วารสารเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ 8 (15) : 17-31
สงวนลิขสิทธิ์ © 2553 สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ
ISSN 1906-8522

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เอส (ประเทศไทย) จากัด จังหวัดชลบุรี

A Feasibility Study of Investment on Precious Metal Extraction from Waste Print Circuit Board of S (Thailand) Company Limited Changwat Chon Buri

ปวิตรา ฤกษ์บางพลัด

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรประกอบอิเล็กทรอนิกส์ ศึกษารูปแบบและทางเลือกทางด้านเทคนิคของโครงการเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านการเงิน ผลการศึกษา พบว่า การผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบในโรงงานเกิดของเสียที่ต้องกำจัดทิ้งโดยเฉลี่ยปีละ 70.8 ตันต่อปี ปัจจุบันมีการกำจัดโดยการชั่งน้ำหนักจำหน่ายตันละ 2 แสนบาทซึ่งเป็นมูลค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณโลหะมีค่าภายในขยะแผ่นวงจรที่สกัดจำหน่ายได้ในราคาตันละ 4.9 แสนบาท ดังนั้นการสกัดโลหะมีค่าจากซากแผ่นวงจรสามารถเพิ่มมูลค่าได้ ทั้งนี้โครงการมีการลงทุนกระบวนการสกัดโลหะมีค่าแบบครบวงจรเพื่อให้โลหะมีค่าที่สกัดได้มีค่าความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานของตลาด การประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนใช้อัตราคิดลดจากการหาต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับร้อยละ 8.73 ผลการวิเคราะห์ทางการเงินเมื่อกำหนดอายุโครงการ 10 ปีพบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ -5,997,915 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 6.68 อัตราผลตอบแทนภายในที่มีการปรับค่าแล้วเท่ากับร้อยละ 7.52 และดัชนีความสามารถในการทำกำไรเท่ากับ 0.89 สรุปได้ว่าโครงการนี้ไม่น่าลงทุนเมื่อเปรียบค่าของตัวชี้วัดจากประมาณการกับหลักเกณฑ์การตัดสิน และผลทดสอบค่าความแปรเปลี่ยนพบว่าผลตอบแทนต้องเพิ่มร้อยละ 4.09 ด้านต้นทุนการดำเนินงาน ต้นทุนการลงทุน หรือต้นทุนรวมต้องลดลงร้อยละ 6.23, 10.64 หรือ 3.93 ตามลำดับ จึงทำให้คุ้มค่าในการลงทุน

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้ สกัดโลหะมีค่า ขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

The study aimed to survey process of electronic circuit board assemblies, study on alternative of technical to investment on extraction precious metals from electronic waste circuit board, and analysis of financial feasibility. The primary data was collected from observation and in-depth interview with executive and the secondary data was collected from research paper, thesis and related website. All of data were analyzed by using descriptive and quantitative. Financial instruments is net present value, internal rate of return, modified internal rate of return, profitability index, and switching value test.

The study indicated that the production of electronic circuit board assembly plant has waste which need disposed average 70.8 tons per year. Currently, there dispose by weighing sales at 2 hundred thousand bath per tons, which is lower by compared to the precious metals value inside the waste circuit boards that could be sale at 4.9 hundred thousand bath per tons. So the extraction of precious metals from waste circuit boards can increase value. The project has invested precious metal extraction process in full operation to extract precious metals have purity for market's standards. The financial feasibility uses a discount rate WACC8.73 percent. The financial feasibility analysis results with age of 10 years are net present value (NPV) was -5,997,915 THB, internal rate of return (IRR) was 6.68 percent, modified rate of return (MIRR) was 7.52 percent and the index of profitability (PI) was 0.89. Therefore concluding of this project is unlikely to invest when compared with the estimated value of the indicators the criteria. The results of switching value tests need more income 4.09 percent or operating costs, Investment costs and total cost reduce more 6.23, 3.93, and 10.64 percent that will make the project worthwhile for investment

Keywords: A Feasibility Study, Precious Metal Extraction, Waste Print Circuit Board

ที่มาและความสำคัญ

บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นผู้ประกอบการทางด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรมประกอบการค้าเสรีนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรีมีกระบวนการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบครบวงจร โดยมีการผลิตเริ่มตั้งแต่การประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Print Circuit Board Assembly) จนถึงขั้นตอนประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป (Assembly and Packing) แบ่งเป็นประเภทสินค้าขั้นปลายได้ 4 ประเภท ได้แก่ กล้องติดรถยนต์ (Automotive Camera) กล้องดิจิตอลและเลนส์ (Camera & Lens) เครื่องเสียงและเครื่องขยายเสียงติดรถยนต์ (Automotive Audioและเครื่องขยายเสียงติดรถยนต์ที่จำหน่ายแก่ผู้ผลิตรถยนต์ (Automotive Branding)

