเสียหมวดที่ 10 09 08

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MAD	MSD
วิธีถดถอยเชิงเส้น	104.894	4,321.84	27696693
วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่	52	115565	$247*10^{8}$

ผลที่ได้จากการพิจารณาดัชนีชี้วัดความผิดพลาดจากการพยากรณ์ดังตารางที่ 5.21 พบว่าวิธีถดถอยเชิงเส้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเดิมมากกว่าการใช้วิธีถัวเฉลี่ยเคลื่อนที่ จากตารางที่ 5.19 และรูปที่ 5.8 พบว่าค่าการพยากรณ์ในอีก 5 ปีข้างหน้าปริมาณเศษโลหะจะอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 70,000 ตัน ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมไม่ให้เศษโลหะมีปริมาณที่มากเกินไปจึงต้องมีการวางแผนการจัดการเศษโลหะให้เกิดความเหมาะสม

บทที่ 6 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

6.1 แนวคิดในการออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

ในบทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงแนวทางในการออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้โลหะเหล็กมาใช้เพื่อผลิต โดยรูปที่ 6.1 แสดงถึงขั้นตอนของการออกแบบระบบเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับซึ่งได้ถูกแสดงในหัวข้อที่ 6.2 สำหรับลักษณะของห่วงโซ่อุปทานของการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบนั้นได้ถูกแสดงในหัวข้อที่ 6.3 โดยผลการศึกษาได้ถูกสรุปในหัวข้อที่ 6.4 ขั้นตอนในการศึกษาจะประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

6.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

- การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ เพื่อให้ได้ทราบถึงกระบวนการของห่วงโซ่อุปทานเริ่มตั้งแต่การเกิดเศษโลหะจากผู้ผลิตและส่งต่อเศษโลหะไปยังผู้ให้บริการรวบรวมเศษโลหะเพื่อนำไปสู่โรงหลอมต่อไป ในการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการจะดำเนินการโดยใช้แบบสอบถาม 3 ชุดแสดงดังภาคผนวก ก สำหรับผู้ผลิต (ภาคผนวก ก-1) ผู้ให้บริการรวบรวมเศษหรือรับซื้อขายเศษเหล็ก (ภาคผนวก ก-2) และโรงหลอม (ภาคผนวก ก-3) แบบสอบถามจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 *ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ*

จะทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับองค์กรของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะกิจการของกลุ่มผู้ประกอบการ (ผู้ซื้อขายเศษเหล็ก โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็กที่ใช้แร่เหล็กหรือเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบหรือโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์) ขนาดขององค์กร การถือหุ้น รายได้ต่อปีและประเภทของมาตรฐานอุตสาหกรรมที่มีการดำเนินงานในองค์กรหรือหน่วยงานมาตรฐานอุตสาหกรรม อาทิเช่น มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม/China Compulsory Certification/ Thai Industrial Standards Institute/ Japanese Industrial Standards/ American Iron and Steel Institute /Deutsch Institute Norms

ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (Input)

ข้อมูลทั่วไปที่ทำการเก็บข้อมูลประกอบด้วยปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบหลักในการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือน) พื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบ วัตถุดิบหลักในการผลิต สถานที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบ วิธีการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบหรือหน่วยงานต้นน้ำมายังองค์กร อาทิเช่น ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กร ขนส่งโดยหน่วยงานของผู้จำหน่ายวัตถุดิบเป็นผู้ดำเนินการ หรือ ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) เป็นต้น รวมไปถึงมีการเก็บข้อมูลรูปแบบการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบมายังองค์กร ไม่ว่าจะเป็นรถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อหรืออื่น ๆ

ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต (Process)

ข้อมูลในส่วนการผลิตประกอบด้วยกำลังการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือนหรือต่อปี) ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต อาทิเช่น Body Parts, Brakes/Clutches/Suspensions/Shock Absorbers/ Cables/Transmission, Cooling Fans/Cooling Systems/Radiators, Engines, Exhaust and Fuel Systems Components, Fasteners/Springs/Bearings และ Steering Wheels เป็นต้น นอกจากนี้ยังมี

การเก็บข้อมูลประเภทเครื่องจักรที่ใช้ ประเภทของเสียที่เกิดจากการผลิตไม่ว่าจะเป็นเศษเหล็ก ฝุ่นสนิมเหล็ก ขี้กลึงเหล็กหรืออื่น ๆ

ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก (Output)

ในส่วนนี้จะสอบถามการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์โดยพิจารณาสัดส่วนการจัดจำหน่ายสินค้าระหว่างภายในประเทศและต่างประเทศ

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม

จะทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานสู่สิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละออง ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ปริมาณน้ำเสียทั้งหมดและระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ

ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ

เป็นการสอบถามถึงการให้ความสำคัญในการบริหารจัดการต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับระบบโลจิสติกส์ อาทิเช่น ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ ต้นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง ต้นทุนแรงงานและต้นทุนพลังงาน นอกจากนี้ยังมีการให้ทำการประเมินโครงสร้างต้นทุนในแต่ละส่วนงาน

ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน

เป็นการสอบถามถึงการให้ความสำคัญในการเลือกแหล่งที่ตั้งโรงงานในด้านความใกล้เคียงกับแหล่งวัตถุดิบ แหล่งตลาด ความสามารถในการจัดหาแรงงาน การขนส่ง ระบบสาธารณูปโภค ราคาที่ดินและสิ่งก่อสร้าง

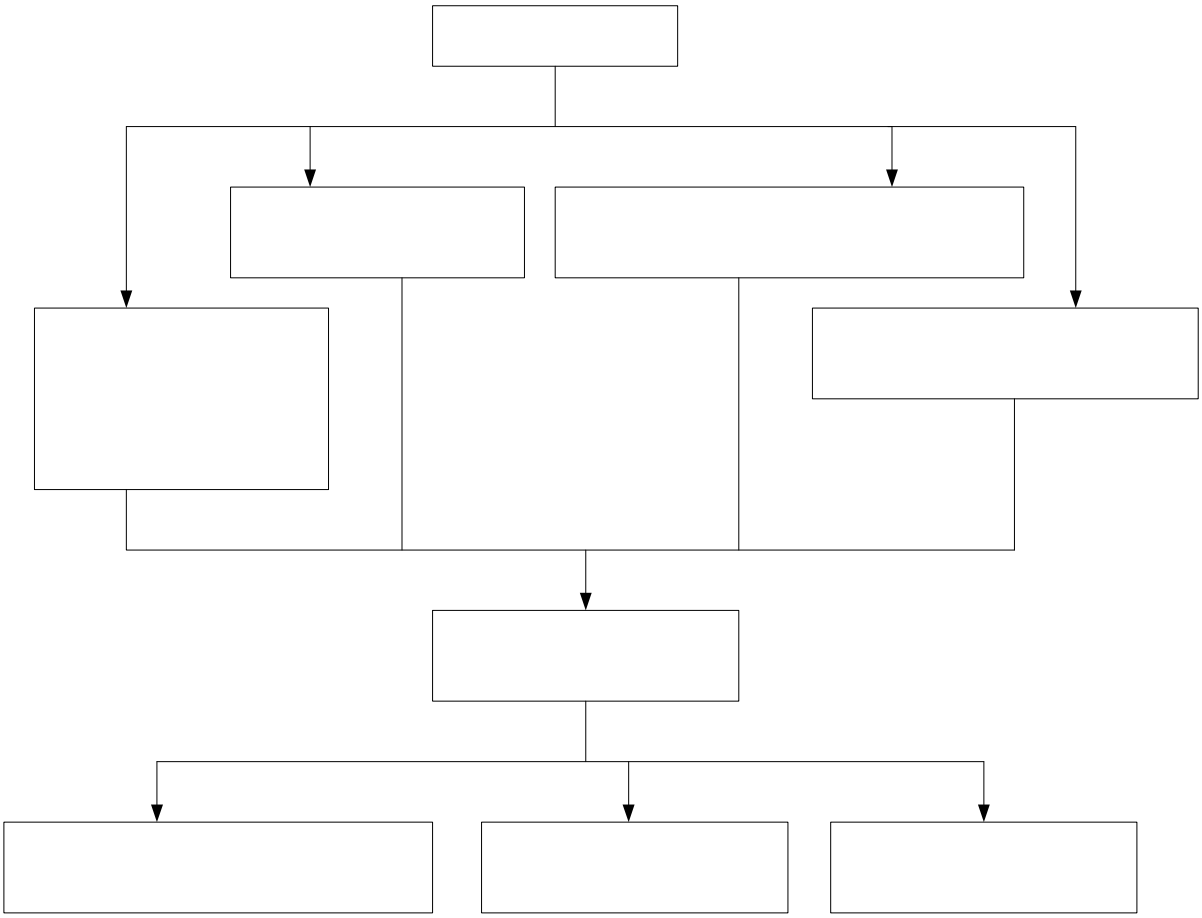
ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

- ฐานข้อมูลการเกิดเศษโลหะและการเคลื่อนย้ายเศษเหล็กประเภท 120101 ซึ่งคัดแยกออกเป็นประเภทของเสียเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เท่านั้น ฐานข้อมูลนี้ได้มาจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยพิจารณาข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 ตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม ข้อมูลของการเคลื่อนย้ายเศษโลหะจะนำไปพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2554 รวมไปถึงเส้นทางการขนย้ายจากแหล่งกำเนิดไปยังปลายทาง ทั้งนี้เป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 และประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมเรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของผู้ประกอบกิจการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2550

- ฐานข้อมูลจากสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ข้อมูลที่นำมาประกอบการพิจารณาคือปริมาณนำเข้าเศษเหล็ก (ตัน) และปริมาณส่งออกเศษเหล็ก (ตัน) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 ตามมูลค่าเศษเหล็กต่อตัน

- ฐานข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำหรับข้อมูลที่พิจารณาคือกำลังการผลิตยานยนต์ประเภทรถยนต์นั่ง รถบรรทุก รถโดยสาร รถพ่วงและรถกึ่งรถพ่วง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 โดยพิจารณาข้อมูลในหมวดหมู่ของดัชนีอุตสาหกรรม สถิติอุตสาหกรรมและภาวะอุตสาหกรรมภาพรวม

ในรูปที่ 6.1 นั้นได้สรุปขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการวิจัยนี้ที่เกี่ยวข้องผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เมื่อได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วก็จะทำการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับเพื่อนำไปสู่การหาปริมาณการจัดการเศษโลหะยังตำแหน่งต้นทางและเส้นทางต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับภาวะของการเกิดเศษโลหะซึ่งจะทำให้ทราบต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

6.1.2 พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

แบบจำลองโครงข่ายการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับได้ทำการออกแบบในรูปแบบสมการขนส่งเชิงเส้นตรง โดยหาคำตอบด้วยโปรแกรม CPLEX และมีการแสดงผลการจัดเส้นทางผ่าน Visual Studio สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรและเงื่อนไขได้แสดงในหัวข้อที่ 6.2

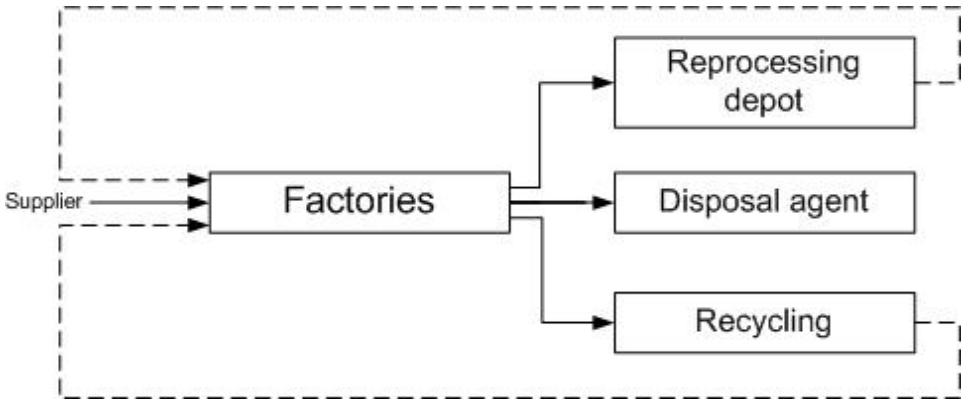
6.1.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา

ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาจะพิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

- การจัดการปริมาณเศษโลหะที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่
- การเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม
- ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้น

6.2 โครงข่ายระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

สำหรับแนวคิดในการออกแบบโครงข่ายการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับในเบื้องต้นประกอบด้วย 5 ลำดับชั้น (Echelons) ดังรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 โครงข่ายของระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

ในแต่ละลำดับชั้นจะประกอบด้วย

1. ผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบ (Supplier) หรือหมายถึงการนำวัตถุดิบกลับเข้าสู่กระบวนการผลิต
2. นายหน้าซื้อขายเศษเหล็กหรือบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม (Disposal agents)

นายหน้าซื้อขายเศษเหล็กจะเป็นมารับเศษเหล็กที่ถูกรวบรวมและจัดเก็บไว้ในโรงงานของผู้ผลิต ในส่วนของบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรมจะให้บริการบำบัดและกำจัดของเสียประเภทโลหะจากผู้ผลิตโดยเป็นผู้ที่ได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงาน กากที่เกิดขึ้นเป็นเศษเหล็กที่ผ่านการตะไบ การเจียร การกลึงหรือเป็นขอบชิ้นงานส่วนเกินจากผลิตภัณฑ์ โดยบริษัทรับกำจัดกากจะทำหน้าที่จัดเก็บ รวบรวมและขนส่งกากของเสียเพื่อบำบัดหรือกำจัด

3. ผู้ผลิตหรือโรงงาน (Manufacturers/Factories)

ผู้ผลิตหรือโรงงานสามารถทำการผลิตสินค้าได้หลายชนิด (Multi-products)

4.กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling process)

กระบวนการนี้เริ่มต้นจากทางผู้ผลิตได้ทำการเก็บรวบรวมเศษเหล็กเพื่อเข้าสู่กระบวนการหลอมเหล็กภายในโรงงานโดยผสมเข้ากับ Ingot เดิม หรือใช้ในส่วนงานอื่น ๆ เพื่อลดต้นทุน โดยเศษเหล็กส่วนใหญ่มักจะไม่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ

5. บริษัทรับหลอมโลหะ (Reprocessing agents)

เศษเหล็กที่ถูกเก็บรวบรวมยังนายหน้าซื้อขายเศษเหล็กส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ

แบบจำลองโครงข่าย

ในแบบจำลองโครงข่ายได้มีการพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนของโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ ต้นทุนย่อยที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. ต้นทุนในการขนส่ง (Transportation cost)

ต้นทุนในการขนส่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนในระบบคือ

1.1 ต้นทุนการขนส่งภายใน (Inbound transportation costs) จากผู้จัดจำหน่ายและบริษัทรับหลอมโลหะเพื่อส่งมายังโรงงาน/ผู้ผลิต

1.2 ต้นทุนการขนส่งภายนอก (Outbound transportation costs) ขึ้นกับระยะทางของตำแหน่งในการเก็บรวบรวมในโรงงาน/ผู้ผลิตเพื่อไปยังบริษัทรับหลอมโลหะหรือนายหน้าซื้อขายเศษเหล็กหรือบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม

2. ต้นทุนในการถือครองเศษโลหะ (Inventory holding cost)

ต้นทุนในการถือครองเศษโลหะประกอบไปด้วย 2 ส่วนในระบบคือ

2.1 ต้นทุนที่เกิดขึ้นในโรงงาน/ผู้ผลิตเอง เป็นต้นทุนในการจัดเก็บเศษโลหะก่อนที่จะส่งไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ นายหน้าซื้อขายเศษเหล็กหรือบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรมหรือการเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

2.2 ต้นทุนเกิดขึ้นที่บริษัทรับหลอมโลหะก่อนที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพ

3. ต้นทุนในการเก็บรวบรวม (Consolidation cost)

เป็นต้นทุนในการเก็บรวบรวมโลหะซึ่งประกอบด้วยค่าแรงและค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวม ต้นทุนในการเก็บรวบรวมจะเกิดขึ้นที่โรงงาน

4. ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling cost)

เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นในโรงงานที่ได้มีการลงทุนเครื่องจักร อุปกรณ์หรือสารต่าง ๆ และค่าแรงงานในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

5. ต้นทุนในการหลอมโลหะ (Reprocessing cost)

เป็นต้นทุนในการหลอมโลหะที่เกิดขึ้นยังบริษัทที่รับหลอมโลหะ ต้นทุนหลักที่เกิดขึ้นได้แก่ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์หรือสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ รวมไปถึงค่าแรงงาน

6. ต้นทุนในการกำจัดกากอุตสาหกรรม (Disposal cost)

เป็นต้นทุนในการดำเนินการในการกำจัดกากอุตสาหกรรมในรูปแบบต่าง ๆ รวมไปถึงการส่งออกเศษโลหะ

สำหรับรูปแบบสมการต้นทุนและสมการเงื่อนไข (เบื้องต้น) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

การหาคำตอบที่ดีที่สุดของสมการวัตถุประสงค์ = ค่าที่น้อยที่สุด (ต้นทุนการขนส่ง+ต้นทุนถือครองของคงคลัง +ต้นทุนในการรวบรวมเศษโลหะ+ต้นทุนในการหลอมโลหะ+ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่+ต้นทุนในการกำจัดกากอุตสาหกรรม)

ภายใต้สมการเงื่อนไขดังนี้

1) ปริมาณอุปทานวัตถุดิบจากผู้จัดจำหน่ายต้องเป็นตามอุปสงค์ของผู้ผลิต/โรงงาน

2) เศษโลหะที่ได้ออกมาจากผู้ผลิตหรือโรงงานต้องเป็นไปตามความสามารถในการรับเศษเหล็กได้ของบริษัทรับหลอมโลหะ หน่วยงานในการนำกลับมาใช้ใหม่หรือของบริษัทรับกำจัดกากโลหะ

สมการวัตถุประสงค์จะถูกแสดงในสมการที่ (6.1) สมการเงื่อนไขจะถูกแสดงในสมการ (6.2) และสมการ (6.3) โดยจะทำการประมวลผลผ่านโปรแกรม CPLEX เพื่อหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดและใช้ Visual Studio แสดงผลของการจัดเส้นทางและปริมาณของการจัดการเศษโลหะที่แต่ละ Echelon สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับจะแสดงในตารางที่ 6.1

Objective function:

$$\begin{aligned} \text{Min}Z = & \sum_{f=1}^{F}\sum_{s=1}^{S} T_{s,f}K_{s,f} + \sum_{f=1}^{F} C_f L_f + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rc=1}^{RC} C_{rc,f}X_{rc} + \sum_{f=1}^{F}\sum_{d=1}^{D} T_{f,d}X_d \\ & + \sum_{d=1}^{D} C_d X_d + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rp=1}^{RP} T_{f,rp}X_{rp} + \sum_{rp=1}^{RP} C_{rp}X_{rp} + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rp=1}^{RP} T_{rp,f}U_{rp} \end{aligned} \qquad \text{(สมการ 6.1)}$$

Subject to:

$$K_{s,f} \geq \sum_{f=1}^{F} M_f \qquad \text{(สมการ 6.2)}$$

$$\sum_{f=1}^{F} L_f \geq \sum_{rp=1}^{RP} X_{rp} + \sum_{rc=1}^{RC} X_{rc} + \sum_{d=1}^{D} X_d \qquad \text{(สมการ 6.3)}$$

<u>หมายเหตุ</u> รูปแบบสมการเงื่อนไขจะมีการพิจารณาและตรวจสอบ Storage capacity ของคลังพัสดุจะต้องมีเพียงพอในการจัดเก็บเศษโลหะ โดยจะไม่พิจารณากรณีที่สถานที่จัดเก็บเศษโลหะไม่เพียงพอและปล่อยให้เศษโลหะล้นออกจากคลัง

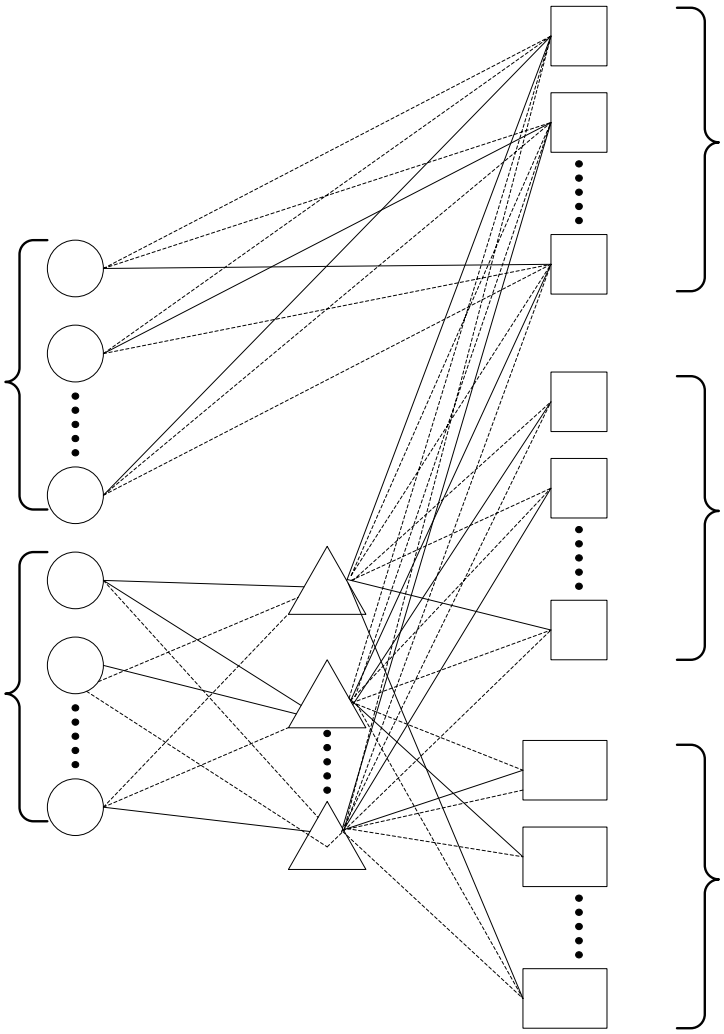
ตารางที่ 6.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	
S	เซตของผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบให้โรงงาน, s=1,2,3,...,S
F	เซตของผู้ผลิต, f=1,2,3,...,F
D	เซตของนายหน้าซื้อขายเศษโลหะ, d=1,2,3,...,D
RC	เซตของหน่วยงานที่นำเศษโลหะกลับมาใช้งานใหม่, rc=1,2,3,...,RC
RP	เซตของบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม, rp=1,2,3,...,RP
P_s	ปริมาณที่มีได้ของผู้จัดจำหน่าย (S)
K_{sf}	ปริมาณที่ผู้จัดจำหน่ายป้อนให้แก่โรงงานหรือผู้ผลิต (F)
M_f	ความต้องการที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต (F)
$T_{s,f}$	ต้นทุนการขนส่งขาเข้าต่อหน่วยจากผู้จัดจำหน่ายไปยังโรงงานหรือผู้ผลิต
$T_{rp,f}$	ต้นทุนการขนส่งขาเข้าต่อหน่วยจากบริษัทรับหลอมโลหะไปยังโรงงานหรือผู้ผลิต

ตารางที่ 6.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ (ต่อ)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	
$T_{f,rp}$	ต้นทุนการขนส่งขาออกต่อหน่วยจากศูนย์รวบรวมไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ
$T_{f,d}$	ต้นทุนการขนส่งขาออกต่อหน่วยจากศูนย์รวบรวมไปยังนายหน้าซื้อขายเศษเหล็ก
H_f	ต้นทุนการถือครองเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต
C_f	ต้นทุนในการรวบรวมเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต
$C_{rc,f}$	ต้นทุนในการหมุนเวียนการใช้เศษโลหะที่โรงงานหรือผู้ผลิต
C_{rp}	ต้นทุนในการหลอมโลหะต่อหน่วยที่บริษัทรับหลอมโลหะ
C_d	ต้นทุทนต่อหน่วยในการกำจัดกากโลหะที่นายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
Y_{rp}	ความสามารถในการเศษโลหะ (RP)
Y_{rc}	ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ (RC)
Y_d	ความสามารถในการกำจัดกากโลหะที่นายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
X_{rp}	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ (RP)
X_{rc}	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังหน่วยงานนำกลับมาใช้ใหม่ (RC)
X_d	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังนายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
Urp	ปริมาณของโลหะที่ได้ซื้อมาจากบริษัทรับหลอมโลหะ (RP) และส่งกลับมายังโรงงาน/ผู้ผลิต (F)
Urc	ปริมาณของโลหะที่ได้มาจากกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (RC) และส่งกลับมายังสายการผลิตของโรงงาน/ผู้ผลิต (F)
Ks,f	ปริมาณวัตถุดิบที่ส่งมาจากผู้จัดจำหน่าย (S) และส่งมายังโรงงาน (F)
Lf	ปริมาณของเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงาน (F)

โดยในรูปที่ 6.3 แสดงลักษณะโครงข่ายที่แสดงปริมาณของการจัดการเศษโลหะที่ก่อให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดหรือต้นทุนในระดับที่พอใจ



รูปที่ 6.3 รูปแบบโครงข่ายที่แสดงปริมาณการหมุนเวียนโลหะ

จากรูปที่ 6.3 ในส่วนของโรงงานจะนำข้อมูลที่เก็บได้จากกรณีมาศึกษามากำหนดข้อมูล (Input) ดังต่อไปนี้

S_1

- จำนวนเศษโลหะที่เกิดขึ้น (Returned quantity) ที่แต่ละตำแหน่งของโรงงานรวมไปถึงจำนวนของเศษโลหะที่มีการผ่านการรีไซเคิล การปรับปรุงคุณภาพใหม่หรือการกำจัดทิ้ง
- จะทำการกำหนดความสามารถในการจัดเก็บหรือเก็บรวบรวมเศษโลหะ (Capacity) ที่เกิดขึ้นในคลังพัสดุของโรงงาน ความสามารถในการรีไซเคิลและความสามารถของบริษัทที่รับบริการหลอมโลหะ

Used products S_2

- จะทำการกำหนดต้นทุนต่อหน่วยในแต่ละเส้นทาง นอกจากนี้ในส่วนการต้นทุนยังมีการพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแต่ละหน่วยงาน เช่น ต้นทุนการเก็บรวบรวม ต้นทุนในการรีไซเคิลที่แต่ละโรงงาน เป็นต้น

/ Spare market

ผลลัพธ์ (Output) จากการประมวลผลแสดงดังนี้

- จะได้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด (Minimum cost) จากโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยจะทราบการจัดสรร (allocation) ปริมาณเศษโลหะที่เหมาะสมแต่ละตำแหน่งของหน่วยงานต่าง ๆ
- ทราบเส้นทางการเดินทาง (Transportation route) และตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของการหมุนเวียนเศษโลหะ
- ผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีต้นทุนต่ำสุดอาจไม่สามารถดำเนินการได้ในทางปฏิบัติหรือมีความต้องการเพียงต้นทุนที่เหมาะสมเท่านั้น จึงมีการจัดทำ Scenario analysis เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงไปของต้นทุนรวม

6.3 ห่วงโซ่อุปทานของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก

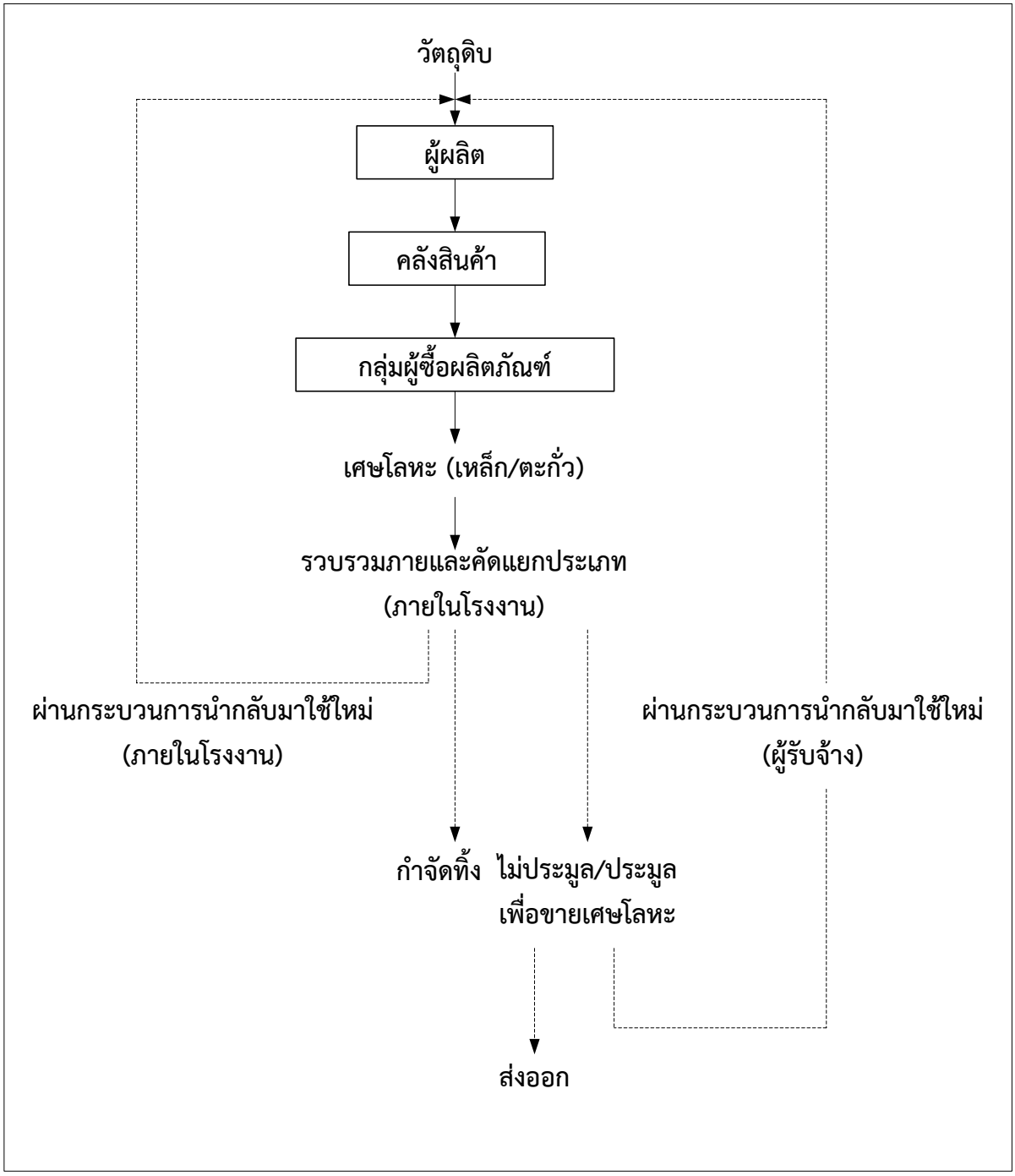
จากการสำรวจข้อมูลจากผู้ประกอบการทั้งผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ผู้รับซื้อเศษเหล็กและโรงหลอมเหล็ก พบว่ามีลักษณะของห่วงโซ่อุปทานดังแสดงในรูปที่ 6.4

- ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จากฐานข้อมูลของกรมโรงงานพบว่าในปี พ.ศ. 2554 มีผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยานต์ทั้งประเทศจำนวน 1,375 แห่งทั้งประเทศ ทั้งที่มีการใช้วัตถุดิบประเภทโลหะ พลาสติก ยางและอื่น ๆ โดยเป้นผู้ผบิตและประกอบชิ้นส่วนยานยานต์ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการขึ้นรูป การหลอม การปั๊มชิ้นงาน การกลึง การกัด การไส การเจียร การเชื่อมหรืออื่น ๆ ในโครงการวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้วัตถุดิบเหล็กและมีการปล่อยเศษเหล็กออกมาจากกระบวนการผลิตในปี พ.ศ. 2554 โดยแหล่งที่ตั้งของผู้ประกอบการที่มีการปล่อยเศษโลหะ ผู้รวบรวมเศษโลหะและโรงหลอมเหล็ก (ตามฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม) ซึ่งโครงการนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

<u>แหล่งที่ตั้งของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์</u>

ในโครงการวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลการบริหารจัดการเศษโลหะจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีแหล่งที่ตั้งดังแสดงในตารางที่ 6.2 ซึ่งแหล่งที่ตั้งของผู้ประกอบการจะอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออก โดยพบว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีการผลิตใช้ภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าซึ่งทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตและเพื่อการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ ที่เป็นคู่ค้า ในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะแบ่งตาม Tier ต่าง ๆ ดังนี้

1. First Tier (1st Tier หรือ Direct Original Equipment Manufacturer Supplier) ถือว่าเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้นน้ำเพื่อส่งต่อไปยังโรงประกอบรถยนต์ซึ่งมีประมาณกว่า 20 แห่งในประเทศ ผู้ผลิตในระดับ 1st Tier ที่มีการผลิตเพื่อป้อนให้แก่โรงประกอบรถยนต์ในประเทศจะมีทั้งผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศและผู้ผลิตต่างชาติซึ่งต้องมีการนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศ สำหรับวัตถุดิบจำพวกเหล็กโดยหลักแล้วจะเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ



รูปที่ 6.4 ห่วงโซ่อุปทานของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก

2. Second Tier (2^{nd} Tier) และ Third Tier (3^{rd} Tier) จะทำการป้อนวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนให้แก่ 1^{st} Tier หรือกล่าวได้ว่าเป็นผู้ป้อนชิ้นส่วนอะไหล่ (Replacement Equipment Manufacturer) สำหรับโรงประกอบรถยนต์หรือศูนย์บริการรถยนต์ หรือเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนตกแต่งรถยนต์

ตารางที่ 6.2 แหล่งที่ตั้งของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในโครงการวิจัย

จังหวัด	เขต/ตำบล/อำเภอ
กรุงเทพมหานคร	: ลาดกระบัง ยานนาวา คลองกุ่ม
ปราจีนบุรี	: ท่าตูม ศรีมหาโพธิ์
ปทุมธานี	: คลองหลวง คูบางหลวง
อยุธยา	: คลองจิก อุทัย เชียงรากน้อย บางปะอิน
ชลบุรี	: บ้านเก่า ดอนหัวฬอ หนองไม้แดง บ่อวิน นาป่า พานทอง ศรีราชา หนองขาม ทุ่งสุขลา บ้านบึง มาบโป่ง หนองอิรุณ บางละมุง แสนสุข หนองรี หนองตำลึง
สมุทรสาคร	: อ้อมน้อย นาดี บางกระเจ้า
ฉะเชิงเทรา	: บางไผ่ หัวสำโรง หนองแหน
สมุทรปราการ	: แพรกษา บางเสาธง บางพลี ราชาเทวะ บางโปรง เทพารักษ์ บางปูใหม่ สำโรงใต้
ระยอง	: ตาสิทธิ์ ปลวกแดง มาบตาพุด เนินพระ มาบยางพร พนานิคม
สระบุรี	: หนองปลาหมอ
นนทบุรี	: ละหาร บางขุนกอง

ผู้ประกอบการที่โครงการวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลมีแหล่งที่ตั้งอยู่ทั้งนอกนิคมและในนิคมอุตสาหกรรม (นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง นิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ นิคมอุตสาหกรรมบางปู นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน นิคมอุตสาหกรรมไฮเทคและนิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์)

สำหรับประเภทชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นโลหะหรือกระบวนการแยกชิ้นส่วนออกจากตัวรถได้แสดงไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในโครงการวิจัยนี้พบว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีการใช้วัตถุดิบเหล็กหลายประเภท ซึ่งมีการนำเข้ามาจากหลายประเทศ อาทิ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน เป็นต้น ลักษณะชิ้นงานหรือโครงสร้างของชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบแสดงได้ดังนี้

1. ชิ้นงานประเภทเหล็กหล่อประเภทเหล็กหล่อเทา (Grey cast iron) ซึ่งกระบวนการผลิตจะมีการใช้เหล็กปิก เศษเหล็ก (Steel scrap) และเศษเหล็กคืนเตา (Returned scrap) มาเข้าเตาหลอมโดยมีการใช้สารเคมีซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน FC300 ซิลิคอน แมงกานีสหรือซัลเฟอร์ผสมลงในน้ำเหล็ก น้ำเหล็กที่ได้จะถูกเทลงในแม่แบบ ซึ่งเหล็กหล่อประเภทนี้สามารถนำไปทำเครื่องยนต์หรือชิ้นส่วนยานยนต์อื่น ๆ

2. ชิ้นงานประเภทเหล็กหล่อเหนียว (Ductile cast iron) จะทำการเติมแมกนีเซียม (Mg) หรือซีเรียม (Ce) ลงในเหล็กหล่อเทา สำหรับผลิตภัณฑ์จากเหล็กหล่อเหนียวที่เป็นชิ้นส่วนยานยานต์ ยกตัวอย่างเช่น เพลาข้อเหวี่ยง ดุมล้อช่วยแรง ดรัมเบรก จานเบรก เสื้อชุดเกียร์ เป็นต้น

3.เหล็กแผ่นรีดร้อนและท่อเหล็กรีดเย็นเป็นวัตถุดิบที่จะถูกนำมาใช้ขึ้นรูปชิ้นส่วนช่วงล่างของรถยนต์ที่ต้องการความแข็งแรงโดยผ่านกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานและการเชื่อม เหล็กประเภทนี้จะใช้ผลิตโครงสร้างรถยนต์หรือตัวถัง แท่นเครื่อง เฟืองมอเตอร์ไซด์ หรือกะทะล้อ เป็นต้น

4. เหล็กแผ่นรีดเย็นเพื่อนำมาผลิตเป็นพื้นกะบะ ตัวถังรถยนต์และประตู

5. เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี ใช้ผลิตถังเก็บน้ำมัน

6. ท่อเหล็กใช้ผลิตชุดคานขวางในส่วนของคอนโซลรถยนต์

เศษโลหะที่เกิดขึ้นที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะรวบรวมไว้เพื่อรอการประมูลจากผู้รับบริการซื้อขายเศษเหล็กต่อไป

<u>แหล่งที่ตั้งของผู้รับรวบรวมเศษโลหะหรือผู้รับซื้อขายเศษเหล็ก</u>

ผู้รับซื้อขายเศษเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นบริษัทที่รับประมูลหรือรับซื้อเศษเหล็กอุตสาหกรรม ซึ่งต้องมีการได้รับอนุญาตให้เป็นผู้กำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ผู้รับซื้อขายเศษเหล็กจะทำการประมูลซื้อขายเศษเหล็กยังบริษัทของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเป็นผู้รับภาระค่าขนส่งทั้งการเดินทางไปรับเศษยังบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนหรือการนำเศษเหล็กไปส่งยังโรงหลอมเหล็กโดยส่วนใหญ่จะเป็นยานพาหนะของผู้รับรวบรวมเศษเอง สำหรับร้านรับซื้อขายเศษเหล็กเก่ารายย่อยและไม่ได้มีการขออนุญาตให้เป็นผู้กำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมจะไม่ได้ถูกพิจารณาในโครงการวิจัยนี้ สำหรับแหล่งที่ตั้งของผู้รับรวบรวมเศษเหล็กหรือผู้ซื้อขายเศษเหล็กจะเป็นแหล่งเดียวกับหรืออยู่ใกล้เคียงกับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ดังตารางที่ 6.2

<u>แหล่งที่ตั้งของโรงหลอมเหล็ก / โรงรีดเหล็กแผ่น</u>

แหล่งที่ตั้งของโรงหลอมเหล็กและโรงรีดเหล็กแผ่นที่ทำการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 6.3 กระบวนการผลิตของโรงหลอมเหล็กจะมีการเหล็กปิกมาผสมรวมกับเศษเหล็ก (Steel scrap) และเศษเหล็กคืนเตา (Returned scrap) เศษเหล็กจะมีทั้งจากการนำเข้าและส่งมาจากผู้ที่รวบรวมเศษเหล็ก โดยในกระบวนการหลอมมีการผสมส่วนผสมทางเคมีหรือธาตุต่าง ๆ ลงไปในวัตถุดิบเพื่อลดความเป็นมลทินหรือเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำเหล็ก ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน FC300 ซิลิคอน แมงกานีสและซัลเฟอร์ เวลาที่ใช้ในการหลอมใน 1 เตาโดยประมาณ 1 ชั่วโมงจากนั้นจะมีการเทน้ำเหล็กใส่แบบตามรูปทรงของชิ้นงาน ผู้ประกอบขนาดใหญ่บางแห่งมีกระบวนการแบบครบวงจรที่เรียกว่า “Compact Mini Mill” กล่าวคือมีกระบวนการผลิตทั้งหลอมเหล็ก หล่อลงแบบและรีดเหล็กเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน มีการใช้ออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิงในการทำให้เกิดการเผาไหม้ (Combustion) ปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็กโดยกระบวนการพ่นคาร์บอนและมีการเติมธาตุหรือสารปรุงแต่งในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก

สำหรับกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนจะนำเศษเหล็กและเหล็กถลุงมาหลอมในเตาหลอมไฟฟ้าประมาณ 3-4 ชั่วโมงเพื่อให้ได้เป็นเหล็กแผ่นหนาระหว่าง 1.2-6.5 มิลลิเมตรและความกว้างระหว่าง 750-1,550 มิลลิเมตรที่มักจะเป็นขนาดที่ใช้เพื่ออุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เมื่อได้เหล็กแผ่นหนาตามขนาดของแท่นหล่อแล้วจะต้องรักษาอุณหภูมิตามระดับที่เหมาะสม จากนั้นจะทำการรีดเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการต่อไป ที่ผิวของเหล็กแผ่นจะมีการปรับผิวหรือเคลือบน้ำมัน (Clean strip) ด้วย เมื่อได้ผลิตภัณฑ์จากโรงหลอม/โรงรีดแล้วจะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

ตารางที่ 6.3 แหล่งที่ตั้งของโรงหลอมเหล็ก/โรงรีดแผ่นเหล็ก

จังหวัด	เขต/ตำบล/อำเภอ
สมุทรปราการ	: สำโรงใต้
สิงห์บุรี	: อินทร์บุรี
สระบุรี	: บางโขมด
ชลบุรี	: บ่อทอง พานทอง บ่อวิน เมือง พนัสนิคม
ระยอง	: พนานิคม ปลวกแดง บ้านค่าย
ปราจีนบุรี	: ศรีมหาโพธิ์
ราชบุรี	: บางแพ
สมุทรสาคร	: กระทุ่มแบน เมือง
สมุทรสงคราม	: อัมพวา
กรุงเทพมหานคร	: บางรัก ภาษีเจริญ บางพลัด บางแค ราษฎร์บูรณะ ทุ่งครุ บางขุนเทียน บางนา
พระนครศรีอยุธยา	: วังน้อย
นครปฐม	: สามพราน เมือง นครชัยศรี
สมุทรปราการ	: บางบ่อ บางพลี เมือง พระประแดง พระสมุทรเจดีย์
ปทุมธานี	: ธัญบุรี
นนทบุรี	: ปากเกร็ด
ฉะเชิงเทรา	: เมือง บางปะกง แปลงยาว
นครสวรรค์	: เมือง
ราชบุรี	: โพธาราม
ประจวบคีรีขันธ์	: บางสะพาน

ในหัวข้อต่อไปจะแสดงการวิเคราะห์โครงข่ายการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของการบริหารจัดการเศษเหล็กสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

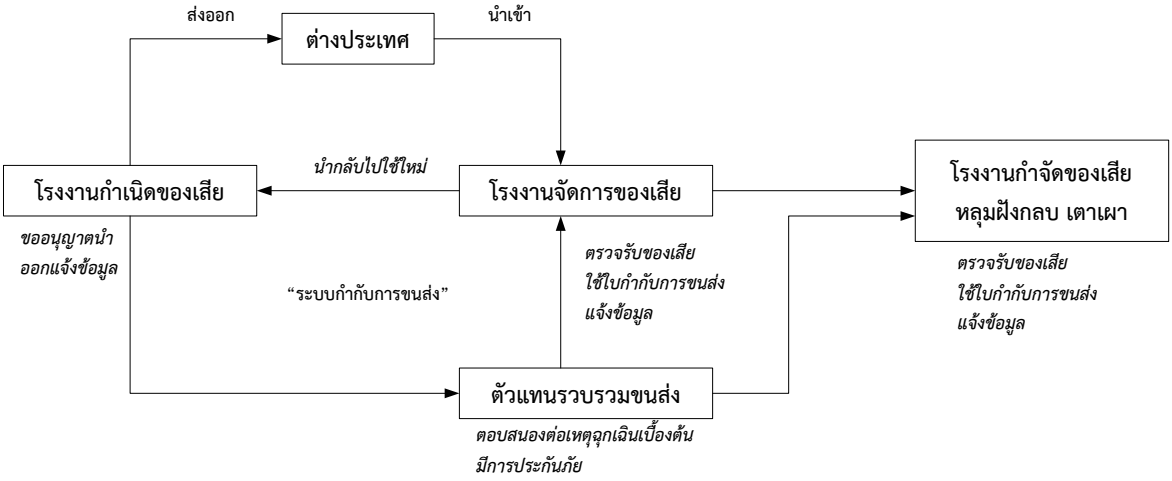
6.4 ผลการวิเคราะห์โครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษเหล็ก

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการศึกษาจากการวิเคราะห์ผ่านโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษเหล็ก

6.4.1 กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก

กากของเสียอุตสาหกรรมถูกเรียกกฎหมายโรงงานว่า “สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว” หรือ “เป็นของเสียหรือสิ่งที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงาน ตั้งแต่กระบวนการรับวัตถุดิบ การผลิต การตรวจสอบคุณภาพ การบำบัดมลพิษ การซ่อมบำรุงเครื่องจักร/อุปกรณ์ การรื้อถอน/ก่อสร้างอาคารภายในบริเวณโรงงาน รวมทั้งกากตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้น ทั้งที่อยู่ในสภาวะของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ทั้งนี้รวมถึงของเสียอันตรายที่เกิดจากอาคารสำนักงานและที่พักคนงานที่อยู่ภายในบริเวณโรงงาน ยกเว้นของเสียไม่อันตรายที่เกิดจากอาคารสำนักงานและบ้านพักคนงาน กากของเสียอุตสาหกรรมเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอุตสาหกรรมการผลิตทั้งที่มีความเป็นอันตรายและไม่อันตราย เพื่อให้สิ่งแวดล้อมในบริเวณโรงงานมีคุณภาพและเพื่อให้ชุมชนรอบข้างโรงงานมีความปลอดภัยจึงมีความจำเป็นที่ผู้ประกอบการจะต้องมี

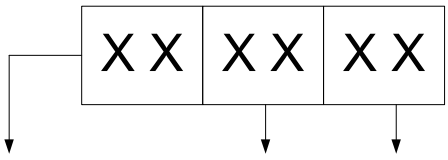
ระบบการจัดการกากอุตสาหกรรมให้เหมาะสม ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบแบบจำลองตามวิธีการจัดการกากอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้มีการแสดงถึงระบบการจัดการกากอุตสาหกรรมดังรูปที่ 6.5 โดยในการออกแบบจำลองจะพิจารณาเฉพาะในส่วนการนำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 6.5 ระบบการจัดการกากอุตสาหกรรม

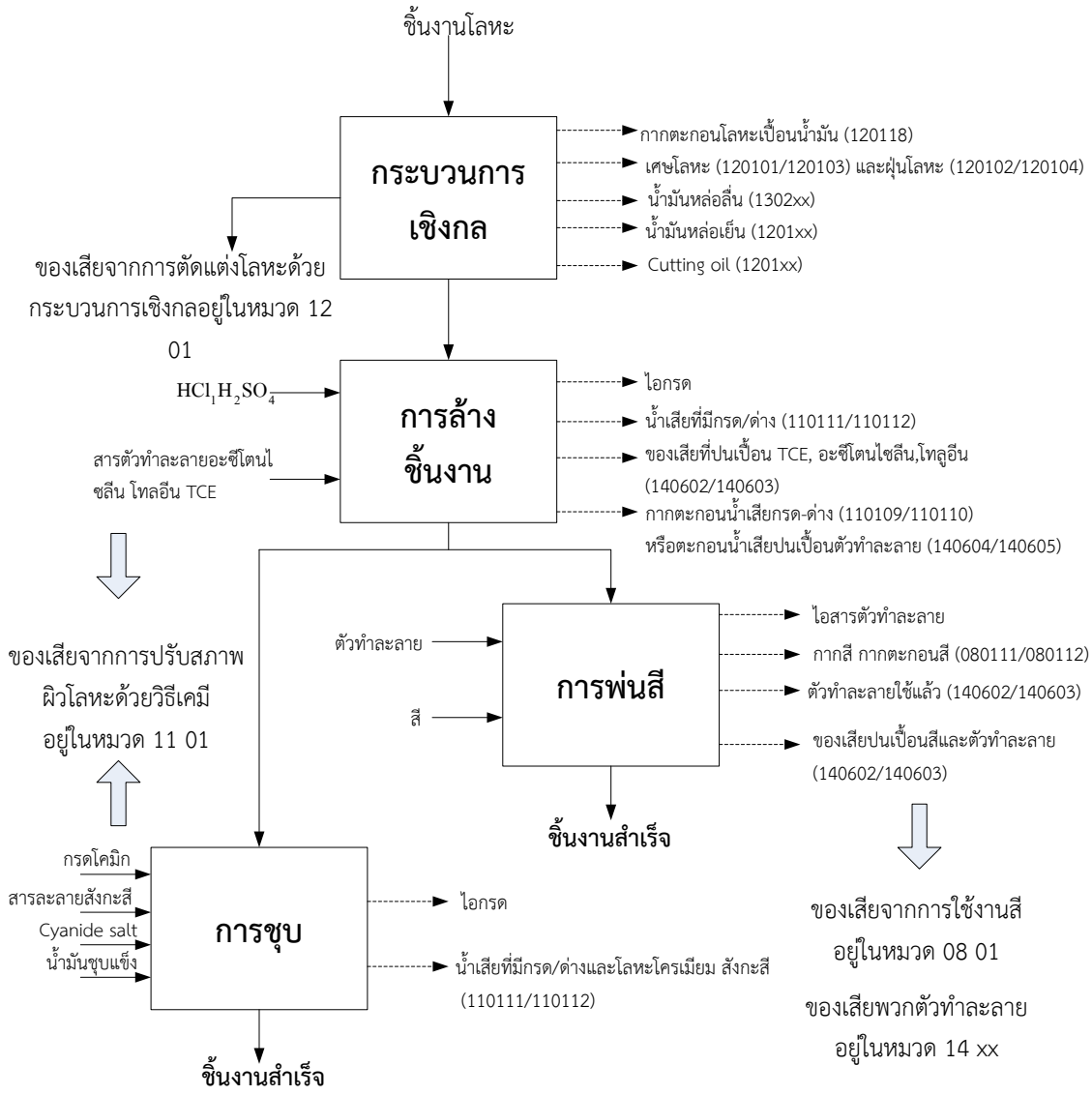
ตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกและจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548 ระบุไว้ว่าให้ผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องมีการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นการส่งเสริมภาพลักษณ์ในการดำเนินธุรกิจ ทั้งนี้จะต้องดำเนินการบริหารต้นทุนให้เหมาะสมในการกำจัดและบำบัดกากอุตสาหกรรมให้มีความปลอดภัย "ผู้รวบรวมและขนส่ง" ซึ่งหมายถึง ผู้มีสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไว้ในครอบครองเพื่อการขนส่ง และผู้มีไว้ในครอบครองสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วในสถานที่เก็บรวบรวม หรือขนถ่ายสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว จะต้องทำรายงานการขนย้ายตามระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547

