

การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ด้วยเทคโนโลยีสะอาด

วีระวัฒน์ อุ่นเส่นหา^{1*} ชีระวิทย์ รัตนพันธ์² และ ชันวดี สุขสาโรจน์²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยเทคโนโลยีสะอาด โดยเริ่มต้นจากการพัฒนาตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานในระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2555 ของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด จากนั้นจึงพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยหลักการของเทคโนโลยีสะอาด จากการศึกษาการดำเนินงานของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ พบว่า การใช้พลังงานและการใช้น้ำเป็นตัวชี้วัดที่มีค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงและต่ำที่สุดตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยกราฟ Snapshot พบว่า การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นอยู่ในระดับ Fully Non-Eco-Efficiency ซึ่งเป็นระดับที่การเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่ลดลงควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น จากนั้นจึงประยุกต์ใช้หลักการของเทคโนโลยีสะอาดมาพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด พบว่า การจัดอบรมด้านการใช้และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแก่พนักงานและการนำน้ำล้างชิ้นสุดท้ายกลับมาใช้ใหม่เป็นแนวทางที่ทางโรงงานเส้นยางยืดสามารถดำเนินการได้ทันทีและไม่มีค่าใช้จ่ายอีกด้วย

คำสำคัญ : ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ, กระบวนการผลิตเส้นยางยืด, เทคโนโลยีสะอาด

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

² สถาบันพัฒนาสุภาพาอาชีพ มหาวิทยาลัยมหิดล

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: ounsaneha.w@gmail.com รับเมื่อ 9 กันยายน 2559 ตอบรับเมื่อ 31 พฤษภาคม 2560

Enhancement of Eco-Efficiency Performance for Tread Product Process by Clean Technology

Weerawat Ounsaneha^{1*}, Cheerawit Rattanapan² and Thunwadee Suksaroj²

Abstract

This research was to develop the enhancement of eco-efficiency performance of tread product processes by clean technology. Firstly, environmental and economic of eco-efficiency indicators was developed for evaluating performance of tread product processes during 2010-2012. Then, enhancing eco-efficiency approach of tread product processes was developed by clean technology concept. The result of performance evaluation for tread product process by eco-efficiency showed that energy consumption and water use was highest and lowest values of eco-efficiency, respectively. From the result of eco-efficiency trend by snapshot graph analysis showed that electric consumption, water use and carbon emission of tread product process located in Fully Non-Eco-Efficiency, which was the change level of decreased economic will coincide with the increasing environmental impact. Besides, this finding was according to the result of the eco-efficiency value found that the water use was highest resource consumption of production process. Moreover, the clean technology concept was applied for developing approach of enhancing eco-efficiency of tread product process found that the training providing of water use and consumption for worker and the reuse of final leaching water was acknowledged by tread industry due to the immediate implementation and no cost.

Keywords : Eco-efficiency, Tread Product Process, Clean Technology

¹ Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage.

² ASEAN Institute for Health Development, Mahidol University

* Corresponding author, E-mail: ounsaneha.w@gmail.com Received 9 September 2016, Accepted 29 May 2017

1. บทนำ

จากรายงานของสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร [1] พบว่า ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพารารายใหญ่ของโลก ด้วยการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพาราได้ประมาณ 3.70 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.33 ต่อปี โดยเมื่อพิจารณาศักยภาพในการส่งออกสินค้าผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยแล้ว พบว่า เพียง 6 เดือนแรกของ ปี พ.ศ. 2558 เส้นยางขีดยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งออกเป็นอันดับ 4 ของผลิตภัณฑ์ยางทั้งหมด โดยมีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 123.04 ล้านดอลลาร์สหรัฐ [2] จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของอุตสาหกรรมยางขีดยังของประเทศไทยที่มีโอกาสในการขยายตัวและเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ทั้งจากปริมาณการใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทยในการผลิตเส้นยางขีดยังและจากมูลค่าการส่งออกของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ภาครัฐควรให้การสนับสนุนทั้งแหล่งเงินทุนและการส่งเสริมการวิจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตเส้นยางขีดยังในสถาบันต่าง ๆ ให้มากกว่าในปัจจุบัน

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการผลิตเส้นยางขีดยังของประเทศไทยนั้น พบว่า ประเด็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและต้นทุนในการผลิตเส้นยางขีดยังเกิดจากการใช้ทรัพยากรและการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางขีดยังเป็นประเด็นสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการแก้ไข [3] ดังนั้นการจัดการสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมเส้นยางขีดยังจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องมีการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาแนวทางหรือข้อเสนอแนะในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเส้นยางขีดยัง โดยต้องเพิ่มเติมประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ที่จะสะท้อนให้เห็นถึง

ศักยภาพในการดำเนินงานตามแนวทางดังกล่าวในอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง

แนวคิดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้พัฒนาขึ้นโดยคณะกรรมการธุรกิจโลกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ใน ค.ศ. 1990 และได้แพร่หลายไปทั่วโลก อาทิในประเทศแคนาดานั้นแนวคิดดังกล่าวได้ยังถูกนำมาเข้าสู่การประชุม โต้เถียงกันแห่งชาติทางสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นมีความเหมาะสมกับองค์กรต่าง ๆ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสมดุลอย่างบูรณาการระหว่างผลประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ [4] โดยอาศัยหลักการการพัฒนาอย่างยั่งยืนด้วยวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้ทรัพยากรซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพร้อมไปกับการควบคุมและเพิ่มมูลค่าของการผลิต นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง [4-8] ยังพบอีกว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มศักยภาพกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ อีกทั้งจากการศึกษาของ Ounsaneha and Rattanapan [9] พบว่า ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของกระบวนการผลิตถุงมือยางจากน้ำยางข้น จึงแสดงให้เห็นถึงโอกาสในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของการผลิตเส้นยางขีดยังด้วยประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

แต่อย่างไรก็ตามหลักการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการการประเมินประสิทธิภาพเป็นหลัก จึงมีความจำเป็นอาศัยกลไกของเทคโนโลยีสะอาดมาร่วมเพื่อให้สามารถพัฒนาแนวทางหรือข้อเสนอแนะเชิงรูปธรรมได้ [10] ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้หลักการของ

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด โดยจะศึกษามูลค่าทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นกับภาระด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ทำให้ได้ข้อมูลสถานะและแนวโน้มเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด จากนั้นจึงพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาดซึ่งแนวทางต้นแบบดังกล่าวจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการกระบวนการผลิตเส้นยางยืดอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การพัฒนาตัวชี้วัดและแบบสอบถามประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจพัฒนาจากการสัมภาษณ์และสังเกตการทำงานของพนักงาน ในโรงงานผลิตเส้นยางยืดร่วมกับข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงสรุปเป็นแผนภาพการไหลซึ่งอาศัยหลักการสมดุลมวลของสารเข้าและออกจากกระบวนการผลิตรวมไปถึงผลพลอยได้จากการผลิตของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดผลิตและคัดเลือกเฉพาะผลกระทบที่มีนัยสำคัญ (มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด) ต่อกระบวนการผลิตนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ จากนั้นจึงนำมาทวนสอบกับคู่มือการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของ The World Business Council for Sustainable Development [11] และจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นสำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง [8-9] จากนั้นจึงนำร่างของตัวชี้วัดมาทวนสอบความ

เชื่อมั่นโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนเพื่อให้ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขให้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้ให้มีความถูกต้องครอบคลุมและสามารถนำไปใช้ในการประเมินได้จริง แล้วจึงนำตัวชี้วัดที่คัดเลือกได้พัฒนาเป็นแบบรวบรวมข้อมูลโดยดัดแปลงจากเค้าโครงของแบบรวบรวมข้อมูลเพื่อการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้พัฒนาขึ้น โดย National Round Table [12] ประเทศแคนาดาและเทียบเคียงกับแบบสอบถามประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นสำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือยางแล้วทวนสอบและระดมสมองร่วมกับคณาจารย์ทางโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อให้แบบรวบรวมข้อมูลให้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้จริง

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิตามแบบรวบรวมข้อมูลที่ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิถึงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเส้นยางยืดจำนวน 2 โรงงาน ซึ่งมีกำลังการผลิตที่ใกล้เคียงกันและใช้ค่าเฉลี่ยของทั้งสองโรงงานเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเน้นโรงงานที่มีความพร้อมและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนซึ่งเป็นความลับทางการค้าซึ่งในกระบวนการเก็บข้อมูลนั้นจะให้ตัวแทนของโรงงานเข้ามามีส่วนร่วมในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสอบถามเพื่อให้ทางโรงงานมีศักยภาพในการประเมินประสิทธิภาพของโรงงานด้วยตัวเองได้ โดยการศึกษานี้จะทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553- 2555 เพื่อนำมาใช้ประเมินสถานะปัจจุบันและแนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิต

2.3 การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

การประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นได้ดัดแปลงจากวิธีการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของ The World Business Council for Sustainable Development [11] โดยใช้อัตราส่วนของความสัมพัทธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบมูลค่าที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือบริการกับผลรวมของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรและการปลดปล่อยมลภาวะจากสิ่งแวดล้อมโดยสมการที่ใช้ในการประเมินแสดงดังสมการที่ 1

$$E = \frac{EV}{\sum En} \quad (1)$$

เมื่อ

E คือ ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของตัวอย่าง n ที่ทำการประเมิน

EV คือ มูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

En คือ ผลรวมของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม

2.4 การศึกษาแนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

การศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นได้เลือกใช้วิธีการประเมินจากแผนภาพ Snapshot ที่ได้รับการพัฒนาโดยกลุ่ม Anite System ประเทศอังกฤษ [13] ซึ่งมีขั้นตอนของการศึกษาดังนี้

1. คำนวณหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%Variation) ตามตัวชี้วัดทั้งด้านเศรษฐกิจและ

สิ่งแวดล้อมโดยเปรียบเทียบปีที่ต้องการประเมินกับความเปลี่ยนแปลงของปีที่ใช้อ้างอิง (Base Year) ทั้งนี้ในการศึกษานี้เลือกใช้ปี พ.ศ. 2553 เป็นปีอ้างอิง โดยการคำนวณหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมนั้นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ตามลำดับ

$$\%VE = \frac{(\sum EV_y - \sum EV_b) \times 100}{\sum EV_b} \quad (2)$$

เมื่อ

% VE คือ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านเศรษฐกิจ

$\sum EV_y$ คือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางยืดปีที่ต้องการประเมิน