เมื่อบริษัท ฯ ได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้ามากขึ้นฝ่ายผลิตจะต้องมีการผลิตชิ้นงานในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้สอดคล้องความกับต้องการสินค้าในตลาด โดยหนึ่งในหน่วยงานที่สำคัญของกระบวนการผลิต คือ การผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบ (Print Circuit Board Assembly) ซึ่งเป็นการผลิตที่มีความซับซ้อนและจำเป็นจะต้องมีพนักงานที่มีความชำนาญในการปฏิบัติงานเฉพาะด้านแต่เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของพนักงานในสายการผลิตบ่อยครั้งทำให้พนักงานขาดความชำนาญในการปฏิบัติงานเฉพาะ ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขณะปฏิบัติงาน ทั้งนี้บริษัทได้มีการกำหนดนโยบายและพยายามลดของเสียจากกระบวนการมาโดยตลอดแต่ยังแก้ปัญหาไม่ได้ในระยะยาวจึงเป็นเหตุให้ยังเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นมูลค่าสูง โดยของเสียจากการผลิตสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ 1) แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบที่สามารถซ่อมแซมได้และนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นงาน 2)แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบที่เสียหาย ไม่สามารถซ่อมแซมเพื่อนำกลับไปใช้ได้ และต้องทำการกำจัดทิ้ง เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เสียหายและไม่สามารถซ่อมแซมได้จากกระบวนการผลิตในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาพบว่าปีพ.ศ. 2556 มีปริมาณขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 72,000 กิโลกรัม ในปี พ.ศ.2557 มีปริมาณขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 80,400 กิโลกรัม และปีพ.ศ.2558 มีปริมาณขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 60,000 กิโลกรัมโดยเฉลี่ยมีปริมาณเสียขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 70,800 กิโลกรัมต่อปี

ทั้งนี้บริษัท ฯ ได้เล็งเห็นในคุณสมบัติของของเสียแผ่นวงจรประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสารประกอบโลหะที่มีมูลค่าสูงและหาได้ยาก อาทิ ทองแดง เงิน และทองคำ ซึ่งสารโลหะที่มีค่าเหล่านี้สามารถนำกลับไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ เช่น อุตสาหกรรมเครื่องประดับ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้นโครงการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ แต่โครงการมีความจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนทางด้านเครื่องจักร อุปกรณ์เทคโนโลยีสูง และค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงาน ซึ่งต้องใช้เงินทุนสูงจึงต้องศึกษาความคุ้มค่าของการลงทุน เพื่อรองรับการตัดสินใจดังกล่าว นอกจากนี้เจ้าหน้าที่ วิศวกรผู้ควบคุม และพนักงานทุกคนที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีทักษะ ความรู้ความชำนาญเฉพาะด้าน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการผลิตแผ่นวงจรประกอบอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทเอส (ประเทศไทย) จำกัด

2. เพื่อศึกษารูปแบบและทางเลือกทางด้านเทคนิคของโครงการการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทเอส (ประเทศไทย) จำกัด

3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการเงินของโครงการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทเอส (ประเทศไทย) จำกัด

แนวคิดทฤษฎี

ผู้วิจัยจึงมุ้งเน้นการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ด้านเทคนิค และวิเคราะห์ด้านการเงินเป็นสำคัญสำหรับโครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของบริษัทเอส (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากขยะแผ่นวงจร เนื่องจากการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคทำให้ทราบถึงกระบวนการดำเนินงานประกอบแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการสกัดโลหะมีค่า ขนาดของโครงการ เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ เทคโนโลยีในการผลิต กำลังการผลิต การออกแบบวางแผนโครงการ การประมาณต้นทุนการลงทุนและค่าดำเนินการรวมทั้งค่าบำรุงรักษา ที่ชี้ให้เห็นชัดถึงประสิทธิภาพที่เหมาะสมของโครงการ ส่วนการวิเคราะห์ด้านการเงินของโครงการการประมาณกระแสเงินสด การกำหนดอัตราคิดลดที่เหมาะสม การประเมินความคุ้มค่าของโครงการ เครื่องมือทางการเงินที่ใช้ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายใน อัตราผลตอบแทนภายในที่ปรับค่าแล้ว ดัชนีความสามารถในการทำกำไรและการทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน

หลังจากการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิค และด้านการเงินทั้งสองด้านแล้วนั้นสู่หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจรับหรือปฏิเสธการดำเนินงานโครงการ นอกนั้นในการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ ผู้วิจัยไม่ทำการวิเคราะห์เนื่องจากบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ยังคงเดิมในรูปแบบการดำเนินงานโดยรวมโดยไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านอื่น ๆ จึงสรุปแล้วว่าการวิเคราะห์ในด้านเทคนิคและการเงินมีความเพียงพอและเป็นที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้ในงานวิจัยโครงการครั้งนี้