ในการจำแนกประเภทและชนิดกากของเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมจะจำแนกตามแหล่งที่ก่อให้เกิดของเสียและจำแนกตามลักษณะความเป็นอันตรายของของเสีย สำหรับโครงสร้างรหัสของเสียจะเป็นเลข 6 หลักดังรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 โครงสร้างรหัสของเสียของกากอุตสาหกรรม

รหัส 2 หลักแรก : ประเภทอุตสาหกรรมหรือกิจกรรมหลัก
รหัส 4 หลัก : กิจกรรมย่อยที่มีการดำเนินงานภายใต้กิจกรรมหลัก
รหัส 6 หลัก : ชนิดของเสีย



รูปที่ 6.7 กากอุตสาหกรรมจากกระบวนการผลิตรถยนต์

กากอุตสาหกรรมจากกระบวนการผลิตรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 6.7 ซึ่งจะมีรหัสของเสียแตกต่างกันตามกระบวนการผลิต ในงานวิจัยนี้จะพิจารณารหัสของเสียจากกระบวนการเชิงกล ดังนี้

รหัสของเสีย 12 01 01 เศษเหล็กจากการตะไบ การเจียรหรือการกลึง (Ferrous metal filings and turnings)

โดยข้อมูลกากอุตสาหกรรมที่ทำการรวบรวมจะอยู่ในช่วงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2554 โดยตารางที่ 6.4 จะแสดงข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยานต์แยกตามจังหวัดต่าง ๆ

สำหรับปริมาณการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กในแต่ละเดือนจะถูกแสดงในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พ.ศ. 2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	มกราคม (ตัน)	กุมภาพันธ์ (ตัน)	มีนาคม (ตัน)	เมษายน (ตัน)	พฤษภาคม (ตัน)	มิถุนายน (ตัน)	กรกฎาคม (ตัน)	สิงหาคม (ตัน)	กันยายน (ตัน)	ตุลาคม (ตัน)	พฤศจิกายน (ตัน)	ธันวาคม (ตัน)
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	330.79	578.23	593.17	398.58	471.61	614.47	556.40	1,007.77	853.82	561.27	310.74	1,132.74
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	30.45	76.85	91.88	121.11	69.13	82.59	90.91	77.31	64.58	61.25	33.98	51.27
3	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.28	0.26	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.33
4	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	6.27	12.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.67
5	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	14.07	6.65	20.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	0.57	0.67	0.58	1.44	1.16
7	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	376.77
8	บางแค	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	1.62	0.00	0.00
9	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	0.00	1.70
10	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.74	0.00	0.00
11	คลองหลวง	ปทุมธานี	612.99	721.57	885.66	475.56	445.44	792.60	837.69	719.04	1,086.05	611.53	294.23	522.14
12	คูบางหลวง	ปทุมธานี	0.00	20.37	13.47	22.42	28.72	24.64	20.30	22.34	25.03	7.47	5.95	7.24
13	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	บางกะดี	ปทุมธานี	0.00	0.00	0.00	0.00	7.65	5.07	4.55	6.60	7.66	3.10	8.44	8.52
15	ธัญบุรี	ปทุมธานี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.85	43.83	61.37	8.82	9.08	39.35
16	สามโคก	ปทุมธานี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	ลำลูกกา	ปทุมธานี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.88	115.62	0.00	26.58	20.12
18	คลองจิก	อยุธยา	0.00	90.82	138.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	บ้านเก่า	ชลบุรี	28.23	49.14	81.48	35.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	120.58	2,339.54	2,624.23	999.85	1,160.39	1,562.71	2,525.93	2,660.87	5,508.20	3,718.57	2,732.68	5,030.06
21	หนองไม้แดง	ชลบุรี	0.07	0.21	0.78	13.60	31.75	46.02	91.91	144.74	168.94	136.74	516.68	473.84
22	บ่อวิน	ชลบุรี	0.09	0.03	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
23	นาป่า	ชลบุรี	12.15	177.50	175.19	200.32	170.42	179.81	233.56	176.41	175.60	190.26	143.75	140.33
24	พานทอง	ชลบุรี	649.71	492.00	757.45	354.95	964.86	2,395.87	2,846.40	3,626.50	4,064.37	1,802.15	1,829.40	2,913.46
25	ศรีราชา	ชลบุรี	94.51	0.00	0.00	1,142.59	4,425.57	2,478.56	3,078.05	0.00	5,147.21	5,152.35	1,613.50	2,561.71

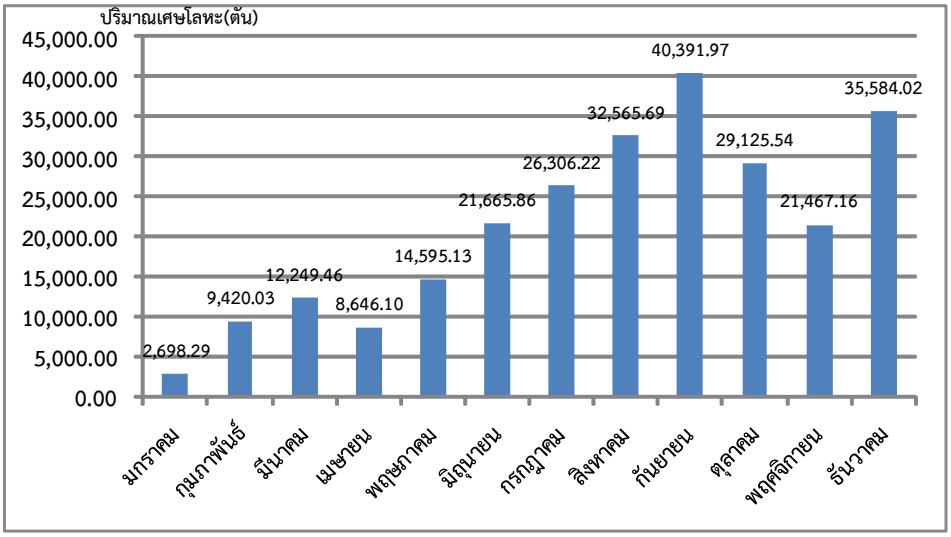
ตารางที่ 6.4 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พ.ศ. 2554 (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	มกราคม (ตัน)	กุมภาพันธ์ (ตัน)	มีนาคม (ตัน)	เมษายน (ตัน)	พฤษภาคม (ตัน)	มิถุนายน (ตัน)	กรกฎาคม (ตัน)	สิงหาคม (ตัน)	กันยายน (ตัน)	ตุลาคม (ตัน)	พฤศจิกายน (ตัน)	ธันวาคม (ตัน)
26	หนองขาม	ชลบุรี	0.00	7.38	32.83	110.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	0.65	2,315.11	3,782.37	2,169.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	มาบโป่ง	ชลบุรี	0.00	1,266.66	547.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	หนองกะขะ	ชลบุรี	0.00	0.00	20.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	หนองอิรุณ	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	เมือง	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.78	0.00	8.74	21.32	9.00	1,449.92
32	บ้านบึง	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.22	1.61	0.00	0.13
33	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	337.64	255.00	276.22	240.96	170.63	292.11	345.02	450.56	448.24	305.43	330.46	285.92
34	นาดี	สมุทรสาคร	2.40	0.00	0.00	1.73	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
35	สวนหลวง	สมุทรสาคร	0.00	0.00	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,340.14
37	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	18.22	34.43	59.18	17.31	0.00	53.14	32.89	50.07	20.41	35.45	38.70	50.68
38	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	3.27	38.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	996.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	12.30	10.04	11.33
40	เมือง	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00	20.36	66.94	34.42	66.87	66.99	41.02	42.05	35.09	51.40
41	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00	15.91	52.12	69.82	223.98	4,598.56	345.98	1,270.69	1,054.83	1,720.84
42	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00	580.64	524.79	981.62	867.47	634.99	1,671.69	967.53	292.24	336.82
43	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	0.00	0.00	0.00	0.00	783.24	279.90	368.85	210.12	376.44	278.80	107.96	127.45
44	แพรกษา	สมุทรปราการ	59.26	0.00	0.00	19.36	0.00	4.98	5.92	6.42	7.63	1.88	0.95	5.96
45	บางเสาธง	สมุทรปราการ	2.76	0.00	0.00	74.70	54.98	407.84	758.62	810.42	932.91	325.46	442.15	561.48
46	บางพลี	สมุทรปราการ	7.58	0.00	0.00	45.04	83.05	288.83	268.57	233.64	785.39	450.76	230.06	653.16
47	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	0.00	40.77	44.03	0.27	0.00	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	สำโรง	สมุทรปราการ	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	บางปลา	สมุทรปราการ	0.00	0.00	9.86	14.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	เมือง	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	143.74	48.13	38.51	32.78	13.70	387.82	352.28	608.69	1,766.47

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ พ.ศ. 2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	มกราคม (ตัน)	กุมภาพันธ์ (ตัน)	มีนาคม (ตัน)	เมษายน (ตัน)	พฤษภาคม (ตัน)	มิถุนายน (ตัน)	กรกฎาคม (ตัน)	สิงหาคม (ตัน)	กันยายน (ตัน)	ตุลาคม (ตัน)	พฤศจิกายน (ตัน)	ธันวาคม (ตัน)
51	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	5.01	458.44	880.33	710.88	923.31	1,110.83	478.24	221.41	531.84
52	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.63	204.65	230.55	280.93	153.43	2,177.96	164.76
53	บางบ่อ	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.89	1.38	0.45
54	พระประแดง	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.05	10.42	228.45	477.84	520.45
55	ตาสิทธิ์	ระยอง	15.51	0.00	0.00	40.35	11.82	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
56	ปลวกแดง	ระยอง	266.26	884.51	1,036.04	1,213.87	3,947.13	9,124.31	10,351.86	13,808.94	14,605.77	11,304.01	7,386.74	11,021.30
57	มาบยางพร	ระยอง	0.00	0.00	0.00	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	หนองปลาหมอ	สระบุรี	0.00	69.93	56.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	99.27	0.00	0.00	47.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	16.61	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	167.55	535.69	976.54	1,132.35	705.09	0.00	0.00	622.02
62	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	7.40	6.77	384.92	276.57	454.12	8.14	0.00	0.69
63	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.44	43.29	42.02	53.85
64	หนองแค	สระบุรี	0.00	0.00	0.00	4.28	33.70	17.24	15.01	10.32	5.97	13.32	16.52	58.30
65	แก่งคอย	สระบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.34	60.71	46.26
66	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	9.18	0.00	0.00	64.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
67	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	382.23	171.01	179.41	466.93	752.98	405.41	394.11	764.22
68	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	1.86	2.74
69	เมือง	นครราชสีมา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.05	121.21	115.00	145.49	109.96	0.00	128.07
		รวม	**2,698.29**	**9,420.03**	**12,249.46**	**8,646.10**	**14,595.13**	**21,665.86**	**26,306.22**	**32,565.69**	**40,391.97**	**29,125.54**	**21,467.16**	**35,584.02**

ปริมาณการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) ในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังรูปที่ 6.8

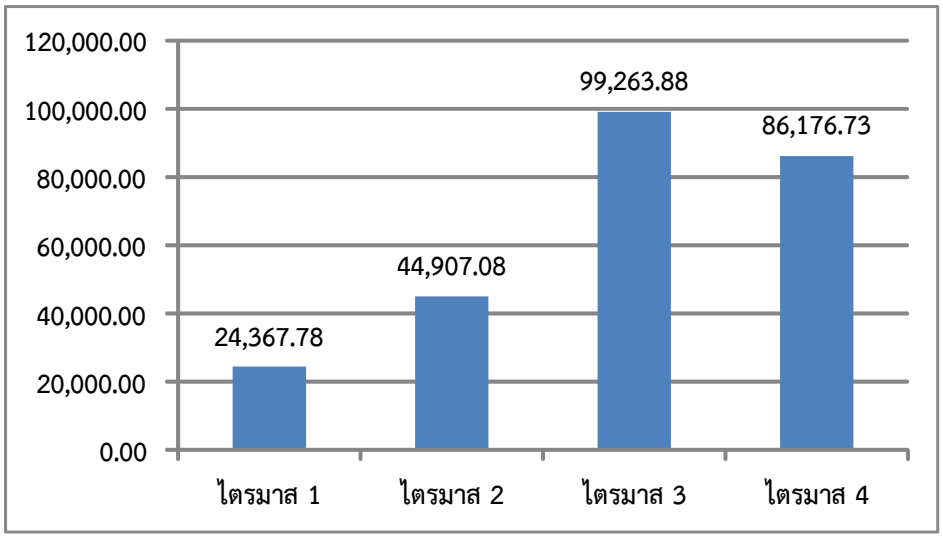


รูปที่ 6.8 กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายเดือนของปี พ.ศ. 2554

ปริมาณการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) ในแต่ละไตรมาสของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังตารางที่ 6.5 และรูปที่ 6.9

ตารางที่ 6.5 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็ก (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554

ไตรมาส	เดือน	ปริมาณ (ตัน/เดือน)	ปริมาณ (ตัน/ไตรมาส)
1	มกราคม	2,698.29	**24,367.78**
	กุมภาพันธ์	9,420.03	
	มีนาคม	12,249.46	
2	เมษายน	8,646.10	**44,907.08**
	พฤษภาคม	14,595.13	
	มิถุนายน	21,665.86	
3	กรกฎาคม	26,306.22	**99,263.88**
	สิงหาคม	32,565.69	
	กันยายน	40,391.97	
4	ตุลาคม	29,125.54	**86,176.73**
	พฤศจิกายน	21,467.16	
	ธันวาคม	35,584.02	
	รวม (ตัน/ปี)	**254,715.4699**	



รูปที่ 6.9 กากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554

ในการเก็บข้อมูลพบว่าปริมาณเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในไตรมาสที่ 1 อยู่ในระดับโดยประมาณ 25,000 ตันต่อปี ไตรมาสที่ 2 อยู่ในระดับโดยประมาณ 45,000 ตันต่อปี ไตรมาสที่ 3 อยู่ในระดับโดยประมาณ 100,000 ตันต่อปีและไตรมาสที่ 4 อยู่ในระดับโดยประมาณ 87,000 ตันต่อปี ทั้งนี้เป็นไปตามยอดการผลิตรถยนต์ซึ่งผู้ประกอบการมีกำลังการผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศและส่งออกมากในไตรมาสที่ 3 ดังตารางที่ 6.6 ซึ่งแสดงปริมาณการผลิตรถยนต์ประเภทต่าง ๆ ตามฐานข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ตารางที่ 6.6 ปริมาณการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554
(**ที่มา :** สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม)

ลำดับ	ผลิตภัณฑ์ (คัน)	ไตรมาส			
		1	2	3	4
1	รถยนต์นั่งความจุกระบอกสูบไม่เกิน 1,800 cc	128,953.00	80,157.00	127,955.00	40,626.00
2	รถยนต์นั่งความจุกระบอกสูบระหว่าง 1,800 -2,400 cc	17,872.00	9,790.00	17,537.00	4,301.30
3	รถยนต์นั่งความจุกระบอกสูบ 2,400 cc และรถยนต์นั่งตรวจการ	1,318.00	944.00	1,382.00	526.70
4	รถบรรทุกปิกอัพน้ำหนักบรรทุก 1 ตัน ขับเคลื่อน 2 ล้อ (Space cupX	251,894.00	198,584.00	278,151.00	100,133.40
5	รถจักรยานยนต์โมเปท	750,637.00	786,424.00	846,782.00	413,421.00
	รวม	**1,150,674.00**	**1,075,899.00**	**1,271,807.00**	**559,008.40**

ยอดรวมการผลิตรถยนต์ของปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ 4,057,388 คัน ปริมาณการเกิดเศษเหล็กประมาณ 254,715.47 ตัน ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ปริมาณการว่าเศษโลหะเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะเกิดขึ้นเทียบกับปริมาณการผลิตรถยนต์คิดเป็นร้อยละ 6 - ร้อยละ 7

จากการเก็บข้อมูลแยกรายภาคซึ่งในการวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะภาคกลางและภาคตะวันออกซึ่งเป็นแหล่งที่ตั้งหลักของผู้ประกอบการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของประเทศโดยตารางที่ 6.7 สรุปยอดการเกิดเศษโลหะแยกรายเขต/อำเภอ/ตำบล รายจังหวัดและรายภาคและตารางที่ 6.8 สรุปยอดการเกิดเศษโลหะเหล็กแยกรายภาค

ตารางที่ 6.7 ปริมาณเศษโลหะแยกรายจังหวัดและรายภาคจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554

ลำดับ	ภาค	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	รายเขต (ตัน)	รายจังหวัด (ตัน)
1	กลาง	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	7,409.59	
2	กลาง	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	851.31	
3	กลาง	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	13.18	
4	กลาง	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	34.15	
5	กลาง	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	41.32	**8,767.86**
6	กลาง	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	5.77	
7	กลาง	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	376.77	
8	กลาง	บางแค	กรุงเทพมหานคร	3.68	
9	กลาง	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	3.37	
10	กลาง	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	28.74	
11	กลาง	คลองหลวง	ปทุมธานี	8,004.50	
12	กลาง	คูบางหลวง	ปทุมธานี	197.94	
13	กลาง	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	1.00	
14	กลาง	บางกะดี	ปทุมธานี	51.58	**8,684.00**
15	กลาง	ธัญบุรี	ปทุมธานี	217.29	
16	กลาง	สามโคก	ปทุมธานี	17.50	
17	กลาง	ลำลูกกา	ปทุมธานี	194.19	
18	กลาง	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	3,738.19	
19	กลาง	นาดี	สมุทรสาคร	5.06	**3,745.14**
20	กลาง	สวนหลวง	สมุทรสาคร	1.89	
21	กลาง	แพรกษา	สมุทรปราการ	112.36	
22	กลาง	บางเสาธง	สมุทรปราการ	4,371.32	
23	กลาง	บางพลี	สมุทรปราการ	3,046.08	
24	กลาง	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	86.43	
25	กลาง	สำโรง	สมุทรปราการ	3.00	
26	กลาง	บางปลา	สมุทรปราการ	24.09	**20,960.50**
27	กลาง	เมือง	สมุทรปราการ	3,392.11	
28	กลาง	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	5,320.29	
29	กลาง	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	3,356.91	
30	กลาง	บางบ่อ	สมุทรปราการ	2.71	
31	กลาง	พระประแดง	สมุทรปราการ	1,245.21	

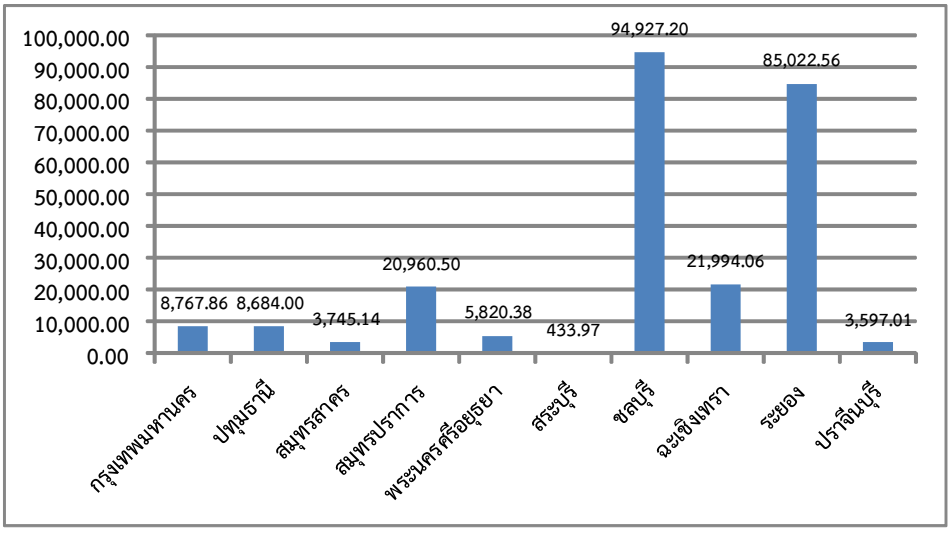
ตารางที่ 6.7 ปริมาณเศษโลหะแยกรายจังหวัดและรายภาคจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554 (ต่อ)

ลำดับ	ภาค	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	รายเขต (ตัน)	รายจังหวัด (ตัน)
32	กลาง	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	376.49	
33	กลาง	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	17.46	
34	กลาง	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	4,139.23	**5,820.38**
35	กลาง	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	1,138.60	
36	กลาง	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	148.59	
37	กลาง	หนองปลาหมอ	สระบุรี	126.01	
38	กลาง	หนองแค	สระบุรี	174.65	**433.97**
39	กลาง	แก่งคอย	สระบุรี	133.31	
40	ตะวันออก	บ้านเก่า	ชลบุรี	194.15	
41	ตะวันออก	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	30,983.60	
42	ตะวันออก	หนองไม้แดง	ชลบุรี	1,625.26	
43	ตะวันออก	บ่อวิน	ชลบุรี	0.23	
44	ตะวันออก	นาป่า	ชลบุรี	1,975.30	
45	ตะวันออก	พานทอง	ชลบุรี	22,697.10	
46	ตะวันออก	ศรีราชา	ชลบุรี	25,694.04	**94,927.20**
47	ตะวันออก	หนองขาม	ชลบุรี	151.10	
48	ตะวันออก	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	8,268.02	
49	ตะวันออก	มาบโป่ง	ชลบุรี	1,814.08	
50	ตะวันออก	หนองกะขะ	ชลบุรี	20.80	
51	ตะวันออก	หนองอิรุณ	ชลบุรี	1.43	
52	ตะวันออก	เมือง	ชลบุรี	1,499.76	
53	ตะวันออก	บ้านบึง	ชลบุรี	2.32	
54	ตะวันออก	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	1,340.14	
55	ตะวันออก	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	410.48	
56	ตะวันออก	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	41.50	
57	ตะวันออก	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	1,033.53	**21,994.06**
58	ตะวันออก	เมือง	ฉะเชิงเทรา	425.15	
59	ตะวันออก	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	9,352.72	
60	ตะวันออก	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	6,857.79	
61	ตะวันออก	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	2,532.76	
62	ตะวันออก	ตาสิทธิ์	ระยอง	67.67	
63	ตะวันออก	ปลวกแดง	ระยอง	84,950.73	**85,022.56**
64	ตะวันออก	มาบยางพร	ระยอง	4.17	
65	ตะวันออก	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	73.72	
66	ตะวันออก	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	3,516.29	**3,597.01**
67	ตะวันออก	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	7.01	

ตารางที่ 6.8 สรุปยอดการเกิดเศษโลหะเหล็กแยกรายภาคจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554

ลำดับ	ภาค	จังหวัด	รวมจังหวัด (ตัน)	รวมภาค (ตัน)
1	กลาง	กรุงเทพมหานคร	8,767.86	**48,411.85**
2	กลาง	ปทุมธานี	8,684.00	
3	กลาง	สมุทรสาคร	3,745.14	
4	กลาง	สมุทรปราการ	20,960.50	
5	กลาง	พระนครศรีอยุธยา	5,820.38	
6	กลาง	สระบุรี	433.97	
7	ตะวันออก	ชลบุรี	94,927.20	**205,540.84**
8	ตะวันออก	ฉะเชิงเทรา	21,994.06	
9	ตะวันออก	ระยอง	85,022.56	
10	ตะวันออก	ปราจีนบุรี	3,597.01	

สำหรับปริมาณการเกิดเศษโลหะจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554 แยกรายจังหวัดแสดงดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 ปริมาณการเกิดเศษโลหะ (ตัน) จากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ของปี พ.ศ. 2554 แยกรายจังหวัด

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการเกิดเศษโลหะจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะพิจารณาพื้นที่หลักคือภาคกลางและภาคตะวันออก ภาคกลางจะประกอบด้วย 7 จังหวัดคือ กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี สมุทรสาคร สมุทรปราการ พระนครศรีอยุธยาและสระบุรี ส่วนภาคตะวันออกจะศึกษาจำนวน 4 จังหวัดคือชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยองและปราจีนบุรี

ในภาคกลางพบว่าการเกิดเศษโลหะอยู่ระหว่าง 4,000-20,000 ตัน โดยจังหวัดที่มีการเกิดเศษโลหะมากที่สุดคือจังหวัดสมุทรปราการประมาณ 20,960.50 ตัน รองลงมาคือกรุงเทพมหานคร (8,767.86 ตัน) ปทุมธานี (8,684 ตัน) พระนครศรีอยุธยา (5,820.38 ตัน) สมุทรสาคร (3,745.14 ตัน) และสระบุรี (433.97 ตัน) ตามลำดับ สำหรับภาคตะวันออกพบว่าการเกิดเศษโลหะจะอยู่ระหว่าง 3,500-95,000 ตัน จังหวัดที่พบเศษมากที่สุดอยู่ที่จังหวัดชลบุรี (94,927.20 ตัน) รองลงมาคือระยอง (85,022.56 ตัน) ฉะเชิงเทรา (21,994.06 ตัน) และปราจีนบุรี (3,597.01 ตัน) ภาคตะวันออกจะพบการเกิดเศษโลหะมากกว่าภาคกลาง

เนื่องจากผู้ประกอบการรายใหญ่มีแหล่งที่ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีแหล่งที่ตั้งในภาคตะวันออก โดยเฉพาะในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร เป็นต้น

<u>หมายเหตุ</u> ผลที่สรุปได้ในหัวข้อ 6.4.1 การได้มาซึ่งข้อมูลนั้นทางโครงการวิจัยได้ทำการคัดแยกผู้ที่รายงานการขออนุญาตขนย้ายเศษเหล็กจากฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมตลอดปี พ.ศ. 2554 โดยคัดแยกเฉพาะผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เท่านั้น

6.4.2 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของเศษเหล็กสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

การพัฒนาโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของเศษเหล็กทางทีมนักวิจัยได้เดินทางไปสัมภาษณ์ผู้ประกอบการยังสถานที่ดำเนินการจริงโดยใช้แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ก. ซึ่งในการสำรวจการดำเนินงานจะประกอบด้วย 1) ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 2) ผู้รับรวบรวมเศษเหล็ก และ 3) โรงหลอมเหล็ก ทั้งนี้ผู้ให้สัมภาษณ์มีแหล่งที่อยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออก

6.4.2.1 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

เศษโลหะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจะถูกรวบรวมไว้ในโรงงานเพื่อรอการประมูลโดยการจัดเก็บเศษเหล็กมีทั้งกองไว้ในโรงเรือนหรือกลางแจ้ง ต้นทุนที่เกิดขึ้นจะมีเฉพาะในส่วนของการจ้างแรงงานในการรวบรวม ขนย้ายและจัดเก็บ พนักงานได้รับค่าแรงเป็นรายวัน จำนวนพนักงานทั่วไปไม่เกิน 3 คน (พนักงานทำหน้าที่อื่น ๆ ด้วย) จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการซึ่งมีจำนวนเศษโลหะที่แตกต่างกันพบว่าจำนวนแรงงานที่จ้างไม่แตกต่างกัน พนักงานที่ทำการรวบรวมเศษในโรงงานได้รับอัตราค่าแรงขั้นต่ำโดยประมาณ 215-223 บาทต่อวัน ในการคำนวณต้นทุนจะใช้ข้อมูลจากโรงงาน 3 แห่งที่มีที่ตั้งอยู่ใน 1) อำเภอเทพารักษ์ จังหวัดสมุทรปราการ 2) นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และ 3) นิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แสดงดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

โรงงานที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	เศษโลหะ (ตัน)	ต้นทุนค่าแรง (บาท)
1	เทพารักษ์ สมุทรปราการ	5,326.85	263,375
2	ศรีราชา ชลบุรี	25,288.20	316,050
3	ปลวกแดง ระยอง	1,168.95	145,770

ในการหาค่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะต่อตันจะทำได้จากการหาค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษา 3 แห่งซึ่งพบว่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะมีค่าประมาณ 23 บาทต่อตัน

6.4.2.2 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้รวบรวมเศษโลหะ

ในโครงการวิจัยนี้ทำการสัมภาษณ์ผู้รวบรวมเศษโลหะหรือผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กที่ต้องรายงานการขนย้ายเศษโลหะไปยังกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลจากร้านรับซื้อของเก่าประเภทเศษเหล็ก ผู้รวบรวมเศษโลหะจะทำการประมูลเศษเหล็กยังโรงงานของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยเป็นผู้รับภาระในการขนย้ายเศษเหล็กไปรวบรวมและเพื่อส่งต่อยังโรงหลอม ต้นทุนที่เกิดขึ้นมี 2 ส่วนหลักคือต้นทุนแรงงานในการรวบรวมและขนย้ายเศษโลหะและต้นทุนการขนส่ง ผู้ประกอบการรวบรวมเศษโลหะมีทั้งแบบมียานพาหนะและไม่มียานพาหนะเป็นของตนเอง จากการสัมภาษณ์พบว่าการขนย้ายเศษโลหะจะนิยมใช้รถบรรทุกตั้งแต่ 8 ล้อหรือ 10 ล้อขึ้นไป นอกจากนี้ยังมีการใช้บริการจากบริษัทโลจิสติกส์ที่ใช้รถเทรลเลอร์

ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กมีแหล่งที่ตั้งกระจายอยู่ในเขตอุตสาหกรรมหลักของทางภาคกลางและภาคตะวันออกโดยมีคู่ค้าเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในแหล่งที่ใกล้เคียงกัน ตารางที่ 6.10 แสดงผลจากการสัมภาษณ์ถึงแหล่งคู่ค้าซึ่งเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เทียบกับตำแหน่งของตัวผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กเอง โดยผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กเป็นผู้ให้บริการคัดแยกเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตเพื่อส่งโรงหลอมหรือเพื่อการส่งออก

ตารางที่ 6.10 ตำแหน่งที่ตั้งของคู่ค้าของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก

ลำดับที่	ตำแหน่งผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	ตำแหน่งผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
1	เมือง สมุทรปราการ	ปริมณฑลเขตตะวันออก สมุทรปราการและบริเวณใกล้เคียง
2	แปลงยาว ฉะเชิงเทรา	นิคมอุตสาหกรรมเกตุเวย์ นิคมอุตสาหกรรม 304 นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรีและบริเวณใกล้เคียง
3	ศรีราชา ชลบุรี	นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้บ่อวิน นิคมอุตสาหกรรมอิสเทอนซีบอร์ด นิคมอุตสาหกรรมบ่อวิน นิคมอุตสาหกรรมปิ่นทองและบริเวณใกล้เคียง
4	เมือง ระยอง	นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและบริเวณใกล้เคียง
5	อุทัย พระนครศรีอยุธยา	พระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี นนทบุรี สระบุรีและบริเวณใกล้เคียง
6	พานทอง ชลบุรี	สมุทรปราการ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร นิคมอุตสาหกรรมเวลโกล์และบริเวณใกล้เคียง

ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กที่เปิดประมูลกับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ทางโครงการวิจัยได้ไปสัมภาษณ์จะมีพนักงานอยู่ระหว่าง 50-150 คน เป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างคนไทยและชาวต่างชาติ (ญี่ปุ่น) มีรายได้จากการขายมากกว่า 25 ล้านบาทต่อปี ได้รับการรับรองมาตรฐาน 9001 และ 14001 นอกจากการเปิดประมูลแล้วยังมีการรับซื้อเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทุกวัน มีการขนถ่ายเศษเหล็กมากกว่า 100 เที่ยวในแต่ละวัน ผู้ประกอบการส่วนใหญ่มีการจัดการและควบคุมมลพิษโดยมีการกำหนดพื้นที่ในการปฏิบัติงานเพื่อเก็บเศษเหล็กแยกออกจากส่วนของสำนักงาน มีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการขนถ่ายลำเลียงและมีการใช้เครื่องอัดเพื่ออัดเศษเหล็กให้เป็นก้อน

<u>ต้นทุนแรงงานในการขนย้ายและรวบรวมเศษ</u>

ในการคำนวณต้นทุนต่อหน่วย (ตัน) ในการขนย้ายและรวบรวมเศษของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการสัมภาษณ์การเกิดค่าใช้จ่ายทางด้านแรงงานต่อปีจากผู้ประกอบการ ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนแรงงานในการขนย้ายของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กแสดงดังตารางที่ 6.11 พนักงานในการขนย้ายได้รับค่าแรงตามอัตราขั้นต่ำ ในการคิดต้นทุนจะพิจารณาความสามารถในการจัดเก็บต่อปีของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กเทียบกับค่าจ้างแรงงานที่จ่ายต่อปี เนื่องจากผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กทำการรวบรวมเศษเหล็กจากอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ด้วย ซึ่งจากตารางที่ 6.11 เก็บข้อมูล

เศษเหล็กเฉพาะที่ไปรับมาจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เท่านั้น ผู้รวบรวมเศษจะส่งเศษเหล็กต่อไปยังโรงหลอมที่อยู่ใกล้เคียงในพื้นที่หรือเก็บรวบรวมเพื่อรอให้ราคาเศษเหล็กเป็นไปตามระดับที่ต้องการจึงจะทำการส่งออก ผู้ประกอบการจะมีนโยบายและสัดส่วนในการส่งออกที่แตกต่างกัน ในการเก็บข้อมูลการเกิดต้นทุนแรงงานจะพิจารณาเทียบกับปริมาณเศษที่เกิดขึ้นโดยในการคำนวณจะใช้ข้อมูลจากผู้ประกอบการ 4 รายที่มีแหล่งที่ตั้งใน 1) อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2) อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทราและ3) อำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 6.11 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนแรงงานของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก

บริษัทที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	เศษโลหะ (ตัน/ปี)	ต้นทุนค่าแรง (บาท/ปี)	%ส่งออก
1	อุทัย พระนครศรีอยุธยา	8,336.00	782,000	25%
2	แปลงยาว ฉะเชิงเทรา	15,848.43	1,564,000	24%
3	พานทอง ชลบุรี	7,166.43	625,600	18%
4	พานทอง ชลบุรี	77,131.05	1,173,000	35%

ในการหาค่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะต่อตันจะทำการหาค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษา 3 แห่งตามตารางที่ 6.1 ซึ่งพบว่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะมีค่าประมาณ 38.20 บาทต่อตัน

ต้นทุนขนส่ง

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการพบว่าผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กเป็นผู้รับค่าใช้จ่ายของยานพาหนะในการขนส่งจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์กลับมายังพื้นที่ของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก ในการส่งเศษเหล็กออกนอกโรงงานไม่ว่าจะเพื่อการส่งออกผ่านทางท่าเรือหรือเพื่อส่งโรงหลอม ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการขนส่งเช่นเดียวกัน ประเภทยานพาหนะในการเคลื่อนย้ายเศษโลหะจะขึ้นกับน้ำหนักบรรทุกซึ่งใช้กำหนดขนาดเพลารถ โดยทั่วไปน้ำหนักบรรทุก 1 ล้อรับน้ำหนักได้ 3 ตัน

- กรณีน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 12 ตันจะใช้รถ 6 ล้อ
- กรณีน้ำหนักบรรทุกถึง 24 ตันจะใช้รถ 8 ล้อ (2 เพลา) พร้อมตู้สั้นขนาด 20 ฟุต TEU
- กรณีน้ำหนักบรรทุกถึง 36 ตันจะใช้รถ 12 ล้อ (3 เพลา) พร้อมตู้ขนาด 40 ฟุต FEU หรือ 40 ฟุต High Cube

รถขนาด 8 ล้อได้ถูกใช้ในการขนเศษเหล็กจากผู้ประกอบการเนื่องจากสามารถบรรทุกได้ในปริมาณมากกว่า 6 ล้อและมีความคล่องตัวมากกว่า 12 ล้อ ในงานวิจัยนี้จึงพัฒนาแบบจำลองโดยตั้งสมมติฐานว่าในการขนย้ายเศษโลหะมีการใช้ยานพาหนะประเภท 8 ล้อเท่านั้น ต้นทุนในการขนส่งต่อหน่วย (ตัน) ของเศษเหล็กจะพิจารณามาจากโครงสร้างต้นทุนการขนส่งที่ได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและบริษัทที่ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ องค์ประกอบของต้นทุนการขนส่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. **ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)**

   สำหรับรถหัวลาก หาง 2 เพลา มีต้นทุนคงที่เท่ากับ 2,247.36 บาทต่อเที่ยว ต้นทุนคงที่มีองค์ประกอบของต้นทุนดังนี้

- ค่า Finance หัวและหาง
- ค่าประกันรายหัว หางและค่าประกันภัยสินค้า
- ค่า พ.ร.บ หัวหาง
- เงินเดือนพนักงาน ค่าเบี้ยขยัน ค่าเบี้ยอุบัติเหตุ
- ค่าติดตั้งอุปกรณ์ GPS

2. ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

- พลังงานที่ใช้จะเป็นน้ำมันดีเซลหรือ NGV ในระยะเวลาที่ทำการศึกษาและคำนวณต้นทุนนั้นอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 น้ำมันดีเซลราคา 32.33 บาทต่อลิตรและ NGV ราคา 9.5 บาทต่อลิตร อัตราการใช้น้ำมันของรถ 8 ล้ออยู่ที่ 2.5 กิโลเมตรต่อลิตร ต้นทุนน้ำมันจะแปรผันตามระยะทาง ในการวิเคราะห์ปัญหากำหนดให้ใช้น้ำมันดีเซล
- ค่าเที่ยวพนักงานขับรถ ถ้าไม่ถึง 100 กิโลเมตรต้นทุนเท่ากับ 100 บาท ถ้าเกิน 100 กิโลเมตร จะจ่ายค่าเที่ยวพนักงานกิโลเมตรละ 1 บาท
- ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยว (ค่าทางด่วน ค่าสึกหรอยาง ค่ารอบรรจุ)
- ค่าบำรุงรักษา 2 บาทต่อกิโลเมตร

โครงสร้างต้นทุนขนส่งนี้จะถูกนำไปพิจารณาต่อไปในหัวข้อที่ 6.4.3

6.4.2.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงหลอม

ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในส่วนของโรงหลอมจะมี 2 ส่วนหลักคือ 1) ต้นทุนในการหลอมเพื่อรีไซเคิลเศษเหล็ก และ 2) ต้นทุนการขนส่งกลับไปยังผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นบริษัทในเครือหรือเป็นคู่ค้าที่มีการทำสัญญาว่าเหล็กที่ผ่านการหลอมจะต้องถูกส่งกลับไปยังบริษัทเดิม หรือเป็นต้นทุนการขนส่งไปยังผู้จัดจำหน่าย ในโครงการวิจัยนี้กำหนดขอบเขตการพิจารณาในการส่งเหล็กที่ผ่านการหลอมกลับสู่บริษัทคู่ค้าเท่านั้น จะไม่ได้พิจารณากรณีเหล็กที่ผ่านการหลอมส่งไปขายยังผู้จัดจำหน่าย ในส่วนของการคิดต้นทุนการขนส่งจะใช้โครงสร้างต้นทุนตามที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 6.4.2.2

<u>ต้นทุนในการรีไซเคิลเศษเหล็ก</u>

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงหลอมเหล็กซึ่งแบ่งประเภทผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ประเภทหลักคือเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อเหนียวตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.3 นั้น สามารถสรุปการคำนวณต้นทุนการหลอมเหล็กได้ดังต่อไปนี้

- ในการหลอม 1 ครั้งหรือ 1 เตาจะได้น้ำเหล็กประมาณ 3 ตัน (3,000 กิโลกรัม) น้ำเหล็กจะเกิดการสูญหายไปประมาณ 30% ทำให้เหลือเหล็กหล่อประมาณ 2,100 กิโลกรัม
- ในน้ำเหล็ก 3 ตันจะประกอบไปด้วยเหล็กปิก เศษเหล็ก (Steel scrap) และเศษเหล็กคืนเตา (Returned scrap) โดยจะมีการผสมธาตุหรือสารเคมีที่ประกอบด้วยคาร์บอน FC300 ซิลิคอน แมงกานีส และซัลเฟอร์ โดยตารางที่ 6.12 แสดงปริมาณการใช้วัตถุดิบหลักซึ่งคือ เหล็กปิก เศษเหล็ก (Steel scrap) และเศษเหล็กคืนเตาและต้นทุนต่อหน่วยของวัตถุดิบหลักในการหลอม 1 เตา ส่วนสัดส่วนของสารเคมีที่ใช้ใน 1 เตาและต้นทุนต่อหน่วยของสารเคมแสดงดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.12 ปริมาณวัตถุดิบหลักและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอม 1 เตา

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้ (ก.ก.)	ราคา/ก.ก.	ต้นทุน (บาท/เตา)
1	เหล็ก Pig	600	20	12,000
2	Steel scrap	1500	16	24,000
3	เศษเหล็กคืนเตา (Returned scrap)	900	0	0
			รวม	**36,000**

ตารางที่ 6.13 ปริมาณสารเคมีและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอม 1 เตา

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้ (ก.ก.)	ราคา/ก.ก.	ต้นทุน (บาท/เตา)
1	คาร์บอน FC300	45	47	2,115
2	ซิลิคอน	10	49	490
3	แมงกานีส	5	42	210
4	ซัลเฟอร์	4	18	72
			รวม	**2,887**

●มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการหลอมด้วยเตาอาร์คไฟฟ้าและค่าไฟจากการใช้เครนและระบบหล่อเย็น ในการหลอมด้วยเตาไฟฟ้าการทำงาน 1 ชั่วโมงใช้พลังงาน 570 KwH ในการหลอม 1 ตันใช้เวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเครนและระบบหล่อเย็นมีการใช้พลังงาน 60 KwH ต้นทุนพลังงานในการหลอม 1 เตาแสดงดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.14 ต้นทุนพลังงานในการหลอม 1 เตา

ลำดับที่	รายการ	KwH	บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	ต้นทุน (บาท/เตา)
1	ค่าไฟฟ้าจากเตาหลอม	570	3.1	5,301
2	ค่าไฟฟ้าจากเครนและระบบหล่อเย็น	60	3.1	558
			รวม	**5,859**

●มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นในส่วนของค่าผนังเตา Lining ค่าใช้จ่ายของผนังเตา 65,000 บาทต่อการหลอม 250 ครั้ง ในการหลอม 1 ครั้งคิดเป็น 260 บาทต่อครั้ง

●มีค่าแรงงานเกิดขึ้นในการหลอมซึ่งเป็นพนักงานได้รับอัตราค่าจ้างแบบรายวัน ต้นทุนค่าแรงต่อเตาโดยประมาณ 5,250 บาทต่อเตา

●นอกเหนือจากต้นทุนดังกล่าวแล้วยังมีต้นทุนที่เกี่ยวข้องซึ่งไม่ได้นำมาพิจารณาในโครงการวิจัยนี้ อาทิเช่น ค่าแบบ 150,000 บาทต่อตัว ใช้ได้ประมาณ 500 ครั้งหรือคิดเป็น 300 บาทต่อครั้ง นอกจากนี้ยังมีค่าวัตถุดิบ ค่าแรงและค่าพลังงานในการทำแบบที่ไม่ถูกนำมาพิจารณาเช่นเดียวกัน

โดยในตารางที่ 6.15 ได้ทำการสรุปต้นทุนต่อเตาในการหลอมเหล็ก

ตารางที่ 6.15 ต้นทุนต่อการหลอมเหล็ก 1 เตา

ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	บาทต่อเตา
1	วัตถุดิบหลัก	36,000
2	สารเคมี	2,887
3	ค่าพลังงาน	5,859
4	ค่าผนังเตา	260
5	ค่าแรงงาน	5,250
	รวม	**50,256**

ในการหลอม 1 เตาทำให้ได้เหล็ก 2.1 ตัน ดังนั้นเหล็ก 1 ตันจะมีต้นทุนในการหล่อประมาณ 23,931.42 บาท

6.4.3 ผลการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษเหล็ก

ในการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

6.4.3.1 เมตริกซ์ระยะทางของการขนส่ง

ข้อมูลของระยะทางในการขนส่งแสดงดังภาคผนวก ค ซึ่งสรุปข้อมูลระยะทางในรูปของเมตริกซ์ โดยการขนส่งจะเกิดที่ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก 2 ส่วนคือ

1. เดินทางจากผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กไปยังผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 2 เที่ยว
2. เดินทางจากผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กไปยังโรงหลอม

ในโครงการวิจัยนี้ใช้ Google Map ในการหาจำนวนกิโลเมตรของการเดินทางและเพื่อหาตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษและโรงหลอมซึ่งแสดงในตารางที่ 6.16 ในการหาระยะทางทางโครงการวิจัยได้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากการรายงานการขนย้ายเศษเหล็กของผู้ผลิตและผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็กซึ่งได้มีการระบุจุดต้นทางและปลายทางของการขนย้าย การรายงานนี้ผู้ประกอบการจะทำการแจ้งมายังกรมโรงงานอุตสาหกรรมเมื่อเกิดการขนย้ายจริง

6.4.3.2 ข้อมูลต้นทุนต่อหน่วยใช้จากหัวข้อ 6.4.2

6.4.3.3ทำการสรุปต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของการจัดการเศษเหล็กสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ปี พ.ศ. 2554 ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 6.17

6.4.3.4 พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์ย้อนกลับโดยใช้ Cplex และแสดงผลผ่าน Visual Studio.Net (C#) โดยตัวอย่างของโปรแกรมแสดงในภาคผนวก ง.