$\sum EV_b$ คือ ผลรวมของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางยืดปีอ้างอิง

$$\%VE_n = \frac{(\sum EV_{ny} - \sum EV_{nb}) \times 100}{\sum EV_{nb}} \quad (3)$$

เมื่อ

% VEn คือ ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม

$\sum EV_{ny}$ คือ ผลรวมของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางยืดปีที่ต้องการประเมิน

$\sum EV_{nb}$ คือ ผลรวมของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นยางยืดของปีอ้างอิง

2. นำค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงตามตัวชี้วัดทั้งสองที่คำนวณได้ในแต่ด้านของปีที่ต้องการประเมินมา

เปรียบเทียบกับปีอ้างอิงที่ได้จากการคำนวณโดยนำมาพล็อตลงบนกราฟ 2 มิติในระบบแกน XY ที่ประกอบด้วย Quadrant ทั้งหมด 4 Quadrant โดยกำหนดรายละเอียดของแต่ละแกน โดยแกน X คือผลรวมของค่าร้อยละในการเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม และ แกน Y คือผลรวมของค่าร้อยละในการเปลี่ยนแปลงตัวชี้วัดด้านเศรษฐกิจ ซึ่งจุดโคออร์ดิเนตชั้นที่เกิดจากการพล็อตของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดทั้งหมดบน Quadrant ต่าง ๆ บนกราฟ Snapshot นั้นจะสามารถระบุได้ถึงระดับความมีประสิทธิภาพในเชิงนิเวศเศรษฐกิจของตัวอย่าง n ในปีที่ทำการศึกษา ทั้งนี้จากการประเมินด้วยวิธีการดังกล่าวจะสามารถทำให้ทราบถึงลักษณะแนวโน้มที่บ่งบอกถึงทิศทางการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับความมีประสิทธิภาพในเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้ [7] ทั้งนี้แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจบนกราฟ Snapshot สามารถแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ [18] ได้แก่

- 1) รูปแบบ Fully Eco-Efficiency (++) คือ มีผลการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง
- 2) รูปแบบ Half Eco-Efficiency (+) คือ มีผลการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงเพียงอย่างเดียวหนึ่ง โดยมีแนวโน้มก่อนไปทาง Fully Eco-Efficiency
- 3) รูปแบบ Half Non-Eco-Efficiency (-) คือ มีผลการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงเพียง

อย่างเดียวหนึ่ง โดยมีแนวโน้มก่อนไปทาง Fully Non-Eco-Efficiency

- 4) รูปแบบ Non-Eco-Efficiency (--) คือ มีผลการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่ลดลงควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น

2.5 การพัฒนาแนวทางต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นใยยัดด้วยเทคโนโลยีสะอาด

การพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพนั้นจะพิจารณาด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งแต่ละประเด็นจะมีดัชนีชี้วัดสำหรับใช้ในการประเมินที่พิจารณาจากประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมหลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและมีผลต่อประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิต โดยเลือกศึกษาจากข้อมูลในปี พ.ศ. 2555 มาใช้ในการประเมิน โดยแบ่งออกเป็นการตรวจประเมินเบื้องต้น และการตรวจประเมินอย่างละเอียด ดังนี้

2.5.1 การตรวจประเมินเบื้องต้นจะมีประเด็นในการพิจารณา 3 ขั้นตอน คือ (1) การประเมินด้านเทคนิค เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการปรับปรุงทางด้านเทคโนโลยี (2) การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้ในกระบวนการผลิต (3) การประเมินด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อประเมินปัญหาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกณฑ์การพิจารณาได้แก่ ปริมาณ ผลกระทบ และการแพร่กระจาย

2.5.2 การตรวจประเมินอย่างละเอียด เพื่อหาสาเหตุของการการสูญเสียจากผลการประเมินเบื้องต้น และสร้างชุดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจประเมินอย่างละเอียดแบ่งเป็น

4 ขั้นตอน คือ (1) การตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลที่เป็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกคัดเลือก (2) การจัดทำคุณมวลสารและดุลพลังงานของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกคัดเลือก (3) การหาสาเหตุการเกิดของเสีย โดยทำการวิเคราะห์สาเหตุของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคนิคอิชิคาว่า (Ishikawa technique) หรือ แผนภูมิก้างปลา (fish bone diagram) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายแต่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ให้เห็นสาเหตุของปัญหา (4) สร้างข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) ซึ่งเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ให้กับโรงงานกรณีศึกษาทั้ง 2 โรงงาน เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับแก้ไขให้มีความถูกต้อง ครบคลุม และสามารถนำไปใช้จริงได้ศึกษา

2.5.3 ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนสำหรับแนวทางที่พัฒนาได้จากการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตของเส้นยางยืด เพื่อให้ทราบถึงมูลค่าที่สามารถประหยัดได้ และความคุ้มค่าในการลงทุน