วิธีการศึกษา

1.ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1.1 การสังเกตแบบมีส่วนร่วมจากกระบวนการผลิตแผ่นประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด และการสัมภาษณ์เชิงลึกกับเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบกระบวนการกำจัดขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัท ฯ เพื่อรวบรวมข้อมูลของปริมาณ และกระบวนการกำจัดขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.2 การสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับเทคโนโลยีจากวิศวกรเพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเครื่องจักร เทคโนโลยี และการดำเนินการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล จาก เอกสารภายในบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด หนังสือ วารสาร บทความ วิทยานิพนธ์ ผลการวิจัย และเว็บไซต์ของหน่วยงานต่าง ๆ ประกอบด้วย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติเพื่อให้ทราบข้อมูลค่าเทคโนโลยีการสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจักร อุปกรณ์ และอัตรากำลังการผลิต

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis) เป็นการศึกษาเพื่อตอบวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2 โดยเครื่องมือทางสถิติอย่างง่าย เช่น การใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ซึ่งนำเสนอด้วยวิธีการเขียนบรรยาย โดยมีรูปภาพ ตาราง ประกอบการศึกษาเชิงพรรณนา สามารถแบ่งเนื้อหาในการทำการศึกษาได้ ดังนี้

1.1 อธิบายถึงสภาพโดยทั่วไปของกระบวนการผลิตแผ่นประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะดำเนินงาน ปริมาณ และศักยภาพในการผลิต

1.2 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคเกี่ยวกับ ลักษณะ พื้นที่อาคาร ขนาดโครงการ โครงสร้างทางกายภาพ เทคโนโลยีการผลิต เครื่องจักร อุปกรณ์ และศักยภาพในการผลิต สำหรับการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัทเอส (ประเทศไทย) จำกัด

2. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยเครื่องมือทางด้านการเงินมาใช้วิเคราะห์ ได้แก่ การประเมินค่าโครงการลงทุน การวิเคราะห์ความเสี่ยงซึ่งจะเป็นเกณฑ์การตัดสินใจลงทุนในการสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ ข้อที่ 3 และข้อที่ 4 โดยมีกระบวนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดอัตราคิดลดที่เหมาะสม ให้สอดคล้องกับความเสี่ยงของโครงการ โดยการใช้ต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weight Average Cost of Capital: WACC) เป็นอัตราคิดลด เนื่องจากเป็นการลงทุนของเอกชนที่มีแหล่งเงินทุนหลายแห่งเป็นต้นทุนในการดำเนินโครงการ

$$WACC = (We \times Ke) + [Wd \times Kd(1 - Tax)]$$

เมื่อกำหนดให้

We = สัดส่วนเงินลงทุนของผู้ประกอบการ (ร้อยละ)

Wd = สัดส่วนเงินลงทุนจากการกู้ยืม (ร้อยละ)

Ke = ต้นทุนเงินลงทุนของผู้ประกอบการ (ร้อยละ)

Kd = ต้นทุนเงินลงทุนจากการกู้ยืม (ร้อยละ)

Tax = อัตราภาษีเงินได้นิติบุคคล (ร้อยละ)

2.2 การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน (Net Present Value: NPV) คือ มูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนสุทธิ หรือกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งคำนวณด้วยการจัดทำส่วนลดกระแสผลตอบแทนสุทธิตลอดอายุโครงการเป็นมูลค่าปัจจุบัน หรือคำนวณหา NPV จากความแตกต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสผลตอบแทนรวม และมูลค่าปัจจุบันของกระแสต้นทุนรวม ทำการกำหนดระยะเวลาโครงการ (t) เริ่มต้นที่ 0 เพื่อกำหนดเงินทุนไว้ต้นปีสำหรับการป้องกันการขาดสภาพคล่องของโครงการโดยหลักเกณฑ์การตัดสินใจคือ ควรรับ หรืออนุมัติเมื่อ NPV เมื่อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 ซึ่งแสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมในการลงทุนแต่หาก NPV มีค่าน้อยกว่า 0 ไม่ควรรับโครงการ

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{NB_t}{(1 + WACC)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{IC_t}{(1 + WACC)^t}$$

เมื่อกำหนดให้

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

NB_t = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน ณ ปีที่ t (บาท)

IC_t = ต้นทุนในการลงทุนของโครงการ ณ ปีที่ t (บาท)

WACC = ต้นทุนเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (ร้อยละ)

t = ระยะเวลาโครงการ (0,1,...,n)

n = อายุของโครงการเป็นปี

2.3 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ ผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปี เป็นร้อยละของโครงการ หรือ อัตราผลตอบแทนในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับ 0 โดย IRR คือ อัตราส่วนลดของโครงการ หรืออัตราผลตอบแทนโครงการที่ได้รับจากการลงทุนไป หลักเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจคือ รับหรืออนุมัติโครงการเมื่อ ค่า IRR มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จึงตัดสินใจลงทุนโครงการหากมีค่าน้อยกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ไม่ควรรับโครงการ

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{NB_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{IC_t}{(1+r)^t} = 0 \quad 0$$

เมื่อกำหนดให้

r = อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (ร้อยละ)