6.4.3.5 จัดทำ Scenario analysis เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในรูปแบบของแบบจำลองที่ลดต้นทุนลง

ตารางที่ 6.16 ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษและโรงหลอม

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ละติจูด	ลองติจูด
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	13.72333	100.7842
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	13.69694	100.5431
3	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	13.70472	100.3489
4	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	13.85972	100.7042
5	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	13.64166	100.3793
6	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	13.70618	100.3527
7	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	13.70222	100.6017
8	บางแค	กรุงเทพมหานคร	13.69611	100.4094
9	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	13.82583	100.6794
10	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	13.71694	100.6944
11	คลองหลวง	ปทุมธานี	14.065	100.6461
12	คูบางหลวง	ปทุมธานี	14.03402	100.4906
13	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	13.99334	100.6562
14	บางกะดี	ปทุมธานี	13.99614	100.5482
15	ธัญบุรี	ปทุมธานี	14.02111	100.7344
16	สามโคก	ปทุมธานี	14.06528	100.5225
17	ลำลูกกา	ปทุมธานี	13.9325	100.7494
18	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	13.70591	100.3028
19	นาดี	สมุทรสาคร	13.57095	100.299
20	สวนหลวง	สมุทรสาคร	13.67932	100.3044
21	แพรกษา	สมุทรปราการ	13.57266	100.6397
22	บางเสาธง	สมุทรปราการ	13.595	100.8306
23	บางพลี	สมุทรปราการ	13.60583	100.7061
24	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	13.67679	100.7189
25	สำโรง	สมุทรปราการ	13.66695	100.5815
26	บางปลา	สมุทรปราการ	13.58046	100.7433
27	เมือง	สมุทรปราการ	13.61641	100.6467
28	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	13.60639	100.6546
29	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	13.56861	100.5617
30	บางบ่อ	สมุทรปราการ	13.57417	100.8361
31	พระประแดง	สมุทรปราการ	13.65833	100.5339
32	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	14.22223	100.5976
33	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	14.30546	100.6863
34	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	14.25856	100.5971
35	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	14.36194	100.6703
36	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	14.22667	100.7153
37	หนองปลาหมอ	สระบุรี	14.40708	100.8647
38	หนองแค	สระบุรี	14.33917	100.8617
39	แก่งคอย	สระบุรี	14.58639	100.9978

40	บ้านเก่า	ชลบุรี	13.45253	101.0312

ตารางที่ 6.16 ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษและโรงหลอม (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ละติจูด	ลองติจูด
41	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	13.44657	101.0279
42	หนองไม้แดง	ชลบุรี	13.39943	100.9856
43	บ่อวิน	ชลบุรี	13.02876	101.1056
44	นาป่า	ชลบุรี	13.39541	101.0236
45	พานทอง	ชลบุรี	13.47056	101.0969
46	ศรีราชา	ชลบุรี	13.174	100.93
47	หนองขาม	ชลบุรี	13.08794	100.9492
48	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	13.0913	100.9304
49	มาบโป่ง	ชลบุรี	13.42662	101.1155
50	หนองกะขะ	ชลบุรี	13.41917	101.0956
51	หนองอิรุณ	ชลบุรี	13.28355	101.258
52	เมือง	ชลบุรี	13.36194	100.9792
53	บ้านบึง	ชลบุรี	13.31139	101.1122
54	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	13.59972	101.0786
55	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	13.66018	101.1226
56	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	13.55649	100.9612
57	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	13.36194	100.9792
58	เมือง	ฉะเชิงเทรา	13.68861	101.0708
59	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	13.54278	100.9939
60	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	13.58472	101.2842
61	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	13.84722	101.0533
62	ตาสิทธิ์	ระยอง	13.05514	101.1985
63	ปลวกแดง	ระยอง	12.97222	101.2153
64	มาบยางพร	ระยอง	13.00608	101.1289
65	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	13.92223	101.5897
66	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	13.98306	101.5131
67	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	13.94667	101.7133

<u>รูปแบบโครงข่ายปัจจุบัน</u>

จากการเก็บข้อมูลจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กพบว่า

1. ในการประมูลเศษเหล็กนั้นผู้ที่ได้รับการประมูลมีทั้งบริษัทในเครือและผู้ประมูลอิสระ ในกรณีที่ผู้ประมูลได้เป็นบริษัทในเครือมักจะอยู่ในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนผู้ประมูลอิสระมีทั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงหรือข้ามจังหวัด

2. จากการเก็บข้อมูลในช่วง พ.ศ. 2554 พบว่าผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กกระจายเศษเหล็กไปยังโรงหลอมแต่เนื่องจากกำลังการผลิตของโรงหลอมในแต่ละพื้นที่มีไม่เพียงพอ จึงต้องมีการส่งเศษเหล็กไปรวบรวมข้ามพื้นที่เพื่อรอการส่งออกหรือเพื่อส่งต่อไปยังโรงหลอมต่างพื้นที่ที่ต้องการกำลังการผลิต

3. มีการส่งเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กที่อยู่ในเขตพื้นที่เดียวกัน อาทิเช่น

- จากอำเภอดอนหัวพอ ชลบุรีไปยังอำเภอพานทอง ชลบุรี
- จากอำเภอพานทอง ชลบุรีไปยังอำเภอบ่อวิน ชลบุรี
- จากอำเภอทุ่งสุขลา ชลบุรีไปยังอำเภอบ้านบึง ชลบุรี
- จากอำเภอปลวกแดง ระยองไปยังอำเภอมาบตาพุต ระยอง
- จากอำเภอบางเสาธงและอำเภอเทพารักษ์ สมุทรปราการไปยังอำเภอบางโปรง สมุทรปราการ
- จากอำเภอบางปะอิน พระนครศรีอยุธยาไปยังอำเภออุทัย พระนครศรีอยุธยา

4. มีการส่งเศษเหล็กข้ามพื้นที่หรือข้ามจังหวัดหรือไปยังพื้นที่ใกล้เคียง อาทิเช่น

- จากเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครไปยังอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
- จากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานีไปยังอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา
- จากอำเภออ้อมน้อย จังหวัดสมุทรสาครไปยังอำเภอละหาร จังหวัดนนทบุรี
- จากอำเภอปลวกแดง ระยองไปยังอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี
- จากอำเภอคูบางหลวง จังหวัดปทุมธานีไปยังอำเภอเชียงรากน้อย จังหวัดอยุธยา
- จากอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานีไปยังอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ
- จากอำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรีไปยังอำเภอเนินพระ จังหวัดระยอง
- จากอำเภอบ้านเก่า จังหวัดชลบุรีไปยังอำเภอเนินพระ จังหวัดระยอง
- จากเขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครไปยังบางโปรง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
- จากอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทราไปยังอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
- จากอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรีไปยังบางกระเจ้า อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
- จาอำเภอพานทอง จังหวัดชลบุรีไปยังอำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตารางที่ 6.17 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในปี พ.ศ.2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	7,409.59	140.20	309	3,224.60	283,046.15	1,384,525.92
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	851.31	109.00	36	2,507.00	32,519.85	143,409.17
3	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	13.18	145.00	1	3,335.00	503.63	4,557.14
4	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	34.15	81.20	2	1,867.60	1,304.38	7,118.96
5	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	41.32	136.80	2	3,146.40	1,578.39	8,853.00
6	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	5.77	145.60	1	3,348.80	220.22	4,566.70
7	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	376.77	126.80	16	2,916.40	14,392.61	68,274.84
8	บางแค	กรุงเทพมหานคร	3.68	128.60	1	2,957.80	140.58	4,295.86
9	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	3.37	75.60	1	1,738.80	128.73	3,475.86
10	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	28.74	94.20	2	2,166.60	1,097.87	7,507.19
11	คลองหลวง	ปทุมธานี	8,004.50	88.60	334	2,037.80	305,771.94	1,225,771.72
12	คูบางหลวง	ปทุมธานี	197.94	57.00	9	1,311.00	7,561.27	28,783.12
13	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	1.00	35.20	1	809.60	38.20	2,872.61
14	บางกะดี	ปทุมธานี	51.58	45.00	3	1,035.00	1,970.28	9,056.82
15	ธัญบุรี	ปทุมธานี	217.29	28.60	10	657.80	8,300.55	27,740.55
16	สามโคก	ปทุมธานี	17.50	43.40	1	998.20	668.50	2,995.05
17	ลำลูกกา	ปทุมธานี	194.19	57.20	9	1,315.60	7,418.13	28,809.99
18	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	3,738.19	62.20	156	1,430.60	142,798.82	511,020.18
19	นาดี	สมุทรสาคร	5.06	26.60	1	611.80	193.20	2,744.19
20	สวนหลวง	สมุทรสาคร	1.89	51.20	1	1,177.60	72.20	3,111.52
21	แพรกษา	สมุทรปราการ	112.36	44.20	5	1,016.60	4,292.11	15,034.97
22	บางเสาธง	สมุทรปราการ	4,371.32	84.60	183	1,945.80	166,984.35	660,675.24
23	บางพลี	สมุทรปราการ	3,046.08	53.20	127	1,223.60	116,360.27	398,955.56
24	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	86.43	61.60	4	1,416.80	3,301.70	13,067.24
25	สำโรง	สมุทรปราการ	3.00	66.40	1	1,527.20	114.60	3,338.48

ตารางที่ 6.17 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในปี พ.ศ.2554 (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
26	บางปลา	สมุทรปราการ	24.09	52.40	1	1,205.20	920.24	3,129.44
27	เมือง	สมุทรปราการ	3,392.11	26.80	142	616.40	129,578.41	390,099.22
28	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	5,320.29	34.00	222	782.00	203,235.08	633,740.74
29	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	3,356.91	55.20	140	1,269.60	128,233.92	443,974.50
30	บางบ่อ	สมุทรปราการ	2.71	78.20	1	1,798.60	103.64	3,514.68
31	พระประแดง	สมุทรปราการ	1,245.21	29.40	52	676.20	47,566.87	144,872.04
32	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	376.49	55.40	16	1,274.20	14,381.92	50,787.72
33	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	17.46	38.20	1	878.60	667.09	2,917.40
34	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	4,139.23	44.60	173	1,025.80	158,118.74	521,243.33
35	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	1,138.60	45.00	48	1,035.00	43,494.58	144,909.12
36	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	148.59	48.20	7	1,108.60	5,676.14	21,467.06
37	หนองปลาหมอ	สระบุรี	126.01	71.00	6	1,633.00	4,813.70	20,443.03
38	หนองแค	สระบุรี	174.65	82.80	8	1,904.40	6,671.51	28,666.96
39	แก่งคอย	สระบุรี	133.31	86.20	6	1,982.60	5,092.44	21,804.83
40	บ้านเก่า	ชลบุรี	194.15	8.60	9	197.80	7,416.49	22,278.74
41	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	30,983.60	10.60	1291	243.80	1,183,573.63	3,234,315.45
42	หนองไม้แดง	ชลบุรี	1,625.26	21.40	68	492.20	62,085.01	181,325.05
43	บ่อวิน	ชลบุรี	0.23	57.30	1	1,317.90	8.90	3,202.60
44	นาป่า	ชลบุรี	1,975.30	15.80	83	363.40	75,456.35	214,382.82
45	พานทอง	ชลบุรี	22,697.10	11.20	946	257.60	867,029.16	2,378,469.53
46	ศรีราชา	ชลบุรี	25,694.04	48.10	1071	1,106.30	981,512.51	3,282,860.47
47	หนองขาม	ชลบุรี	151.10	56.60	7	1,301.80	5,772.02	22,345.06
48	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	8,268.02	57.60	345	1,324.80	315,838.40	1,106,443.70
49	มาบโป่ง	ชลบุรี	1,814.08	6.70	76	154.10	69,297.86	185,975.37
50	หนองกะขะ	ชลบุรี	20.80	8.80	1	202.40	794.56	2,478.40

ตารางที่ 6.17 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในปี พ.ศ.2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
51	หนองอิรุณ	ชลบุรี	1.43	250	1	825.70	54.63	6,230.00
52	เมือง	ชลบุรี	1,499.76	204	63	515.20	57,290.83	346,319.06
53	บ้านบึง	ชลบุรี	2.32	224	1	450.80	88.74	5,815.77
54	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	1,340.14	202	56	377.20	51,193.31	306,054.78
55	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	410.48	218	18	572.70	15,680.18	102,963.17
56	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	41.50	177	2	121.90	1,585.19	10,133.93
57	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	1,033.53	254	44	995.90	39,480.85	276,924.03
58	เมือง	ฉะเชิงเทรา	425.15	210	18	473.80	16,240.65	100,668.96
59	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	9,352.72	174	390	289.80	357,274.03	1,957,475.52
60	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	6,857.79	250	286	943.00	261,967.50	1,781,780.00
61	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	2,532.76	248	106	908.50	96,751.43	657,002.42
62	ตาสิทธิ์	ระยอง	67.67	326	3	308.20	2,584.80	22,322.50
63	ปลวกแดง	ระยอง	84,950.73	106.8	3540	338.10	3,245,117.86	13,977,823.10
64	มาบยางพร	ระยอง	4.17	81.2	1	296.70	159.29	3,540.68
65	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	73.72	147.43	4	326.60	2,815.91	18,383.42
66	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	3,516.29	64.4	147	740.60	134,322.27	481,134.06
67	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	7.01	14.02	1	719.90	267.78	2,470.37

โดยในตารางที่ 6.17 ได้แสดงต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในปี พ.ศ.2554 ส่วนจากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่อไปยังโรงหลอมแสดงดังตารางที่ 6.18 ต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานแสดงในตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6.18 ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่อไปยังโรงหลอมของปี พ.ศ. 2554

ที่ตั้งผู้ซื้อขายเศษเหล็ก		จำนวนตัน	จำนวนเที่ยว	ระยะทางไปโรงหลอม	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	ต้นทุนการหลอม
อำเภอ/เขต	จังหวัด					
เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	701.43	30	11.0	75,348.76	15,481,592.82
ทุ่งครุ	กรุงเทพมหานคร	4,910.00	205	2.6	510,695.28	108,371,149.75
บางรัก	กรุงเทพมหานคร	561.14	24	61.7	78,453.64	12,385,274.26
ราษฎร์บูรณะ	กรุงเทพมหานคร	841.71	36	59.7	116,608.04	18,577,911.39
ลำลูกกา	ปทุมธานี	1,402.86	59	32.5	167,129.78	30,963,185.64
ธัญบุรี	ปทุมธานี	5,611.43	234	15.5	634,764.78	123,852,742.58
กระทุ่มแบน	สมุทรสาคร	2,396.89	100	8.6	247,520.62	52,902,899.37
เมือง	สมุทรสาคร	599.22	25	15.4	64,412.62	13,225,724.84
เมือง	สมุทรปราการ	1,341.47	56	73.5	192,856.99	29,608,302.84
บางบ่อ	สมุทรปราการ	2,012.21	84	53.8	264,688.90	44,412,454.25
บางพลี	สมุทรปราการ	5,030.52	210	30.5	611,697.26	111,031,135.63
พระประแดง	สมุทรปราการ	8,384.20	350	25.9	1,044,120.44	185,051,892.72
ลาดบัวหลวง	พระนครศรีอยุธยา	4,656.30	195	74.0	691,746.11	102,771,587.25
พานทอง	ชลบุรี	45,565.06	1898	55.3	9,434,888.87	1,005,689,146.01
ศรีราชา	ชลบุรี	30,376.70	1266	60.8	5,597,477.49	670,459,430.67
บ้านหมอ	สระบุรี	104.15	5	47.8	15,306.73	2,298,807.47
หนองแค	สระบุรี	51,500.17	11	44.9	33,183.70	5,363,884.09
บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	4,398.81	184	49.2	582,480.41	97,088,385.24
แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	7,917.86	330	36.6	1,030,758.70	174,759,093.43
บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	5,278.57	220	39.1	671,250.76	116,506,062.29
ปลวกแดง	ระยอง	40,810.83	1701	24.8	7,346,467.41	900,756,254.26
นิคมพัฒนา	ระยอง	27,207.22	1134	25.3	4,262,794.72	600,504,169.51
ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	2,877.61	120	31.1	339,730.39	63,513,207.96

ตารางที่ 6.19 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานในปี พ.ศ. 2554

ลำดับ	รายการ	มูลค่าต้นทุน (รวม)
1	ต้นทุนรวบรวมเศษ (บาท) ของผู้ผลิต	79,080.90
2	ต้นทุนแรงงาน (บาท) ของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	9,700,992.95
3	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม	51,749,520.78
4	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	34,014,382.40
5	ต้นทุนการหลอม	4,485,574,294.26
	รวม	**4,581,118,271.29**

ในตารางที่ 6.19 แสดงมูลค่าต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งมูลค่าเท่ากับ 4,581,118,271.29 บาท โดยต้นทุนโลจิสติกส์ต่อหน่วย (บาทต่อตัน) จะหาได้จากการนำต้นทุนโลจิสติกส์รวมหารด้วยปริมาณเศษโลหะ (ตัน) ที่เกิดขึ้นตลอดปี พ.ศ. 2554 โดยพบว่าจำนวนเศษโลหะรหัส 120101 ที่มีการขออนุญาตขนย้ายในปี พ.ศ. 2554 ตามตารางที่ 6.5 มีจำนวนเท่ากับ 254,715.4699 ตันและต้นทุนรวมโลจิสติกส์มีค่าเท่ากับ 4,558,474,287.66 บาท (เฉพาะภาคกลางและภาคตะวันออก)

ดังนั้นต้นทุนโลจิสติกส์ต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ 17,896.33 บาทต่อตัน โดยตารางที่ 6.20 สรุปต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษโลหะ

ตารางที่ 6.20 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษโลหะ

ปริมาณเศษโลหะ (ตัน)	ต้นทุน (บาท)
5,000-10,000	89,481,650.00-178,963,300.00
10,001-20,000	178,981,196.33-357,926,600.00
20,001-30,000	357,944,496.33-536,889,900.00
30,001-40,000	536,907,796.33-715,853,200.00
40,001-50,000	715,871,096.33-894,816,500.00
50,001-60,000	894,834,396.33-1,073,779,800.00
60,001-70,000	1,073,797,696.33-1,252,743,100.00
70,001-80,000	1,252,760,996.33-1,431,706,400.00
80,001-90,000	1,431,724,296.33-1,610,669,700.00
90,001-100,000	1,610,687,596.33-1,789,633,000.00

<u>การวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนเศษเหล็ก</u>

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนเศษเหล็กจะพิจารณาว่าถ้ามีการเพิ่มความสามารถในการรีไซเคิลเศษเหล็กจะสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อเศษเหล็กลงได้อย่างไร โดยพิจารณาข้อมูลในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทำการวิจัยซึ่งเศษเหล็กมีราคาตามตลาดโลกโดยประมาณ 14,400 บาทต่อตัน ในการหลอมเหล็ก 1 เตาเพื่อให้ได้เนื้อเหล็ก 2.1 ตันนั้นจะมีการใช้เศษเหล็กโดยประมาณ 1.5 ตัน สำหรับตารางที่ 6.21 นั้นสรุปต้นทุนเนื้อเหล็กที่สามารถประหยัดได้ถ้าเพิ่มสัดส่วนการรีไซเคิลเศษเหล็กตั้งแต่ร้อยละ 10-30 จากปริมาณการเกิดเศษเหล็กของปี พ.ศ. 2554 (254,715.4699 ตัน)

ตารางที่ 6.21 ต้นทุนเนื้อเหล็กที่สามารถประหยัดได้ตามสัดส่วนการรีไซเคิลเศษเหล็ก

ร้อยละ	ปริมาณเศษ (ตัน)	ปริมาณเนื้อเหล็กที่ได้คืน (ตัน)	ประหยัดต้นทุน (บาท)
5	12,735.77	17,830.08	256,753,193.66
10	25,471.55	35,660.17	513,506,387.32
15	38,207.32	53,490.25	770,259,580.98
20	50,943.09	71,320.33	1,027,012,774.64
25	63,678.87	89,150.41	1,283,765,968.30
30	76,414.64	106,980.50	1,540,519,161.96

จากตารางที่ 6.21 จะเห็นได้ว่าถ้าสามารถส่งเสริมให้มีการรีไซเคิลเศษเหล็กเพื่อนำกลับมาหลอมใหม่สามารถลดต้นทุนได้ในจำนวนมาก

<u>รูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง</u>

ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองโดยสร้างแบบจำลองให้ลดระยะทางการขนส่งระหว่างพื้นที่โดยตั้งสมมติฐานว่ามีโรงหลอมที่สามารถรองรับเศษเหล็กในกลุ่มพื้นที่ที่ใกล้เคียงกันได้ โดยให้มีการรวบรวมเศษโลหะภายในพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อส่งไปยังโรงหลอมในพื้นที่ใกล้เคียงกัน กลุ่มพื้นที่หลักจะถูกแบ่งดังนี้

- พื้นที่จังหวัดชลบุรี
- กลุ่มพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราและสมุทรปราการ
- กลุ่มพื้นที่กรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ
- พื้นที่จังหวัดปทุมธานี
- พื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

โดยตารางที่ 6.22 แสดงต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 6.23 แสดงต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่อไปยังโรงหลอมในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 6.24 แสดงต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ตารางที่6.25แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนโลจิสติกส์ในแบบปัจจุบันและรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ตารางที่ 6.22 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	7,409.59	140.20	309	3,224.60	283,046.15	1,384,525.92
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	851.31	109.00	36	2,507.00	32,519.85	143,409.17
3	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	13.18	145.00	1	3,335.00	503.63	4,557.14
4	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	34.15	81.20	2	1,867.60	1,304.38	7,118.96
5	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	41.32	136.80	2	3,146.40	1,578.39	8,853.00
6	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	5.77	145.60	1	3,348.80	220.22	4,566.70
7	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	376.77	126.80	16	2,916.40	14,392.61	68,274.84
8	บางแค	กรุงเทพมหานคร	3.68	128.60	1	2,957.80	140.58	4,295.86
9	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	3.37	75.60	1	1,738.80	128.73	3,475.86
10	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	28.74	94.20	2	2,166.60	1,097.87	7,507.19
11	คลองหลวง	ปทุมธานี	8,004.50	88.60	334	2,037.80	305,771.94	1,225,771.72
12	คูบางหลวง	ปทุมธานี	197.94	57.00	9	1,311.00	7,561.27	28,783.12
13	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	1.00	35.20	1	809.60	38.20	2,872.61
14	บางกะดี	ปทุมธานี	51.58	45.00	3	1,035.00	1,970.28	9,056.82
15	ธัญบุรี	ปทุมธานี	217.29	28.60	10	657.80	8,300.55	27,740.55
16	สามโคก	ปทุมธานี	17.50	43.40	1	998.20	668.50	2,995.05
17	ลำลูกกา	ปทุมธานี	194.19	57.20	9	1,315.60	7,418.13	28,809.99
18	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	3,738.19	62.20	156	1,430.60	142,798.82	511,020.18
19	นาดี	สมุทรสาคร	5.06	26.60	1	611.80	193.20	2,744.19
20	สวนหลวง	สมุทรสาคร	1.89	51.20	1	1,177.60	72.20	3,111.52
21	แพรกษา	สมุทรปราการ	112.36	44.20	5	1,016.60	4,292.11	15,034.97
22	บางเสาธง	สมุทรปราการ	4,371.32	84.60	183	1,945.80	166,984.35	660,675.24
23	บางพลี	สมุทรปราการ	3,046.08	53.20	127	1,223.60	116,360.27	398,955.56
24	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	86.43	61.60	4	1,416.80	3,301.70	13,067.24
25	สำโรง	สมุทรปราการ	3.00	66.40	1	1,527.20	114.60	3,338.48

ตารางที่ 6.22 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
26	บางปลา	สมุทรปราการ	24.09	52.40	1	1,205.20	920.24	3,129.44
27	เมือง	สมุทรปราการ	3,392.11	26.80	142	616.40	129,578.41	390,099.22
28	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	5,320.29	34.00	222	782.00	203,235.08	633,740.74
29	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	3,356.91	55.20	140	1,269.60	128,233.92	443,974.50
30	บางบ่อ	สมุทรปราการ	2.71	78.20	1	1,798.60	103.64	3,514.68
31	พระประแดง	สมุทรปราการ	1,245.21	29.40	52	676.20	47,566.87	144,872.04
32	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	376.49	55.40	16	1,274.20	14,381.92	50,787.72
33	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	17.46	38.20	1	878.60	667.09	2,917.40
34	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	4,139.23	44.60	173	1,025.80	158,118.74	521,243.33
35	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	1,138.60	45.00	48	1,035.00	43,494.58	144,909.12
36	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	148.59	48.20	7	1,108.60	5,676.14	21,467.06
37	หนองปลาหมอ	สระบุรี	126.01	71.00	6	1,633.00	4,813.70	20,443.03
38	หนองแค	สระบุรี	174.65	82.80	8	1,904.40	6,671.51	28,666.96
39	แก่งคอย	สระบุรี	133.31	86.20	6	1,982.60	5,092.44	21,804.83
40	บ้านเก่า	ชลบุรี	194.15	8.60	9	197.80	7,416.49	22,278.74
41	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	30,983.60	10.60	1291	243.80	1,183,573.63	3,234,315.45
42	หนองไม้แดง	ชลบุรี	1,625.26	21.40	68	492.20	62,085.01	181,325.05
43	บ่อวิน	ชลบุรี	0.23	57.30	1	1,317.90	8.90	3,202.60
44	นาป่า	ชลบุรี	1,975.30	15.80	83	363.40	75,456.35	214,382.82
45	พานทอง	ชลบุรี	22,697.10	11.20	946	257.60	867,029.16	2,378,469.53
46	ศรีราชา	ชลบุรี	25,694.04	48.10	1071	1,106.30	981,512.51	3,282,860.47
47	หนองขาม	ชลบุรี	151.10	56.60	7	1,301.80	5,772.02	22,345.06
48	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	8,268.02	57.60	345	1,324.80	315,838.40	1,106,443.70
49	มาบโป่ง	ชลบุรี	1,814.08	6.70	76	154.10	69,297.86	185,975.37
50	หนองกะขะ	ชลบุรี	20.80	8.80	1	202.40	794.56	2,478.40

ตารางที่ 6.22 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณโลหะ (ตัน)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม
51	หนองอิรุณ	ชลบุรี	1.43	35.90	1	825.70	54.63	2,883.06
52	เมือง	ชลบุรี	1,499.76	22.40	63	515.20	57,290.83	168,933.04
53	บ้านบึง	ชลบุรี	2.32	19.60	1	450.80	88.74	2,639.67
54	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	1,340.14	16.40	56	377.20	51,193.31	145,145.55
55	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	410.48	24.90	18	572.70	15,680.18	48,938.52
56	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	41.50	5.30	2	121.90	1,585.19	4,852.28
57	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	1,033.53	43.30	44	995.90	39,480.85	131,716.45
58	เมือง	ฉะเชิงเทรา	425.15	20.60	18	473.80	16,240.65	47,782.79
59	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	9,352.72	12.60	390	289.80	357,274.03	988,705.85
60	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	6,857.79	41.00	286	943.00	261,967.50	846,334.63
61	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	2,532.76	39.50	106	908.50	96,751.43	311,302.28
62	ตาสิทธิ์	ระยอง	67.67	13.40	3	308.20	2,584.80	7,641.27
63	ปลวกแดง	ระยอง	84,950.73	14.70	3540	338.10	3,245,117.86	9,085,411.42
64	มาบยางพร	ระยอง	4.17	12.90	1	296.70	159.29	2,539.62
65	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	73.72	14.20	4	326.60	2,815.91	10,236.14
66	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	3,516.29	32.20	147	740.60	134,322.27	415,688.13
67	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	7.01	31.30	1	719.90	267.78	2,814.37

ตารางที่ 6.23 ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กส่งต่อไปยังโรงหลอมในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ที่ตั้งโรงหลอม		จำนวนตัน	จำนวนเที่ยว	ระยะทางไปโรงหลอม	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	ต้นทุนการหลอม
อำเภอ/เขต	จังหวัด					
เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	701.43	29.23	30	75,113.58	15,481,592.82
ทุ่งครุ	กรุงเทพมหานคร	4,910.00	204.58	205	510,227.27	108,371,149.75
บางรัก	กรุงเทพมหานคร	561.14	23.38	24	77,400.04	12,385,274.26
ราษฎร์บูรณะ	กรุงเทพมหานคร	841.71	35.07	36	115,078.71	18,577,911.39
ลำลูกกา	ปทุมธานี	1,402.86	58.45	59	165,255.04	30,963,185.64
ธัญบุรี	ปทุมธานี	5,611.43	233.81	234	631,173.75	123,852,742.58
กระทุ่มแบน	สมุทรสาคร	2,396.89	99.87	100	246,794.92	52,902,899.37
เมือง	สมุทรสาคร	599.22	24.97	25	64,087.85	13,225,724.84
เมือง	สมุทรปราการ	1,341.47	55.89	56	189,380.11	29,608,302.84
บางบ่อ	สมุทรปราการ	2,012.21	83.84	84	260,865.83	44,412,454.25
บางพลี	สมุทรปราการ	5,030.52	209.61	210	606,195.79	111,031,135.63
พระประแดง	สมุทรปราการ	8,384.20	349.34	350	948,969.28	185,051,892.72
ลาดบัวหลวง	พระนครศรีอยุธยา	4,656.30	194.01	195	671,957.56	102,771,587.25
พานทอง	ชลบุรี	45,565.06	1,898.54	1898	9,231,441.58	1,005,689,146.01
ศรีราชา	ชลบุรี	30,376.70	1,265.70	1266	5,447,090.10	670,459,430.67
บ้านหมอ	สระบุรี	104.15	4.34	5	14,840.86	2,298,807.47
หนองแค	สระบุรี	51,500.17	10.13	11	32,222.83	5,363,884.09
บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	4,398.81	183.28	184	559,819.24	97,088,385.24
แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	7,917.86	329.91	330	1,000,671.18	174,759,093.43
บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	5,278.57	219.94	220	649,819.24	116,506,062.29
ปลวกแดง	ระยอง	40,810.83	1,700.45	1701	7,240,380.81	900,756,254.26
นิคมพัฒนา	ระยอง	27,207.22	1,133.63	1134	4,190,923.11	600,504,169.51
ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	2,877.61	119.90	120	330,436.71	63,513,207.96

ตารางที่ 6.24 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่อุปทานในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียง

ลำดับ	รายการ	มูลค่าต้นทุน (รวม)
1	ต้นทุนรวบรวมเศษ (บาท) ของผู้ผลิต	79,080.90
2	ต้นทุนแรงงาน (บาท) ของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	9,700,992.95
3	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม	29,859,774.18
4	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	33,260,145.37
5	ต้นทุนการหลอม	4,485,574,294.26
	รวม	**4,558,474,287.66**

ในการแสดงต้นทุนโลจิสติกส์ในรูปแบบโครงข่ายพื้นที่ใกล้เคียงได้ถูกสรุปในตารางที่ 6.22 ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 4,558,474,287.66 บาทต่อปี สามารถลดต้นทุนจากรูปแบบปัจจุบันได้ปีละ 22,643,983.63 บาท

จากการพิจารณาข้อมูลดังที่กล่าวมาจะพบว่าร้อยละของต้นทุนหมุนเวียนเศษเหล็กในห่วงโซ่อุปทานเป็นไปตามตารางที่ 6.25

ตารางที่ 6.25 ร้อยละของต้นทุนหมุนเวียนเศษเหล็กในห่วงโซ่อุปทาน

ลำดับ	รายการ	ร้อยละของต้นทุน
1	ต้นทุนรวบรวมเศษ (บาท) ของผู้ผลิต	0.002
2	ต้นทุนแรงงาน (บาท) ของผู้ประกอบการซื้อขายเศษเหล็ก	0.212
3	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม	1.130
4	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	0.742
5	ต้นทุนการหลอม	97.914
	รวม	**100%**

จากตารางที่ 6.25 พบว่าต้นทุนในการหลอมมีสัดส่วนของต้นทุนสูงถึงร้อยละ 97 จากตารางที่ 6.15 จะเห็นได้ว่าต้นทุนวัตถุดิบหลักคิดเป็นร้อยละ 77.67 ของต้นทุนรวมในการหลอมและเศษเหล็กมีต้นทุนคิดเป็นร้อยละ 51.77 ของต้นทุนในการหลอม นอกเหนือจากการพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งของผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กและโรงหลอมให้อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับผู้ผลิตแล้ว สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาคือลดต้นทุนในการหลอมและเพิ่มการหมุนเวียนการใช้เศษเหล็กภายในประเทศ

<u>การลดต้นทุนในการหลอม</u>

1. ในการหลอมเหล็กต้นทุนพลังงานสูงถึงร้อยละ 20 ของต้นทุนการผลิต การใช้พลังงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือพลังงานไฟฟ้าสำหรับเตาหลอมและกระบวนการขึ้นรูป คิดเป็นร้อยละ 60 และพลังงานความร้อนคิดเป็นร้อยละ 40 ซึ่งมาจากการใช้เชื้อเพลิงและก๊าซธรรมชาติ เศษเหล็กควรมีการควบคุมคุณภาพเนื่องจากส่งผลต่อค่าพลังงาน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเศษเหล็กมีส่วนผสมอโลหะ 1% จะส่งผลให้ใช้ไฟฟ้าในการหลอมเพิ่มขึ้น 15 KwH ต่อตันเหล็กแท่ง การป้อนเศษเหล็กควรให้มีความหนาแน่นเหมาะสมเพื่อลดจำนวนครั้งในการเปิดฝาเตาซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยในการป้อนเศษเหล็ก 3 ครั้งจะใช้พลังงานมากกว่าการป้อน 2 ครั้งประมาณ 17 KwH นอกจากนี้การอุ่นเศษเหล็กก่อนเข้าเตาหลอมสามารถช่วยลดเวลาในการหลอมได้ 5-10 นาทีซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 30 KwH ต่อตันเหล็กแท่ง การใช้นโยบายในการประหยัดพลังงานมีส่วนช่วยให้บริษัทสามารถลดค่าไฟลงได้ การผลิตในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (Off-Peak Period) สามารถช่วยให้ผู้ประกอบการประหยัดค่าไฟมากกว่าช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง (Peak period)

2. สำหรับกระบวนการหลอมเหล็กนั้นพบว่าต้นทุนค่าไฟฟ้าถือว่าเป็นต้นทุนหลัก โดยทั่วไปเศษเหล็ก (Steel scrap) ที่ใช้ในการหลอมชิ้นส่วนยานยนต์จะเป็นเศษเหล็กที่อัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมโดยมีขนาด 50*50*30 เซนติเมตร โดยจะนำมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อหลอมเป็นน้ำเหล็กซึ่งต้องมีการเติมเศษเหล็กคืนเตาและสารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก ในช่วงเวลาที่รอให้เกิดการหลอมกระแสไฟฟ้าจะทำปฏิกริยากับเหล็ก ถ้าขนาดเหล็กมีขนาดใหญ่จะใช้เวลานานในการหลอม ในการลดเวลาและค่าไฟฟ้าในการหลอมควรมีการลดขนาดก้อนของเศษเหล็กลงเหลือ 30*40*30 เซนติเมตร ขนาดของก้อนเศษเหล็กที่เล็กลงทำให้

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีขึ้นและสามารถลดเวลาในการหลอม ผู้ประกอบการสามารถลดเวลาในการหลอมลงได้โดยใช้พลังงานไฟฟ้า 35.18 KwH ต่อตันซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 5.33%
(**ที่มา:** วารสาร Logistics Digest และวารสาร Energy Saving)

<u>การเพิ่มการหมุนเวียนการใช้เศษเหล็กภายในประเทศ</u>

1. จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็กพบว่ามีการส่งออกเศษเหล็กโดยประมาณร้อยละ 20 ถึงร้อยละ 40 ของปริมาณเศษเหล็กที่รวบรวมได้ตามราคาตลาดโลก ทั้งนี้ผู้ประกอบการสามารถได้ผลกำไรมากกว่าการส่งไปยังโรงหลอมในช่วงที่ราคาเศษเหล็กเพิ่มสูงขึ้น

2. อุตสาหกรรมยานยนต์สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบของเศรษฐกิจของประเทศ โดยไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์และชิ้นส่วนเพื่อส่งออกในระดับภูมิภาคและระดับโลก มูลค่าการลงทุนในอุตสาหกรรมยานยนต์คิดเป็นร้อยละ 16 ของการลงทุนในอุตสาหกรรมทั้งประเทศ จากนโยบายรถประหยัดพลังงาน (Eco Car) ส่งผลให้อุตสาหกรรมยานยนต์มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ชิ้นส่วนยานยนต์ส่งออกที่สำคัญคือเพลาส่งกำลังและข้อเหวี่ยงรวมไปถึงเครื่องยนต์สันดาปภายใน สำหรับยอดการผลิตรถยนต์ของประเทศแสดงดังตารางที่ 6.26 ซึ่งจะเห็นได้ว่ายอดการส่งออกสูงถึง 50% ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ชิ้นส่วนโลหะจึงถูกส่งออกไปยังต่างประเทศในปริมาณมากของแต่ละปี ทำให้ต้องมีการนำเข้าเศษเหล็กจากต่างประเทศเพื่อทดแทน ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำเข้าทั้งเศษเหล็ก เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (เช่น Billet และ Slap) รวมไปถึงเหล็กสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ต้นทุนเศษเหล็กที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของผู้ประกอบการสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2554 ราคาเศษเหล็กในประเทศอยู่ที่ประมาณ 14,400 บาทต่อตัน (หรือ 449 เหรียญสหรัฐฯ) (**ที่มา:** สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย)

ตารางที่ 6.26 ยอดการผลิตรถยนต์ของประเทศ

ปี	ยอดการผลิต (คัน)	ภายในประเทศ (คัน)	ส่งออก (คัน)
2005	1,125,316	703,405	440,705
2006	1,188,044	682,161	538,966
2007	1,287,346	631,251	690,100
2008	1,394,029	615,270	776,241
2009	999,378	548,871	535,563
2010	1,645,304	800,357	895,855
2011	1,457,795	794,081	735,627

(**ที่มา:** สมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย)

3. นายกสมาคมอุตสาหกรรมหล่อโลหะไทย (*จากการสัมภาษณ์*) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการเพิ่มปริมาณการหมุนเวียนเศษเหล็กในประเทศโดยการลดการส่งออกเศษเหล็กด้วยการตั้งกำแพงภาษีส่งออกหรือออกมาตรการภาษีส่งออก ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการซื้อขายในประเทศมากขึ้น แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นผู้ผลิตชิ้นงานเหล็กหล่อรูปพรรณและเหล็กโครงสร้าง แต่ประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเหล็กต้นน้ำได้ จึงควรมีการร่วมลงทุนกับประเทศเพื่อนบ้านที่เกิดใหม่ซึ่งมีการลงทุนในผลิตเหล็กต้นน้ำ เช่น ประเทศกัมพูชาที่มีทางออกทะเลทางด้านใต้ สามารถรับสินแร่จากจีนมาถลุง นอกจากนี้แล้วควรจะมีการร่วมลงทุนกับกัมพูชาในรูปแบบของรัฐบาลเพื่อไม่ให้เสียเปรียบทางการค้า

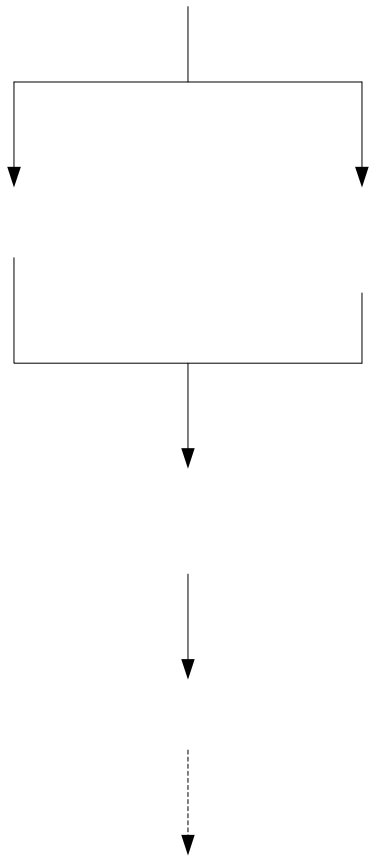
บทที่ 7 การจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของผู้ผลิตแบตเตอรี่

7.1 ห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตแบตเตอรี่

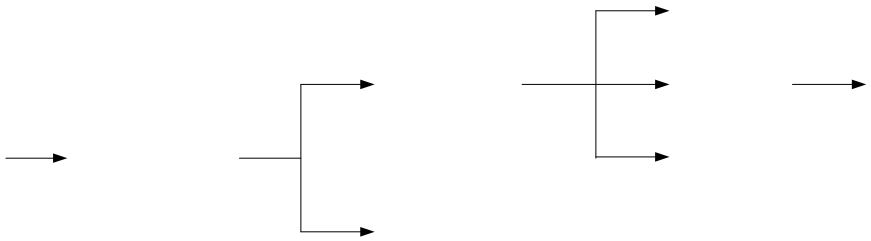
ในการพิจารณาปัญหาในการจัดการโลจิสติกส์ของผู้ผลิตแบตเตอรี่จะใช้แบบจำลองและโครงข่ายเดียวกับในส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การเก็บข้อมูลในโครงการวิจัยนี้จะทำการสัมภาษณ์ผู้ผลิตแบตเตอรี่ ผู้ประกอบกิจการรับซื้อแบตเตอรี่เก่าและโรงหลอมตะกั่วโดยใช้แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก จ. สำหรับรหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทแบตเตอรี่แสดงดังต่อไปนี้

รหัสของเสีย 16 06 01 แบตเตอรี่ชนิดใช้ตะกั่ว (Lead Battery)

สำหรับห่วงโซ่อุปทานของการผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่แสดงดังรูปที่ 7.1 และรูปที่ 7.2 แสดงกระบวนการแยกแบตเตอรี่ที่โรงหลอมตะกั่ว



รูปที่ 7.1 ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



รูปที่ 7.2 กระบวนการแยกแบตเตอรี่ที่โรงหลอมตะกั่ว

ผู้ประกอบกิจการโรงหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าจะต้องทำรายงานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรร ทั้งนี้โรงงานหลอมตะกั่วเป็นผู้ที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งจะต้องจัดทำรายงานข้อมูลจากการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ การวิเคราะห์ปริมาณสารมลพิษในระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ และการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในการรายงานจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบหม้อแบตเตอรี่เก่าที่นำเข้าโรงงานผลผลิตที่ได้ กากตะกรัน กากตะกอนของแข็ง และกากของเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ปริมาณแบตเตอรี่เก่า ผลผลิต การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และกากของเสีย

2.การตรวจสอบปริมาณตะกั่วปนเปื้อนในน้ำทิ้งและน้ำฝนที่ระบายออกนอกบริเวณโรงงาน

3. การตรวจสอบการปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ใกล้อาคารโรงงานมากที่สุด

4. การตรวจสอบการปนเปื้อนตะกั่วในแหล่งน้ำใต้ดิน ที่ตื้นที่สุด อย่างน้อย ๓ จุด โดยมีจุดที่ตรวจสอบประกอบด้วยจุดตรวจสอบต้นน้ำ (Upstream) อย่างน้อย ๑ แห่ง และจุดตรวจสอบท้ายน้ำ (Downstream) อย่างน้อย ๒ แห่ง โดยที่จุดตรวจสอบทุกจุดต้องห่างจากตัวอาคารโรงงานไม่เกิน ๒๐ เมตร

5.การตรวจสอบการปนเปื้อนของตะกั่วในดินชั้นที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในจุดที่ใกล้อาคารโรงงานมากที่สุด

เศษแบตเตอรี่เก่า ผ่าหม้อแบ

6. การตรวจสอบการปนเปื้อนของตะกั่วในผิวดิน รอบบริเวณอาคารโรงงาน โดยจุดที่ตรวจสอบต้องห่างจากตัวอาคารไม่เกิน ๒๐ เมตร

7. การตรวจสอบคุณภาพอากาศ ซึ่งประกอบด้วย

(1) ปริมาณอากาศที่ระบายออกจากระบบขจัดอากาศเสียทุกแห่งที่ติดตั้งอยู่ทั้งหมด

(2)คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากระบบขจัดอากาศเสียทุกแห่งที่ติดตั้งอยู่ทั้งหมดโดยให้รายงานค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

- ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- ปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์
- ปริมาณคลอรีน
- ปริมาณฝุ่นตะกั่ว
- ปริมาณฝุ่นทั้งหมด (Total Dust)

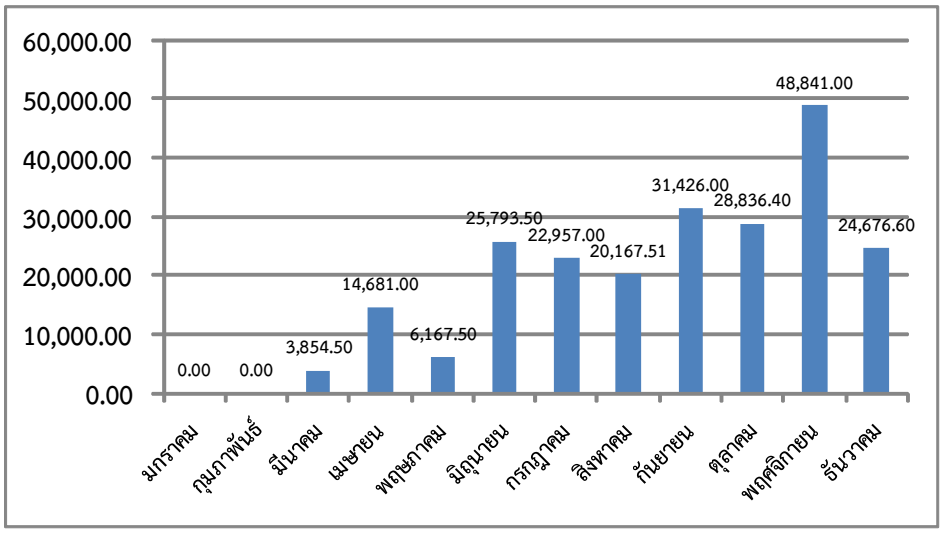
(3) คุณภาพอากาศที่แนวเขตที่ดินของโรงงานทางด้านใต้ลม จากตัวอาคารโรงงาน (ให้รายงานทิศทางของลมที่พัดผ่านขณะทำการตรวจสอบด้วย) โดยให้รายงานเฉพาะฝุ่นตะกั่ว

(4) คุณภาพอากาศก่อนเข้าระบบขจัดอากาศเสียแต่ละชุด โดยให้รายงานเฉพาะปริมาณฝุ่นตะกั่วและฝุ่นทั้งหมด (Total Dust)

(5) คุณภาพอากาศในพื้นที่ทำงานทั้งหมด ยกเว้นสถานที่จัดเก็บวัตถุแผ่นธาตุ

ข้อมูลการเกิดเศษแบตเตอรี่และการขออนุญาตขนย้ายเศษแบตเตอรี่ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการสรุปปริมาณการขนย้ายตามฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมของปี พ.ศ. 2554 ไว้ในภาคผนวก ฉ และตารางที่ 7.1 แสดงข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่ของปี พ.ศ. 2554 แยกรายจังหวัด

โดยปริมาณการขออนุญาตขนย้ายเศษแบตเตอรี่เก่าจากแหล่งกำเนิดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังรูปที่ 7.3

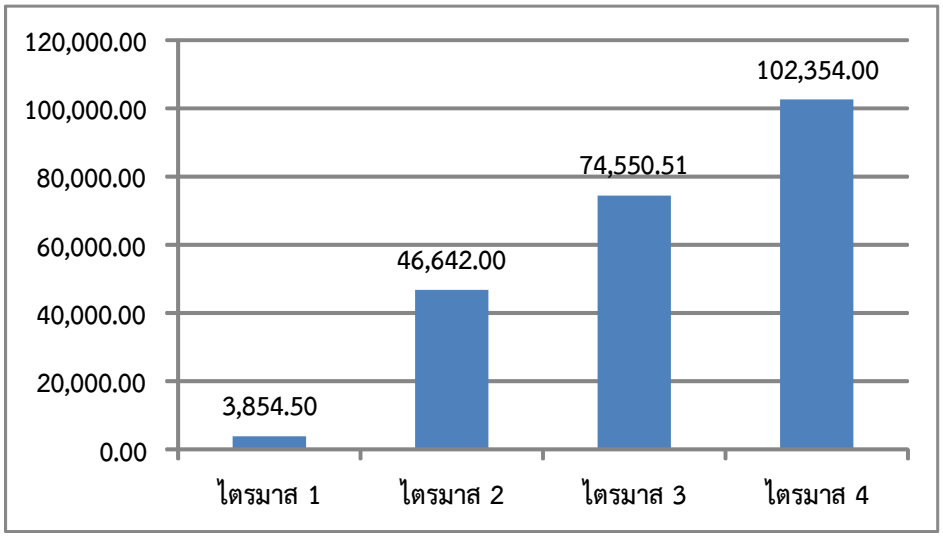


รูปที่ 7.3 ปริมาณการขออนุญาตขนย้ายเศษแบตเตอรี่เก่าจากแหล่งกำเนิดในแต่ละเดือนของปี พ.ศ. 2554

ปริมาณการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เสื่อมสภาพในแต่ละไตรมาสของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังตารางที่ 7.1 และรูปที่ 7.4 ส่วนตารางที่ 7.2 แสดงข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมเป็นรายเดือน

ตารางที่ 7.1 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ (กิโลกรัม) รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554

ไตรมาส	เดือน	ปริมาณ (กิโลกรัม/เดือน)	ปริมาณ (กิโลกรัม/ไตรมาส)
1	มกราคม	0.00	3,854.50
	กุมภาพันธ์	0.00	
	มีนาคม	3,854.50	
2	เมษายน	14,681.00	46,642.00
	พฤษภาคม	6,167.50	
	มิถุนายน	25,793.50	
3	กรกฎาคม	22,957.00	74,550.51
	สิงหาคม	20,167.51	
	กันยายน	31,426.00	
4	ตุลาคม	28,836.40	102,354.00
	พฤศจิกายน	48,841.00	
	ธันวาคม	24,676.60	
	รวม (กิโลกรัม/ปี)	**229,955.01**	



รูปที่ 7.4 กากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ (กิโลกรัม) รายไตรมาสของปี พ.ศ. 2554

<u>แหล่งที่ตั้งของผู้ผลิตแบตเตอรี่</u>

แบตเตอรี่มีส่วนประกอบที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของผู้ที่อยู่ใกล้เคียงเนื่องจากมีส่วนผสมที่เป็นสารตะกั่ว สารปรอท สารแคดเมียม สารนิเกิล สารแมงกานีส และสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟูริก เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้ที่จะดำเนินหรือประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตแบตเตอรี่จึงถูกกำหนดให้อยู่ภายใต้การกำกับดูแลอย่างเข้มงวดจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ผู้ผลิตแบตเตอรี่จะจัดส่งแบตเตอรี่ไปยังผู้ประกอบรถยนต์ ศูนย์ซ่อมรถยนต์ ร้านค้าปลีกขาย/ศูนย์จำหน่ายแบตเตอรี่ ต้นทุนโลจิสติกส์หลักที่เกิดขึ้นคือต้นทุนในการขนส่งไปยังผู้ประกอบรถยนต์ ศูนย์ซ่อมรถยนต์ ร้านค้าปลีกขาย/ศูนย์จำหน่ายแบตเตอรี่ จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตแบตเตอรี่พบว่าต้นทุนในการจัดเก็บแบตเตอรี่ก่อนการส่งออกนอกโรงงานถือเป็นสัดส่วนที่น้อยถ้าเทียบกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ทั้งนี้แบตเตอรี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูงในท้องตลาด เมื่อผู้ผลิตทำการผลิตเสร็จจะไม่ใช้เวลานานในการจัดเก็บยังโรงงาน จำนวนโรงงานที่ผลิตแบตเตอรี่ในประเทศไทยจะมีจำนวนน้อยเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษแก่สิ่งแวดล้อม ซึ่งทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องเข้ามากำกับดูทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเข้มงวด สำหรับรายชื่อผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์และรถจักรยานยนต์จากข้อมูลของกรมโรงงานในปี พ.ศ. 2554 แสดงดังต่อไปนี้

1. บริษัท ไทยสโตเรจ แบตเตอรี่ (มหาชน) จำกัด อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
2. บริษัท ยัวซ่าแบตเตอรี่ประเทศไทย (มหาชน) จำกัด อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา
3. บริษัท สยาม ยี เอสแบตเตอรี่ จำกัด อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
4. บริษัท สยามฟูรูกาวา จำกัด อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี
5. บริษัท ยีเอส ยัวซ่า สยาม อินดัสตรีส์ จำกัด อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา
6. บริษัท อี เอส แบตเตอรี่ (ประเทศไทย) จำกัด อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา
7. บริษัท สโตเรจแบตเตอรี่แมนูแฟกเจอริ่ง จำกัด อำเภอเมืองราชบุรี จังหวัดราชบุรี
8. บริษัท ไทยเบลล์โก้ แบตเตอรี่ จำกัด อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร

ตารางที่ 7.2 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่ พ.ศ. 2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	มกราคม (ตัน)	กุมภาพันธ์ (ตัน)	มีนาคม (ตัน)	เมษายน (ตัน)	พฤษภาคม (ตัน)	มิถุนายน (ตัน)	กรกฎาคม (ตัน)	สิงหาคม (ตัน)	กันยายน (ตัน)	ตุลาคม (ตัน)	พฤศจิกายน (ตัน)	ธันวาคม (ตัน)
1	สีลม	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	570.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	56.00	0.00	35.00	0.00	62.00	0.00	48.00	0.00	0.00
3	บางนา	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	120.00	380.00	530.00	460.00	380.00	640.00	720.00	740.00	0.00
4	ลาดพร้าว	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	บางแค	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	340.00	0.00	120.00	0.00	250.00	1,860.00	7,510.00
6	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	156.00	290.00	0.00	3,498.00
7	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	190.00	330.00	500.00	1,410.00	1,850.00	0.00
8	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	11.00	15.00	200.00	104.00
9	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	390.00	860.00	9,794.00	11,788.00
10	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	135.00	174.00	187.00	0.00	68.00
11	ตลิ่งชัน	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00
12	บางเสาธง	สมุทรปราการ	0.00	0.00	1,405.00	0.00	0.00	14.00	1.00	0.00	756.00	10	10	810.00
13	บางพลี	สมุทรปราการ	0.00	0.00	894.00	8,451.00	1,919.00	2,116	2,119.00	1,270.00	1,323.00	2,397.00	11,506.00	0.00
14	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	620	860	0.00	0.00	0.00	310.00	370.00
15	ท้ายบ้านใหม่	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,859.51	0.00	1,405.40	0.00	0.00
16	สำโรงใต้	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,140.00	600	240.00	0.00
17	แพรกษา	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	400	0.00	0.00	0.00
18	พระประแดง	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00
19	หนองแค	สระบุรี	0.00	0.00	1,504.00	4,997.00	3,096.00	21,686.00	18,267.00	13,052	6,823.50	18,337.00	11,678.00	4,090.60
20	สามพราน	นครปฐม	0.00	0.00	0.5	0.00	0.5	0.5	0.00	0.00	0.5	0.00	0.00	0.00
21	ปลวกแดง	ระยอง	0.00	0.00	3.0	170.00	0.00	0.00	800	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	เนินพระ	ระยอง	0.00	0.00	0.00	240.00	460.00	0.00	0.00	560.00	0.00	510	860.00	0.00
23	เมือง	ระยอง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,530.00	48.00	0.00
24	บ้านค่าย	ระยอง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00
25	หนองไม้แดง	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	8.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	4.00

ตารางที่ 7.2 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่ พ.ศ. 2554 (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	มกราคม (ตัน)	กุมภาพันธ์ (ตัน)	มีนาคม (ตัน)	เมษายน (ตัน)	พฤษภาคม (ตัน)	มิถุนายน (ตัน)	กรกฎาคม (ตัน)	สิงหาคม (ตัน)	กันยายน (ตัน)	ตุลาคม (ตัน)	พฤศจิกายน (ตัน)	ธันวาคม (ตัน)
26	พัทยาใต้	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	260.00	400.00	250.00	360.00	440.00	840.00	0.00	0.00
27	ศรีราชา	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	451.00	0.00	0.00	0.00
28	ดอนหัวฬ่อ	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17,940.00	0.00	0.00	0.00
29	บางละมุง	ชลบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,855.00	0.00
30	บางน้ำจืด	สมุทรสาคร	0.00	0.00	0.00	0.00	52.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	นาดี	สมุทรสาคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	471.00	5,574.00	0.00
32	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10	0.00	0.00	0.00
34	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	190.00	0.00	0.00	0.00
35	บ้านเกาะ	นครราชสีมา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	472.00	0.00	0.00	0.00

<u>แหล่งที่ตั้งของผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า</u>

ผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าจะมีกระจายอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ในภาคกลางและภาคตะวันออก ในการเก็บรวบรวมแบตเตอรี่เก่าจะยังไม่มีการแปลงสภาพ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยต้นทุนค่าแรงงาน ต้นทุนในการเดินทางไปเก็บเศษแบตเตอรี่เก่าและต้นทุนเดินทางนำเศษแบตเตอรี่เก่าไปส่งยังโรงงานแปรรูปแบตเตอรี่หรือโรงหลอมตะกั่ว สำหรับแหล่งที่ตั้งของผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าแสดงดังต่อไปนี้

1. บริษัท 106 สิ่งแวดล้อม จำกัด อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ
2. บริษัท ซี.พี.เอส.รีไซเคิล จำกัด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
3. บริษัท พาร์ แอนด์ จี คอมเมอร์เชียล จำกัด อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
4. บริษัท วังจุฬา ดีเวลลอปเมนท์ (2004) จำกัด อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
5. บริษัท โลหะทวีโชค จำกัด อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ
6. บริษัท ท๊อป เท็น เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
7. วงษ์พาณิชย์ปราจีนบุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี
8. บริษัท มหาชัยเอกศิริออลย์ จำกัด อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร

<u>โรงหลอมตะกั่ว</u>

หลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า นำแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วมารีไซเคิลเป็นแบตเตอรี่ใหม่ นำผงตะกั่วและแผ่นธาตุแบตเตอรี่ที่ยังไม่ได้ใช้งานและเป็นของเสียจากโรงงานแบตเตอรี่มาผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

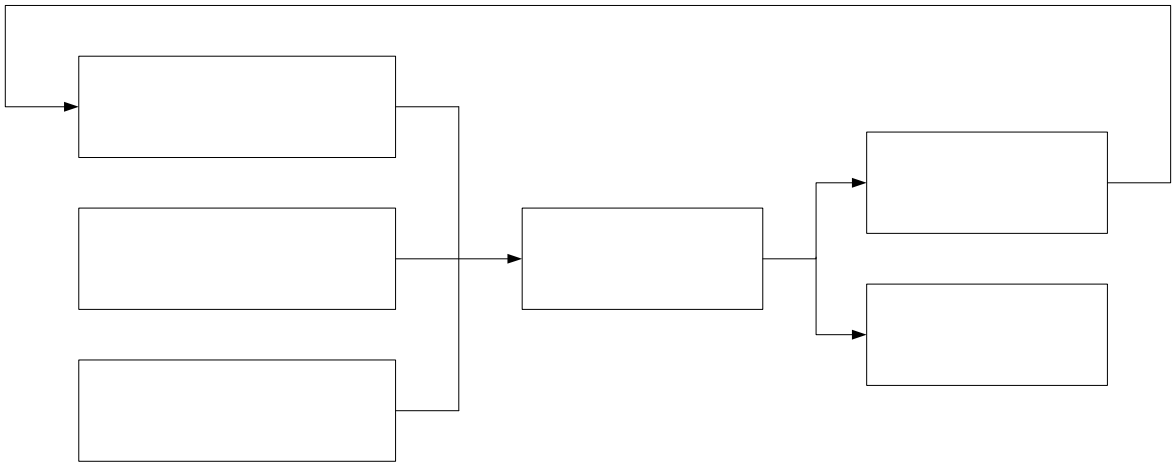
1. บริษัท กิ้มหลีหล่อหลอมโลหะ จำกัด อำเภอพระโขนง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
2. บริษัท อุตสาหกรรมหลอมโลหะไทย จำกัด อำเภอบางบอน จังหวัดกรุงเทพมหานคร
3. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เลี่ยงฮวดหล่อหลอมโลหะ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วงศ์ตระกูลโลหะกิจ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม
5. บริษัท เบอร์กโซ่ เมตัลส์ จำกัด อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

นอกเหนือจากผู้ผลิตแบตเตอรี่ ผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าและโรงหลอมตะกั่วแล้ว ยังมีผู้ผลิตแผ่นธาตุแบตเตอรี่ อาทิเช่น

- บริษัท เคบีเอส แบตเตอรี่ จำกัด อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

7.2 โครงข่ายระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่

ในการออกแบบโครงข่ายในงานวิจัยนี้จะถูกแสดงด้วยโครงข่ายของระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับในเบื้องต้นประกอบด้วย 5 ลำดับชั้น (Echelons) เช่นเดียวกับในบทที่ 6 ซึ่งแสดงดังรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 โครงข่ายของระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับของอตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่

ในแต่ละลำดับชั้นจะประกอบด้วย

1. ผู้ผลิตแบตเตอรี่ (Battery manufacturer)

ผู้ผลิตแบตเตอรี่จะมีเศษแบตเตอรี่ทั้งที่ไม่ได้คุณภาพหรือเศษแบตเตอรี่เก่าที่รอการรวบรวมเพื่อเปิดการประมูลซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่า

Battery manufact

2. ผู้ผลิตรถยนต์ (Automotive manufacturer)

ผู้ผลิตรถยนต์จะรับแบตเตอรี่มาจากผู้ผลิตแบตเตอรี่ เมื่อนำมาติดตั้งบนรถยนต์ถ้าไม่ผ่านคุณภาพตามที่กำหนดจะทำการจำหน่ายแบตเตอรี่ออก

3. ร้านหรือศูนย์บริการเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Battery service shop)

ร้านหรือศูนย์บริการเปลี่ยนแบตเตอรี่ถือว่าเป็นร้านค้าปลีกที่มีการจำหน่ายแบตเตอรี่ใหม่ให้แก่ลูกค้าและทำการเก็บรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าไว้เพื่อรอจำหน่ายให้แก่ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่เพื่อส่งต่อไปยังโรงหลอม

Automotive

4. ผู้รับซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่า (Consolidation)

ผู้รับซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่าที่พิจารณาในการวิเคราะห์โครงข่ายในงานวิจัยนี้จะเป็นผู้ที่ได้มีการขออนุญาตดำเนินกิจการจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม

manufacture

5. โรงหลอมตะกั่ว (Foundry)

โรงหลอมตะกั่วจะเศษแบตเตอรี่เก่าจะมีการใช้เครื่องบดแบตเตอรี่และเครื่องผ่าแบตเตอรี่ซึ่งส่วนใหญ่มีการติดตั้งระบบการผลิตแยกตะกั่วด้วยระบบไฟฟ้าอิเลคโทรไลซ์ซีสเพื่อให้ได้ตะกั่วบริสุทธิ์

6. ผู้รับกำจัดตะกั่ว (Disposal agent)

ในโครงข่ายได้ทำการออกแบบสมการในส่วนนี้ซึ่งวิธีการในทางปฏิบัติจะใช้การฝังกลบ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากตะกั่วก่อให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อม

Battery service s

แบบจำลองโครงข่าย

ในแบบจำลองโครงข่ายได้มีการพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนของโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ ต้นทุนย่อยที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. ต้นทุนในการขนส่ง (Transportation cost)

ต้นทุนในการขนส่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนในระบบคือ

1.1 ต้นทุนการขนส่งภายใน (Inbound transportation costs) จากผู้จัดจำหน่ายและบริษัทรับหลอมโลหะเพื่อส่งมายังโรงงาน/ผู้ผลิต

1.2 ต้นทุนการขนส่งภายนอก (Outbound transportation costs) ขึ้นกับระยะทางของตำแหน่งในการเก็บรวบรวมในโรงงาน/ผู้ผลิตเพื่อไปยังบริษัทรับหลอมโลหะหรือนายหน้าซื้อขายเศษเหล็กหรือบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม

2. ต้นทุนในการถือครองเศษโลหะ (Inventory holding cost)

ต้นทุนในการถือครองเศษโลหะประกอบไปด้วย 2 ส่วนในระบบคือ

2.1 ต้นทุนที่เกิดขึ้นในโรงงาน/ผู้ผลิตเอง เป็นต้นทุนในการจัดเก็บเศษโลหะก่อนที่จะส่งไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ นายหน้าซื้อขายเศษเหล็กหรือบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรมหรือการเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

2.2 ต้นทุนเกิดขึ้นที่บริษัทรับหลอมโลหะก่อนที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพ

3. ต้นทุนในการเก็บรวบรวม (Consolidation cost)

เป็นต้นทุนในการเก็บรวบรวมโลหะซึ่งประกอบด้วยค่าแรงและค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวม ต้นทุนในการเก็บรวบรวมจะเกิดขึ้นที่โรงงาน

4. ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling cost)

เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นในโรงงานที่ได้มีการลงทุนเครื่องจักร อุปกรณ์หรือสารต่าง ๆ และค่าแรงงานในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

5. ต้นทุนในการหลอมโลหะ (Reprocessing cost)

เป็นต้นทุนในการหลอมโลหะที่เกิดขึ้นยังบริษัทที่รับหลอมโลหะ ต้นทุนหลักที่เกิดขึ้นได้แก่ค่าเครื่องจักร อุปกรณ์หรือสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ รวมไปถึงค่าแรงงาน

6. ต้นทุนในการกำจัดกากอุตสาหกรรม (Disposal cost)

เป็นต้นทุนในการดำเนินการในการกำจัดกากอุตสาหกรรมในรูปแบบต่าง ๆ รวมไปถึงการส่งออกเศษโลหะ

สำหรับรูปแบบสมการต้นทุนและสมการเงื่อนไข (เบื้องต้น) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

การหาคำตอบที่ดีที่สุดของสมการวัตถุประสงค์ = ค่าที่น้อยที่สุด (ต้นทุนการขนส่ง+ต้นทุนถือครองของคงคลัง +ต้นทุนในการรวบรวมเศษโลหะ+ต้นทุนในการหลอมโลหะ+ต้นทุนในการนำกลับมาใช้ใหม่+ต้นทุนในการกำจัดกากอุตสาหกรรม)

ภายใต้สมการเงื่อนไขดังนี้

1) ปริมาณอุปทานวัตถุดิบจากผู้จัดจำหน่ายต้องเป็นตามอุปสงค์ของผู้ผลิต/โรงงาน
2) เศษโลหะที่ได้ออกมาจากผู้ผลิตหรือโรงงานต้องเป็นไปตามความสามารถในการรับเศษเหล็กได้ของบริษัทรับหลอมโลหะ หน่วยงานในการนำกลับมาใช้ใหม่หรือของบริษัทรับกำจัดกากโลหะ

สมการวัตถุประสงค์จะถูกแสดงในสมการที่ (7.1) สมการเงื่อนไขจะถูกแสดงในสมการ (7.2) และสมการ (7.3) โดยจะทำการประมวลผลผ่านโปรแกรม CPLEX เพื่อหาต้นทุนที่ต่ำที่สุดและใช้ Visual Studio แสดงผลของการจัดเส้นทางและปริมาณของการจัดการเศษโลหะที่แต่ละ Echelon สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับจะแสดงในตารางที่ 7.3

Objective function:

$$\begin{aligned} \text{Min}Z = & \sum_{f=1}^{F}\sum_{s=1}^{S} T_{s,f}K_{s,f} + \sum_{f=1}^{F} C_f L_f + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rc=1}^{RC} C_{rc,f}X_{rc} + \sum_{f=1}^{F}\sum_{d=1}^{D} T_{f,d}X_d \\ & + \sum_{d=1}^{D} C_d X_d + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rp=1}^{RP} T_{f,rp}X_{rp} + \sum_{rp=1}^{RP} C_{rp}X_{rp} + \sum_{f=1}^{F}\sum_{rp=1}^{RP} T_{rp,f}U_{rp} \end{aligned} \qquad \text{(สมการ 7.1)}$$

Subject to:

$$K_{s,f} \geq \sum_{f=1}^{F} M_f \qquad \text{(สมการ 7.2)}$$

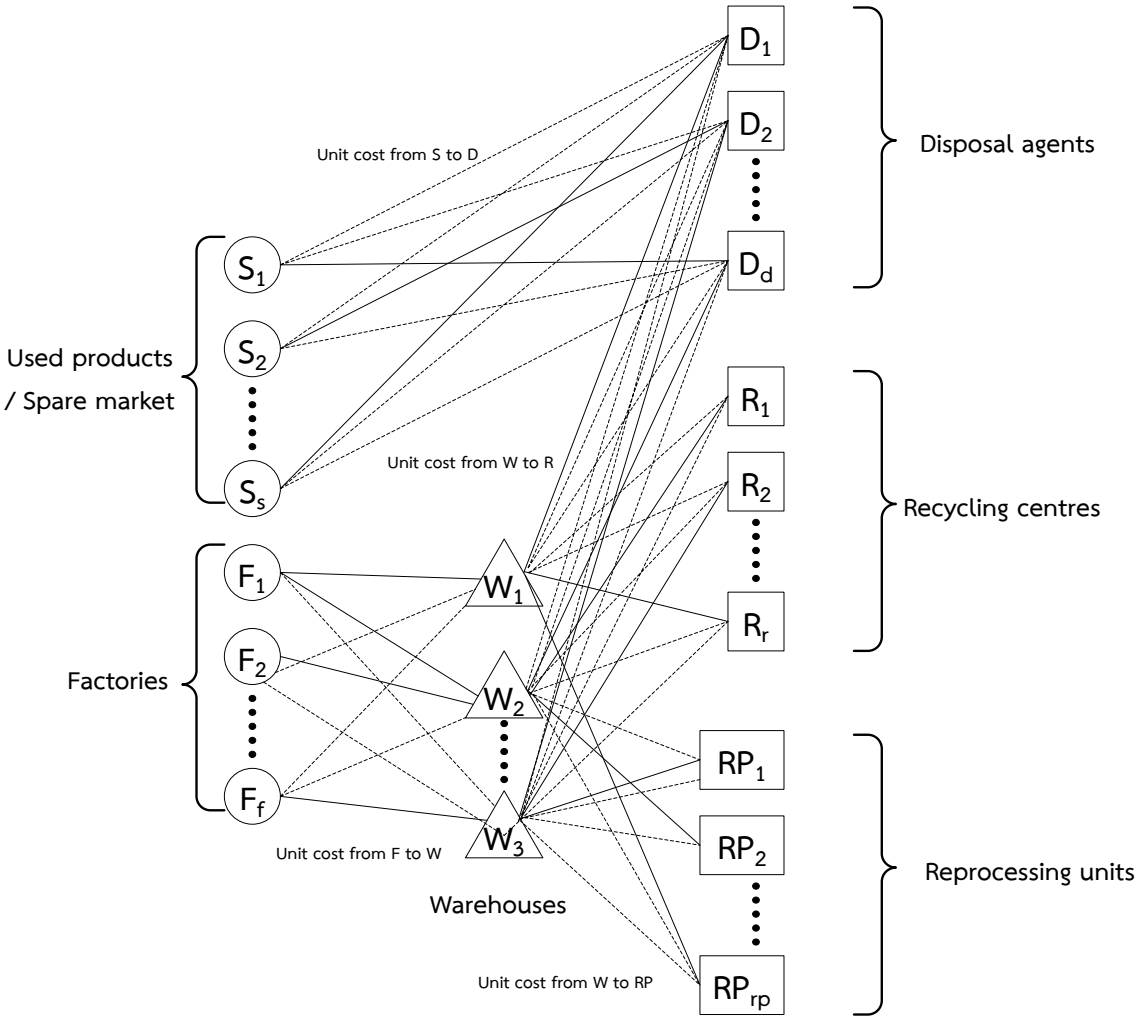
$$\sum_{f=1}^{F} L_f \geq \sum_{rp=1}^{RP} X_{rp} + \sum_{rc=1}^{RC} X_{rc} + \sum_{d=1}^{D} X_d \qquad \text{(สมการ 7.3)}$$

<u>หมายเหตุ</u> รูปแบบสมการเงื่อนไขจะมีการพิจารณาและตรวจสอบ Storage capacity ของคลังพัสดุจะต้องมีเพียงพอในการจัดเก็บเศษโลหะ โดยจะไม่พิจารณากรณีที่สถานที่จัดเก็บเศษโลหะไม่เพียงพอและปล่อยให้เศษโลหะล้นออกจากคลัง

ตารางที่ 7.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ	
S	เซตของผู้จัดจำหน่ายวัตถุดิบให้โรงงาน, s=1,2,3,...,S
F	เซตของผู้ผลิต, f=1,2,3,...,F
D	เซตของนายหน้าซื้อขายเศษโลหะ, d=1,2,3,...,D
RC	เซตของหน่วยงานที่นำเศษโลหะกลับมาใช้งานใหม่, rc=1,2,3,...,RC
RP	เซตของบริษัทรับกำจัดกากอุตสาหกรรม, rp=1,2,3,...,RP
P_s	ปริมาณที่มีได้ของผู้จัดจำหน่าย (S)
K_{sf}	ปริมาณที่ผู้จัดจำหน่ายป้อนให้แก่โรงงานหรือผู้ผลิต (F)
M_f	ความต้องการที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต (F)
$T_{s,f}$	ต้นทุนการขนส่งขาเข้าต่อหน่วยจากผู้จัดจำหน่ายไปยังโรงงานหรือผู้ผลิต
$T_{rp,f}$	ต้นทุนการขนส่งขาเข้าต่อหน่วยจากบริษัทรับหลอมโลหะไปยังโรงงานหรือผู้ผลิต
$T_{f,rp}$	ต้นทุนการขนส่งขาออกต่อหน่วยจากศูนย์รวบรวมไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ
$T_{f,d}$	ต้นทุนการขนส่งขาออกต่อหน่วยจากศูนย์รวบรวมไปยังนายหน้าซื้อขายเศษเหล็ก
H_f	ต้นทุนการถือครองเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต
C_f	ต้นทุนในการรวบรวมเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงานหรือผู้ผลิต
$C_{rc,f}$	ต้นทุนในการหมุนเวียนการใช้เศษโลหะที่โรงงานหรือผู้ผลิต
C_{rp}	ต้นทุนในการหลอมโลหะต่อหน่วยที่บริษัทรับหลอมโลหะ
C_d	ต้นทุนต่อหน่วยในการกำจัดกากโลหะที่นายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
Y_{rp}	ความสามารถในการเศษโลหะ (RP)
Y_{rc}	ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ (RC)
Y_d	ความสามารถในการกำจัดกากโลหะที่นายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
X_{rp}	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังบริษัทรับหลอมโลหะ (RP)
X_{rc}	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังหน่วยงานนำกลับมาใช้ใหม่ (RC)
X_d	ปริมาณเศษโลหะที่ส่งไปยังนายหน้าหรือบริษัทรับกำจัดกากโลหะ (D)
Urp	ปริมาณของโลหะที่ได้ซื้อมาจากบริษัทรับหลอมโลหะ (RP) และส่งกลับมายังโรงงาน/ผู้ผลิต (F)
Urc	ปริมาณของโลหะที่ได้มาจากกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (RC) และส่งกลับมายังสายการผลิตของโรงงาน/ผู้ผลิต (F)
Ks,f	ปริมาณวัตถุดิบที่ส่งมาจากผู้จัดจำหน่าย (S) และส่งมายังโรงงาน (F)
Lf	ปริมาณของเศษโลหะที่เกิดขึ้นที่โรงงาน (F)

โดยในรูปที่ 7.6 แสดงลักษณะโครงข่ายที่แสดงปริมาณของการจัดการเศษโลหะที่ก่อให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดหรือต้นทุนในระดับที่พอใจ



รูปที่ 7.6 รูปแบบโครงข่ายที่แสดงปริมาณการหมุนเวียนเศษแบตเตอรี่เก่า

จากรูปที่ 7.6 ในส่วนของโรงงานจะนำข้อมูลที่เก็บได้จากกรณีมาศึกษามากำหนดข้อมูล (Input) ดังต่อไปนี้

- จำนวนเศษโลหะที่เกิดขึ้น (Returned quantity) ที่แต่ละตำแหน่งของโรงงานรวมไปถึงจำนวนของเศษโลหะที่มีการผ่านการรีไซเคิล การปรับปรุงคุณภาพใหม่หรือการกำจัดทิ้ง
- จะทำการกำหนดความสามารถในการจัดเก็บหรือเก็บรวบรวมเศษโลหะ (Capacity) ที่เกิดขึ้นในคลังพัสดุของโรงงาน ความสามารถในการรีไซเคิลและความสามารถของบริษัทที่รับบริการหลอมโลหะ
- จะทำการกำหนดต้นทุนต่อหน่วยในแต่ละเส้นทาง นอกจากนี้ในสมการต้นทุนยังมีการพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของแต่ละหน่วยงาน เช่น ต้นทุนการเก็บรวบรวม ต้นทุนในการรีไซเคิลที่แต่ละโรงงาน เป็นต้น

7.3 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่

ในการคำนวณโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่นั้นทางโครงการวิจัยได้เดินทางไปเก็บข้อมูลยัง 3 หน่วยงาน ดังนี้

1) ผู้ผลิตแบตเตอรี่
2) ผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่ และ
3) โรงหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่า

7.3.1 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้ผลิตแบตเตอรี่

จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตแบตเตอรี่ที่มีแหล่งที่ตั้งอยู่ใน 1) อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 2 รายและ 2) อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี 1 ราย พบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นจะมีเพียงค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานแบบจ่ายค่าแรงรายวันในการนำเศษแบตเตอรี่เก่าไปจัดเก็บเพื่อรอให้ผู้รับซื้อขายเศษแบตเตอรี่มาขนย้ายไป การคำนวณค่าแรงต่อกิโลกรัมของเศษแบตเตอรี่แสดงดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ผลิตแบตเตอรี่

โรงงานที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	เศษแบตเตอรี่ (กิโลกรัม)	ต้นทุนค่าแรง (บาท)
1	อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	3,060	64,500
2	อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	5264.91	73,600
3	อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี	103,531.1	579,600

ในการหาค่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษแบตเตอรี่ต่อกิโลกรัมจะทำได้จากการหาค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษา 3 แห่งซึ่งพบว่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะมีค่าประมาณ 6.40 บาทต่อกิโลกรัม

7.3.2 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของผู้ประกอบการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า

ผู้ประกอบการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าจะมีต้นทุนโลจิสติกส์ใน 2 ส่วนคือต้นทุนค่าแรงงานและต้นทุนค่าขนส่งในการไปรับแบตเตอรี่เก่ายังผู้ผลิตแบตเตอรี่ ศูนย์หรือร้านเปลี่ยนแบตเตอรี่หรือศูนย์ซ่อมรถยนต์รวมไปถึงต้นทุนการขนส่งไปยังโรงหลอมตะกั่วโดยตรง ยานพาหนะที่ใช้จะเป็นรถบรรทุก 8 ล้อหรือ 10 ล้อ สำหรับในการเก็บข้อมูลค่าแรงจะทำการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่มีแหล่งที่ตั้งใน 1) อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 2) อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการและ 3) อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตารางที่ 7.5 แสดงข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการทางด้านแรงงานที่ใช้ในการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า

ตารางที่ 7.5 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณต้นทุนในการรวบรวมเศษของผู้ประกอบการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า

โรงงานที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	เศษแบตเตอรี่ (กิโลกรัม)	ต้นทุนค่าแรง (บาท)
1	อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ	1,310	69,120
2	อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ	2,476	67,725
3	อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ	5,231	149,600
4	อำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	86,450	489,125

ในการหาค่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าต่อกิโลกรัมจะทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของกรณีศึกษา 4 แห่งตามตารางที่ 7.5 ซึ่งพบว่าต้นทุนแรงงานในการรวบรวมเศษโลหะมีค่าประมาณ 8.12 บาทต่อกิโลกรัม

ส่วนต้นทุนในการขนส่งต่อหน่วยของเศษแบตเตอรี่เก่าจะใช้ข้อมูลปริมาณการขนส่งจากผู้ประกอบการ ซึ่งพบว่า 1 คันรถบรรทุกจะขนแบตเตอรี่เก่าได้ประมาณ 13 ตัน โครงสร้างต้นทุนการขนส่งในโครงการวิจัยนี้จะใช้รูปแบบดังแสดงในหัวข้อที่ 7.2

7.3.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงหลอมตะกั่ว

หัวข้อนี้แสดงการคำนวณต้นทุนในการรีไซเคิลตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่าจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงหลอมตะกั่ว การนำเศษแบตเตอรี่เก่ามาส่งยังโรงหลอมตะกั่วจะใช้รถบรรทุก 10 ล้อซึ่ง 1 คันรถจะบรรทุกเศษแบตเตอรี่เก่าได้ 13 ตัน แบตเตอรี่รถยนต์จะมีน้ำหนักหลายขนาดตามลักษณะและขนาดของรถยนต์ โดยน้ำหนักของแบตเตอรี่รถยนต์จะอยู่ระหว่าง 16-35 กิโลกรัม ในการหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่จะประกอบด้วยแผ่นธาตุ (Battery scrap) ได้มาจากการผ่าหม้อแบตเตอรี่ แผ่นธาตุจะมีองค์ประกอบของออกไซด์ตะกั่วและตะกั่วซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีขี้ตะกั่ว (Dross) ฝุ่นจากถุงกรอง (Dust) กากตะกอน (Sludge) และตะกรัน (Slag) ซึ่งออกมาจากเตาหลอมและสามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ นอกจากนี้แล้วฟลักซ์ที่ใช้ในการหลอมจะถูกผสมลงไปเพื่อลดอุณหภูมิในการหลอมและเพื่อนำซัลเฟอร์ออกจากตะกั่ว ชนิดของตะกรันประกอบด้วย 1) ชนิดตะกรันโซเดียมที่มีการเติมโซดาแอซและเศษเหล็ก และ 2) ชนิดตะกรันแคลเซียม-ซิลิเกตที่มีการเติมหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) ทรายแก้วและเศษเหล็ก (ขี้กลึง) สำหรับสารรีดิวซ์ที่ใช้ในหลอมตะกั่วเพื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะมีทั้งถ่านโค้กและถ่านหินแอนทราไซด์

จากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงหลอมพบว่ากระบวนการแยกตะกั่วจะมี 2 ลักษณะคือแบบใช้ความร้อนและแบบใช้ไฟฟ้า แบบใช้ความร้อน (Pyrometallurgy) จะได้ตะกั่ว 99.98% และแบบใช้ไฟฟ้า (Electrolysis หรือ Hydrometallurgy) จะได้ตะกั่ว 99.999% ซึ่งโครงการวิจัยนี้พบว่าในการหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่าเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) แสดงต้นทุนย่อยดังตารางที่ 7.6 ส่วนตารางที่ 7.7 แสดงการคำนวณต้นทุนพลังงานในการหลอมตะกั่วเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน ผลของการศึกษาต้นทุนรวมในการหลอมตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่าจะสรุปในตารางที่ 7.8

ตารางที่ 7.6 ปริมาณวัตถุดิบหลักและต้นทุนต่อหน่วยในการหลอมเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน

ลำดับที่	วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้ (ก.ก.)	ราคา (บาท/ก.ก.)	ต้นทุน (บาท)
1	แผ่นธาตุ	1,950	35	68,250
2	ขี้กลึง	300	15	4,500
3	หินปูน	50	0.20	10
4	ทราย	20	0.162	3.25
5	ถ่านหินแอนทาไซต์	5	1	5
			รวม	**72,768.25**

หมายเหตุ: ราคาหินปูน 1 คิว = 500 บาท / ราคาทราย 1 คิว = 300 บาท / ราคาถ่านหินแอนทาไซต์ = 1,000 บาทต่อตัน/ หินปูน 1 คิว =2,550 กิโลกรัม / ทราย 1 คิว = 1,850 กิโลกรัม / ถ่านหินแอนทาไซต์ = 1,000 บาทต่อตัน

ตารางที่ 7.7 ต้นทุนพลังงานเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน

ลำดับที่	รายการ		ต้นทุนต่อหน่วย	ต้นทุน (บาท)
1	ค่าไฟฟ้าจากเตาหลอม	550 KwH	3.1 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง	5,115
2	ค่าน้ำมันเตา	140 ลิตร	23.4163 บาทต่อลิตร	3,278.28
			รวม	**8,393.28**

ตารางที่ 7.8 สรุปต้นทุนในการหลอมเพื่อให้ได้ตะกั่วดิบ 1 ตัน

ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ต้นทุน (บาท)
1	แผ่นธาตุ	68,250
2	ขี้กลึง	4,500
3	หินปูน	10
4	ทราย	3.25
5	ถ่านหินแอนทาไซต์	5
6	ค่าไฟฟ้าจากเตาหลอม	5,115
7	ค่าน้ำมันเตา	3,278.28
	รวม	**81,162**

จากตารางที่ 7.8 พบว่าในการหลอมตะกั่วดิบ 1 ตัน จะต้องใช้ต้นทุนประมาณ 81,162 บาท สำหรับตะกั่วที่หลอมได้จะส่งกลับยังผู้ผลิตแบตเตอรี่โดยพบว่าตะกั่วที่ผลิตได้ทั้งหมดจากโรงหลอมสามารถจำหน่ายได้หมด ทั้งนี้เนื่องมาจากความต้องการตะกั่วของผู้ผลิตแบตเตอรี่ที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีตามยอดการจำหน่ายรถยนต์

7.4 ผลการวิเคราะห์โครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับสำหรับเศษแบตเตอรี่เก่า

ในการพัฒนาโครงข่ายโลจิสติกส์แบบย้อนกลับประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

7.4.1 เมตริกซ์ระยะทางของการขนส่ง

ข้อมูลของระยะทางในการขนส่งแสดงดังภาคผนวก ช ซึ่งสรุปข้อมูลระยะทางในรูปของเมตริกซ์ โดยการขนส่งจะเกิดที่ผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่า 2 ส่วนคือ

1. เดินทางจากผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่าไปยังผู้ผลิตแบตเตอรี่ 2 เที่ยว

2. เดินทางจากผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่าไปยังโรงหลอมตะกั่ว

ในการหาจำนวนกิโลเมตรของการเดินทางจะใช้ Google Map โดยจะมีการหาตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่และโรงหลอมตะกั่วซึ่งแสดงในตารางที่ 7.9 ในการหาระยะทางทางโครงการวิจัยได้ใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากการรายงานการขนย้ายเศษแบตเตอรี่เก่าของผู้ผลิตและผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่เก่าซึ่งได้มีการระบุจุดต้นทางและปลายทางของการขนย้าย ตามฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2554

7.4.2 ข้อมูลต้นทุนต่อหน่วย

ข้อมูลต้นทุนต่อหน่วยจะใช้จากหัวข้อที่ 7.3

7.4.3 ต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของการจัดการเศษแบตเตอรี่เก่า

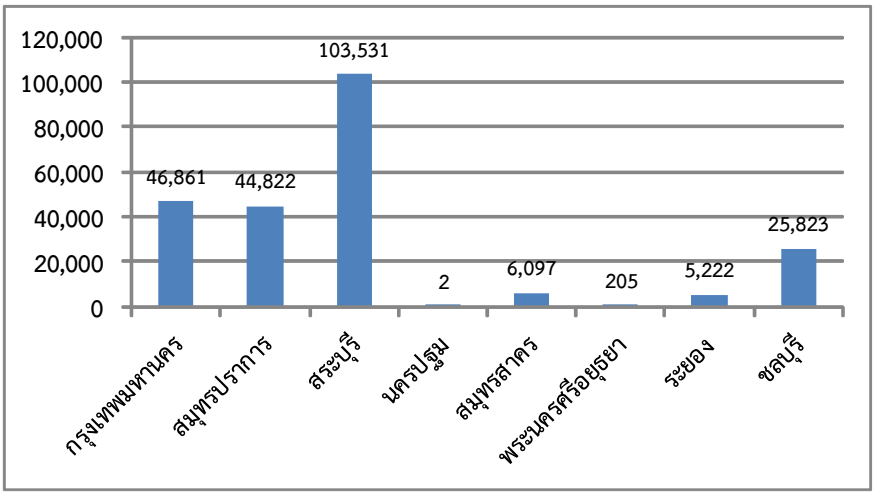
ผลสรุปของต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับของการจัดการเศษแบตเตอรี่เก่าของปี พ.ศ. 2554 แสดงในตารางที่ 7.10

ตารางที่ 7.9 ตำแหน่งละติจูดและลองติจูดของที่ตั้งผู้ผลิต ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่และโรงหลอมตะกั่ว

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ละติจูด	ลองติจูด
1	เมือง	สมุทรปราการ	13.56995	100.6422
2	บางพลี	สมุทรปราการ	13.60583	100.7061
3	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	13.56861	100.5617
4	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	13.58472	101.2842
5	หนองแค	สระบุรี	14.33917	100.8617
6	เมือง	ราชบุรี	13.52833	99.81167
7	กระทุ่มแบน	สมุทรสาคร	13.65583	100.2678
8	เมือง	สมุทรสาคร	13.54833	100.2733
9	คลองหลวง	ปทุมธานี	14.065	100.6461
10	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	13.70222	100.6017
11	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	13.64166	100.3793
12	นครชัยศรี	นครปฐม	13.80111	100.1878
13	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	13.98306	101.5131
14	เมือง	นครราชสีมา	14.97111	102.0997

<u>รูปแบบโครงข่ายปัจจุบัน</u>

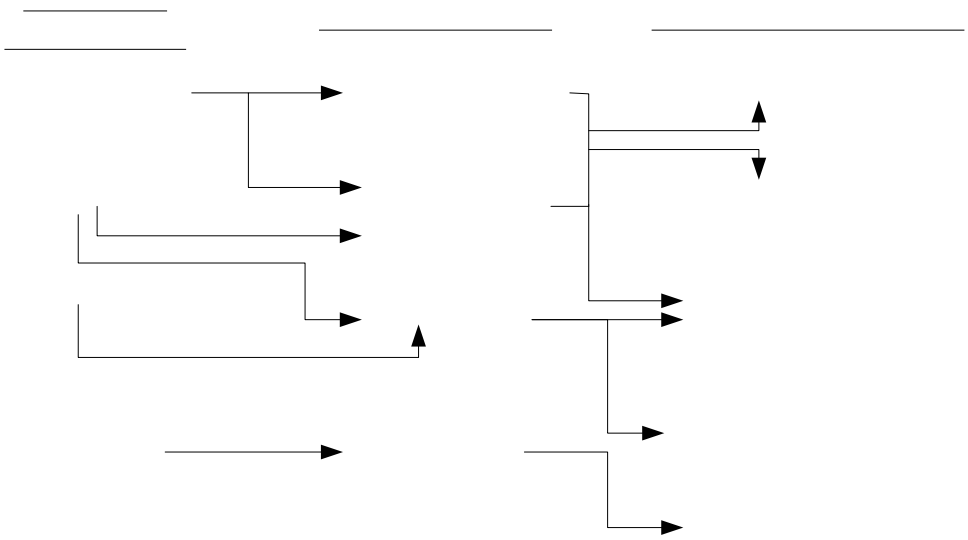
จากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตแบตเตอรี่ ผู้ประกอบกิจการรวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าและโรงหลอมพบว่าในอุตสาหกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตะกั่วนั้น การดำเนินการใด ๆ จะต้องอยู่ภายใต้การกำกับดูแลอย่างเข้มงวดจากทางภาครัฐ จำนวนผู้ประกอบการมีจำนวนน้อยรายในประเทศ ในการขอขยายพื้นที่ในการดำเนินกิจการต้องขออนุมัติและได้รับอนุญาตจากภาครัฐจึงจะสามารถดำเนินการได้ ส่วนการเพิ่มหรือขยายกิจการเกี่ยวกับการผลิตแบตเตอรี่หรือโรงหลอมได้ถูกจำกัดขอบเขตและทำได้ยากเนื่องจากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ประกอบการจะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสียและการป้องกันมลพิษออกสู่ชุมชนจึงจะสามารถดำเนินธุรกิจได้ สำหรับปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าแยกรายจังหวัดของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังรูปที่ 7.7



ปริมาณแบต

รูปที่ 7.7 ปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าแยกรายจังหวัดของปี พ.ศ. 2554

โครงข่ายของห่วงโซ่อุปทานของการรีไซเคิลตะกั่วจากแบตเตอรี่แยกรายจังหวัดจากการศึกษาและเก็บข้อมูลในโครงการวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 7.8



รูปที่ 7.8 โครงข่ายห่วงโซ่อุปทานของการรีไซเคิลตะกั่วจากแบตเตอรี่แยกรายจังหวัด

จากรูปที่ 7.7 แสดงให้เห็นว่าจังหวัดสระบุรีมีเศษแบตเตอรี่เก่าในปริมาณที่มากถ้าเทียบกับจังหวัดอื่น โดยในปี พ.ศ. 2554 จังหวัดสระบุรีมีเศษแบตเตอรี่เก่าหมุนเวียนประมาณ 103,531 กิโลกรัม รองลงมาคือจังหวัดกรุงเทพมหานคร (46,861 กิโลกรัม) สมุทรปราการ (44,822 กิโลกรัม) และจังหวัดสมุทรสาคร (6,097 กิโลกรัม) ส่วนในภาคตะวันออกจังหวัดที่มีเศษแบตเตอรี่เก่ามากคือจังหวัดชลบุรี (25,823 กิโลกรัม) รองลงมาคือจังหวัดระยอง (5,222 กิโลกรัม)

ในส่วนของเส้นทางการกระจายเศษแบตเตอรี่เก่าจากผู้ผลิตแบตเตอรี่หรือศูนย์เปลี่ยนแบตเตอรี่ไปยังผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าสรุปได้ดังนี้

- จากอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ไปยังอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการและอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
- จากอำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา ไปยังอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการและอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
- จากอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ไปยังอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
- จากอำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี ไปยังอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ในส่วนของเส้นทางการกระจายเศษแบตเตอรี่เก่าจากผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่าไปยังโรงหลอมตะกั่วสรุปได้ดังนี้

- จากอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการและอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการไปยังเขตพระโขนงและเขตบางบอน จังหวัดกรุงเทพมหานครหรือไปยังอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ
- จากอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ไปยังอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการและอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม
- จากอำเภอวังน้อย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ไปยังอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ในส่วนของเส้นทางการกระจายเศษแบตเตอรี่เก่าในภาคตะวันออก (จังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง) โดยพบว่า

- ไม่มีผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ที่ถือว่ามีขนาดใหญ่ในภาคตะวันออกที่มีกำลังการผลิตเทียบเท่ากับผู้ผลิตที่มีแหล่งที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดสระบุรี
- ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่มีน้อยรายถ้าเทียบกับทางภาคกลาง โดยมีแหล่งที่ตั้งอยู่ที่อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง อำเภอพานทองและอำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี โดยมีการส่งมายังโรงหลอมทางภาคกลาง
- มีจำนวนโรงหลอมตะกั่วจำนวนน้อยรายในภาคตะวันออก โดยพบว่ามีโรงหลอมตะกั่วอยู่ที่อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง อย่างไรก็ตามโรงหลอมมีขนาดเล็กถ้าเทียบกับทางภาคกลาง เช่น จากทางจังหวัดสระบุรี

สำหรับผลการคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษแบตเตอรี่เก่าไปยังผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ของปี พ.ศ. 2554 แสดงดังตารางที่ 7.10 ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ไปยังโรงหลอมแสดงในตารางที่ 7.11 และสรุปต้นทุนโลจิสติกส์ตลอดห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่แสดงในตารางที่ 7.12

ตารางที่ 7-10 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษแบตเตอรี่จากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ในปี พ.ศ.2554

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษแบตเตอรี่ (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม (บาท)
1	สีลม	กรุงเทพมหานคร	570	89	1	3,648.00	4,628.40	2,640.09
2	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	201	63.2	1	1,286.40	1,632.12	2,555.13
3	บางนา	กรุงเทพมหานคร	3,990	42.8	1	25,536.00	32,398.80	2,487.95
4	ลาดพร้าว	กรุงเทพมหานคร	24	73.4	1	153.60	194.88	2,588.72
5	บางแค	กรุงเทพมหานคร	10,080	89.4	1	64,512.00	81,849.60	2,641.41
6	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	3,949	85.4	1	25,273.60	32,065.88	2,628.24
7	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	4,280	120.6	1	27,392.00	34,753.60	2,764.76
8	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	350	43.4	1	2,240.00	2,842.00	2,489.92
9	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	22,850	44.2	2	146,240.00	185,542.00	2,492.56
10	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	564	86.2	1	3,609.60	4,579.68	2,630.87
11	ตลิ่งชัน	กรุงเทพมหานคร	3	64.8	1	19.20	24.36	2,560.40
12	บางเสาธง	สมุทรปราการ	3,006	114.4	1	19,238.40	24,408.72	2,738.14
13	บางพลี	สมุทรปราการ	30,725	73.2	3	196,640.00	249,487.00	2,588.06
14	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	3,430	63.8	1	21,952.00	27,851.60	2,557.11
15	ท้ายบ้านใหม่	สมุทรปราการ	5,265	56.8	1	33,695.42	42,751.07	2,534.05
16	สำโรงใต้	สมุทรปราการ	1,980	51	1	12,672.00	16,077.60	2,514.95
17	แพรกษา	สมุทรปราการ	400	62.4	1	2,560.00	3,248.00	2,552.50
18	พระประแดง	สมุทรปราการ	16	31.2	1	102.40	129.92	2,449.75
19	หนองแค	สระบุรี	103,531	46.8	8	662,599.04	840,672.53	2,501.12
20	สามพราน	นครปฐม	2	33	1	12.80	16.24	2,455.68
21	บางน้ำจืด	สมุทรสาคร	52	27.2	1	332.80	422.24	2,436.58
22	นาดี	สมุทรสาคร	6,045	8.8	1	38,688.00	49,085.40	2,375.98
23	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	5	45	1	32.00	40.60	2,495.19
24	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	10	83	1	64.00	81.20	2,620.34
25	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	190	62.2	1	1,216.00	1,542.80	2,551.84

ตารางที่ 7-10 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นจากการขนย้ายเศษแบตเตอรี่จากผู้ผลิตไปยังผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ในปี พ.ศ.2554 (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษแบตเตอรี่ (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กม.)	จำนวนเที่ยว	ต้นทุนรวบรวมเศษที่ผู้ผลิต (บาท)	ผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่	
							ต้นทุนแรงงาน (บาท)	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม (บาท)
26	ปลวกแดง	ระยอง	2,504	61	1	16,025.60	20,332.48	2,547.89
27	เนินพระ	ระยอง	2,630	42	1	16,832.00	21,355.60	2,485.31
28	เมือง	ระยอง	48	29.2	1	307.20	389.76	2,443.16
29	บ้านค่าย	ระยอง	40	95.9	1	256.00	324.80	2,662.82
30	หนองไม้แดง	ชลบุรี	27	10.6	1	172.80	219.24	2,381.91
31	พัทยาใต้	ชลบุรี	2,550	58.1	1	16,320.00	20,706.00	2,538.33
32	ศรีราชา	ชลบุรี	451	23.7	1	2,886.40	3,662.12	2,425.05
33	ดอนหัวฬ่อ	ชลบุรี	17,940	14.8	2	114,816.00	145,672.80	2,395.74
34	บางละมุง	ชลบุรี	4,855	47.4	1	31,072.00	39,422.60	2,503.10

ตารางที่ 7.11 ต้นทุนโลจิสติกส์จากผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษแบตเตอรี่ส่งต่อไปยังโรงหลอมตะกั่วของปี พ.ศ. 2554

ที่ตั้งผู้ซื้อขายเศษแบตเตอรี่		จำนวน กิโลกรัม	จำนวน เที่ยว	ระยะทาง ไปโรง หลอม (กม.)	ต้นทุนการขนส่ง จากแหล่งรวบรวม ไปยังโรงหลอม (บาท)	ต้นทุนการหลอม (บาท)
อำเภอ/เขต	จังหวัด					
บางพลี	สมุทรปราการ	82,514.70	7	19.6	2,836.03	6,697,058.08
พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	27,940.50	3	29.2	2,635.48	2,267,706.86
เมือง สมุทรสาคร	สมุทรสาคร	25,289.10	2	51.4	2,688.34	2,052,513.93
วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	75,362.40	6	56.5	3,702.39	6,116,563.11

ตารางที่ 7.12 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ตลอดห่วงโซ่อุปทานในปี พ.ศ. 2554

ลำดับ	รายการ	มูลค่าต้นทุนรวม (บาท)
1	ต้นทุนรวบรวมเศษ (บาท) ของผู้ผลิต	1,488,403.264
2	ต้นทุนแรงงาน (บาท) ของผู้ประกอบการซื้อขายเศษแบตเตอรี่	1,888,411.64
3	ต้นทุนการขนส่งจากผู้ผลิตมายังแหล่งรวบรวม	87,949.37
4	ต้นทุนการขนส่งจากแหล่งรวบรวมไปยังโรงหลอม	11,862.25
5	ต้นทุนการหลอม	17,133,841.99
	รวม	**20,610,468.51**

ผลจากการศึกษาพบว่าต้นทุนต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ตลอดห่วงโซ่อุปทานในปี พ.ศ. 2554 มีมูลค่าประมาณ 20,610,468.51 บาท จากการวิเคราะห์สัดส่วนต้นทุนจากข้อมูลในตารางที่ 7.12 พบว่า

- ค่าแรงงานทั้งที่เกิดจากผู้ผลิตและผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่คิดเป็นร้อยละ 16.38 ของต้นทุนรวม
- ต้นทุนในการขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้รวบรวมและจากผู้รวบรวมไปยังโรงหลอมคิดเป็นร้อยละ 0.48
- ต้นทุนในการหลอมคิดเป็นร้อยละ 83.13