2.5.4 ปรับปรุงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดที่ได้จากข้อเสนอแนะของโรงงานเพื่อใช้เป็นแนวทางต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

3.1 กระบวนการผลิตเส้นยางยืด

จากการเข้าทวนสอบข้อมูลในโรงงานผลิตกับยางยืดกับวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเส้นยาง

ยืดสามารถนำข้อสรุปที่ได้ไปทวนสอบกับกระบวนการผลิตเส้นยางยืด แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนเป็นแผนภาพ Material flow analysis ของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ทั้งนี้หลักการ Material flow analysis สามารถอธิบายกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้ [14] และสามารถนำมาใช้ในการกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้อีก [8, 15-17] โดย material flow analysis ของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดแสดงดังรูปที่ 1 กระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นเริ่มต้นจากการใช้วัตถุดิบน้ำยางชั้นที่ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ระดับสูง กลาง และ ต่ำ โดยความเข้มข้นเป็นไปตามสูตรที่กำหนดแล้วจึงผสมกับน้ำยางชั้นในถึงพักน้ำยาง จากนั้นจึงผสมกับสารเคมีตามสูตรที่กำหนดเพื่อผลิตเป็นน้ำยางคอมปาวด์ โดยขั้นตอน นี้จะใช้น้ำและไฟฟ้าเป็นทรัพยากรหลักและจะปล่อยน้ำเสียและก๊าซเรือนกระจกออกมาจากกระบวนการ จากนั้นจึงฉีดน้ำยางคอมปาวด์ให้จับตัวกับกระดาษชดิกเข้มข้น 98 % เพื่อผลิตเป็นแถบยางยืดพร้อม ๆ กับปล่อยของเสีย คือ เศษยาง ครดที่ใช้แล้ว และ ก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนนี้ ซึ่งเมื่อน้ำยางคอมปาวด์ถูกอัดจนเป็นแถบยางยืดแล้วจึงนำไปล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 70 °C ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนด้วยถ่านหิน แล้วจึงนำชิ้นงานไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-120 °C ก่อนนำชิ้นงานไปใส่แปรงและบรรจุเป็นขั้นตอนสุดท้าย ทั้งนี้ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตจะนำไปบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศ

3.2 ตัวชี้วัดและแบบสอบถามประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

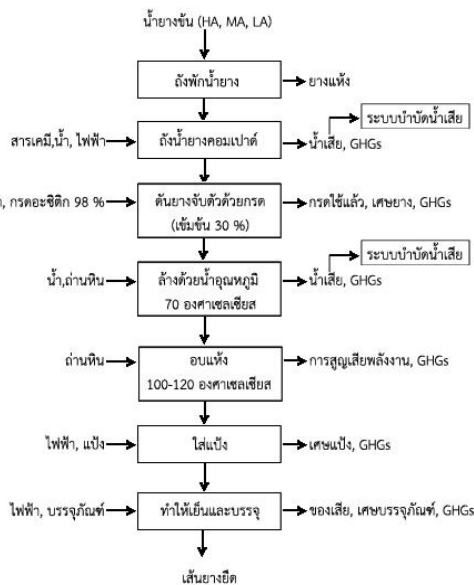
จากการคัดเลือกตัวชี้วัดที่ถือได้ว่ามีนัยสำคัญกับกระบวนการผลิต เพื่อให้ตัวชี้วัดที่ได้สามารถสะท้อน

การดำเนินงานของอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง จึงนำมาเทียบเคียงตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้กับตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตน้ำยางข้นสำหรับผลิตภัณฑ์ถุงมือยาง [8] ทำยู่สุดตัวชี้วัดที่พัฒนาของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดและได้ผ่านการทวนสอบความเชื่อมั่นของตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยผู้เชี่ยวชาญด้าน Carbon footprint และ Water footprint ของอุตสาหกรรมยางพาราเพื่อให้ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไขให้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้ให้มีความถูกต้อง ครบคลุม และสามารถนำไปใช้ในการประเมินได้จริงโดยตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

ตัวชี้วัด	หน่วย
มูลค่าผลิตภัณฑ์	พันล้านบาท/ปี
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ประกอบด้วย	
- น้ำยางข้น	ตัน/ปี
ปริมาณการใช้สารเคมี	ตัน/ปี
ปริมาณการใช้พลังงาน	
- ถ่านหิน	ตัน/ปี
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	เมกะวัตต์-ชั่วโมง/ปี
ปริมาณการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตร/ปี
ปริมาณของเสียทั้งหมด	
- เส้นยางยืด	ตัน/ปี
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	Kg CO ₂ -eq/ปี

จากนั้นจึงพัฒนาแบบเก็บรวมข้อมูลเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานกรณีศึกษาจะพัฒนามาจากตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด โดยอาศัยหลักในการออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาของ กิติกร จามรดุสิต [18] นอกจากนี้ในการพัฒนาแบบสอบถามเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตัวชี้วัดประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่อาศัยแบบสอบถามมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นจาก National Round Table [12] เมื่อหลังจากการพัฒนาแบบเก็บข้อมูลเบื้องต้นแล้ว จึงได้มีการประชุมทีมวิจัยเพื่อทวนสอบแบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล และระดมความเห็นร่วมกับตัวแทนของโรงงานกรณีศึกษาเพื่อให้แบบเก็บข้อมูลง่ายต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้แบบเก็บข้อมูลที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้นมีรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 Material flow analysis ของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

1. ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน ประกอบด้วย ชื่อโรงงาน รายละเอียดของผู้ให้ข้อมูล สถานที่ตั้งของโรงงาน ลักษณะที่ตั้งของโรงงาน ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่โรงงานผลิต กำลังการผลิต และ เวลาประกอบกิจการ

2. ข้อมูลของกระบวนการผลิต ประกอบด้วย ปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงาน แยกย่อยตามหน่วยการผลิต ปริมาณการผลิตของโรงงาน และมูลค่าผลิตภัณฑ์ และ ชนิด ปริมาณ และมูลค่าผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by products)

3.3 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

จากการการเก็บรวบรวมข้อมูลตามแบบสอบถามที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นในโรงงานผลิตเส้นยางยืดจำนวน 2 แห่ง ทั้งนี้ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมในช่วงปี พ.ศ. 2553- 2555 โดยผลของการศึกษาดังตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเส้นยางยืดนั้นการผลิตที่คงที่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 – พ.ศ. 2555 และเมื่อทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ผลจากการศึกษา พบว่า ค่าสูงสุดและต่ำสุดของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดกระบวนการผลิตเส้นยางยืด ได้แก่ การใช้พลังงานและการใช้น้ำ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตเส้นยางยืดมีการสูญเสียพลังงานในกระบวนการผลิตค่อนข้างต่ำ แต่มีการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างสิ้นเปลือง เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต ดังนั้นทางโรงงาน

ควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนอย่างจริงจังในการพัฒนาแนวทางในการลดการใช้น้ำเพื่อเป็นการลดต้นทุนของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั่นเอง

จากนั้นจึงนำตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดกับตัวชี้วัดปริมาณรายได้มาวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยกราฟ Snapshot [13] ผลจากการศึกษาแนวโน้มประสิทธิภาพของนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด พบว่า การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2554 และ 2555 อยู่ในระดับ Fully Non-Eco-Efficiency ซึ่งเป็นระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจที่ลดลงควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น โดยผลของการศึกษานี้สอดคล้องกับการประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดที่พบว่า การใช้น้ำเป็นการใช้ทรัพยากรสิ้นเปลืองที่สุด นอกจากนี้ผลจากการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นมีการใช้ไฟฟ้าและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ในระดับที่ควรพัฒนาแนวทางในการลดเป็นอย่างยิ่ง โดยหากมีการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตจะส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นลดลงตามไปด้วย เนื่องจากปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นมาจากการใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก

นอกจากนี้จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้สารเคมีและของเสียในกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นอยู่ในระดับ Haft Non-Eco-Efficiency ซึ่งเป็นระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวโน้มก่อนไปทาง Fully Non-Eco-

Efficiency แต่อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตเส้นยางยืดจะเป็นไปตามสูตรคงที่กำหนดให้ใช้ ดังนั้นในการลดปริมาณการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตเส้นยางยืดจึงเป็นไปได้ยาก แต่ในส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตนั้นสามารถดำเนินการในการหาสาเหตุและพัฒนาแนวทางในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและอีกแนวทางหนึ่งคือการเปลี่ยนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นตัวเงินด้วยการขายให้กับบริษัทแปรรูปผลิตภัณฑ์ยางพาราในรูปแบบอื่น ๆ ทำให้ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นกลายเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์อีกด้วย

ยิ่งไปกว่านั้นแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดในส่วนของการใช้พลังงานนั้นอยู่ในระดับ Haft Eco-Efficiency ซึ่งเป็นระดับที่มีผลการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงโดยมีแนวโน้มก่อนไปทาง Fully Eco-Efficiency แสดงดังรูปที่ 2 จากผลการประเมินแนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดโดยสรุปเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงบนกราฟแล้ว พบว่า ทิศทางการเปลี่ยนแปลงระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นตามขนานแนวแกน X ระบุได้ว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจนั้นเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อม กล่าวคือในกรณีที่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจะส่งผลให้แนวโน้มของระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางบวกที่ดีขึ้นในทางกลับกันหากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวชี้วัดด้านสิ่งแวดล้อมมีการ

เปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้แนวโน้มของระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เป็นลบหรือปรับสู่ระดับประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ต่ำลงนั่นเอง [18]

3.6 การพัฒนาแนวทางต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดด้วยเทคโนโลยีสะอาด