2.4 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการที่มีการปรับค่าแล้ว (Modified Internal Rate of Return: MIRR) โดยมีข้อสมมุติว่าเงินลงทุนที่ได้ลงทุนเมื่อเริ่มโครงการและระหว่างดำเนินโครงการจะรวมเป็นลงเงินทุนในครั้งแรกโดยคิดต้นทุนค่าเสียโอกาสเท่ากับต้นทุนของเงินส่วนผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานที่ได้รับระหว่างดำเนินโครงการนั้นนำไปลงทุนต่อจนถึงปีสุดท้ายของโครงการโดยได้รับอัตราผลตอบแทนเท่ากับต้นทุนของเงินทุนเช่นเดียวกัน จากนั้นนำมูลค่าปีสุดท้ายรวมกันเป็นมูลค่าปีสุดท้ายของโครงการ (Terminal Value: TV) และจะหาอัตราคิดลดนั้นคืออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่มีการปรับแล้วหรือ MIRR หลักเกณฑ์สำหรับการตัดสินใจ คือ รับหรืออนุมัติโครงการที่มีค่า MIRR มากกว่าหรือเท่ากับต้นทุนเงินทุนของเงินทุนถัวเฉลี่ยถ่วงจึงตัดสินใจลงทุนโครงการหากมีค่าน้อยกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก ไม่ควรรับโครงการ

$$MIRR = \left[\frac{\sum_{t=0}^{n} R_t (1+r_{t,n})^{n-t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t}{(1+r_{0,t})^t}} \right]^{1/n} - 1$$

เมื่อกำหนดให้

Rt = ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงาน ณ ปีที่ t (บาท)

It = ต้นทุนในการลงทุนของโครงการ ณ ปีที่ t (บาท)

$r_{0,t}$ = ต้นทุนของเงินทุนของโครงการ (ร้อยละ)

$r_{t,n}$ = อัตราผลตอบแทนจากการลงทุนซ้ำ (ร้อยละ)

t = ระยะเวลาโครงการ (0,1,...,n)

n = อายุของโครงการเป็นปี

โดยมีข้อสมมติ $r_{0,t} = r_{t,n}$

2.5 ดัชนีความสามารถในการทำกำไร (Profitability Index: PI) คือ อัตราส่วนของผลรวมมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นหลังจากปีที่มีการลงทุนเริ่มแรกต่อมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนเริ่มแรก หลักการการตัดสินใจรับอนุมัติคือค่า PI มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{NB_t}{(1 + WACC)^t}}{\sum_{t=}^{n} \frac{IC_t}{(1 + WACC)^t}}$$

เมื่อกำหนดให้

PI = ดัชนีความสามารถในการทำกำไร (เท่า)

2.6 การทดสอบค่าความแปรเปลี่ยน (Switching Value Test) โดยสามารถนำแนวคิดนี้มาวิเคราะห์สถานการณ์ความไม่แน่นอนที่อาจมีผลกระทบต่อการดำเนินโครงการ ซึ่งในที่สุดทำให้ต้นทุนหรือผลประโยชน์ของโครงการอาจไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง การวิเคราะห์จะใช้การเปลี่ยนข้อสมมติต่าง ๆ ไปในทิศทางที่คาดอาจจะเกิดขึ้นว่าตัวแปรที่สำคัญจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น หรือลดลงได้มากที่สุดเพียงใด แล้ววิเคราะห์ผลตามข้อสมมุติใหม่เพื่อตรวจสอบว่ายังสามารถยอมรับ หรืออนุมัติโครงการได้ในระดับต่ำที่สุดคือ ค่า NPV เท่ากับ 0 โดยชี้วัดจากเกณฑ์การวัดค่าโครงการเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง ดังนี้

2.6.1 การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านผลตอบแทนว่าลดลงได้มากที่สุดเท่าไหร่ที่ยังคงสามารถยอมรับโครงการได้โดยที่โครงการยังคงคุ้มค่าในการลงทุน

$$SVT_B = \frac{NPV}{PV_B} \times 100$$

2.6.2 การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนการดำเนินการว่าเพิ่มได้ที่มากสุดเท่าไหร่ที่ยังคงสามารถยอมรับโครงการได้โดยที่โครงการยังคงคุ้มค่าในการลงทุน

$$SVT_{OC} = \frac{NPV}{PV_{OC}} \times 100$$

2.6.3 การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนการลงทุนว่าเพิ่มขึ้นได้มากที่สุดเท่าไหร่ที่ยังคงสามารถยอมรับโครงการได้โดยที่โครงการยังคงคุ้มค่าในการลงทุน

$$SVT_{IC} = \frac{NPV}{PV_{IC}} \times 100$$

2.6.4 การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนรวมว่าเพิ่มขึ้นได้มากสุดเพียงเท่าไหร่ที่ยังคงมาสามารถยอมรับโครงการได้โดยที่โครงการยังคงคุ้มค่าในการลงทุน

$$SVT_{C} = \frac{NPV}{PV_{C}} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

SVT_B = การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านผลตอบแทน (บาท)

SVT_{OC} = การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนการดำเนินงาน (บาท)

SVT_{IC} = การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนการลงทุน (บาท)

SVT_C = การทดสอบความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนรวม (บาท)