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าต้นทุนการหลอมเป็นต้นทุนที่มีมูลค่าสูง ซึ่งต้นทุนวัตถุดิบหลักของแผ่นธาตุเป็นส่วนที่มีความสำคัญ ต้นทุนการหลอมควรถูกทำให้ลดลงเพื่อลดต้นทุนรวมของทั้งระบบ การขาดแคลนวัตถุดิบตะกั่วของประเทศไทยเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากในความเห็นของผู้ผลิตแบตเตอรี่ ทั้งนี้เนื่องมาจากการส่งออกรถยนต์ที่จะต้องมีแบตเตอรี่ติดไปกับรถยนต์ด้วยและไม่ได้มีการส่งแบตเตอรี่กลับมาเมืองไทย ในปัจจุบันพบว่าโรงหลอมตะกั่วมีการแย่งซื้อแบตเตอรี่และราคาตะกั่วมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น การออกนโยบายภาครัฐให้ภาคอุตสาหกรรมเห็นความสำคัญของการรีไซเคิลจะช่วยทำให้ลดต้นทุนของวัตถุดิบลงได้

ในการพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์ต่อหน่วยนั้นจะพบว่าจากตารางที่ 7.1 ในปี พ.ศ. 2554 มีเศษแบตเตอรี่เก่าที่ขออนุญาตในการขนย้ายจำนวน 229,955.01 กิโลกรัมหรือเท่ากับ 229.95 ตัน และจากตารางที่ 7.12 พบว่าต้นทุนโลจิสติกส์รวมมีค่าเท่ากับ 20,610,468.51 บาท ดังนั้นต้นทุนโลจิสติกส์ต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ 89,630.21 บาทต่อตัน โดยตารางที่ 7.13 จะพิจารณาต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่า

ตารางที่ 7.13 ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตามปริมาณการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่า

ปริมาณเศษแบตเตอรี่ (ตัน)	ต้นทุน (บาท)
50-100	4,481,510.50-8,963,021.00
51-150	9,052,651.21-13,444,531.50
151-200	13,534,161.71-17,926,042.00
200-250	18,015,672.21-22,407,552.50
250-300	22,497,182.71-26,889,063.00

การวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนตะกั่ว

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลนตะกั่วที่ได้จากการหลอมจะทำการพิจารณาว่าถ้าเพิ่มความสามารถในการรีไซเคิลตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่าจะสามารถลดต้นทุนในการจัดซื้อตะกั่วลงได้อย่างไร โดยใช้ข้อมูลราคาประกาศของตะกั่ว ณ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ซึ่งมีมูลค่าตะกั่วเท่ากับ 61,466 บาทต่อตัน (ตามประกาศของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม) ในปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีเศษแบตเตอรี่เก่าหมุนเวียนจำนวน 229,955.01 กิโลกรัม จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงหลอมตะกั่วพบว่าน้ำหนักแผ่นธาตุให้หักน้ำหนักแบตเตอรี่ลงโดยประมาณร้อยละ 10 แผ่นธาตุประมาณ 1,950 กิโลกรัมสามารถนำไปผลิตตะกั่วได้ 1 ตัน ดังนั้นสามารถสรุปจำนวนต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ในการจัดซื้อตะกั่วตามร้อยละของการรีไซเคิลเศษแบตเตอรี่เก่าได้ดังตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้ของการรีไซเคิลตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่เก่า

ร้อยละ	น้ำหนักแผ่นธาตุ (กิโลกรัม)	จำนวนตะกั่วดิบที่ผลิตได้ (ตัน)	ต้นทุนที่ประหยัดได้ (บาท)
5	10,347.98	5.31	326,178.79
10	20,695.95	10.61	652,357.57
15	31,043.93	15.92	978,536.36
20	41,391.90	21.23	1,304,715.14
25	51,739.88	26.53	1,630,893.93
30	62,087.85	31.84	1,957,072.71

สำหรับสถานการณ์ปัจจุบันที่พบเกี่ยวกับโลหะตะกั่วและความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่สรุปได้ดังนี้

1. ในปัจจุบันพบว่าผู้ผลิตแบตเตอรี่ยังต้องพึ่งการนำเข้าตะกั่วจากต่างประเทศ (ประมาณร้อยละ 60) ที่เป็นตะกั่วบริสุทธิ์ โดยใช้ราคากลางของตลาดโลก ส่วนตะกั่วผสมอัลลอยด์ก็จะซื้อภายในประเทศ (ประมาณร้อยละ 40) ราคาในช่วงของการทำวิจัยนี้อยู่ที่ประมาณ 60-70 บาทต่อกิโลกรัม โดยแผ่นธาตุในแบตเตอรี่รถยนต์ใช้ตะกั่วถึงร้อยละ 90

2. ผู้ผลิตแบตเตอรี่จะมีการจำหน่ายสินค้าออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) เพื่อส่งขายยังร้านเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Replacement equipment manufacturer หรือ REM) คิดเป็นร้อยละ 55 2) เพื่อส่งต่อไปยังโรงประกอบรถยนต์ภายในประเทศ (Original equipment manufacturer หรือ OEM) คิดเป็นร้อยละ 20-35 และ 3) เพื่อส่งออกไปยังต่างประเทศ (Export) คิดเป็นร้อยละ 10-15 ซึ่งจะเห็นได้ว่าตะกั่วได้ลดลงภายในประเทศตามจำนวนแบตเตอรี่ที่ได้มีการติดตั้งไปกับรถยนต์ที่ผลิตเพื่อการส่งออก

3. สำหรับประเทศไทยเองเป็นศูนย์กลางในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในการประกอบรถยนต์เพื่อการส่งออกซึ่งทำให้เกิดการขาดแคลนตะกั่วภายในประเทศ โรงหลอมตะกั่วเองก็เกิดการแย่งซื้อเศษแบตเตอรี่เก่า ในปัจจุบันพบว่าไทยมีการนำเข้าตะกั่วสูงถึงร้อยละ 70 ของปริมาณตะกั่วที่มีใช้ภายในประเทศ ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 30 ทำการผลิตได้ในประเทศจากการรีไซเคิลแบตเตอรี่เก่าและจากการถลุงสินแร่ตะกั่ว

4. การถลุงสินแร่ตะกั่วภายในประเทศมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ ทั้งนี้เพราะแหล่งแร่ตะกั่วมีเพียงแหล่งเดียวที่มีขนาดใหญ่สุดในประเทศตั้งอยู่ที่อุทยานแห่งชาติลำคลองงู อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งคาดการณ์ไว้ว่ามีปริมาณแหล่งแร่สำรอง 7.7 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1 หมื่นล้านบาท อย่างไรก็ตามการดำเนินกิจกรรมเหมืองแร่ในแหล่งธรรมชาติสามารถส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อนและกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในชุมชน (**ที่มา :** กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

บทที่ 8 การจัดการกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

8.1 แนวคิดพื้นฐานของการจัดการกรีนโลจิสติกส์

การค้าขายในปัจจุบัน มีเงื่อนไขและปัจจัยต่างๆ ที่ต้องคำนึงถึงแตกต่างไปจากอดีตอย่างมากมายข้อตกลงและการตัดสินใจทางธุรกิจหลายๆ อย่างในเวทีการค้าระหว่างประเทศได้ถูกนำเอาไปเกี่ยวข้องโยงใยกับเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมที่เกิดจากการผลิต การจำหน่าย ตลอดจนถึงการใช้งานของสินค้านั้นๆ อย่างกว้างขวาง การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์กำลังจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของคำว่า “คุณภาพ” ภาคอุตสาหกรรมได้รับการกล่าวถึงมากที่สุดในฐานะตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมาได้มีความพยายามอย่างต่อเนื่องที่จะสรรหาแนวคิด วิธีการ รวมทั้งเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อจัดการกับความรุนแรงของปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในขณะเดียวกันภาคอุตสาหกรรมซึ่งถือเป็นกลไกหลักที่สนับสนุนการเจริญเติบโตของประเทศ ก็จำเป็นต้องพัฒนาตัวเองให้สามารถแข่งขันได้ในเวทีโลก ดังนั้น“การเพิ่มผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity : GP)” จึงเป็นกุญแจดอกหนึ่งที่เหมาะในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อผลักดัน “การพัฒนาภาคอุตสาหกรรมให้มีขีดความสามารถในการแข่งขัน ควบคู่ไปกับการจัดการปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน” สามารถเสริมสร้างสมรรถนะด้านการเพิ่มผลิตภาพและด้านการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) ที่เกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ตลอดจนจากการผลิตสินค้าและบริการ การดำเนินกิจการของสถานประกอบการอุตสาหกรรมในยุคปัจจุบัน จำเป็นต้องคำนึงถึงกระบวนการปรับปรุงในเชิงธุรกิจและการบริหารจัดการ ซึ่งก่อให้เกิดการลดต้นทุนและเพิ่มผลิตภาพเพื่อจะนำไปสู่ผลกำไรสูงสุด ในขณะที่ต้องตระหนักถึงปัจจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานของบุคลากรภายในสถานประกอบการ ทั้งนี้เพื่อปรับตัวให้สอดรับกับความต้องการของลูกค้าและตลาดที่ให้ความสำคัญกับสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental-friendly Products) มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างความแตกต่างในเชิงนวัตกรรมและจุดแข็งให้แก่ธุรกิจในเวทีโลกด้วย

การเพิ่มผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity : GP) จะมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร วัตถุดิบและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อก่อให้เกิดการลดต้นทุนและเพิ่มผลิตภาพให้กับองค์กรอย่างต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับการคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติตามแนวคิดการเพิ่มผลิตภาพสีเขียว (Green Productivity : GP) ที่สามารถช่วยหาข้อสรุปในการดำเนินการทั้งในรูปเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้แก่ การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) เป็นการพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสินค้าตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) คือ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ การออกแบบ การขนส่ง การผลิต การใช้งาน และการจัดการหลังจากสินค้านั้นหมดอายุใช้งาน (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นการมุ่งหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์เพื่อลดภาระที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม และเตรียมพร้อมรับมือกับมาตรการข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมสากลต่างๆ ทั้งนี้ LCA ประกอบด้วยการพิจารณาใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ การจัดการสินค้าคงคลัง (Inventory) การวิเคราะห์ผลกระทบ (Impact Analysis) และการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการ (Improvement Analysis)

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ หรือ LCA นั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสินค้าและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ให้มีคุณภาพดีขึ้นทั้งด้านประโยชน์การใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดย LCA จะ

เป็นพื้นฐานในการพัฒนาออกแบบผลิตภัณฑ์ ให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และสร้างปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยมีการพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรอบด้านในทุกๆ ขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบเพื่อให้พร้อมเข้ากระบวนการผลิต การผลิต การกระจายสินค้า การขนส่ง การใช้งานโดยผู้บริโภคขั้นสุดท้าย การทิ้งทำลาย และการนำกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งๆ นั้นอาจมีส่วนประกอบเป็นอันมาก เช่น รถยนต์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้ผลกระทบจากการใช้ทรัพยากร และมลพิษที่เกิดขึ้นของการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมีความหลากหลาย และซับซ้อน ดังนั้นจึงต้องอาศัยการศึกษาข้อมูลเป็นจำนวนมาก และความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย

วัตถุประสงค์ของบทนี้จะนำเสนอแนวคิดและผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็กและแบตเตอรี่โดยจะมีการพิจารณาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงมีการคำนวณดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity index)

8.2 การจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก

ในโครงการวิจัยนี้จะทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) ของชิ้นงานเหล็กที่เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดการกรีนโลจิสติกส์ต่อไป โดยกำหนดให้หน่วยการทำงาน (Functional unit) เท่ากับ 1 กิโลกรัม

ในการศึกษาจะกำหนดขอบเขตการหลอมเหล็กสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยมีการใช้เตาอาร์คไฟฟ้า วัตถุดิบหลักคือเหล็กปิกและเศษเหล็ก งานวิจัยนี้ครอบคลุมการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็กตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตเหล็ก การรีไซเคิลและการนำมาใช้ใหม่ (Recycle และ Reuse)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของอุตสาหกรรมเหล็ก เป็นข้อมูลที่ได้กระบวนการผลิตและการขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่โรงงานผู้ผลิตเหล็กได้รวบรวมไว้ ส่วนข้อมูลที่นอกเหนือจากขอบเขตขั้นตอนการผลิตไม่สามารถเก็บข้อมูลได้โดยตรง คณะผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ฐานข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม วัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ จากบทความวิจัยและฐานข้อมูลของต่างประเทศ

8.2.1 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล (Inventory Data) ของกระบวนการหลอมเหล็ก

ในการวิเคราะห์ปัญหาทางโครงการวิจัยได้กำหนดให้หน่วยการทำงาน (Functional unit) เท่ากับ 1 กิโลกรัม โดยเก็บข้อมูลตามกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

1. กระบวนการหลอมเหล็กด้วยเตาไฟฟ้า (Electric Arc Furnace; EAF)
2. กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก
3. กระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง
4. กระบวนการรีดเหล็ก การอบอ่อน
5. กระบวนการขึ้นรูป การตกแต่งผิว
6. กระบวนการจัดการเศษเหล็ก

จากขั้นตอนกระบวนการผลิตได้จัดทำบัญชีรายการข้อมูล โดยการส่งแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลให้กับโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงการผลิตของโรงงาน โดยเป็นการเก็บข้อมูลแบบ Gate to Gate

โดยตารางที่ 8.1 แสดงการจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิต

ตารางที่ 8.1 การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิต

กระบวนการ	รายการ	ที่มาของข้อมูล
การได้มาของวัตถุดิบขั้นต้นและพลังงาน	● การผลิตเหล็ก ● การผลิตสารเคมีอื่นๆ ● การผลิตก๊าซธรรมชาติ ● การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ● การผลิตไฟฟ้า ● การผลิตน้ำประปา	●ข้อมูลจากงานวิจัยและฐานข้อมูลต่างประเทศ ●ฐานข้อมูลต่างประเทศ ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย
การขนส่ง	การขนส่งวัตถุดิบหลัก ● เหล็ก ● เศษเหล็กหมุนเวียนจากการหล่อ ● เหล็กผสมแร่ธาตุต่างๆ ● สารปรับแต่งคุณภาพ	ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน
การผลิต	● กระบวนการหลอมเหล็ก ● กระบวนการหล่อเหล็ก ● กระบวนการตกแต่งชิ้นงาน ● กระบวนการ Annealing ● การบำบัดน้ำเสีย ● การขนส่งภายใน	● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน

นอกจากนี้แล้วในโครงการวิจัยนี้ได้พิจารณาข้อมูลของช่วงการผลิตดังตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 การเก็บข้อมูลของช่วงการผลิต

รายการ	พารามิเตอร์ที่วัด
การใช้สาธารณูปโภคในการผลิตเหล็ก	● เชื้อเพลิง ไฟฟ้า น้ำ
การใช้ทรัพยากรในการผลิตเหล็ก	● เหล็ก เหล็กผสมแร่ธาตุต่างๆ สารปรับแต่งคุณภาพ
ของเสียและการกำจัดของเสียที่เกิดจากการผลิตเหล็ก	● ฝุ่น น้ำเสีย
การปล่อยมลพิษทางอากาศ	● CO, CO_2, CH_4, N_2O, NO_x, และ SO_x.
การปล่อยมลพิษทางน้ำ	● BOD, COD, Total P, Total N, Suspended Solid และ Ammonia

8.2.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment) ของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก

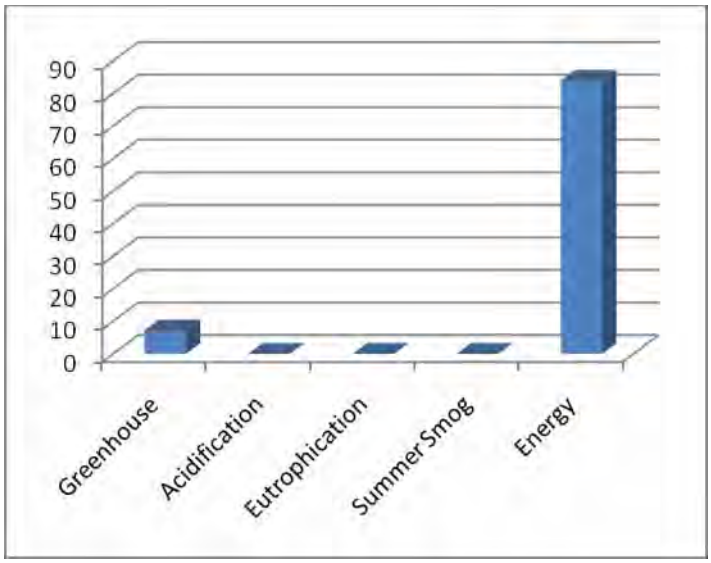
หลังจากเก็บข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขอบเขตที่ทำการศึกษาแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเหล็ก จากข้อมูลการใช้ทรัพยการ พลังงาน การปล่อยของเสีย (หรือที่เรียกว่าสารขาเข้า-ขาออก) โดยการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเภทต่างๆ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเหล็ก ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.3.3 และใช้ Eco-indicator 95 ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบ 5 กลุ่มคือ (1) การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) (2) การก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านฝนกรด (Acidification) (3) การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion) (4) โลหะหนัก (Heavy Metal) และ (5) ทรัพยากรธรรมชาติ (แร่ธาตุและพลังงาน) (Natural and Energy Resource)

ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็ก 2 ช่วงคือ การผลิตและ recycle ดังแสดงในตารางที่ 8.3 สำหรับผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมแสดงในรูปที่ 8.1

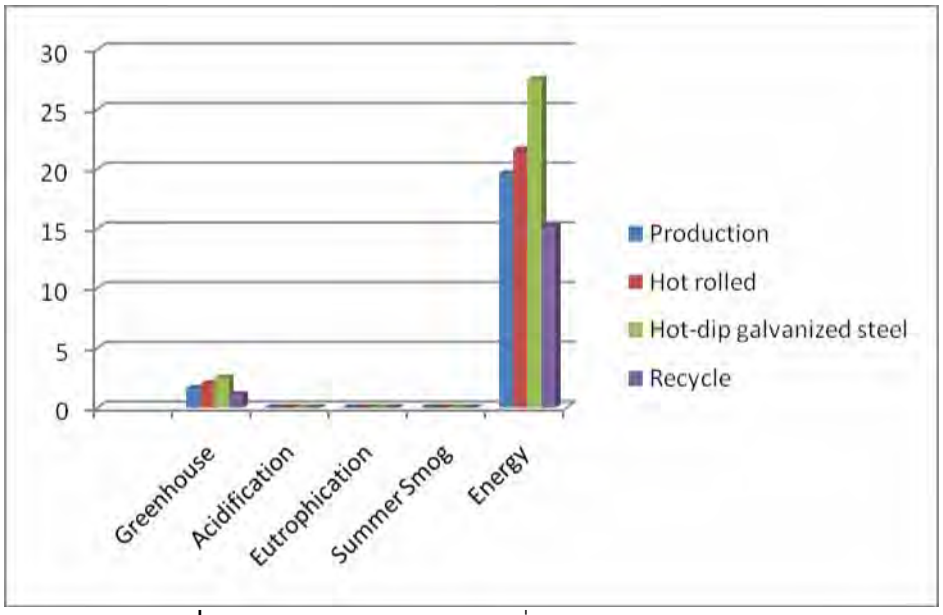
ตารางที่ 8.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเหล็ก

Impact Category	Unit	Production	Hot rolled	Hot-dip galvanized steel	Recycle	Total
Greenhouse	kg CO_2	1.6	2.0	2.5	1.1	7.2
Acidification	kg SO_2	0.0045	0.0052	0.0074	0.0036	0.0207
Eutrophication	kg PO_4	0.00036	0.00035	0.00048	0.00037	0.00156
Summer Smog	kgC_2H_4	0.008	0.00094	0.0012	0.00052	0.01066
Energy	MJ	19.6	21.6	27.5	15.2	83.9



รูปที่ 8.1 ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากรูปที่ 8.1 จะเห็นได้ว่าประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุดของการผลิตเหล็กคือ การใช้พลังงานสำหรับการผลิต และผลกระทบที่มารองลงมาคือ การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน สำหรับการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆจะถูกแสดงในรูปที่ 8.2



รูปที่ 8.2 เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ

จากรูปที่ 8.2 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างที่เกิดขึ้นแต่ละขั้นตอน โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการใช้พลังงานในการผลิตเหล็กมีผลกระทบมากที่สุด และหากแยกวิเคราะห์แต่ละประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในขั้นตอน Hot-dip galvanized ทำให้เกิดผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด คือ 2.00 kgCO_2eq เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าในการชุบสังกะสี

ภาวะความเป็นกรด (Acidification) ในขั้นตอน Hot-dip galvanized ก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้มากที่สุด เนื่องจากก่อนที่จะชุบจะต้องมีทำความสะอาดผิวด้วยการล้างด้วยกรดเข้มข้น (กรดซัลฟิวริก และกรดไฮโดรคลอริก) จึงมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการขั้นตอนนี้ ส่วนผลกระทบรองลงมาเกิดจากกระบวนการ Hot rolled

ผลกระทบด้านทรัพยากรธรรมชาติ (แร่ธาตุและพลังงาน) ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและขั้นตอน Hot-dip galvanized ก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้สูง

จากข้อมูลการผลิตและผลกระทบที่ได้พบว่า เศษเหล็กเป็นวัตถุดิบที่สำคัญที่สุดในการผลิต โดยคิดเป็นร้อยละ 68 ของโรงงาน ซึ่งหากเราสามารถลดการใช้วัตถุดิบลงได้ ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการใช้วัตถุดิบก็จะลดลงมา รองลงมาได้แก่ ไฟฟ้าและสารเคมี (ฟลักซ์และอัลลอยด์) ดังนั้นการรีไซเคิลเป็นขั้นตอนที่สำคัญ อัตราการรีไซเคิลที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำลงไปด้วย แต่กระบวนการรีไซเคิลเหล็กจำเป็นต้องมีการใช้พลังงานสูง (ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านภาวะเรือนกระจก) และการปล่อยโลหะหนักออกสู่สิ่งแวดล้อมทั้งในรูปของมลภาวะทางอากาศ ทางน้ำ และดิน ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี หรือลดทรัพยากรและพลังงาน และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการรีไซเคิลให้น้อยที่สุด

8.2.3 ดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity index) ของชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเหล็ก

Green Productivity เป็นแนวทางเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะด้านการเพิ่มผลิตภาพและด้านการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการประยุกต์ใช้อย่างถูกต้องจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในองค์รวมให้ดีขึ้นควบคู่กันไป และช่วยลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact) ที่เกิดจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ตลอดจนจากการผลิตสินค้าและบริการ

การพัฒนาตามแนวคิด GP จำเป็นต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญของการพึ่งพาอาศัยกันของระบบเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม (Interdependency of Economic, Social, and Environmental Systems) โดยมีจุดเน้นใน 3 ประเด็น ที่เรียกว่า GP's Triple Focus ได้แก่

- สิ่งแวดล้อม (Environment) แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาอย่างยั่งยืน
- ความสามารถในการทำกำไร (Profitability) พิจารณาจากปัจจัยนำเข้า (Factor Inputs)
- คุณภาพ (Quality) ผ่านเสียงสะท้อนจากลูกค้าทั้งต่อสินค้าและบริการ โดยไม่เพียงแต่รับฟังความคิดเห็นของลูกค้าเท่านั้น แต่ทำความเข้าใจสาเหตุและที่มาของความเชื่อ/ความคิดเหล่านั้น และหาแนวทางที่จะพัฒนาสินค้าและบริการให้เกินกว่าความคาดหมายของลูกค้า

GP เป็นการใช้ประโยชน์การจัดการคุณภาพโดยสนับสนุนการใช้วัตถุดิบที่ใหม่และปลอดภัยกว่า เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการและการผลิต รวมทั้งปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน การพัฒนาตามแนวคิด GP ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจทั้งในเรื่องสมรรถนะในการปฏิบัติงานที่สูงขึ้น และการเพิ่มมูลค่าโดยใช้ทรัพยากรน้อยลง ทั้งลดการใช้พลังงานและลดปริมาณของเสีย ดังแนวคิดที่ว่า ผลิตภาพเกิดจาก"การทำให้ดีขึ้นโดยใช้ให้น้อยลง" (Doing Better with Less) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง GP ส่งผลให้การใช้ทรัพยากร/วัตถุดิบต่างๆ และพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดการลดต้นทุนโดยตรงให้กับธุรกิจควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างแท้จริง

ผลิตภาพ (Productivity) วัดจากอัตราส่วนผลผลิต (Output) ต่อปัจจัยนำเข้า (Input) โดย

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\text{Value of Goods/Services}}{\text{Cost of Resources}}$$

การวัดผลิตภาพ (Productivity) นั้นเป็นสัดส่วนของ output และ input ที่กว้างมาก อย่างไรก็ตามสามารถนำแนวคิดการวัดผลิตภาพให้แคบลงเพื่อให้ได้ความแม่นยำจะได้เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินที่สามารถนำมาหาค่าดัชนีชี้วัดผลิตภาพทางสิ่งแวดล้อม (Green Productivity) แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\text{GP index} = \frac{\text{Productivity}}{\text{Environmental impact}} = \frac{\text{Selling price / Life cycle cost}}{\text{Environmental impact}}$$

สำหรับค่า Productivity สามารถนำค่า อัตราการผลิต จำนวนผลิตภัณฑ์ ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ราคาซื้อต่อหน่วย ราคาขายต่อหน่วย กำไรต่อหน่วย ยอดขายทั้งหมดต่อปี หรือกำไรทั้งหมดต่อปีมาคิดก็ได้ และ Environmental Impact สามารถนำค่า potential environmental impact, การใช้พลังงาน การใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ หรือประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆ เช่น ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนเป็นต้น มาหาค่า GP Index ได้ ดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 ตัวอย่างของ Productivity และ Environmental Impact

Productivity	Environmental Impact

• Production Rate
  • Total number of products/time
  • Total mass of products/time
• Mass of products/mass of raw materials
• (price/service)/(cost/service)
• (profit/service)/(cost/service)
• Total sales/year
• Total profit/year
• Return of investment/year
	• Potential environmental impact (e.g. eco-indicator etc.)
	• Life Cycle Assessment (GHG)
	• Life Cycle Assessment (Energy)
	• Life Cycle Assessment (water consumption)
	• Total material consumption
	• Total material intensity
	• Total energy consumption
	• Total energy intensity
	• Land use

จากข้อมูลต้นทุนโลจิสติกส์ที่ได้จากบทที่ 6 และผลการประมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ในโครงการวิจัยนี้จะนำค่าที่ได้มาหาค่า Green Productivity Index โดยจะใช้ค่า Productivity คิดจากต้นทุนการผลิต/หน่วย และ Environmental Impact คิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งหมด จะได้ค่า Green Productivity Index จากการผลิตเหล็ก 1 กิโลกรัม แสดงดังต่อไปนี้

$$GP\ Index_{total} = 23.93/91.13 = 0.26$$
$$GP\ Index_{วัตถุดิบ} = 18.52/21.21 = 0.87$$
$$GP\ Index_{พลังงาน} = 2.79/76.04 = 0.04$$

จากค่าที่ได้หมายความว่า ในต้นทุนการผลิตเหล็ก 1 กิโลกรัมและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นคิดเป็นสัดส่วนของ Green Productivity Index เท่ากับ 0.26 นั่นหมายความว่า ในอนาคตหากมีการทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ลดลง ค่า GP Index ก็จะลดลงตามด้วย

หากเราแยกพิจารณา GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.87 และ GP Index ทางด้านพลังงานมีค่าเท่ากับ 0.04 นั่นหมายความว่า หากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย ซึ่งจะส่งผลดีกับกระบวนการหลอมเหล็กไม่ว่าจะเป็นทางด้านต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต่อไปในอนาคตสามารถทำให้อุตสาหกรรมหลอมโลหะเป็นอุตสาหกรรมสีเขียวได้

สำหรับการหาค่า Green Productivity Index เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและช่วยในการตัดสินใจสำหรับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากแต่ละประเภทอย่างชัดเจน ควรที่จะต้องแยกคิดค่า Environmental Impact ของแต่ละประเภท โดยการนำผลกระทบที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) มาพิจารณา ดังตัวอย่างต่อไปนี้ แสดง GP Index เฉพาะผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อน

เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อน (Greenhouse Effect) ของการใช้วัตถุดิบจะได้

$$GP\ Index_{วัตถุดิบ/GHG} = 18.52/1.6 = 11.57$$

เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อน (Greenhouse Effect) ของการใช้พลังงานในการหลอมจะได้

$$GP\ Index_{พลังงาน/GHG} = 2.79/1.6 = 1.74$$

8.3 การจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับแบตเตอรี่

ในการศึกษาการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับแบตเตอรี่จะพิจารณาหน่วยการทำงาน (Functional unit) สำหรับแบตเตอรี่รถยนต์ประเภทตะกั่ว-กรด สำหรับรถบรรทุกขนาด 1 ตัน อายุการใช้งาน 2 ปี ในภาวะการใช้งานปกติ โดยงานวิจัยนี้ครอบคลุมการศึกษาตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตแบตเตอรี่ การนำไปใช้งาน การขนส่งวัตถุดิบ และการกัดการซากหลังหมดอายุการใช้งาน ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นข้อมูลที่ได้กระบวนการผลิตและการขนส่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่โรงงานผู้ผลิตแบตเตอรี่ได้รวบรวมไว้ ส่วนข้อมูลที่นอกเหนือจากขอบเขตขั้นตอนการผลิตไม่สามารถเก็บข้อมูลได้โดยตรง คณะผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม วัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ จากบทความวิจัยและฐานข้อมูลของต่างประเทศ

8.3.1 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล (Inventory Data) ของกระบวนการผลิตแบตเตอรี่

จะทำการเก็บข้อมูลตามกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้

1. การผลิตตะกั่วบริสุทธิ์
2. การผลิตตะกั่วอัลลอยด์
3. การผลิตเม็ดพลาสติกประเภท PE และ PP
4. การผลิตกรดซัลฟูริกเข้มข้น
5. การผลิตสารเคมีอื่นๆ
6. การขึ้นรูปพลาสติก
7. ขั้นตอน Grid Casting
8. ขั้นตอน Oxide Mixing
9. ขั้นตอน Pasting
10. ขั้นตอน Curing (-)
11. ขั้นตอน Curing (+)

12. ขั้นตอน Formation
13. ขั้นตอน Assembly
14. การขนส่งแท่งตะกั่ว
15. การจัดการซากแบตเตอรี่ที่หมดอายุแล้ว

จากขั้นตอนกระบวนการผลิตได้จัดทำบัญชีรายการข้อมูล โดยการส่งแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลให้กับโรงงานผลิตแบตเตอรี่ในประเทศ เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับช่วงการผลิตของโรงงาน โดยเป็นการเก็บข้อมูลแบบ Gate to Gate โดยตารางที่ 8.5 แสดงการจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตของการผลิตแบตเตอรี่และตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.5 การจัดทำข้อมูลบัญชีรายการและที่มาของข้อมูลในแต่ละกระบวนการผลิตแบตเตอรี่

กระบวนการ	รายการ	ที่มาของข้อมูล
การได้มาของวัตถุดิบขั้นต้นและพลังงาน	● การผลิตตะกั่วแท่ง ● การผลิตชิ้นส่วนพลาสติก ● การผลิตกรดซัลฟูริกเข้มข้น ● การผลิตสารเคมีอื่นๆ ● การผลิตก๊าซธรรมชาติ ● การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ● การผลิตไฟฟ้า ● การผลิตน้ำประปา	●ข้อมูลจากงานวิจัยและฐานข้อมูลต่างประเทศ ●ฐานข้อมูลของประเทศไทยและข้อมูลจากผู้ผลิต ●ฐานข้อมูลต่างประเทศ ●ฐานข้อมูลต่างประเทศ ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย ●ฐานข้อมูลประเทศไทย
การขนส่ง	การขนส่งวัตถุดิบหลัก ● ตะกั่ว ● น้ำกรด ● ชิ้นส่วนพลาสติก ● กระดาษ	ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน
การผลิต	● การผลิต Grid plate ● การผลิต Oxide Mixing ● กระบวนการ Curing ● กระบวนการ Formation ● กระบวนการ Assembly ● การบำบัดน้ำเสีย ● การขนส่งภายใน	● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน ● ข้อมูลบันทึกจากโรงงาน
การใช้งาน	การใช้งาน	ข้อมูลจากการทดสอบแบตเตอรี่จากโรงงาน
การจัดการซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน	การจัดการซากแบตเตอรี่ที่หมดอายุแล้ว	●ข้อมูลจากงานวิจัยและฐานข้อมูลต่างประเทศ

ตารางที่ 8.6 การเก็บข้อมูลของช่วงการผลิตแบตเตอรี่

รายการ	พารามิเตอร์ที่วัด
การใช้สาธารณูปโภคในการผลิตแบตเตอรี่	● เชื้อเพลิง ไฟฟ้า น้ำ
การใช้ทรัพยากรในการผลิตแบตเตอรี่	● ตะกั่ว น้ำกรด สารเคมีต่างๆ
ของเสียและการกำจัดของเสียที่เกิดจากการผลิตแบตเตอรี่	● ฝุ่น น้ำเสีย
การปล่อยมลพิษทางอากาศ	● CO_2, CH_4, N_2O, NO_x, SO_x. TSP และ Pb
การปล่อยมลพิษทางน้ำ	● BOD, COD, Total P, Total N, Suspended Solid และ Pb

8.3.2 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Assessment) ของแบตเตอรี่

หลังจากเก็บข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขอบเขตที่ทำการศึกษาแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่ จากข้อมูลการใช้ทรัพยการ พลังงาน การปล่อยของเสีย (หรือที่เรียกว่าสารขาเข้า-ขาออก) โดยการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเภทต่างๆ

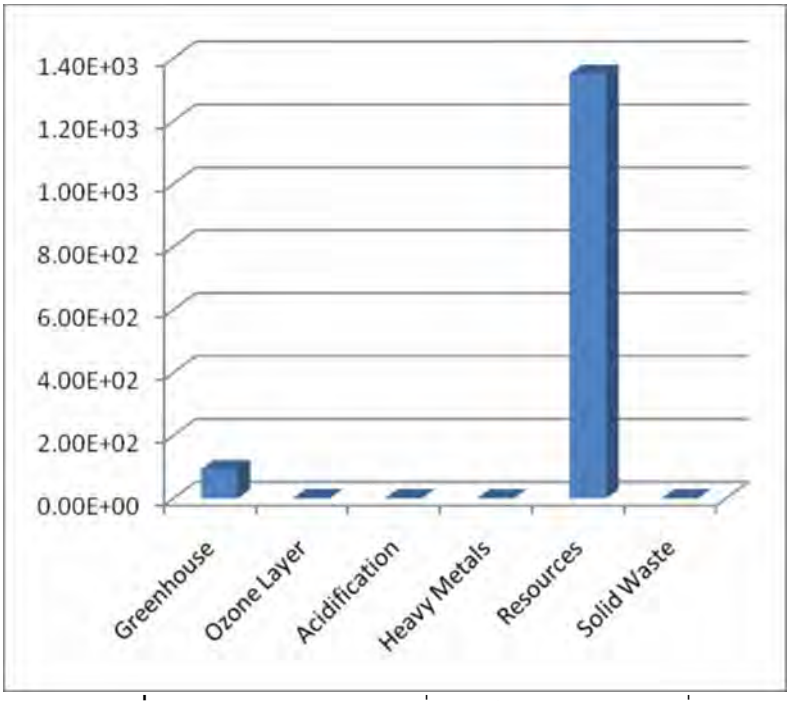
การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro version 7.3.3 และใช้ Eco-indicator 95 ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาผลกระทบ 5 กลุ่มคือ (1) การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) (2) การก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านฝนกรด (Acidification) (3) การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion) (4) โลหะหนัก (Heavy Metal) และ (5) ทรัพยากรธรรมชาติ (แร่ธาตุและพลังงาน) (Natural and Energy Resource)

ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่ใน 3 ช่วงคือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 8.7

ตารางที่ 8.7 ผลการวิเคราะห์การประเมินวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่

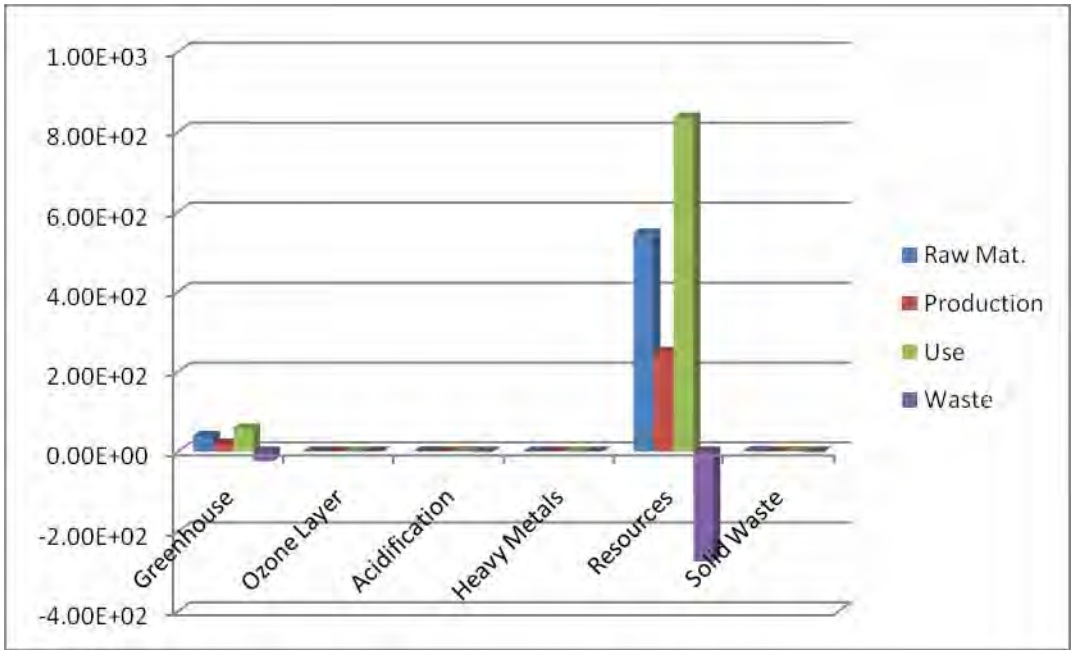
Impact Category	Unit	Raw Mat.	Production	Use	Waste	Total
Greenhouse	kg CO_2	3.87E+01	1.98E+01	5.76E+01	-2.45E+01	9.16E+01
Ozone Layer	kg CFC11	2.98E-08	4.02E-07	1.67E-07	1.87E-06	2.46E-06
Acidification	kg SO_2	6.57E-01	6.44E-02	2.56E-01	-6.34E-01	3.43E-01
Eutrophication	kg PO_4	1.45E-02	8.76E-03	3.65E-02	-4.53E-03	5.52E-02
Heavy Metals	kg Pb	1.75E-05	2.89E-05	2.71E-05	1.34E-05	8.69E-05
Carcinogens	kg B(a)P	2.89E-08	4.56E-08	2.67E-08	4.96E-08	1.50E-07
Winter Smog	kg SPM	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Summer Smog	kg C_2H_4	5.12E-03	2.21E-03	5.01E-02	-2.05E-03	5.53E-02
Pesticides	kg act.subst.	5.95E-01	2.53E-02	6.22E-02	-6.52E-01	3.05E-02
Resources	MJ	5.46E+02	2.49E+02	8.35E+02	-2.75E+02	1.35E+03
Solid Waste	kg	1.65E+00	2.34E-02	3.18E-01	-1.88E+00	1.11E-01

จากผลที่ได้ในตารางที่ 8.7 จะสามารถนำเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 ประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากแบตเตอรี่

รูปที่ 8.3 แสดงให้เห็นว่าประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมากที่สุดของการผลิตแบตเตอรี่คือ การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติ (แร่ธาตุและพลังงาน) และผลกระทบที่มารองลงมาคือ การก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน สำหรับรูปที่ 8.4 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่



รูปที่ 8.4 เปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างๆจากแบตเตอรี่

จากรูปที่ 8.4 เป็นการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทต่างที่เกิดขึ้นแต่ละขั้นตอน โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการใช้งานมีผลกระทบมากที่สุด และหากแยกวิเคราะห์แต่ละประเภทผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่า

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในขั้นตอนการใช้งานทำให้เกิดผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อนมากที่สุด คือ 5.76E+01 kgCO_2eq เนื่องจากการชาร์ทประจุไฟฟ้าจากการใช้งานแบตเตอรี่ในรถยนต์

การลดลงของโฮโซนชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion) ในขั้นตอนการผลิตก่อให้เกิดผลกระทบนี้มากที่สุด รองลงมาคือการใช้งานและการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ตามลำดับ ผลกระทบประเภทนี้เกิดจากการปล่อยสารทำความเย็นเป็นหลัก ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ไฟฟ้าและการผลิต NaOH สำหรับตกตะกอนตะกั่วในระบบบำบัดน้ำเสีย

ภาวะความเป็นกรด (Acidification) ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้มากที่สุด เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการผลิตตะกั่วและเม็ดพลาสติก ส่วนผลกระทบรองลงมาเกิดจากการใช้งาน

การปล่อยโลหะหนักออกสู่สิ่งแวดล้อม (Heavy Metal) ในขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้มากที่สุด รองลงมาเป็นขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการผลิตที่มีการปล่อยตะกั่วในรูปแบมลพิษทางน้ำและอากาศ

ผลกระทบด้านทรัพยากรธรรมชาติ (แร่ธาตุและพลังงาน) ในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและขั้นตอนการใช้งานก่อให้เกิดผลกระทบประเภทนี้สูง

จากผลกระทบที่ได้ พิจารณาเฉพาะการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต และการใช้งาน พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อ 1 Functional Unit สำหรับการใช้งานแบตเตอรี่ มีค่าเท่ากับ 0.1256 Pt แต่เมื่อพิจารณาเพิ่มขอบเขตการรีไซเคิลแบตเตอรี่หลังจากเสื่อมสภาพพบว่า ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงเหลือ 0.0653 Pt หรือร้อยละ 59.7 ดังนั้นการรีไซเคิลเป็นขั้นตอนที่สำคัญ อัตราการรีไซเคิลที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำลงไปด้วย แต่กระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่จำเป็นต้องมีการใช้พลังงานสูง (ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านภาวะเรือนกระจก) และการปล่อยโลหะหนักออกสู่สิ่งแวดล้อมทั้งในรูปของมลภาวะทางอากาศ ทางน้ำ และดิน ซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี หรือลดทรัพยากรและพลังงาน และผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการรีไซเคิลให้น้อยที่สุด

8.3.3 ดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity index) ของแบตเตอรี่

จากข้อมูลต้นทุนที่ได้จากบทที่ 7 และผลการประมินวัฏจักรชีวิต (LCA) จะนำค่าที่ได้มาหาค่า Green Productivity Index โดยงานวิจัยนี้จะใช้ค่า Productivity คิดจากต้นทุนการผลิต/หน่วย และ Environmental Impact คิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งหมด จะได้ค่า Green Productivity Index จากการผลิตแบตเตอรี่ ดังต่อไปนี้

$$GP\ Index_{total} = 86.92/1442.19 = 0.060$$
$$GP\ Index_{วัตถุดิบ} = 72.77/546 = 0.133$$
$$GP\ Index_{พลังงาน} = 310.08/546 = 0.568$$

จากค่าที่ได้หมายความว่า ในต้นทุนการผลิตแบตเตอรี่ 1 ลูกและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นคิดเป็นสัดส่วนของ Green Productivity Index เท่ากับ 0.060 นั่นหมายความว่า ในอนาคตหากมีทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ลดลง ค่า GP Index ก็จะลดลงตามด้วย

หากแยกพิจารณา GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.133 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.568 นั่นหมายความว่า หากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย ซึ่งจะส่งผลดีกับกระบวนการหลอมตะกั่วไม่ว่าจะเป็นทางด้านต้นทุนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งต่อไปในอนาคตสามารถทำให้อุตสาหกรรมหลอมโลหะเป็นอุตสาหกรรมสีเขียวได้

สำหรับการหาค่า Green Productivity Index เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและช่วยในการตัดสินใจสำหรับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากแต่ละประเภทอย่างชัดเจนนั้น ในโครงการวิจัยนี้จึงแยกคิดค่า Environmental Impact ของแต่ละประเภท โดยการนำผลกระทบที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) มาพิจารณา ดังตัวอย่างต่อไปนี้ที่แสดง GP Index เฉพาะผลกระทบทางด้านภาวะโลกร้อน

เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อน (Greenhouse Effect) ของการใช้วัตถุดิบจะได้

$$GP\ Index_{วัตถุดิบ/GHG} = 72.77/38.70 = 1.88$$

เมื่อพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านภาวะโลกร้อน (Greenhouse Effect) ของการใช้พลังงานในการหลอมจะได้

$$GP\ Index_{พลังงาน/GHG} = 310.08/38.70 = 8.01$$

8.4 แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

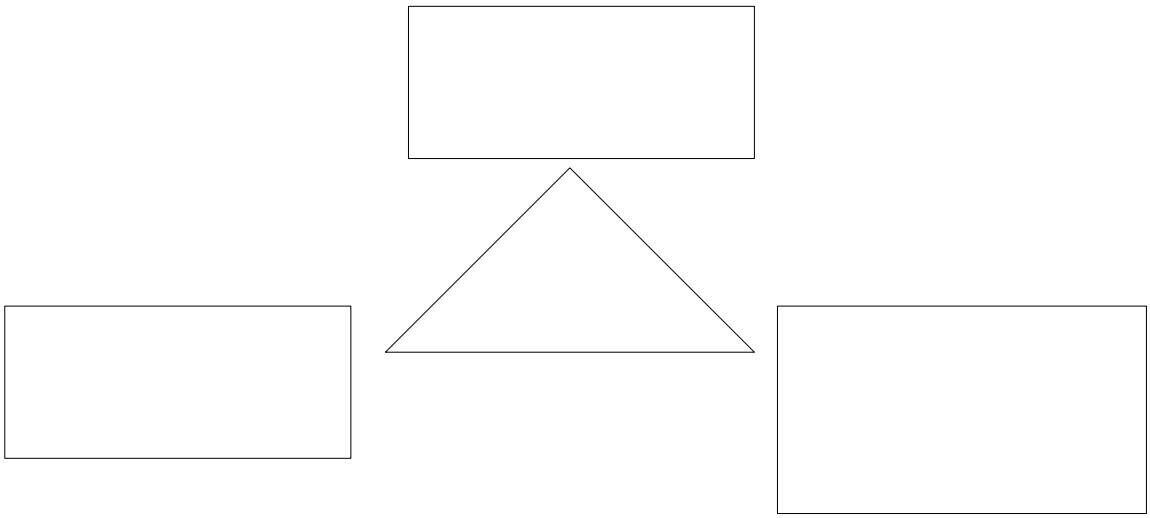
แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะในโครงการวิจัยนี้ได้ถูกพัฒนาเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานภายใต้สำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมซึ่งได้มีการผลักดันให้มีการจัดการของเสียในโรงงานตามหลักการ 3Rs ซึ่งหมายถึง

"การจัดการของเสียที่ให้ความสำคัญในการลดการเกิดของเสียให้เหลือน้อยที่สุดเป็นลำดับแรก โดยมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ต่อมาเมื่อเกิดของเสียแล้วต้องพยายามหาแนวทางการนำกลับไปใช้ซ้ำหรือใช้ใหม่ให้ได้มากที่สุดโดยพิจารณาถึงศักยภาพการใช้ประโยชน์ของของเสียแต่ละประเภทและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เหลือของเสียที่จะต้องบำบัด/กำจัดในปริมาณน้อยที่สุดโดยเลือกใช้วิธีการกำจัดของเสียเป็นวิธีสุดท้าย"

หลักการของ 3Rs นั้นจะประกอบด้วย **Reduce** (ลดการใช้หรือใช้น้อยเท่าที่จำเป็น) **Reuse** (การใช้ซ้ำ) และ **Recycle** (แปรรูปมาใช้ใหม่) เพื่อให้มีการหมุนเวียนและใช้ทรัพยากรร่วมกันอย่างเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ขั้นตอนของการดำเนินงานจะเริ่มตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ การวางแผนการผลิต ขั้นตอน/วิธีการผลิต และการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นทั้งภายในโรงงาน ภายในกลุ่มอุตสาหกรรม และระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการใช้วัสดุหมุนเวียน (Material-cycling Society) อย่างมีประสิทธิภาพ

หลักการนี้มีวัตถุประสงค์สนองนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรมที่มุ่งเน้นที่จะส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ (หรือ Eco-Industry) ซึ่งก่อให้เกิดการสนับสนุนและการพัฒนาที่สอดคล้องกันทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อันจะทำให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน อุตสาหกรรมและชุมชนสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างเป็นสุข รวมทั้งสามารถพัฒนาไปสู่การเป็นสังคมปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) ได้ในอนาคต

สิ่งที่สำคัญของการจัดการกรีนโลจิสติกส์แบบยั่งยืนของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะที่ควรสนับสนุนให้มีการดำเนินงานภายใต้กรมโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องสร้างความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันของระบบเศรษฐกิจของประเทศ ระบบสังคมและการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 กรีนโลจิสติกส์แบบยั่งยืนของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะตามประเภทกิจกรรมของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะที่สำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรมสามารถผลักดันให้เกิดการดำเนินงานอย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.8

ประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรีนโลจิสติกส์มีหลายประการ ดังนี้

1. ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมในสถานที่ประกอบการ ชุมชนและธรรมชาติ
2. สร้างสุขอนามัยที่ดีให้แก่พนักงานในสถานประกอบการและประชากรที่อยู่ใกล้เคียงแหล่งกำเนิดมลพิษ
3. สร้างชื่อเสียงและส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่องค์กรที่มีมาตรการและนโยบายทางด้านสิ่งแวดล้อม
4. ลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนการใช้พลังงานจากการบริหารจัดการระบบโลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 8-8 แนวทางการจัดการกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ

การจัดเก็บเศษโลหะ	**การขนย้ายเศษโลหะ**	**การนำกลับมาใช้ใหม่**
-การเลือกตำแหน่งที่ตั้งแหล่งจัดเก็บควรก่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานหรือชุมชนใกล้เคียง -พนักงานที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมเศษโลหะจัดเก็บควรมีการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องแต่งกายที่สามารถป้องกันมลพิษและสร้างความปลอดภัยได้ เช่นมีการใช้หน้ากากหรือถุงมือ -สถานที่จัดเก็บควรมีการติดตั้งระบบเพื่อปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม -สถานที่จัดเก็บควรการออกแบบทางเดินเพื่อการขนย้ายที่ก่อให้เกิดความปลอดภัย -ลดระยะเวลาและลดปริมาณการจัดเก็บให้น้อยลง	-ต้องให้มีการรายงานการขนย้ายเศษโลหะพร้อมทั้งมีการตรวจสอบสถานประกอบการตามกำหนดเวลา - ในการขนย้ายควรมีการเพิ่มการใช้อุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงเพื่อช่วยลดการสัมผัส - ลดระยะทางในการขนย้ายให้ลดลง ซึ่งสามารถลดการตกค้างของเศษโลหะในสิ่งแวดล้อมและลดการใช้พลังงาน	-ควรสนับสนุนให้มีการรีไซเคิลเศษโลหะให้มากขึ้น -ควรส่งเสริมให้มีการหมุนเวียนการใช้เศษโลหะภายในพื้นที่ใกล้เคียงกัน

บทที่ 9 บทสรุป

9.1 บทสรุป

ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแนวทางในการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยจะพิจารณาเศษเหล็ก (รหัสของเสีย 12 01 01) และเศษแบตเตอรี่เก่า (รหัสของเสีย 16 06 01) สำหรับผู้ประกอบการที่มีแหล่งที่ตั้งอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออก ประกอบด้วยจังหวัด กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ชลบุรีและระยอง สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยประกอบด้วย 1) เพื่อศึกษาสภาวการณ์ปัจจุบันของการใช้และการหมุนเวียนวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ 2) เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้การหมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบเหล็กในอุตสาหกรรมยานยนต์และวัตถุดิบตะกั่วอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ 3) เพื่อออกแบบระบบการจัดการโลจิสติกส์ย้อนกลับที่มีต้นทุนต่ำที่สุดตามเงื่อนไขของเส้นทางและตำแหน่งของการดำเนินงานที่เหมาะสมของการหมุนเวียนและนำกลับมาใช้ใหม่โดยการใช้แบบจำลองเครือข่าย (Reverse logistics network model) 4) เพื่อจัดทำโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์แบบย้อนกลับ 5) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนการขาดแคลน และ 6) เพื่อศึกษาและออกแบบแนวทางระบบการจัดการกรีนโลจิสติกส์ที่เหมาะสม สำหรับหน่วยงานสนับสนุนการวิจัยคือสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

สำหรับขั้นตอนในการดำเนินโครงการวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์โดยมีการจัดทำแบบสอบถามตามข้อมูลโรงงานจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยจะพิจารณาข้อมูลที่ตั้งของผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบไปด้วยผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์/ผู้ผลิตแบตเตอรี่ ผู้ให้บริการรวบรวมเศษเหล็กหรือเศษแบตเตอรี่เก่าและโรงหลอมเหล็ก/ตะกั่ว ข้อมูลปริมาณการใช้และการนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบแยกตามตำแหน่งของการรวบรวมวัตถุดิบ นอกจากนี้แล้วยังพิจารณาข้อมูลต้นทุนพื้นฐานซึ่งเป็นองค์ประกอบของต้นทุนโลจิสติกส์ย้อนกลับซึ่งประกอบด้วยต้นทุนค่าแรง ต้นทุนการขนส่งหรือการขนย้ายรวมไปถึงต้นทุนในการหลอม เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลแล้วจะนำมาสร้างแบบจำลองโครงข่ายโดยใช้โปรแกรม CPLEX ซึ่งพัฒนาร่วมกับ Visual Studio และทำการพยากรณ์การเกิดเศษโลหะและเศษแบตเตอรี่เก่าในอนาคต นอกจากนี้แล้วยังทำการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อวางแนวทางในการจัดการกรีนโลจิสติกส์

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เศษเหล็กและเศษแบตเตอรี่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอีก 5 ข้างหน้า ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมยานยนต์และนโยบายส่งเสริมให้มีการซื้อรถยนต์เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะรถยนต์ประเภทประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ตามอุปทานของโลหะมีแนวโน้มลดลงและมีราคาที่สูงเพิ่มมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเพื่อให้เห็นความสำคัญของการรีไซเคิลเศษโลหะเพื่อลดการขาดแคลน ลดต้นทุนและลดการใช้พลังงาน

2. ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณเศษเหล็กที่เกิดขึ้นในภาคกลางและภาคตะวันออกของปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีการขออนุญาตขนย้ายเศษเหล็กจำนวน 254,715.4699 ตัน โดยไตรมาสที่ 3 ของปีมีการขนย้ายมากที่สุด ภาคตะวันออกพบว่ามีการเกิดเศษโลหะในปริมาณมากเมื่อเทียบกับภาคกลางโดยเกิดเศษระหว่าง 3,500-9,000 ตัน ต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นตลอดปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ 4,581,118,271.29 บาท ต้นทุนในการหลอมเหล็กถือว่ามีสัดส่วนที่สูง (ร้อยละ 97) ถ้าเทียบกับต้นทุนในการขนส่งและต้นทุนแรงงาน

3. ในการศึกษาการรีไซเคิลเศษเหล็กเพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการทดแทนนั้น พบว่าถ้าเพิ่มการรีไซเคิลสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ การเพิ่มการรีไซเคิลจากยอดการเกิดเศษเหล็กเดิมสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบได้ถึง 256,753,193.66 บาท สำหรับการขนย้ายเศษเหล็กจากผู้รับรวมรวบเศษเหล็กไปยังโรงหลอมนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันจะมีการประมูลและขนย้ายข้ามพื้นที่หรือข้ามจังหวัด ซึ่งผู้ประกอบการจะมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง ในโครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์โดยการสร้างแบบจำลองให้ลดระยะทางการขนส่งระหว่างพื้นที่โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่ม ประกอบด้วย พื้นที่จังหวัดชลบุรี กลุ่มพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทราและสมุทรปราการ กลุ่มพื้นที่กรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ พื้นที่จังหวัดปทุมธานี และพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยพบว่าการบริหารจัดการในลักษณะกลุ่มพื้นที่นั้นสามารถลดต้นทุนโลจิสติกส์ลงได้เมื่อเทียบกับรูปแบบปัจจุบันได้ปีละ 22,643,983.63 บาท

4. สำหรับการเกิดเศษแบตเตอรี่เก่าในปี พ.ศ. 2554 นั้นพบว่ามีจำนวน 229,955.01 กิโลกรัมโดยพบว่าปริมาณเศษแบตเตอรี่เก่าเกิดขึ้นมากที่สุดในไตรมาสที่ 4 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์จะประกอบด้วยต้นทุนแรงงาน ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนในการหลอม สำหรับต้นทุนในการหลอมนั้นพบว่ามีสัดส่วนที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับต้นทุนประเภทอื่น ๆ โดยพบว่าในการหลอมตะกั่วดิบ 1 ตัน จะต้องใช้ต้นทุนประมาณ 81,162 บาท สำหรับตะกั่วที่หลอมได้จะส่งกลับยังผู้ผลิตแบตเตอรี่โดยพบว่าตะกั่วที่ผลิตได้ทั้งหมดจากโรงหลอมสามารถจำหน่ายได้หมดเนื่องจากมีการแย่งซื้อเศษแบตเตอรี่เก่าระหว่างผู้ประกอบการโรงหลอมด้วยกันเอง สำหรับต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ในปี พ.ศ. 2554 อยู่ที่ประมาณ 20,610,468.51 บาท

5.ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องมีการจัดทำบัญชีรายการข้อมูล ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างเศษเหล็กและตะกั่ว สำหรับการหลอมเหล็กจะประกอบด้วยกระบวนการหลอมเหล็กด้วยเตาไฟฟ้า กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก กระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง กระบวนการรีดเหล็กการอบอ่อน กระบวนการขึ้นรูป การตกแต่งผิวและกระบวนการจัดการเศษเหล็ก สำหรับการหลอมตะกั่วจะประกอบด้วย การผลิตตะกั่วบริสุทธิ์ การผลิตตะกั่วอัลลอยด์ การผลิตเม็ดพลาสติกประเภท PE และ PP การผลิตกรดซัลฟูริกเข้มข้น การผลิตสารเคมีอื่นๆ การขึ้นรูปพลาสติก ขั้นตอน Grid Casting ขั้นตอน Oxide Mixing ขั้นตอน Pasting ขั้นตอน Curing (-) และขั้นตอน Curing (+)

6. นอกจากนี้แล้วในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะมีการใช้ค่าดัชนีผลิตภาพเพื่อสิ่งแวดล้อม ผลการประมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ในโครงการวิจัยนี้จะนำค่าที่ได้มาหาค่า Green Productivity Index โดยจะใช้ค่า Productivity คิดจากต้นทุนการผลิต/หน่วย และ Environmental Impact คิดจากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งหมด จะได้ค่า Green Productivity Index จากการผลิตเหล็ก 1 กิโลกรัม ผลการศึกษาพบว่า GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.87 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.04 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าหากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย

7. สำหรับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่นั้น จะพิจารณาวัฏจักรชีวิตของแบตเตอรี่เป็น 3 ช่วงคือ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิตและการใช้งาน โดยต้นทุนการผลิตแบตเตอรี่ 1 ลูกและผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นคิดเป็นสัดส่วนของ Green Productivity Index เท่ากับ 0.060 GP Index ทางด้านวัตถุดิบมีค่าเท่ากับ 0.133 และ GP Index ทางด้านพลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.568 นั่นหมายความว่า หากมีการลดต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนทางด้านพลังงานในการหลอมลง จะทำให้ค่า GP Index ลดน้อยลงไปด้วย

8. แนวทางในการจัดการกรีนโลจิสติกส์สำหรับสำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมุ่งเน้นไป 3 ด้านคือด้านสังคม (Society) ด้านเศรษฐกิจ (Economy) และด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) ด้านสังคมจะมุ่งเน้นการสร้างความปลอดภัยให้แก่ชุมชน การให้ความรู้แก่ประชาชนและการดูแลสุขภาพประชาชน ทางด้านเศรษฐกิจนั้นจะต้องมีการส่งเสริมการรีไซเคิลเศษโลหะและมีการส่งเสริมให้มีการลดการใช้พลังงาน สำหรับทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องมีการควบคุมผู้ประกอบการภายใต้การกำกับดูแลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย การตกค้างของโลหะในบรรยากาศ การควบคุมคุณภาพอากาศและดินรวมไปถึงการควบคุมการขนย้ายกากอุตสาหกรรม

9.2 จุดแข็งของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจุดแข็งที่สำคัญดังต่อไปนี้

9.2.1 โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะที่สำคัญคือข้อมูลปริมาณเศษเหล็กจากอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และปริมาณเศษแบตเตอรี่เก่าจากอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ ข้อมูลในส่วนนี้ผู้ประกอบการจะทำการรายงานผ่านระบบอิเลคทรอนิคส์เข้ามายังกรมโรงงานฯ นอกจากจะทราบข้อมูลปริมาณการขนย้ายแล้วยังสามารถทราบพิกัดของผู้ประกอบการได้

9.2.2ข้อมูลโครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์เกิดจากการให้สัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในอุตสาหกรรมหล่อโลหะหลายบริษัท ดังนั้นข้อมูลสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผู้ประกอบที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันได้

9.3 จุดอ่อนของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีจุดอ่อนซึ่งสามารถนำไปศึกษาต่อในอนาคตได้ดังนี้

9.3.1 ในโครงการวิจัยนี้ยังขาดการศึกษาการทดแทนการนำเข้าเศษโลหะจากต่างประเทศหรือความคุ้มค่าระหว่างการรีไซเคิลเพื่อใช้ภายในประเทศกับการส่งออกเศษเหล็กไปยังต่างประเทศ

9.3.2 เนื่องจากหัวข้องานวิจัยนี้เป็นงานที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ให้กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจึงยังไม่ได้ศึกษาความเป็นไปได้ อาทิเช่น การพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมของผู้ผลิต ผู้ซื้อขายเศษโลหะและโรงหลอม

9.4 ปัญหาและอุปสรรคของระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์

ปัญหาและอุปสรรคของระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ในปัจจุบันที่จะดำเนินการได้เป็นรูปธรรมสามารถสรุปได้ดังนี้

9.4.1 ระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ในระดับกรมโรงงานอุตสาหกรรมนั้นยังถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาวิธีการ จึงยังไม่มีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม

9.4.2 ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพัฒนาเป็นระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์นั้นเกี่ยวข้องกับปัญหาสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการโดยตรง จึงเกิดความยุ่งยากในการเก็บข้อมูลเนื่องจากผู้ประกอบการไม่มีความพร้อมในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

9.4.3 ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาพัฒนาเป็นระบบการจัดการโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ควรมีการแยกพิจารณาตามประเภทของธาตุที่เป็นส่วนผสมของวัตถุดิบ

9.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้อำนวยการสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม นายไสว โลจนะศุภฤกษ์ ได้สรุปการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ให้แก่โครงการวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

9.5.1 การนำผลงานไปใช้เชิงนโยบาย

1.เป็นข้อมูลเชิงลึกทั้งทางปริมาณและคุณภาพในการออกกฎหมายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมในการควบคุม จัดเก็บ บริหารซากหม้อแบตเตอรี่เก่าใช้แล้วให้เข้าสู่ระบบรีไซเคิลได้อย่างครบถ้วน ซึ่งไม่เคยมีฐานข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน เกิดการหลุดลอดของซากหม้อแบตเตอรี่เข้าสู่สิ่งแวดล้อม

2.การประเมินวงจรชีวิตของซากหม้อแบตเตอรี่เก่าทำให้ทราบผลกระทบในขั้นตอนชีวิตของแบตเตอรี่ และผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถกำหนดหลักเกณฑ์ทางกฎหมายควบคุมปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของประเทศได้

3.แบบจำลองโครงข่ายการหมุนเวียนของเศษโลหะสามารถนำมาประยุกต์ใช้และพยากรณ์กับกระบวนการแปรรูปโลหะอื่น ๆ ต่อไปได้

4.เป็นฐานข้อมูลจริงที่ได้มีการจัดทำขึ้นใหม่ สามารถนำไปใช้วางแผนพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กที่เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานได้

5.การวิจัยในลักษณะนี้ทำให้เกิดมุมมองใหม่จากการมองย้อนกลับทำให้เห็นจุดเชื่อมต่อต่าง ๆ ในการวางแผนบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานเพื่อสิ่งแวดล้อมของโรงงานที่ศึกษาและขยายสู่โรงงานอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อมุ่งสู่อุตสาหกรรมสีเขียว ตามนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรม

6.ทำให้ทราบถึงกระบวนการโลจิสติกส์ทั้งทางตรงและแบบย้อนกลับ สามารถนำไปเป็นหลักการพื้นฐานและต้นแบบให้กับกระทรวงอุตสาหกรรมในการจัดตั้งหน่วยงานโลจิสติกส์ของภาคอุตสาหกรรมที่กำลังดำเนินการจัดตั้งอยู่

7.เทคนิคการพยากรณ์ความต้องการใช้หมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบทำให้สามารถจัดทำโครงการนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ตามหลักการ 3Rs ตามนโยบายของกระทรวงอุตสาหกรรม

8.เป็นการศึกษาที่ไม่เคยมีใครทำมาก่อนโดยเฉพาะเรื่องกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะและแบตเตอรี่ ซึ่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมเคยเสียค่าใช้จ่ายมากมายในการแก้ไขปัญหามลพิษและวิธีการจัดการซากหม้อแบตเตอรี่ให้เป็นระบบแต่ไม่ประสบความสำเร็จ แต่แนวคิดเรื่องโลจิสติกส์ในโครงการวิจัยนี้ได้เปิดมุมมองใหม่ให้กับผู้บริหารระดับสูงของกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะเรื่องน้ำกรดจากหม้อแบตเตอรี่จำนวนหลายสิบล้านลิตรที่ยังไม่สามารถควบคุมได้และทิ้งสู่ท่อสาธารณะเป็นปัญหาเรื้อรังมานับสิบปี แต่ผลงานวิจัยนี้ได้เปิดแนวทางใหม่ในการแก้ไขปัญหาได้ตรงประเด็น จนต้องตั้งคณะทำงานขึ้นมาศึกษาต่อยอดจากโครงการวิจัยนี้อย่างละเอียดเพื่อสกัดข้อมูลแนวคิด การประยุกต์ใช้ทั้งในเชิงปฏิบัติและการกำหนดนโยบายให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

9.5.2 การนำผลงานไปใช้เชิงพาณิชย์

1.เป็นข้อมูลสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเหล็กและอุตสาหกรรมแบตเตอรี่ในการวางแผนโลจิสติกส์ในการลดต้นทุนได้เป็นอย่างดี

2.ข้อมูลวงจรชีวิตทำให้โรงงานที่เกี่ยวข้องทั้งโรงงานเหล็กและแบตเตอรี่สามารถประเมินผลกระทบและวิธีการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาสภาพแวดล้อมและการบำบัดของเสียโดยเฉพาะการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่

3.ข้อมูลโครงสร้างต้นทุนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการบริหารทางการเงินในมุมมองใหม่ให้แก่โรงงาน

4.ผลการพยากรณ์ความต้องการใช้หมุนเวียนเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ของวัตถุดิบนำไปสู่การจัดการของเสียตามหลักการ 3Rs เพิ่มมูลค่าให้แก่โรงงาน

5.เนื่องจากเป็นเรื่องที่ใหม่มาก ผู้ประกอบกิจการโรงงานทั้งอุตสาหกรรมเหล็กและโรงงานหลอมแบตเตอรี่ ได้แสดงเจตจำนงค์ขอสำเนาผลการศึกษาวิจัยฉบับนี้ เพื่อนำไปวิเคราะห์ศึกษาอย่างละเอียดในการประยุกต์ใช้ ซึ่งโรงงานหลายรายแจ้งว่ามีประโยชน์จำนวนมากในรายงานผลการวิจัยฉบับนี้ แต่คงต้องใช้เวลาศึกษาพอสมควรเพื่อให้เข้าใจหลักการก่อนอย่างลึกซึ้งจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

6.ก่อนนำไปใช้ให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมจะต้องทำการศึกษางานวิจัยนี้อย่างเจาะลึกเสียก่อน แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นแล้วก็คือการยอมรับของผู้บริหารของกรมโรงงานอุตสาหกรรมและผู้ประกอบกิจการโรงงานที่จะนำผลการวิจัยไปศึกษาวิเคราะห์ในรายละเอียดเพื่อที่จะสามารถสังเคราะห์ไปใช้ให้เกิดผลลัพธ์ที่มีประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

[1] สลิลา ยรรยงสวัสดิ์, สถานการณ์ตะกั่วโลก, สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐานกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2548

[2] นัฐิราภรณ์ ลินาแมน, การหลอมโลหะจากเศษโลหะของอะลูมิเนียม ตะกั่ว เหล็ก และทองแดง, กรุงเทพมหานคร : กลุ่มส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ สำนักพัฒนาและส่งเสริม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2549.

[3] กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน, โลหะกับการพัฒนาประเทศ บทที่ 4 ตะกั่ว, สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐานกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2551

[4] ส่วนวิเคราะห์ธุรกิจ ฝ่ายวิชาการ, ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย, อุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ของไทย, www.exim.go.th/

[5] นายบุญเสริม เวชการ, การจัดการสิ่งแวดล้อมของแบตเตอรี่รถยนต์ใช้แล้วประเภทตะกั่ว-กรด ในประเทศไทย, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, 2550

[6] อรรถกร เก่งพลและธิดารัตน์ สลักคำ, กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์ (Decision Support Methodology for Recycling End of Life Parts of Vehicles: A Case Study of Automobile Tyre In), วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 ม.ค. - เม.ย. 2554

[7] สมมาตร์ ไทยานนท์, “ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และสังคมของโรงงานอุตสาหกรรม(เจนโก้) ที่มีต่อประชาชนในชุมชนมาบชะลูด เทศบาลมาบตาพุด จังหวัดระยอง, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2545.

[8] แสวง เกิดประทุมและคณะ, การพัฒนาระบบการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่และโรงงานหลอมตะกั่วจากซากแบตเตอรี่แบบไม่ระบายน้ำทิ้ง (Zero discharge), โครงการวิจัยที่ ภ.45-01 / ย.3 พัฒนาระบบการจัดการน้ำเสียอุตสาหกรรมที่มีโลหะหนักเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่, กรุงเทพมหานคร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2547

[9] คณะทำงานชุดที่ 3, สำนักตรวจสอบป้องกันและปราบปราม, คู่มือตรวจภาษีแบตเตอรี่, 2548, www.spa.excise.go.th/

[10] กระทรวงอุตสาหกรรม, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุไม่ใช้แล้ว, 2548

[11] กระทรวงอุตสาหกรรม, ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของผู้ประกอบกิจการบำบัดและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว, 2550

เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

[1] Achillas Ch., Vlaschokostas Ch., Aidonis A., Moussiopoulos N., Lakovou E. and Banias G., 2010, "Optimising Reverse Logistics Network to Support Policy-Making in the Case of Electrical and Electronic Equipment", *Waste Management*, Vol. 30 pp. 2592-2600.

[2] Ahmed F., 1996, "The Battery Recycling Loop: A European Perspective", *Journal of Power Sources*, Vol. 59, pp. 107-111.

[3] Arimura T.H., Darnall N. and Katayama H., 2011, "Is ISO 14001 a Gateway to More Advanced Voluntary Action? The Case of Green Supply Chain Management", *Journal of Environmental Economics and Management,* Vol. 61, pp. 170-182.

[4] Azevedo S.G., Carvalho H. and Machado V.C., 2011, "The Influence of Green Practices on Supply Chain Performance: A Case Study Approach", *Transportation Research Part E,* pp. 850-871.

[5] Bernardes A.M., Espinosa D.C.R. and Tenório J.A.S., 2004, "Recycling of Batteries: A Review of Current Processes and Technologies", Journal of Power Sources, Vol. 130, pp. 291–298.

[6] British Columbia, Canada Product Stewardship Reg. for Lead-acid Batteries 2009 Recycling Rate Study, Battery Recycling, http://www.batterycouncil.org/

[7] Blumberg D.F., 2005, "*Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes*", CRC Press, Washington, USA.

[8] Bossche P.V.D., Vergels F.E., Mierlo J.V., Matheys J. and Autenboer W.V., 2006, "SUBAT: An Assessment of Sustainable Battery Technology", *Journal of Power Sources*, Vol.162, No. 2, pp. 913-919.

[9] Carter C.R. and Ellram L.M., 1998, "Reverse Logistics: A Review of the Literature and Framework for Future Investigation", *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, No. 1, pp. 85-102.

[10] Chen HK, Chou HW and Chiu YC., 2007, "On the Modeling and Solution Algorithm for the Reverse Logistics recycling Flow Equilibrium Problem", *Transportation Research Part C*, Vol. 15, pp. 218-234.

[11] D'Souza C., Taghian M., Lamb P. and Peretiatkos R., 2006, "Green Products and Corporate Strategy: An Empirical Investigation", *Society and Business Review*, Vol. 1, No. 2, pp. 144-156.

[12] Diabat A. and Govindan K., 2011, "An Analysis of the Drivers Affecting the Implementation of Green Supply Chain Management", *Resources, Conservation and Recycling,* Vol. 55, pp. 659-667.

[13] Dekker R., Bloemhof J. and Mallidis I., 2012, “Operations Research for Green Logistics- An Overview of Aspects, Issues, Contributions and Challenges”, *European Journal of Operational Research*, Vol. xxx, pp.xxx-xxx.

[14] Dekker R., Fleischmann M., Inderfurth K. and Wassenhove L.N.V., 2010, “*Reverse logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*”, Springer Publishing, Heidelberg, Germany.

[15] Emmett S. and Sood V., 2010, “*Green Supply Chains: An Action Manifesto*”, Wiley Publishing, Cornwall, UK.

[16] Fricke J. and Kiehne H.A., 2000, “Collection and Recycling of Spent Portable Batteries - the Actual Situation in Europe”, *Telecommunications Energy Special Conference*, pp. 115-121.

[17] Gandhi N.M., Selladurai V. and Santhi P., 2006, “Green Productivity Indexing: A Practical Step Towards Integrating Environmental Protection into Corporate Performance”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 55, No. 7, pp. 594-606.

[18] Hawkins T.R. and MajeauBettez G., 2010, “*Life Cycle Assessment of NiMH and Li Ion Battery Electric Vehicles*”, LCA X, Portland, Oregon, USA.

[19] Hirsch B.E., Kuhlmann T. and Schumacher J., 1998, “Logistics Simulation of Recycling Networks”, *Computers in Industry*, Vol. 36, pp. 31-38.

[20] Hur T., Kim I. and Yamamoto R., 2004, “Measurement of Green Productivity and Its Improvement”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, pp. 673-683.

[21] Jayaraman V., Patterson R.A. and Rolland E., 2003, “The Design of Reverse Distribution Networks: Models and Solution Procedures”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 150, pp. 128-149.

[22] Kainuma Y. and Tawara N., 2006, “A Multiple Attribute Utility Theory Approach to Lean and Green Supply Chain Management”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, pp. 99-108.

[23] Ko H.J. and Evans G.W., 2007, “A Genetic Algorithm-based Heuristic for the Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3PLs”, *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp. 346-366.

[24] Lee D.H. and Dong M., 2008, “A Heuristics Approach to Logistics Network Design for End-of-Lease Computer Products Recovery”, *Transportation Research Part E*, Vol. 44, pp. 455-474.

[25] Lee D.H. and Dong M., 2009, “Dynamic Network Design for Reverse Logistics Operations under Uncertainty”, *Transportation Research Part E*, Vol. 45, pp. 61-71.

[26] Lee J.E., Gen M. and Rhee K.G., 2009, “Network Model and Optimization of Reverse Logistics by Hybrid Genetic Algorithm”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 951-964.

[27] Lieckens K. and Vandaele N., 2007, “Reverse Logistics Network Design with Stochastic Lead Times”, *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp. 395-416.

[28] Min H., Ko H.J. and Ko C.S., 2006, “A Genetic Algorithm Approach to Developing the Multi-Echelon Reverse logistics Network for Product Returns ”, *Omega*, pp. 56-69.

[29] Milorad V., Branislava R., Nenad B. and Drazen P., 2011, “Optimization of Recyclables Collection Processes”, *Operations and Supply Chain*, Vol. 4, No. 2/3, pp. 90-98.

[30] Mohanty R.P. and Deshmukh., 1999, “Managing Green Productivity: A Case Study”, *Work Study*, Vo. 48, No. 5, pp. 165-169.

[31] Mutha A. and Pokharel S., 2009, “Strategic Network design for Reverse Logistics and Remanufacturing using New and Old Product Modules”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 334-346.

[32] Occupational Safety and Health Administration, 2012, Battery Saw Emission Control, http://www.osha.gov/

[33] Occupational Safety and Health Administration, 2012, Reverberatory Furnace, http://www.osha.gov/

[34] Olugu E.U., Wong K.Y. and Shaharoun A.W., 2011, “Development of Key Performance Measures for the Automobile Green Supply Chain”, *Resources, Conservation and Recycling,* Vol. 55, pp. 567-579.

[35] President Athena Sustainable Materials Institute, 2010, An Overview of Life Cycle Assessments: Part One, International Code Council, Volume VIII, No. 5, http://bsj.iccsafe.org/

[36] Rotary Furnace for Lead Smelting, http://leadbatteryrecycling.blogspot.com/

[37] Rydh C.J. and Karlstrom M., 2002, “Life Cycle Inventory of Recycling Portable Nickel–Cadmium Batteries”, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 34, pp. 289–309.

[38] Shang K.C., Lu C.S. and Li S, 2010, “A Taxonomy of Green Supply Chain Management Capability among Electronics-related Manufacturing Firms in Taiwan”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 91, pp. 1218-1226.

[39] Sheu J.B., Chou Y.H. and Hu C.C., 2005, “An Integrated Logistics Operational Model for Green-Supply Chain Management”, *Transportation Research Part E 41,* pp. 287-313.

[40] Smaniottoa A., Antunesa A., Filho I.D.N., Venquiarutoa L.D., Oliveira D.de, Mossi A., Luccio M.D., Treichel H. and Dallago R., 2009, "Qualitative Lead Extraction from Recycled Lead–Acid", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 172, pp. 1677–1680.

[41] Srivastava S.K., 2008, "Network Design for Reverse Logistics", *Omega*, pp. 535-548.

[42] Steele N.L.C, 1995, "Recycling Electric Vehicle Batteries in California", *Battery Conference on Applications and Advance*, pp. 101-106.

[43] Tsoulfas G.T., Pappis C.P. and Minner S., 2002, "An Environmental Analysis of the Reverse Supply Chain of SLI Batteries", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 36, pp. 135–154.

[44] Tuttle T. and Heap J., 2008, "Green Productivity: Moving the Agenda", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 57, No. 1, pp. 93-105.

[45] Qin Z. and Xiaoyu J., 2010, "Logistics Network Design for Product Recovery in Fuzzy Environment", *European Journal of Operational Research*, Vol. 202, pp. 479-490.

[46] Vaysgant Z., Morachevsky A., Demidov A. and Klebanov E., 1995, "A Low-Temperature Technique for Recycling Lead/Acid Battery Scrap without Wastes and with Improved Environmental Control", *Journal of Power Sources*, Vol. 53, pp. 303-306.

[47] Wang F., Lai X. and Shi N., 2011, "A Multi-Objective optimization for Green Supply Chain Network Design", *Decision Support System*, Vol. 51, pp. 262-269.

[48] Worcester A.W. and Sankovitch M.J., 1997, "The Recyclability of Lead Alloys", *Battery Conference on Applications and Advance*, Vol. 14-17, pp. 79-83.

[49] Yan B. and Du B., 2008, "Research on Reverse Logistics Repurchase Pricing Mechanism of Waste Battery", *Business and Information Management*, Vol. 19, pp. 388-391.

[50] Yender G.L., 1998, "Battery Recycling Technology & Collection Processes", *Electronics and the Environment*, Vol. 4-6, pp. 30-35.

[51] Zabaniotou A., Kouskoumvekaki E. and Sanopoulos D., "Recycling of Spent Lead : Acid Batteries: the Case of Greece", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 25, pp. 301–317.

[51] Zackrisson M., Avellán L. and Orlenius J., 2010, "Life Cycle Assessment of Lithium-Ion Batteries for Plug-In Hybrid Electric Vehicles -Critical Issues", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, pp. 1519-1529.

[52] Zailani L. and Zailani S., 2010, "Factors Influencing the Implementation of Green Productivity Practices and Its Effect on the Organisational Performance: A Comparison Study Between EMS 14001 and ISO 9000 Certified Companies in Malaysia", *Asian Journal of Information Technology*, Vol. 9, No. 2, pp. 45-53.

[53] Zhu Q., Sarkis J. and Lai K.H., 2007, “Green Supply Chain Management: Pressure, Practices and Performance within the Chinese Automobile Industry”, *Journal of Cleaner Production,* Vol. 15, pp. 1041-1052.

[54] Zhu Q., Sarkis J and Lai K.H., 2008, “Green Supply Chain Management Implications for Closing the Loop”, *Transportation Research Part E,* pp. 1-18.

[55] Zhu Q., Geng Y., Sarkis J. and Lai K.H., 2011, “Evaluating Green Supply Chain Management among Chinese Manufacturers from the Ecological Modernization Perspective”, *Transportation Research Part E 47,* pp. 808-821.

[56] Fabrycky WJ., and Blanchard B.S., 1991, “*Life-Cycle Cost and Economic Analysis*”, Prentice Hall, New Jersey, USA.

[57] Hendrickson C.T., Lave L.B. and Matthews H.S., 2006, “*Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services*: *An Input-Output Approach*”, An RFF Press book, Washington, USA.

[58] Asian Productivity Organization, 2003, “*Life Cycle Assessment for Green Productivity*”, Japan.

แบบสอบถามโครงการวิจัยเรื่อง
“การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาข้อมูลการ **การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ** เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายภาครัฐให้มีความเหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรมการผลิต การสำรวจนี้อยู่ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำชี้แจง รายละเอียดแบบสอบถามฉบับนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ
ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (Input)
ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต (Process)
ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก (Output)
ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม
ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ
ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน
ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและจะนำเสนอผลการวิจัยเพียงภาพรวมเท่านั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.1	รายละเอียดผู้ตอบแบบสอบถาม ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว) :..... ตำแหน่ง :.....E-mail :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.2	รายละเอียดองค์กร ชื่อบริษัท :..... ที่อยู่ :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.3	องค์กรของท่านจัดอยู่ในกลุ่มผู้ประกอบกิจการประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) [ ] ซื้อขายเศษเหล็ก โลหะและอลูมิเนียม [ ] โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็กที่ใช้แร่เหล็กหรือเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบ [ ] โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
1.4	องค์กรของท่านเปิดดำเนินการมาเป็นเวลาเท่าใด [ ] ต่ำกว่า 5 ปี [ ] 5 – 10 ปี [ ] 11 - 20 ปี [ ] มากกว่า 20 ปี
1.5	องค์กรของท่านจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดใด [ ] อุตสาหกรรมขนาดเล็ก จำนวนพนักงานน้อยกว่า 50 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดกลาง จำนวนพนักงานระหว่าง 51-200 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระหว่าง 200-500 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระว่าง 500 คนขึ้นไป
1.6	องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้นเป็นคนไทย สัดส่วน.....% ต่างชาติ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....%
1.7	องค์กรของท่านมีรายได้จากการขายโดยเฉลี่ยต่อปี [ ] น้อยกว่า 5 ล้านบาท [ ] 5 ล้านบาท – น้อยกว่า 10 ล้านบาท [ ] 10 ล้านบาท – น้อยกว่า 15 ล้านบาท [ ] 15 ล้านบาท – น้อยกว่า 20 ล้านบาท [ ] 20 ล้านบาท – น้อยกว่า 25 ล้านบาท [ ] ตั้งแต่ 25 ล้านบาทขึ้นไป

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.8	ปัจจุบันองค์กรของท่านได้รับการรับรองมาตรฐานใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] ISO 14001 [ ] ISO 9001 [ ] ISO/TS 16949 [ ] EMAS[1] [ ] CCC[2] [ ] TISI[3] [ ] JIS[4] [ ] AISI[5] [ ] DIN[6] [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (ผู้ประกอบกิจการชิ้นส่วนยานยนต์)

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม		
2.1	ปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบหลักในการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือน) .....ตันต่อเดือน		
2.2	องค์กรของท่านมีพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบหลักในการผลิตซึ่งสามารถรองรับได้.....ตัน		
2.3	องค์กรของท่านใช้วัตถุดิบหลักใดในการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1)	ปริมาณการสั่งซื้อ (ตัน/เดือน)	ความถี่ในการสั่งซื้อ (ครั้ง/เดือน)
	[ ] เหล็กหล่อ		
	[ ] เหล็กท่อ		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดเย็น		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดร้อน		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดร้อนปรับสภาพผิว		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดร้อนล้างผิดเคลือบน้ำมัน		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดร้อนเคลือบสังกะสี		
	[ ] เหล็กแผ่นรีดร้อนเคลือบสังกะสีแบบจุ่มร้อน		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		

[1] มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม
[2] China Compulsory Certification
[3] Thai Industrial Standards Institute
[4] Japanese Industrial Standards
[5] American Iron and Steel Institute
[6] Deutsch Institute Norms

ข้อที่	ข้อคำถาม
2.4	ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบหลักที่องค์กรของท่านสั่งซื้อ สถานที่ 1.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 2.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 3.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 4.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 5.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 6.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ.....
2.5	วิธีการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบมายังองค์กรของท่านดำเนินการโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของผู้จำหน่ายวัตถุดิบเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... รูปแบบการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบหลักมายังองค์กรของท่าน [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
3.1	องค์กรของท่านมีกำลังการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือน).....(ระบุหน่วย:.....)
3.2	องค์กรของท่านประกอบกิจการประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] สินค้าภายใต้เครื่องหมายสินค้าของตนเอง [ ] ผลิตให้กับบริษัทแม่หรือบริษัทในเครือหรือลูกค้าจ้างผลิต [ ] OEM[7] [ ] REM[8]
3.3	องค์กรของท่านจัดอยู่ในกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] Body Parts สัดส่วน.....% [ ] Brakes/Clutches/Suspensions/Shock Absorbers/ Cables/Transmission สัดส่วน.....% [ ] Cooling Fans/Cooling Systems/Radiators สัดส่วน.....% [ ] Engines สัดส่วน.....% [ ] Exhaust and Fuel Systems Components สัดส่วน.....% [ ] Fasteners/Springs/Bearings สัดส่วน.....% [ ] Steering Wheels สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....%
3.4	องค์กรของท่านใช้เครื่องจักรหลักประเภทใดในการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] เครื่องขัดผิว จำนวน.....เครื่อง [ ] เครื่องเจียร จำนวน.....เครื่อง [ ] เครื่องกลึง (CNC) จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง
3.5	องค์กรของท่านมีจำนวนพนักงานฝ่ายผลิตจำนวน พนักงานประจำ.....คน พนักงานชั่วคราว.....คน

[7] REM (Replacement EquipmentManufacturing)

[8] OEM (Original Equipment Manufacturing)

ข้อที่	ข้อคำถาม						
3.6	ของเสียที่เกิดจากการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1)	ปริมาณเฉลี่ย (.....ต่อเดือน)	สัดส่วนการจัดการของเสีย (%)				วิธีการจัดการ
			Reuse	Recycle	Reduce	Disposal	
	สินค้าไม่ได้มาตรฐาน						
	เศษเหล็ก						
	ฝุ่นสนิมเหล็ก						
	ขี้กลึงเหล็ก						
	อื่นๆ (โปรดระบุ)						
	อื่นๆ (โปรดระบุ)						
	อื่นๆ (โปรดระบุ)						
	อื่นๆ (โปรดระบุ)						
	อื่นๆ (โปรดระบุ)						

ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
4.1	สินค้าที่องค์กรของท่านผลิตมีการจำหน่ายไปยังที่ใดบ้าง [ ] ตลาดในประเทศ สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....%

ข้อที่	ข้อคำถาม
	[ ] ตลาดต่างประเทศ สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....%
4.2	วิธีการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าของท่านดำเนินการโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของลูกค้าเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... 4.3 องค์กรของท่านมีรูปแบบการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าของท่านแบบใด [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
5.1	อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานสู่สิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละออง [ ] น้อยว่า 120 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร [ ] 120 – 240 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร [ ] มากกว่า 240 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

5.2	ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ [ ] ระบบดักฝุ่นแบบถุงกรอง จำนวน.....ชุด [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....ชุด [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....ชุด
5.3	ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด.....ลูกบาศก์เมตร/วัน
5.4	ระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ [ ] ถังบำบัดน้ำเสีย ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร

ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ

ตอนที่ 1 โปรดจัดลำดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
	2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
	3. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า	
	4. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย	
	5. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
	6. ต้นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
	7. ต้นทุนแรงงาน	
	8. ต้นทุนพลังงาน	

ตอนที่ 2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. นทุนการจัดเก็บสินค้า					
4. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย					
5. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
6. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง					
7. นทุนแรงงาน					
8. นทุนพลังงาน					

ท่านมีต้นทุนดังต่อไปนี้คิดเป็นจำนวนเงินเท่าใดต่อปี

ประเภทต้นทุน	จำนวนต้นทุนต่อปี (บาทต่อปี)
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
1. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
2. นทุนการจัดเก็บสินค้า	
3. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย	
4. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
5. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
6. นทุนแรงงาน	
7. นทุนพลังงาน	

ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน

<u>ตอนที่ 1</u> โปรดจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ	
	2. ใกล้แหล่งตลาด	
	3. แรงงานหาง่าย	
	4. การขนส่งสะดวก	
	5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ	
	6. ไฟฟ้าสะดวก	
	7. การระบายสิ่งโสโครก	
	8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	
	9. แหล่งวัตถุดิบ	

ตอนที่ 2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ					
2. ใกล้แหล่งตลาด					
3. แรงงานหาง่าย					
4. การขนส่งสะดวก					
5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ					
6. ไฟฟ้าสะดวก					
7. การระบายสิ่งโสโครก					
8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง					
9. แหล่งวัตถุดิบ					

ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อคิดเห็นจากทางบริษัทเกี่ยวกับปัญหาของอุตสาหกรรม

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

วันที่บันทึกข้อมูล...../...../.....

☺ ขอขอบคุณที่ท่านได้กรุณาตอบแบบสอบถามนี้ ☺

แบบสอบถามโครงการวิจัยเรื่อง
“การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาข้อมูลการ **การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ** เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายภาครัฐให้มีความเหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรมการผลิต การสำรวจนี้อยู่ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำชี้แจง รายละเอียดแบบสอบถามฉบับนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ
ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (Input)
ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต (Process)
ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก (Output)
ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม
ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ
ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน
ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและจะนำเสนอผลการวิจัยเพียงภาพรวมเท่านั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.1	รายละเอียดผู้ตอบแบบสอบถาม ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว) :..... ตำแหน่ง :.....E-mail :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.2	รายละเอียดองค์กร ชื่อบริษัท :..... ที่อยู่ :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.3	องค์กรของท่านจัดอยู่ในกลุ่มผู้ประกอบกิจการประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) [ ] ซื้อขายเศษเหล็ก โลหะและอลูมิเนียม [ ] โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็กที่ใช้แร่เหล็กหรือเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบ [ ] โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
1.4	องค์กรของท่านเปิดดำเนินการมาเป็นเวลาเท่าใด [ ] ต่ำกว่า 5 ปี [ ] 5 – 10 ปี [ ] 11 - 20 ปี [ ] มากกว่า 20 ปี
1.5	องค์กรของท่านจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดใด [ ] อุตสาหกรรมขนาดเล็ก จำนวนพนักงานน้อยกว่า 50 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดกลาง จำนวนพนักงานระหว่าง 51-200 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระหว่าง 200-500 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระว่าง 500 คนขึ้นไป
1.6	องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้นเป็นคนไทย ร้อยละ..... ต่างชาติ (โปรดระบุ).....ร้อยละ.....
1.7	องค์กรของท่านมีรายได้จากการขายโดยเฉลี่ยต่อปี [ ] น้อยกว่า 5 ล้านบาท [ ] 5 ล้านบาท – น้อยกว่า 10 ล้านบาท [ ] 10 ล้านบาท – น้อยกว่า 15 ล้านบาท [ ] 15 ล้านบาท – น้อยกว่า 20 ล้านบาท [ ] 20 ล้านบาท – น้อยกว่า 25 ล้านบาท [ ] ตั้งแต่ 25 ล้านบาทขึ้นไป

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.8	ปัจจุบันองค์กรของท่านได้รับการรับรองมาตรฐานใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] ISO 14001 [ ] ISO 9001 [ ] ISO/TS 16949 [ ] EMAS[1] [ ] CCC[2] [ ] TISI[3] [ ] JIS[4] [ ] AISI[5] [ ] DIN[6] [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (ผู้ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็ก)

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม		
2.1	ปริมาณการรับซื้อวัตถุดิบหลักในการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือน) .....ตันต่อเดือน		
2.2	องค์กรของท่านมีพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบหลักในการผลิตซึ่งสามารถรองรับได้.....ตัน		
2.3	**องค์กรของท่านใช้วัตถุดิบหลักใดในการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1)**	**ปริมาณการใช้ (ตัน/เดือน)**	**ความถี่ในการนำเข้า (ครั้ง/เดือน)**
	[ ] เหล็กดิบ (Pig Iron)		
	[ ] เศษเหล็กเสื่อมสภาพ (Scrap)		
	[ ] เศษเหล็กที่เหลือจากการผลิต (Return Scrap)		
	[ ] เศษเหล็กรับกับคืนจากองค์กรในเครือ (Return Chip)		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)		

[1] มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม
[2] China Compulsory Certification
[3] Thai Industrial Standards Institute
[4] Japanese Industrial Standards
[5] American Iron and Steel Institute
[6] Deutsch Institute Norms

ข้อที่	ข้อคำถาม
2.4	ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบหลักที่องค์กรของท่านสั่งซื้อ สถานที่ 1.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 2.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 3.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 4.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 5.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 6.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ.....
2.5	วิธีการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบหลักมายังองค์กรของท่านโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของผู้จำหน่ายวัตถุดิบเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... รูปแบบการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายวัตถุดิบหลักมายังองค์กรของท่าน [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต (ผู้ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็ก)

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
3.1	องค์กรของท่านมีกำลังการผลิต (เฉลี่ยต่อเดือน).....(ระบุหน่วย:.....)
3.2	องค์กรของท่านใช้เครื่องจักรหลักประเภทใดในการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] เตาหลอม จำนวน.....เตา ขนาด.....ตัน [ ] เบ้ารับน้ำเหล็ก จำนวน.....เครื่อง ขนาด.....ตัน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง ขนาด.....ตัน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง ขนาด.....ตัน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง ขนาด.....ตัน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง ขนาด.....ตัน
3.3	องค์กรของท่านมีจำนวนพนักงานฝ่ายผลิตจำนวน พนักงานประจำ.....คน พนักงานชั่วคราว.....คน

3.4

ของเสียที่เกิดจากการผลิต (ตอบได้มากกว่า 1)	ปริมาณเฉลี่ย (.....ต่อเดือน)	สัดส่วนการจัดการของเสีย (%)				วิธีการจัดการ
		Reuse	Recycle	Reduce	Disposal	
สินค้าไม่ได้มาตรฐาน						
ฝุ่นสนิมเหล็ก						
กากขี้เหล็ก						
ตะกรันเหล็ก						
อื่นๆ (โปรดระบุ)						
อื่นๆ (โปรดระบุ)						
อื่นๆ (โปรดระบุ)						
อื่นๆ (โปรดระบุ)						

ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
4.1	สินค้าที่องค์กรของท่านผลิตมีการจำหน่ายไปยังที่ใดบ้าง [ ] ตลาดในประเทศ สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% [ ] ตลาดต่างประเทศ สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....%
4.2	วิธีการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าของท่านดำเนินการโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของลูกค้าเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....
4.3	องค์กรของท่านมีรูปแบบการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้าของท่านแบบใด [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
5.1	อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานสู่สิ่งแวดล้อมมีค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละออง [ ] น้อยว่า 120 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร [ ] 120 – 240 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร [ ] มากกว่า 240 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
5.2	ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ [ ] ระบบดักฝุ่นแบบถุงกรอง จำนวน.....ชุด [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....ชุด [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....ชุด
5.3	ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด.....ลูกบาศก์เมตร/วัน
5.4	ระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ [ ] ถังบำบัดน้ำเสีย ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....ขนาด.....ลูกบาศก์เมตร

ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ

<u>ตอนที่ 1</u> โปรดจัดลำดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
	2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
	3. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า	
	4. ต้นทุนการจัดเก็บข้อเสีย	
	5. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
	6. ต้นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
	7. ต้นทุนแรงงาน	
	8. ต้นทุนพลังงาน	

<u>ตอนที่ 2</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. นทุนการจัดเก็บสินค้า					
4. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย					
5. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
6. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง					
7. นทุนแรงงาน					
8. นทุนพลังงาน					

ท่านมีต้นทุนดังต่อไปนี้คิดเป็นจำนวนเงินเท่าใดต่อปี

ประเภทต้นทุน	จำนวนต้นทุนต่อปี (บาทต่อปี)
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
1. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
2. นทุนการจัดเก็บสินค้า	
3. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย	
4. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
5. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
6. นทุนแรงงาน	
7. นทุนพลังงาน	

ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน

<u>ตอนที่ 1</u> โปรดจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ	
	2. ใกล้แหล่งตลาด	
	3. แรงงานหาง่าย	
	4. การขนส่งสะดวก	
	5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ	
	6. ไฟฟ้าสะดวก	
	7. การระบายสิ่งโสโครก	
	8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	
	9. แหล่งวัตถุดิบ	

ตอนที่ 2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ					
2. ใกล้แหล่งตลาด					
3. แรงงานหาง่าย					
4. การขนส่งสะดวก					
5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ					
6. ไฟฟ้าสะดวก					
7. การระบายสิ่งโสโครก					
8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง					
9. แหล่งวัตถุดิบ					

ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อคิดเห็นจากทางบริษัทเกี่ยวกับปัญหาของอุตสาหกรรม

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

วันที่บันทึกข้อมูล...../...../.....