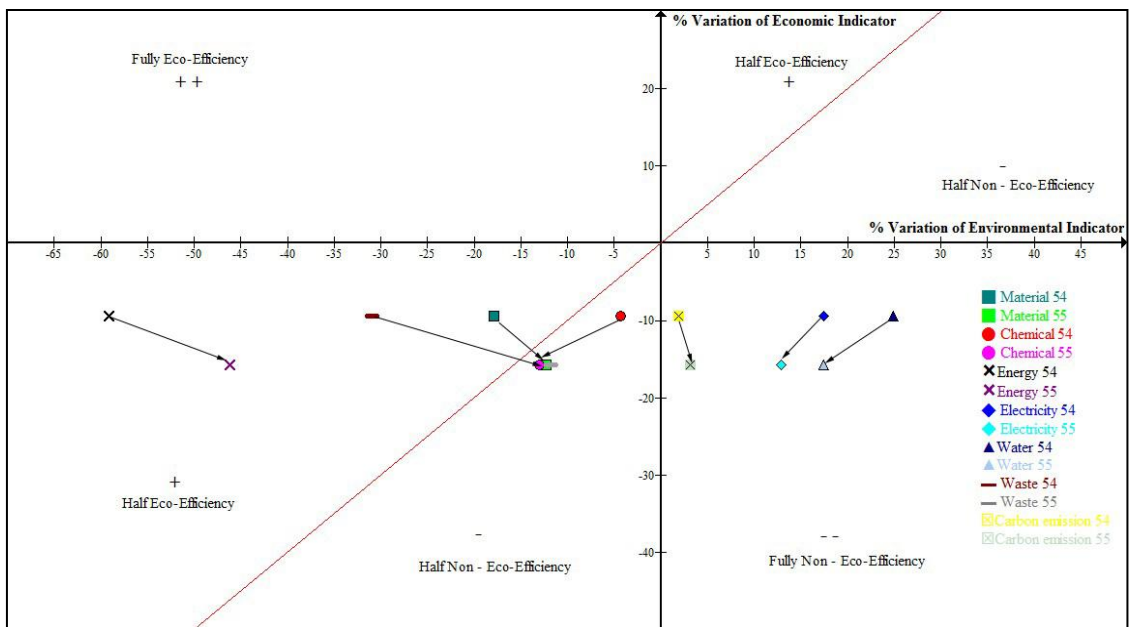
หลังจากการศึกษาในส่วนของค่าและแนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดแล้ว จากนั้นทำจึงการพัฒนาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยใช้หลักการของเทคโนโลยีสะอาดเข้าร่วม โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตัวชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจกับโรงงานเส้นยางยืดอย่างละเอียดเป็นเวลา 12 เดือน แล้วจึงทำการจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาที่ต้องแก้ไขทั้งในส่วนของกำหนดระดับค่าคะแนน ค่าถ่วงน้ำหนัก และการคัดเลือกประเด็นปัญหาในกระบวนการผลิตเส้นยางยืดเพื่อพัฒนาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพต่อไปโดยจะทำการพิจารณาการเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านเทคโนโลยี ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้การประชุมเชิงปฏิบัติการของผู้ประกอบการ ผู้ทรงคุณวุฒิและทีมวิจัย ตามลำดับ

ผลจากจากการเก็บรวบรวมข้อมูลตามตัวชี้วัดสิ่งแวดล้อมของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดมาทำการประเมิน จากนั้นจึงรวมคะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาตามวิธีการของ กาญจณี ชูทอง และจตุพร ดิสกุล [19] และในการจัดลำดับความสำคัญนั้นเป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างทีมวิจัยและโรงงาน โดย

รายละเอียดของการคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการผลิตเส้นยางชีดนั้นแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ประเด็นของการใช้น้ำนั้นเป็นประเด็นเร่งด่วน ซึ่งสอดคล้องกับผลของการประเมินค่าและแนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ชี้ให้เห็นว่าประเด็นในการใช้น้ำนั้นต้องเป็นประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาแนวทางในการลดการใช้น้ำปริมาณ จากนั้นจึงนำผลการประเมินเบื้องต้นมาประเมินอย่างละเอียดเพื่อสร้างชุดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) และเพื่อหาสาเหตุของการสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยจะทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลของการใช้น้ำ รวมถึงการจัดทำสมดุลมวลของการใช้น้ำ แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาการใช้น้ำในโรงงานเส้นยางชีดกรณีศึกษาท้ายสุดจึงพัฒนาเป็นข้อเสนอแนะกับทางโรงงาน 3 ทางเลือก โดยแต่ละทางเลือกจะมีการศึกษาความ

เป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และ สิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นข้อมูลในทางอุตสาหกรรมได้ตัดสินใจเลือกแนวทางที่สามารถดำเนินการได้จริง ทั้งนี้รายละเอียดของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดของกระบวนการผลิตเส้นยางชีดแสดงดังตารางที่ 4

หลังจากการพัฒนาข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) ของกระบวนการผลิตเส้นยางชีด จำนวน 3 ทางเลือก จากนั้นจึงนำข้อเสนอที่ได้ไปประดมสมองร่วมกับโรงงานกรณีศึกษาเพื่อพิจารณาคัดเลือกแนวทางที่ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ โดยผลจากการระดมสมอง พบว่า การจัดอบรมด้านการใช้และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแก่พนักงานและการนำน้ำล้างชิ้นสุดท้ายกลับมาใช้ใหม่ เป็นแนวทางที่ทางโรงงานเส้นยางชีดสามารถดำเนินการได้ทันทีและเป็นแนวทางที่ไม่มีค่าใช้จ่ายอีกด้วย



รูปที่ 2 แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางชีดตามแต่ละตัวชี้วัด