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)

PV_B = มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (บาท)

PV_{OC} = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนการดำเนินงาน (บาท)

PV_{IC} = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนการลงทุน (บาท)

PVC = มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (บาท)

กระบวนการผลิตของโครงการสกัดโลหะมีค่าจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เทคโนโลยีการสกัดโลหะมีค่าจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบันมีความนิยมในเชิงพาณิชย์ 3 วิธีได้แก่ 1) วิธีทางกายภาพ 2) วิธีทางความร้อน และ 3) วิธีทางเคมี ทั้งนี้เทคโนโลยีการสกัดโลหะมีค่าทั้ง 3 ประเภทมีวัตถุประสงค์ ผลลัพธ์ ข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน จากข้อมูลพบว่าเทคโนโลยีที่ดีที่สุดคือวิธีทางกายภาพ แต่ถ้าหากใช้วีธีทางกายภาพเพียงชนิดเดียวจะไม่สามารถทำให้ได้โลหะมีค่าที่บริสุทธิ์เท่ามาตรฐานที่ยอมรับในตลาดจึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีผสมผสานกันเพื่อให้ได้โลหะมีค่าที่บริสุทธิ์ โดยพบว่าข้อดีทางความบริสุทธิ์เมื่อเปรียบเทียบ

กับวิธีทางความร้อนและทางเคมี พบว่าการใช้วีการแยกทางเคมีใช้พลังงานน้อย อีกทั้งสามารถควบคุมผลผลิต และการทำนายผลผลิตได้ดีกว่า โดยสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังตารางที่ 1

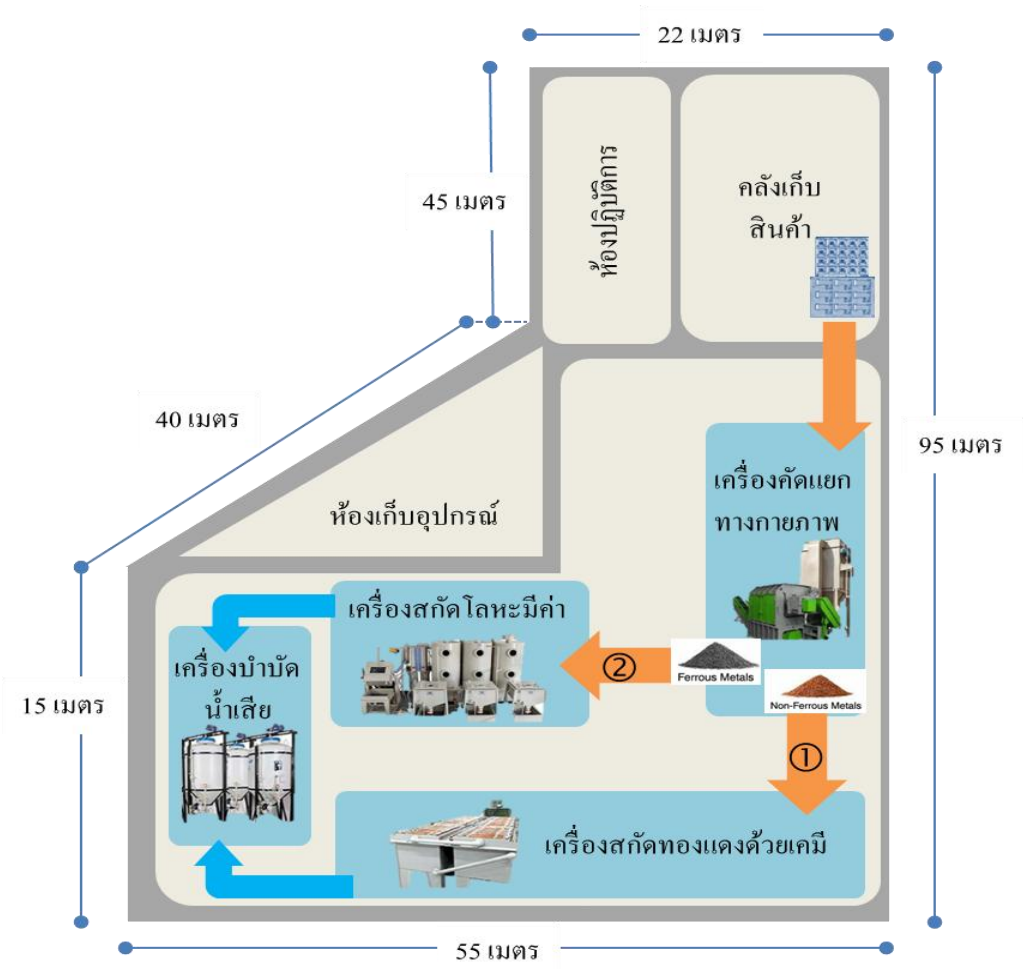
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียเทคโนโลยีการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ประเภทเทคโนโลยี	วิธีทางกายภาพ	วิธีทางความร้อน	วิธีทางเคมี
การใช้พลังงาน	น้อย	มาก	น้อย
ความบริสุทธิ์โลหะ	ไม่บริสุทธิ์	บริสุทธิ์	บริสุทธิ์
การควบคุมงาน	ง่าย	ยาก	ง่าย
การทำนายผลผลิต	แม่นยำ	ไม่แม่นยำ	แม่นยำ
ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ไม่กระทบ	กระทบ	กระทบ