☺ ขอขอบคุณที่ท่านได้กรุณาตอบแบบสอบถามนี้ ☺

แบบสอบถามโครงการวิจัยเรื่อง
“การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาข้อมูลการ **การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ** เพื่อนำไปสู่การพัฒนานโยบายภาครัฐให้มีความเหมาะสมกับภาคอุตสาหกรรมการผลิต การสำรวจนี้อยู่ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คำชี้แจง รายละเอียดแบบสอบถามฉบับนี้ประกอบด้วย 6 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ
ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (Input)
ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต (Process)
ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก (Output)
ส่วนที่ 5 ข้อมูลการจัดการมลพิษและการควบคุม
ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ
ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน
ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะนำไปใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและจะนำเสนอผลการวิจัยเพียงภาพรวมเท่านั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจ

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.1	รายละเอียดผู้ตอบแบบสอบถาม ชื่อ-นามสกุล (นาย/นาง/นางสาว) :..... ตำแหน่ง :.....E-mail :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.2	รายละเอียดองค์กร ชื่อบริษัท :..... ที่อยู่ :..... โทรศัพท์ :.....โทรสาร :.....
1.3	องค์กรของท่านจัดอยู่ในกลุ่มผู้ประกอบกิจการประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) [ ] ซื้อขายเศษเหล็ก โลหะและอลูมิเนียม [ ] โรงงานที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุง หลอม หล่อ รีด ดึงหรือผลิตเหล็กที่ใช้แร่เหล็กหรือเศษเหล็กเป็นวัตถุดิบ [ ] โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
1.4	องค์กรของท่านเปิดดำเนินการมาเป็นเวลาเท่าใด [ ] ต่ำกว่า 5 ปี [ ] 5 – 10 ปี [ ] 11 - 20 ปี [ ] มากกว่า 20 ปี
1.5	องค์กรของท่านจัดเป็นอุตสาหกรรมขนาดใด [ ] อุตสาหกรรมขนาดเล็ก จำนวนพนักงานน้อยกว่า 50 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดกลาง จำนวนพนักงานระหว่าง 51-200 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระหว่าง 200-500 คน [ ] อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จำนวนพนักงานระว่าง 500 คนขึ้นไป
1.6	องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้นเป็นคนไทย สัดส่วน.....% ต่างชาติ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....%
1.7	องค์กรของท่านมีรายได้จากการขายโดยเฉลี่ยต่อปี [ ] น้อยกว่า 5 ล้านบาท [ ] 5 ล้านบาท – น้อยกว่า 10 ล้านบาท [ ] 10 ล้านบาท – น้อยกว่า 15 ล้านบาท [ ] 15 ล้านบาท – น้อยกว่า 20 ล้านบาท [ ] 20 ล้านบาท – น้อยกว่า 25 ล้านบาท [ ] ตั้งแต่ 25 ล้านบาทขึ้นไป

ข้อที่	ข้อคำถาม
1.8	ปัจจุบันองค์กรของท่านได้รับการรับรองมาตรฐานใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] ISO 14001 [ ] ISO 9001 [ ] ISO/TS 16949 [ ] EMAS[1] [ ] CCC[2] [ ] TISI[3] [ ] JIS[4] [ ] AISI[5] [ ] DIN[6] [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลวัตถุดิบขาเข้า (ผู้ประกอบกิจการซื้อขายเศษเหล็ก)

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม		
2.1	ปริมาณการรับซื้อเศษเหล็ก (เฉลี่ยต่อเดือน) .....ตันต่อเดือน		
2.2	องค์กรของท่านมีพื้นที่ในการจัดเก็บเศษเหล็กซึ่งสามารถรองรับได้.....ตัน		
2.3	องค์กรของท่านรับซื้อเศษเหล็กจากแหล่งใด (ตอบได้มากกว่า 1)	ปริมาณการรับซื้อ (ตัน/เดือน)	ความถี่ในการรับซื้อ (ครั้ง/เดือน)
	[ ] ซาเล้ง		
	[ ] โรงงานอุตสาหกรรม		
	[ ] ผู้รับซื้อเศษเหล็กรายเล็ก		
	[ ] นำเข้าเศษเหล็กจากต่างประเทศ		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		
	[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....		

[1] มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม
[2] China Compulsory Certification
[3] Thai Industrial Standards Institute
[4] Japanese Industrial Standards
[5] American Iron and Steel Institute
[6] Deutsch Institute Norms

ข้อที่	ข้อคำถาม
2.4	ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ตั้งขององค์กรของท่านรับซื้อเศษเหล็ก สถานที่ 1.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 2.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 3.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 4.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 5.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 6.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ..... สถานที่ 7.....จังหวัด.....ประเทศ..... วัตถุดิบหลักที่สั่งซื้อ.....
2.5	วิธีการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายเศษเหล็กมายังองค์กรของท่านดำเนินการโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของผู้จำหน่ายเศษเหล็กเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....
2.6	รูปแบบการขนส่งจากแหล่งจำหน่ายเศษเหล็กมายังองค์กรของท่าน [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลกระบวนการผลิต

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
3.1	องค์กรของท่านมีปริมาณการจัดจำหน่ายเศษเหล็ก (เฉลี่ยต่อเดือน).....(ระบุหน่วย:.....)
3.2	องค์กรของท่านใช้เครื่องจักรหลักประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1) [ ] เครื่องคัดแยก จำนวน.....เครื่อง [ ] เครื่องอัด จำนวน.....เครื่อง [ ] เครื่องตัด จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....จำนวน.....เครื่อง
3.3	ลักษณะของเศษเหล็กที่ท่านส่งให้ลูกค้า [ ] ไม่อัด สัดส่วน.....% [ ] อัดเป็นทรงสี่เหลี่ยม สัดส่วน.....% [ ] ขยี้เป็นชิ้นเล็กๆ สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....สัดส่วน.....%

ส่วนที่ 4 ข้อมูลสินค้าขาออก

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม
4.1	องค์กรของท่านมีการจำหน่ายเศษเหล็กไปยังที่ใดบ้าง [ ] ตลาดในประเทศ สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% จังหวัด.....สัดส่วน.....% [ ] ตลาดต่างประเทศ สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....% ประเทศ.....สัดส่วน.....%

ข้อที่	ข้อคำถาม
4.2	วิธีการจัดส่งเศษเหล็กไปยังลูกค้าของท่านดำเนินการโดย [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานภายในองค์กรเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยหน่วยงานของลูกค้าเป็นผู้ดำเนินการ [ ] ขนส่งโดยใช้องค์กรผู้ให้บริการทางโลจิสติกส์ (3PL) ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% ชื่อบริษัท.....สัดส่วน.....% [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....
4.3	องค์กรของท่านมีรูปแบบการจัดส่งเศษเหล็กไปยังลูกค้าของท่านแบบใด [ ] ขนส่งทางบก โดย [ ] รถบรรทุก 4 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 6 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถบรรทุก 10 ล้อ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] รถไฟ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)..... จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] ขนส่งทางน้ำ จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ.....) จำนวน.....เที่ยว/เดือน

ส่วนที่ 5 การจัดการมลพิษและการควบคุม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดกรอกข้อความลงในช่องว่างที่กำหนดและโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง [ ] หน้าข้อความที่เห็นว่าตรงกับองค์กรของท่านมากที่สุด กรุณาตอบทุกข้อ

ข้อที่	ข้อคำถาม	ใช่	ไม่ใช่	หมายเหตุ
5.1	**ด้านสถานประกอบการ**			
	มีการกำหนดพื้นที่สำหรับปฏิบัติงาน โดยแบ่งแยกในส่วนของสำนักงาน โรงงานและที่เก็บขยะรีไซเคิลแต่ละประเภทอย่างชัดเจน			
	มีระบบการดูแลรักษาขยะรีไซเคิล เพื่อป้องกันการปนเปื้อนไปยังสิ่งแวดล้อม ทั้งด้านกายภาพ กลิ่น และสารปนเปื้อน			
	มีอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล และระบบป้องกันภัยของสถานประกอบการ ทั้งด้านอัคคีภัย การรั่วไหลของสารปนเปื้อนและสารเคมีต่างๆ ที่มากับขยะรีไซเคิล			
	มีการขึ้นทะเบียนบุคลากรด้านสิ่งแวดล้อมประจำโรงงาน			
	- มีผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษกากอุตสาหกรรม			
	- มีผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษอากาศ			
	- มีผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษน้ำ			
5.2	**ด้านกระบวนการคัดแยกขยะรีไซเคิล**			
	มีการกำหนดวิธีการดำเนินงาน (Working Procedure) ที่เหมาะสมกับการจัดการขยะรีไซเคิลที่ทำการให้บริการ			
	จัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือในการองรับการจัดการขยะรีไซเคิลแต่ละประเภทให้เหมาะสม เช่น รถโฟล์คลิฟท์ เครน หรือสายพานลำเลียง			
	มีอุปกรณ์เครื่องมือที่เหมาะสมในการคัดแยก บีบอัด หรือแปรรูปขยะรีไซเคิล ที่เหมาะสมกับการจัดเก็บ และส่งต่อไปยังโรงงานแปรรูปขยะรีไซเคิลต่อไป			
5.3	**ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม**			
	มีระบบป้องกัน ดูแลขยะรีไซเคิล ที่เหมาะสม			
	มีระบบการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน เช่น น้ำเสีย สารเคมี ขยะที่ไม่สามารถส่งขายต่อได้ อย่างเป็นระบบ			

	มีการคำนึงถึงผลกระทบของการดำเนินงานต่อสิ่งแวดล้อม อาทิ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (LCA)			
	มีมาตรฐานการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ISO14000 รองรับ			

ส่วนที่ 6 ข้อมูลด้านต้นทุนการบริหารจัดการ

<u>ตอนที่ 1</u> โปรดจัดลำดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
	2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
	3. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า	
	4. ต้นทุนการจัดเก็บข้อเสีย	
	5. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
	6. ต้นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
	7. ต้นทุนแรงงาน	
	8. ต้นทุนพลังงาน	

<u>ตอนที่ 2</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. นทุนการจัดเก็บสินค้า					
4. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย					
5. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
6. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง					
7. นทุนแรงงาน					
8. นทุนพลังงาน					

ส่วนที่ 7 ข้อมูลด้านการเลือกที่ตั้งโรงงาน

<u>ตอนที่ 1</u> โปรดจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้ โดยให้ต้นทุนที่มีความสำคัญลำดับแรกเป็นลำดับที่ 1

ลำดับที่	ต้นทุน	สาเหตุ
	1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ	
	2. ใกล้แหล่งตลาด	
	3. แรงงานหาง่าย	
	4. การขนส่งสะดวก	
	5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ	
	6. ไฟฟ้าสะดวก	
	7. การระบายสิ่งโสโครก	
	8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง	
	9. แหล่งวัตถุดิบ	

<u>ตอนที่ 2</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความสำคัญของปัจจัยในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. ใกล้แหล่งวัตถุดิบ					
2. ใกล้แหล่งตลาด					
3. แรงงานหาง่าย					
4. การขนส่งสะดวก					
5. น้ำประปาสะดวกเพียงพอ					
6. ไฟฟ้าสะดวก					
7. การระบายสิ่งโสโครก					
8. ค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง					
9. แหล่งวัตถุดิบ					

ท่านมีต้นทุนดังต่อไปนี้คิดเป็นจำนวนเงินเท่าใดต่อปี

ประเภทต้นทุน	จำนวนต้นทุนต่อปี (บาทต่อปี)
1. นทุนการจัดหาวัตถุดิบ	
1. นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ	
2. นทุนการจัดเก็บสินค้า	
3. นทุนการจัดเก็บข้อเสีย	
4. นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ	
5. นทุนการยานพาหนะและการขนส่ง	
6. นทุนแรงงาน	
7. นทุนพลังงาน	

ส่วนที่ 8 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ข้อคิดเห็นจากทางบริษัทเกี่ยวกับปัญหาของอุตสาหกรรม

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

วันที่บันทึกข้อมูล...../...../.....

☺ **ขอขอบคุณที่ท่านได้กรุณาตอบแบบสอบถามนี้** ☺

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มกราคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	330,790.00	330.79
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	30,454.00	30.454
3	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	9,175.00	9.175
4	คลองหลวง	ปทุมธานี	612,992.00	612.992
5	คลองจิก	อยุธยา	99,265.00	99.265
6	บ้านเก่า	ชลบุรี	28,233.00	28.233
7	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	120,575.00	120.575
8	หนองไม้แดง	ชลบุรี	66	0.066
9	บ่อวิน	ชลบุรี	90	0.09
10	นาป่า	ชลบุรี	12,150.00	12.15
11	พานทอง	ชลบุรี	649,708.00	649.708
12	ศรีราชา	ชลบุรี	94,512.00	94.512
13	หนองขาม	ชลบุรี	651	0.651
14	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	337,640.00	337.64
15	นาดี	สมุทรสาคร	2,404.00	2.404
16	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	18,222.00	18.222
17	แพรกษา	สมุทรปราการ	59,260.00	59.26
18	บางเสาธง	สมุทรปราการ	2,760.00	2.76
19	บางพลี	สมุทรปราการ	7,580.00	7.58
20	ตาสิทธิ์	ระยอง	15,505.00	15.505
21	ปลวกแดง	ระยอง	266,260.00	266.26

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	578,230.00	578.23
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	76,852.00	76.852
3	คลองหลวง	ปทุมธานี	721,570.00	721.57
4	คูบางหลวง	ปทุมธานี	20,372.65	20.37265
5	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,339,543.00	2339.543
6	คลองจิก	อยุธยา	90,820.00	90.82
7	บ้านเก่า	ชลบุรี	49,140.00	49.14
8	หนองไม้แดง	ชลบุรี	205	0.205
9	บ่อวิน	ชลบุรี	25	0.025
10	นาป่า	ชลบุรี	177,495.00	177.495
11	พานทอง	ชลบุรี	491,995.00	491.995
12	หนองขาม	ชลบุรี	7,380.00	7.38
13	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	2,315,110.00	2315.11
14	มาบโป่ง	ชลบุรี	1,266,655.00	1266.655
15	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	255,001.00	255.001
16	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	34,432.00	34.432
17	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	40,765.00	40.765
18	ปลวกแดง	ระยอง	884,506.00	884.506
19	หนองปลาหมอ	สระบุรี	69933	69.933

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มีนาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	593,166.00	593.166
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	91,879.00	91.879
3	คลองหลวง	ปทุมธานี	885,655.00	885.655
4	คูบางหลวง	ปทุมธานี	13,471.33	13.47133
5	ประชาธิปัตย์	ปทุมธานี	1,000.00	1
6	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,624,227.00	2624.227
7	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	138,965.00	138.965
8	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	16,613.00	16.613
9	บ้านเก่า	ชลบุรี	81,475.00	81.475
10	หนองไม้แดง	ชลบุรี	782	0.782
11	บ่อวิน	ชลบุรี	30	0.03
12	นาป่า	ชลบุรี	175,186.00	175.186
13	พานทอง	ชลบุรี	757,446.00	757.446
14	หนองขาม	ชลบุรี	32,825.00	32.825
15	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	3,782,370.00	3782.37
16	มาบโป่ง	ชลบุรี	547,425.00	547.425
17	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,624,227.00	2624.227
18	หนองกะขะ	ชลบุรี	20,800.00	20.8
19	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	276,220.00	276.22
20	สวนหลวง	สมุทรสาคร	1,890.00	1.89
21	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	3,266.00	3.266
22	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	59,184.00	59.184
23	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	996,580.00	996.58
24	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	44,026.00	44.026
25	สำโรง	สมุทรปราการ	3,000.00	3
26	บางปลา	สมุทรปราการ	9,860.00	9.86
27	ปลวกแดง	ระยอง	1,036,037.00	1036.037
28	หนองปลาหมอ	สระบุรี	56,080.00	56.08

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน เมษายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	999,845.60	999.8456
2	หนองขาม	ชลบุรี	110,895.00	110.895
3	หนองไม้แดง	ชลบุรี	13,601.00	13.601
4	หนองอิรุณ	ชลบุรี	1430	1.43
5	บ้านเก่า	ชลบุรี	35,301.00	35.301
6	นาป่า	ชลบุรี	200,323.00	200.323
7	ศรีราชา	ชลบุรี	1,142,586.00	1142.586
8	บ่อวิน	ชลบุรี	88	0.088
9	พานทอง	ชลบุรี	354,945.00	354.945
10	ทุ่งสุขลา	ชลบุรี	2,169,890.00	2169.89
11	บางวัว	ฉะเชิงเทรา	38,231.00	38.231
12	เมือง	ฉะเชิงเทรา	20,363.00	20.363
13	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	17,306.00	17.306
14	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	15,906.00	15.906
15	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	580,640.00	580.64
16	นาดี	สมุทรสาคร	1,733.50	1.7335
17	แพรกษา	สมุทรปราการ	19,355.00	19.355
18	เมือง	สมุทรปราการ	143,740.00	143.74
19	บางพลี	สมุทรปราการ	45,040.00	45.04
20	บางเสาธง	สมุทรปราการ	74,700.00	74.7
21	บางปลา	สมุทรปราการ	14,230.00	14.23
22	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	5,010.00	5.01
23	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	271.00	0.271
24	ท่าตูม	ปราจีนบุรี	64,540.00	64.54
25	บ้านช้าง	พระนครศรีอยุธยา	850.00	0.85
26	คลองจิก	พระนครศรีอยุธยา	47,440.00	47.44
27	หนองแค	สระบุรี	4,275.00	4.275
28	ตาสิทธิ์	ระยอง	40,345.00	40.345
29	มาบยางพร	ระยอง	4,170.00	4.17
30	ปลวกแดง	ระยอง	1,213,867.00	1213.867
31	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	398,580.00	398.58
32	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	121,111.00	121.111
33	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	275.00	0.275
34	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	6,273.00	6.273
35	คูบางหลวง	ปทุมธานี	22,424.28	22.42428
36	คลองหลวง	ปทุมธานี	475,560.00	475.56
37	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	240,960.00	240.96

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	471,610.00	471.61
2	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	69,125.00	69.13
3	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	14,072.00	14.07
4	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	12,202.00	12.20
5	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	258.00	0.26
6	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	458,440.00	458.44
7	บางเสาธง	สมุทรปราการ	54,981.14	54.98
8	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	52,117.00	52.12
9	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	783,240.00	783.24
10	เมือง	ฉะเชิงเทรา	66,943.00	66.94
11	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	524,790.00	524.79
12	ปลวกแดง	ระยอง	3,947,125.98	3,947.13
13	คลองหลวง	ปทุมธานี	445,440.00	445.44
14	คูบางหลวง	ปทุมธานี	28,717.18	28.72
15	บางกะดี	ปทุมธานี	7,646.00	7.65
16	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	1,160,393.00	1,160.39
17	นาป่า	ชลบุรี	170,423.00	170.42
18	พานทอง	ชลบุรี	964,859.00	964.86
19	หนองไม้แดง	ชลบุรี	31,751.00	31.75
20	ศรีราชา	ชลบุรี	4,425,568.00	4,425.57
21	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	170,629.00	170.63
22	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	382,230.00	382.23
23	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	167,549.50	167.55
24	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	7,403.00	7.40
25	หนองแค	สระบุรี	33,699.00	33.70
26	บางพลี	สมุทรปราการ	83,054.00	83.05
27	ตาสิทธิ์	ระยอง	11,815.00	11.82
28	นาดี	สมุทรสาคร	920.00	0.92
29	เมือง	สมุทรปราการ	48,125.00	48.13

ตารางที่ ข-6 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	2,478,563.00	2478.563
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	1,562,711.98	1562.71198
3	พานทอง	ชลบุรี	2,395,867.07	2395.86707
4	นาป่า	ชลบุรี	179,812.00	179.812
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	46,017.00	46.017
6	ปลวกแดง	ระยอง	9,124,306.00	9124.306
7	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	69,816.60	69.8166
8	เมือง	ฉะเชิงเทรา	34,423.00	34.423
9	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	279,900.00	279.9
10	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	981,620.00	981.62
11	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	53,138.00	53.138
12	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	614,468.00	614.468
13	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	6,650.00	6.65
14	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	82,587.00	82.587
15	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	1321	1.321
16	คลองหลวง	ปทุมธานี	792,600.00	792.6
17	คูบางหลวง	ปทุมธานี	24,635.38	24.63538
18	บางกะดี	ปทุมธานี	5,073.00	5.073
19	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	880,330.00	880.33
20	บางเสาธง	สมุทรปราการ	407,844.00	407.844
21	บางพลี	สมุทรปราการ	288,831.40	288.8314
22	เมือง	สมุทรปราการ	38,505.00	38.505
23	แพรกษา	สมุทรปราการ	4980	4.98
24	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	144,627.00	144.627
25	ราชาเทวะ	สมุทรปราการ	1370	1.37
26	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	292,110.00	292.11
27	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	6,766.10	6.7661
28	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	535,688.50	535.6885
29	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	171,010.00	171.01
30	หนองแค	สระบุรี	17,237.00	17.237
31	เมือง	นครราชสีมา	143,050.00	143.05

ตารางที่ ข-7 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	3,078,050.00	3,078.05
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,525,930.81	2,525.93
3	พานทอง	ชลบุรี	2,846,399.00	2,846.40
4	นาป่า	ชลบุรี	233,559.00	233.56
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	91,910.70	91.91
6	เมือง	ชลบุรี	10,780.00	10.78
7	ปลวกแดง	ระยอง	10,351,860.20	10,351.86
8	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	223,983.40	223.98
9	เมือง	ฉะเชิงเทรา	66,874.00	66.87
10	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	368,850.00	368.85
11	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	867,470.00	867.47
12	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	32,886.00	32.89
13	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	556,402.00	556.40
14	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	20,597.00	20.60
15	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	90,910.00	90.91
16	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	1,355.00	1.36
17	คลองหลวง	ปทุมธานี	837,690.00	837.69
18	คูบางหลวง	ปทุมธานี	20,297.47	20.30
19	บางกะดี	ปทุมธานี	4,551.00	4.55
20	ธัญบุรี	ปทุมธานี	54,851.00	54.85
21	สามโคก	ปทุมธานี	17,500.00	17.50
22	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	710,880.00	710.88
23	บางเสาธง	สมุทรปราการ	758,617.80	758.62
24	บางพลี	สมุทรปราการ	268,566.00	268.57
25	เมือง	สมุทรปราการ	32,775.00	32.78
26	แพรกษา	สมุทรปราการ	5,915.00	5.92
27	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	204,651.00	204.65
28	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	345,020.00	345.02
29	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	384,918.00	384.92
30	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	976,542.50	976.54
31	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	179,408.20	179.41
32	หนองแค	สระบุรี	15,006.50	15.01
33	เมือง	นครราชสีมา	121,210.00	121.21

ตารางที่ ข-8 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	บ้านบึง	ชลบุรี	361.00	0.36
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,660,872.47	2,660.87
3	พานทอง	ชลบุรี	3,626,498.00	3,626.50
4	นาป่า	ชลบุรี	176,413.00	176.41
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	144,737.00	144.74
6	ปลวกแดง	ระยอง	13,808,941.50	13,808.94
7	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	4,598,558.00	4,598.56
8	เมือง	ฉะเชิงเทรา	66,990.00	66.99
9	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	210,120.00	210.12
10	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	634,990.00	634.99
11	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	50,066.00	50.07
12	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	1,007,768.00	1,007.77
13	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	77,310.00	77.31
14	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	567.00	0.57
15	คลองหลวง	ปทุมธานี	719,041.00	719.04
16	คูบางหลวง	ปทุมธานี	22,340.43	22.34
17	บางกะดี	ปทุมธานี	6,599.00	6.60
18	ธัญบุรี	ปทุมธานี	43,825.00	43.83
19	ลำลูกกา	ปทุมธานี	31,879.00	31.88
20	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	923,310.00	923.31
21	บางเสาธง	สมุทรปราการ	810,416.50	810.42
22	บางพลี	สมุทรปราการ	233,640.00	233.64
23	เมือง	สมุทรปราการ	13,700.00	13.70
24	แพรกษา	สมุทรปราการ	6,421.00	6.42
25	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	230,552.00	230.55
26	พระประแดง	สมุทรปราการ	8,050.00	8.05
27	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	450,562.00	450.56
28	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	276,569.20	276.57
29	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	1,132,349.00	1,132.35
30	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	466,930.00	466.93
31	หนองแค	สระบุรี	10,320.50	10.32
32	เมือง	นครราชสีมา	114,995.00	115.00

ตารางที่ ข-9 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กันยายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	5,147,210.39	5,147.21
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	5,508,198.38	5,508.20
3	พานทอง	ชลบุรี	4,064,368.00	4,064.37
4	นาป่า	ชลบุรี	175,598.00	175.60
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	168,935.50	168.94
6	เมือง	ชลบุรี	8740	8.74
7	บ้านบึง	ชลบุรี	217	0.22
8	ปลวกแดง	ระยอง	14,605,771.00	14,605.77
9	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	345,983.00	345.98
10	เมือง	ฉะเชิงเทรา	41,015.00	41.02
11	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	376,444.00	376.44
12	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	1,671,690.00	1,671.69
13	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	20,410.00	20.41
14	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	3,280.00	3.28
15	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	853,820.00	853.82
16	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	64,578.00	64.58
17	บางแค	กรุงเทพมหานคร	2,060.00	2.06
18	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	667	0.67
19	คลองหลวง	ปทุมธานี	1,086,053.00	1,086.05
20	คูบางหลวง	ปทุมธานี	25,029.01	25.03
21	บางกะดี	ปทุมธานี	7,656.00	7.66
22	ธัญบุรี	ปทุมธานี	61,371.00	61.37
23	ลำลูกกา	ปทุมธานี	115617	115.62
24	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	1,110,827.00	1,110.83
25	บางเสาธง	สมุทรปราการ	932,906.50	932.91
26	บางพลี	สมุทรปราการ	785,392.00	785.39
27	เมือง	สมุทรปราการ	387,820.00	387.82
28	แพรกษา	สมุทรปราการ	7,634.00	7.63
29	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	280,934.00	280.93
30	พระประแดง	สมุทรปราการ	10,420.00	10.42
31	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	448,237.00	448.24
32	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	454,120.20	454.12
33	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	705,089.50	705.09
34	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	9440	9.44
35	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	752,980.00	752.98
36	หนองแค	สระบุรี	5,971.00	5.97
37	เมือง	นครราชสีมา	145,490.00	145.49

ตารางที่ ข-9 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน กันยายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	5,147,210.39	5,147.21
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	5,508,198.38	5,508.20
3	พานทอง	ชลบุรี	4,064,368.00	4,064.37
4	นาป่า	ชลบุรี	175,598.00	175.60
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	168,935.50	168.94
6	เมือง	ชลบุรี	8740	8.74
7	บ้านบึง	ชลบุรี	217	0.22
8	ปลวกแดง	ระยอง	14,605,771.00	14,605.77
9	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	345,983.00	345.98
10	เมือง	ฉะเชิงเทรา	41,015.00	41.02
11	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	376,444.00	376.44
12	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	1,671,690.00	1,671.69
13	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	20,410.00	20.41
14	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	3,280.00	3.28
15	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	853,820.00	853.82
16	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	64,578.00	64.58
17	บางแค	กรุงเทพมหานคร	2,060.00	2.06
18	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	667	0.67
19	คลองหลวง	ปทุมธานี	1,086,053.00	1,086.05
20	คูบางหลวง	ปทุมธานี	25,029.01	25.03
21	บางกะดี	ปทุมธานี	7,656.00	7.66
22	ธัญบุรี	ปทุมธานี	61,371.00	61.37
23	ลำลูกกา	ปทุมธานี	115617	115.62
24	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	1,110,827.00	1,110.83
25	บางเสาธง	สมุทรปราการ	932,906.50	932.91
26	บางพลี	สมุทรปราการ	785,392.00	785.39
27	เมือง	สมุทรปราการ	387,820.00	387.82
28	แพรกษา	สมุทรปราการ	7,634.00	7.63
29	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	280,934.00	280.93
30	พระประแดง	สมุทรปราการ	10,420.00	10.42
31	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	448,237.00	448.24
32	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	454,120.20	454.12
33	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	705,089.50	705.09
34	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	9440	9.44
35	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	752,980.00	752.98
36	หนองแค	สระบุรี	5,971.00	5.97
37	เมือง	นครราชสีมา	145,490.00	145.49

ตารางที่ ข-10 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	5,152,351.50	5,152.35
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	3,718,566.25	3,718.57
3	พานทอง	ชลบุรี	1,802,151.50	1,802.15
4	นาป่า	ชลบุรี	190,261.00	190.26
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	136,736.90	136.74
6	บ้านบึง	ชลบุรี	1,613.00	1.61
7	เมือง	ชลบุรี	21,320.00	21.32
8	ปลวกแดง	ระยอง	11,304,012.50	11,304.01
9	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	1,270,691.60	1,270.69
10	เมือง	ฉะเชิงเทรา	42,047.00	42.05
11	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	278,796.00	278.80
12	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	967,530.00	967.53
13	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	35,452.00	35.45
14	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	12,300.00	12.30
15	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	561,272.00	561.27
16	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	61,252.00	61.25
17	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	1,670.00	1.67
18	ประเวศ	กรุงเทพมหานคร	28,740.00	28.74
19	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	579.00	0.58
20	บางแค	กรุงเทพมหานคร	1,620.00	1.62
21	คลองหลวง	ปทุมธานี	611,530.00	611.53
22	คูบางหลวง	ปทุมธานี	7,466.25	7.47
23	บางกะดี	ปทุมธานี	3,100.00	3.10
24	ธัญบุรี	ปทุมธานี	8,820.00	8.82
25	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	478,239.00	478.24
26	บางเสาธง	สมุทรปราการ	325,457.70	325.46
27	บางพลี	สมุทรปราการ	450,760.00	450.76
28	เมือง	สมุทรปราการ	352,280.00	352.28
29	แพรกษา	สมุทรปราการ	1,877.00	1.88
30	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	153,432.00	153.43
31	พระประแดง	สมุทรปราการ	228,450.00	228.45
32	บางบ่อ	สมุทรปราการ	888.20	0.89
33	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	305,430.00	305.43
34	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	8,135.00	8.14
35	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	43,285.00	43.29

ตารางที่ ข-10 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554) (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
36	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	405,405.00	405.41
37	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	2,410.00	2.41
38	หนองแค	สระบุรี	13,315.50	13.32
39	แก่งคอย	สระบุรี	26,340.00	26.34
40	เมือง	นครราชสีมา	109,960.00	109.96

ตารางที่ ข-11 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	1,613,499.00	1,613.50
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	2,732,675.31	2,732.68
3	พานทอง	ชลบุรี	1,829,400.92	1,829.40
4	นาป่า	ชลบุรี	143,748.00	143.75
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	516,677.82	516.68
6	เมือง	ชลบุรี	9,000.00	9.00
7	ปลวกแดง	ระยอง	7,386,741.00	7,386.74
8	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	1,054,832.80	1,054.83
9	เมือง	ฉะเชิงเทรา	35,094.00	35.09
10	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	107,960.00	107.96
11	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	292,238.00	292.24
12	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	38,704.00	38.70
13	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	10,040.00	10.04
14	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	310,735.00	310.74
15	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	33,979.00	33.98
16	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	1,435.00	1.44
17	คลองหลวง	ปทุมธานี	294,230.00	294.23
18	คูบางหลวง	ปทุมธานี	5,948.42	5.95
19	บางกะดี	ปทุมธานี	8,438.00	8.44
20	ธัญบุรี	ปทุมธานี	9,075.00	9.08
21	ลำลูกกา	ปทุมธานี	26,581.00	26.58
22	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	221,414.00	221.41
23	บางเสาธง	สมุทรปราการ	442,154.40	442.15
24	บางพลี	สมุทรปราการ	230,061.00	230.06
25	เมือง	สมุทรปราการ	608,690.00	608.69
26	แพรกษา	สมุทรปราการ	954.00	0.95
27	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	2,177,955.00	2,177.96
28	พระประแดง	สมุทรปราการ	477,836.00	477.84
29	บางบ่อ	สมุทรปราการ	1,377.70	1.38
30	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	330,460.00	330.46
31	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	42,020.00	42.02
32	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	394,111.00	394.11
33	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	1,860.00	1.86
34	หนองแค	สระบุรี	16,523.00	16.52
35	แก่งคอย	สระบุรี	60,710.00	60.71

ตารางที่ ข-12 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
1	ศรีราชา	ชลบุรี	2,561,705.00	2,561.71
2	ดอนหัวฬอ	ชลบุรี	5,030,064.08	5,030.06
3	พานทอง	ชลบุรี	2,913,460.90	2,913.46
4	นาป่า	ชลบุรี	140,329.00	140.33
5	หนองไม้แดง	ชลบุรี	473,842.10	473.84
6	เมือง	ชลบุรี	1,449,920.00	1,449.92
7	บ้านบึง	ชลบุรี	132.00	0.13
8	ปลวกแดง	ระยอง	11,021,301.20	11,021.30
9	บางปะกง	ฉะเชิงเทรา	1,720,835.00	1,720.84
10	เมือง	ฉะเชิงเทรา	51,399.00	51.40
11	บางน้ำเปรี้ยว	ฉะเชิงเทรา	127,450.00	127.45
12	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	336,820.00	336.82
13	บ้านโพธิ์	ฉะเชิงเทรา	1,340,139.00	1,340.14
14	บางไผ่	ฉะเชิงเทรา	50,676.00	50.68
15	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	11,330.00	11.33
16	ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	1,132,744.00	1,132.74
17	พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	376,770.00	376.77
18	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	51,268.00	51.27
19	หนองแขม	กรุงเทพมหานคร	11,330.00	11.33
20	เพชรเกษม	กรุงเทพมหานคร	1,162.00	1.16
21	คลองสามวา	กรุงเทพมหานคร	15,671.00	15.67
22	คันนายาว	กรุงเทพมหานคร	1,700.00	1.70
23	คลองหลวง	ปทุมธานี	522,140.00	522.14
24	คูบางหลวง	ปทุมธานี	7,236.50	7.24
25	บางกะดี	ปทุมธานี	8,515.00	8.52
26	ธัญบุรี	ปทุมธานี	39,350.00	39.35
27	ลำลูกกา	ปทุมธานี	20,115.00	20.12
28	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	531,840.00	531.84
29	บางเสาธง	สมุทรปราการ	561,480.00	561.48
30	บางพลี	สมุทรปราการ	653,156.00	653.16
31	เมือง	สมุทรปราการ	1,766,470.00	1,766.47
32	แพรกษา	สมุทรปราการ	5,963.00	5.96
33	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	164,758.00	164.76
34	บางบ่อ	สมุทรปราการ	447.20	0.45
35	พระประแดง	สมุทรปราการ	520,450.00	520.45

ตารางที่ ข-12 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษเหล็กจากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554) (ต่อ)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)	ปริมาณเศษ (ตัน)
36	อ้อมน้อย	สมุทรสาคร	285,920.00	285.92
37	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	53,845.00	53.85
38	บางปะอิน	พระนครศรีอยุธยา	622,015.00	622.02
39	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	690.00	0.69
40	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	764,215.50	764.22
41	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี	2,740.00	2.74
42	แก่งคอย	สระบุรี	46,260.00	46.26
43	หนองแค	สระบุรี	58,299.30	58.30
44	เมือง	นครราชสีมา	128,070.00	128.07

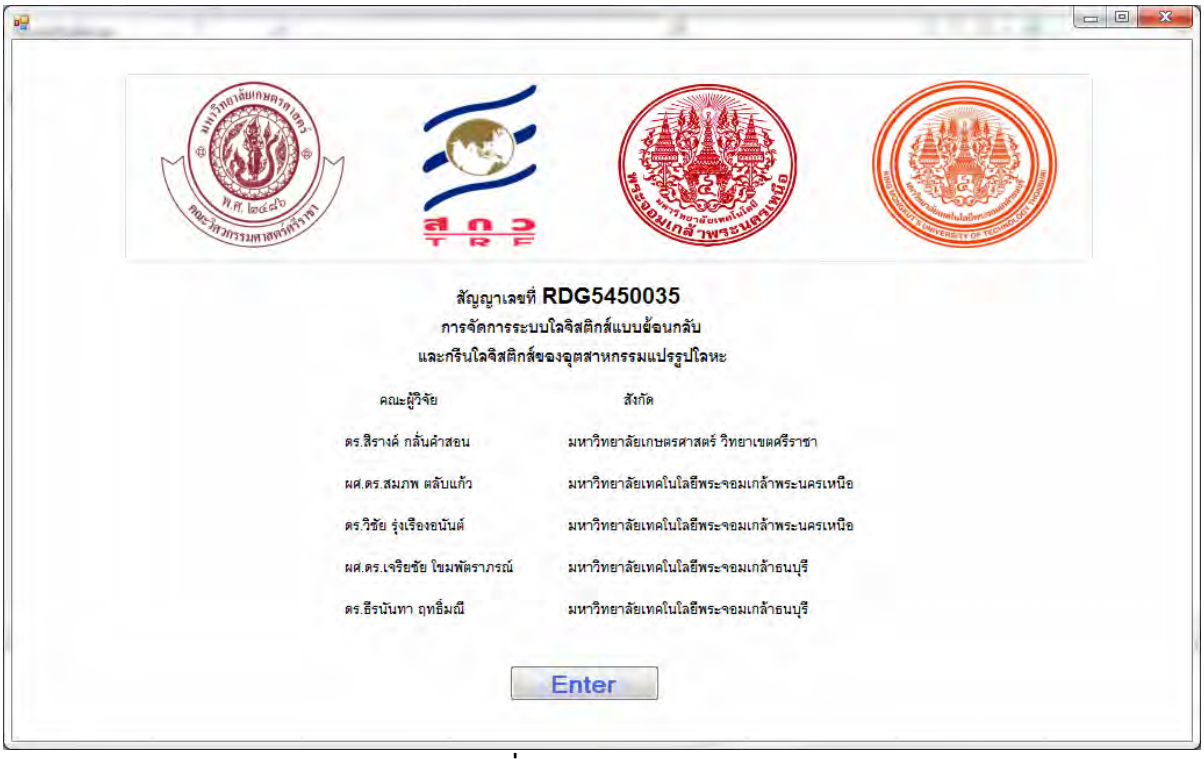
ตาราง ค เมตริกซ์ระยะทางการขนส่ง

			สำโรงใต้ สมุทรปราการ	อินทร์บุรี สิงห์บุรี	บางขโมด สระบุรี	บ่อทอง ชลบุรี	บ่อวิน ชลบุรี
ผู้รวบรวมเศษ	บางโปรง	สมุทรปราการ	2.4	196	156	149	182
	หนองแหน	ฉะเชิงเทรา	125	278	215	63.6	123
	พานทอง	ชลบุรี	103	260	197	66.1	70.1
	ละหาร	นนทบุรี	63.6	141	112	175	172
	ราษฎร์บูรณะ	กรุงเทพมหานคร	21.3	199	135	160	149
	ลาดหลุมแก้ว	ปทุมธานี	72.9	137	101	205	202
	หัวสำโรง	ฉะเชิงเทรา	118	272	209	63.5	116
	คลองกิ่ว	ชลบุรี	115	277	221	46.3	39.7
	มาบตาพุต	ระยอง	187	337	303	105	49
	หนองปลาไหล	ชลบุรี	166	305	249	96	32.8
	หนองตำลึง	ชลบุรี	92.8	250	195	67.7	65.1
	บ่อวิน	ชลบุรี	163	305	249	74	0
	คลองกุ่ม	กรุงเทพมหานคร	45.3	181	125	158	129
	บางกระเจ้า	สมุทรสาคร	64.1	209	169	198	217
	เชียงรากน้อย	พระนครศรีอยุธยา	88.7	116	76.3	193	190
	พนานิคม	ระยอง	165	327	273	77.7	16.8
	มาบยางพร	ระยอง	167	308	261	71.3	3.8
	หนองรี	ชลบุรี	100	258	202	69.3	56.4
	บางละมุง	ชลบุรี	171	311	278	101	34
	แสนสุข	ชลบุรี	115	276	220	92.2	56.1
	เนินพระ	ระยอง	195	344	311	98.3	56.5
	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	14.9	202	143	161	152
	บางละมุง	ชลบุรี	171	311	278	101	34
	บ้านบึง	ชลบุรี	109	267	211	47.7	46.1
	แพรกษาใหม่	สมุทรปราการ	15.6	203	143	162	134
	บางขุนกอง	นนทบุรี	52.1	203	130	156	154
	หนองอิรุณ	ชลบุรี	130	284	229	31	37

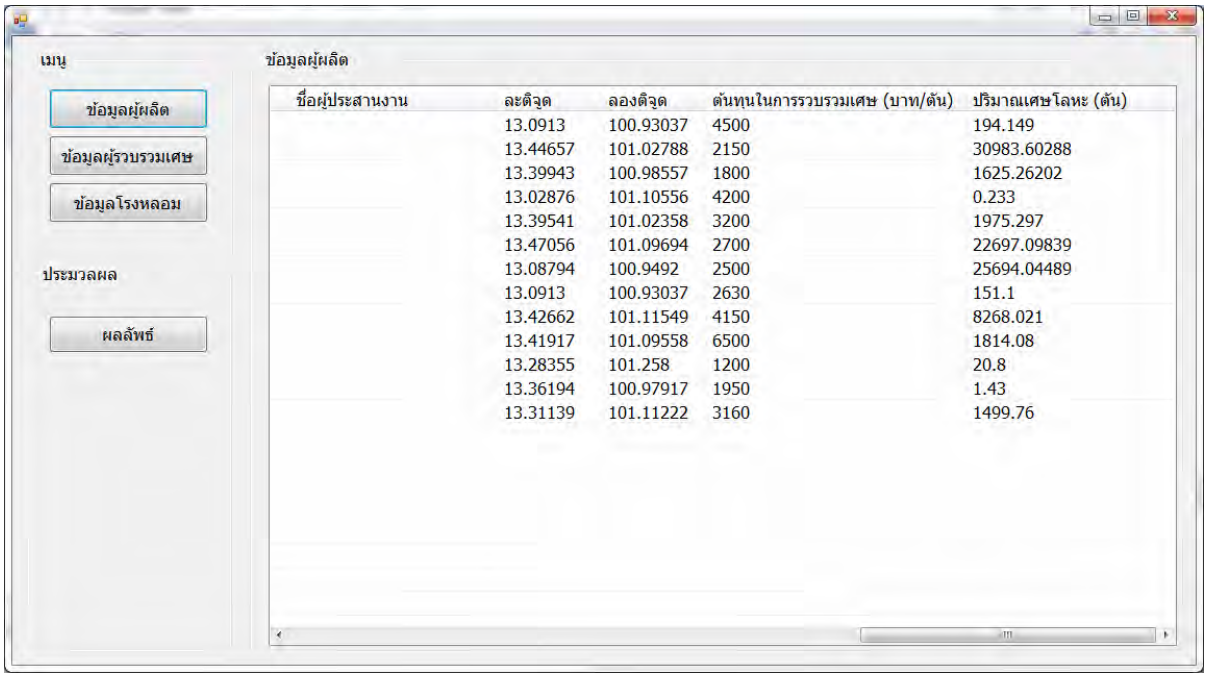
ลาดกระบัง	กรุงเทพมหานคร	42	200	141	110	105
บางกระเจ้า	สมุทรสาคร	64.1	209	169	198	217
สำโรงใต้	สมุทรปราการ	0	193	154	146	144
คลองกุ่ม	กรุงเทพมหานคร	45.3	181	125	158	129

ปลวกแดง ระยอง	พนานิคม ระยอง	ศรีมหาโพธิ์ ปราจีนบุรี	สวนหลวง สมุทรสาคร	โคกขาม สมุทรสาคร	คอกกระบือ สมุทรสาคร
164	205	181	60.8	53.3	54.9
118	145	62.4	157	158	160
87.7	92.5	102	146	132	134
190	195	178	50.8	55.4	57
167	172	174	44.9	36.9	30
220	225	188	57.2	64.6	66.2
111	138	59.1	150	152	153
47.1	62.3	123	163	149	150
42.4	31.6	193	214	206	208
44.1	44.3	170	183	175	176
92.2	81.3	121	136	122	124
19.8	16.8	162	182	174	176
161	152	145	60.5	61.4	63
205	210	225	30.2	18.1	19.7
208	213	162	95.9	122	124
10.9	0	154	204	196	198
12.9	13	145	186	178	179
83.4	77.2	128	144	130	131
49.7	49.1	176	188	202	204
83.2	72.3	238	153	148	150
54.1	39	201	221	214	215
187.0	191	168	64.7	64.3	62.1
49.7	49.1	176	188	202	204
55.1	62.5	124	153	139	140
151	156	169	65.5	61.2	62.9
177	182	170	39	47.2	48.9
43.3	53.4	124	176	161	163

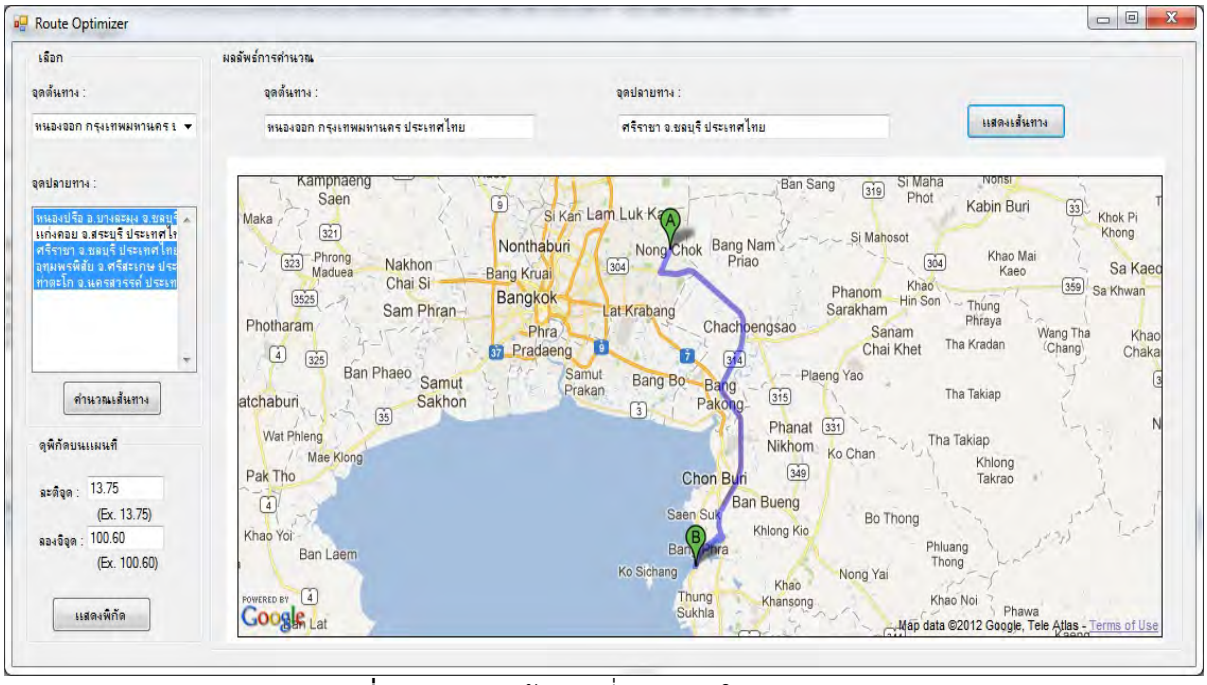
123	128	162	76.9	76.9	78.6
205	210	225	30.2	18.1	19.7
162	202	179	58.3	50.9	52.5
161	152	145	60.5	61.4	63



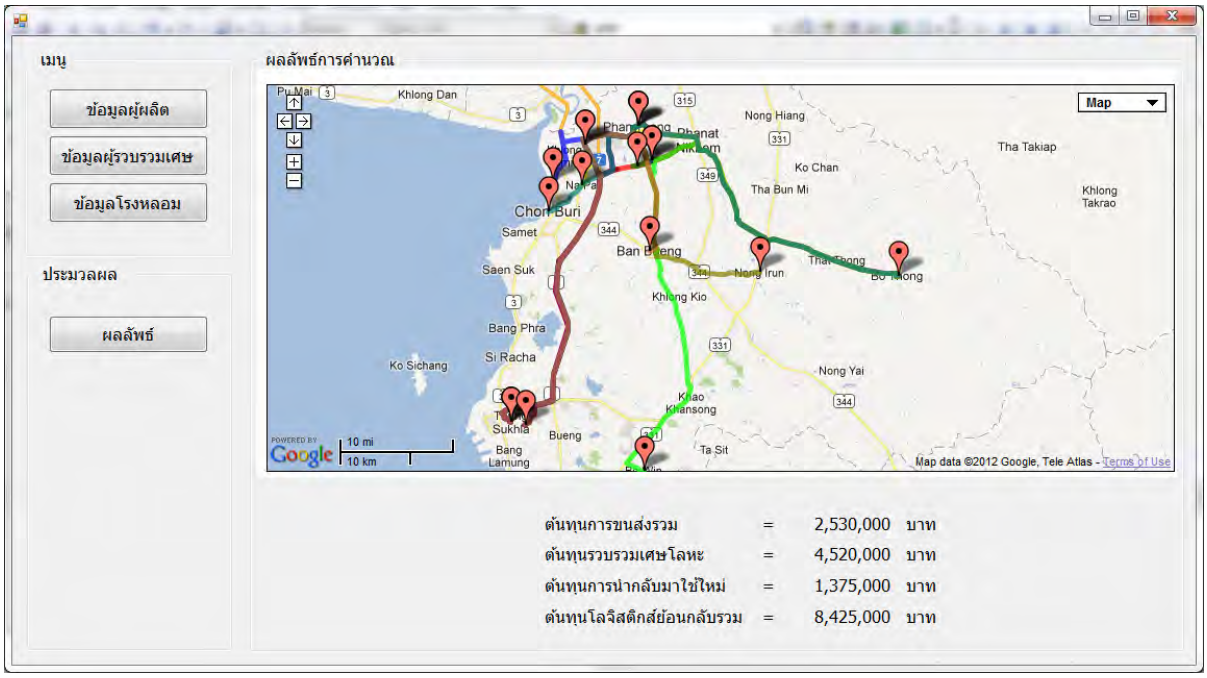
รูปที่ ง-1 เข้าสู่โปรแกรม



รูปที่ ง-2 กรอกข้อมูลพื้นฐาน



รูปที่ ง-3 การจัดเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทาง



รูปที่ ง-4 ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการกระจายเศษโลหะจากผู้ผลิตไปยังแหล่งรวบรวมหรือโรงหลอม

แบบสอบถามโครงการ "การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"
ส่วนที่ 2 ตะกั่ว : ผลิตแบตเตอรี่

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยใน **"โครงการการจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"**ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อดำเนินการวิจัย โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยคณะผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและนำเสนอผลวิจัยเพียงภาพรวม คณะวิจัยหวังอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 7ตอน ดังนี้
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร
ตอนที่ 2 ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ
ตอนที่ 3 ข้อมูลด้านกระบวนการผลิต
ตอนที่ 4 ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง
ตอนที่ 5 การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน
ตอนที่ 6 นโยบายในอนาคตขององค์กร
ตอนที่ 7 ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ขอความกรุณาส่งแบบสอบถามภายในวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2555 มาที่

ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทร.02-427-9178, 086-972-5355

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

ดร. ธีรนันทา ฤทธิ์มณี	โทร. 081-985-2855
คุณณภัทร มงคลธนานนท์	โทร. 086-821-8591
คุณศิริณทิพย์ แก้วจักร	โทร. 087-186-8979
คุณจิตติ นิ่มนุช	โทร. 084-082-1871

<u>ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร</u>

1.1 ชื่อองค์กร .....
ที่อยู่ .....
โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

1.2 ชื่อผู้ให้ข้อมูล ..... นามสกุล.....
ตำแหน่ง ..... อายุงาน .....
โทรศัพท์ ..... E-Mail .....