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตเส้นยางซีตามแต่ละตัวชี้วัด

รายการ	2553	2554	2555
รายได้มูลค่าของผลิตภัณฑ์ (พันล้านบาท)	136.395	123.544	114.955
ปริมาณการใช้วัตถุดิบ (ตัน)	17,104	14,053	15,002
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบ (พันล้านบาท/ตัน)	0.01	0.01	0.01
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของวัตถุดิบ	N/A	(2553-2554) 10.24%	(2554-2555) -12.83%
ปริมาณการใช้สารเคมี (ตัน)	4,627	4,426	4,027
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของสารเคมี (พันล้านบาท/กิโลกรัม)	0.03	0.03	0.03
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของสารเคมี	N/A	(2553-2554) -5.30%	(2554-2555) 2.26%
ปริมาณการใช้พลังงาน (ตัน)	2,350	960	1,265
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงาน (พันล้านบาท/ตัน)	0.06	0.13	0.09
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของพลังงาน	N/A	(2553-2554) 121.72%	(2554-2555) -29.38%
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (MWh)	8,964.84	10,528.67	10,122.14
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของไฟฟ้า (พันล้านบาท/ MWh)	0.02	0.01	0.01
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของไฟฟ้า	N/A	(2553-2554) -22.87%	(2554-2555) -3.21%
ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม.)	74,479	93,042	87,464
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของน้ำ (พันล้านบาท/ลบ.ม.)	0.002	0.001	0.001
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของน้ำ	N/A	(2553-2554) -27.49%	(2554-2555) -1.01%
ปริมาณของเสีย (ตัน)	3,835.12	2,648.27	3,382.12
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของของเสีย (พันล้านบาท/ตัน)	0.04	0.05	0.03
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของของเสีย	N/A	(2553-2554) 31.17%	(2554-2555) -27.14%
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Kg Co ₂ -eq)	7,007.90	7,140.21	7,227.93
ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (พันล้านบาท/ Kg Co ₂ -eq)	0.02	0.02	0.02
เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก	N/A	(2553-2554) 11.10%	(2554-2555) -8.08%

ตารางที่ 3 การคัดเลือกประเด็นปัญหาของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

รายการ	ความเป็นไปได้ทางเทคนิค		ความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ		ความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม		ผลรวม	ลำดับ
	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
การใช้ไฟฟ้า	1	2	1	3	2	3	11	3
การใช้พลังงาน	2	2	1	3	2	3	13	2
การใช้น้ำ	3	2	3	3	1	3	18	1
การใช้สารเคมี	1	2	1	3	2	3	11	3
การใช้แปรง	2	2	1	3	1	3	10	4
น้ำเสีย	1	2	1	3	2	3	11	3

ตารางที่ 4 ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด (CT options) ของกระบวนการผลิตเส้นยางยืด

ลำดับที่	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข	เงินลงทุน	ระยะเวลาดำเนินงาน
1	พนักงานยังขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้น้ำในขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดของผลิตภัณฑ์	จัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการใช้และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแก่พนักงาน และควบคุมและติดตามผลการทำงานของพนักงานอยู่เสมอโดยจัดทำแบบระเบียบปฏิบัติในการใช้น้ำของพนักงาน	ไม่มี	ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน
2	น้ำที่ถูกป้อนเข้าหม้อไอน้ำมีปริมาณมากเนื่องจากเกิดรอยรั่วของท่อส่งไอน้ำร้อนไปยังสายการผลิต และน้ำ Condensate ถูกปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์	1. ซ่อมแซมบริเวณท่อส่งไอน้ำร้อนรวมไปถึงการตรวจสอบดูแลท่อไอน้ำร้อนไม่ให้มีรอยรั่วเป็นประจำทุกเดือน 2. การนำน้ำ Condensate กลับมาใช้ประโยชน์โดยส่งไปยังถังพักน้ำเพื่อนำกลับไปป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำอีกครั้ง	315,800 บาท	2.15 ปี ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถประหยัดได้ทั้งการใช้น้ำ และพลังงานไปพร้อมๆกัน
3	น้ำล้างผลิตภัณฑ์จำนวน 4 ครั้ง หลังจากการขึ้นรูปจะทำการทิ้งน้ำทั้งหมดเมื่อน้ำมีค่าความกรดในน้ำของการล้างในครั้งที่ 1 และ 2 สูงเกินกว่ามาตรฐาน	ทิ้ง/เปลี่ยนน้ำเฉพาะน้ำของการล้างครั้งที่ 1 และ 2 เท่านั้น และนำน้ำที่ผ่านการล้างครั้งที่ 3 และ 4 ซึ่งค่าความเป็นกรดยังไม่เกินมาตรฐานมาเป็นน้ำล้างครั้งที่ 1 และ 2 แทน ซึ่งทำให้น้ำที่ต้องทิ้ง/เปลี่ยนลดลงไปครึ่งหนึ่ง	ไม่มี	ทันทีที่เริ่มดำเนินงาน

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้หลักการของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานกระบวนการผลิตเส้นยาง

ยืด โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553- 2555 ในโรงงานเส้นยางยืด จำนวน 2 โรงงาน เพื่อนำมาประเมินค่าและแนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ รวมไปถึงการพัฒนาแนวทางในการเพิ่ม

ประสิทธิภาพการดำเนินงานเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการเส้นยางยืดจากน้ำยางข้นด้วยหลักการเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งมีผลของการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานและการใช้น้ำเป็นตัวชี้วัดที่ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสูงและต่ำที่สุด ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจด้วยกราฟ snapshot พบว่า การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดนั้นอยู่ในระดับ Fully Non-Eco-Efficiency ทั้งนี้แนวทางต้นแบบในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของกระบวนการผลิตเส้นยางยืดที่ได้พัฒนาขึ้น ได้แก่ การจัดอบรมด้านการใช้และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำแก่พนักงานและการนำน้ำล้างชิ้นสุดท้ายมาใช้เป็นน้ำล้างชิ้นงานเริ่มต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการวิจัยแห่งชาติ: ยางพารา สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (เลขที่สัญญา RDG5550077)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Agricultural Research Development Agency, “The Important Situation and Trend of Agricultural Production in 2015”, Agricultural Research Development Agency, Ministry of Agricultural and Cooperative, 2015. (in Thai)
- [2] Research and Development Center for Thai Rubber Industry, “Thai Rubber Statistic”, Available: <http://www.rubbercenter.org/index.php/stat>, 10 August 2016. (in Thai)
- [3] S. Chaiprapat, S. Sdoodee, W. Thongruang, C. Siriwong, C and W. Taweepreda, “Strengthening Environmental Management Capability of Thai Rubber Industry : a Case Study of Rubber Band Industry and Natural Latex Thread Industry”, Thailand Research Fund, 2009. (in Thai)
- [4] D. Maxime, M. Marcotte and Y. Arc “Development of Eco-efficiency Indicators for The Canadian Food and Beverage Industry”, Journal of Cleaner Production 14, 2006, pp. 636-648.
- [5] M.M. Thant and K. Charmondusit, “Eco Efficiency Assessment of Pulp and Paper Industry in Myanmar”, Clean Technologies and Environmental Policy 12, 2010, pp. 427-439.
- [6] J.V. Caneghem, C. Block, H.V. Hooste, and C. Vandecasteele, “Eco-efficiency Trends of the Flemish Industry: Decoupling of Environmental Impact from Economic Growth”, Journal of Cleaner Production 18, 2010, pp. 1349-1357.
- [7] K. Charmondusit and K. Keartpakpraeck, “Eco-efficiency Evaluation of the Petroleum and Petrochemical Group in the Map Ta Phut Industrial Estate, Thailand”, Journal of Cleaner Production 19, 2011, pp. 241-252.
- [8] C. Rattanapan, T.T. Suksaroj, W. Ounsaneha. “Development of Eco-efficiency Indicators for Rubber Glove Product by Material Flow

- Analysis. *Procedia Social and Behavior Science*, 40, 2012, pp. 99-106.
- [9] W. Ounsaneha and C. Rattanapan, “Defining the Eco-Efficiency of Rubber Glove Products Manufactured from Concentrated Latex in Thailand”, *Environmental Progress & Sustainable Energy* 35(3), 2016, pp. 802-808.
- [10] C. Rattanapan, T.T. Suksaroj, W. Ounsaneha, “Eco-Efficiency Assessment of Clean Technology for Rubber Condom Product. 11th Asia Pacific Roundtable on Sustainable Consumption and Production, 19-20 May 2014 Plaza Athenee Hotel, Bangkok, Thailand.
- [11] World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), “Eco-Efficiency: Creating More Value with Less Impact”, 2000.
- [12] National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE), *Calculating Eco-Efficiency Indicators a Workbook for Industry*, Renouf Publishing Co. Ltd. ON, Canada, 2001.
- [13] Anite Systems, *A First Set of Eco-efficiency Indicators for Industry: Pilot Study*. Luxembourg, 1999.
- [14] Y. Tang and J. Li. “Material flow analysis on Venous Industrial Park—Taking Tianjin Ziya Circular Economy Park for example”, In *Proceedings of the IEEE 17th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IE and EM 2010*, Article no.5645913, 1828–1831.
- [15] C. Zhao, D.M. Wang and Z.X. Zhang “Analysis of Material Flow and Energy Flow in Forest Logging System”, *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 32, 2008, pp. 37–40.
- [16] L. Lauwers, “Justifying the Incorporation of the Materials Balance Principle into Frontier based Eco-efficiency Models”, *Ecological Economic*, 68, 2009, pp. 1605–1614.
- [17] Y. Zhao and C. Zhao, “Eco-efficiency Evaluation Indicator of Plantation Harvesting System and Its Improvement based on Material Flow Analysis”, *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC 2011 –Proceedings*, art. no. 5748784, 2011.
- [18] K. Charmondusit, A. Chumlong, E. Grand and S. Dokmaiklee, “Eco-Efficiency Analysis of Industrial Business: A Case Study at Map Tha Put Area, Rayong Province”, *Thailand Research Fund*, 2007. (in Thai)
- [19] K. Chuthong and J Dissakul, “The Wastewater Reduction from line 3 and line 4 Production,” *Thailand Research Fund*, 2010. (in Thai)