ที่มา : ผู้วิจัย (2559)

จากทางเลือกและรูปแบบของเทคโนโลยีในการสกัดโลหะมีค่าดังกล่าวไว้ข้างต้นโครงการนี้จึงเลือกใช้เทคโนโลยีแบบครบวงจร ที่สามารถสกัดโลหะมีค่ามีค่าจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้อยู่ระดับคุณภาพความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานของตลาด อีกทั้งพิจารณาจากความสอดคล้องของขนาดการผลิต ความเหมาะสมต่อปริมาณวัตถุดิบที่ผ่านการทดลองมาเป็นอย่างดี เป็นเทคโนโลยีล่าสุด สะดวกต่อการบำรุงรักษา และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

น้อยที่สุด โดยเริ่มจากการนำแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เสียจากกระบวนการผลิตของบริษัท ฯ มาทำการแยกโดยวิธีทางกายภาพ จากนั้นอนุภาคที่บดละเอียดของทองแดงจะแยกเข้าสู่เข้าสู่การสกัดโลหะมีค่าด้วยวิธีทางเคมีและการแยกสารด้วยไฟฟ้าและทำเป็นแผ่นทองแดงบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 99.9 ส่วนอนุภาคที่มีองค์ประกอบโลหะมีค่าทางเคมีอื่น ๆ จะนำเข้าสู่การสกัดโลหะมีค่าอยู่ในระดับความบริสุทธิ์ตามมาตรฐาน ทั้งนี้โครงการจะมีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในลงทุนในการบำบัดน้ำเสียจากโครงการให้กลับมีระดับความเป็นกลาง



ภาพที่ 1 พื้นที่โครงการใช้สำหรับกระบวนการสกัดโลหะมีค่าจากขยะแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

ข้อสมมติในการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดให้มีระยะเวลาดำเนินโครงการ 10 ปี โดยมีระยะเวลาในการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรซึ่งกำหนดมาจากอายุการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ของการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์อุปกรณ์ มีระยะเวลาในการก่อสร้างอาคาร ติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ 11 เดือน และเริ่มสกัดโลหะมีค่าจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2561 – 2570
2. ภาษีเงินได้นิติบุคคลเท่ากับอัตราร้อยละ 20 ตามอัตราภาษีใหม่ที่ประกาศใช้ในปี 2558
3. การประมาณผลตอบแทนและต้นทุนตลอดอายุโครงการให้เป็นการประมาณแบบกระแสเงินสด (Real Cash Flow) โดยต้นทุนและผลตอบแทนไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราเงินเฟ้อ การประมาณการกระแสเงินสดในส่วนของ

ต้นทุนจะรวมไว้ตอนต้นปี ผลตอบแทนและต้นทุนการดำเนินการจะรวมไว้ตอนปลายปีเป็นการป้องกันความเสี่ยงการขาดสภาพคล้องของโครงการ

4. เครื่องจักรที่ใช้ในโครงการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ใช้ได้ตลอดอายุโครงการและมีมูลค่าเท่ากับศูนย์ ในปีที่ครบอายุโครงการ

5. การคำนวณค่าเสื่อมราคาของโครงการในส่วนของเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นแบบเส้นตรง ตามกฎหมายสรรพากร (พระราชกฤษฎีกา ฉบับที่ 145)

6. จำนวนวันทำงานของบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด จำกัด 245 วันต่อปี ดำเนินการผลิต 8.5 ชั่วโมงต่อวัน โดยคิดจำนวนวันเดินเครื่องจักรของโรงงานเท่ากันทุกปีตลอดอายุของโครงการ

7. กำลังการผลิตของโครงการสกัดโลหะมีค่าคำนวณที่ประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 90 ของเวลากำลังสูงสุดของการผลิต