1.3 องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้น เป็นคนไทย ..... % ของหุ้นทั้งหมด
ต่างชาติ ..... % ของหุ้นทั้งหมด

1.4 องค์กรของท่านเปิดดำเนินการแล้วมาเป็นเวลา ..... ปี

1.5 องค์กรของท่านมีรายได้เฉลี่ย .....ล้านบาท/ปี

1.6 กำลังการผลิตขององค์กรท่านมีเท่าไหร่
กำลังการผลิตสูงสุด ..... ลูกต่อปี กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ใช้ .....ลูกต่อปี

1.7 จำนวนพนักงานในองค์กร
1.7.1 พนักงานประจำ ส่วนสำนักงาน ..... คน
ส่วนโรงงาน ..... คน
1.7.2 พนักงานชั่วคราว

ส่วนสำนักงาน	ส่วนโรงงาน
สูงสุด ..... คน	สูงสุด ..... คน
ต่ำสุด ..... คน	ต่ำสุด ..... คน

1.8 องค์กรของท่านเคยได้รับการรับรองมาตรฐานอะไรบ้าง(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ISO/TS16949 ☐ ISO 14001 ☐ QS 9000 ☐ มอก.6-2524
☐ JIS[1] ☐ DIN[2] ☐ SAE[3] ☐ IEC[4]
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>หมายเหตุ</u>

[1] *JIS - Japanese Industrials Standard*
[2] *DIN - Deutsches Institute Fur Norm*
[3] *SAE - Society of Automotive Engineers*
[4] *IEC - International Electro Technical Commission*

<u>ส่วนที่ 2: ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ</u>

2.1 องค์กรของท่านนำเข้าวัตถุดิบชนิดใดบ้างเพื่อใช้ในการผลิต (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณการสั่งซื้อเฉลี่ย (ตันต่อครั้ง)	ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัตถุดิบ (บาท/เดือน)	แหล่งที่มาของวัตถุดิบในการผลิต		
			ภายในประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)	นำเข้าจากต่างประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)	ใช้วัตถุดิบที่ผ่านการรีไซเคิล (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)
ตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99%					
ตะกั่วผสมพลวง					
ตะกั่วผสมแคลเซียม					
เปลือกหม้อและฝา					
กรดซัลฟูริก					
แผ่นกั้น					
แผ่นธาตุ					
อื่นๆ โปรดระบุ					
อื่นๆ โปรดระบุ					

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบหลักที่องค์กรของท่าน

<u>ตะกั่วบริสุทธิ์ 99.99%</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....
..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>ตะกั่วผสมพลวง</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ
ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>ตะกั่วผสมแคลเซียม</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

- ☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
- ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
- ☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
- ☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
- ☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

- ☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
- ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
  - ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
    ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
  - ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>เปลือกหม้อและฝา</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>กรดซัลฟูริก</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แผ่นกั้น</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แผ่นธาตุ</u>

ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ
ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

หมายเหตุ ข้อมูล**วัตถุดิบอื่นๆ**กรุณากรอกแบบสอบถามในเอกสารแนบท้าย

<u>ส่วนที่ 3: ข้อมูลด้านกระบวนการผลิต</u>

3.1 องค์กรของท่านทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดบ้างต่อไปนี้

ชนิดของผลิตภัณฑ์		**ปริมาณเฉลี่ย (ลูก/เดือน)**	**ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน (% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด)**	**ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกตีกลับ (% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด)**	**ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ (บาท/เดือน)**
แบตเตอรี่รถยนต์	Low Maintenance				
	Maintenance Free				
	Sealed Maintenance Free				
	Hybrid Battery				
	อื่นๆ โปรดระบุ				
แบตเตอรี่รถจักรยานยนต์	Low Maintenance				
	Sealed Maintenance Free				
	อื่นๆ โปรดระบุ				
แบตเตอรี่สำหรับรถกอล์ฟ					
แบตเตอรี่สำหรับโฟล์คลิฟต์ (V-Type Battery)					
แบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้า (EV Battery)					
อื่นๆ โปรดระบุ					

<u>ส่วนที่ 4: ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง</u>

4.1 องค์กรของท่านมีตลาดในการจัดจำหน่ายอย่างไร (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ภายในประเทศ

☐ ตลาดรถใหม่ (Original Equipment Market : OEM) คิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

☐ ตลาดทดแทน (Replacement Equipment Market : REM) คิดเป็น ..... % ยอดขายต่อปี

☐ ส่งออกต่างประเทศ คิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าที่องค์กรของท่านขายผลิตภัณฑ์ให้ (กรุณาเลือกตอบ 5 อันดับแรกโดยดูจากปริมาณการการขายเป็นหลัก)

<u>แบตเตอรี่รถยนต์ Low Maintenance</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

.....คิดเป็น.....%ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Low Maintenance ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Low Maintenance ทั้งหมด
ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แบตเตอรี่รถยนต์ Maintenance Free</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....
.....คิดเป็น.....%ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Maintenance Free ทั้งหมด
ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Maintenance Free ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แบตเตอรี่รถยนต์ Sealed Maintenance Free</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

.....คิดเป็น.....%ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Sealed Maintenance Free ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Sealed Maintenance Free ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แบตเตอรี่รถยนต์ Hybrid Battery</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....
.....คิดเป็น.....%ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Hybrid Battery ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายแบตเตอรี่รถยนต์ Hybrid Battery ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>หมายเหตุ</u>

ข้อมูล**ผลิตภัณฑ์อื่นๆ**กรุณากรอกแบบสอบถามในเอกสารแนบท้าย

4.3 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งผลิตภัณฑ์

ประเภทของเชื้อเพลิง

☐ น้ำมัน ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

☐ NGV ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

☐ LPG ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

4.4 น้ำหนักสินค้าบรรทุกของรถขนส่งขากลับ

☐ รถเปล่า ☐ มีผลิตภัณฑ์ย้อนกลับคิดเป็น .....% Load

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>ส่วนที่ 5 การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน</u>

5.1 เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัด

☐ ไม่มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต

☐ มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต โรงงานเป็นผู้ดำเนินการเอง

☐ มี เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตโดยส่งมอบให้ผู้ประกอบการข้างนอกเข้ามาจัดการ

ประเภทเศษวัสดุ	**ปริมาณ(ระบุหน่วย)**	**วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัด (ในกรณีที่ทราบกระบวนการ)**	**มีการนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานหรือไม่ (ระบุปริมาณที่ใช้)**

5.2 กระบวนการกำจัดมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากโรงงาน

มลพิษที่ถูกปล่อยออกมา	**ปริมาณที่ปล่อยออกมา(ระบุหน่วย)**	**วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ใน การกำจัด**	**การนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน (ระบุเป็น % ของจำนวนที่ใช้ในโรงงานทั้งหมด)**
น้ำ			
อากาศ			
พลาสติก			
ตะกั่ว			
สารอิเล็กโทรไลต์			
เชื้อเพลิง			

5.3 โรงงานของท่านมีการใช้เชื้อเพลิงจากพลังงานประเภทใดบ้าง

ประเภทพลังงาน	**ปริมาณที่ใช้ต่อปี(โปรดระบุหน่วย)**
ถ่านหิน	
NGV	
LPG	
ไฟฟ้า	
น้ำ	
ไอน้ำ	

5.4 โรงงานของท่านมีการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

☐ น้ำเสียและตะกอนจากน้ำเสีย

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ เศษตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ ไอกรดและฝุ่น

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ ไอตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

5.5 โรงงานของท่านมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยหรือไม่

☐ ไม่มี

☐ มี (โปรดระบุ) ชื่อ ..... นามสกุล .....

โทรศัพท์ ..... E-Mail .....

5.6 การตรวจคุณภาพในอากาศ

5.6.1 การตรวจวัดมลพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศ

☐ มี ☐ ไม่มี ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

5.6.2 สารตัวอย่างที่เคยตรวจวัด(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ คาร์บอนไดออกไซด์

☐ คาร์บอนมอนนอกไซด์

☐ สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์

☐ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

5.6.3 หน่วยงานที่เคยขอรับบริการ

☐ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ☐ อื่น (โปรดระบุ) .....

5.7 รายการสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงาน

รายการสารขาเข้าเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาเข้า (Input)	กระบวนการผลิต	
	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
1)		
2)		
บรรจุภัณฑ์และวัสดุอื่น ๆ		
1)		
2)		
พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง		
1)		
2)		

รายการสารขาออกเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาออก (Output)	กระบวนการผลิต	
	ปริมาณ	หน่วย
ขยะและของเสีย		
1)		
2)		
มลพิษทางน้ำ		
1)		
2)		
มลพิษทางอากาศ		
1)		
2)		

รายละเอียดสารขาออก	
ขยะและของเสีย	วิธีการกำจัด
1)	
2)	

หมายเหตุ : หากมีรายการเพิ่มเติมสามารถแนบเอกสารได้

<u>ส่วนที่ 6 นโยบายในอนาคตขององค์กร</u>

6.1 ท่านคาดการณ์ว่าในอนาคตอีก 5 ปีข้างหน้ากิจการของท่านมีแนวโน้มเกี่ยวกับกำลังการผลิตเป็นอย่างไร

ชนิดของผลิตภัณฑ์		**แนวโน้ม**	**% ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในปัจจุบัน**
แบตเตอรี่รถยนต์	Low Maintenance	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	Maintenance Free	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	Sealed Maintenance Free (SHF)	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	Hybrid Battery	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
แบตเตอรี่รถจักรยานยนต์	Low Maintenance	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	Sealed Maintenance Free (SHF)	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
	อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
แบตเตอรี่สำหรับรถกอล์ฟ		☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
แบตเตอรี่สำหรับรถโฟล์คลิฟต์ (V-Type Battery)		☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
แบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้า (EV Battery)		☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ		☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	

6.2 โรงงานของท่านคาดว่าจะมีการผลิตแบตเตอรี่แบบไฮบริด (HYBRID Battery) หรือชนิดกึ่งแห้ง เป็นอย่างไรต่อไปในอนาคต

☐ ไม่มี

☐ มี แต่ยังอยู่ในขั้นตอนของนโยบาย

คาดว่าจะใช้ระยะเวลาในการเริ่มผลิตแบตเตอรี่แบบไฮบริด (HYBRID Battery) เมื่อไหร่

☐ ภายใน 2-5 ปีเพิ่มกำลังการผลิตเป็น ..... % ของกำลังการผลิตทั้งหมด

☐ ภายใน 5-10 ปีเพิ่มกำลังการผลิตเป็น ..... % ของกำลังการผลิตทั้งหมด

☐ อื่น โปรดระบุ .....

☐ มี กำลังเริ่มดำเนินการผลิตคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

6.3 โรงงานของท่านมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศหรือไม่ ถ้านำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศนโยบายในการลดหรือเพิ่มการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศอย่างไร

☐ ไม่มีนโยบาย

☐ มีนโยบาย

☐ ระยะกลาง 2-5 ปีโดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

☐ ระยะยาว (มากกว่า 5 ปี) โดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

6.4 โรงงานของท่านมีแนวโน้มในการย้ายฐานการผลิตภายใน 5-10 ปีหรือไม่

☐ ไม่มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิต

☐ มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิตไปยัง ..... (โปรดระบุสาเหตุ)

☐ ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ☐ ปัญหาทางด้านการเมือง

☐ ปัญหาทางด้านการก่อการร้าย ☐ ปัญหาทางด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ

☐ ปัญหาทางด้านแรงงาน ☐ ปัญหาทางด้านกฎหมาย

☐ ปัญหาทางด้านชุมชนรอบๆบริเวณโรงงาน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>ส่วนที่ 7: ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ</u>

7.1 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของปัจจัยต่างๆที่มีผลในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. การจัดส่งวัตถุดิบ					
2. ปริมาณวัตถุดิบภายในประเทศ					
3. คุณภาพของวัตถุดิบ					
4. ราคาของวัตถุดิบ					
5. ความน่าเชื่อถือของบริษัทผู้ส่งมอบ					
6. ที่ดิน					
7. เงินลงทุน					
8. โครงสร้างพื้นฐาน/ระบบสาธารณูปโภค					
9. แรงงาน					
10. ปริมาณความต้องการของลูกค้า					
11. การแข่งขันด้านราคาสินค้า					
12. การแข่งขันในตลาด					
13. สภาพเศรษฐกิจ					
14. สภาวะตลาดในอนาคต					
15. ชนิดของการขนส่ง					
16. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
17. ระยะทาง ขนาดและปริมาณการขนส่ง					
18. ความสะดวกรวดเร็วของการขนส่ง					
19. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
20. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
21. วิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อม					
22. Carbon Footprint					
23. การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ					
24. การย้ายฐานการผลิต					
25. สถานการณ์ความไม่สงบ การก่อการร้าย สงคราม					
26. สถานการณ์ทางการเมืองในประเทศ					
27. กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ/กฎหมายต่างๆ					
28. นโยบายของภาครัฐ					
29. BOI					
30. การสนับสนุนของภาคธนาคาร					

7.2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ต้นทุน	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	**น้อย**	**ปานกลาง**	**มาก**	**มากที่สุด**
1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. ต้นทุนการผลิต					
4. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า					
5. ต้นทุนแรงงาน					
6. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
7. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
8. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
9. ต้นทุนการบำรุงรักษา					
10. ต้นทุนพลังงาน					

7.3 ข้อคิดเห็นจากทางองค์กรของท่านเกี่ยวกับปัญหาในอุตสาหกรรมแปรรูปตะกั่วจากแบตเตอรี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.4 ท่านต้องการสิ่งใดจากโรงงานรีไซเคิลแบตเตอรี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.5 ท่านมีข้อเสนอแนะหรือแนะนำอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วันที่บันทึกข้อมูล ...../...../.....

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือมา ณ ที่นี้ด้วยนะครับ

แบบสอบถามโครงการ "การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"

ส่วนที่ 2 ตะกั่ว : รวบรวมแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยใน **"โครงการการจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"**ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อดำเนินการวิจัย โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยคณะผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและนำเสนอผลวิจัยเพียงภาพรวม คณะวิจัยหวังอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร
ตอนที่ 2 ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ
ตอนที่ 3 ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง
ตอนที่ 4 การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน
ตอนที่ 5 นโยบายในอนาคตขององค์กร
ตอนที่ 6 ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ขอความกรุณาส่งแบบสอบถามภายในวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2555 มาที่

ผศ.ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทร.02-427-9178, 086-972-5355

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

ดร.ธีรนันทา ฤทธิ์มณี	โทร. 081-985-2855
คุณณภัทร มงคลธนานนท์	โทร. 086-821-8591
คุณศิริณทิพย์ แก้วจักร	โทร. 087-186-8979
คุณจิตติ นิ่มนุช	โทร. 084-082-1871

<u>ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร</u>

1.1 ชื่อองค์กร.....
ที่อยู่ .....
โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

1.2 ชื่อผู้ให้ข้อมูล ..... นามสกุล.....
ตำแหน่ง ..... อายุงาน .....
โทรศัพท์ ..... E-Mail.....

1.3 องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้น เป็นคนไทย..... % ของหุ้นทั้งหมด
ต่างชาติ ..... % ของหุ้นทั้งหมด

1.4 องค์กรของท่านเปิดดำเนินการแล้วมาเป็นเวลา ..... ปี

1.5 องค์กรของท่านมีรายได้เฉลี่ย .....ล้านบาท/ปี

1.6 องค์กรของท่านเป็นกิจการประเภทใด(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
☐ รวบรวมแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วอัตราการรวบรวมเฉลี่ย..... ลูกต่อเดือน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....
กำลังการผลิตสูงสุด ..... ต่อปี กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ใช้ ..... ต่อปี

1.7 จำนวนพนักงานในองค์กร
1.7.1 พนักงานประจำ ส่วนสำนักงาน ..... คน
ส่วนโรงงาน ..... คน
1.7.2 พนักงานชั่วคราว

ส่วนสำนักงาน	ส่วนโรงงาน
สูงสุด ..... คน	สูงสุด ..... คน
ต่ำสุด ..... คน	ต่ำสุด ..... คน

1.8 องค์กรของท่านเคยได้รับการรับรองมาตรฐานอะไรบ้าง(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
☐ ISO/TS16949 ☐ ISO 14001 ☐ QS 9000 ☐ มอก.6-2524
☐ JIS[1] ☐ DIN[2] ☐ SAE[3] ☐ IEC[4]
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>หมายเหตุ</u>

[1] *JIS - Japanese Industrials Standard*

[2] *DIN - Deutsches Institute Fur Norm*

[3] *SAE - Society of Automotive Engineers*

[4] *IEC - International Electro Technical Commission*

<u>ส่วนที่ 2: ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ</u>

2.1 องค์กรของท่านนำเข้าวัตถุดิบชนิดใดบ้างเพื่อใช้ในการผลิต

ชนิดของวัตถุดิบ	**ปริมาณการใช้เฉลี่ย/เดือน**		**แหล่งที่มาของวัตถุดิบในการผลิต**		**ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ (บาท/เดือน)**
	(ลูก)	**(ตัน)**	**ภายในประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)**	**นำเข้าจากต่างประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)**	
แบตเตอรี่ใช้แล้วหรือเศษแบตเตอรี่					
อื่นๆ โปรดระบุ					
อื่นๆ โปรดระบุ					

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบหลักที่องค์กรของท่านสั่งซื้อ (กรุณาตอบ 5 อันดับแรกโดยดูจากปริมาณการสั่งซื้อเป็นหลัก)

<u>แบตเตอรี่ใช้แล้วหรือเศษแบตเตอรี่</u>

1. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่..... ..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>ส่วนที่ 3: ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง</u>

3.1 องค์กรของท่านมีตลาดในการจัดจำหน่ายอย่างไร (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ภายในประเทศคิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

☐ส่งออกต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าที่องค์กรของท่านขายผลิตภัณฑ์ให้ (กรุณาเลือกตอบ 5 อันดับแรกโดยดูจากปริมาณการการขายเป็นหลัก)

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

ผลิตภัณฑ์หลักที่ขาย.....คิดเป็น.....%ของยอดขายทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของปริมาณยอดขายทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

3.3 การใช้เชื้อเพลิงในการขนส่งผลิตภัณฑ์

ประเภทของเชื้อเพลิง

☐ น้ำมัน ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ ..... ลิตร/เดือน

☐ NGV ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป.....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ ..... ลิตร/เดือน

☐ LPG ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป.....ลิตร/เดือน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน

ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ ..... ลิตร/เดือน

3.4 น้ำหนักสินค้าบรรทุกของรถขนส่งขากลับ

☐ รถเปล่า ☐ มีผลิตภัณฑ์ย้อนกลับคิดเป็น .....% Load

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>ส่วนที่ 4: การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน</u>

4.1 เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัด

☐ ไม่มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต

☐ มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต โรงงานเป็นผู้ดำเนินการเอง

☐ มี เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตโดยส่งมอบให้ผู้ประกอบการข้างนอกเข้ามาจัดการ

ประเภทเศษวัสดุ	ปริมาณ(ระบุหน่วย)	วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัด (ในกรณีที่ทราบกระบวนการ)	มีการนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานหรือไม่ (ระบุปริมาณที่ใช้)

4.2 กระบวนการกำจัดมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากโรงงาน

มลพิษที่ถูกปล่อยออกมา	ปริมาณที่ปล่อยออกมา(ระบุหน่วย)	วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ใน การกำจัด	การนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน (ระบุเป็น % ของจำนวนที่ใช้ในโรงงานทั้งหมด)
น้ำ			
อากาศ			
พลาสติก			
ตะกั่ว			
สารอิเล็กโทรไลต์			
เชื้อเพลิง			

4.3 โรงงานของท่านมีการใช้เชื้อเพลิงจากพลังงานประเภทใดบ้าง

ประเภทพลังงาน	ปริมาณที่ใช้ต่อปี(โปรดระบุหน่วย)
ถ่านหิน	
NGV	
LPG	
ไฟฟ้า	
น้ำ	
ไอน้ำ	

4.4 โรงงานของท่านมีการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

☐ น้ำเสียและตะกอนจากน้ำเสีย

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ เศษตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ ไอกรดและฝุ่น

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ไอตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

4.5 โรงงานของท่านมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยหรือไม่

☐ไม่มี

☐มี (โปรดระบุ) ชื่อ ..... นามสกุล .....

โทรศัพท์ ..... E-Mail .....

4.6 การตรวจคุณภาพในอากาศ

4.6.1 การตรวจวัดมลพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศ

☐ มี ☐ ไม่มี ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4.6.2 สารตัวอย่างที่เคยตรวจวัด(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ คาร์บอนไดออกไซด์

☐ คาร์บอนมอนนอกไซด์

☐ สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์

☐ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4.6.3 หน่วยงานที่เคยขอรับบริการ

☐ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ☐ อื่น (โปรดระบุ) .....

4.7 รายการสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงาน

รายการสารขาเข้าเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาเข้า (Input)	กระบวนการผลิต	
	ปริมาณ	หน่วย
วัตถุดิบและสารเคมี		
1)		
2)		
บรรจุภัณฑ์และวัสดุอื่น ๆ		
1)		
2)		
พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง		
1)		
2)		

รายการสารขาออกเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาออก (Output)	กระบวนการผลิต	
	ปริมาณ	หน่วย
ขยะและของเสีย		
1)		
2)		
มลพิษทางน้ำ		
1)		
2)		
มลพิษทางอากาศ		
1)		
2)		

รายละเอียดสารขาออก	
ขยะและของเสีย	วิธีการกำจัด
1)	
2)	

หมายเหตุ : หากมีรายการเพิ่มเติมสามารถแนบเอกสารได้

<u>ส่วนที่ 5: นโยบายในอนาคตขององค์กร</u>

5.1 ท่านคาดการณ์ว่าในอนาคตอีก 5 ปีข้างหน้า กิจการของท่านมีแนวโน้มเกี่ยวกับกำลังการผลิตเป็นอย่างไร

ชนิดของผลิตภัณฑ์	แนวโน้ม	% ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในปัจจุบัน
แบตเตอรี่ใช้แล้วหรือเศษแบตเตอรี่	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	

5.2 โรงงานของท่านมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศหรือไม่ ถ้านำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศนโยบายในการลดหรือเพิ่มการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศอย่างไร

☐ มีนโยบาย

☐ ระยะกลาง 2-5 ปีโดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

☐ ระยะยาว (มากกว่า 5 ปี) โดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

☐ ไม่มีนโยบาย

5.3 โรงงานของท่านมีแนวโน้มในการย้ายฐานการผลิตภายใน 5-10 ปีหรือไม่

☐ มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิตไปยัง ..... (โปรดระบุสาเหตุ)

☐ ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ☐ ปัญหาทางด้านการเมือง

☐ ปัญหาทางด้านการก่อการร้าย ☐ ปัญหาทางด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ

☐ ปัญหาทางด้านแรงงาน ☐ ปัญหาทางด้านกฎหมาย

☐ ปัญหาทางด้านชุมชนรอบๆบริเวณโรงงาน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

☐ ไม่มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิต

<u>ส่วนที่ 6: ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ</u>

6.1 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของปัจจัยต่างๆที่มีผลในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. การจัดส่งวัตถุดิบ					
2. ปริมาณวัตถุดิบภายในประเทศ					
3. คุณภาพของวัตถุดิบ					
4. ราคาของวัตถุดิบ					
5. ความน่าเชื่อถือของบริษัทผู้ส่งมอบ					
6. ที่ดิน					
7. เงินลงทุน					
8. โครงสร้างพื้นฐาน/ระบบสาธารณูปโภค					
9. แรงงาน					
10. ปริมาณความต้องการของลูกค้า					
11. การแข่งขันด้านราคาสินค้า					
12. การแข่งขันในตลาด					
13. สภาพเศรษฐกิจ					
14. สภาวะตลาดในอนาคต					
15. ชนิดของการขนส่ง					
16. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
17. ระยะทาง ขนาดและปริมาณการขนส่ง					
18. ความสะดวกรวดเร็วของการขนส่ง					
19. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
20. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
21. วิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อม					
22. Carbon Footprint					
23. การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ					
24. การย้ายฐานการผลิต					
25. สถานการณ์ความไม่สงบ การก่อการร้าย สงคราม					
26. สถานการณ์ทางการเมืองในประเทศ					
27. กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ/กฎหมายต่างๆ					
28. นโยบายของภาครัฐ					
29. BOI					
30. การสนับสนุนของภาคธนาคาร					

6.2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ต้นทุน	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	**น้อย**	**ปานกลาง**	**มาก**	**มากที่สุด**
1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. ต้นทุนการผลิต					
4. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า					
5. ต้นทุนแรงงาน					
6. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
7. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
8. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
9. ต้นทุนการบำรุงรักษา					
10. ต้นทุนพลังงาน					

6.3 ข้อคิดเห็นจากทางองค์กรของท่านเกี่ยวกับปัญหาในอุตสาหกรรมแปรรูปตะกั่วจากแบตเตอรี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.4 ท่านต้องการสิ่งใดจากโรงงานรีไซเคิลแบตเตอรี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.5 ท่านมีข้อเสนอแนะหรือแนะนำอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วันที่บันทึกข้อมูล ...../...../.....

แบบสอบถามโครงการ "การจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"

ส่วนที่ 2 ตะกั่ว : แปรรูปเศษแบตเตอรี่และหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยใน **"โครงการการจัดการระบบโลจิสติกส์แบบย้อนกลับและกรีนโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะ"**ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อดำเนินการวิจัย โดยข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้เพื่อการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยคณะผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลของท่านเป็นความลับและนำเสนอผลวิจัยเพียงภาพรวม คณะวิจัยหวังอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 7ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร
ตอนที่ 2 ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ
ตอนที่ 3 ข้อมูลด้านกระบวนการผลิต
ตอนที่ 4 ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง
ตอนที่ 5 การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน
ตอนที่ 6 นโยบายในอนาคตขององค์กร
ตอนที่ 7 ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ขอความกรุณาส่งแบบสอบถามภายในวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2555 มาที่

ดร.เจริญชัย โขมพัตราภรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
โทร.02-427-9178, 086-972-5355

สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

ดร. ธีรนันทา ฤทธิ์มณี	โทร. 081-985-2855
คุณณภัทร มงคลธนานนท์	โทร. 086-821-8591
คุณศิริณทิพย์ แก้วจักร	โทร. 087-186-8979
คุณจิตติ นิ่มนุช	โทร. 084-082-1871

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลเกี่ยวกับองค์กร

1.1 ชื่อองค์กร .....
ที่อยู่ .....
โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....

1.2 ชื่อผู้ให้ข้อมูล ..... นามสกุล.....
ตำแหน่ง ..... อายุงาน .....
โทรศัพท์ ..... E-Mail .....

1.3 องค์กรของท่านมีสัดส่วนผู้ถือหุ้น เป็นคนไทย ..... % ของหุ้นทั้งหมด
ต่างชาติ ..... % ของหุ้นทั้งหมด

1.4 องค์กรของท่านเปิดดำเนินการแล้วมาเป็นเวลา ..... ปี

1.5 องค์กรของท่านมีรายได้เฉลี่ย .....ล้านบาท/ปี

1.6 องค์กรของท่านเป็นกิจการประเภทใด(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ แปรรูปเศษแบตเตอรี่ อัตราการการแปรรูปเศษแบตเตอรี่เฉลี่ย .....ลูกต่อเดือน
☐ หลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่ อัตราการหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เฉลี่ย .....ลูกต่อเดือน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....
กำลังการผลิตสูงสุด ..... ต่อปี กำลังการผลิตเฉลี่ยที่ใช้ ..... ต่อปี

1.7 จำนวนพนักงานในองค์กร

1.7.1 พนักงานประจำ ส่วนสำนักงาน ..... คน
ส่วนโรงงาน ..... คน

1.7.2 พนักงานชั่วคราว

ส่วนสำนักงาน	ส่วนโรงงาน
สูงสุด ..... คน	สูงสุด ..... คน
ต่ำสุด ..... คน	ต่ำสุด ..... คน

1.8 องค์กรของท่านเคยได้รับการรับรองมาตรฐานอะไรบ้าง(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ISO/TS16949 ☐ ISO 14001 ☐ QS 9000 ☐ มอก.6-2524
☐ JIS[1] ☐ DIN[2] ☐ SAE[3] ☐ IEC[4]
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

หมายเหตุ

[1]JIS - Japanese Industrials Standard *[2]DIN - Deutsches Institute Fur Norm*

[3]SAE - Society of Automotive Engineers *[4]IEC - International Electro Technical Commission*

ส่วนที่ 2: ข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบ

2.1 องค์กรของท่านนำเข้าวัตถุดิบชนิดใดบ้างเพื่อใช้ในการผลิต

ชนิดของวัตถุดิบ	ปริมาณการใช้เฉลี่ย (กรุณาระบุหน่วยต่อเดือน)	แหล่งที่มาของวัตถุดิบในการผลิต		ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บวัตถุดิบ (บาท/เดือน)
		ภายในประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)	นำเข้าจากต่างประเทศ (% ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต)	
เศษตะกั่ว				
แผ่นธาตุ				
แบตเตอรี่ใช้แล้วหรือเศษแบตเตอรี่				
กรดกำมะถัน				
อื่นๆ โปรดระบุ				
อื่นๆ โปรดระบุ				

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่ตั้งของแหล่งวัตถุดิบหลักที่องค์กรของท่านสั่งซื้อ

<u>เศษตะกั่ว</u>

1. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่..... ..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
- ☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
  ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
- ☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แผ่นธาตุ</u>

1. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....
..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>แบตเตอรี่ใช้แล้วหรือเศษแบตเตอรี่</u>

1. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....
..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>กรดกำมะถัน</u>

1. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....
..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/
เที่ยว.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐

2. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....
..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

3. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

4. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

5. ชื่อบริษัท ..... ที่อยู่.....

..... ปริมาณที่สั่งซื้อ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณที่สั่งซื้อที่เหลือ ..... % ของปริมาณการสั่งซื้อ

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

หมายเหตุ

ข้อมูล**วัตถุดิบอื่นๆ**กรุณากรอกแบบสอบถามในเอกสารแนบท้าย

ส่วนที่ 3: ข้อมูลด้านกระบวนการผลิต

3.1 องค์กรของท่านทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดบ้างต่อไปนี้ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ชนิดของผลิตภัณฑ์	ปริมาณเฉลี่ย (กรุณาระบุหน่วยต่อเดือน)	ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (บาท/เดือน)
ตะกั่วบริสุทธิ์ ..... %		
ตะกั่วผสมพลวง		
ตะกั่วผสมแคลเซียม		
โซเดียมซัลเฟต (ดีเกลือ)		
พลาสติก		
อื่นๆ โปรดระบุ		
อื่นๆ โปรดระบุ		

3.2 บริษัทของท่านใช้เทคโนโลยีอะไรในการแปรรูปตะกั่วจากเศษแบตเตอรี่

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

<u>ส่วนที่ 4: ข้อมูลด้านการตลาดและการขนส่ง</u>

4.1 องค์กรของท่านมีตลาดในการจัดจำหน่ายอย่างไร (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ ภายในประเทศคิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

☐ ส่งออกต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของยอดขายต่อปี

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้าที่องค์กรของท่านขายผลิตภัณฑ์ให้ (กรุณาเลือกตอบ 5 อันดับแรกโดยดูจากปริมาณการการขายเป็นหลัก)

<u>ตะกั่วบริสุทธิ์</u> ..... %

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

.....คิดเป็น.....%ของยอดขายตะกั่วบริสุทธิ์ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายตะกั่วบริสุทธิ์ทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>ตะกั่วผสมพลวง</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

.....คิดเป็น.....%ของยอดขายตะกั่วผสมพลวงทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายตะกั่วผสมพลวงทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>ตะกั่วผสมแคลเซียม</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....
.....คิดเป็น.....%ของยอดขายตะกั่วผสมแคลเซียมทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายตะกั่วผสมแคลเซียมทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>โซเดียมซัลเฟต (ดีเกลือ)</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....

.....คิดเป็น.....%ของยอดขายโซเดียมซัลเฟตทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายโซเดียมซัลเฟตทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>พลาสติก</u>

ลูกค้าที่ 1 .....ที่อยู่.....
.....คิดเป็น.....%ของยอดขายพลาสติกทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

6. ปริมาณสินค้าที่เหลือ ..... % ของยอดขายพลาสติกทั้งหมด

ประเภทการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ รถบรรทุก 18 ล้อน้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน
☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน
☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

☐ อื่นๆ..... น้ำหนักเฉลี่ย ..... ตัน/เที่ยว จำนวน ..... เที่ยว/เดือน

☐ ขนส่งเอง ค่าใช้จ่าย(ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว
ค่าบำรุงรักษารถ.....บาท/เดือน/คัน

☐ บริษัทขนส่ง ค่าใช้จ่าย (ไม่รวมเชื้อเพลิง).....บาท/เที่ยว

<u>หมายเหตุ</u>

ข้อมูล**ผลิตภัณฑ์อื่นๆ**กรุณากรอกแบบสอบถามในเอกสารแนบท้าย

4.3 ประเภทของเชื้อเพลิง

☐ น้ำมัน ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน
ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

☐ NGV ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน
ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

☐ LPG ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขาไป .....ลิตร/เดือน
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งขากลับ .....ลิตร/เดือน
ประเภทรถที่ใช้น้ำมันในการขนส่ง

☐ รถบรรทุก 4 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ..... ลิตร/เดือน ☐ รถบรรทุก 18ล้อ ..... ลิตร/เดือน
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .... ลิตร/เดือน

4.4 น้ำหนักสินค้าบรรทุกของรถขนส่งขากลับ

☐ รถเปล่า ☐ มีผลิตภัณฑ์ย้อนกลับคิดเป็น .....% Load
☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

<u>ส่วนที่ 5 การกำจัดของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน</u>

5.1 เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัด

☐ ไม่มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต

☐ มีเศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิต โรงงานเป็นผู้ดำเนินการเอง

☐ มี เศษวัสดุที่เหลือจากการกระบวนการผลิตโดยส่งมอบให้ผู้ประกอบการข้างนอกเข้ามาจัดการ

ประเภทเศษวัสดุ	ปริมาณ(ระบุหน่วย)	วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ในการกำจัด (ในกรณีที่ทราบกระบวนการ)	มีการนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงานหรือไม่ (ระบุปริมาณที่ใช้)

5.2 กระบวนการกำจัดมลพิษที่ถูกปล่อยออกจากโรงงาน

มลพิษที่ถูกปล่อยออกมา	ปริมาณที่ปล่อยออกมา(ระบุหน่วย)	วิธี/เทคโนโลยีที่ใช้ใน การกำจัด	การนำกลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน (ระบุเป็น % ของจำนวนที่ใช้ในโรงงานทั้งหมด)
น้ำ			
อากาศ			
พลาสติก			
ตะกั่ว			
สารอิเล็กโทรไลต์			
เชื้อเพลิง			

5.3 โรงงานของท่านมีการใช้เชื้อเพลิงจากพลังงานประเภทใดบ้าง

ประเภทพลังงาน	ปริมาณที่ใช้ต่อปี(โปรดระบุหน่วย)
ถ่านหิน	
NGV	
LPG	
ไฟฟ้า	
น้ำ	
ไอน้ำ	

5.4 โรงงานของท่านมีการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไรบ้าง

☐ น้ำเสียและตะกอนจากน้ำเสีย

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ เศษตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ไอกรดและฝุ่น

มาตรการในการจัดการ: .....

☐ไอตะกั่ว

มาตรการในการจัดการ: .....

5.5 โรงงานของท่านมีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยหรือไม่

☐ไม่มี

☐มี (โปรดระบุ) ชื่อ ..... นามสกุล .....

โทรศัพท์ ..... E-Mail .....

5.6 การตรวจคุณภาพในอากาศ

5.6.1 การตรวจวัดมลพิษที่ปล่อยออกสู่อากาศ

☐ มี ☐ ไม่มี ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

5.6.2 สารตัวอย่างที่เคยตรวจวัด(สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ คาร์บอนไดออกไซด์

☐ คาร์บอนมอนนอกไซด์

☐ สารประกอบซัลเฟอร์ออกไซด์

☐ สารประกอบไนโตรเจนออกไซด์

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

5.6.3 หน่วยงานที่เคยขอรับบริการ

☐ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ☐ อื่น (โปรดระบุ) .....

5.7 รายการสารขาเข้าและสารขาออกของโรงงาน

รายการสารขาเข้าเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาเข้า (Input)	**กระบวนการผลิต**	
	ปริมาณ	**หน่วย**
วัตถุดิบและสารเคมี		
1)		
2)		
บรรจุภัณฑ์และวัสดุอื่น ๆ		
1)		
2)		

พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง		
1)		
2)		

รายการสารขาออกเฉลี่ยใน 1 ปี

สารขาออก (Output)	**กระบวนการผลิต**	
	ปริมาณ	**หน่วย**
ขยะและของเสีย		
1)		
2)		
มลพิษทางน้ำ		
1)		
2)		
มลพิษทางอากาศ		
1)		
2)		

รายละเอียดสารขาออก	
ขยะและของเสีย	**วิธีการกำจัด**
1)	
2)	

หมายเหตุ : หากมีรายการเพิ่มเติมสามารถแนบเอกสารได้

<u>ส่วนที่ 6 นโยบายในอนาคตขององค์กร</u>

6.1 ท่านคาดการณ์ว่าในอนาคตอีก 5 ปีข้างหน้ากิจการของท่านมีแนวโน้มกี่ยวกับกำลังการผลิตเป็นอย่างไร

ชนิดของผลิตภัณฑ์	**แนวโน้ม**	**% ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในปัจจุบัน**
ตะกั่วบริสุทธิ์ ..... %	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
ตะกั่วผสมพลวง	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
ตะกั่วผสมแคลเซียม	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	

โซเดียมซัลเฟต (ดีเกลือ)	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
พลาสติก	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	
อื่นๆ โปรดระบุ	☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง ☐ คงที่	

6.2 โรงงานของท่านมีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศหรือไม่ ถ้านำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศนโยบายในการลดหรือเพิ่มการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศอย่างไร

☐ ไม่มีนโยบาย

☐ มีนโยบาย

☐ ระยะกลาง 2-5 ปีโดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

☐ ระยะยาว (มากกว่า 5 ปี) โดย (☐ เพิ่มขึ้น ☐ ลดลง) การนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศคิดเป็น ..... % ของกำลังการผลิตเดิม

6.3 โรงงานของท่านมีแนวโน้มในการย้ายฐานการผลิตภายใน 5-10 ปีหรือไม่

☐ ไม่มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิต

☐ มีนโยบายในการย้ายฐานการผลิตไปยัง ..... (โปรดระบุสาเหตุ)

☐ ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ ☐ ปัญหาทางด้านการเมือง

☐ ปัญหาทางด้านการก่อการร้าย ☐ ปัญหาทางด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ

☐ ปัญหาทางด้านแรงงาน ☐ ปัญหาทางด้านกฎหมาย

☐ ปัญหาทางด้านชุมชนรอบๆบริเวณโรงงาน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ .....

ส่วนที่ 7: ข้อมูลอื่นๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

7.1 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของปัจจัยต่างๆที่มีผลในการเลือกที่ตั้งโรงงานต่อไปนี้

ปัจจัย	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. การจัดส่งวัตถุดิบ					
2. ปริมาณวัตถุดิบภายในประเทศ					
3. คุณภาพของวัตถุดิบ					
4. ราคาของวัตถุดิบ					
5. ความน่าเชื่อถือของบริษัทผู้ส่งมอบ					
6. ที่ดิน					
7. เงินลงทุน					
8. โครงสร้างพื้นฐาน/ระบบสาธารณูปโภค					
9. แรงงาน					
10. ปริมาณความต้องการของลูกค้า					
11. การแข่งขันด้านราคาสินค้า					
12. การแข่งขันในตลาด					
13. สภาพเศรษฐกิจ					
14. สภาวะตลาดในอนาคต					
15. ชนิดของการขนส่ง					
16. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
17. ระยะทาง ขนาดและปริมาณการขนส่ง					
18. ความสะดวกรวดเร็วของการขนส่ง					
19. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
20. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
21. วิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการสิ่งแวดล้อม					
22. Carbon Footprint					
23. การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ					
24. การย้ายฐานการผลิต					
25. สถานการณ์ความไม่สงบ การก่อการร้าย สงคราม					
26. สถานการณ์ทางการเมืองในประเทศ					
27. กฎ/ระเบียบ/ข้อบังคับ/กฎหมายต่างๆ					
28. นโยบายของภาครัฐ					
29. BOI					
30. การสนับสนุนของภาคธนาคาร					

7.2 โปรดทำเครื่องหมาย ✓ เพื่อระบุความสำคัญของการบริหารจัดการต้นทุนต่อไปนี้

ต้นทุน	ระดับความสำคัญ				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1. ต้นทุนการจัดหาวัตถุดิบ					
2. ต้นทุนการจัดเก็บวัตถุดิบ					
3. ต้นทุนการผลิต					
4. ต้นทุนการจัดเก็บสินค้า					
5. ต้นทุนแรงงาน					
6. ต้นทุนการจัดเก็บของเสีย					
7. ต้นทุนการกำจัดและควบคุมมลพิษ					
8. ต้นทุนการขนส่งและยานพาหนะ					
9. ต้นทุนการบำรุงรักษา					
10. ต้นทุนพลังงาน					

7.3 ข้อคิดเห็นจากทางองค์กรของท่านเกี่ยวกับปัญหาในอุตสาหกรรมแปรรูปตะกั่วจากแบตเตอรี่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.4 ท่านมีข้อเสนอแนะหรือแนะนำอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วันที่บันทึกข้อมูล ...../...../.....

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือมา ณ ที่นี้ด้วยนะ

ตารางที่ ฉ-1 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน มีนาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางเสาธง	สมุทรปราการ	1,405.00
2	บางพลี	สมุทรปราการ	894
3	หนองแค	สระบุรี	1,504.00
4	สามพราน	นครปฐม	0.5
5	ปลวกแดง	ระยอง	3

ตารางที่ ฉ-2 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน เมษายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางพลี	สมุทรปราการ	8,451.00
2	หนองแค	สระบุรี	4,997.00
3	ปลวกแดง	ระยอง	170
4	เนินพระ	ระยอง	240
5	สีลม	กรุงเทพมหานคร	570
6	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	56
7	บางนา	กรุงเทพมหานคร	120
8	หนองไม้แดง	ชลบุรี	5

ตารางที่ ฉ-3 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	หนองแค	สระบุรี	3,096.00
2	สามพราน	นครปฐม	0.5
3	บางน้ำจืด	สมุทรสาคร	52
4	บางพลี	สมุทรปราการ	1,919.00
5	พัทยาใต้	ชลบุรี	260
6	บางนา	กรุงเทพมหานคร	380
7	เนินพระ	ระยอง	460

ตารางที่ ฉ-4 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางนา	กรุงเทพมหานคร	330
2	หนองแค	สระบุรี	21,686.00
3	บางเสาธง	สมุทรปราการ	14
4	สามพราน	นครปฐม	0.5
5	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	620
6	บางพลี	สมุทรปราการ	2,116.00
7	บางนา	กรุงเทพมหานคร	200
8	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	35
9	ลาดพร้าว	กรุงเทพมหานคร	24
10	บางแค	กรุงเทพมหานคร	340
11	หนองไม้แดง	ชลบุรี	8
12	พัทยาใต้	ชลบุรี	400

ตารางที่ ฉ-5 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	หนองแค	สระบุรี	18,267.00
2	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	860
3	บางพลี	สมุทรปราการ	2,119.00
4	บางเสาธง	สมุทรปราการ	1
5	อุทัย	พระนครศรีอยุธยา	5
6	บางนา	กรุงเทพมหานคร	460
7	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	5
8	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	190
9	ปลวกแดง	ระยอง	800
10	พัทยาใต้	ชลบุรี	250

ตารางที่ ฉ-6 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	20
2	บางนา	กรุงเทพมหานคร	380
3	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	62
4	บางแค	กรุงเทพมหานคร	120
5	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	18
6	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	135
7	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	330
8	หนองแค	สระบุรี	13052
9	เนินพระ	ระยอง	560
10	ปลวกแดง	ระยอง	1
11	พัทยาใต้	ชลบุรี	360
12	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	1,270.00
13	ท้ายบ้านใหม่	สมุทรปราการ	3,859.51

ตารางที่ ฉ-7 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า (เดือน กันยายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	11
2	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	390
3	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	174
4	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	156
5	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	500
6	บางนา	กรุงเทพมหานคร	640
7	หนองแค	สระบุรี	6,823.50
8	วังน้อย	อยุธยา	10
9	บางปะอิน	อยุธยา	190
10	ศรีราชา	ชลบุรี	451
11	ดอนหัวฬ่อ	ชลบุรี	17,940.00
12	พัทยาใต้	ชลบุรี	440
13	หนองไม้แดง	ชลบุรี	10
14	บางเสาธง	สมุทรปราการ	732
15	บางพลี	สมุทรปราการ	1,323.00
16	สำโรงใต้	สมุทรปราการ	1,140.00
17	แพรกษา	สมุทรปราการ	400
18	บางเสาธง	สมุทรปราการ	24
19	สามพราน	นครปฐม	0.5
20	บ้านเกาะ	นครราชสีมา	472

ตารางที่ ฉ-8 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	187
2	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	860
3	บางนา	กรุงเทพมหานคร	720
4	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	290
5	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	1410
6	บางแค	กรุงเทพมหานคร	250
7	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	15
8	สวนหลวง	กรุงเทพมหานคร	48
9	ตลิ่งชัน	กรุงเทพมหานคร	3
10	หนองแค	สระบุรี	18,337.00
11	บางเสาธง	สมุทรปราการ	10
12	บางพลี	สมุทรปราการ	2,397.00
13	สำโรงใต้	สมุทรปราการ	600
14	เนินพระ	ระยอง	510
15	ปลวกแดง	ระยอง	1,530.00
16	พัทยาใต้	ชลบุรี	840
17	นาดี	สมุทรสาคร	471
18	ท้ายบ้านใหม่	สมุทรปราการ	1,405.40

ตารางที่ ฉ-9 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางนา	กรุงเทพมหานคร	740
2	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	9794
3	บางแค	กรุงเทพมหานคร	1860
4	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	200
5	มีนบุรี	กรุงเทพมหานคร	1850
6	บางละมุง	ชลบุรี	4,855.00
7	นาดี	สมุทรสาคร	5,574.00
8	บางเสาธง	สมุทรปราการ	10
9	สำโรงใต้	สมุทรปราการ	240
10	บางพลี	สมุทรปราการ	11,506.00
11	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	310
12	พระประแดง	สมุทรปราการ	16
13	หนองแค	สระบุรี	11,678.00
14	เนินพระ	ระยอง	860
15	เมือง	ระยอง	48
16	บ้านค่าย	ระยอง	40

ตารางที่ ฉ-10 ข้อมูลการเกิดกากอุตสาหกรรมประเภทเศษแบตเตอรี่เก่า
(เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2554)

ลำดับ	เขต/อำเภอ/ตำบล	จังหวัด	ปริมาณเศษ (กิโลกรัม)
1	บางเขน	กรุงเทพมหานคร	68
2	จตุจักร	กรุงเทพมหานคร	3498
3	ยานนาวา	กรุงเทพมหานคร	104
4	บางแค	กรุงเทพมหานคร	7510
5	จอมทอง	กรุงเทพมหานคร	11788
6	เทพารักษ์	สมุทรปราการ	370
7	บางเสาธง	สมุทรปราการ	810
8	หนองไม้แดง	ชลบุรี	4
9	หนองแค	สระบุรี	4,090.60

ตาราง ช เมตริกซ์ระยะทางการขนส่ง

			ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า											
			บางพลี	สมุทรปราการ	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	เมือง	สมุทรปราการ	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	ศรีมหาโพธิ	ปราจีนบุรี	เมือง	สมุทรสาคร
ผู้ผลิตแบตเตอรี่	เมือง	สมุทรปราการ	14.1		36.6		0.0		98.3		136.0		63.8	
	แปลงยาว	ฉะเชิงเทรา	84.3		112.0		91.2		151.0		61.6		131.0	
	หนองแค	สระบุรี	122.0		131.0		114.0		23.4		99.4		132.0	
	เมือง	ราชบุรี	134.0		124.0		129.0		161.0		249.0		81.8	
	กระทุ่มแบน	สมุทรสาคร	63.9		53.5		58.5		99.4		186.0		16.1	

			โรงหลอมตะกั่ว									
			พระโขนง	กรุงเทพมหานคร	บางบอน	กรุงเทพมหานคร	เมือง	สมุทรปราการ	นครชัยศรี	นครปฐม	แก่งคอย	สระบุรี
ผู้รวบรวมเศษแบตเตอรี่เก่า	บางพลี	สมุทรปราการ	19.6		42.4		13.1		76.9		136.0	
	พระสมุทรเจดีย์	สมุทรปราการ	29.2		35.5		34.7		66.0		163.0	
	เมือง	สมุทรปราการ	23.2		37.5		0.0		72.0		142.0	
	วังน้อย	พระนครศรีอยุธยา	78.9		82.0		91.8		94.8		56.5	
	ศรีมหาโพธิ์	ปราจีนบุรี	143.0		164.0		138.0		188.0		122.0	
	เมือง	สมุทรสาคร	47.3		25.4		51.4		43.8		164	