ผลการศึกษา

จากการศึกษาและเปรียบเทียบเทคโนโลยีการสกัดโลหะมีค่าจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ปัจจุบันมีความนิยมในเชิงพาณิชย์ 3 วิธีได้แก่ 1) วิธีทางกายภาพ 2) วิธีทางความร้อน และ 3) วิธีทางเคมี ดังนั้นโครงการนี้จึงเลือกใช้เทคโนโลยีแบบครบวงจร ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ 1) ขั้นตอนการบดละเอียดทางกายภาพ 2) ขั้นตอนการคัดแยกทองแดงด้วยเคมี 3) ขั้นตอนการทำให้โลหะมีค่าบริสุทธิ์ 4) ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย และ 5) กระบวนการทดสอบความบริสุทธิ์โลหะมีค่า เพราะโครงการต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลผลิตที่สกัดออกมาได้จึงมีกระบวนการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของโลหะมีค่าที่สกัดได้ และการออกแบบวางผังโครงการใช้พื้นที่สำหรับโครงการใช้ ทั้งหมด 3,245 ตารางเมตรจากพื้นที่ว่างของ บริษัท ซึ่งไม่มีแผนการใช้ในระยะสั้นและยาว โดยกำหนดรูปแบบการวางตำแหน่งของเครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต อาคารและสิ่งก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย ห้องปฏิบัติการ ห้องเก็บอุปกรณ์ คลังเก็บสินค้าซึ่งคือแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์และผลผลิตของโลหะมีค่าที่สกัดของโครงการได้ ทำให้สามารถมั่นใจได้ว่าการออกแบบวางผังโครงการจัดตั้งมีความเหมาะสมและสอดคล้องต่อการดำเนินงานของโครงการ โครงการทำการขายซากแผ่นวงจรตามน้ำหนักที่เดิมราคาตันละ 200,000 บาท มีรายได้เฉลี่ย 14.16 ล้านบาทต่อปี เมื่อดำเนินการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจำหน่ายแล้วจะทำให้มีระดับราคาขายโลหะมีค่าที่ตันละ 490,000 บาท ดังนั้นรายได้จากการจำหน่ายโลหะมีค่าที่สามารถสกัดได้มีมูลค่า 35.04 ล้านบาทต่อปี สามารถสรุปได้ว่าผลของส่วนต่างมูลค่าเพิ่มและเป็นผลตอบแทนของโครงการเท่ากับปีละ 20.88 ล้านบาทต่อปี

การศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงินสำหรับการลงทุนครั้งนี้ด้วยข้อสมมติฐานทั้งหมด 7 ข้อโดยโครงการมีรายได้เป็นระยะเวลา 10 ปี จากปัจจุบันที่บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ทำการขายซากแผ่นวงจรตามน้ำหนักที่ราคาตันละ 200,000 บาท ทำให้มีรายได้เฉลี่ยจากการขายตามการชั่งน้ำหนักของแผ่นวงจร 14.16 ล้านบาทต่อปี เมื่อดำเนินการสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อจำหน่ายแล้วจะทำให้มีระดับราคาขายโลหะมีค่าที่ตันละ

490,000 ล้านบาท ดังนั้นรายได้จากการจำหน่ายโลหะมีค่าที่สามารถสกัดได้มีมูลค่า 35.04 ล้านบาทต่อปี สามารถสรุปได้ว่าผลของส่วนต่างมูลค่าเพิ่มและเป็นผลตอบแทนของโครงการเท่ากับปีละ 20.88 ล้านบาทต่อปี การกำหนดอัตราคิดลดที่เหมาะสมคำนวณได้จากต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) โดยต้นทุนในส่วนของเจ้าของ (Ke) มีค่าเท่ากับ 10.9 ซึ่งคำนวณได้จากสมการ Capital Asset Pricing Model (CAPM) โดยอัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง (Rf) เท่ากับร้อยละ 3.01 (สมาคมตลาดตราสารหนี้ไทย, 2559) อัตราผลตอบแทนของตลาดหลักทรัพย์โดยเฉลี่ย (Rm) เท่ากับร้อยละ 13.53 (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศ, 2559) ค่า beta ของหลักทรัพย์ (β) เท่ากับ 0.75 ดังนั้นจึงคำนวณต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักได้เท่ากับ อัตราร้อยละ 8.73การประมาณการต้นทุน แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนในการลงทุนเท่ากับ 56,355,097 บาทและต้นทุนในการดำเนินการเท่ากับ 96,241,879 บาท ทำการประมาณผลตอบแทนซึ่งใช้อัตราคิดลดจากการหาต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก อัตราร้อยละ 8.73 เพื่อให้มูลค่าเงินแต่ละช่วงเวลาเป็นมูลค่าเงินปัจจุบัน โดยจะทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจลงทุนโครงการ ซึ่งสามารถสรุปผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลตอบแทน (NPV) เท่ากับ -5,997,915 บาท

2. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 6.68

3. อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการที่ปรับค่าแล้ว (MIRR) เท่ากับร้อยละ 7.52

4. ดัชนีความสามารถในการทำกำไร (PI) เท่ากับ 0.89

โดยสรุปการประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการโดยงบกระแสเงินสดนั้น สามารถคำนวณเกณฑ์การตัดสินใจทางด้านการเงินได้ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ -5,997,915 บาท ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 6.68 มีค่าน้อยกว่าต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก อัตราผลตอบแทนภายในโครงการที่มีการปรับค่าแล้ว (MIRR) เท่ากับร้อยละ 7.52 มีค่าน้อยกว่าต้นทุนเงินทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก และดัชนีความสามารถในการทำกำไร (PI) เท่ากับ 0.89 ซึ่งน้อยกว่า 1 ดังนั้นสรุปได้ว่า โครงการนี้ไม่น่าลงทุน เมื่อเปรียบค่าของตัวชี้วัดจากประมาณการกับค่าหลักเกณฑ์การตัดสิน

ผลการทดสอบความสามารถในการรับความแปรเปลี่ยนด้วยวิธีการจากตัวแปรด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 กรณีพบว่า 1) ผลตอบแทนต้องเพิ่มขึ้นอีกอย่างน้อยร้อยละ 4.09 จึงจะทำให้ค่า NPV เท่ากับศูนย์ ส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่า 2) ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนในการดำเนินงาน พบว่าต้นทุนในการดำเนินงานต้องลดลงอีกอย่างน้อยร้อยละ 6.23 จึงจะทำให้ค่า NPV เท่ากับศูนย์ ส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่า 3) ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนในการลงทุน พบว่าต้นทุนในการลงทุนต้องลดลงอีกอย่างน้อยร้อยละ 10.64 จึงจะทำให้ค่า NPV เท่ากับศูนย์ ส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่า 4) ค่าความแปรเปลี่ยนด้านต้นทุนรวม พบว่าต้นทุนรวมต้องลดลงอีกอย่างน้อยร้อยละ 3.93 จึงจะทำให้ค่า NPV เท่ากับศูนย์ ส่งผลให้โครงการมีความคุ้มค่า จึงสรุปผลการศึกษาได้ว่าการลงทุนสกัดโลหะมีค่าจากแผ่นวงจร

อิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ไม่คุ้มค่าในการลงทุน อย่างไรก็ตามหากโครงการมีความสามารถในปรับเปลี่ยนตัวแปรได้เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนเนื่องจากเป็นค่าแปลเปลี่ยนในช่วงแคบ

สรุปและเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่าการบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด ไม่ควรพิจารณาลงทุนในโครงการนี้เนื่องจากผลจากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการเงินไม่คุ้มแก่การลงทุน ทั้งนี้บริษัท ฯ อาจมีการผลิตที่เพิ่มขึ้นสูง และทำให้มีของเสียแผ่นวงจรเกิดขึ้นมากกว่า 79. 3 ตันต่อปี (โดยอัตราส่วนของแผ่นวงจรเสียต่อกำลังการผลิตคงที่) จึงจะทำให้โครงการคุ้มค่าการลงทุน

2. ผลการทดสอบความสามารถในการรับความแปรเปลี่ยนด้วยวิธีการจากตัวแปรด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 กรณี พบว่าอยู่ในค่าช่วงแคบ ซึ่งหากผู้บริหารบริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด อาจสามารถพิจารณาในการลดต้นทุนลงทุนหรือต้นทุนการดำเนินงาน หรือต้นทุนรวม เพื่อทำให้ผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินเกิดการคุ้มค่าในการลงทุนทั้งนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาอย่างละเอียดและครอบคลุมการดำเนินงานของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

กรมอตุสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556. *เทคโนโลยีการแยกสกัดโลหะมีค่าและโลหะพื้นฐานจากขยะอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://www.dpim.go.th/service/download., 6 สิงหาคม 2559

กรมอตุสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. 2556. *เทคโนโลยีรีไซเคิลทองคำจากซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://www.dpim.go.th/purchase/article.,6 สิงหาคม 2559

จุไร ทัพวงษ์, วิชญะ นาครักษ์, วิโรจน์ นรารักษ์, สมศักดิ์ มีทรัพย์หลาก และสุภาสินี ตันติศรีสุข.2555. *การวิเคราะห์โครงการและแผนงาน (Project and Program Analysis).*

กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์.

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. 2554. *เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์

แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.2559.*ราคาดัชนีผลตอบแทนรวม*(Online).

http://www.set.or.th/th/market/tri.html., 30 พฤศจิกายน 2559

บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด. 2559. *ฝ่ายวางแผนการผลิต.* นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมืองชลบุรี

จังหวัดชลบุรี.

บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด. 2559. *ฝ่ายการผลิตแผ่นวงจรประกอบอิเล็กทรอนิกส์.* นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี.

บริษัท เอส (ประเทศไทย) จำกัด. 2559. *ฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม.* นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี.

เปรมฤดี กาญจนปิยะ. 2544. *E-Waste การรีไซเคิลซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีกายภาพ*. ปทุมธานี: บริษัท ไทยเอฟเฟคท์สตูดิโอ จำกัด.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2554. *เทคโนโลยีการจัดการซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://nstda.or.th/cyberbookstore/ewaste%20vol%202.pdf., 7 ตุลาคม 2559

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2557. *ลดขยะล้นโลกกับงานวิจัยรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://www.energysavingmedia.com/news/page.php., 7 ตุลาคม 2559

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2556. e-*Wasteการรีไซเคิลซากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://infofile.pcd.go.th/haz/8waste.pdf., 7 ตุลาคม 2559

สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. 2559. *ขยะอิเล็กทรอนิกส์* (Online). http://library2.parliament.go.th/ebook/content-ebbas/2559-nicha.pdf, 7 ตุลาคม 2559

หฤทัย มีนะพันธ์. 2550. *หลักการวิเคราะห์โครงการ*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด