



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูป
ไม้ยางพารา(ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

โดย รองศาสตราจารย์ นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์ และคณะ

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูป ไม้ยางพารา(ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ นุรักษ์ กฤษดานุรักษ์	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ลือพงศ์ แก้วศรีจันทร์	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
3. อาจารย์ชานี กิ่งแก้ว	สำนักวิชาบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้
4. อาจารย์พิมพ์ประไพ ณะมณี	สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้
5. นายกรกต พรหมโสดา	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ชุดโครงการ เสริมศักยภาพสิ่งแวดล้อมไทย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเหี้ยในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

มกราคม 2552

รหัสโครงการ: RDG4930028

ชื่อโครงการ: การจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา
(ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

ชื่อนักวิจัย: นุรักษ์ กฤษดาบุรุษ¹, ลือพงศ์ แก้วศรีจันทร์², ชานี กิ่งแก้ว³, พิมพ์ประไพ ณะมณี⁴,
กรกต พรหมโสดา¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,
³สำนักวิชาบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้, ⁴สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาลัย
เทคโนโลยีภาคใต้

Email address: gnurak@engr.tu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: สิงหาคม 2549 – กุมภาพันธ์ 2551

บทคัดย่อ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพาราขั้นต้นมีเป้าหมายหลักเพื่อจัดทำฐานข้อมูลบัญชีรายการการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดห่วงโซ่การผลิต โดยกำหนดขอบเขตของการศึกษาตั้งแต่กระบวนการปลูกยางพาราจนถึงกระบวนการอบแห้งไม้ยางพารา การเก็บข้อมูลจัดเก็บในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง ใน 3 กลุ่มกิจกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้องกันคือกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกยางพาราจำนวนกว่า 30 ครัวเรือน กลุ่มผู้รับเหมาตัดโค่นยางพาราจำนวน 10 ราย และกลุ่มกิจการแปรรูปไม้ยางพาราจำนวน 10 โรงงาน การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมใช้วิธีของ CML base line 2000 V 2.03 ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรมซิม่าโปร 7.1 (Sima Pro 7.1) ผลการศึกษาพิจารณา (Functional Unit) 1,000 ลูกบาศก์ฟุตไม้ยางพาราแปรรูปแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการแปรรูป ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะความเป็นกรดในดิน และแหล่งน้ำ ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล ด้านศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนและด้านการออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมีมากที่สุด โดยสาเหตุของผลกระทบเหล่านี้มาจากกระบวนการอบแห้งซึ่งมีการปล่อยมลสารจากปล่องของหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระดับสูง ในส่วนกิจกรรมการปลูกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์และการหายไปของชั้นโอโซนในบรรยากาศสาเหตุสำคัญมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดวัชพืชในการปลูกและดูแลรักษา ยางพารา ผลการประเมินนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องสำหรับการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต อนึ่งข้อมูลวัตถุดิบ การใช้พลังงาน น้ำ และสารเคมีตลอดวัฏจักรการผลิตจะสามารถใช้เป็นคลังข้อมูลสำหรับดำเนินการขอฉลากสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์อื่นๆที่ใช้ไม้ยางพาราแปรรูปเป็นวัตถุดิบในการผลิตต่อไปได้

คำสำคัญ: การประเมินวัฏจักรชีวิต, ไม้ยางพาราแปรรูป, ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Project Code: RDG4930028

Project Name: Environmental Management by using LCA for Parawood Manufacturing Phase I (Falling-Manufacturing)

Researchers: Nurak Grisdanurak¹, Lupong Kaewsichan², Chamni Kingkaew³, Pimprapai Namanee⁴, Korrakot Phomsoda¹

¹Faculty of Engineering, Thammasat University, ² Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, ³ School of Business Administration, Southern College of Technology, ⁴ School of Economics and Social Science, Southern College of Technology

Email address: gnurak@engr.tu.ac.th

Project Period: August 2006 – February 2008

Abstract

Environmental assessment of parawood manufacturing is mainly to prepare inventory database of saw timber production and evaluate environmental impact through out the supply chains. A scope of this study was from the cultivation to the drying process of parawood saw timber. Data was collected in the southern area of Thailand i.e. Nakornsri Thammarat Trung and Pattalung. Three partnerships in the studied area were included (more than 30 households for parawood farmers, 10 contractors and 10 factories). The functional unit of the study was set of 1,000 SCF of parawood saw timber. The environmental assessment was carried out based on CML base line 2000 V 2.03 provided in Sima Pro 7.1. The results presented that the parawood manufacturing activity affected to acidification potential, eutrophication potential, global warming potential and photo-chemical oxidation potential. Causes of these impacts were from drying process resulting from releasing pollutant substances and consuming high electricity. Human toxic and ozone layer depletion could be observed through the use of higher chemical fertilizers and herbicides in plantation area. Clean technology was introduced to abate all impacts and improve a manufacturing timber process. In addition, this background data could be informative and used to evaluate an environmental impacts of the further products assembled by parawood saw timber.

Keyword: LCA, Parawood Saw Timber, Environmental Impact

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ประเทศไทยมีการปลูกยางพารากระจายตามภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 12.6 ล้านไร่ ซึ่งในพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดสามารถทำการกรีดยางพาราได้แล้วกว่า 10 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิตน้ำยางเฉลี่ย 286 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ส่งต่อไปให้กับอุตสาหกรรมปลายน้ำจำนวนมาก เช่น โรงผลิตน้ำยางเข้มข้น ยางแท่ง ยางแผ่น ยางรถยนต์ ถูมือยาง เป็นต้น อย่างไรก็ตามประโยชน์ของยางพาราไม่ได้อยู่ที่การผลิตน้ำยางพาราเพียงอย่างเดียว หากแต่หมายรวมไปถึงเนื้อไม้ยางพาราที่หมดอายุการให้น้ำยางแล้วยังสามารถตัดโค่นเพื่อส่งเข้าสู่โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อแปรรูปเป็นไม้ยางพาราอบแห้งให้มีขนาดและคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือนของเล่น เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นที่ต้องการในตลาดต่างประเทศเช่น สหรัฐอเมริกา จีน ญี่ปุ่น เป็นต้น ส่งผลให้มีการขยายตัวของโรงงานไม้ยางพาราแปรรูปในพื้นที่ภาคใต้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ พื้นที่การตัดโค่นไม้ยางพาราจึงเพิ่มปริมาณมากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีรายงานว่า ปี พ.ศ. 2544 มีการตัดโค่นไม้ยางพาราเป็นพื้นที่ถึง 447,580 ไร่ บางพื้นที่มีการโค่นยางพาราในขณะที่ต้นยางยังสามารถผลิตน้ำยางได้อยู่ จากเหตุผลดังกล่าวนี้จะพบว่าความสัมพันธ์ของการปลูก ระยะเวลาของต้นยาง และปริมาณการตัดโค่นเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการที่จะสร้างคุณค่าอย่างเหมาะสมและยั่งยืน ซึ่งเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้ก็คือการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA)

ดังนั้นคณะผู้วิจัย โดยการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัย “การจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปและวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดห่วงโซ่อุปทาน พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดผลกระทบที่เกิดในแต่ละภาคการผลิต โดยขั้นตอนที่ทำการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. วิธีการศึกษาวิจัย

เป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาภายใต้โครงการนี้ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป และประเมินเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงวิเคราะห์สมมูลของมวลสารและพลังงานของผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป เริ่มตั้งแต่ การปลูกยางพารา การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิตจนกระทั่งน้ำยางหมดอายุ การตัดโค่นไม้ยางพารา

การขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป และการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูปที่หน่วย
การทำงาน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

การจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมคือการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ
สำหรับข้อมูลปฐมภูมิการปลูกยางพาราคือข้อมูลที่รวบรวมจากเกษตรกรชาวสวนยาง ตั้งแต่การ
เตรียมพื้นที่ การปลูกและดูแลรักษา(ปริมาณปุ๋ย ปริมาณสารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืช
สัดส่วนขององค์ประกอบปุ๋ยและสารเคมี ปริมาณน้ำมันดีเซลในการใช้งานเครื่องจักรเกษตรกรรม)
สำหรับข้อมูลปฐมภูมิการตัดโค่นยางพาราคือข้อมูลที่รวบรวมจากผู้รับเหมาหรือรับจ้างตัดโค่น
ยางพารา ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องจักรที่ใช้ตัดโค่น เลื่อยไม้ยางพารา ปรับพื้นที่
สวนยางพาราหลังตัดโค่นและขนส่งสู่โรงงานแปรรูป สำหรับข้อมูลปฐมภูมิของกระบวนการแปรรูป
ไม้ยางพารา ได้แก่ ปริมาณการใช้สาธารณูปโภคในโรงงานทั้งหมด รวมถึงสารเคมีและของเสีย
ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ส่วนข้อมูลทุติยภูมิได้แก่ ข้อมูลที่ต้องค้นคว้าจากเอกสารเผยแพร่
หรือจากแหล่งอ้างอิงอื่น ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบ เช่น ฐานข้อมูลในโปรแกรม SimaPro
การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะใช้แบบจำลองของ CML 2 Baseline 2000 V 2.03

สุดท้ายการแปรผลการศึกษาก็จะทำการวิเคราะห์ลึกลงไปในรายละเอียดของกระบวนการผลิต
พร้อมๆกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการศึกษา เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจจะทำให้
ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป จากการศึกษาทั้งหมดจะนำมาวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะ
แนวทางแก้ไขปัญหานั้นด้วยหลักการทางเทคโนโลยีสะอาด

2. ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตไม้ยางพาราแปรรูป

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางตามแบบจำลองของ
CML 2 Baseline 2000 V 2.03

Impact Categories	Quantity	Reference	Significant Substance
ภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (acidification), AP	48.88	(kg of SO ₂ equivalents)	Nitrogen dioxide
การมีสารอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (eutrophication), EP	11.77	(kg of PO ₄ equivalents)	Nitrogen dioxide
การเกิดภาวะโลกร้อน	8,055.30	(kg of CO ₂ -	Carbon dioxide*

(global warming) , GWP		equivalents)	
การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (ozone layer depletion), ODP	0.00023	(kg of CFC-11 equivalents)	Halon 1301
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (human toxicity), HTP	975.52	(kg of 1,4-DB equivalents)	Chromium VI
การออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (photochemical oxidation), POCP	28.43	(kg of C ₂ H ₄)	Carbon monoxide

เมื่อทำการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิต พบว่ากระบวนการ
อบแห้งมีนัยสำคัญต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำ ผลกระทบ
ด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล ผลกระทบทางด้านการเกิดภาวะโลกร้อนและ
ผลกระทบด้านการออกซิเดชันของแสง - เคมี มากที่สุด กระบวนการปลูกมีนัยสำคัญต่อผลกระทบ
สิ่งแวดล้อมด้านภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์และการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศมากที่สุด

การแปรผลการศึกษาของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ประเมินได้ทั้งหมดมีดังนี้

ผลกระทบด้านภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำเกิดจากกระบวนการอบแห้งในส่วน
ของการผลิตไอน้ำเป็นสาเหตุสำคัญเพราะมีการปล่อยมลสารที่เกี่ยวข้องคือ ไนโตรเจนได
ออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลเกิดจากกระบวนการ
อบแห้งในส่วนของการผลิตไอน้ำเช่นเดียวกัน ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีองค์ประกอบเป็นฟอสเฟตก็
เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านนี้แต่ยังถือว่าน้อยกว่ามลสารที่เกิดจากการผลิตไอน้ำ

ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนเกิดจากกระบวนการอบแห้ง โดยในส่วนของการผลิตไอน้ำ
และการใช้ไฟฟ้าในปริมาณที่ค่อนข้างสูงในโรงอบไม้เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านนี้

ผลกระทบต่อการหายไปของชั้นโอโซนเกิดจากกระบวนการปลูกเป็นหลักเพราะขั้นตอน
นี้มีการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทที่มีส่วนผสมของปุ๋ยยูเรีย

ผลกระทบต่อความเป็นพิษของมนุษย์เกิดกระบวนการปลูกและกระบวนการอัดน้ำยา ใน
ส่วนของกระบวนการปลูกคือการใช้ยูเรียเป็นส่วนสำคัญในปุ๋ยเคมีของเกษตรกร ส่วนของการอัด
น้ำยาคือการใช้สารเคมีในการรักษาเนื้อไม้และการปรับสภาพน้ำสำหรับใช้ในโรงงาน

กรณีสุดท้ายผลกระทบต่อออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี เกิดจากกระบวนการ
อบแห้งในส่วนของการผลิตไอน้ำ ซึ่งมีการปล่อยมลสารพวกก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมา
เนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในหม้อไอน้ำ

3. ข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาด

ข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาดสำหรับกิจกรรมการผลิตทั้งหมดมีดังนี้

3.1 กระบวนการปลูก

1. ลดการใช้ปุ๋ยเคมีในขั้นตอนของการเตรียมพื้นที่ การปรับสภาพพื้นที่และการดูแลบำรุงรักษา โดยหันมาใช้วิธีเขตกรรมและใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร อีกทั้งจะช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารของพืชในรูปของการระเหยของไนโตรเจนและก๊าซแอมโมเนีย
2. ลดการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืช โดยใช้วิธีเขตกรรม เช่น การปลูกพืชแซมยาง การปลูกพืชคลุมดิน เป็นต้น
3. การชะลอการตัดโค่นยางพารา เพราะยางพาราสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีแม้กระทั่งอายุยางพารา 25 ปี แต่ทั้งนี้การชะลอตัดโค่นหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพเศรษฐกิจ จำนวนความถี่ในการกรีดยาง ราคาไม้ยางพารา เป็นต้น

3.2 กระบวนการตัดโค่น

1. ลด / เลิก การเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้ยางพารา แม้ว่าโดยหลักการแล้วปริมาณสารคาร์บอนที่อยู่ในรากไม้และกิ่งไม้จะมีค่าเท่ากับปริมาณสารคาร์บอนที่ปล่อยสู่บรรยากาศโดยการเผาแต่การเผารากไม้และกิ่งไม้โดยวิธีของเกษตรกรมักจะมีมลพิษอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆเช่นกัน

3.3 กระบวนการขนส่ง

1. การเลือกการบรรทุกด้วยรถหลักจะสามารถบรรทุกได้ปริมาณมากกว่าใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าแต่ทั้งนี้ให้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ในการเข้าถึงของรถแต่ละชนิด ซึ่งอาจจะใช้รูปแบบการขนส่งที่ผสมผสานกันให้เหมาะสมและสะดวกที่สุด

3.4 กระบวนการแปรรูป

1. ปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ โดยการ เพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดหม้อไอน้ำ การซ่อมแซมฉนวนกันความร้อน การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียกลับมาใช้ การลดการระเหยของคอนเดนเสท
2. ศึกษาแนวทางการลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการอบ เช่น ศึกษาการกระจายความร้อนของลมในห้องอบเพื่อให้สัมพันธ์กับการใช้มอเตอร์พัดลม

Executive Summary

The parawood plantation can be found in various regions of Thailand, including southern, eastern, northern, and northeastern. It has covered more than 12.6 M rai (1 rai : 0.395 acers). Of the total areas, about 10 M rai is accounted for the nation latex production. The average annual production rate of latex production is approximately 286 kg/rai (<http://www.tpa-rubberwood.org>) [2008]. Latex has been distributed to many downstream industrials, such as concentrated latex, block rubber, automobile tires, rubber gloves and etc. Nevertheless, the benefits of parawood are not only the latex product, but also its old expiring trunk can be utilized as wood raw material. The expiring parawood trunks are then processed and made ready for the manufactures of furnitures, toys, wood finishing products and etc. Since there is a high demand of these parawood finishing products from countries such as the United States, China and Japan, it contributes to the increase in numbers of manufactures for parawood finishing products in the South. And as a result, the deforestation of parawood trees increases accordingly. In 2001, more than 447,580 rai of parawood trunks was cut down. Some of them may be fallen before its expiry. To utilize parawood plantation/industrial for the highest benefit, the relationship/sensitivity analysis between the plantation, tree life span, and amount of parawood fallen was investigated by using an environmental tool, Life Cycle Assessment (LCA).

This research activity Environmental Management for Parawood Product Manufacturing Using LCA (Phase I : Felling through primary phase of wood conversion) was supported by Thai Research Funds. The research objectives are to work on life cycle inventories and interpretations of parawood manufacturing, and to recommend cleaner technology options based on life cycle evaluation. The methodologies are as follows;

1. Methodologies

The boundary of this study was to determine a parawood lumber life cycle affecting to environment. Material and energy balances for all steps of plantation, harvesting, lumber delivery and wood finishing product manufactures were carried out. This evaluation was based on 1,000 ft³ parawood functional unit

Both primary and secondary data were used for life cycle inventory. Primary data for plantation, including parawood breed, area preparation, cropping utilities (amount and composition of fertilizer, amount and composition of pesticides and herbicides, and amount of diesel) was directly collected from farmers. Primary data for trunk devastation, including amount of diesel using for sawing, land preparation, and trunk delivery processes, were collected from the devastating contractors. The data of utilities, biocide uses, amount of diesel, drying, and waste (water and air emission) in the lumber manufactures were included. Some data, which already has been published by official sections and worldwide database (SimaPro), was also cited and used for the

complete analysis. Evaluation method of CML 2 Baseline 2000 V 2.03 has been considered in the assessment.

2. Life cycle assessment of parawood lumber processing (Phase I)

The environmental impacts of parawood lumber processing (Phase I) are tabulated in Table 1

Table 1 Total environment impacts of parawood lumber processing (Phase I) based on CML 2 Baseline 2000 V 2.03

Impact Categories	Quantity	Reference	Significant Substance
(acidification), AP	48.88	(kg of SO ₂ equivalents)	Nitrogen dioxide
(eutrophication), EP	11.77	(kg of PO ₄ equivalents)	Nitrogen dioxide
(global warming) , GWP	8,055.30	(kg of CO ₂ -equivalents)	Carbon dioxide*
(ozone layer depletion), ODP	0.00023	(kg of CFC-11 equivalents)	Halon 1301
(human toxicity), HTP	975.52	(kg of 1,4-DB equivalents)	Chromium VI
(photochemical oxidation), POCP	28.43	(kg of C ₂ H ₄)	Carbon monoxide

When the analysis involves the comparison of two sections in the production line (drying process and growing process), the drying process has a major influence on the environment in many aspects. They include soil and water acidifications, eutrophication, global warming, photochemical oxidation. While, categories of ozone layer depletion and human toxicity present high impact in the growing step.

Impact interpretation for each environmental impact has been evaluated.

Acidification: drying process, particular steam production, has the direct impact. This releases NO_x and SO_x from the biofuel combustion part.

Eutrophication: drying process, particular steam production, still presents the direct impact. This releases NO_x and SO_x from the biofuel combustion part. For phosphate, it is released through fertilizer (Di-ammonia Phosphate) during parawood plantation. However, index of plantation release is less than steam production.

Global warming: drying process, particular steam production and electricity usage, still presents the direct impact.

Ozone depletion: It is related most to the growing process, through the use of urea fertilizer.

Human toxicity: growing and pulp preservative processes provide most impact. Chemicals involving to this issue are herbicide in pulp preservation step, urea in growing stage, and water softener in water treatment plant.

Photochemical oxidation: drying process, particular steam production, still presents the direct impact. This releases CO from an incomplete combustion part.

3. Clean technology options

Clean technology options can be listed as following

3.1 Growing Stage

1. Use less chemical fertilizer in the following steps, land preparation, soil and nutrient adjustment. Encourage to use bio-fertilizer as recommended by Department of Agriculture. Also, this helps prevent plant from losing its foods and nutrients in the form of evaporating Nitrogen and Amonia gases.
2. Reduce the use of weeds removal chemical and prevent plants from diseases by cultural method such as intercropping and cover crop of parawood .etc
3. Slow down/prevent deforestation of parawood. Because parawood could take in CO₂ in the atmosphere even it is 25 years old. However, the slow down/prevention index of deforestation depends on various factors such as the business conditions, latex production and its markets price etc.

3.2 Deforestation Process

1. Reduce/ stop burning roots and brunches of parawood trees. Even though, the amount of carbon dioxide contains in the roots and brunches are equal to the amount of carbon dioxide release when burning. But burning releases others chemicals that affects environment.

3.3 Distribution Process

1. Selection of the right mode of transport, six wheels truck can load more with less gasoline consumptions. However, this depends on the accessibility of different type of transports. Convenience and accessibility should be considered

3.4 Manufacturing Process

1. Improve the boiler and its effectiveness by increasing boiler maintenances, repair the insulation, recovery waste heat and reduce the evaporation of condensate.

2. Study for direction in order to reduce electricity consumption in the drying process for example; Study the spreading/circulation of heat in the drying room in relation to the motor fan.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	1
Executive Summary	5
สารบัญ	9
สารบัญรูปภาพ	11
สารบัญตาราง	14
บทที่ 1 บทนำ	1-1
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-5
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1-5
1.4 ระเบียบการศึกษา	1-10
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	1-22
1.6 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา	1-22
บทที่ 2 การทบทวนงานวิจัย	2-1
บทที่ 3 การประเมินวัฏจักรชีวิตไม้อย่างพาราแปรรูป	3-1
3.1 ขอบเขตการศึกษา	3-2
3.2 หน่วยการศึกษา (Functional Unit)	3-9
3.3 สมมติฐานการศึกษา	3-9
3.4 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล	3-14
3.5 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	3-41
3.6 การแปลผลการศึกษา	3-59
บทที่ 4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว	4-1
4.1 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีอายุขยาพาราในการตัดโค่น	4-2

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4	การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (ต่อ)	หน้า
	4.2 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ยในการคำนวณ	4-1
	4.3 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพารา	4-8
	4.4 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงสัดส่วนรูปแบบการขนส่ง	4-11
	4.5 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน	4-14
บทที่ 5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาด	5-1
	5.1 สรุปผลการศึกษา	5-1
	5.2 ข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาด	5-2
บรรณานุกรม		ก
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	ข้อมูลทั่วไปสำหรับการปลูกยางพารา	ก-1
ภาคผนวก ข	ข้อมูลการสำรวจการปลูกยางพาราในพื้นที่ภาคใต้	ข-1
ภาคผนวก ค	ข้อมูลทั่วไปสำหรับการโค่นยางพารา	ค-1
ภาคผนวก ง	ข้อมูลการสำรวจการตัดโค่นยางพาราของผู้รับเหมา	ง-1
ภาคผนวก จ	ข้อมูลทั่วไปการแปรรูปไม้ยางพารา	จ-1
ภาคผนวก ฉ	ข้อมูลการสำรวจโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา	ฉ-1
ภาคผนวก ช	ตารางประกอบการคำนวณการปลดปล่อยมลสารทางอากาศ	ช-1
ภาคผนวก ซ	ตารางบัญชีรายการข้อมูลมลสารและพลังงาน	ซ-1
ภาคผนวก ฌ	ตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวข้อง	ฌ-1
ภาคผนวก ฎ	ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของผลการศึกษา	ฎ-1
ภาคผนวก ฏ	บทความสำหรับเผยแพร่	ฏ-1

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	พื้นที่การปลูกยางพาราของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ. 2549	1-1
1.2	ปริมาณการส่งออกไม้ยางพาราแปรรูปของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2546 ถึง พ.ศ.2550	1-3
1.3	วัฏจักรชีวิตของไม้ยางพารา	1-4
1.4	พื้นที่ทำการศึกษาในเขตจังหวัดตรัง	1-7
1.5	พื้นที่ทำการศึกษาในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช	1-8
1.6	พื้นที่ทำการศึกษาเขตจังหวัดพัทลุง	1-9
1.7	ขั้นตอน LCA อธิบายตามมาตรฐาน ISO14040 และวิธีการเบื้องต้นของการทำ Classification และ Characterization	1-15
1.8	การจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ	1-19
3.1	แผนผังกระบวนการปลูกยางพารา	3-3
3.2	ขอบเขตการศึกษาการปลูกยางพารา	3-4
3.3	แผนผังกระบวนการตัดโค่นและขนส่งไม้ยางพาราท่อน	3-5
3.4	ขอบเขตการศึกษาการตัดโค่นและขนส่งไม้ยางพาราท่อน	3-6
3.5	แผนผังกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารา	3-7
3.6	ขอบเขตการศึกษาการแปรรูปไม้ยางพารา	3-8
3.7	หน่วยการทำงานของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-25
3.8	แผนผังสมดุลมวลสารและการป้อนส่วนของกระบวนการปลูกยางพารา	3-26
3.9	แผนผังสมดุลมวลสารและการป้อนส่วนของกระบวนการตัดโค่นยางพารา	3-27
3.10	รูปแบบการขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป	3-29
3.11	อัตราการบรรทุกเฉลี่ยของการขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป	3-29
3.12	แผนผังสมดุลมวลสารและพลังงานกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารา	3-30
3.13	แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าของกระบวนการปลูกยางพารา	3-31
3.14	แผนผังการไหลพลังงานขาเข้ากระบวนการตัดโค่น	3-32
3.15	แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าของกระบวนการขนส่ง	3-33
3.16	แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าเฉลี่ยของกระบวนการขนส่ง	3-33

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.17	แผนผังการไหลพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงขาเข้า ของกระบวนการแปรรูป	3-36
3.18	แผนผังสมดุลพลังงานความร้อนชีวมวลขาเข้า ของกระบวนการแปรรูป	3-37
3.19	แผนผังสมดุลพลังงานไฟฟ้าขาเข้าและการปันส่วน ของกระบวนการแปรรูป	3-38
3.20	แผนภาพแซงค์คีแสดงของสมดุลหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวล	3-39
3.21	แผนภาพแสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-40
3.22	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-42
3.23	ค่า AP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-43
3.24	ค่า AP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-43
3.25	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำ เกินสมดุลตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-45
3.26	ค่า ETP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-46
3.27	ค่า ETP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-46
3.28	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-48
3.29	ค่า GWP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-49
3.30	ค่า GWP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-49
3.31	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการหายไปของโอโซนในชั้น บรรยากาศตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-51

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.32	ค่า ODP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-52
3.33	ค่า ODP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-52
3.34	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะความเป็นพิษ ต่อมนุษย์ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-54
3.35	ค่า HTP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-55
3.36	ค่า HTP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-55
3.37	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการออกซิเดชันของแสง-เคมี ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-57
3.38	ค่า POCP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-58
3.39	ค่า POCP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิต การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป	3-58
3.40	ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-60
5.1	กราฟแสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง เทียบกับกรมวิชาการเกษตร	5-4
5.2	กราฟแสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยต่อปริมาณผลผลิต ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร	5-4
5.3	กราฟแสดงปริมาณการใช้สารเคมีป้องกันโรคพืชต่อปริมาณ ผลผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร	5-5
5.4	กราฟแสดงปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชต่อปริมาณ ผลผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร	5-5
5.5	ตัวอย่างสภาพหม้อไอน้ำของโรงงานอบไม้ยางพารา	5-8
5.6	ตัวอย่างบ่อเก็บคอนกรีตของโรงงานอบไม้ยางพารา	5-9

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	จำนวนโรงงานในเขต 3 จังหวัดภาคใต้ตอนกลางที่ดำเนินการ แปรรูปไม้ยางพารา	1-2
1.2	กลุ่มเป้าหมายและจำนวนข้อมูลที่ใช้การสำรวจ	1-6
1.3	แบบจำลองการวิเคราะห์ Classification & Characterization ตามแบบของ CML 2 Baseline 2000 V 2.03	1-16
1.4	รายการมลสารและกลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้อง	1-17
3.1	ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการปลูกยางพารา	3-10
3.2	ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการตัดโค่นและขนส่งยางพารา	3-12
3.3	ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการแปรรูปยางพารา	3-13
3.4	ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ในวัฏจักรการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป	3-15
3.5	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำ จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-41
3.6	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-44
3.7	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-47
3.8	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-50
3.9	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-53
3.10	ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการออกซิเดชันของแสง-เคมี จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	3-56
4.1	ปริมาณสารคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สวนยางพาราดูด ซับตลอดวัฏจักรชีวิตการปลูกยางพารา (ปันส่วนให้กับไม้ยางพารา)	4-3
4.2	ผลการเปลี่ยนแปลงค่า GWP ที่อายุยางพารา 19 – 25 ปี	4-4
4.3	ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละ กระบวนการผลิตที่อายุยางพารา 19 – 25 ปี	4-5
4.4	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตการปลูกยางพารา	4-6

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.5	ความอ่อนไหวของผลกระทบสิ่งแวดล้อม กรณีเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ย	4-7
4.6	ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละ กระบวนการผลิต กรณีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ย	4-7
4.7	การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพารา	4-9
4.8	สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ ความอ่อนไหวของการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพารา	4-10
4.9	การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีการเปลี่ยนแปลง รูปแบบการขนส่ง	4-12
4.10	สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อ ความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง	4-13
4.11	ค่าตัวประกอบการปันส่วนเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าทาง เศรษฐศาสตร์ น้ำหนักผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้	4-14
4.12	ความอ่อนไหวของผลกระทบสิ่งแวดล้อม กรณีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน	4-15
4.13	ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละ กระบวนการผลิต กรณีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน	4-15
5.1	สรุปผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของการผลิต ไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต	5-1

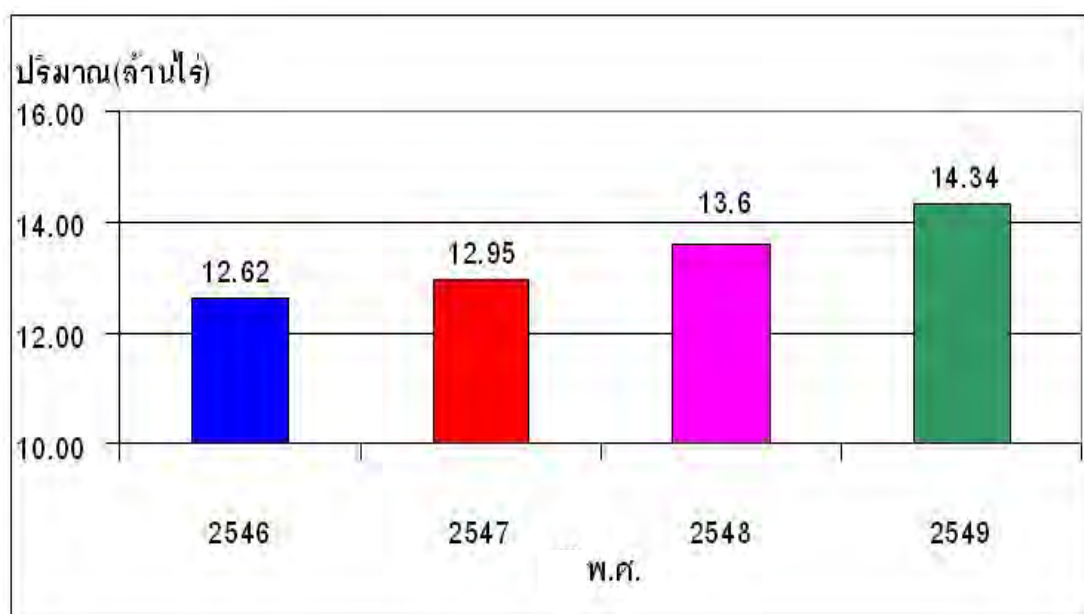
บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยกระจายอยู่ในภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและบางพื้นที่ของภาคเหนือ จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 7 TM ปี 2546 ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรร่วมกับสถาบันวิจัยยาง ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยาง 12,618,792 ไร่ กระจายอยู่ในภาคใต้ 10,621,131 ไร่ ภาคตะวันออกรวมภาคกลาง 1,388,979 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 590,313 ไร่ และภาคเหนือ 18,369 ไร่ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุดคือจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1,754,996 ไร่ พื้นที่ปลูกยางทั้งหมดของประเทศไทยเป็นพื้นที่กริดยางได้แล้ว 10,010,885 ไร่ ให้ผลผลิตยาง 2.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 286 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1.1 พื้นที่การปลูกยางพาราของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2546 – พ.ศ.2549



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่ส่วนใหญ่แล้วจะมองประโยชน์เพียงการผลิตน้ำยางเพื่อส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมปลายน้ำจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น โรงงานผลิตน้ำยางเข้มข้น ยางแท่ง ยางแผ่น ยางรถยนต์ ถูมือยาง และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากต้นยางที่หมดอายุการให้น้ำยาง

แล้วเพื่อเป็นไม้แปรรูปกำลังได้รับความนิยมและนับเป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่สร้างมูลค่าเพิ่มแก่ยางพาราควบคู่ไปกับผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง ไม้ยางพาราได้รับการยอมรับในคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ใกล้เคียงไม้สัก มีลวดลายที่สวยงาม ย้อมสีได้ ตกแต่งง่าย น้ำหนักเบา ฯลฯ โดยในปัจจุบัน โรงงานแปรรูปไม้ยางพารามีจำนวนมากถึงกว่า 500 แห่ง กระจายอยู่ทั่วประเทศ แต่กว่า 400 แห่งของโรงงานเหล่านี้อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ โดยเฉพาะในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง ดังแสดงในตารางที่ 1.1

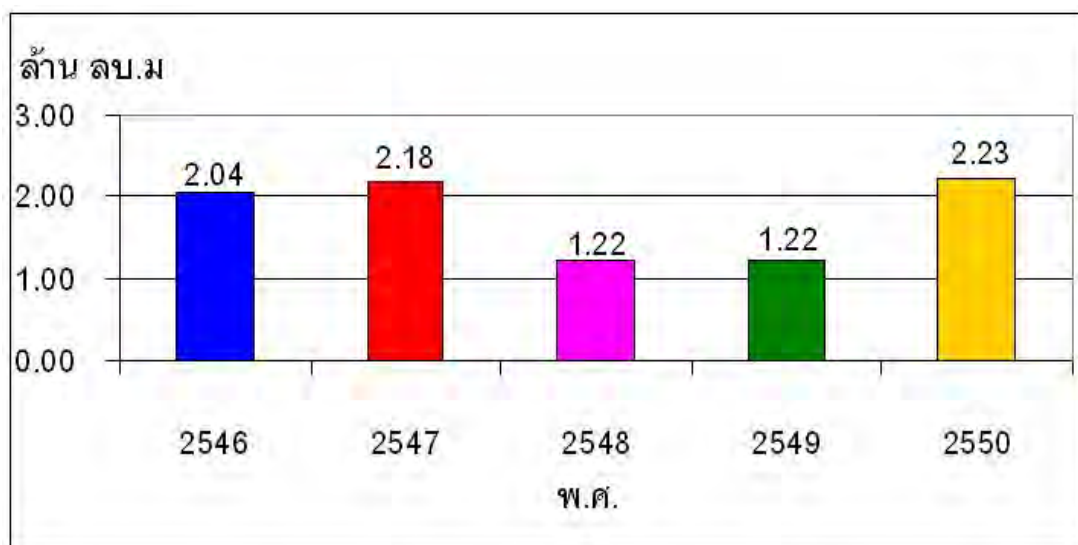
ตารางที่ 1.1 จำนวนโรงงานในเขต 3 จังหวัดภาคใต้ตอนกลางที่ดำเนินการแปรรูปไม้ยางพารา

จังหวัด	จำนวนโรงงาน
นครศรีธรรมราช	78 / 87
ตรัง	53 / 49
พัทลุง	28 / 30

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม สิงหาคม 2549 / มีนาคม 2550

นอกจากอุตสาหกรรมไม้แปรรูปแล้วยังมีอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการแปรรูป เช่น ปาร์เก้ เครื่องเรือนขนาดเล็ก ของเล่น (จากปีกไม้และส่วนอื่นๆของไม้) ไม้อัด ปาร์ติเคิลบอร์ด วีเนียร์ ลังไม้ พาเลท (จากเศษไม้) การผลิตถ่าน และชิ้นไม้สับ เป็นต้น รวมแล้วกว่า 250 โรงงาน การเพิ่มขึ้นของจำนวนโรงงานแปรรูปและผลิตภัณฑ์ปลายน้ำเป็นไปตามความต้องการอย่างต่อเนื่อง ของผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้นและการขยายปริมาณการส่งออกของไม้ยางพาราดังแสดงในรูปที่ 1.2 ทำให้ปริมาณและคุณภาพของต้นไม้ยางพาราซึ่งเป็นวัตถุดิบเป็นสิ่งที่สำคัญจากการสำรวจและคาดการณ์การตัดโค่นต้นยางพาราตามรายงานของสำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (สกย.) สวนยางที่มีอายุ 25 ปีครบรอบตัดโค่นเพื่อปลูกทดแทนได้ในปี พ.ศ. 2550-2554 โดยสำนักกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางตั้งเป้าหมายในการตัดโค่นเพื่อปลูกทดแทนปลูกทดแทนเฉลี่ยปีละประมาณ 479,177 ไร่ แสนไร่

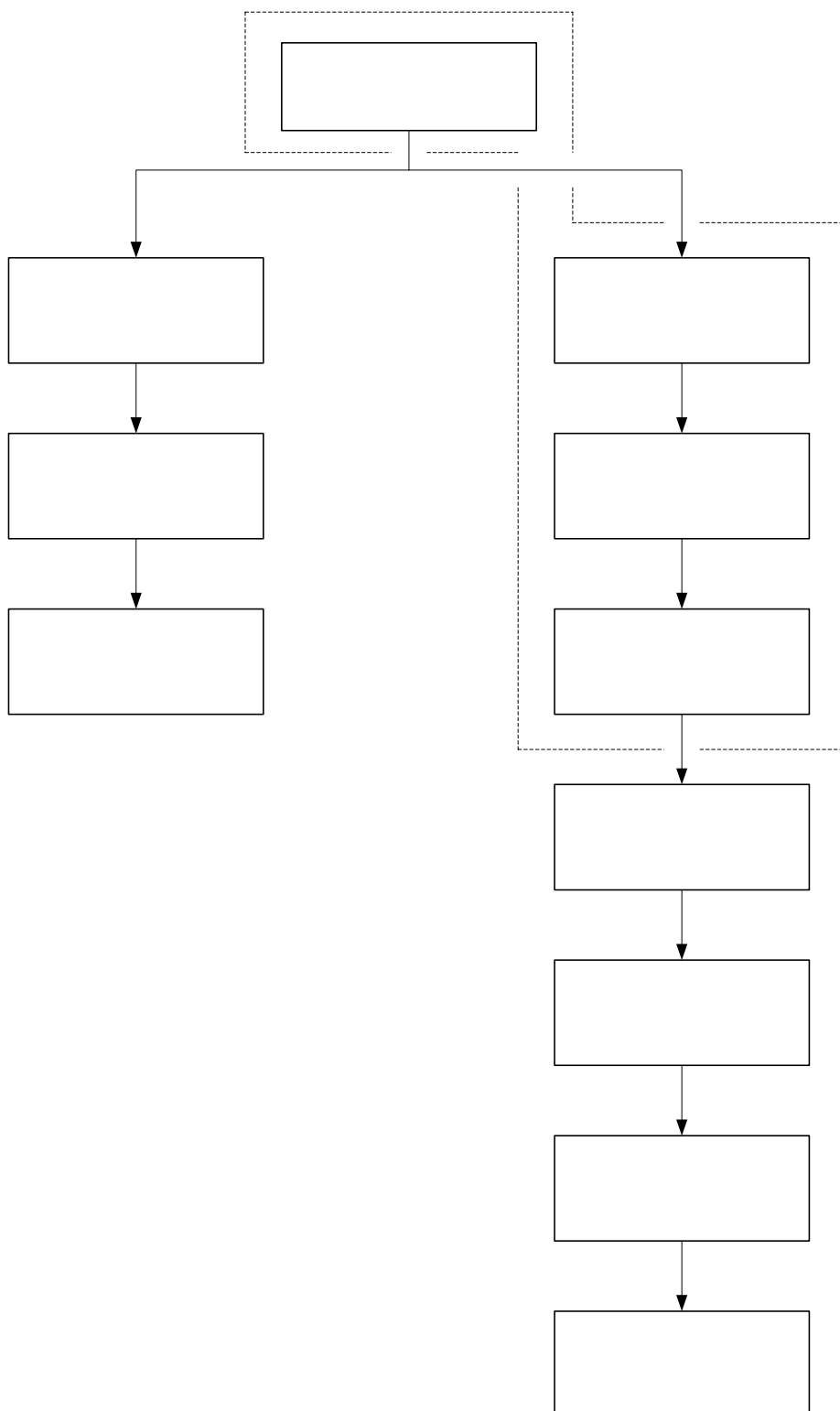
รูปที่ 1.2 ปริมาณการส่งออกไม้ยางพาราแปรรูปของประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2546 – พ.ศ.2550



ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

จากข้อมูลดังกล่าวในช่วงต้นการศึกษาความสัมพันธ์ของการปลูก ระยะเวลาของต้นยาง และจำนวนการตัดโค่นเพื่อสร้างคุณค่าอย่างเหมาะสมและยั่งยืนจึงเป็นที่น่าสนใจ รูปที่ 1.3 แสดงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารา เริ่มจากขั้นตอนการปลูกต้นยางพาราจนถึงการทำลายผลิตภัณฑ์เมื่อหมดสภาพ ด้วยความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม้แปรรูปเป็นวัตถุดิบ (เช่น ผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น) การศึกษานี้จึงกำหนดขอบเขตการประเมินตั้งแต่การปลูกยางพาราจนถึงได้เป็นผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป (ตามกรอบที่ระบุด้วยเส้นประในรูป) นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นประโยชน์ของการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้จึงได้ทำการศึกษาวงจรชีวิตของเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราเพื่อเติมอีก 1 ชนิด (ภาคผนวก) เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการศึกษาต่อยอดผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพาราประเภทอื่นๆรวมไปถึงอุตสาหกรรมอื่นๆที่มีลักษณะการดำเนินงานใกล้เคียงกันในอนาคตได้

รูปที่ 1.3 วงจรชีวิตของไม้ยางพารา



1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

1.2.1 วิเคราะห์วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยคือ

1. กระตุ้นภาคการผลิตให้มีความสนใจและเข้าใจในหลักการทำงานทาง LCA
2. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลที่เป็นต่อการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป
3. เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและประสิทธิผลของการจัดการสิ่งแวดล้อมของผู้ผลิตในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

1.2.2 พัฒนาแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับภาคการผลิตของไทย

1. การพัฒนารูปแบบการจัดการที่เหมาะสมภายในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่การผลิต
2. การพัฒนารูปแบบการจัดการแบบร่วมกันของแต่ละภาคส่วนเพื่อลดผลกระทบหรือเพิ่มศักยภาพการผลิตในภาพรวมทั้งห่วงโซ่การผลิต

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเป็นการศึกษาเพื่อประเมินระดับการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาตั้งแต่การปลูกยางพารา การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิตจนกระทั่งน้ำยางหมดอายุ การตัดโค่นไม้ยางพารา การขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป และการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 พื้นที่การศึกษา

การกำหนดพื้นที่ทำการศึกษาครอบคลุมบริเวณ 3 จังหวัดภาคใต้ตอนกลางคือ นครศรีธรรมราช ตรัง และ พัทลุง ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลจากการลงพื้นที่ทั้งหมด 30 แห่ง ในทั้งหมด 12 อำเภอ โดยตำแหน่งของพื้นที่เก็บข้อมูลได้แสดงในรูปที่ 1.4 1.5 และ 1.6

1.3.2 กลุ่มเป้าหมาย

ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนามพร้อมทั้งประเมินเบื้องต้นเพื่อกำหนดหน่วยการทำงานที่ต้องการศึกษา โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ใน 3 กลุ่มหลักซึ่งประกอบด้วย

1. กลุ่มเกษตรกรที่จัดการเพาะปลูกไม้ยางพาราหรือกลุ่มเพาะปลูกจำนวน 30 ครอบครัว
2. กลุ่มผู้จัดการไม้ก่อนเข้าโรงงานหรือกลุ่มตัดโค่นจำนวน 10 ผู้รับเหมา
3. กลุ่มกิจการโรงงานแปรรูปเบื้องต้นจำพวกโรงเลื่อย – อัดน้ำยา – อบไม้หรือกลุ่มแปรรูปจำนวน 10 โรงงาน โดยกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1.2

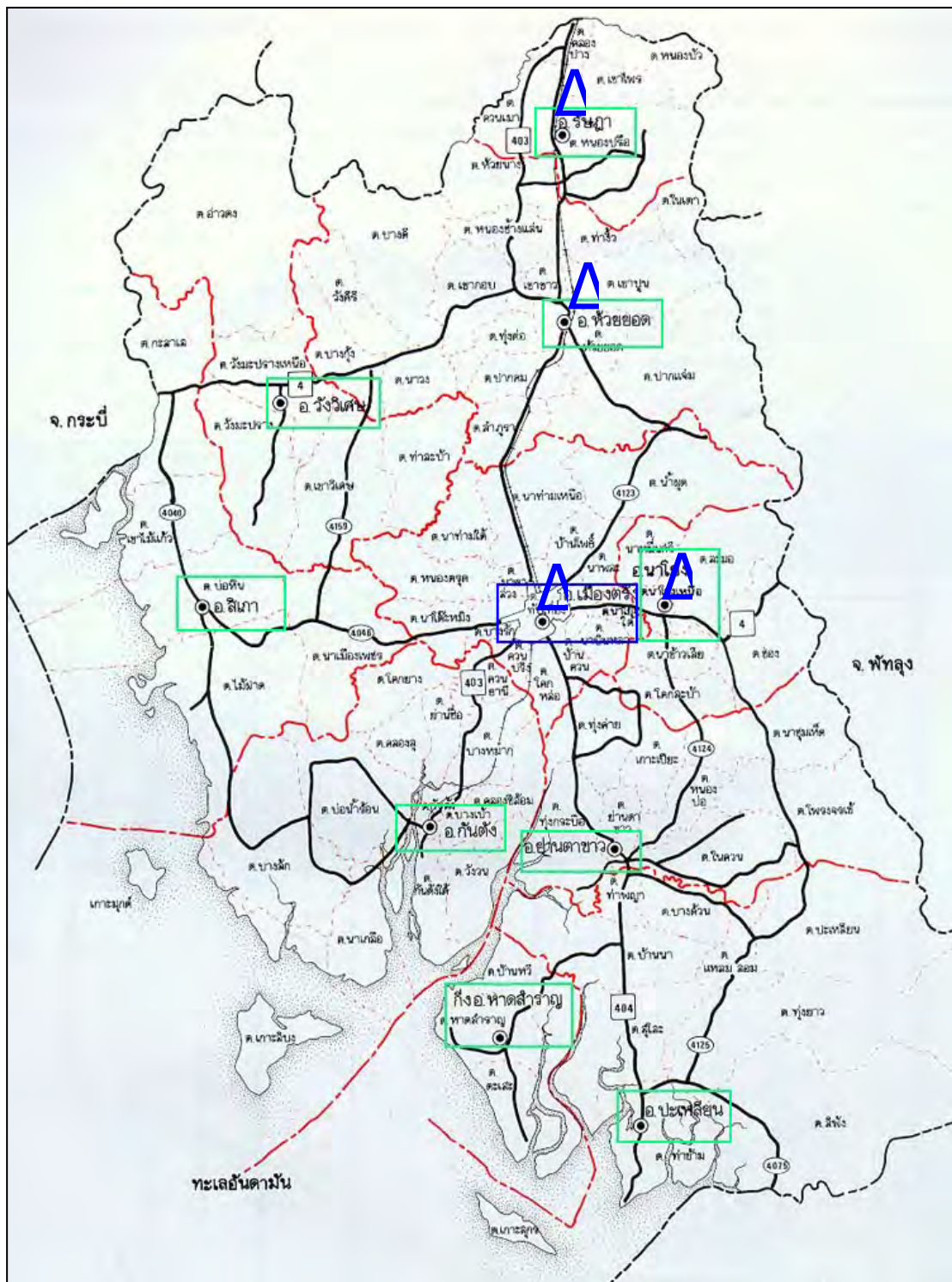
ตารางที่ 1.2 กลุ่มเป้าหมายและจำนวนข้อมูลที่ทำการศึกษา

กลุ่มเป้าหมาย	จำนวนเป้าหมาย	จำนวนที่ได้ศึกษา	รายละเอียด
การเพาะปลูก ยางพาราของ เกษตรกร	10 ครอบครัว	30 ครอบครัว	นครศรีธรรมราช (13)* ตรัง (10) พัทลุง (7)
การตัดโค่นไม้ ยางพารา	10 ผู้รับเหมา	10 ผู้รับเหมา	นครศรีธรรมราช (5) ตรัง (3) พัทลุง (2)
การแปรรูปไม้ ยางพาราเบื้องต้น	10 โรงงาน	10 โรงงาน	นครศรีธรรมราช (5) ตรัง (4) พัทลุง (1)
การผลิตเฟอร์นิเจอร์ **	1 โรงงาน	1 โรงงาน	ระยอง (1)

* ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึงจำนวนข้อมูลที่ทำการศึกษาในแต่ละเขตจังหวัด

** ส่วนที่ดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมนอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในโครงการ

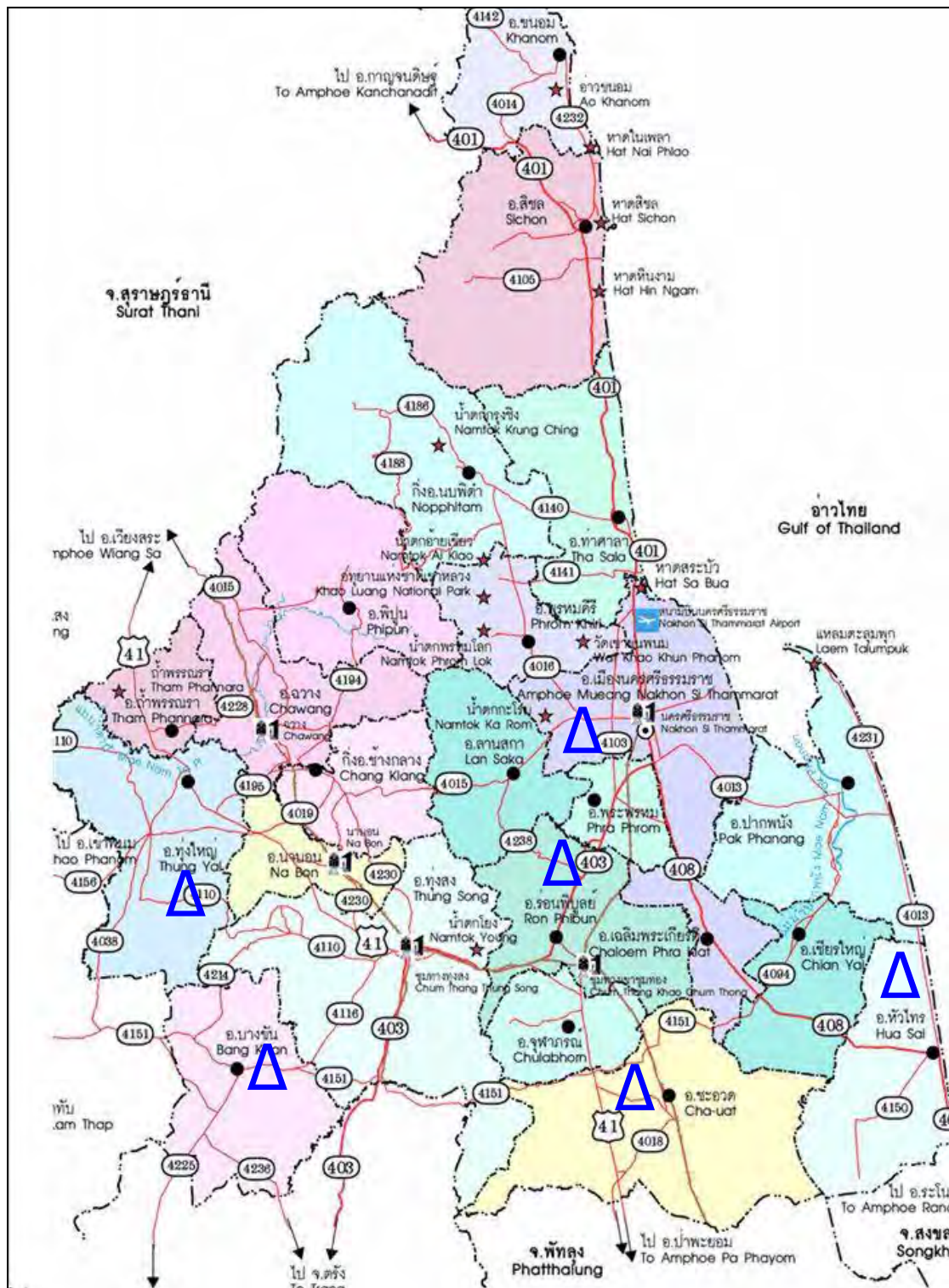
รูปที่ 1.4 พื้นที่ทำการศึกษาในเขตจังหวัดตรัง



Δ แสดงบริเวณศึกษา

รูปที่ 1.5 พื้นที่ทำการศึกษาในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

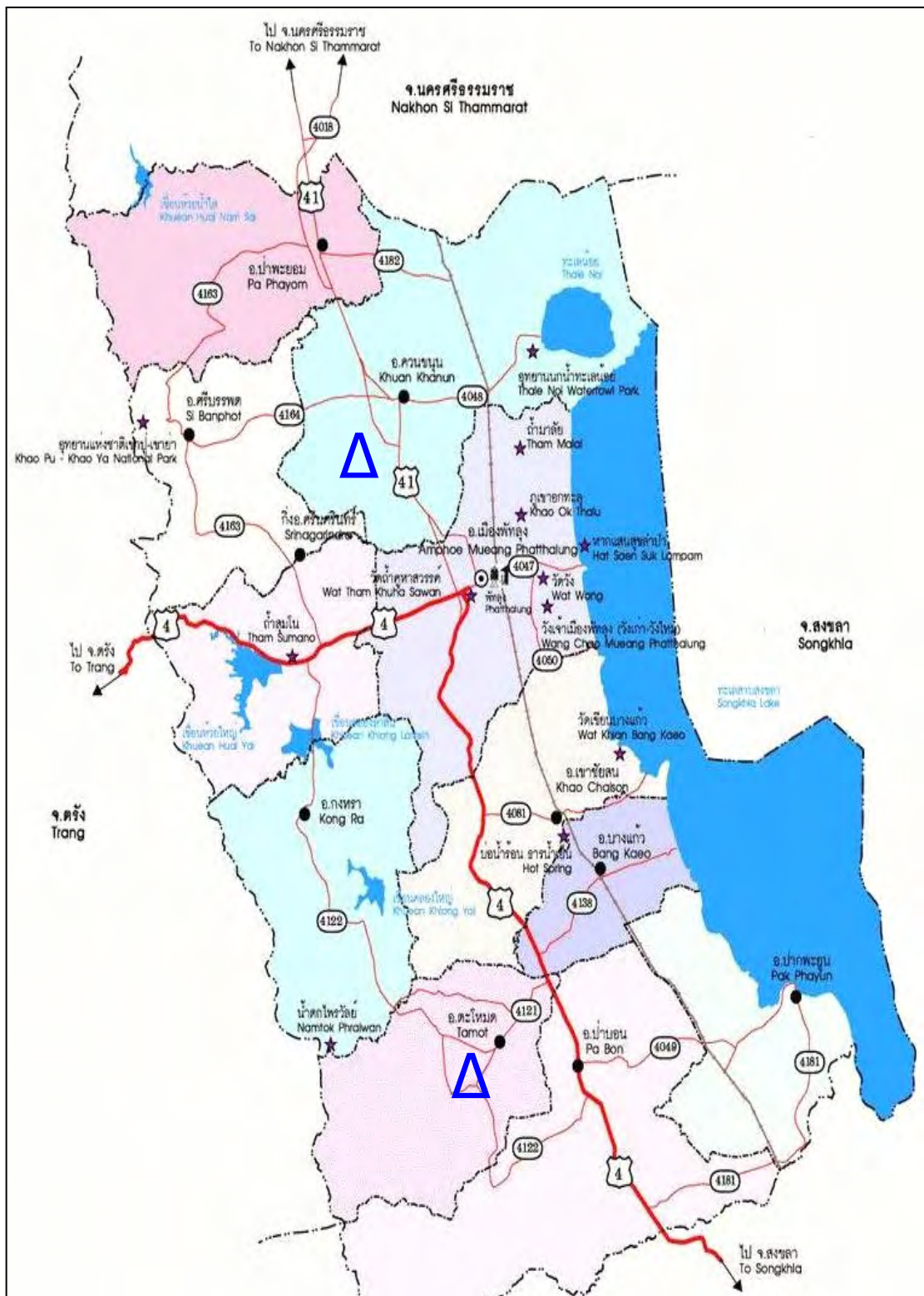
โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)



△ แสดงบริเวณศึกษา

รูปที่ 1.6 พื้นที่ทำการศึกษาเขตจังหวัดพัทลุง

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)



▲ แสดงบริเวณศึกษา

1.4 ระเบียบการศึกษา

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

1.4.1 การทบทวนข้อมูล

การทบทวนข้อมูลทุติยภูมิจากผลงานการศึกษาและวิจัยตั้งแต่กระบวนการปลูกยางพารา ถึงกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารารวมถึงงานอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของยางพาราโดย ข้อมูลที่ต้องรวบรวมประกอบด้วย

1. ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ได้แก่ ลักษณะพื้นที่ปลูกยางพารา ลักษณะดิน สภาพภูมิอากาศ แหล่งน้ำ ที่เป็นปัจจัยสำหรับการปลูกยางพาราในเขตพื้นที่ภาคใต้ตอนกลาง
2. ข้อมูลด้านการปลูก ได้แก่ พันธุ์ยาง ปัจจัยในการเลือกพันธุ์ การเตรียมพื้นที่ การปลูก การดูแลรักษา (การใช้ปุ๋ย การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืช) ผลผลิตน้ำยางและ ปริมาตรไม้ยางพารา ราคาผลิตภัณฑ์
3. ข้อมูลด้านประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมจากการปลูกยางพาราเช่น การดูดซับสารคาร์บอนใน บรรยากาศตลอดวัฏจักรชีวิตยางพารา
4. ข้อมูลด้านการแปรรูปไม้ยางพาราของโรงงาน ได้แก่ เทคนิคและวิธีการผลิต การพัฒนาระบบการผลิตไม้ยางพาราอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับโรงงาน การจัดการของเสียจากกระบวนการผลิตรวมไปถึงการประเมินระดับใช้พลังงานในโรงงาน
5. ข้อมูลด้านรูปแบบการขนส่งและน้ำหนักบรรทุก ตั้งแต่สวนยางถึงโรงงานแปรรูป
6. ฐานข้อมูลด้าน LCI-LCA ของผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ไม้แปรรูปชนิดอื่นๆ

1.4.2 การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการปลูก การตัดโค่น การขนส่งภาคเกษตร การแปรรูป การขนส่งไม้ยางพาราแปรรูป จากกลุ่มกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่เกษตรกร ผู้รับเหมาโค่นยางพารา ผู้ประกอบการโรงงานและหน่วยงานราชการอื่นๆที่มี ส่วนเกี่ยวข้อง การดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เป็นหลัก เพื่อให้ได้ข้อมูล การใช้ทรัพยากรและปริมาณของเสีย การลงพื้นที่เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการผลิตในขั้นตอน ต่างๆอย่างถูกต้องจากผู้ประกอบการ การทำความเข้าใจและชี้ให้เห็นความสำคัญทางด้านการ ประเมินวัฏจักรชีวิตให้กับนักวิจัยในโครงการและผู้ประกอบการ รวบรวมข้อคิดเห็นและปัญหา ทางด้านต่างๆเพื่อสร้างความเชื่อมโยงของแต่ละกลุ่มและเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสมในแก้ไข ปัญหาต่อไป การเก็บข้อมูลในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเพาะปลูก

เก็บรวบรวมข้อมูลจริงจากเกษตรกรผู้ปลูกยางพารา โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาได้แก่

- ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพารา ลักษณะกรรมสิทธิ์พื้นที่

- ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูก ได้แก่ การเตรียมพื้นที่ การใช้พันธุ์ยาง วิธีการปลูก การบำรุงรักษา (ได้แก่ การเลือกใช้ปุ๋ย วิธีการใส่ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ย ประเภทของวัชพืชและโรคพืชที่พบ วิธีการกำจัดวัชพืช วิธีการป้องกันและรักษาโรคพืช ปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืช)

- ข้อมูลเกี่ยวกับผลผลิต ได้แก่ การกรีดยาง ปริมาณผลผลิตยาง แผ่นต่อไร่ต่อวันจำนวนวันกรีดยางต่อปี อายุการเปิดกรีดยางพารา อายุของต้นยางพารา

2. กลุ่มตัดโค่น

เก็บรวบรวมข้อมูลการตัดโค่นของกลุ่มผู้รับเหมาตัดโค่นยางพาราและขนส่งจากสวนยางพาราสู่โรงงาน โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาได้แก่

- ข้อมูลทั่วไปของผู้รับเหมา ได้แก่ พื้นที่ดำเนินงาน ประเภทของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการตัดโค่น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้

- ข้อมูลปัจจัยของการซื้อสวนยางพารา เช่น ความต้องการไม้ของโรงงาน ราคาพื้นที่ที่ทำกรตัดโค่น เป็นต้น

- ข้อมูลการตัดโค่น ได้แก่ ปริมาณการตัดโค่นต่อวัน อัตราการได้ไม้ท่อนเพื่อส่งเข้าโรงงานต่อหนึ่งไร่ ราคาซื้อขายไม้ท่อน การจัดการราคไม้ยางพารา

- ข้อมูลการขนส่ง ได้แก่ ชนิดของรถที่ใช้ในการขนส่ง ปริมาณการบรรทุกต่อเที่ยว ระยะทางการขนส่งจากสวนยางสู่โรงงาน ปริมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุก

3. กลุ่มแปรรูป

เก็บรวบรวมข้อมูลการแปรรูปไม้ยางพารา โดยข้อมูลที่ทำการศึกษาได้แก่

- รายละเอียดกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ
- รายการสารขาเข้าและออกกระบวนการผลิตทั้งหมด
- การตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอากาศภายในโรงงาน

1.4.3 การทำสมดุลมวลสารและพลังงาน

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูลของสารขาเข้าและขาออกของกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจะต้องมีการทำสมดุลมวลสารและพลังงานในทุกๆขั้นตอนตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณที่ถูกต้องก่อนที่จะทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในขั้นต่อไป

1.4.4 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและก๊าซอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ก๊าซเรือนกระจก

1. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องกลเกษตร รถไถ รถบรรทุก รถยก ดำเนินการโดยการประเมินจากปริมาณคาร์บอน (Carbon) ที่อยู่ในเชื้อเพลิงซึ่งอ้างอิงจาก Carbon Emission Factor (CEF) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC)

2. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ชีวมวลทางการเกษตร

ภายหลังจากการโค่นต้นยางพาราแล้วจะเหลือชีวมวลทางการเกษตรคือรากไม้และกิ่งไม้ซึ่งเกษตรกรจะทำการเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้ เนื่องจากไม่สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์อื่นได้ ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ หากการเผาไหม้เกิดอย่างสมบูรณ์จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศในขั้นตอนนี้จะถือว่าชดเชยกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชดูดซับเข้าไปเพื่อทำการสังเคราะห์แสงให้พืชเจริญเติบโต แต่ในความเป็นจริงแล้วการเผาไหม้ตามพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป จะเป็นการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์คือมีออกซิเจนไม่เพียงพอเนื่องจากระยะเวลาที่ไฟคุ (Smoldering) อยู่สั้นมีระยะเวลายาวนานกว่าช่วงที่มีเปลวไฟ (Flaming) อยู่มากจึงเป็นเหตุให้เกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่นๆที่นอกเหนือจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ดังนั้นก๊าซเรือนกระจกที่มุ่งเน้นศึกษาในกรณีนี้จึงเป็นก๊าซที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในรูปของไดไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x as NO_2) โดยอ้างอิงสมมติฐานของ IPCC เรื่องการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากเผาไหม้วัสดุติดิบททางการเกษตร (Agricultural Residue Burning) เป็นแนวทางในการประเมิน

3. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการปล่อยมลพิษจากสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร

การดูแลรักษาอย่างพาราจำเป็นที่จะต้องมีการให้ปุ๋ยและใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืชซึ่งสารเคมีจำพวกปุ๋ยสำหรับยางพารานี้อาจมีการสูญเสียโดยการระเหยไปในอากาศโดยกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่ากระบวนการ Soil Emission ซึ่งธาตุอาหารที่สูญเสียไปจะอยู่ในรูปของ N_2O และ NH_3 ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อย N_2O และ NH_3 อ้างอิงตาม AP-42 ของข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของสารเคมีจากองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐ (USEPA)

4. สมมติฐานและวิธีการคำนวณปริมาณมลพิษจากการตรวจวัด

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำนั้นมลสารที่ปล่อยออกจากปล่องจะทำการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐ (USEPA) โดยใช้วิธีการของ US.EPA Method 1 ถึง US.EPA Method 4 ดังนี้

US.EPA Method 1 : "Sample and Velocity Traverse for Stationary Source"

US.EPA Method 2 : "Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube)"

US.EPA Method 3 : "Gas Analysis for the Determination of Dry Molecular Weight"

US.EPA Method 4 : "Determination of Moisture Content in Stack Gases"

5. การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลสารทางอากาศจากการใช้ไฟฟ้า

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลสารทางอากาศจากการใช้ไฟฟ้า Grid-mix จะอ้างอิงผลการศึกษาของโครงการ "Life Cycle Assessment for Asian Countries-Phase III: Thailand" ของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ปี 2000 ร่วมกับ Japan Environment Association for Industries (JEMAI)

1.4.5 การศึกษาการขนส่งไม่ยางพารา

1. สมมติฐานและวิธีการคำนวณอัตราการบรรทุก

สำหรับการขนส่งไม่ยางพาราจากสวนยางสู่โรงงานไม่ยางพาราแปรรูป ผู้รับเหมาที่ทำการขนส่งจะเลือกใช้รถบรรทุกที่มีลักษณะต่าง ๆ กันโดยการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งศึกษาข้อมูลเฉลี่ยของการขนส่งของรถ 3 ชนิดคือ รถกระบะ รถตอนไม้และรถหกล้อ

2. สมมติฐานและวิธีการคำนวณพลังงานขาเข้าและออกจากกระบวนการผลิต

กระบวนการปลูก การตัดโค่น การขนส่งและการแปรรูป พลังงานขาเข้าที่ต้องนำมาคำนวณคือพลังงานความร้อนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

1.4.6 การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการที่มุ่งวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบต่องิเลสแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Production Life Cycle) ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การใช้ใหม่/การแปรรูปและการจัดการเศษซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน

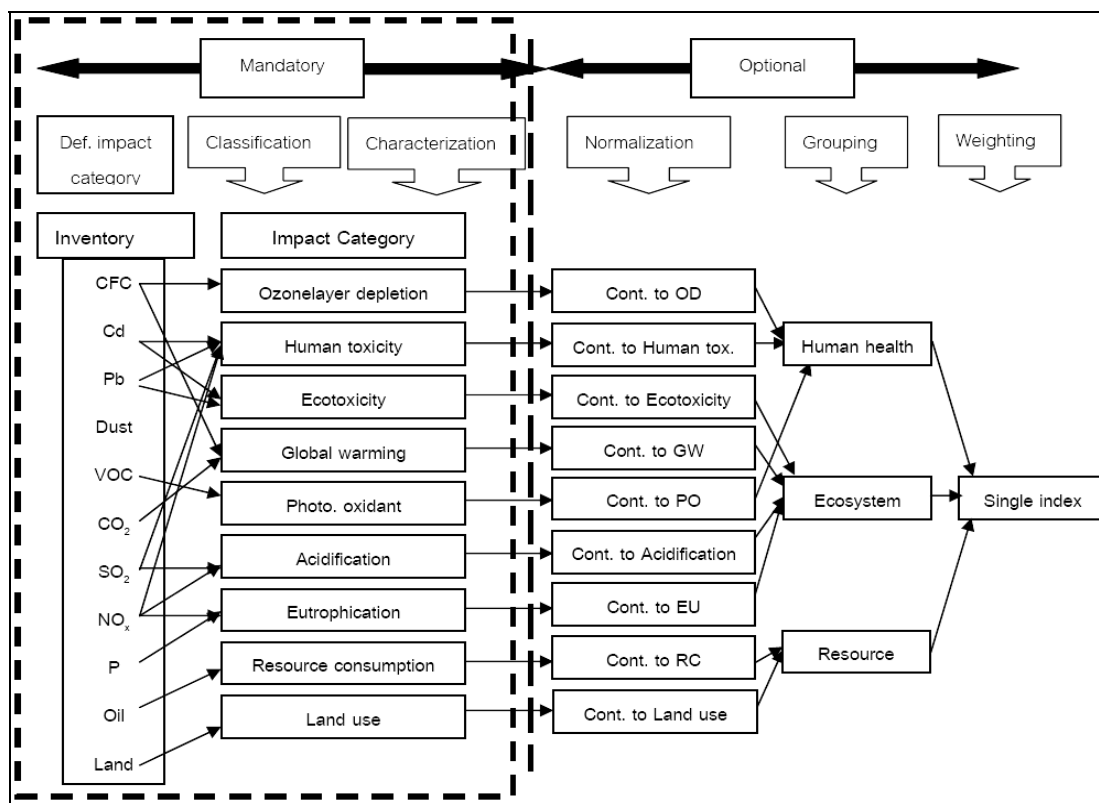
การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment) เป็นส่วนหนึ่งในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 โดยเป็นมาตรฐาน ISO 14042 ซึ่งได้กำหนดกรอบการศึกษาด้าน LCIA ไว้ (ดังรูปที่ 1.7) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่บังคับ (Mandatory) ให้ทำการศึกษาในขั้นตอนดังกล่าวจึงจะจัดว่าเป็นการศึกษาวิจัยด้าน LCIA ที่ยอมรับได้ นั่นคือการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระดับที่เรียกว่าผลกระทบขั้นกลาง (Midpoint) ซึ่งขั้นตอนที่

บังคับให้ผู้ศึกษาต้องดำเนินการได้แก่ขั้นตอนการเลือกกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Impact Categories) ที่ศึกษาและการคัดเลือกแบบจำลองการทำ Characterization

จากนั้นให้ดำเนินการ นำผลการจัดทำบัญชีรายการ (Life Cycle Inventory) ที่ได้จากการศึกษามาทำการการจำแนกข้อมูล LCI เข้ากลุ่มผลกระทบ (Classification) การทำ Characterization เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมแยกตามกลุ่มที่กำหนดไว้ โดยเป็นผลทางวิทยาศาสตร์และเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ทั้งหมดเป็นส่วนที่บังคับต้องทำการศึกษาแต่ส่วนที่นอกเหนือจากการทำ Characterization นั้นคือ การเทียบหน่วย (Normalization) และการให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) เป็นขั้นตอนที่เป็นทางเลือก (Optional) ให้ผู้ศึกษาเลือกดำเนินการว่าจะทำหรือไม่ทำก็ได้ไม่มีความผิดแต่อย่างใด โดยเป็นการมุ่งเน้นประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นไปสู่ผลกระทบขั้นปลาย (Endpoint) แต่เนื่องจากที่ต้องกำหนดให้เป็นทางเลือกศึกษา เพราะกระบวนการที่นอกเหนือจากการทำ Characterization จะเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยสมมติฐานและแบบจำลองในการวิเคราะห์ที่มาก ทำให้ความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาที่ได้อาจมีความลดน้อยลงไปหากไม่มีการคัดเลือกหรือวิเคราะห์อย่างลึกซึ้งเพียงพอ

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไม่อย่างพาราแปรรูปจะเป็นการประเมินผลกระทบถึงระดับผลกระทบชั้นกลาง (Midpoint) โดยอาศัยหลักการตามมาตรฐาน ISO 14042 เพราะทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นแยกตามกลุ่มที่สำคัญ โดยเลือกแบบจำลองการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของ CML 2 baseline 2000 V2.03 ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นิยมกันในยุโรปและหลายประเทศ

รูปที่ 1.7 ขั้นตอน LCA อธิบายตามมาตรฐาน ISO14040 และ วิธีการเบื้องต้นของการทำ
Classification และ Characterization



ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2550

ระเบียบวิธีการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไม่ยางพาราแปรรูป เป็นการดำเนินงานโดยยึดตามระเบียบชุดมาตรฐานสากล เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ISO14040: Life Cycle Assessment (LCA)) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition-ISO14040) 2) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis-ISO14041) 3) การประเมินผลกระทบ (Impact Assessment-ISO14042) และการแปลผล (Interpretation-ISO14043)

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition)

ประกอบด้วยการกำหนดเป้าหมาย ขอบเขตของระบบที่ทำการศึกษา (System Boundary) และการระบุหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาภายใต้โครงการนี้ คือ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไม่ยางพาราแปรรูป โดยขอบเขตของการศึกษาเป็นการประเมินเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงวิเคราะห์สมดุลของมวลสารและพลังงานของผลิตภัณฑ์ไม่ยางพาราแปรรูป

เริ่มตั้งแต่ การปลูกยางพารา การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิตจนกระทั่งนำยางพาราไปแปรรูป การตัดโค่นไม้ยางพารา การขนส่งไม้ยางพาราท่าเรือโรงงานแปรรูป และการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป และมีหน่วยการทำงานของการศึกษา คือผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

ในการศึกษา LCIA มุ่งเน้นการประเมินผลกระทบชั้นกลาง โดยมีรายละเอียดของแบบจำลองการวิเคราะห์เพื่อทำการแจกแจง (Classification) และจัดกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Characterization) ดังแสดงในตารางที่ 1-3 ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวจะทำให้สามารถประเมินและทราบได้ถึงระดับผลกระทบสิ่งแวดล้อมแยกตามกลุ่มผลกระทบที่สำคัญ

ตารางที่ 1.3 แบบจำลองการวิเคราะห์ Classification & Characterization ตามแบบของ CML 2 Baseline 2000 V 2.03

Impact Categories	Model	Reference	ตัวย่อ
การทำให้โลกร้อน (global warming)	IPCC	(kg of CO ₂ -equivalents)	GWP
การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (ozone layer depletion)	WMO	(kg of CFC-11 equivalents)	ODP
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (human toxicity)	USES-LCA	(kg of 1,4-DB equivalents)	HTP
การออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (photochemical oxidation)	UNECE Trajectory	(kg of C ₂ H ₄)	POCP
ภาวะความเป็นกรด (acidification)	RAINS 10 Model	(kg of SO ₂ equivalents)	AP
การมีสารอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (eutrophication)	Based on stoichiometric Procedure of Heijung (1992)	(kg of PO ₄ equivalents)	EP
ความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (fresh water aquatic ecotoxicity)	USES-LCA	(kg of 1,4-DB equivalents)	FRTP _{inf}
ความเป็นพิษในน้ำทะเล (marine aquatic ecotoxicity)	USES-LCA	(kg of 1,4-DB equivalents)	MAETP _{inf}
ความเป็นพิษในดิน (terrestrial ecotoxicity)	USES-LCA	(kg of 1,4-DB equivalents)	TETP _{inf}

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2550

2. การวิเคราะห์และทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis)

คือ การศึกษา คำนวณ และวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ทรัพยากรที่สำคัญ ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการปล่อยของเสีย ผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By-product) ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือมลสารทางอากาศ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแต่ละขั้นตอนในวัฏจักรชีวิตของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป รวมไปถึงวิธีการตรวจวัดโดยตรงด้วยเครื่องมือตรวจวัดมาตรฐานสำหรับมลสารที่จำเป็น ซึ่งรายการมลสารที่มีการพิจารณาประเมินในโครงการนี้ ได้แก่

- Nitrogen Compounds
- Sulfur Compounds
- Carbon Dioxide
- Carbon Monoxide
- Methane
- Particulates
- Ammonium
- Volatile Organic Compound

ซึ่งรายการมลสารเหล่านี้สามารถจัดอยู่ในกลุ่มผลกระทบ ดังแสดงในตารางที่ 1.4 จากนั้นจะทำการจำแนกกลุ่มของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 1-8

ในกรณีฐานข้อมูลของผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัตถุดิบหรือกระบวนการบางประเภทที่สำคัญแต่ไม่มีอยู่ในประเทศไทย อาจต้องเลือกใช้ฐานข้อมูลของต่างประเทศที่มีเทคโนโลยีใกล้เคียงกับประเทศไทย

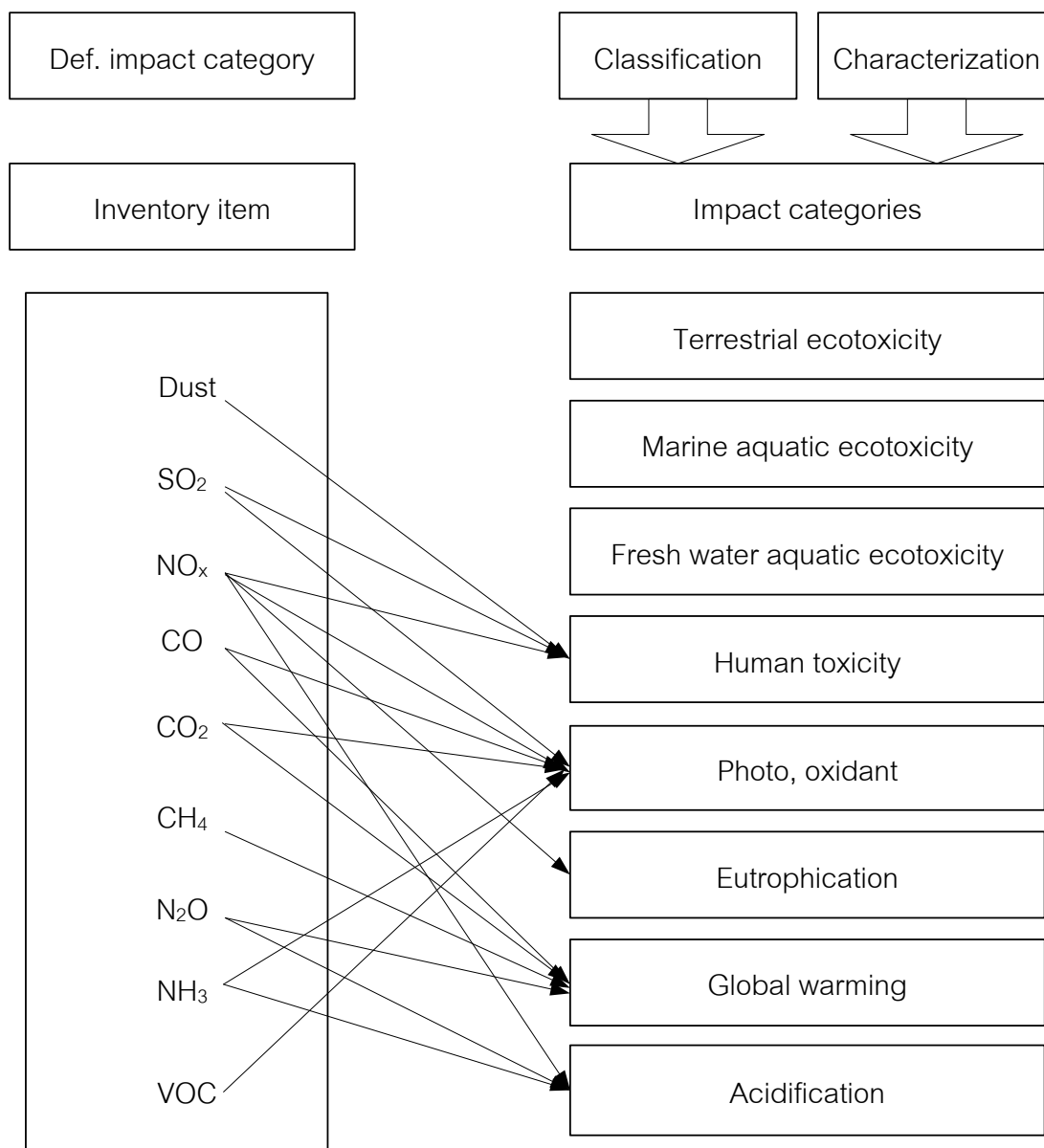
ตารางที่ 1.4 รายการมลสารและกลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้อง

รายการสิ่งแวดล้อม	กลุ่มของผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
ทรัพยากรธรรมชาติ (Natural Resource)	
● น้ำมัน ● น้ำ	การทำลายทรัพยากรธรรมชาติ การสิ้นเปลืองทรัพยากร
วัตถุดิบ (Raw Material Resource)	
● วัตถุดิบ ● สารเคมี ● ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ● ผลพลอยได้จากการผลิต ● ของเสีย	การสิ้นเปลืองทรัพยากร การสิ้นเปลืองทรัพยากร การสิ้นเปลืองทรัพยากร การสิ้นเปลืองทรัพยากร การสิ้นเปลืองทรัพยากร

ตารางที่ 1.4 (ต่อ) รายการมลสารและกลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้อง

รายการสิ่งแวดล้อม	กลุ่มของผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
การใช้พลังงาน (Energy Use)	
● Total Primary Energy ● Process Energy ● Fossil Fuel Energy	การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองพลังงาน การสิ้นเปลืองพลังงาน
การปล่อยมลสารทางอากาศ (Air Emissions)	
● Carbon dioxide (CO₂ fossil fuel) ● Nitrogen oxide (NO_x as NO₂) ● Sulphur dioxide (SO₂) ● Carbon monoxide (CO) ● Methane (CH₄) ● Dinitrogen oxide (N₂O) ● Particulate (PM) ● Ammonium(NH₃) ● Volatile Organic Compound (VOC)	Global warming Potential Acidification Potential Acidification Potential Ozone-forming Potential Global warming Potential Global warming Potential Human Toxicity Acidification Potential Photo-oxidation Potential

รูปที่ 1.8 การจัดกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ



3. การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์และทำบัญชีรายการซึ่งทำการจำแนกข้อมูลแล้วจะถูกนำมาคำนวณหาค่าศักยภาพการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากลเช่น CML หรือ Eco-indicator เป็นต้น ซึ่งในการศึกษาโครงการนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาช่วยในการวิจัย

สำหรับกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของโลกและมีความเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่ศึกษา ประกอบด้วยกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมหลักดังรายละเอียดต่อไปนี้ (มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย 2550)

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เกิดจากการสะสมตัวของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลก โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เพื่อผลิตพลังงานโดยที่ก๊าซเรือนกระจกจะมีสมบัติดูดกลืนความร้อนดีมาก จึงส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศบริเวณผิวโลกสูงขึ้นเรื่อยๆ เรียกปรากฏการณ์เช่นนี้ว่า ภาวะเรือนกระจก ซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบอื่นๆ ตามมามากมาย

- ภาวะโลกร้อน (Global warming)

เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศของโลก ถูกห่อหุ้มด้วยก๊าซเรือนกระจก ทำให้กักเก็บรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลก ไม่ให้สะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศ เหมือนเรือนกระจกที่ใช้เพาะปลูกต้นไม้ในเขตหนาว ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปในเรือนกระจกได้ แต่ความร้อนยังคงอยู่ภายใน ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมี 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และ ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและยานยนต์

- การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone depletion)

โอโซนในชั้นบรรยากาศ ทำหน้าที่สำคัญคือกักเก็บรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ที่ผ่านมายังโลกให้เหลือในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก หากโอโซนที่ปกคลุมผิวโลกในระดับชั้นบรรยากาศนี้ลดน้อยลงหรือหายไป จะทำให้ผิวโลกได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตมากเกินไป และทำให้เป็นอันตรายต่อมนุษย์ คือเกิดโรคมะเร็งทางผิวหนัง สาเหตุที่โอโซนลดน้อยลงนี้เนื่องมาจากการทำลายของสารเคมีหลัก คือ สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือสาร CFCs ทั้งนี้บริเวณรูรั่วโอโซนนั้นพบว่ามีก๊าซคลอรีนเป็นปริมาณ 100-500 เท่าของเมื่อเทียบกับในบริเวณอื่น

- การสิ้นเปลืองทรัพยากร (Resource depletion)

ทรัพยากรธรรมชาติบางประเภทมีอยู่อย่างจำกัด และเป็นทรัพยากรที่หายากเมื่อใช้แล้วหมดไป ดังนั้นการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับแร่ธาตุหรือทรัพยากรหายากต่างๆ จึงจัดเป็นผลกระทบ สิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างหนึ่ง

- การสิ้นเปลืองพลังงาน (Energy depletion)

พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อทุกคนในโลก โดยเฉพาะเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของโลกและเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป การสิ้นเปลืองพลังงานจึงเป็นหนึ่งปัญหาที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เพราะการสิ้นเปลืองพลังงานจัดเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification)

การเกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำส่วนหนึ่งมาจากการเกิดภาวะฝนกรด ซึ่งเกิดจากการปล่อยมลพิษจากรถยนต์และโรงงานต่างๆ ออกสู่อากาศ สารพิษทั้งหลายเหล่านี้จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของไอน้ำในก้อนเมฆและก่อให้เกิดเป็นกรด และเมื่อฝนกรดตกลงมากรดทั้งหมดจะลงสู่ดินและในทะเลสาบ แม่น้ำและมหาสมุทร หรืออาคารมากมายในเมืองใหญ่ๆ ที่ทำด้วยหินปูน และหินปูนจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีในฝนกรดทำให้เกิดการสึกกร่อน หรือเมื่อฝนกรดซึมลงสู่ใต้พื้นดินจะกัดกร่อนแร่ธาตุที่มีประโยชน์ในดินและชะพาไป รวมทั้งทำลายใบไม้ ทำให้พืชเติบโตช้า เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำในลำธารและทะเลสาบ นอกจากนี้ฝนกรดสามารถทำลายอาหารต่างๆ เมื่อปลากินเข้าไปและทำให้ปลาไม่สามารถวางไข่ได้

- ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Eutrophication)

ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เกิดจากการที่มีการปลดปล่อยสารอาหารของพืชไปสู่สภาพแวดล้อมเกินสมดุล ผลที่เกิดตามมาจากการที่มีสารอาหารของพืชมากเกินไป คือการเกิดการเจริญเติบโตของพืชตระกูลสาหร่าย (Algae) ในแหล่งน้ำอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดความไม่สมดุลของสารอาหารของพืชระหว่างในน้ำและในดิน

4. การแปลผลการศึกษา (Interpretation)

การแปลผลการศึกษาคือ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ สรุปผล อธิบายข้อจำกัด และการจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการทำ LCA ในขั้นตอนที่ผ่านมาข้างต้น ซึ่งการสรุปผลการศึกษา และการจัดทำข้อเสนอแนะของการศึกษานี้ จะมุ่งเน้นตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายของงานวิจัย นั่นคือ การประเมินปริมาณผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั้งวัฏจักรการผลิตไม่อย่างพาราแปรรูป

อย่างไรก็ตาม ก่อนการแปรผลและสรุปผลของการศึกษาข้างต้น ยังมีความจำเป็นที่ต้องทำการวิเคราะห์ Sensitivity Analysis ของผลการศึกษาที่ได้ โดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นที่การวิเคราะห์ในประเด็นของอายุของการตัดโค่นต้นยางพารา องค์ประกอบปัจจัยในการคำนวณ รูปแบบการขนส่ง (Mode of Transportation) และการปันส่วนโดยใช้น้ำหนักผลิตภัณฑ์และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำผลของ Sensitivity Analysis มาวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ทั้งยังสามารถนำผลการวิเคราะห์เป็นแนวทางเลือกในการปรับปรุงการผลิตในแต่ละกลุ่มกิจกรรมอีกด้วย

อนึ่งผลจากการวิเคราะห์สมมูลพลังงานและมวลสารของกระบวนการผลิตสามารถนำมาใช้ประเมินประสิทธิภาพเชิงพลังงานเพื่อนำเสนอทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาด(CT-Option) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตสำหรับแต่ละกิจกรรมได้เช่นเดียวกัน

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ

1. ผู้ประกอบการแต่ละภาคส่วนจะได้พิจารณาการพัฒนาระบบตามเป้าหมายของ Benchmarks ร่วมในการลดความสูญเสียของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิต
2. เพื่อเพิ่มคุณค่าและ/หรือปริมาณของผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้นเนื่องจากการลดความสูญเสียประโยชน์โดยรวม
3. สร้างความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มเป้าหมายและเกิดความร่วมมืออันดีระหว่างกลุ่มเป้าหมายและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ประโยชน์โดยรวม

1. สร้างระบบฐานข้อมูลพื้นฐานไม่ยางพาราเพื่อใช้ประโยชน์ต่อการพัฒนาสมรรถนะการจัดการสิ่งแวดล้อมต่อไป
2. เพิ่มศักยภาพ ความแข็งแกร่ง และขีดความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศของอุตสาหกรรมแปรรูปไม่ยางพาราการส่งออก

1.6 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ระยะเวลาดำเนินโครงการ 15 เดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารงานวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตการแปรรูปไม้ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ในต่างประเทศ

Frank Werner และ Claus Richter (2007) ทำการรวบรวมผลงานวิจัยทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไม้สำหรับงานก่อสร้างเพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สำหรับงานก่อสร้างที่ทำจากวัสดุชนิดอื่น โดยเทียบหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ หน้าต่าง ฉนวน วัสดุปูพื้น ผนัง บานประตู เพอร์นิเจอร์ ไม้หมอนรถไฟ Utility poles วัสดุสำหรับงานสถาปัตยกรรม และตัวอาคาร วิธีประเมินใช้มาตรฐานของ CML 1992 และ Ecoindicator 95 พบว่า

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ภาพรวมของผลิตภัณฑ์ไม้ส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก ไม่ว่าจะเป็นด้านการใช้พลังงาน ด้านผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศโลก และด้านปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ดังนี้

ขั้นตอนการเคลือบน้ำยาผลิตภัณฑ์ไม้เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นจะมีผลต่อความเป็นพิษมากกว่าโดยเฉพาะกับผลกระทบทางด้านปรากฏการณ์ Photo smog ดังนั้นการส่งเสริมให้ใช้สารเคมีที่ปราศจากโลหะอิสระเคลือบผลิตภัณฑ์จะช่วยลดผลกระทบที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมได้

ขั้นตอนการเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำและภาวะขาดอาหารในน้ำของพืชกินสมดุลง แม้ว่าจะในขั้นตอนนี้จะสามารถนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ได้ก็ตาม

ผลิตภัณฑ์จำพวกไม้พาร์ติเคิลบอร์ด ไฟเบอร์บอร์ด มีการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตค่อนข้างสูงเทียบเท่ากับการผลิตเรซินและสารเติมแต่ง

ผลจากการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตค่อนข้างอ่อนไหวต่อระเบียบวิธีวิจัย รวมไปถึงวิธีการปันส่วนหรือสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เมื่อหมดอายุเช่น แบบจำลองการปล่อยก๊าซ Methane จากการฝังกลบ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ เป็นต้น

รูปแบบวิธีวิจัยไม่ได้คำนึงถึงผลดีหรือผลเสียของป่าไม้เช่น การใช้ประโยชน์จากที่ดิน ผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ความบริสุทธิ์ของอากาศ เป็นต้น

Maureen E. Puettmann และ James B. Wilson (2005) ทำการศึกษาบัญชีรายการของผลิตภัณฑ์ไม้ 7 ชนิดที่ใช้ในงานก่อสร้างคือ ไม้ประสาน (Glued-Laminated Timbers) ไม้เนื้ออ่อนอบแห้ง (Kiln-dried and Green Softwood Lumber) แผ่นไม้บางประกบ (Laminated Veneer Lumber) แผ่นไม้อัดเนื้ออ่อน (Softwood Plywood) และเกล็ดไม้อัดเรียงชั้น (Oriented Strand Board) โดยขอบเขตการศึกษาเริ่มตั้งแต่ การปรับสภาพพื้นที่และการปลูก การเก็บเกี่ยว

ผลผลิต กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ และการขนส่งระหว่างขั้นตอนต่างๆ ดำเนินการศึกษาในเขตภาคตะวันตกเฉียงเหนือของแถบแปซิฟิกและเขตภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐฯ สำหรับเป้าหมายการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและปริมาณมลสารที่ปลดปล่อยออกมาทั้งหมดในทุกขั้นตอน

ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลประมาณ 50% ของพลังงานทั้งหมด โดยกระบวนการอบแห้งในเขตภูมิภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐฯมีการใช้ชีวมวลสูงถึง 78% นอกจากนี้ในแต่ละกระบวนการผลิตหากกระบวนการใดที่ใช้วัตถุดิบบางส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์กระบวนการนั้นจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด ส่วนการตัดโค่นและการขนส่งไม้ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

Beatriz Rivela และคณะ (2006) ทำการศึกษาและประเมินบัญชีรายการการผลิตไม้พาร์ติเคิลบอร์ดโดยมีเป้าหมายของการศึกษาคือจัดทำฐานข้อมูลกระบวนการผลิตไม้พาร์ติเคิลบอร์ดตัวชี้วัดทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมอ้างอิงตามแบบจำลอง Ecoindicator 99 และองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (ISO) การทำบัญชีรายการข้อมูลแบ่งเป็น 3 กระบวนการคือการเตรียมไม้ การขึ้นรูปไม้แผ่นและการขัดและตกแต่งไม้แผ่นสำเร็จรูป ผลการศึกษาพบว่า

กลุ่มผลกระทบของสารก่อมะเร็ง กลุ่มผลกระทบของการตกค้างของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ และกลุ่มผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งเป็นกลุ่มผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพของมนุษย์นั้นกระบวนการขัดและตกแต่งไม้แผ่นสำเร็จรูปก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดโดยคิดเป็น 93.8% ซึ่งค่าผลกระทบที่ค่อนข้างสูงนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้พลังงานภายในกระบวนการผลิต ดังนั้นการที่กระบวนการขัดและตกแต่งไม้แผ่นสำเร็จรูปเป็นกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดนั้นเพราะกระบวนการนี้ส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลัก นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการเตรียมไม้มีค่าผลกระทบของสารก่อมะเร็งและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกมีค่าติดลบ เพราะในขั้นตอนนี้มีการนำเศษไม้จากกระบวนการผลิตมาใช้เป็นพลังงานทดแทน แต่ก็มีมีการปล่อยมลสารสู่อากาศเช่นเดียวกันซึ่งเป็นเหตุให้ผลกระทบต่อสุขภาพของชั้นโอโซนโดยมีสัดส่วนมากที่สุดคือ 91.9% ซึ่งการใช้เศษไม้เป็นเชื้อเพลิงนั้นมาจากระบบการอบแห้งซึ่งเป็นกระบวนการย่อยภายในกระบวนการเตรียมไม้

กลุ่มผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ ภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำ และการเกิดภาวะขาดอาหารในแหล่งน้ำกินสมดุสนั้นการขัดและตกแต่งไม้แผ่นสำเร็จรูปจะส่งผลกระทบมากที่สุดและในกลุ่มผลกระทบด้านการใช้ที่ดินกระบวนการขึ้นรูปไม้แผ่นมีผลกระทบมากที่สุดอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตสารยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่ถูกใช้ในกระบวนการขึ้นรูปไม้แผ่นโดยมีค่าผลกระทบอยู่ที่ 82%

กลุ่มผลกระทบด้านการใช้ทรัพยากร การสูญเสียแร่ธาตุมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล เมื่อพิจารณากระบวนการขึ้นรูปไม้แผ่นพบว่าค่าผลกระทบอยู่ที่ 62%ซึ่งเกิดจากการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตสารยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เช่นกัน

นอกจากนี้ Beatriz Rivela และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด 2 แบบเพื่อนำมาเปรียบเทียบกันคือแบบที่ 1 การผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดโดยการนำเศษไม้กลับมาใช้ใหม่และการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล และแบบที่ 2 การผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดจากทรัพยากรป่าไม้และการผลิตพลังงานจากเศษไม้ โดยขอบเขตของระบบเริ่มตั้งแต่การรวบรวมเศษไม้ การขนส่งและการบดไม้ และการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดและพลังงาน นอกจากนี้ผลการศึกษายังได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวใน 2 กรณีคือกรณีที่ 1 อัตราส่วนการนำเศษไม้กลับมาใช้ใหม่(ที่อัตราส่วน 10% ถึง 50%) และกรณีที่ 2 ข้อมูลการปล่อยมลภาวะจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม้ ตัวชี้วัดทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมอ้างอิงตามแบบจำลอง Ecoindicator 99 ซึ่งแบ่งผลกระทบเป็นกลุ่มต่างดังนี้

ผลกระทบต่อสุขภาพได้แก่ การเกิดสารก่อมะเร็ง การได้รับสารอินทรีย์และอนินทรีย์เข้าสู่ร่างกาย การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การแผ่รังสี และการหายไปของชั้นโอโซน ผลกระทบต่อการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อมได้แก่ ความเป็นพิษต่อระบบนิเวศน์ ภาวะการเกิดฝนกรด ภาวะขาดอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลและการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ ผลกระทบต่อทรัพยากรได้แก่ การใช้แร่ธาตุและเชื้อเพลิงฟอสซิล

ผลการศึกษาพบว่าสำหรับผลกระทบต่อสุขภาพ กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดในแบบที่ 2 มีค่าผลกระทบมากกว่าในแบบที่ 1 (5.9×10^{-4} DALY สำหรับกรณีที่ 2 และ 1.9×10^{-4} DALY สำหรับกรณีที่ 1) สำหรับผลกระทบต่อการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดในแบบที่ 2 มีค่าผลกระทบมากกว่าในแบบที่ 1 ($74.2 \text{ PDF m}^2 \text{ year}$ สำหรับกรณีที่ 2 และ $37.3 \text{ PDF m}^2 \text{ year}$ สำหรับกรณีที่ 1) และสำหรับผลกระทบต่อทรัพยากร กระบวนการผลิตพาร์ติเคิลบอร์ดในแบบที่ 1 มีค่าผลกระทบมากกว่าในแบบที่ 2 (782 MJ surplus สำหรับกรณีที่ 1 และ 456 MJ surplus สำหรับกรณีที่ 2)

ส่วนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่า ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับผลกระทบด้านการใช้ที่ดินเมื่อมีเปลี่ยนแปลงอัตราการนำเศษไม้ กลับมาใช้ใหม่ (ที่อัตราส่วน 10% ถึง 50%) โดยที่อัตราส่วนที่เพิ่มตั้งแต่ 10%-50% จะทำให้ค่าผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าผลกระทบการใช้ที่ดินมีแนวโน้มลดลงโดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 30% ส่วนสาเหตุที่ทำให้ผลกระทบด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนการนำเศษไม้กลับมาใช้ใหม่เพราะการนำเศษไม้กลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลคือก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นตาม

ส่วนการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลการปลดปล่อยมลภาวะนั้นจะเปรียบเทียบ 3 รูปแบบคือแบบที่ 1 คือระบบการผลิตพลังงานร่วมจากเชื้อเพลิงเศษไม้ขนาด 6400 kWth แบบที่ 2 คือระบบการผลิตพลังงานร่วมจากเชื้อเพลิงเศษไม้ขนาด 6400 kWth และมีการควบคุมความเข้มข้นของสาร (ใช้ตัวกรองอนุภาคขนาดเล็กและ Selective Non-catalytic ลดความเข้มข้นของ NO_x) และแบบที่ 3 คือ ระบบการผลิตพลังงานร่วมจากเชื้อเพลิงเศษไม้ขนาด 1400 kWth ผลการศึกษาพบว่า การควบคุมความเข้มข้นในแบบที่ 2 จะทำให้ผลกระทบต่อสุขภาพและการคงอยู่ของสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแบบที่ 1 ส่วนการลดขนาดของระบบการผลิตจะมีผลทำให้ผลกระทบต่อในด้านต่างๆมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 2 แบบแรก อย่างไรก็ตาม การศึกษาการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการลดขนาดของระบบการผลิตพลังงานควรมีการศึกษาปัจจัยในด้านต่างๆเพิ่มเติมอีกเช่น ระบบสายส่ง เป็นต้น

Frank Werner และ Barbara Nebel (2007) กล่าวถึงความสัมพันธ์ของการแข่งขันในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้และการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนว่า ผลิตภัณฑ์ไม้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการแข่งขันสูงในอุตสาหกรรมการผลิต หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์จะสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของผู้ประกอบการได้ เพราะกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมไม้ทั่วไปที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดคือกระบวนการอบแห้งไม้ ซึ่งมีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง วัตถุดิบจำพวก กาว สารเคมีเชื่อมประสาน สี แล็กเกอร์ สารเคมีอาบน้ำยาไม้ เหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก๊าซเรือนกระจกต่างๆความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิต การใช้งานและการทำลายผลิตภัณฑ์จากไม้ เช่น ปริมาณการใช้งานผลิตภัณฑ์ไม้ที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตเพิ่มขึ้น เป็นต้น แม้ว่าไม้จะถือได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแต่ก็เป็นทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดและมีปริมาณน้อย อีกทั้งป่าไม้ก็ถือได้ว่าเป็นแหล่งกักเก็บสารคาร์บอนที่สำคัญและช่วยบรรเทาภาวะโลกร้อน ดังนั้นการศึกษาวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ไม้เพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมและยั่งยืนจึงเป็นสิ่งที่ประเทศผู้นำเข้าและส่งออกควรดำเนินการให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้งาน ทั้งนี้การดำเนินการนี้จะช่วยส่งเสริมศักยภาพผลิตภัณฑ์ให้มีโอกาสได้เปรียบในการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์อื่นๆได้

นอกจากนี้บทความที่เกี่ยวข้องกับการลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโดยการเก็บรักษาคาร์บอนไว้ในพื้นที่ป่า ในผลิตภัณฑ์จากไม้ และการใช้ไม้ทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น Sylvain Labbe (2007) ได้นำเสนอตัวอย่างของอุตสาหกรรมป่าไม้กับการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ โดยยกตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ไม้สำหรับงานก่อสร้างของประเทศแคนาดาที่อ้างว่าสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 44% ตั้งแต่ปี 1990 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายของสนธิสัญญาเกียวโตถึง 7 เท่า การใช้ไม้แทนที่เหล็กและคอนกรีตสามารถ

ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลงได้โดยไม่ 1 ลูกบาศก์เมตรที่ใช้แทนเหล็กหรือคอนกรีตสามารถลด
 คาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ 1 ตันและจะปล่อยออกซิเจนจากกระบวนการปลูกออกมา 727
 กิโลกรัม

บทที่ 3

การประเมินวัฏจักรชีวิตไม้ยางพาราแปรรูป

ไม้ยางพารามีบทบาทสำคัญมากขึ้น เนื่องจากเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือนที่ทำจากไม้ยางพาราได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ ไม้ยางพารายังสามารถใช้ทดแทนไม้ธรรมชาติอื่น ๆ ได้ดีเพราะมีลวดลายสวยงาม จนมีผู้กล่าวว่าไม้ยางพาราเป็นไม้สักขาว (White Teak) การปลูกสร้างสวนยางพารานอกจากจะได้น้ำยางที่ให้คุณค่าทางเศรษฐกิจแล้ว ยังช่วยทำให้ระบบนิเวศดีขึ้น นอกจากนั้นไม้ยางพาราที่ได้จากการโค่นเพื่อปลูกแทนยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้หลายชนิด ซึ่งเป็นการเพิ่มแหล่งวัตถุดิบไม้ช่วยลดการทำลายป่าและเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ไม้ยางพารามีการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นเรื่อยๆ ประมาณการได้ว่า พื้นที่สวนยาง 1 ไร่ สามารถให้ไม้ยางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ขึ้นไปประมาณ 40 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถแบ่งประเภทตามขนาดของไม้ที่ได้ เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้วขึ้นไป จำนวน 2 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้นำไปใช้ผลิตไม้อัด (Veneer)
- ไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 - 8 นิ้ว จำนวน 23 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้นำไปเลื่อยเป็นไม้แปรรูปขนาดต่างๆได้ประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลือ 15 ลูกบาศก์เมตร เป็นขี้เลื่อยและปึกไม้ ซึ่งนำไปผลิตเป็นไม้แผ่นปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) และไม้แผ่นเอ็ม ดี เอฟ หรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fibreboard)
- ไม้ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 6 นิ้ว จำนวน 15 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้นำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างไม้พื้นและวัตถุดิบในโรงงานผลิตปาร์ติเกิ้ลและเอ็ม ดี เอฟ

ไม้ยางพาราแปรรูป ส่วนใหญ่นำไปใช้ผลิตเป็น เฟอร์นิเจอร์ ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ วัสดุก่อสร้าง ของเด็กเล่น ของใช้ในครัวเรือน กรอบรูป ของชำร่วย แผงไม้รองยาง (Pallet) ลังใส่ผลไม้ ฯลฯ ส่วนที่เหลือจากการทำเฟอร์นิเจอร์และเครื่องเรือน ส่งขาย ไปยังประเทศต่างๆ เช่น จีน ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ไต้หวัน เกาหลี ฯลฯ เป็นวัตถุดิบในการผลิตสินค้าประเภทไม้ต่อไป

สำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ของไทย เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้ยางพาราร้อยละ 60 ผลิตจากไม้เนื้อแข็งร้อยละ 10 และที่เหลืออีกร้อยละ 30 เป็นการผลิตจากไม้แผ่นเรียบ เช่น ปาร์ติเกิ้ลบอร์ด และ ไม้อัด ซึ่งส่วนใหญ่มากจากไม้ยางพาราร้อยละ 90

ไม้ยางพาราเป็นผลพลอยได้จากการทำเกษตรกรรมสามารถนำไม้ยางพาราไปแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ได้หลากหลายไม้ยางพาราเหล่านี้ จึงยังบทบาทสำคัญในการเข้ามาทดแทนไม้

ป่าจากธรรมชาติเป็นอย่างดีทั้งปัจจุบันและในอนาคต ช่วยลดการทำลายสภาพสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติให้คงดำรงอยู่อย่างที่เราจะเป็นได้มากมายประมาณมูลค่ามิได้

3.1 ขอบเขตการศึกษา

3.1.1 การเพาะปลูกยางพารา

การเพาะปลูกยางพาราของเกษตรกรมีขั้นตอนและปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 3.1 เริ่มตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ยางให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ การเตรียมพื้นที่ การวางแผนปลูก ระยะของหลุมปลูก การเตรียมหลุมปลูก ซึ่งต้องพิจารณาปัจจัยของพื้นที่ด้วยว่าเป็นเขตปลูกยางใหม่หรือเขตปลูกยางเดิม การลงมือปลูก การบำรุงรักษาอันได้แก่การใส่ปุ๋ยยางพารา การป้องกันกำจัดวัชพืช การใช้สารเคมีรักษาโรคพืช การเปิดกรีดยางจนกระทั่งยางพาราหมดน้ำยาง จากขั้นตอนทั้งหมดทำให้ได้ขอบเขตการศึกษาวงจรชีวิตของการปลูกยางพาราดังแสดงในรูปที่ 3.2

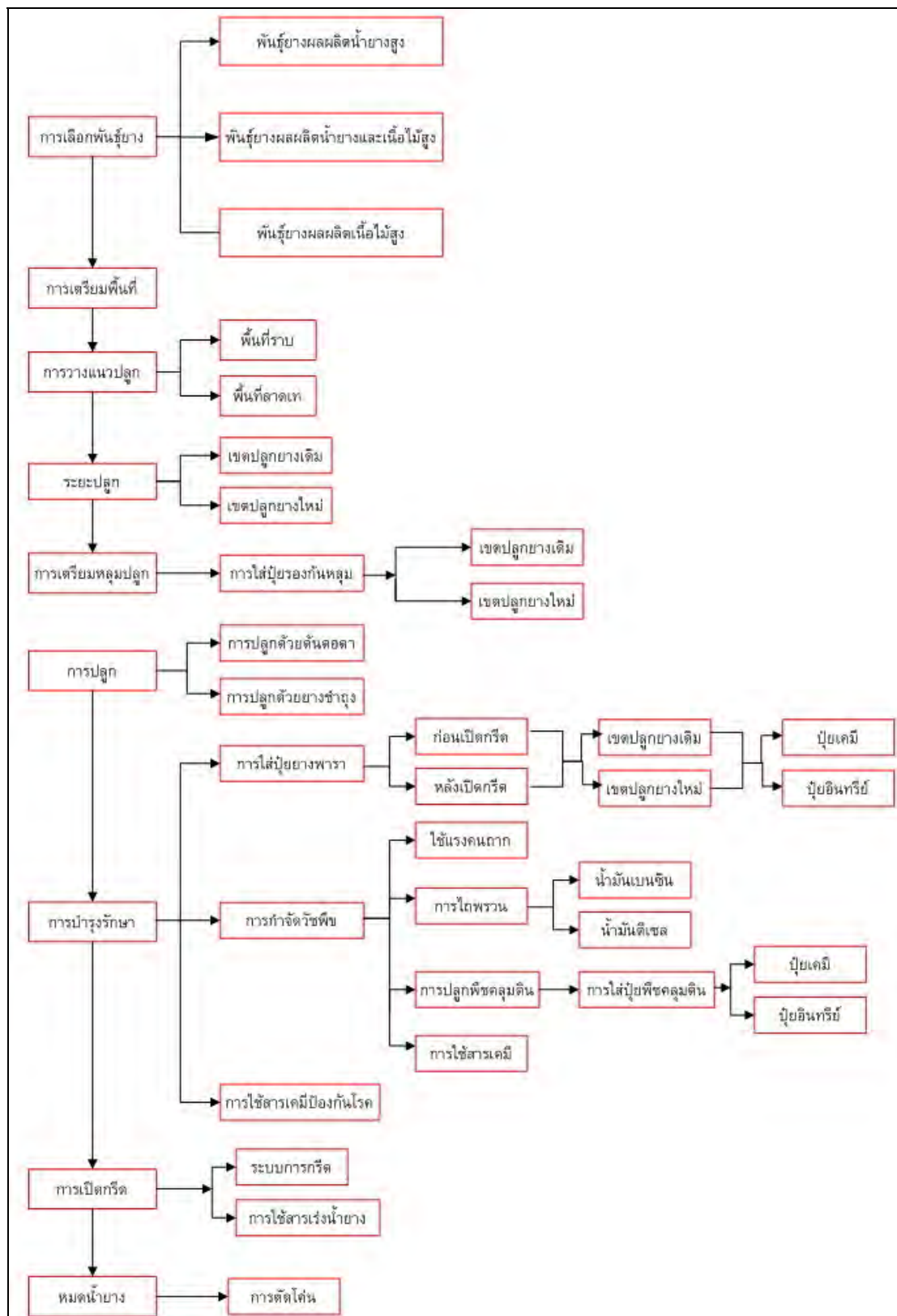
3.1.2 การตัดโค่นยางพารา

การตัดโค่นยางพาราของกลุ่มผู้รับเหมามีขั้นตอนและปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 3.3 เริ่มตั้งแต่การโค่นยางพารา การตัดแบ่งไม้เป็นท่อนๆ (ความยาวท่อนละ 1.05 เมตร) การคัดเลือกไม้ท่อนเข้าสู่โรงงานแปรรูป การจัดการผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้เช่น รากไม้ กิ่งไม้ เปลือกไม้ เป็นต้น และการขนส่งสู่โรงงานแปรรูป โดยขอบเขตของการศึกษาวงจรชีวิตของการตัดโค่นยางพาราดังแสดงในรูปที่ 3.4

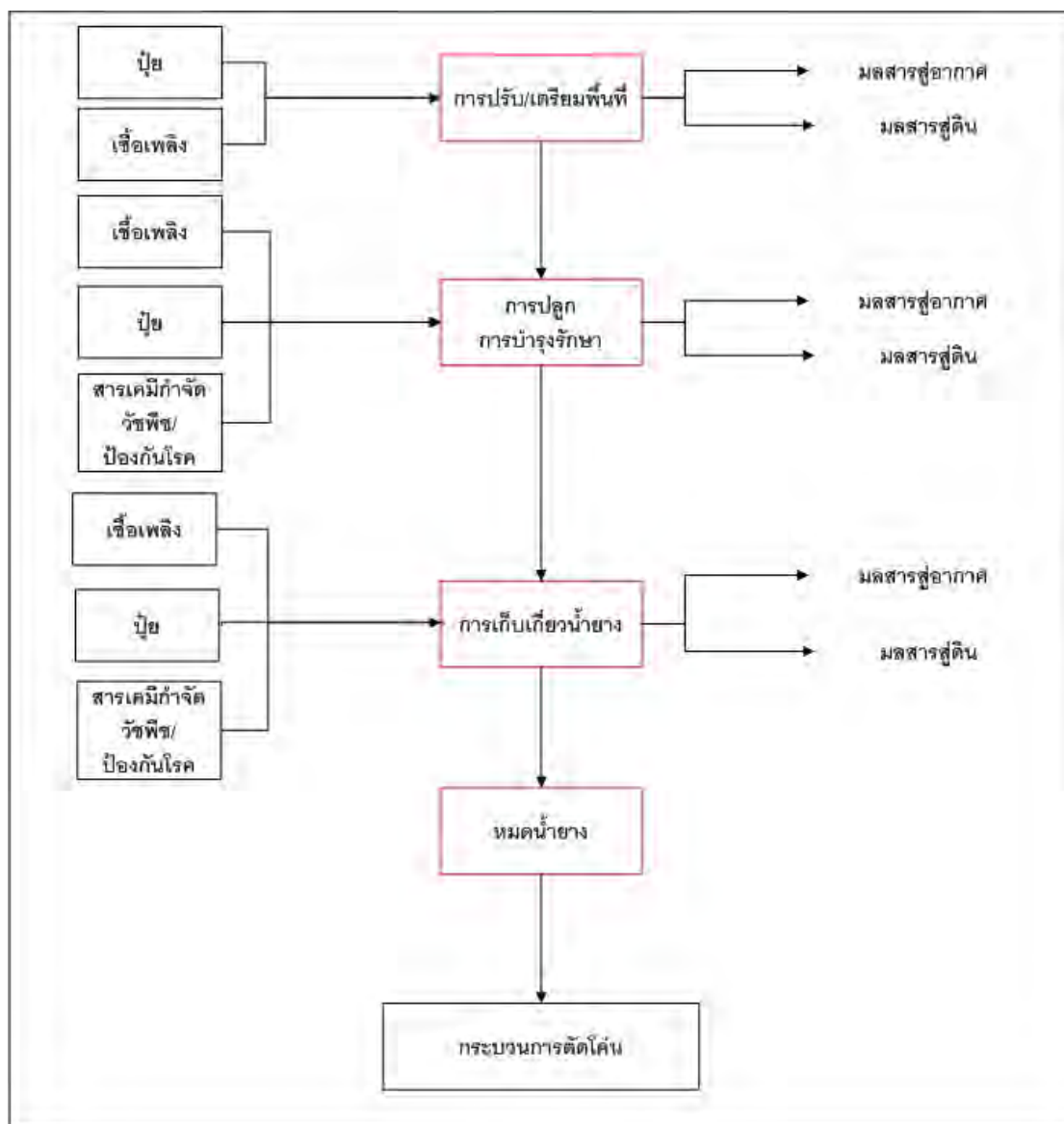
3.1.3 การแปรรูปยางพารา

การแปรรูปยางพาราของโรงงานแปรรูปไม้มีขั้นตอนและวิธีดำเนินงานดังแสดงในรูปที่ 3.5 เริ่มจาก การซังน้ำหนักไม้ท่อน การเลื่อยเปิดปีกไม้ (มีผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้คือปีกไม้และขี้เลื่อย ซึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำในขั้นตอนการอบไม้) การอัดน้ำยารักษาเนื้อไม้ การอบไม้เป็นเวลา 7 – 10 วัน ก่อนจัดเก็บบรอส่งเข้าโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราอื่นๆ ต่อไป ขอบเขตการศึกษาของการแปรรูปไม้ยางพาราดังแสดงในรูปที่ 3.6

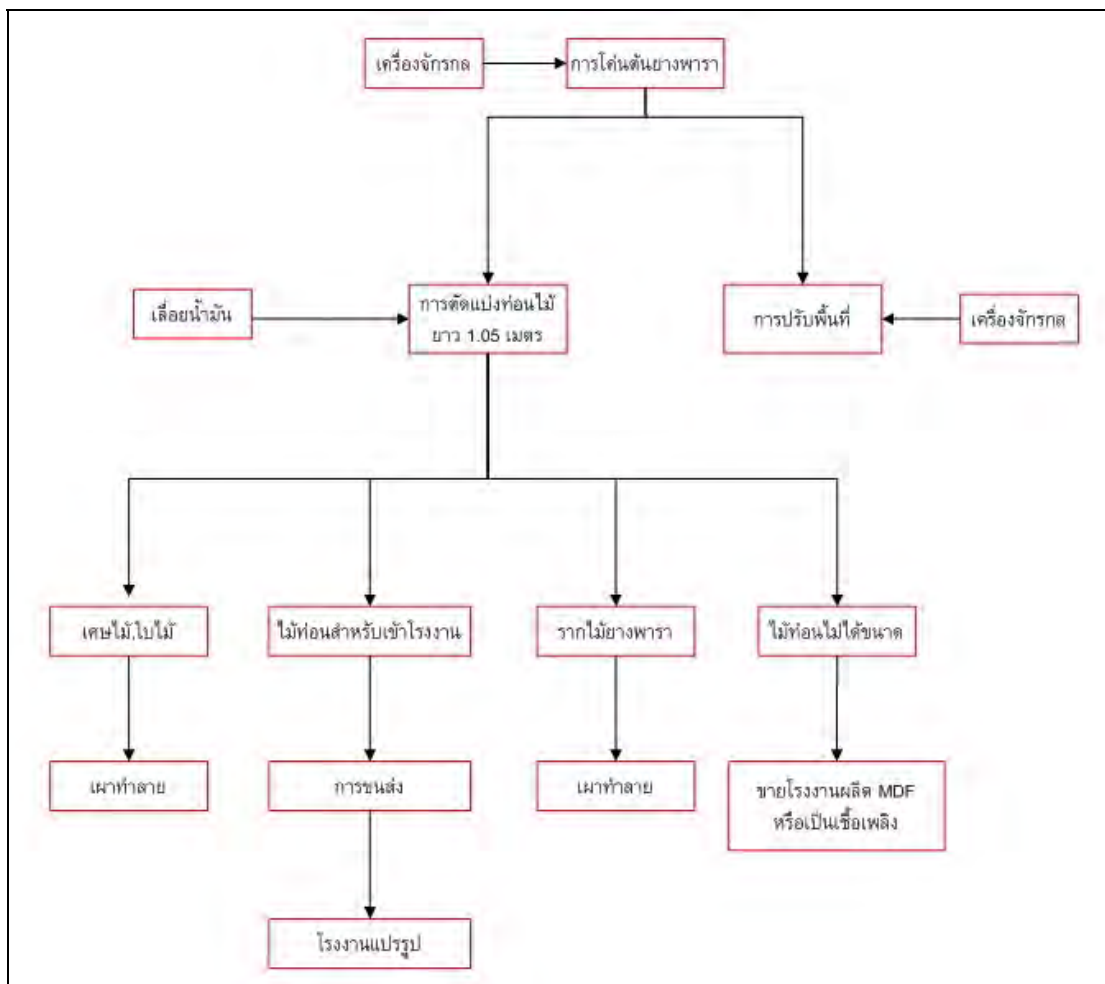
รูปที่ 3.1 แผนผังกระบวนการปลูกยางพารา



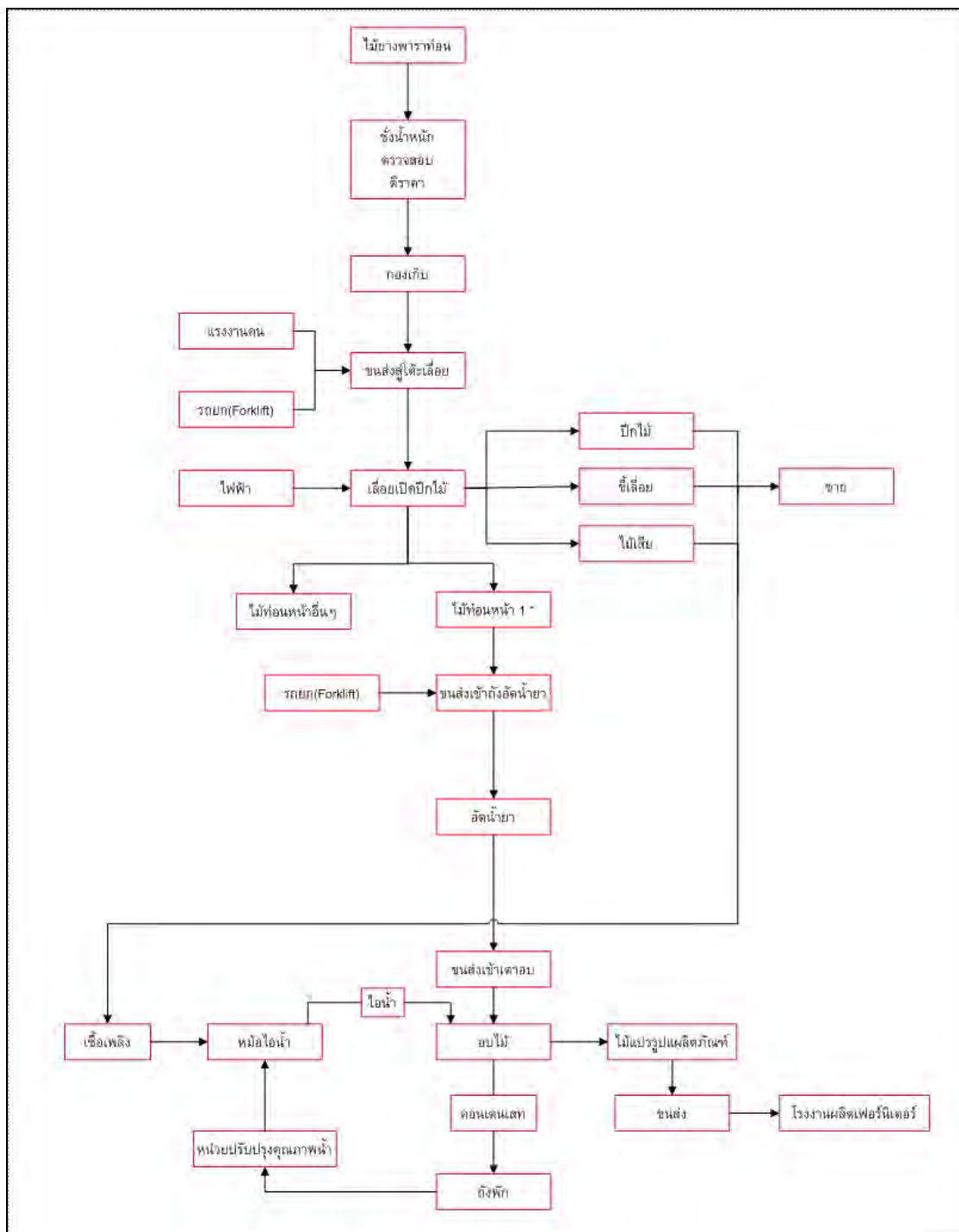
รูปที่ 3.2 ขอบเขตการศึกษาการปลูกยางพารา



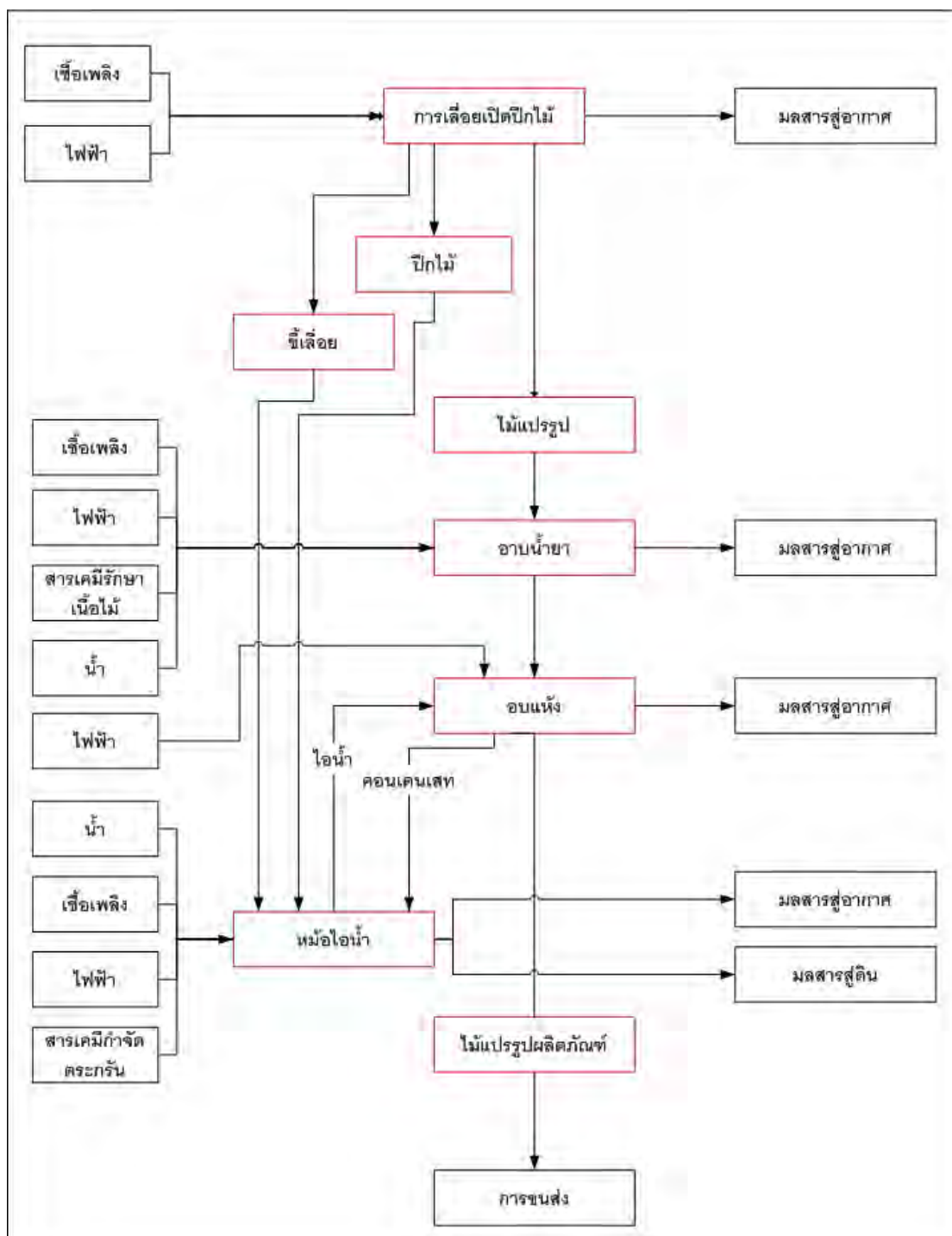
รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการตัดโค่นและขนส่งไม้ยางพาราท่อน



รูปที่ 3.5 แผนผังกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารา



รูปที่ 3.6 ขอบเขตการศึกษาการแปรรูปไม้ยางพารา



3.2 หน่วยการศึกษา (Functional Unit)

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปใน ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

3.3 สมมติฐานการศึกษา

การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปต้องดำเนินการเก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่ กระบวนการปลูกไปจนถึงการผลิตเป็นไม้แปรรูป ซึ่งการศึกษานี้จะทำการรวบรวมข้อมูลปฐภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิภายในขอบเขตการศึกษาเพื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาแนวโน้มของปัจจัย และเงื่อนไขของการผลิต รวมทั้งการกระจายตัวของข้อมูลเพื่อที่จะนำไปกำหนดสมมติฐานของ การศึกษาให้อยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม และสามารถที่จะคำนวณหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการ ใช้วัตถุดิบ พลังงาน รวมทั้งสาธารณูปโภคต่างๆที่จะนำไปจัดทำบัญชีรายการในขั้นต่อไปได้ ซึ่ง สมมติฐานการศึกษาต่างๆสามารถแบ่งการวิเคราะห์ตามกระบวนการต่างๆได้ดังนี้

3.3.1 การเพาะปลูกยางพารา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันแพร่หลายในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย การ สืบหาข้อมูลการปลูกดำเนินการในพื้นที่ 3 จังหวัดภาคใต้ตอนกลางคือ นครศรีธรรมราช ตรัง และพัทลุง ซึ่งข้อมูลที่สำรวจได้จะถูกนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อกำหนดสมมติฐานในการศึกษา ดังแสดง ในตารางที่ 3.1

3.3.2 การตัดโค่นยางพาราและการขนส่ง

เมื่อยางพาราใกล้หมดอายุหรือหมดอายุการให้น้ำยาง เกษตรกรจะทำการขายสวน ยางพาราให้กับกลุ่มผู้รับเหมาตัดโค่นยางพาราเพื่อทำการปลูกทดแทน การสำรวจข้อมูลทางสถิติ สามารถกำหนดสมมติฐานในการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 3.3

3.3.3 การแปรรูป

ไม้ยางพาราที่ท่อนจากสวนยางจะถูกขนส่งเข้ามาในโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อทำการ แปรรูปทันที โรงงานแปรรูปที่ทำการศึกษามีจำนวน 10 โรงงานอยู่ในพื้นที่เดียวกับสวนยาง การ สืบหาข้อมูลทางสถิติ สามารถกำหนดสมมติฐานในการศึกษาได้ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการปลูกยางพารา

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร		จำนวน	สมมติฐาน
จำนวนพื้นที่ปลูกยางพารา	นครศรีธรรมราช	17.31 ไร่/ครอบครัว	พื้นที่ปลูกยางพาราโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.08 ไร่/ครอบครัว
	ตรัง	12.80 ไร่/ครอบครัว	
	พัทลุง	18.14 ไร่/ครอบครัว	
ลักษณะกรรมสิทธิ์ของพื้นที่	พื้นที่ตนเอง	96.70 %	เกษตรกรส่วนใหญ่มีอิสระในการบริหารจัดการการปลูกเอง
	พื้นที่เช่าปลูก	3.30 %	
ข้อมูลทั่วไปของการปลูก		จำนวน	สมมติฐาน
สภาพพื้นที่ปลูกของเกษตรกร	พื้นที่ราบ	73.30 %	ส่วนใหญ่ปลูกยางพาราในพื้นที่ราบเพราะปลูกได้จำนวนต้นมากกว่าการดูแล และขนส่งง่ายกว่า
	พื้นที่ลาดเท	26.70 %	
พื้นที่ปลูกยาง	เขตปลูกยางเดิม	60 %	การปลูกยางพาราในพื้นที่แห่งใหม่มากขึ้น
	เขตปลูกยางใหม่	40 %	
ลักษณะดินในพื้นที่ปลูก	ดินร่วนเหนียวปนทราย	93.30 %	พื้นที่การปลูกส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทราย
	ดินที่ไม่มีชั้นหินแข็ง	6.70 %	
สภาพภูมิอากาศ	ภาคใต้มีฝนตกตลอดทั้งปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยดูได้จากภาคผนวก ก		
แหล่งน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกยางพารา	น้ำฝน	93.30 %	เกษตรกรพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก
	น้ำจากคลอง ลำธาร	6.70 %	
พันธุ์ยางที่ใช้ปลูก	RRIM 600	93.30 %	พันธุ์ยางส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ RRIM 600
	BPM 24	6.70 %	
ลักษณะการปลูก	ปลูกโดยยางชำถุง	93.30 %	เกษตรกรปลูกด้วยยางชำถุงเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากสะดวกกว่า
	ปลูกโดยต้นตอยาง	6.70 %	
ข้อมูลการบำรุงรักษา		จำนวน	สมมติฐาน
การเลือกใช้ปุ๋ยรองกันหลุม	ปุ๋ยหินฟอสเฟต	73.40 %	ปุ๋ยรองกันหลุมส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยหินฟอสเฟตเป็นหลัก
	ปุ๋ยสูตร15-15-15	13.30 %	
	ปุ๋ยอินทรีย์	13.30 %	

ตารางที่ 3.1(ต่อ) ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการปลูกยางพารา

ข้อมูลการบำรุงรักษา		จำนวน	สมมติฐาน
วัชพืชที่พบ	วัชพืชทั่วไปและหญ้าคา	100 %	
การกำจัดวัชพืช	ไถพรวน	24.07 %	เกษตรกรเลือกใช้วิธีกำจัดวัชพืชมากกว่า 1 วิธี
	ใช้แรงงานคนถาก	31.48 %	
	ใช้วิธีปลูกพืชคลุมดิน	7.41 %	
	ใช้สารเคมี	37.04 %	
การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการถางหรือไถพรวน	น้ำมันดีเซล	60.00 %	ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลในเครื่องไถและใช้น้ำมันเบนซินในเครื่องถาง
	น้ำมันเบนซิน	36.70 %	
	ไม่มีการใช้น้ำมัน	3.30 %	
การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช	กรัมม็อกโซน	75.00 %	เกษตรกรเลือกใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากกว่า 1 วิธี
	ราวดีอัฟ	21.87 %	
	แอสซอลท์	3.13 %	
โรคพืชที่พบ	โรคราแป้ง	41.50 %	โรคที่พบในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นโรคราแป้งและโรคใบร่วงหรือฟักเน่า
	โรคใบร่วงหรือฟักเน่า	35.85 %	
	โรคราสีชมพู	7.55 %	
	โรคเส้นดำ	7.55 %	
	โรคใบจุดก้างปลา	7.55 %	
การใช้สารเคมีป้องกันโรคพืช	เมทาแลกซิล	50.00 %	สารเคมีป้องกันโรคพืชส่วนใหญ่ใช้เมทาแลกซิลและเบนโนมิล
	เบนโนมิล	43.18 %	
	ฟอสอติล-อลูมิเนียม	6.82 %	
การใส่ปุ๋ยพืชคลุมดิน	ปุ๋ยหินฟอสเฟต	30.00 %	เกษตรกรไม่นิยมใส่ปุ๋ยพืชคลุมดิน
	ปุ๋ยยูเรีย	3.30 %	
	ไม่ใส่ปุ๋ย	66.70 %	
การใส่ปุ๋ยก่อนเปิดกรีดยางพารา	ปุ๋ยสูตร 20-8-20	70 %	ปุ๋ยยางพารา ก่อนเปิดกรีด เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20
	ปุ๋ยสูตร 20-10-12	10 %	
	ปุ๋ยสูตรอื่นๆ เช่น 13-13-21, 15-15-15	20 %	
การใส่ปุ๋ยหลังเปิดกรีดยางพารา	ปุ๋ยสูตร 30-5-18	83.30 %	ปุ๋ยยางพารา หลังเปิดกรีด เกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยสูตร 30-5-18
	ปุ๋ยสูตรอื่นๆ เช่น 15-7-18, 18-4-5	16.70 %	

ตารางที่ 3.1(ต่อ) ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการปลูกยางพารา

ข้อมูลการบำรุงรักษา		จำนวน	สมมติฐาน
ระยะเวลาการใส่ปุ๋ยก่อนเปิดกรีดยางพารา	5 ปี 6 เดือน	43.30 %	ขึ้นอยู่กับเกษตรกร
	6 ปี 6 เดือน	33.30 %	
	7 ปี 6 เดือน	13.30 %	
ระยะเวลาใส่ปุ๋ยหลังเปิดกรีดยางพารา	12 – 17 ปี	100 %	ขึ้นอยู่กับอายุยางพารา
ข้อมูลเกี่ยวกับการกรีด		จำนวน	สมมติฐาน
อายุต้นยางพาราก่อนโค่น	19 - 25 ปี	100 %	ขึ้นอยู่กับเกษตรกร
ฤดูกาลเปิดกรีด	ต้นฤดูฝน	96.7 %	เกษตรกรจะเปิดกรีดยางในช่วงต้น ๆ ฤดูฝนคือเดือนมิถุนายน
	ฤดูอื่นๆ	3.3 %	
การใช้สารเร่งน้ำยาง	ไม่ใช้สารเร่งน้ำยาง	96.67 %	เกษตรกรไม่นิยมใช้สารเร่งน้ำยาง
	ใช้สารเร่งน้ำยาง	3.33 %	

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการตัดโค่นและขนส่งยางพารา

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการตัดโค่น		จำนวน	สมมติฐาน
ปัจจัยในการโค่นสวนยางพาราของเกษตรกร	1.อายุของต้นยางพารา	81.08 %	เกษตรกรจะโค่นสวนยางเพื่อปลูกทดแทนก็ต่อเมื่อยางพาราหมดน้ำยางแล้ว
	2.ความต้องการเงิน	13.51 %	
	3.ราคาไม้ยางพารา	5.41 %	
ปัจจัยในการซื้อสวนยางพาราของผู้รับเหมา	ความสูงจากโคนถึงปาง จำนวนปาง เส้นผ่านศูนย์กลางปาง เส้นผ่านศูนย์กลางต้น จำนวนต้นต่อไร่ ระยะทางการขนส่ง การทำสัญญา สภาพพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ	100 %	ผู้รับเหมาจะพิจารณาในทุกๆปัจจัยเท่ากันเพราะทุกๆปัจจัยมีผลกระทบต่อต้นทุนและผลกำไรที่จะได้รับในการโค่นสวนยางพารา

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการตัดโค่นและขนส่งยางพารา

ข้อมูลเครื่องจักรและการดำเนินงาน		จำนวน	สมมติฐาน
เครื่องจักรที่ใช้ในการโค่น	รถดัน	75 %	ส่วนใหญ่จะใช้รถดันในการโค่นเพราะโค่นได้เร็วกว่าใช้เลื่อย
	เลื่อยยนต์	12.5 %	
	รถดันและเลื่อย	12.5 %	
เครื่องจักรที่ใช้ในการเลื่อย	เลื่อยยนต์	100 %	
ปริมาณไม้ท่อน ($\phi > 6$ นิ้ว) ที่เลื่อยได้	30 ตันต่อไร่	80 %	ส่วนใหญ่การเลื่อยไม้ 1 ไร่ จะได้ไม้ท่อนเข้าโรงงาน 30 ตัน
	34 ตันต่อไร่	10 %	
	24 ตันต่อไร่	10 %	
รถที่ใช้ในการขนส่ง	รถกระบะ	58.82 %	ส่วนใหญ่ใช้รถกระบะเพราะสะดวกและรวดเร็ว
	รถตอมไม้	23.53 %	
	รถหกล้อ	17.65 %	
การจัดการกับรากไม้ยางพารา	เผาทั้ง	100 %	รากไม้ยางพาราจะถูกเผาทั้งทั้งหมด

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการแปรรูปยางพารา

ข้อมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์		จำนวน	สมมติฐาน
ขนาดและความยาวของไม้ยางพาราท่อนที่รับซื้อ	ความยาว 1 – 2 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 - 6 นิ้วขึ้นไปถึง 12 นิ้ว	100 %	ไม้ยางพาราท่อนส่วนใหญ่โรงงานกำหนดความยาว 1.05 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 - 7 นิ้ว ขึ้นไป
ลักษณะของผลิตภัณฑ์	ไม้หน้ากว้าง 1 นิ้ว	100 %	โรงงานส่วนใหญ่เลื่อยไม้ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว x 1.05 เมตร
การจัดการผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By Product) ประเภท ปีกไม้	ขาย	10 %	ปีกไม้จะถูกเก็บไว้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ
	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	60 %	
	ขายและใช้เป็นเชื้อเพลิง	30 %	

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) ข้อมูลเชิงสถิติและสมมติฐานของการแปรรูปยางพารา

ข้อมูลวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์		จำนวน	สมมติฐาน
การจัดการผลิตภัณฑ์ผล พลอยได้ (By Product) ประเภท ปีกไม้	ขาย	10 %	ปีกไม้และขี้เลื่อยจะ ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นหลักและขาย เมื่อเหลือใช้ โดยขี้ เลื่อยจะมีสัดส่วน ขายมากกว่าปีกไม้
	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	60 %	
	ขายและใช้เป็นเชื้อเพลิง	30 %	
การจัดการผลิตภัณฑ์ผล พลอยได้ (By Product) ประเภท ขี้เลื่อย	ขาย	30 %	เมื่อเหลือใช้ โดยขี้ เลื่อยจะมีสัดส่วน ขายมากกว่าปีกไม้
	ใช้เป็นเชื้อเพลิง	40 %	
	ขายและใช้เป็นเชื้อเพลิง	30 %	
ความชื้นผลิตภัณฑ์	กำหนดไว้ที่ 8 – 12 %	100 %	เฉลี่ย 10.50 %

3.4 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล

3.4.1 การปันส่วนข้อมูล

การประเมินข้อมูลกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป เริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ปลูกยางพาราจนกระทั่งผลิตเป็นไม้ยางพาราแปรรูป ซึ่งในแต่ละกระบวนการหรือแต่ละกิจกรรมอาจจะได้ผลิตภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มากกว่า 1 ชนิด จึงจำเป็นจะต้องมีการปันส่วนของข้อมูลสาขารูปโภคหรือการปลดปล่อยมลสารสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การปันส่วนในการศึกษานี้จะใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นตัวกำหนดการปันส่วน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

3.4.2 หน่วยการศึกษาย่อย

การจัดทำบัญชีรายการข้อมูลนั้นนอกจากการปันส่วนข้อมูลแล้ว จะต้องทำสมดุลมวลสารของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By product) ตลอดวัฏจักรการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อกำหนดหน่วยการศึกษาย่อยในแต่ละกระบวนการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปนั้น ผลิตภัณฑ์หลักคือไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต (น้ำหนัก 22 ตัน) ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ คือ ปีกไม้ 21.51 ตัน และขี้เลื่อย 5.26 ตัน ซึ่งมาจากวัตถุดิบคือไม้ยางพาราท่อน(เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว) 48.77 ตัน กระบวนการตัดโค่นและขนส่งนั้น ผลิตภัณฑ์หลักคือไม้ยางพาราท่อน(เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว) 48.77 ตัน ผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้คือ ปลายไม้ 22.58 ตัน และกิ่งไม้และรากไม้ 6.37 ตัน ซึ่งมาจากวัตถุดิบคือ ต้นยางพารา 1.77 ไร่หรือคิดเป็นน้ำหนักไม้ยางพารา 77.71 ตัน สมดุลมวลสารตลอดวัฏจักรไม้ยางพาราแปรรูปแสดงในรูปที่ 3.7

ตารางที่ 3.4 ค่าตัวประกอบการปันส่วนของผลิตภัณฑ์ในวัฏจักรการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

ผลิตภัณฑ์กระบวนการปลูก	มูลค่า (บาท/ไร่)	ค่าตัวประกอบการปันส่วน (มูลค่า)
1. ไม้ยางพารา	40,000 *	0.14
2. น้ำยางพารา	241,829 *	0.86
ผลิตภัณฑ์กระบวนการตัดโค่น	มูลค่า** (บาท/ตัน)	ค่าตัวประกอบการปันส่วน (มูลค่า)
1. ไม้ท่อน > 6 นิ้ว	1,426	0.77
2. ปลายไม้	909	0.23
3. รากไม้และกิ่งไม้	0	0
ผลิตภัณฑ์กระบวนการแปรรูป	มูลค่า** (บาท/ตัน)	ค่าตัวประกอบการปันส่วน (มูลค่า)
1. ไม้แปรรูป	10,769.23	0.964
2. ปีกไม้	250	0.022
3. ขี้เลื่อย	150	0.013

* ที่มา สรุปจากข้อมูลสำรวจจากเกษตรกร

** ที่มา สรุปจาก <http://www.108wood>

3.4.3 การประเมินสมดุลมวลสารและพลังงาน และการปล่อยมลสารสู่สิ่งแวดล้อม

1. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องกลเกษตร รถไถรถบรรทุก รถยก ดำเนินการโดยการประเมินจากปริมาณคาร์บอน (Carbon) ที่อยู่ในเชื้อเพลิง ซึ่งอ้างอิงจาก Carbon Emission Factor (CEF) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ดังตารางที่ ข.16 (ภาคผนวก ข) การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3 – 1)

$$\text{CO}_2\text{Emission} = [(\text{Fuel Consumption} \times \text{CEF}) - \text{Carbon Stored}] \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12} \quad (3 - 1)$$

โดยที่

CO₂ Emission = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

Fuel Consumption	= ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)
CEF _i	= สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ)
Fraction oxidized	= สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99
Carbon Stored	= คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมมติฐานให้เท่ากับ 0

การคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (Non - CO₂) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3 – 2)

$$\text{Non-CO}_2 \text{ Emission} = \text{Emission Factor}_{abc} \times \text{Fuel Consumption}_{abc} \quad (3 - 2)$$

โดยที่

Non - CO ₂ Emission	= ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg)
Emission Factor	= สัมประสิทธิ์การปล่อยมลสารที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (kg /TJ)
a	= Fuel Type หมายถึงชนิดของเชื้อเพลิง
b	= Sector Activity หมายถึงกิจกรรมที่ศึกษาเช่นการเกษตร เป็นต้น
c	= Technology Type หมายถึงรูปแบบของเครื่องยนต์

ค่า Emission Factor ของก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แสดงในตารางที่ ข. 17-ข.21 (ภาคผนวก ข)

2. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ชีวมวลทางการเกษตร

ในขั้นตอนของกระบวนการตัดโค่นภายหลังจากการโค่นต้นยางพาราแล้วจะเหลือชีวมวลทางการเกษตรคือรากไม้และกิ่งไม้ซึ่งเกษตรกรจะทำการเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้เนื่องจากว่าไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้ ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีผลทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศในขั้นตอนนี้จะถือว่าชดเชยกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชดูดซับเข้าไปเพื่อทำการสังเคราะห์แสงให้พืชเจริญเติบโต หากการเผาไหม้เกิดอย่างสมบูรณ์จะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำแต่ในความเป็นจริงแล้วการเผาไหม้ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป จะเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์คือมีออกซิเจนไม่เพียงพอเนื่องจากระยะเวลาที่ไฟลุก (Smoldering) อยู่นั้นมีระยะเวลายาวนานกว่าช่วงที่มีเปลวไฟ (Flaming) อยู่มากจึงเป็นเหตุให้เกิดก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่นๆที่นอกเหนือจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550) ดังแสดงในตารางที่ ข.22-ข.23 (ภาคผนวก ข)

สำหรับก๊าซเรือนกระจกที่มุ่งเน้นศึกษา ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ในรูปของไดไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x as NO_2) โดยอ้างอิงสมมติฐานของ IPCC เรื่องการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากเผาไหม้วัสดุติดิบททางการเกษตร (Agricultural Residue Burning) เป็นแนวทางในการประเมิน วิธีการคำนวณใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Total Carbon Released (tons of C)} &= \text{Amount of branch and root (tons/Rai)} \\ &\times \text{Average Dry Matter Content of Residue} \\ &\times \text{Fraction Actually Burnt in the Field} \\ &\times \text{Fraction Oxidized} \\ &\times \text{The Carbon Fraction of Residue} \end{aligned} \quad (3-3)$$

$$\text{Total CH}_4 \text{ Emission} = \text{Total Carbon Released} \times \text{CH}_4 \text{ Emission Ratio} \times \frac{16}{12} \quad (3-4)$$

$$\text{Total CO Emission} = \text{Total Carbon Released} \times \text{CO Emission Ratio} \times \frac{28}{12} \quad (3-5)$$

$$\text{Total N}_2\text{O Emission} = \text{Total Carbon Released} \times \text{N/C Ratio} \times \text{N}_2\text{O Emission Ratio} \times \frac{44}{28} \quad (3-6)$$

$$\text{Total NO}_2 \text{ Emission} = \text{Total Carbon Released} \times \text{N/C Ratio} \times \text{NO}_2 \text{ Emission Ratio} \times \frac{49}{14} \quad (3-7)$$

โดยที่

Dry Matter Fraction	= 0.55	
Fraction of burnt in area	= 0.08	
Fraction of oxidized	= 0.99	สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99
Carbon Fraction	= 0.4649	kg C/kg residue (DM)

$$\text{N/C Ratio} = 0.010 - 0.020$$

3. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการปล่อยมลพิษจากสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร

การดูแลรักษาทางพาราจำเป็นที่จะต้องมีการให้ปุ๋ยและใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืชซึ่งสารเคมีจำพวกปุ๋ยที่ให้ทางพารานี้มีการสูญเสียโดยการระเหยไปในอากาศซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่ากระบวนการ Soil Emission ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปของ N_2O และ NH_3 ดังนั้นการประเมินการปลดปล่อย N_2O และ NH_3 อ้างอิงตาม AP-42 ของข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของสารเคมีจากองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐ (USEPA) สามารถหาได้ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{Emission of } \text{N}_2\text{O} = [1 + (0.0125 \times F)] \quad (3-8)$$

โดยที่

Emission of N_2O = ปริมาณ Emission N_2O จาก กระบวนการ Soil Emission
($\text{kg } \text{N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$)

F = The fertilizer application rate ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$)
= อัตราการใช้ปุ๋ยเทียบเท่าไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ต่อปี
พื้นที่ 1 เฮกตาร์เท่ากับ 6.25 ไร่

$$\text{NH}_3 \text{ Loss} = \% \text{Volatile} \times \text{Quantity of N fertilizer} \quad (3-9)$$

โดยที่

$\text{NH}_3 \text{ Loss}$ = ปริมาณ Emission NH_3 จาก กระบวนการ Soil Emission
($\text{NH}_3 \text{ kg/Rai}$)

$\% \text{Volatile}$ = อัตราการสูญเสีย NH_3 จากการระเหย (ตารางที่ ข.24, ภาคผนวก ข)

Quantity of N fertilizer = ปริมาณเทียบเท่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ (kg/Rai)

ส่วนสารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืชนั้นสารเคมีส่วนใหญ่ที่ใช้จะมีผลตกค้างในดินต่ำส่วนใหญ่มีระยะเวลาตกค้างไม่เกิน 2 ปี ก็จะสลายตัวได้เอง (นุชนารถและคณะ, 2548) จึงถือว่าสารเคมีเหล่านี้ไม่มีผลกับการปนเปื้อนในดิน แต่อาจจะพิจารณาผลการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ที่เป็นองค์ประกอบภายในของสารเคมีเหล่านี้สู่บรรยากาศซึ่งจะใช้เวลาอันน้อยเป็นพื้นฐานในการคำนวณค่าการระเหยอ้างอิงการคำนวณ

ตาม AP-42 ข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษของสารเคมีจากองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐ (USEPA) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Total Quantity of VOCs (kg)} = Q_{\text{EAI}} \text{ (kg)} \times Q_{\text{EII}} \text{ (kg)} \quad (3-10)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \text{Total of VOCs (kg)} &= \text{ปริมาณสาร VOCs ที่ระเหยจากสารเคมีกำจัดวัชพืช} \\ Q_{\text{EAI}} &= \text{Quantity of VOCs E mission Active Ingredient (kg)} \\ &= \text{ปริมาณสาร VOCs ที่ระเหยจากองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์} \\ &\quad \text{(กิโลกรัม)} \\ Q_{\text{EII}} &= \text{Quantity of VOCs Emission Inert Ingredient (kg)} \\ &= \text{ปริมาณสาร VOCs ที่ระเหยจากองค์ประกอบของสารไม่ออกฤทธิ์} \\ &\quad \text{(กิโลกรัม)} \end{aligned}$$

ซึ่งปริมาณ Q_{EAI} และ Q_{EII} จากองค์ประกอบทั้งสองชนิดสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_{\text{EAI}} \text{ (kg)} = \text{Emission Factor}_{\text{AI}} \text{ (kg/Mg)} \times \frac{\% \text{Active Ingredient}}{100} \times \text{Quantity Pesticide (Mg)} \quad (3-11)$$

$$Q_{\text{EII}} \text{ (kg)} = \frac{\% \text{VOCs}}{100} \times \frac{\% \text{Inert Ingredient}}{100} \times \text{Quantity Pesticide (kg)} \quad (3-12)$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \text{Emission Factor}_{\text{AI}} &= \text{ค่าการปลดปล่อยสาร VOCs ของสารออกฤทธิ์, กิโลกรัม/เมกะกรัม} \\ \text{Emission Factor}_{\text{AI}} &\text{ขึ้นอยู่กับค่าความดันไอของสารเคมี (ตาราง ข.25-ข.26 ค่าความดันไอของ} \\ &\text{สารเคมีและค่า Emission Factor}_{\text{AI}} \text{ ภาคผนวก ข)} \\ \% \text{Active Ingredient} &= \text{เปอร์เซ็นต์ของสารออกฤทธิ์ (ตาราง ข.25, ภาคผนวก ข)} \\ \% \text{Inert Ingredient} &= \text{เปอร์เซ็นต์ของสารไม่ออกฤทธิ์ ตาราง ข.25, ภาคผนวก ข)} \\ \text{VOCs}_{\text{avg}} &= \text{Average VOCs content of inert portion, \%} \\ &= \text{เปอร์เซ็นต์สาร VOCs เฉลี่ยในสารไม่ออกฤทธิ์ (ตาราง ข.27,} \\ &\quad \text{ภาคผนวก ข)} \end{aligned}$$

Quantity Pesticide = ปริมาณของสารเคมีกำจัดวัชพืช/ป้องกันโรคพืช (เมกะกรัม)

4. สมมติฐานและวิธีการคำนวณการปริมาณมลพิษจากการตรวจวัด

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำนั้นมลสารที่ปล่อยออกจากปล่อง จะทำการตรวจวัดปริมาณสารเจือปนในอากาศตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม สหรัฐฯ (USEPA) โดยใช้วิธีการของ US.EPA Method 1 ถึง US.EPA Method 4 ดังนี้

US.EPA Method 1: "Sample and Velocity Traverse for Stationary Source"

US.EPA Method 2: "Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube)"

US.EPA Method 3: "Gas Analysis for the Determination of Dry Molecular Weight"

US.EPA Method 4: "Determination of Moisture Content in Stack Gases"

สมการการคำนวณปริมาณมลสารทางอากาศต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (คำนวณจากผลการตรวจวัด)

$$E_i = (C \times MW \times Q_{st} \times 3600) / [22.4 \times ((T + 273) / 273) \times 10^6] \quad (3-13)$$

โดยที่

E_i = Emissions of pollutant i, kg/hr

C = Pollutant concentration, ppm_{v,d}

MW = Molecular weight of the pollutant, kg/kg-mole

Q_{st} = Actual stack gas volumetric flow rate, m³/s

3600 = Conversion factor, s/hr

22.4 = Volume occupied by one mole of gas at standard temperature and Pressure (0 °C and 101.3 kPa), m³/kg-mole

T = Temperature of gas sample, °C

10^6 = Conversion factor, ppm.kg/kg

สมการการคำนวณปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น (คำนวณจากผลการตรวจวัด)

$$E_{PM} = Q_{st} \times C_{PM} \times 3.6 \times (1 - \text{moist}_R / 100) \times [273 / (273 + T)] \quad (3-14)$$

โดยที่

E_{PM} = Hourly emissions of PM in kilograms per hour, kg/hr

Q_a	=	Actual (ie. wet) cubic meters of exhaust gas per second, m^3/s
3.6	=	3600 seconds per hour multiplied by 0.001 kilograms per gram
$moist_R$	=	Moisture content, %
273	=	273 K ($^{\circ}C$)
T	=	Stack gas temperature, $^{\circ}C$

5. สมมติฐานและวิธีการคำนวณอัตราการบรรทุก

สำหรับการขนส่งไม้ยางพาราจากสวนยางสู่โรงงานไม้ยางพาราแปรรูปผู้รับเหมาที่ทำการขนส่งจะเลือกใช้รถบรรทุกที่มีลักษณะต่าง ๆ กันโดยการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งศึกษาข้อมูลเฉลี่ยของการขนส่งรถ 3 ชนิดคือ รถกระบะ รถตอนไม้และรถหกล้อ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$ACF_{avg} = \sum_{i=1}^n (F_i \times R_i) \quad (3-15)$$

ACF_{avg} = Average Consumption Fuel, Liter/ton-km

= อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถโดยเฉลี่ย, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_i = Fraction of Truck i

= สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_i = Rating of Fuel Loading i, Liter/ton-km

= อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถแต่ละชนิด, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

$$AULT_{avg} = \sum_{j=1}^n (F_j \times R_j) \quad (3-16)$$

$AUCF_{avg}$ = Average Unloading Consumption Fuel, Liter/ton-km

= อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าโดยเฉลี่ย, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_j = Fraction of Truck j

= สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_j = Rating of Fuel Loading j, Liter/ton-km

= อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าแต่ละชนิด, ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

6. สมมติฐานและวิธีการคำนวณอัตราการระเหยของน้ำจากเนื้อไม้

ขั้นตอนการอบไม้เพื่อไล่ความชื้นของกระบวนการแปรรูปจะต้องให้มีความชื้นในเนื้อไม้เหลืออยู่ไม่เกิน 8 - 12% ความชื้นที่ระเหยออกไปนั้นถือว่าเป็นความชื้นที่อยู่ในเนื้อไม้และความชื้นที่เกิดจากขั้นตอนการอัดน้ำยา ดังนั้นความชื้นที่ระเหยออกไปสามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$EM = W_p + M_T \times \frac{(45 - M_i)}{100} \quad (3-17)$$

โดยที่

EM = Evaporation of Moisture, ton
= อัตราการระเหยของความชื้น, ตัน

W_p = Water from Passivation, ton
= ปริมาณน้ำจากขั้นตอนการอบน้ำยาไม้, ตัน

M_i = Moisture of Timber, %
= ความชื้นของไม้ยางพาราแปรรูปหลังการอบ, เปอร์เซนต์

45 = ความชื้นของไม้ยางพาราก่อนอบ, เปอร์เซนต์ (มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย, 2550)

7. สมมติฐานและวิธีการคำนวณพลังงานขาเข้าและออกจากกระบวนการผลิต

ในกระบวนการปลูก การตัดโค่น การขนส่งและการแปรรูป พลังงานขาเข้าที่ต้องนำมาคำนวณคือพลังงานความร้อนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทต่างๆซึ่งคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$Q_{Fuel} = M_{Fuel} \times LHV_{Fuel} \times 1000 \quad (3-18)$$

โดยที่

Q_{Fuel} = Energy from Fuel, MJ
= พลังงานจากเชื้อเพลิง, เมกกะจูล

M_{Fuel} = Mass of Fuel, ton
= ปริมาณเชื้อเพลิงเชื้อเพลิง, ตัน

LHV_{Fuel} = Low Heating Value of Fuel, MJ/kg
= ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง, เมกกะจูลต่อกิโลกรัม

ขั้นตอนการอบไม้ของกระบวนการแปรรูปจะต้องใช้พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$Q_{\text{biomass}} = M_{\text{biomass}} \times \text{LHV}_{\text{biomass}} \times 1000 \quad (3-19)$$

โดยที่

Q_{biomass} = Energy from biomass, MJ

= พลังงานจากชีวมวล, เมกกะจูล

M_{biomass} = Mass of Fuel, ton

= ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวล, ตัน

$\text{LHV}_{\text{biomass}}$ = Low Heating Value of biomass, MJ/kg

= ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิงชีวมวล, เมกกะจูลต่อกิโลกรัม

กำหนดให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (จากการทดสอบด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์) เป็นดังนี้

ปึกไม้ยางพารามีค่าความร้อนต่ำเท่ากับ 10.365 MJ/kg, ที่ความชื้น 45%

ขี้เลื่อยไม้ยางพารามีค่าความร้อนต่ำเท่ากับ 17.138 MJ/kg, ที่ความชื้น 35%

ขี้กบไม้ยางพารามีค่าความร้อนต่ำเท่ากับ 17.388 MJ/kg, ที่ความชื้น 35%

สำหรับพลังงานขาออกของหม้อไอน้ำนั้นสามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$H_i = M_i \times h_i \times 1000 \quad (3-20)$$

โดยที่

H_i = Enthalpy of i, MJ

= พลังงานความร้อนของ i, เมกกะจูล

M_i = Mass of i, ton

= ปริมาณของ i, ตัน

h_i = Specific Enthalpy of i, MJ/kg

= เอนทาลปีของ i, เมกกะจูลต่อกิโลกรัม

i = Superheat steam, Condensate, Blow down water, Feed water

= ไอน้ำร้อนยิ่งยวด คอนเดนเสท น้ำระบาย น้ำป้อน

สำหรับพลังงานขาออกของ Flue Gas หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$H_j = M_j \times C_p \times T_j \times 1000 \quad (3-21)$$

โดยที่

- H_j = Enthalpy of j, MJ, พลังงานความร้อนของ j, เมกกะจูล
 M_j = Mass of j, ton, ปริมาณของ j, ตัน
 C_p = Specific Heat of j, MJ/kg °K, ค่าความร้อนจำเพาะ j, เมกกะจูลต่อกิโลกรัม
 T_j = Temperature of j, °K, อุณหภูมิของ j, °K
j = Flue Gas j, ก๊าซเสีย j

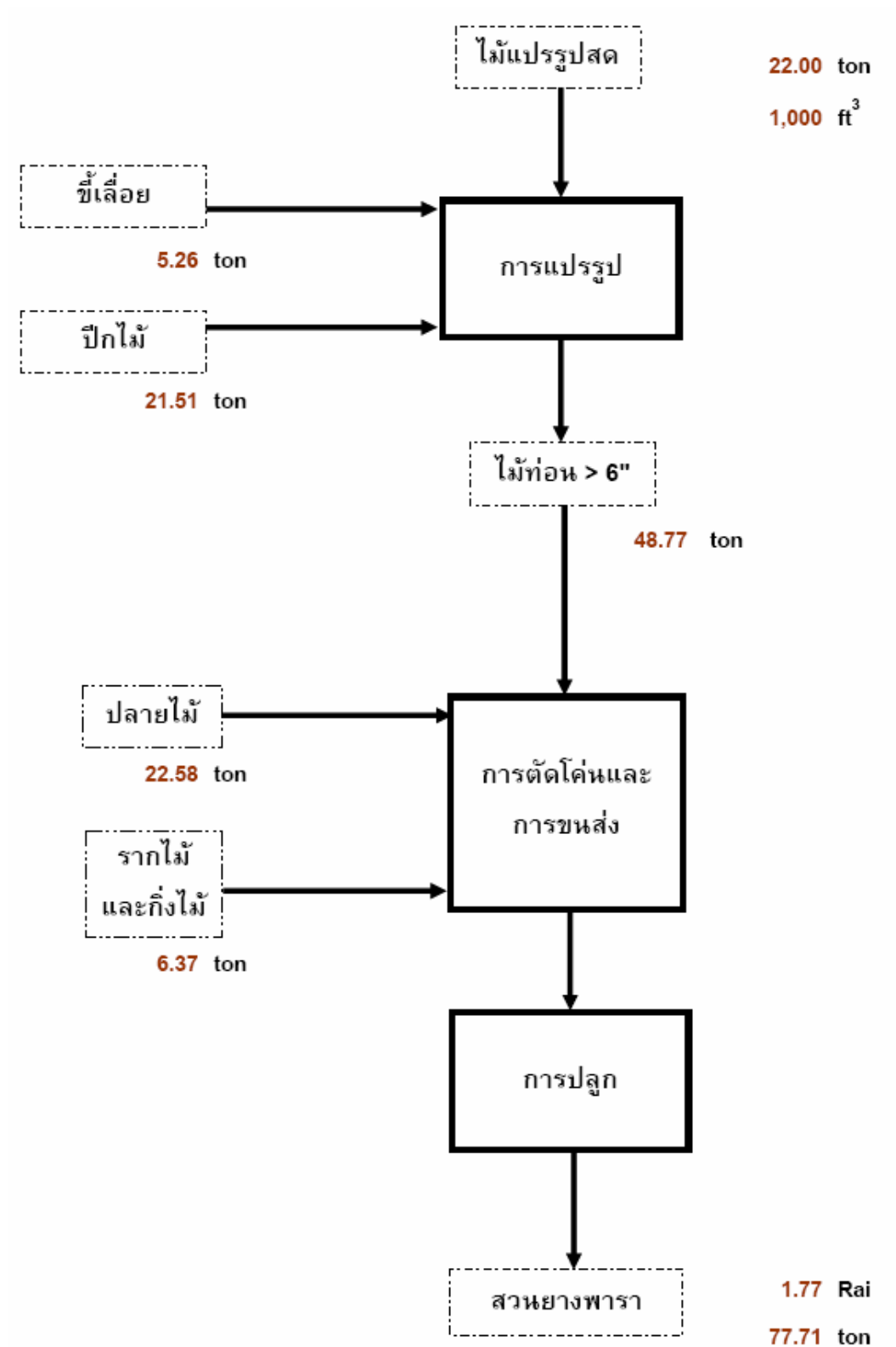
3.4.4 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการปลูก

การประเมินข้อมูลการเพาะปลูกยางพารา เริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่จนกระทั่งก่อนตัดโค่นต้นยางพารา อาศัยข้อมูลปฐมภูมิของเกษตรกร 30 รายได้ ผลการสรุปบัญชีรายการมวลสารขาเข้าและขาออก และบัญชีรายการพลังงานขาเข้าของการเพาะปลูกยางพารา แสดงในตารางที่ ข.1 ถึง ข.4 ของภาคผนวก ข และสามารถเขียนผังการไหลของสมดุลมวลสารและการปันส่วนดังรูปที่ 3.8 โดยปริมาณสารธาตุปลูกที่ใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตสำหรับพื้นที่ปลูกยางพารา 1.77 ไร่จะถูกปันส่วนให้กับไม้ยางพารา 14%และปันส่วนให้กับน้ำยางพารา 86% สำหรับไม้ยางพาราจำนวน 1.77 ไร่ นั้นจะมีน้ำหนักของไม้เทียบเท่า 77.71 ตัน

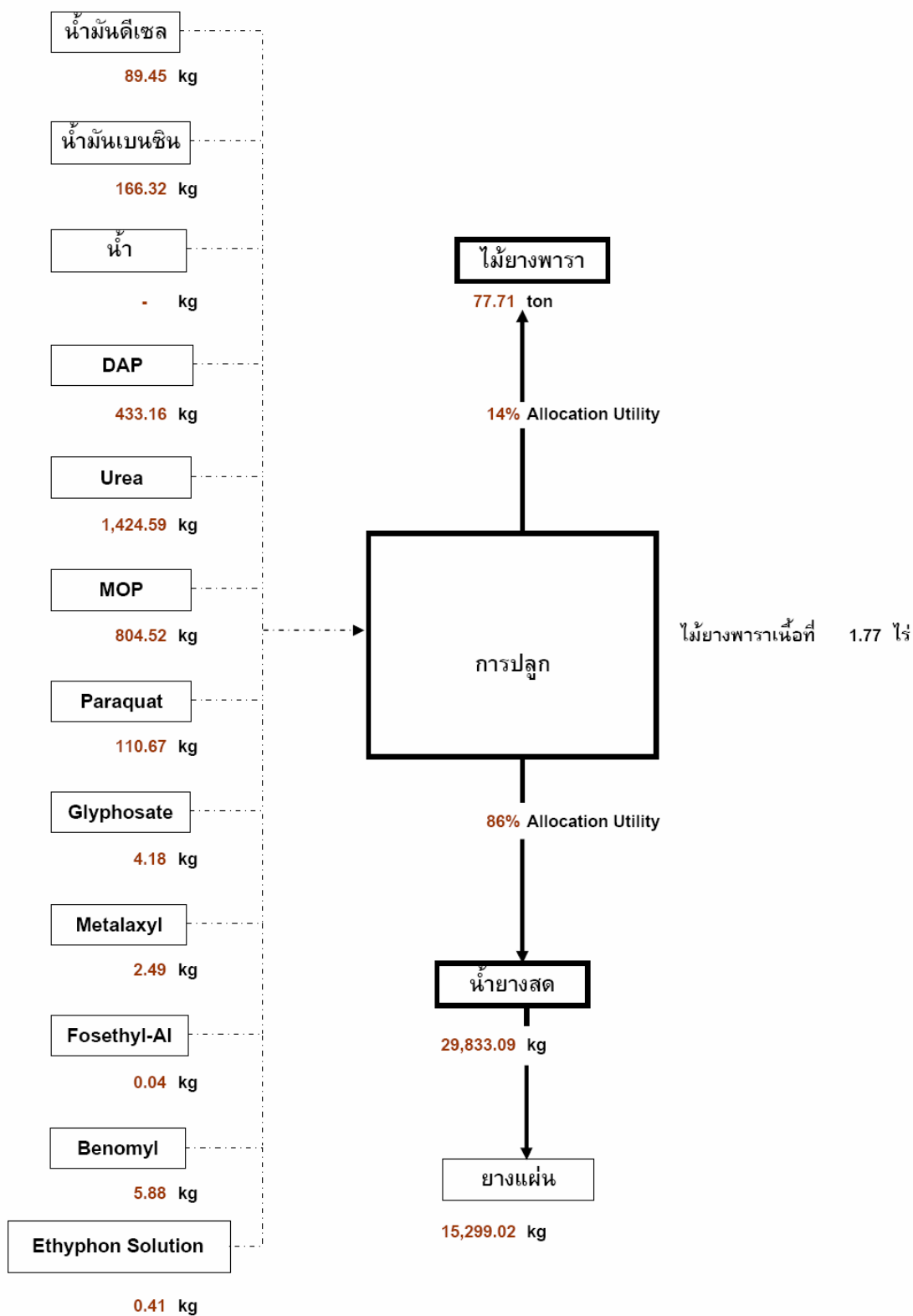
3.4.5 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการตัดโค่นและขนส่ง

การประเมินข้อมูลการตัดโค่นยางพาราและขนส่ง เริ่มตั้งแต่การตัดโค่นต้นยางพาราจนกระทั่งขนถ่ายไม้ยางพาราสู่โรงงานแปรรูป อาศัยข้อมูลปฐมภูมิของผู้รับเหมา 10 ราย ผลการสรุปบัญชีรายการมวลสารขาเข้าและขาออก และบัญชีรายการพลังงานขาเข้าของการตัดโค่นและขนส่งยางพารา แสดงในตารางที่ ข.5 ถึง ข.14 ของภาคผนวก ข และสามารถเขียนผังการไหลของสมดุลมวลสารและการปันส่วนดังรูปที่ 3.9 โดยปริมาณสารธาตุปลูกที่ใช้สำหรับตัดรากไม้-กิ่งไม้ 0% ในด้านการขนส่งไม้ยางพาราที่ขนส่งสู่โรงงานแปรรูปนั้นผู้รับเหมาแต่ละรายจะใช้การขนส่งที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบคือการขนส่งโดยรถกระบะ รถตอมไม้ และรถบรรทุก ขึ้นอยู่กับ

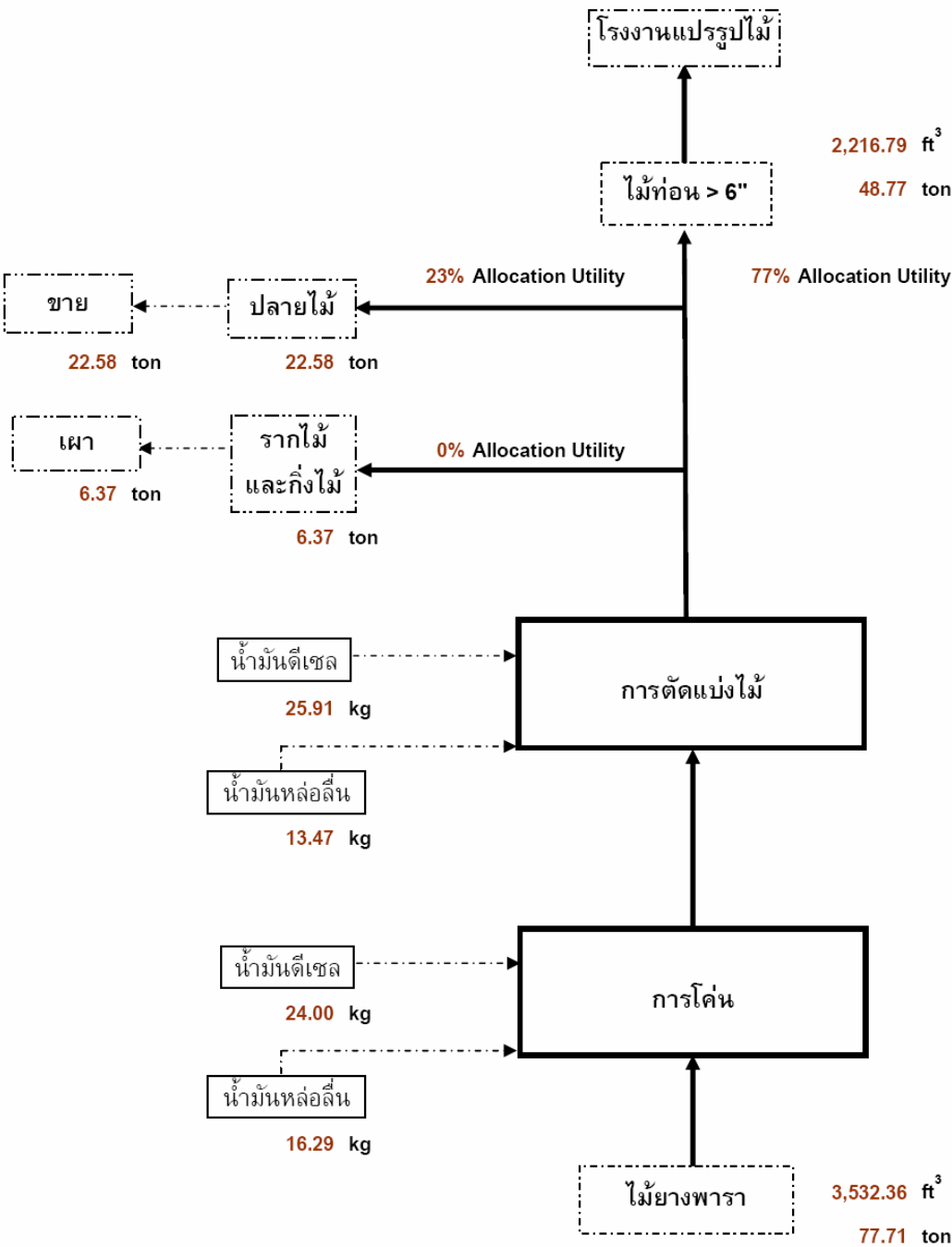
รูปที่ 3.7 หน่วยการทำงานของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต



รูปที่ 3.8 แผนผังสมดุลมวลสารและการปันส่วนของกระบวนการปลูกยางพารา



รูปที่ 3.9 แผนผังสมดุลมวลสารและการปันส่วนของกระบวนการตัดโค่นยางพารา

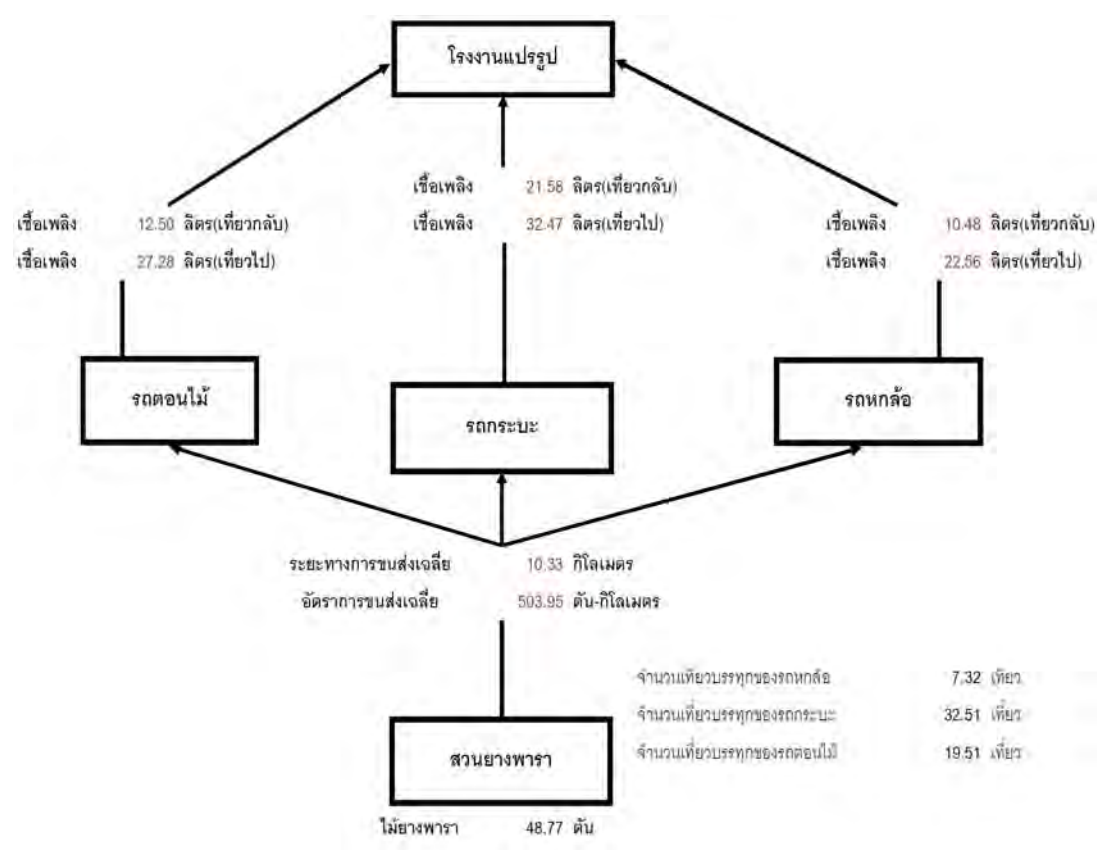


โค่นยางพารา 1.77 ไร่จะถูกปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์หลักคือไม้ยางพาราท่อน (เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว) 77%และปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By Product) คือปลายไม้ 23% และปัจจัยด้านภูมิประเทศของสวนยางพารา ระยะทางจากสวนยางถึงโรงงานและความสะดวกในการจัดการ โดยปริมาณการใช้สาธารณูปโภคในการขนส่งยางพาราทั้ง 3 รูปแบบ แสดงในรูปที่ 3.10 นอกจากนี้การคำนวณอัตราการบรรทุกของไม้ยางพาราท่อนในการศึกษานี้ทำการเฉลี่ยจากสัดส่วนการบรรทุกทั้ง 3 รูปแบบที่กล่าวมา ดังแสดงในรูปที่ 3.11

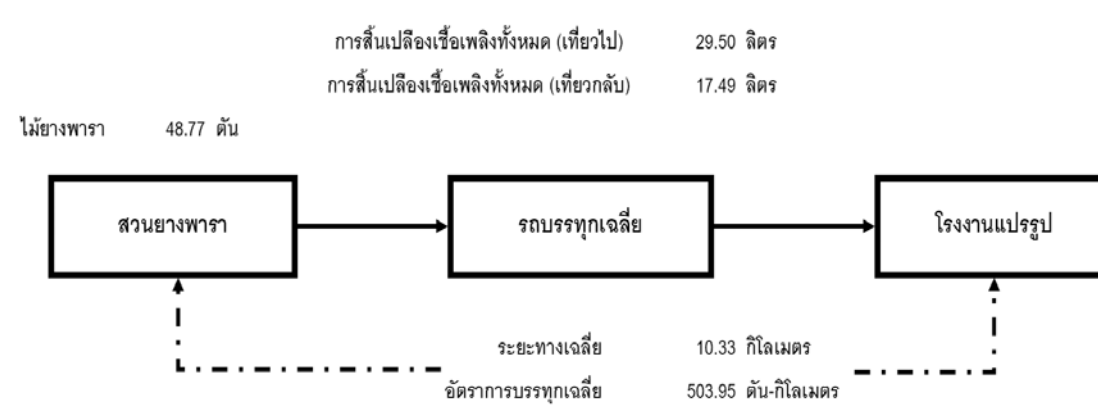
3.4.5 บัญชีรายการข้อมูลกระบวนการแปรรูป

การประเมินข้อมูลการแปรรูปไม้ยางพาราท่อน เริ่มตั้งแต่การนำไม้ยางพาราท่อนเข้าสู่โต๊ะเลื่อยจนกระทั่งผ่านการอบเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์รอการขนส่งต่อไป อาศัยข้อมูลปฐมภูมิของโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา 10 แห่ง ผลการสรุปบัญชีรายการมวลสารขาเข้าและขาออก และบัญชีรายการพลังงานขาเข้าของการแปรรูปไม้ยางพารา แสดงในตารางที่ ข.15 ถึง ข.20 ของภาคผนวก ข และสามารถเขียนผังการไหลของสมดุลมวลสารและการปันส่วนดังรูปที่ 3.12 โดยปริมาณสาธารณูปโภคที่ใช้สำหรับการเลื่อยเปิดปีกไม้ยางพาราจะถูกปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์หลักคือไม้แปรรูปสด 96.4% และปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By Product) คือปีกไม้ 2.2% และขี้เลื่อย 1.3%

รูปที่ 3.10 รูปแบบการขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป

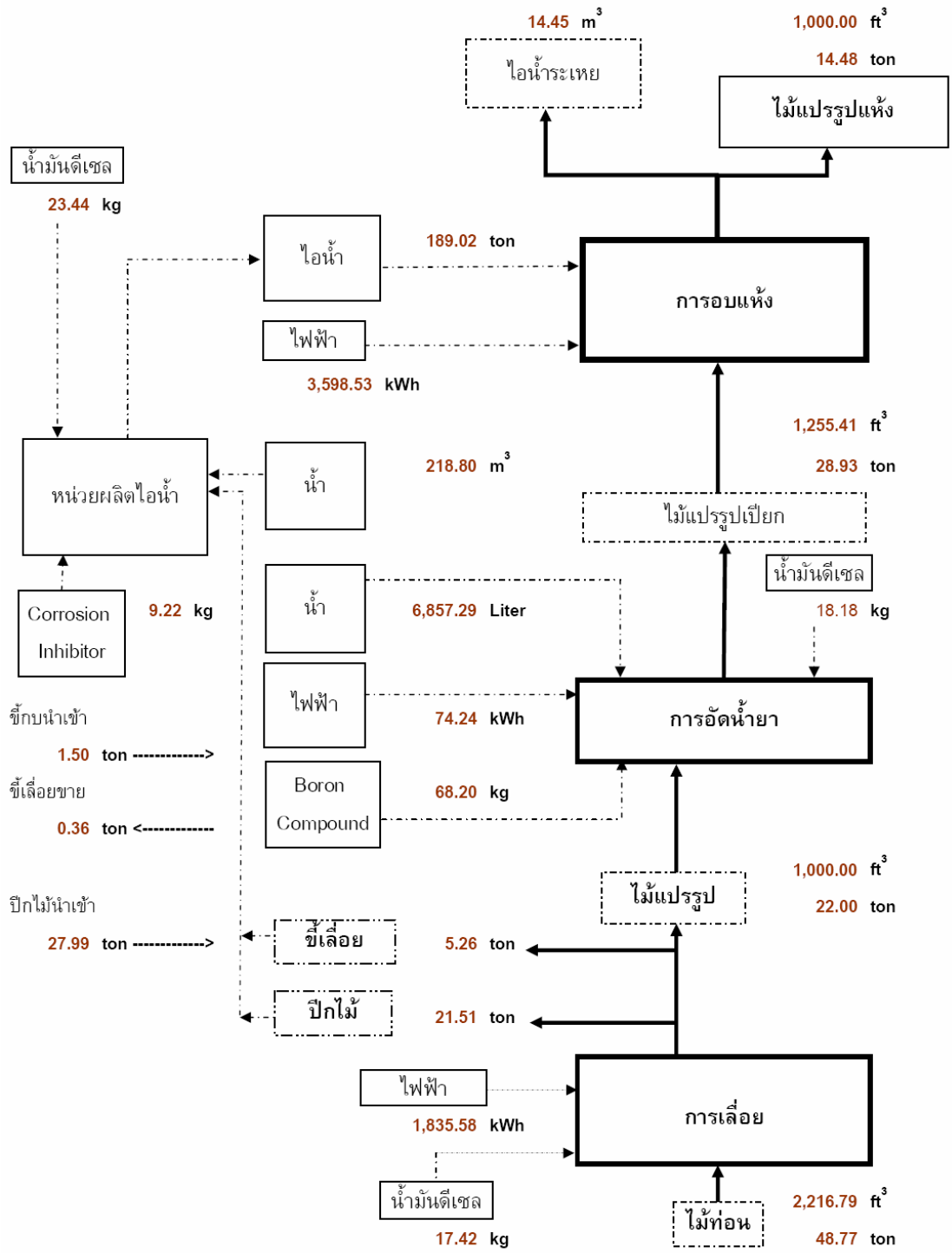


รูปที่ 3.11 อัตราการบรรทุกเฉลี่ยของการขนส่งไม้ยางพาราท่อนสู่โรงงานแปรรูป



รูปที่ 3.12 แผนผังสมดุลมวลสารและพลังงานกระบวนการแปรรูปไม้ยางพารา

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)



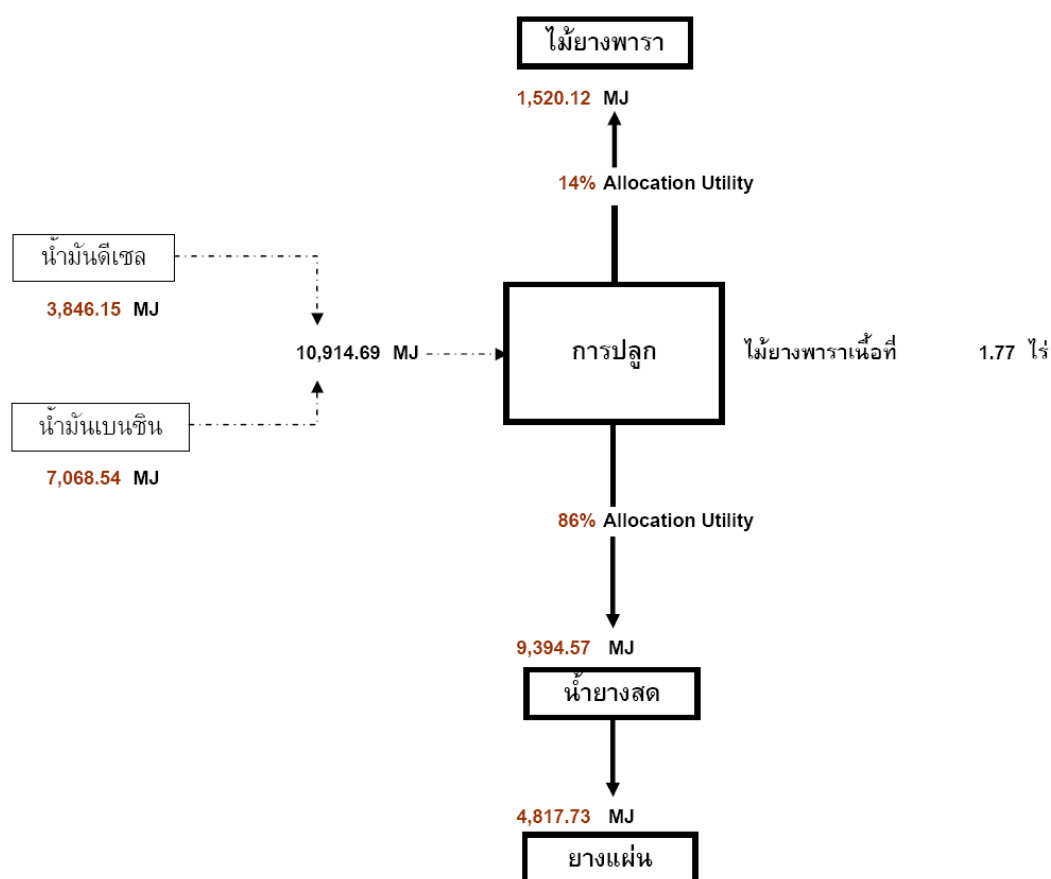
3.4.6 การวิเคราะห์ผังการไหลพลังงาน (Energy Flow Analysis)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

1. การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพลังงานโดยรวม

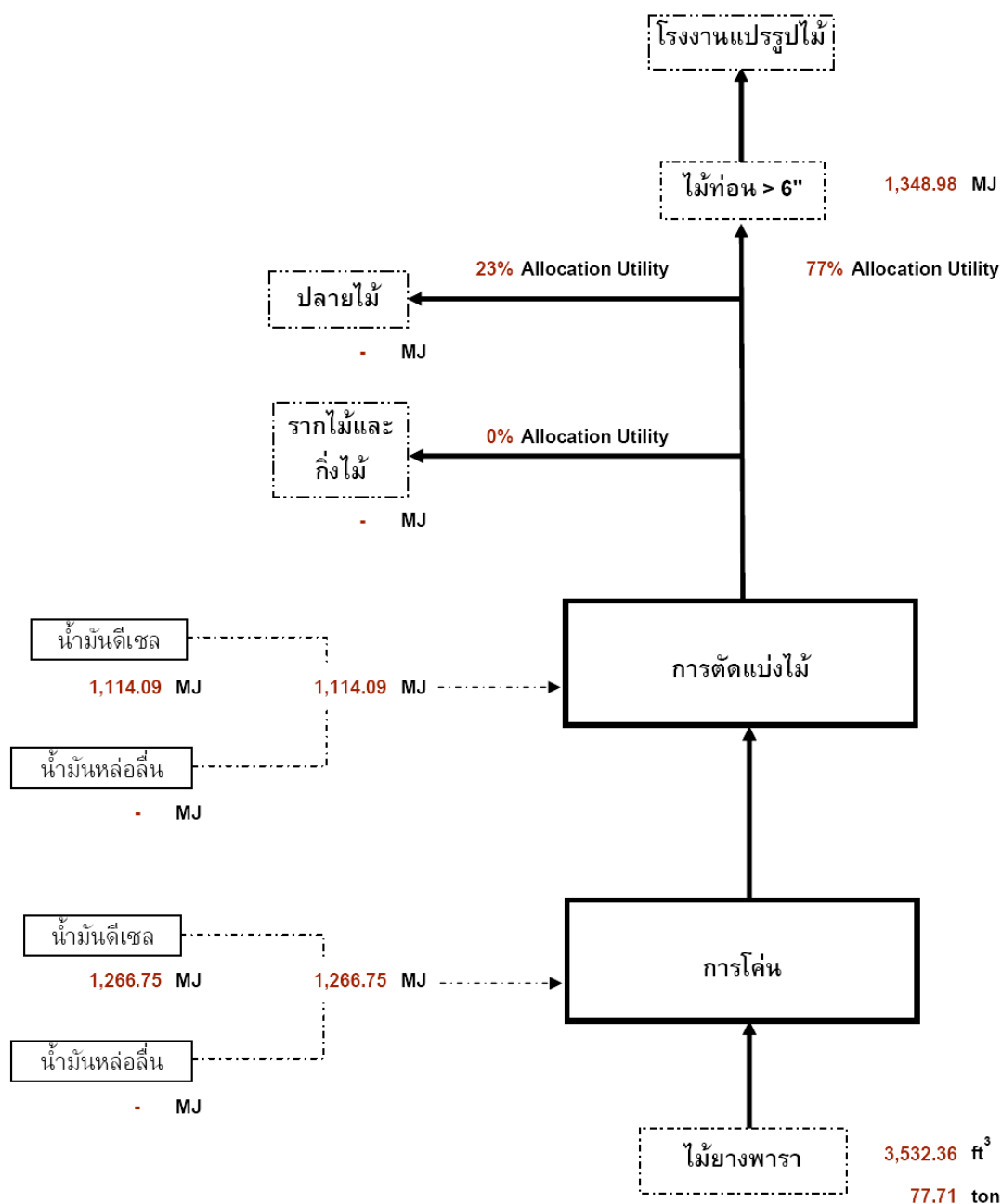
การวิเคราะห์ผังการไหลของพลังงานในส่วนของการเพาะปลูกยางพาราในรูปที่ 3.13 พบว่ามีปริมาณการใช้พลังงานงานเพียงอย่างเดียวคือการใช้พลังงานจากน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน ในเครื่องจักรเช่น รถไถพรวน เครื่องตัดหญ้า เป็นต้น ซึ่งคิดเป็นปริมาณเทียบเท่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 10,914.69 MJ สำหรับพื้นที่ปลูกยางพารา 1.77 ไร่ ในส่วนของวัตถุดิบที่จะป้อนเข้าสู่กระบวนการถัดไปคือไม้ยางพารา ดังนั้นพลังงานความร้อนที่ถูกปันส่วนให้ไม้ยางพาราจะมีค่าเท่ากับ 1,520.12 MJ

รูปที่ 3.13 แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าของกระบวนการปลูกยางพารา



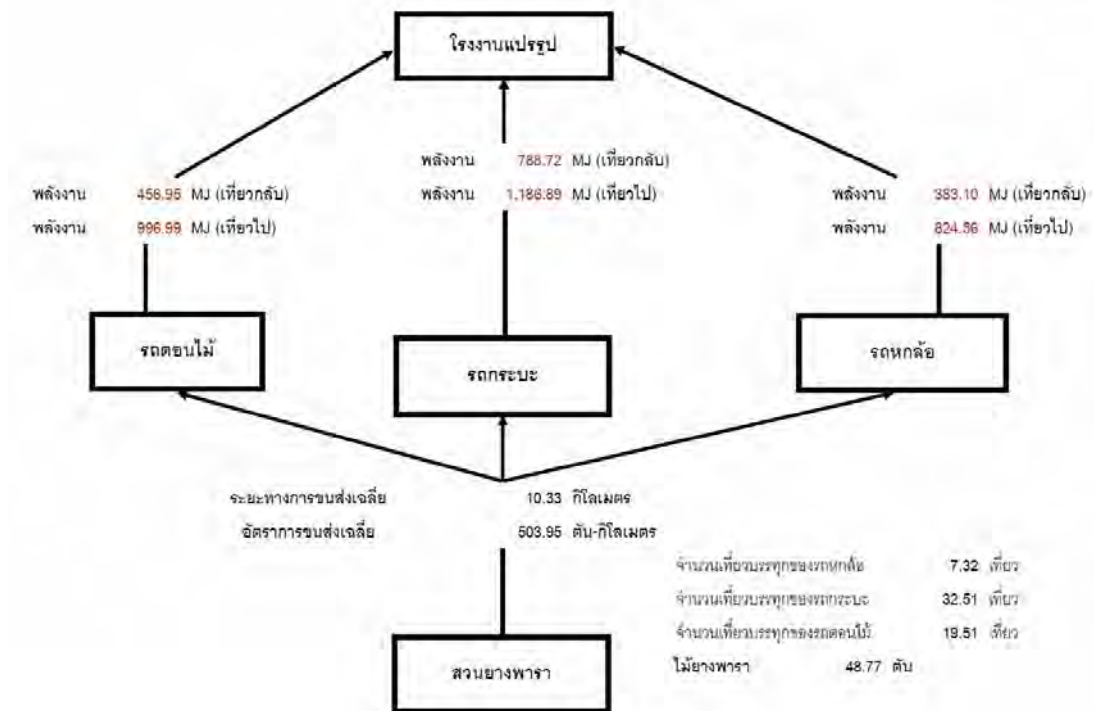
สำหรับกระบวนการตัดโค่นในรูปที่ 3.14 พลังงานขาเข้าได้แก่พลังงานของน้ำมันดีเซลในการตัดโค่นและการเลื่อย ซึ่งเมื่อปันส่วนให้กับผลิตภัณฑ์หลักคือไม้ยางพาราท่อน 48.77 ตัน แล้ว พลังงานขาเข้าในการผลิตมีค่าเทียบเท่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 1,348.98 MJ

รูปที่ 3.14 แผนผังการไหลพลังงานขาเข้ากระบวนการตัดโค่น

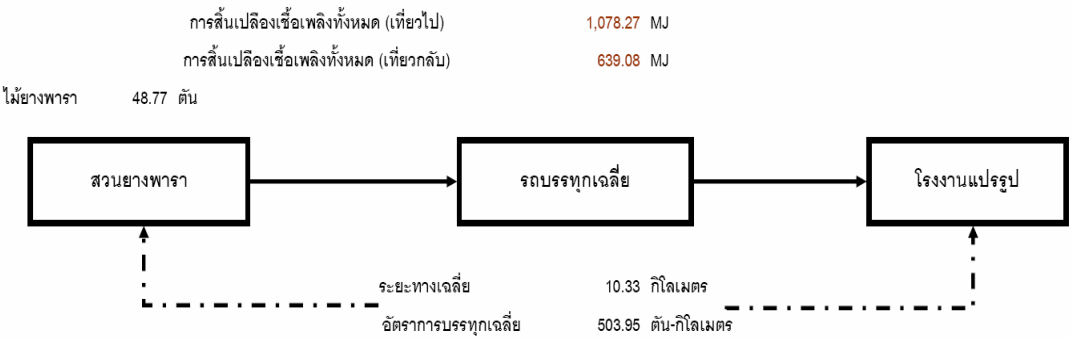


สำหรับกระบวนการขนส่งไม้ยางพาราท่อน 48.77 ตัน จะต้องใช้พลังงานในการขนส่งแตกต่างกันตามชนิดของรถบรรทุกซึ่งแสดงในรูปที่ 3.15 และเมื่อพิจารณารูปแบบการบรรทุกโดยเฉลี่ยในรูปที่ 3.16 พลังงานในการขนส่งทั้งหมดจะเทียบเท่าพลังงานความร้อน 1,078.27 MJ เทียบไป (Load) และ 639.06 MJ เทียบกลับ (Unload)

รูปที่ 3.15 แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าของกระบวนการขนส่ง



รูปที่ 3.16 แผนผังการไหลของพลังงานขาเข้าเฉลี่ยของกระบวนการขนส่ง



สำหรับกระบวนการแปรรูปไม่ย่างพาราจะพิจารณาผังการไหลของพลังงาน 3 ส่วนคือ การไหลของพลังงานความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง การไหลของพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวล การไหลของพลังงานไฟฟ้า

พิจารณาผังการไหลของพลังงานความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิงดังรูปที่ 3.17 พบว่าไม่แปรรูปอบแห้ง 1,000 ลูกบาศก์ฟุตจะใช้พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบเท่าความร้อนเท่ากับ 2,360.76 MJ เมื่อพิจารณาผังการไหลของพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลดังรูปที่ 3.18

พบว่าไม้แปรรูปอบแห้ง 1,000 ลูกบาศก์ฟุตจะใช้พลังงานชีวมวลเทียบเท่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 444,711.52 MJ เมื่อพิจารณาการไหลของพลังงานไฟฟ้าในดังรูปที่ 3.19 พบว่าไม้แปรรูปอบแห้ง 1,000 ลูกบาศก์ฟุต จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 5,442.62 kWh

จากข้อมูลการวิเคราะห์พลังงานในการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต จะสามารถคำนวณพลังงานความร้อนตลอดสายการผลิตดังนี้

พลังงานไฟฟ้า

$$= 5,442.62 \text{ kWh}$$

พลังงานของน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบเท่าพลังงานความร้อน

$$= 1,502.02 \times 0.77 \times 0.964 + (1,348.98 + 1,078.27 + 639.06) \times 0.964 + 2,360.76 \text{ MJ}$$

$$= 6,431.60 \text{ MJ}$$

พลังงานชีวมวลเทียบเท่าพลังงานความร้อน

$$= 444,711.52 \text{ MJ}$$

แต่พลังงานชีวมวลนั้นถือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตจึงต้องคำนวณพลังงานขาเข้าจากสายการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไอน้ำดังนี้

พลังงานไฟฟ้า

$$= 21.65 + 41.09 = 62.74 \text{ kWh}$$

พลังงานของน้ำมันเชื้อเพลิงเทียบเท่าพลังงานความร้อน

$$= 1,502.02 \times 0.77 \times 0.022 + 1,502.02 \times 0.77 \times 0.013 \text{ MJ}$$

$$= 40.48 \text{ MJ}$$

ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าขาเข้าสำหรับสายการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุตเท่ากับ

$$= 5,442.62 \text{ kWh} + 62.74 \text{ kWh}$$

$$= 5,505.36 \text{ kWh}$$

และพลังงานเชื้อเพลิงขาเข้าสำหรับสายการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุตเท่ากับ

$$= 6,431.60 \text{ MJ} + 40.48 \text{ MJ}$$

$$= 6,472.08 \text{ MJ}$$

เมื่อคิดสัดส่วนของพลังงานขาเข้าต่อพลังงานขาออกจะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 \text{สัดส่วนพลังงานตลอดสายการผลิต} &= \frac{\text{พลังงานขาออก}}{\text{พลังงานขาเข้า}} \\
 &= \frac{444,711.52}{6,472.08 + 5,505.06 \times 3.6} \\
 &= 16.92
 \end{aligned}$$

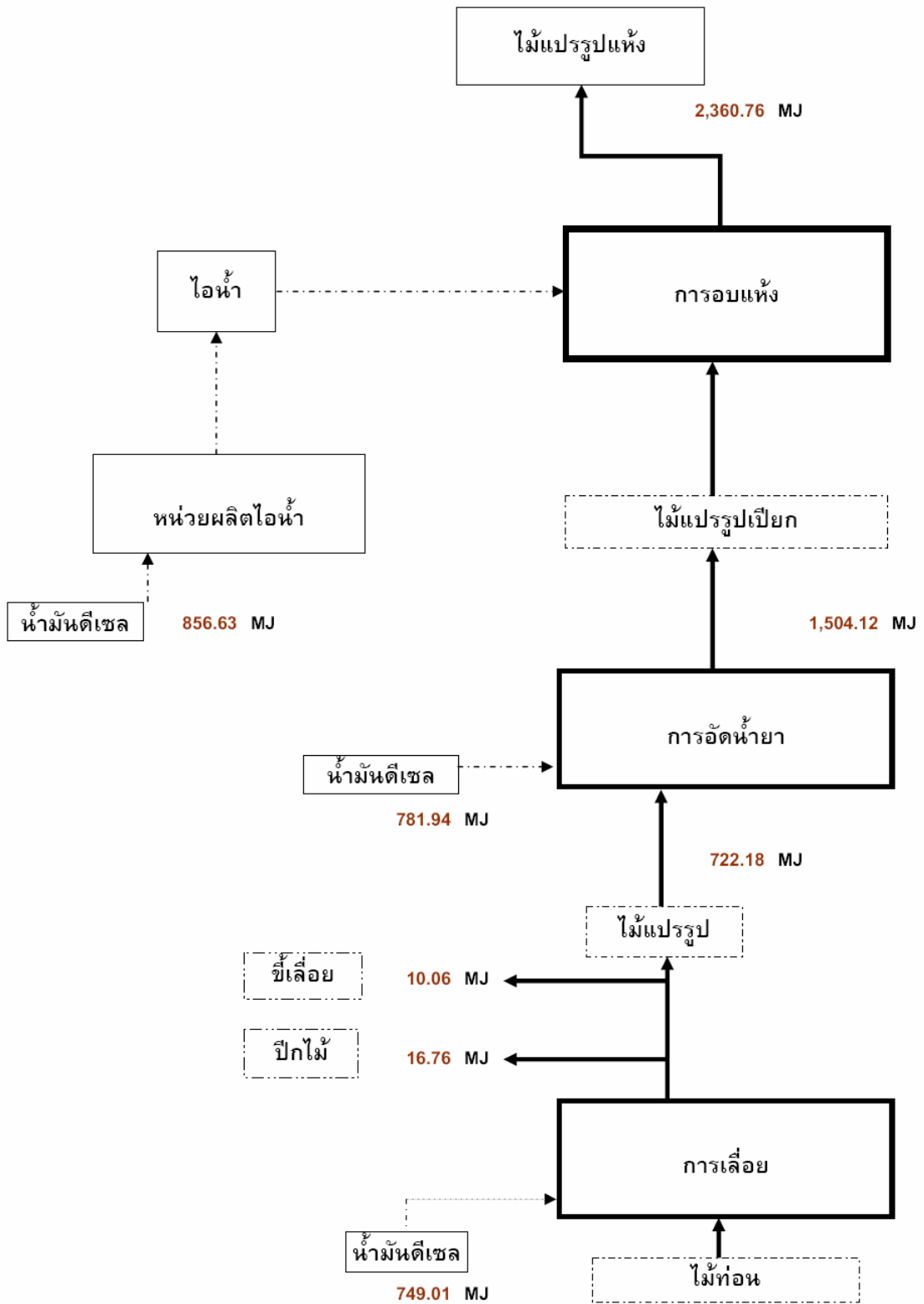
เมื่อ 3.6 เท่ากับแฟกเตอร์การเปลี่ยนหน่วยพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน

จากค่าสัดส่วนพลังงานดังกล่าวที่มีค่าเป็นบวกแสดงให้เห็นว่าตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม่แย่งพาราแปรรูปมีประสิทธิภาพเชิงบวกในแง่ของพลังงาน

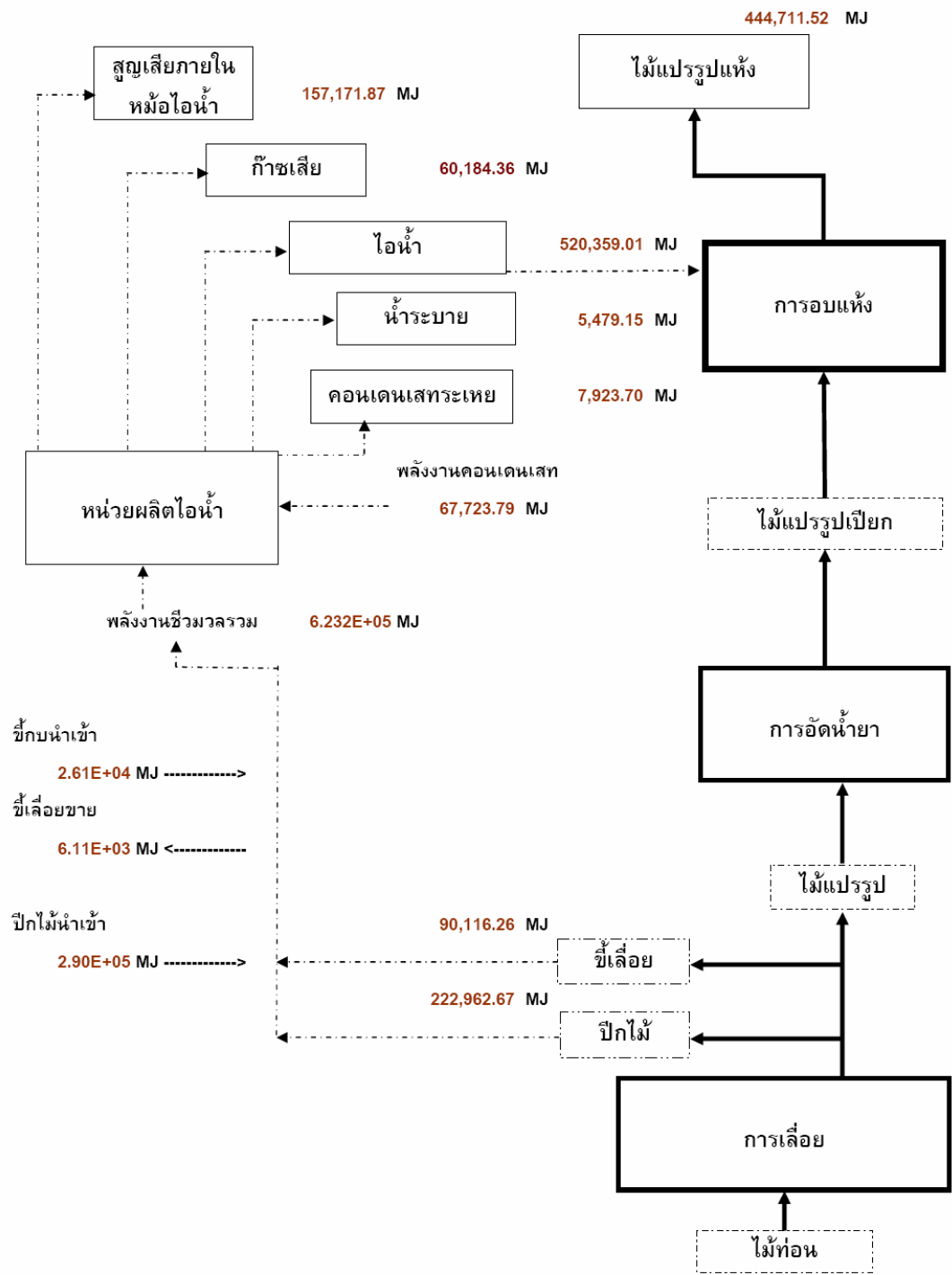
2. การวิเคราะห์ความสูญเสียศักยภาพเชิงพลังงาน

แม้ว่าผลที่ได้รับเชิงพลังงานตลอดสายการผลิตไม่แย่งพาราแปรรูปจะมีค่าเป็นบวก แต่หากพิจารณาเข้าไปถึงกระบวนการผลิตย่อยๆ แล้วจะพบว่าสามารถลดความสูญเสียหรือความสิ้นเปลืองพลังงานเพื่อเพิ่มศักยภาพเชิงพลังงานได้ เช่น พิจารณาผังการไหลของพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลในรูปที่ 3.18 ที่หน่วยผลิตไอน้ำจะพบว่าการผลิตไอน้ำมีการสูญเสียพลังงานไปในด้านต่างๆ คือการสูญเสียไปภายในหม้อไอน้ำ การสูญเสียไปกับการก๊าซเสีย การสูญเสียไปกับน้ำระบายและการสูญเสียไปกับการระเหยของคอนเดนเสท ซึ่งสามารถเขียนรูปที่ 3.18 เป็นแผนภาพแซงค์คี แสดงสัดส่วนการได้และสูญเสียพลังงานของระบบการผลิตไอน้ำในรูปที่ 3.20

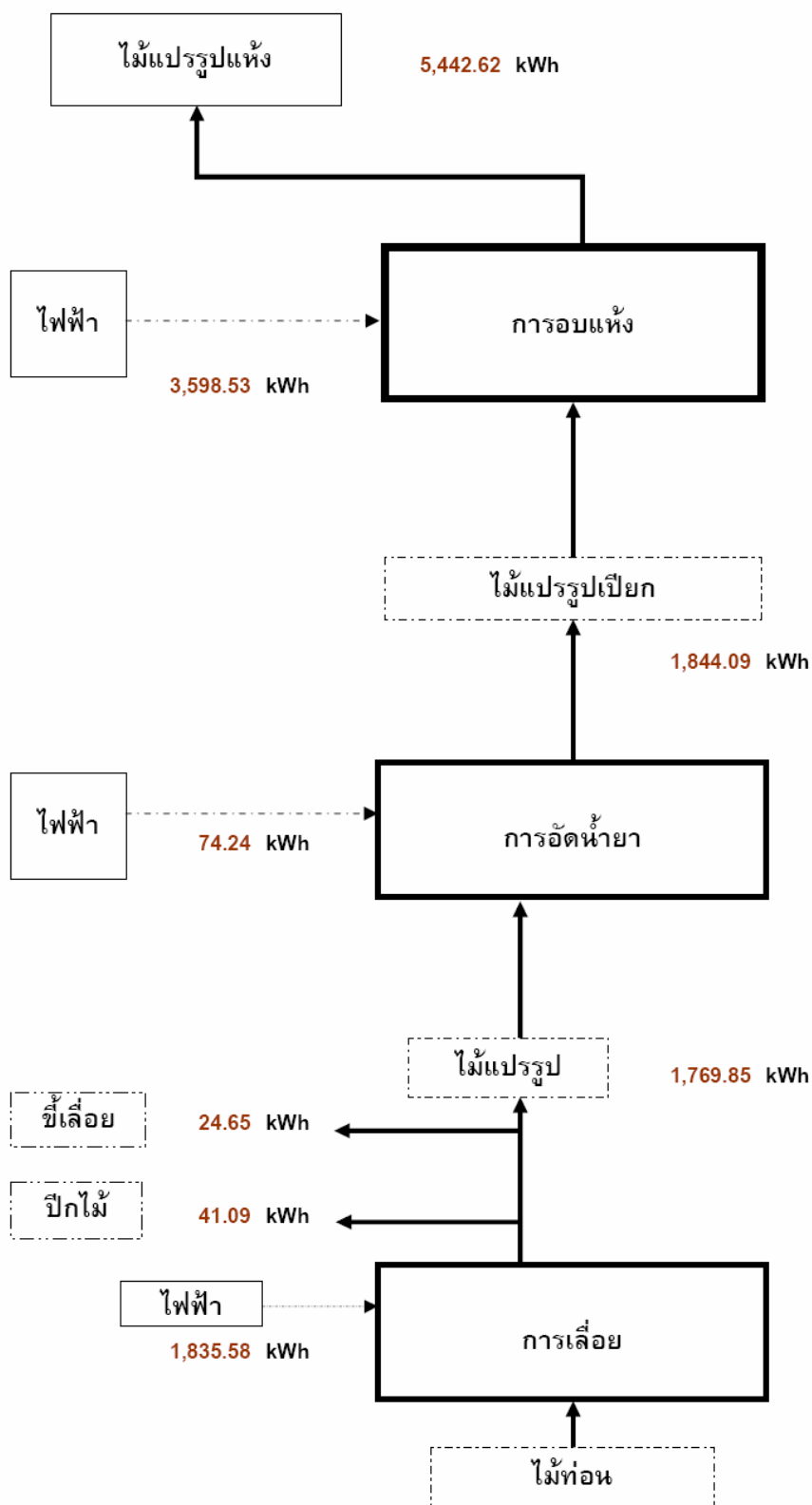
รูปที่ 3.17 แผนผังการไหลพลังงานความร้อนเชื้อเพลิงขาเข้าของกระบวนการแปรรูป



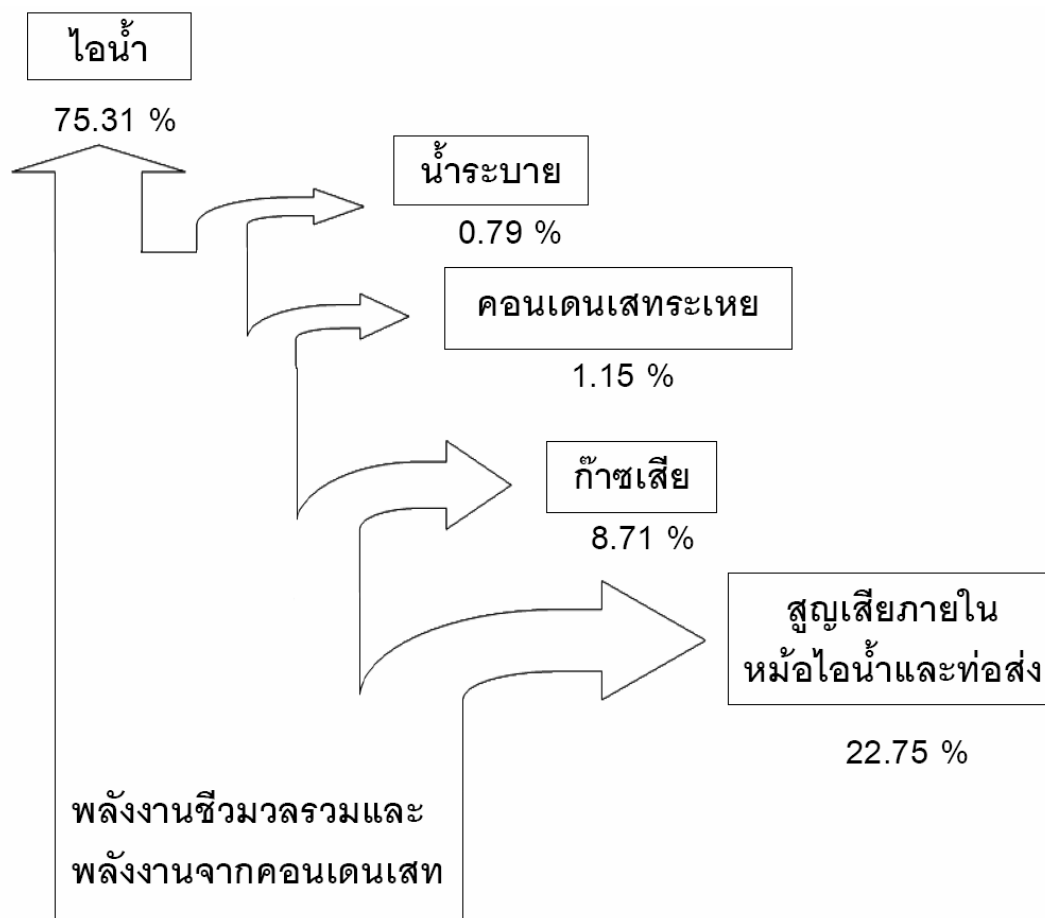
รูปที่ 3.18 แผนผังสมดุลพลังงานความร้อนชีวมวลขาเข้าของกระบวนการแปรรูป



รูปที่ 3.19 แผนผังสมดุลพลังงานไฟฟ้าขาเข้าและการปันส่วนของกระบวนการแปรรูป



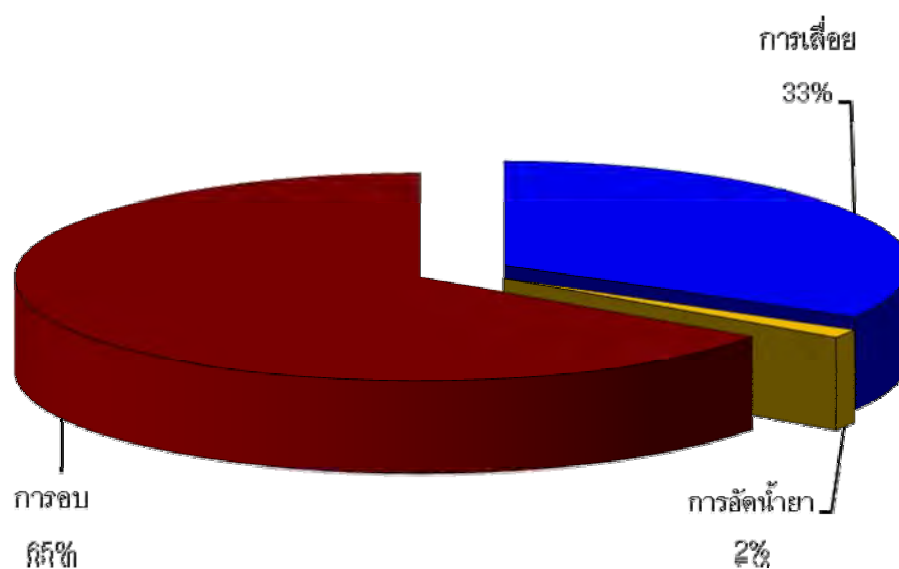
รูปที่ 3.20 แผนภาพแซงค์คีแสดงของสมดุลหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวล



จากแผนภาพจะพบว่าหม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพ 75.31% มีความสูญเสียภายในหม้อไอน้ำและท่อส่งมากที่สุดคือ 22.75% อันดับต่อมาก็คือสูญเสียไปกับก๊าซเสีย 8.71% และสูญเสียไปกับคอนเดนเสทระเหยและน้ำระบาย 1.15% และ 0.79% ตามลำดับ ซึ่งหากลดการสูญเสียพลังงานลงได้ก็จะทำให้ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น และทำให้สัดส่วนของพลังงานสูงขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาผังการไหลของพลังงานไฟฟ้าในรูปที่ 3.19 สามารถเขียนกราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตไม้ยางพาราแปรรูปได้ดังแสดงในรูปที่ 3.21 ซึ่งพบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการอบมีค่าสูงที่สุดคือ 65% ต่อมาคือกระบวนการเลื่อยมีสัดส่วนอยู่ที่ 33% และกระบวนการอัดน้ำยาน้อยที่สุด 2% ทั้งนี้เป็นเพราะขั้นตอนการอบแห้งไม้ยางพารา เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากและต้องใช้งานตลอดระยะเวลา 7 – 10 วันในการอบไม้ให้ได้คุณภาพตามที่กำหนดไว้ จึงทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานมีค่าสูง

รูปที่ 3.21 แผนภาพแสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



3.5 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.1 ในการประเมิน วิธีประเมินผลใช้แบบจำลองการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของ CML 2 baseline 2000 V2.03 ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่นิยมกันในยุโรปและหลายประเทศ ซึ่งผลการวิเคราะห์ทั้งหมดมีดังนี้

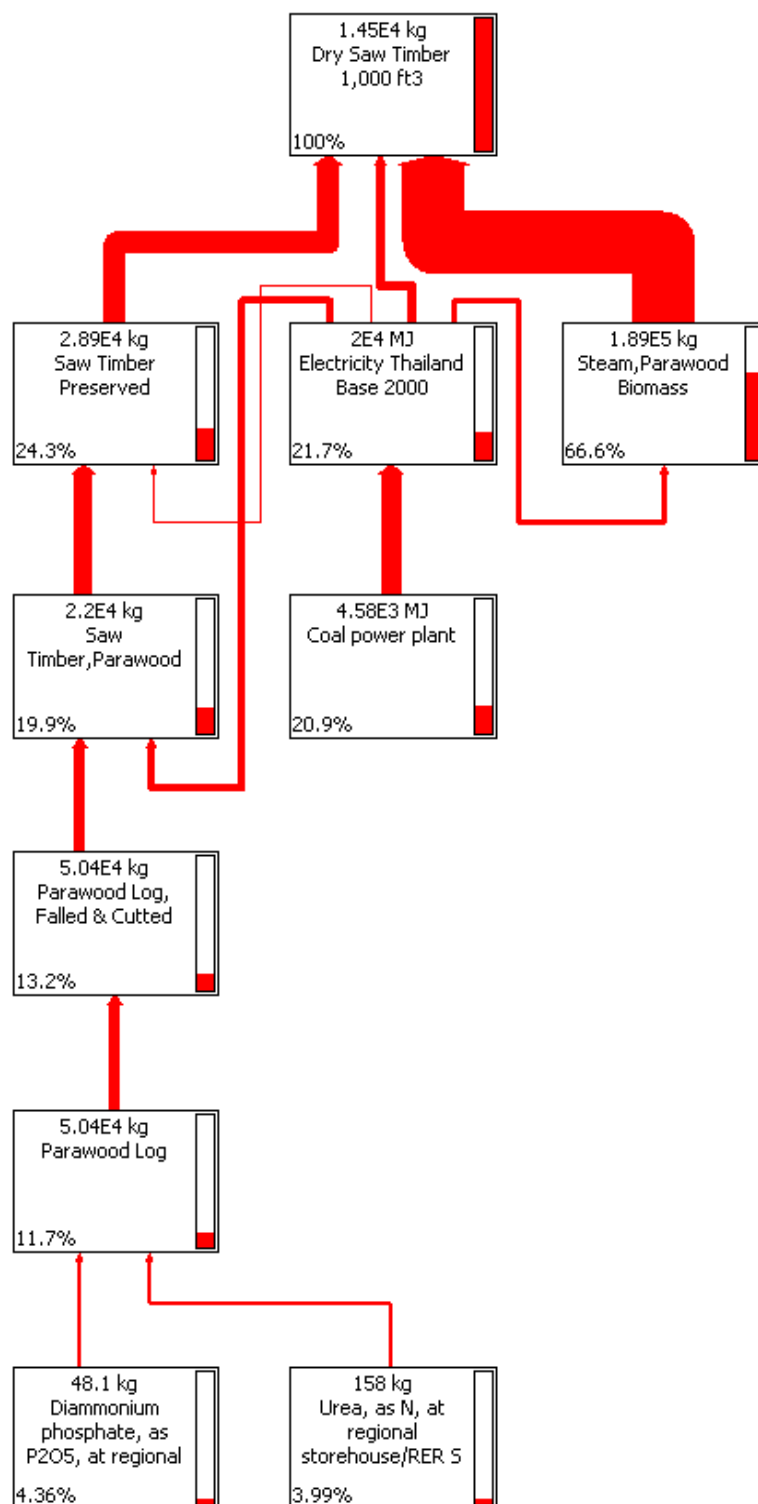
3.5.1 ศักยภาพการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification Potential)

ภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.22 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการผลิตไอน้ำซึ่งอยู่เป็นขั้นตอนย่อยของกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.23 และ 3.24 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.5

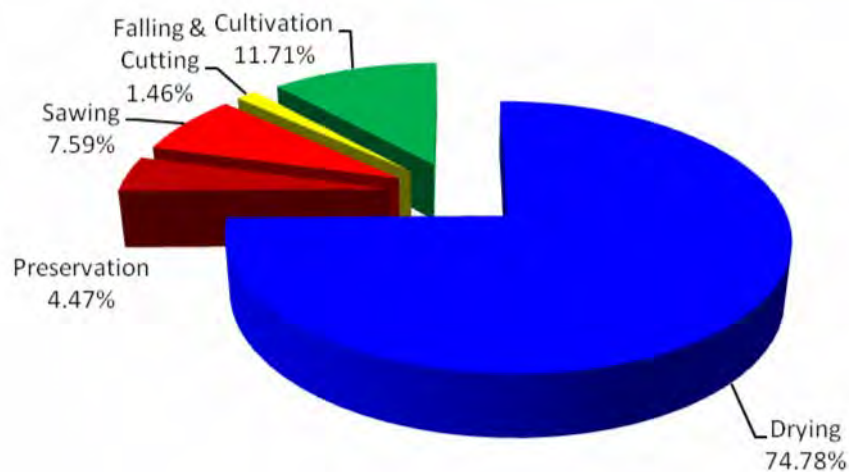
ตารางที่ 3.5 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

No.	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg SO ₂ eq	48.88032
	Remaining substances		kg SO ₂ eq	0.891565
1	Nitrogen dioxide	Air	kg SO ₂ eq	27.58967
2	Sulfur dioxide	Air	kg SO ₂ eq	7.65325
3	Nitrogen oxides	Air	kg SO ₂ eq	4.921081
4	Sulfur dioxide	Air	kg SO ₂ eq	4.714813
5	Sulfur dioxide	Air	kg SO ₂ eq	2.218025
6	Ammonia	Air	kg SO ₂ eq	0.891911

รูปที่ 3.22 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

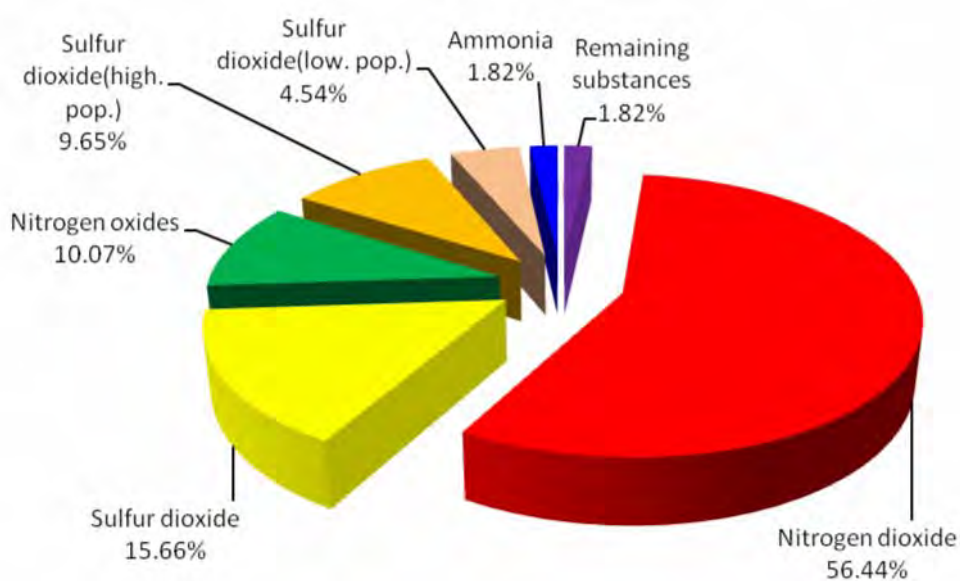


รูปที่ 3.23 ค่า AP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.24 ค่า AP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.5.2 การเกิดภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (Eutrophication)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

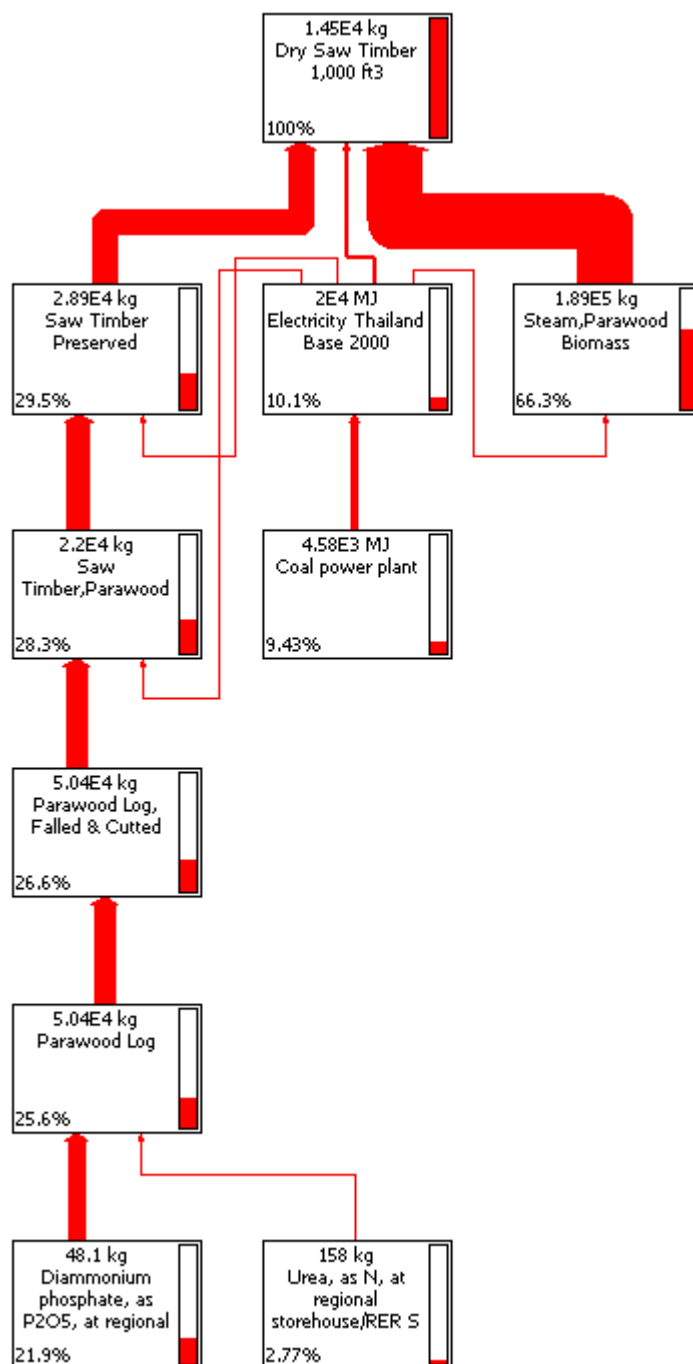
การเกิดภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.25 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการผลิตไอน้ำซึ่งอยู่เป็นขั้นตอนย่อยของกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 3.26 และ 3.27 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

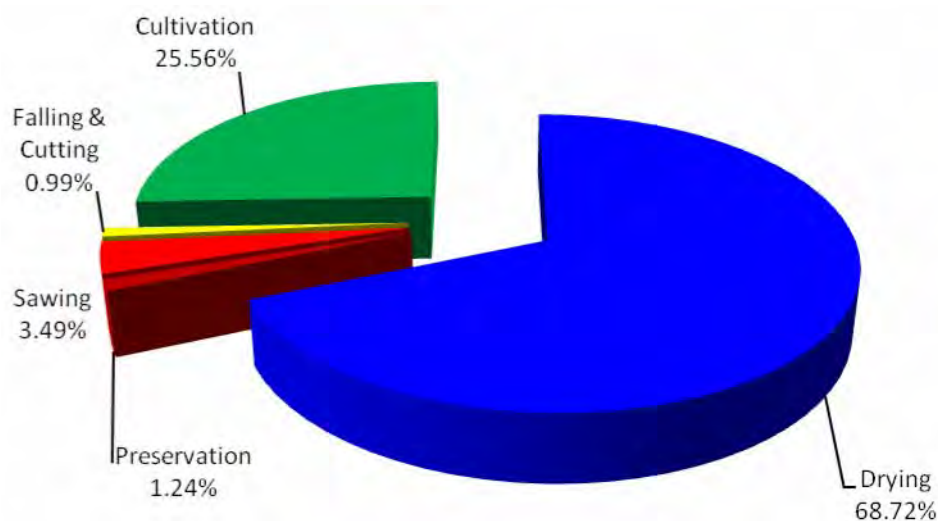
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg PO4--- eq	11.76769
	Remaining substances		kg PO4--- eq	0.332118
1	Nitrogen dioxide	Air	kg PO4--- eq	7.173315
2	Phosphate	Water	kg PO4--- eq	2.666538
3	Nitrogen oxides	Air	kg PO4--- eq	1.279481
4	Ammonia	Air	kg PO4--- eq	0.195105
5	Nitrogen oxides	Air	kg PO4--- eq	0.121136

รูปที่ 3.25 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลตลอดวัฏจักรชีวิต

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

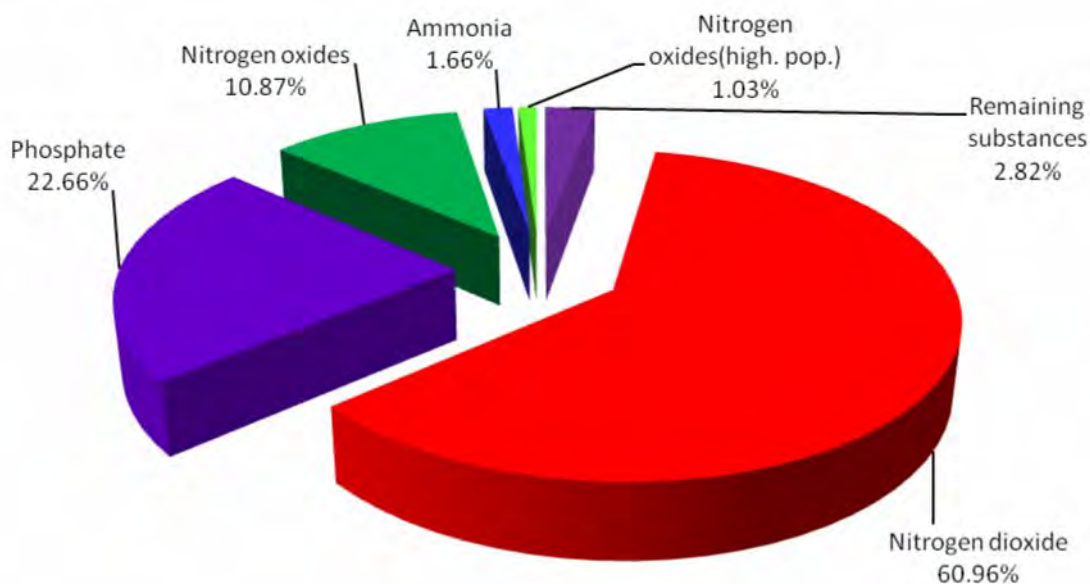


รูปที่ 3.26 ค่า ETP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.27 ค่า ETP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.5.3 ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)

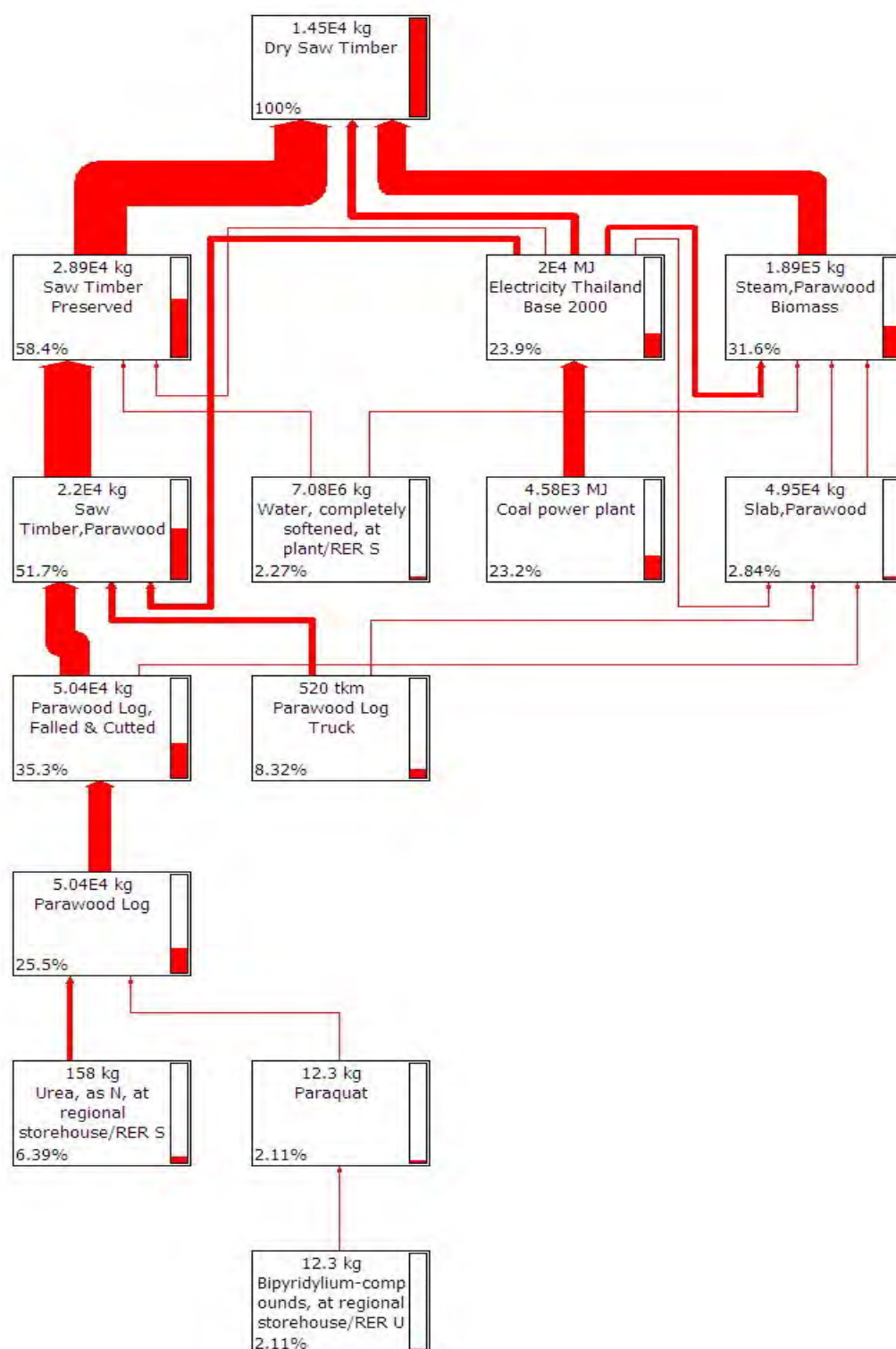
โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.28 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ถัดมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทปุ๋ยยูเรียในกระบวนการปลูก โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะโลกร้อนดังแสดงในรูปที่ 3.29 และ 3.30 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนตรัสออกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.7

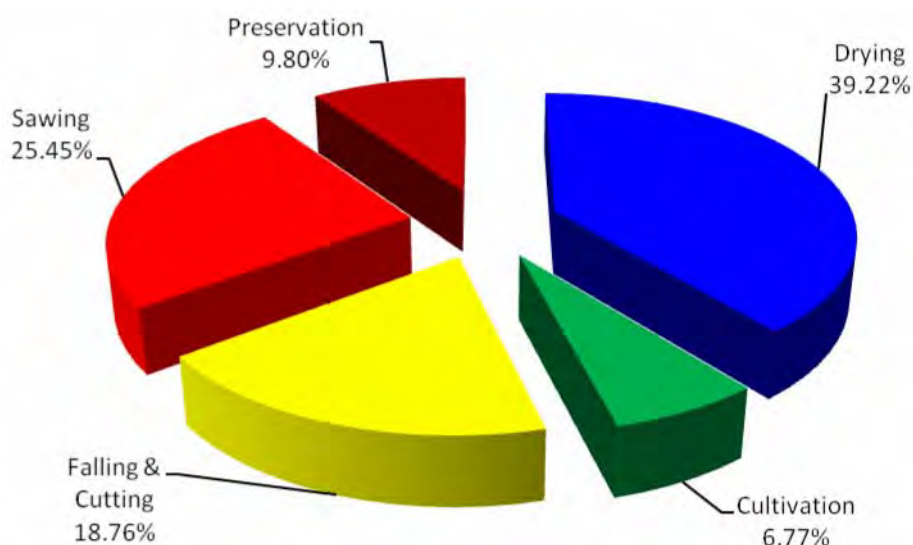
ตารางที่ 3.7 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg CO ₂ eq	8055.303727
	Remaining substances		kg CO ₂ eq	45.79707973
1	Carbon dioxide	Air	kg CO ₂ eq	1886.413173
2	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg CO ₂ eq	472.8635898
3	Carbon dioxide, fossil	Air	kg CO ₂ eq	1169.087679
4	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg CO ₂ eq	1469.273189
5	Dinitrogen monoxide	Air	kg CO ₂ eq	2061.678183
6	Methane, biogenic	Air	kg CO ₂ eq	950.1908332

รูปที่ 3.28 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

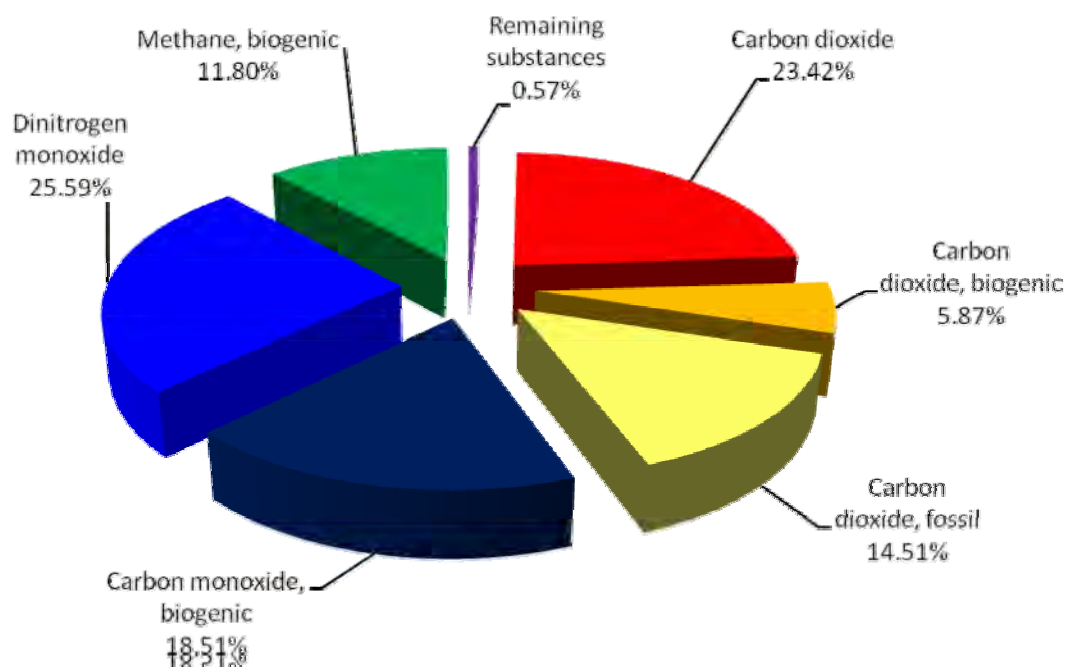


รูปที่ 3.29 ค่า GWP จำแนกตามกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.30 ค่า GWP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.5.4 การหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

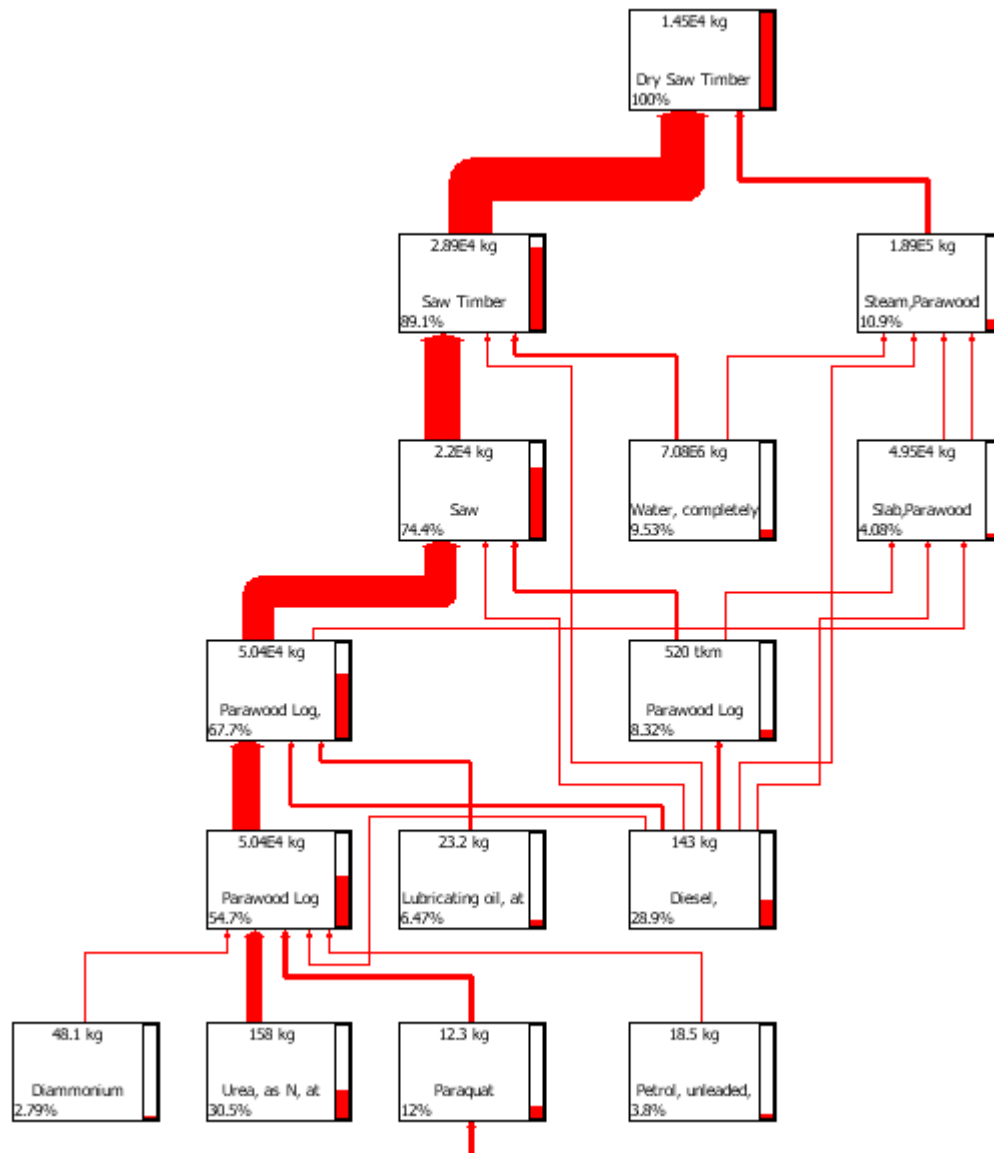
การหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.31 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการใช้แม่ปุยเป็นปุยยูเรียซึ่งอยู่ในกระบวนการปลูกไม้ยางพารา โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและจำแนกตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.32 และ 3.33 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซฮาโลน (Halon 1301) และปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

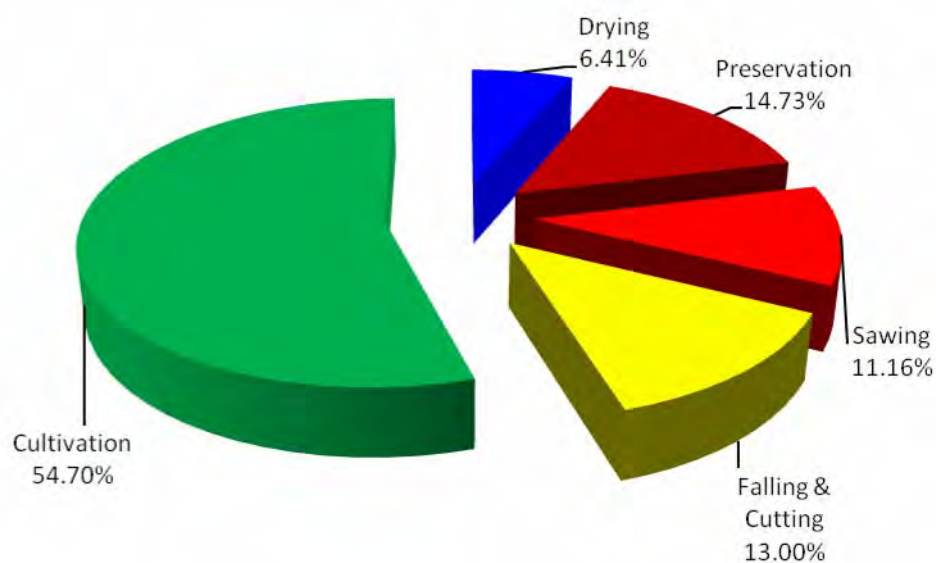
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg CFC-11 eq	0.00023
	Remaining substances		kg CFC-11 eq	3.04E-06
1	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	kg CFC-11 eq	0.000146
2	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	kg CFC-11 eq	6.46E-05
3	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	kg CFC-11 eq	1.55E-05

รูปที่ 3.31 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศตลอดวัฏจักรชีวิต

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

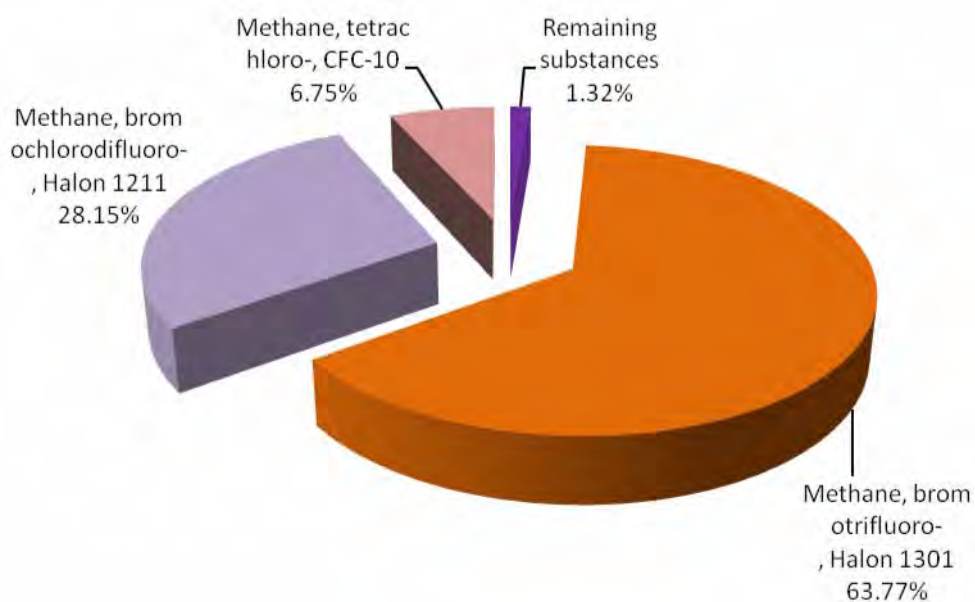


รูปที่ 3.32 ค่า ODP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.33 ค่า ODP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.5.5 การเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

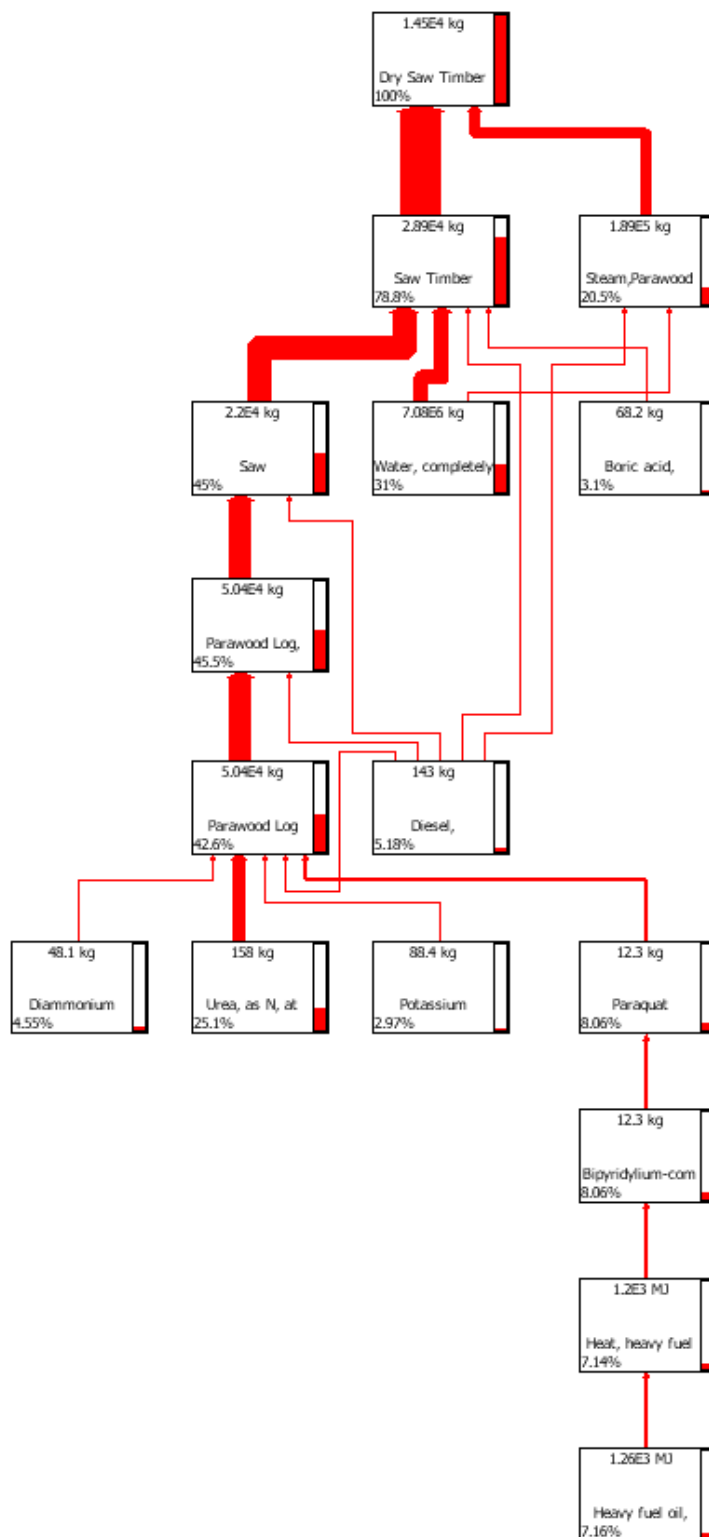
การเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.34 ซึ่งพบว่ากระบวนการปลูกเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด หากพิจารณาต่อเนื่องจากกระบวนการปลูกจะพบว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียและการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชจะเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ นอกจากนี้การผลิตน้ำ Soft เพื่อใช้ในกระบวนการอัดน้ำยาเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์เช่นกัน โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.35 และ 3.36 ซึ่งสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือโครเมียมและปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

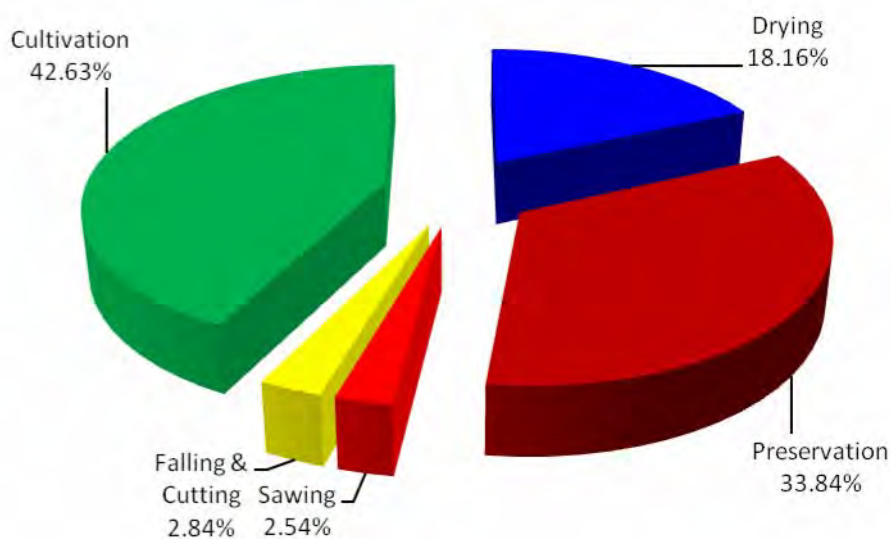
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg 1,4-DB eq	975.5185
	Remaining substances		kg 1,4-DB eq	118.6811
1	Chromium VI	Air	kg 1,4-DB eq	314.1306
2	Nickel	Air	kg 1,4-DB eq	76.61481
3	Nitrogen dioxide	Air	kg 1,4-DB eq	66.21522
4	Particulates, < 10 um (mobile)	Air	kg 1,4-DB eq	63.6484
5	Vanadium	Air	kg 1,4-DB eq	52.64575
6	Barite	Water	kg 1,4-DB eq	47.88548
7	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	kg 1,4-DB eq	41.86838
8	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	kg 1,4-DB eq	41.46511
9	Arsenic	Air	kg 1,4-DB eq	40.97198
10	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	kg 1,4-DB eq	29.87977
11	Vanadium, ion	Water	kg 1,4-DB eq	21.60511
12	Arsenic	Air	kg 1,4-DB eq	19.31157
13	Cadmium	Air	kg 1,4-DB eq	16.8584
14	Nickel	Air	kg 1,4-DB eq	11.92634
15	Nitrogen oxides	Air	kg 1,4-DB eq	11.81059

รูปที่ 3.34 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ตลอดวัฏจักรชีวิต

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

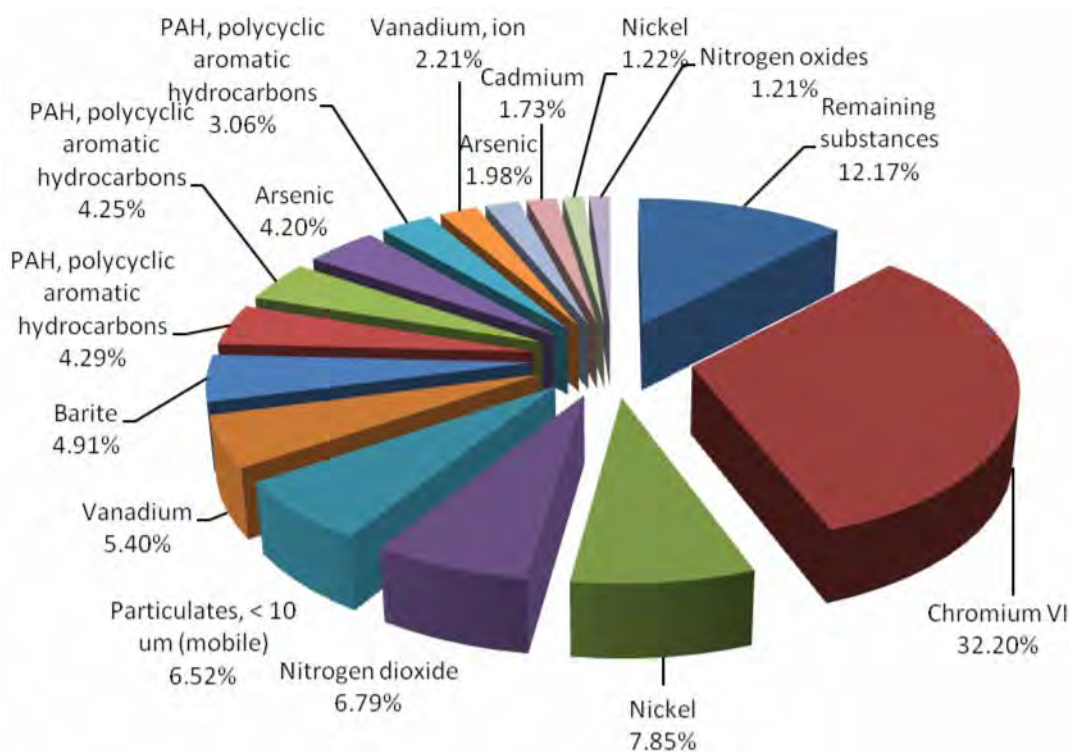


รูปที่ 3.35 ค่า HTP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.36 ค่า HTP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.5.6 การออกซิเดชั่นของแสง-เคมี (Photochemical Oxidation Potential)

โครงการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

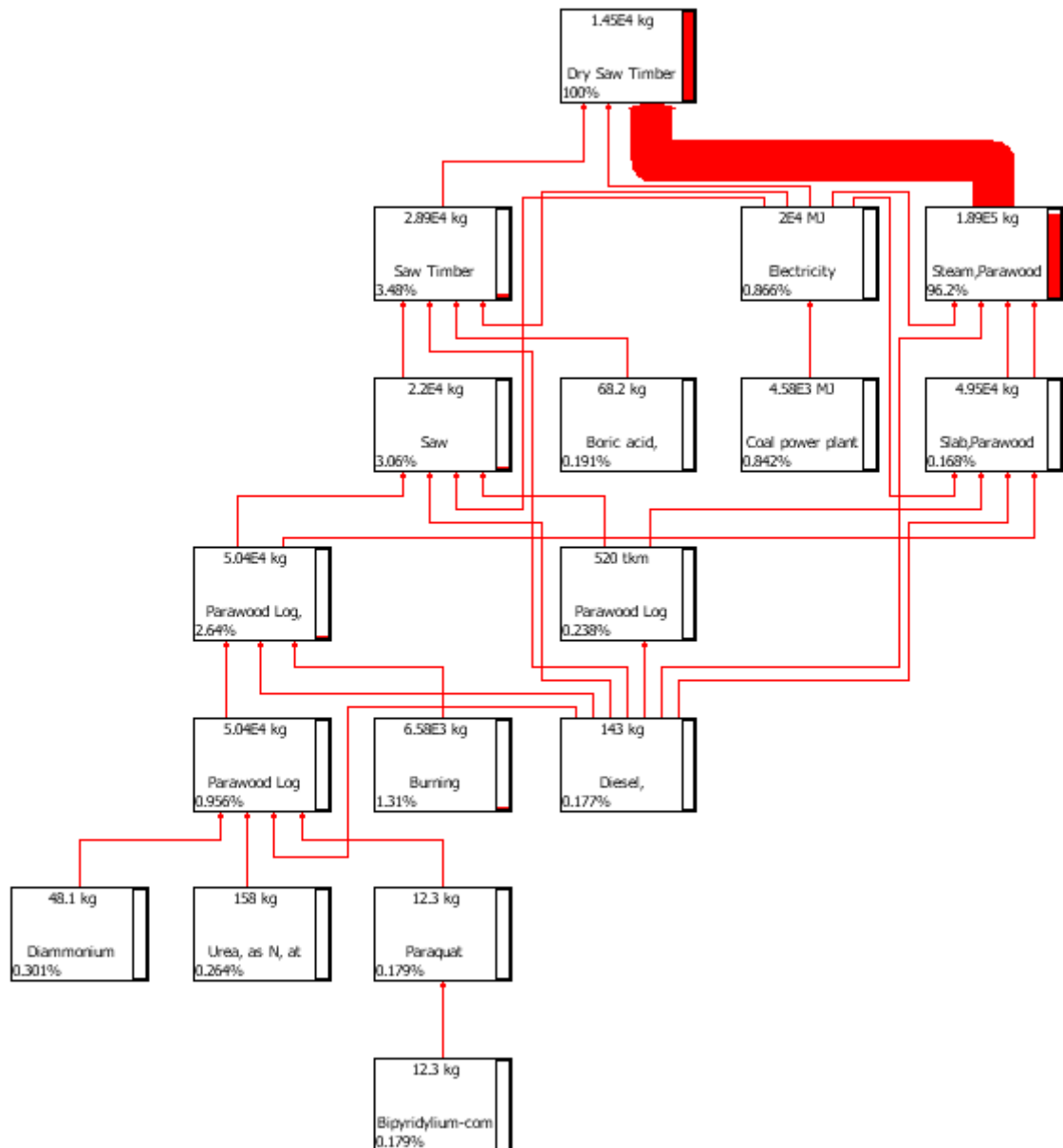
การออกซิเดชันของแสง-เคมี ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำนวน 1,000 ลูกบาศก์ฟุต แสดงในรูปที่ 3.37 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการผลิตไอน้ำซึ่งอยู่เป็นขั้นตอนย่อยของกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการออกซิเดชันของแสง-เคมี ดังแสดงในรูปที่ 3.38 และ 3.39 ซึ่งสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการออกซิเดชันของแสง-เคมี จากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต

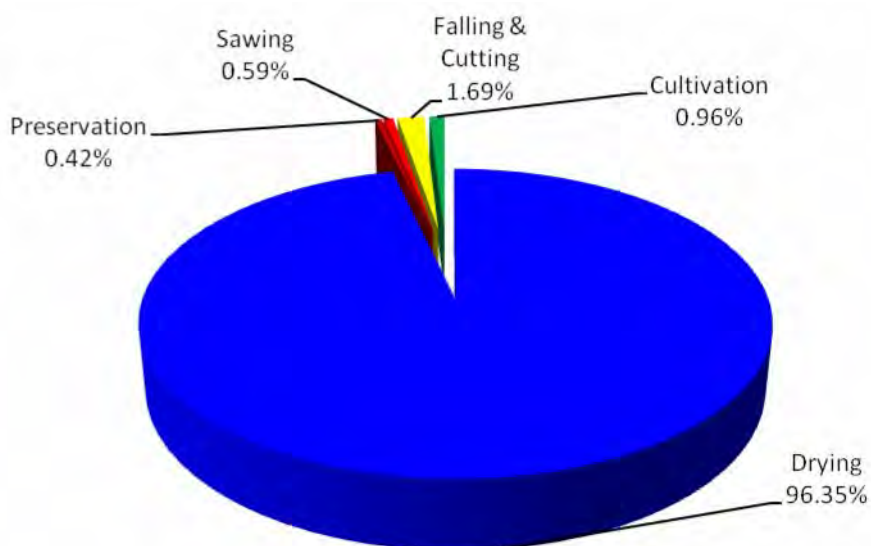
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg C ₂ H ₄	28.42705
	Remaining substances		kg C ₂ H ₄	0.647704
1	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg C ₂ H ₄	25.92819
2	Nitrogen dioxide	Air	kg C ₂ H ₄	1.545022
3	Sulfur dioxide	Air	kg C ₂ H ₄	0.30613

รูปที่ 3.37 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการออกซิเดชันของแสง-เคมี ตลอดวัฏจักรชีวิต

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

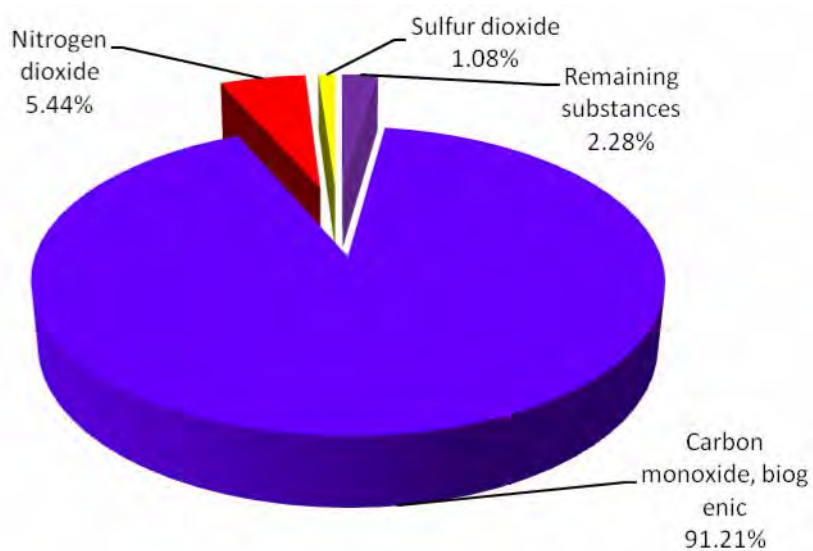


รูปที่ 3.38 ค่า POCP จำแนกตามกระบวนการผลิตตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ 3.39 ค่า POCP จำแนกตามมลสารตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป



Analyzing 14.5 ton 'Dry Saw Timber'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3.6 การแปลผลการศึกษา

จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ประเมินได้ทั้งหมดจำเป็นต้องมีการแปลผลการศึกษาเพื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาในขั้นตอนของการพัฒนาประสิทธิภาพเชิงนิเวศน์เศรษฐกิจต่อไป

จากผลกระทบด้านภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำที่พบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตก็จะพบว่าผลกระทบมาจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งมีการปล่อยมลสารที่เกี่ยวข้องคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลพบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตก็จะพบว่าผลกระทบมาจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งมีการปล่อยมลสารที่เกี่ยวข้องคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนมลสารประเภทฟอสเฟตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทไดแอมโมเนียมฟอสเฟตก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบวนการปลูกมีนัยสำคัญต่อผลกระทบด้านนี้เช่นเดียวกันแต่ทั้งนี้ค่าผลกระทบก็ยังน้อยกว่าขั้นตอนการผลิตไอน้ำ

ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนพบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำและมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีจำพวกปุ๋ยยูเรียในขั้นตอนของกระบวนการปลูกนั้นเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การเกิดภาวะโลกร้อนได้เช่นกัน

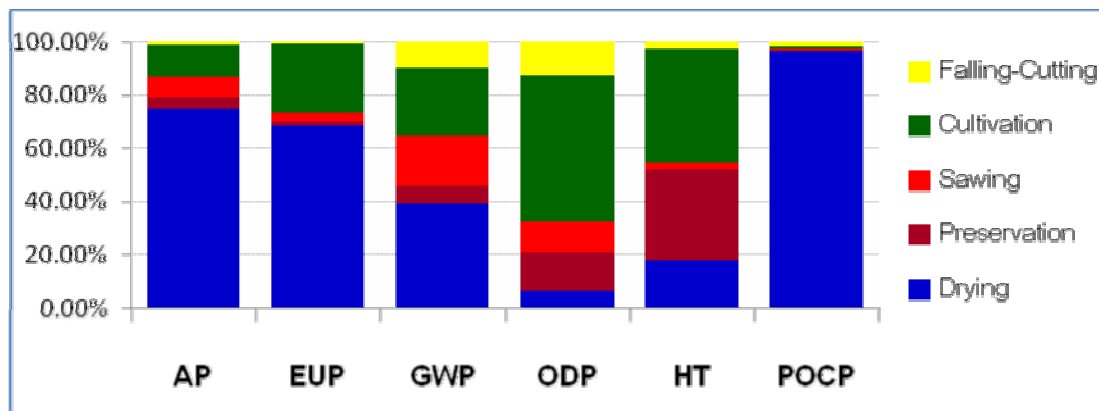
ผลกระทบต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศพบว่า กระบวนการปลูกเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งสาเหตุสำคัญมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทปุ๋ยยูเรียในขั้นตอนกระบวนการปลูกอย่างพารา

ผลกระทบต่อความเป็นพิษของมนุษย์ กระบวนการปลูกและกระบวนการอัดน้ำยา กระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการปลูกมีการใช้ปุ๋ยยูเรียและสารเคมีกำจัดวัชพืชจำพวกพาราควอต ส่วนกระบวนการอัดน้ำยานั้นขั้นตอนการผลิตน้ำ Soft จะมีผลกระทบต่อมนุษย์เนื่องจากการใช้สารเคมีในการปรับสภาพน้ำ

และประเด็นสุดท้ายผลกระทบต่อออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไอน้ำเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และมีการปล่อยมลสารพวกก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาซึ่งเป็นก๊าซที่เป็นมลสารสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านการออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี

จากการแปลผลการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปในเชิงเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.40

รูป 3.40 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต



อย่างไรก็ตาม การสรุปผลการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหา ดังแสดงในบทต่อไป

บทที่ 4

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการศึกษา (Sensitivity Analysis)

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เป็นกระบวนการที่ต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมากในการประมวลผลการศึกษา จึงทำให้การวิจัยงานด้านนี้มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อน ซึ่งในบางสถานการณ์การลงพื้นที่เพื่อสำรวจสภาพการดำเนินงานจริงเพื่อเก็บข้อมูลก็ไม่สามารถที่จะดำเนินการได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องอาศัยหลักการคำนวณทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์หรือต้องอาศัยข้อมูลหรือสมมติฐานจากการทดลองหรืองานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องมาเป็นข้อมูลประกอบการวิจัยเพื่อให้การประมวลผลมีความถูกต้องและครบถ้วนมากที่สุด จากความจำเป็นดังกล่าวทำให้การศึกษาวิจัยจะต้องมีการตรวจสอบความอ่อนไหวของผลการศึกษา (Sensitivity Analysis) จากตัวแปรหรือเงื่อนไขใดๆที่อาจจะมีผลกระทบต่อผลการศึกษา เพื่อความน่าเชื่อถือและเป็นพื้นฐานสำคัญในการอ้างอิงเพื่อวิจัยในขั้นต่อไป

การประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม่ยางพาราแปรรูปมีลักษณะการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการผลิตหลายภาคส่วนด้วยกันตั้งแต่กิจกรรมการเพาะปลูก กิจกรรมการตัดโค่นและขนส่ง และกิจกรรมการแปรรูปไม่ยางพารา ซึ่งแต่ละกิจกรรมการผลิตจะมีปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตและเป็นส่วนสำคัญในการประเมินข้อมูลทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลบางอย่างมีความอ่อนไหวทางเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลบางอย่างแปรผันกับเวลา เป็นต้น จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของผลการศึกษาจากปัจจัยต่างๆที่สนใจ ตัวอย่างเช่น การประเมินข้อมูลในเชิงปริมาณที่ต้องค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิต้องมีการกำหนดสมมติฐานการศึกษาให้สอดคล้องกับข้อมูลปฐมภูมิที่สำรวจมา เช่น งานวิจัยของอารักษ์ จันทูมาและคณะ (2006) เรื่องการเก็บรักษาสารคาร์บอนในสวนยางจะกล่าวถึงสวนยางที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่อายุต่างๆจะสามารถเก็บรักษาสารคาร์บอนได้ปริมาณเท่าใดซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของกระบวนการเพาะปลูกคือพันธุ์ยางพาราที่เกษตรกรใช้ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ RRIM 600 อายุยางพาราตั้งแต่ 19 – 25 ปี ดังนั้นปริมาณสารคาร์บอนดังกล่าวจึงควรจะถูกนำไปใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตไม่ยางพาราที่อายุการตัดโค่นต่างๆกันเพื่อทำการเปรียบเทียบผลกระทบด้านศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น ปัจจัยด้านอื่นๆที่มีอาจมีนัยสำคัญต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมก็ควรถูกพิจารณาความอ่อนไหวของผลการศึกษา เช่น กฎการปันส่วน ราคาผลิตภัณฑ์ต่อตัวประกอบการปันส่วน การคำนวณองค์ประกอบของปุ๋ยเคมี รูปแบบการขนส่ง เป็นต้น โดยรายละเอียดในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวมีดังต่อไปนี้

4.1 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีอายุยางพาราในการตัดโค่น

จากงานวิจัยของอารักษ์ จันทูมาและคณะ (2006) เรื่องการเก็บรักษาสารคาร์บอนในสวนยาง โดยทำการเก็บชิ้นส่วนยางพาราในแปลงทดลองเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารคาร์บอนในเนื้อไม้พบว่าในเนื้อไม้ยางพารามีสารคาร์บอนอยู่ประมาณ 45 % ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1. ปริมาณสารคาร์บอนจากชิ้นส่วนเศษซากพืชร่วงหล่นในแต่ละปี

ในแต่ละปีต้นยางมีการร่วงหล่นของเศษซากพืชต่าง ๆ ได้แก่ เศษซากใบ กิ่ง ก้าน ผล เมล็ด ที่ร่วงหล่น ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง ช่วงระยะเวลา 1 ปี ต้นยางอายุ 11-12 ปี, 15-17 ปี และ 20-21 ปี ทั้งปริมาณเศษซากประมาณ 1.295, 0.534 และ 0.336 เมตริกตัน/ไร่ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณสารคาร์บอนได้ 0.582, 0.240 และ 0.150 เมตริกตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ

2. ปริมาณสารคาร์บอนที่ได้จากการโค่นล้มต้นยางที่อายุต่างๆ

ปริมาณสารคาร์บอนในสวนยางพันธุ์ RRIM 600 ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นยางรอดตาย เพราะเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน การเก็บรักษาสารคาร์บอนในสวนยางที่มีจำนวนต้นยางรอดตายคือ ประมาณ 83 – 86 % พบว่า สวนยางอายุ 9, 12, 18 และ 25 ปี สามารถเก็บรักษาสารคาร์บอนได้ 8.32, 11.46, 15.44 และ 22.39 เมตริกตัน/ไร่ ตามลำดับ

นอกจากนี้ในสวนยาง นอกจากต้นยางที่เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนแล้ว ยังมีแหล่งอื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ดูดซับคาร์บอนเช่นเดียวกัน ได้แก่ ส่วนของดิน จากข้อมูลปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกยางพารา 28 ซุดดิน พบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 2.11 % บริเวณส่วนของดินบน (ระดับความลึก 30 ซม.) โดยในดินมีปริมาณสารคาร์บอน 7.84 เมตริกตัน/ไร่

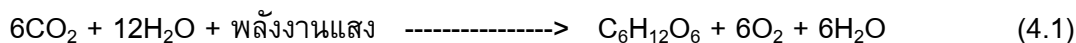
3. ปริมาณสารคาร์บอนที่สวนยางสามารถดูดซับได้ตลอดวงจรชีวิตของยางพารา

วงรอบหรือวงจรชีวิตของสวนยางประมาณ 25 ปี (ช่วงระยะยางอ่อนก่อนเปิดกรีต 7 ปี และระยะเวลาการกรีตยาง 18 ปี) พบว่า ส่วนของมวลชีวภาพของต้นยางสามารถดูดซับคาร์บอนประมาณ 21.24 เมตริกตัน/ไร่ ส่วนของเศษซากพืช 8.00 เมตริกตัน/ไร่

สำหรับผลผลิตน้ำยาง จากข้อมูลผลผลิตของยางพันธุ์ RRIM 600 มีอายุการกรีตยาง 18 ปี ผลผลิตเฉลี่ย 289 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือผลผลิตน้ำยางรวมตลอดอายุการกรีตยาง 5.2 เมตริกตัน/ไร่ มีปริมาณสารคาร์บอนร้อยละ 88 ในโมเลกุลไอโซพรีนของเนื้อยางแห้ง ยังไม่รวมยางจากเศษขี้ยางและเปลือกยางอีกร้อยละ 6 ของผลผลิตยาง สรุปได้ว่าส่วนของผลผลิตน้ำยางสามารถเก็บรักษาคาร์บอนตลอดอายุการกรีตยาง 4.57 เมตริกตัน/ไร่

ดังนั้นยางอายุ 25 ปี เมื่อคำนวณปริมาณสารคาร์บอนที่ถูกดูดซับในแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนของต้นยาง เศษซากพืช ผลผลิตน้ำยาง และดิน สามารถดูดซับสารคาร์บอนทั้งหมด 42.65 เมตริกตัน/ไร่ (จำนวนต้นยาง 66 ต้น/ไร่)

จากผลสรุปงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสามารถกำหนดสมมติฐานได้ว่าปริมาณสารคาร์บอนที่สวนยางพาราดูดซับนั้นได้มาจากต้นยางพาราที่ดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศเข้าไปทำการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ดังสมการ 4.1



โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจะรวมตัวกับน้ำโดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้นเกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต ก๊าซออกซิเจนและน้ำ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมทั้งยางพาราด้วย จากหลักการนี้จึงสามารถกำหนดสมมติฐานได้ว่า สารคาร์บอนในเนื้อไม้ยางพารา 1 กิโลกรัม จะมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 44/12 กิโลกรัม ส่วนการหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสารคาร์บอนในส่วนอื่นๆ คือ ดิน น้ำยางพารา และเศษซากพืชซากสัตว์ในสวนยางพาราก็จะใช้หลักการคำนวณเดียวกัน (วิธีการคำนวณโดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ฅ) ซึ่งสามารถสรุปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สวนยางพารา (ปันส่วนให้กับไม้ยางพารา) ดูดซับได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารคาร์บอนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สวนยางพาราดูดซับตลอดวัฏจักรชีวิตการปลูกยางพารา (ปันส่วนให้กับไม้ยางพารา)

อายุยางพารา (ปี)	ปริมาณสารคาร์บอน (ตัน/ไร่)	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน/ไร่)
19	21.06	77.23
20	22.04	80.80
21	23.01	84.37
22	23.99	87.96
23	24.96	91.52
24	25.93	95.07
25	26.89	98.60

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอายุยางพาราที่ทำการตัดโค่นตั้งแต่อายุ 19 – 25 ปี ต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อมพบว่าการเปลี่ยนแปลงอายุยางพารามีนัยสำคัญต่อค่า GWP เท่านั้น โดยเมื่ออายุการตัดโค่นยางพาราเพิ่มขึ้นจากปีฐาน (22 ปี) ค่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า GWP ตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าลดลง เมื่ออายุการตัดโค่นยางพาราลดลงจากปีฐาน ค่าการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงมีผลทำให้ค่า GWP

ตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของความอ่อนไหวของการศึกษาในกรณีอายุการตัดโค่นยางพารามีค่าไม่สูงมากนัก

ตารางที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงค่า GWP ที่อายุยางพารา 19 – 25 ปี

Life Span	CO ₂ Sequestration ¹ (ton)	% CO ₂ Change	GWP (kg CO ₂)	% GWP Change
19	136.55	-12.21%	-73,664.49	15.89%
20	142.90	-8.13%	-78,322.17	10.58%
21	149.24	-4.06%	-82,969.53	5.27%
22	155.55	0.00%	-87,585.91	0.00%
23	161.85	4.05%	-92,202.28	-5.27%
24	168.13	8.09%	-96,808.33	-10.53%
25	174.40	12.12%	-10,1404.05	-15.78%

^{1/} ปริมาณการดูดซับต่อต่อ 1.77 ไร่ (ปันส่วนสำหรับไม้ยางพารา)

อย่างไรก็ตามการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ควรทำเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมระหว่างผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ในบทที่ 3 ดังนั้นผลการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของการ Characterization ในแต่ละกระบวนการผลิตจึงควรถูกพิจารณาด้วย จากตารางที่ 4.3 เมื่ออายุการตัดโค่นยางพาราเพิ่มขึ้นจากปีฐาน (22 ปี) การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ของกระบวนการอบแห้ง กระบวนการอัดน้ำยาและกระบวนการเลื่อยมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนกระบวนการตัดโค่นและกระบวนการปลูกมีค่าลดลง เมื่ออายุการตัดโค่นยางพาราลดลงจากปีฐาน การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ของกระบวนการอบแห้ง กระบวนการอัดน้ำยาและกระบวนการเลื่อยมีค่าลดลง ส่วนกระบวนการตัดโค่นและกระบวนการปลูกมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่สัดส่วนค่า Characterization ที่เปลี่ยนแปลงมีค่าสูงสุดที่ 3.43% และต่ำสุดที่ -4.80% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความอ่อนไหวในกรณีอายุการตัดโค่นยางพารามีความอ่อนไหวค่อนข้างน้อยและไม่ได้มีนัยสำคัญ เนื่องจากว่าอายุยางพาราที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าวอัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (ตารางที่ 4.2) มีค่าพิสัยอยู่ที่ประมาณ $\pm 12\%$ ซึ่งไม่สูงมากนัก

ตารางที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละกระบวนการผลิต
ที่อายุยางพารา 19 – 25 ปี

Life Span	% Characterization Change				
	Drying	Preservation	Sawing	Falling & Cutting	Cultivation
19	-4.56%	-0.12%	-0.33%	0.42%	4.58%
20	-2.85%	-0.07%	-0.20%	0.27%	2.87%
21	-1.34%	-0.03%	-0.10%	0.13%	1.34%
22	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
23	1.21%	0.03%	0.09%	-0.10%	-1.22%
24	2.30%	0.06%	0.16%	-0.21%	-2.31%
25	3.29%	0.08%	0.24%	-0.29%	-3.32%

หมายเหตุ การใช้ผลงานวิจัยของ อาร์ักษ์ จันทูมาและคณะ (2006) เพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของอายุยางพาราในการตัดโค่นที่มีต่อศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนนั้น เพื่อชี้ให้เห็นผลได้จากการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการปลูกพืชเศรษฐกิจ แต่หากต้องการนำเอาผลการวิเคราะห์นี้ไปใช้ประโยชน์ในการขอคาร์บอนเครดิต (Carbon Credit) จากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism) ในกรณีโครงการปลูกป่าเพื่อดูดซับสารคาร์บอนนั้นการวิเคราะห์จะต้องทำตามระเบียบของ IPCC เช่น ต้องสามารถพิสูจน์ได้ว่าพื้นที่ที่ทำการปลูกป่าเพื่อขอคาร์บอนเครดิตนั้นต้องเป็นพื้นที่ที่ได้รับการพิสูจน์ว่าไม่เคยมีการปลูกป่าหรือพืชถาวรมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 50 ปี (<http://cdm.unfccc.int>) เป็นต้น

4.2 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ยในการคำนวณ

จากการสำรวจข้อมูลกระบวนการเพาะปลูก เกษตรกรทั้งหมดมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการดูแลบำรุงรักษาทางพาราเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำยางที่สูง ปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่ในตลาดที่เกษตรกรใช้เป็นปุ๋ยที่บ่งบอกองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในรูปของสูตรปุ๋ย เช่น ปุ๋ยสูตร 15 - 15 - 15 ปุ๋ยสูตร 20 - 8 - 20 เป็นต้น การคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อมจึงต้องเปลี่ยนสูตรปุ๋ยเหล่านี้ให้เป็นสูตรสารเคมีของปุ๋ย ซึ่งวิธีการคำนวณมี 2 รูปแบบคือ คือการคำนวณให้อยู่ในรูปของแม่ปุ๋ยได้แก่ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) ยูเรีย (Urea) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (MOP) และการคำนวณให้อยู่ในรูปของธาตุอาหารได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก) ผลสรุปจากข้อมูลการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรสามารถคำนวณออกมาเป็นแม่ปุ๋ยและธาตุอาหารได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 ปริมาณปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้ตลอดวัฏจักรชีวิตการปลูกยางพารา

ปริมาณปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)					
แยกตามปริมาณธาตุอาหาร			แยกตามปริมาณแม่ปุ๋ย		
N	P	K	DAP	Urea	MOP
413.34	114.46	272.94	244.92	805.50	454.90

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ย แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อใช้ปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ย (N-P-K) เป็นฐานในการคำนวณ ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้าน ภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล การหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ และความเป็นพิษต่อมนุษย์มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงโดยค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไป -21.19% -35.75% และ 32.11% ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการ Characterization ของแต่ละกระบวนการผลิต ในตารางที่ 4.6 โดยผลกระทบด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลมีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงสำหรับกระบวนการอบแห้งและกระบวนการปลูก ผลกระทบด้านการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศมีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงสำหรับกระบวนการปลูก และผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงสำหรับกระบวนการอัดน้ำยาและกระบวนการปลูก ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าองค์ประกอบปุ๋ยทั้ง 2 รูปแบบมาจากฐานข้อมูลที่แตกต่างกันจึงทำให้ค่าผลกระทบที่อ้างถึงมีความอ่อนไหวค่อนข้างมาก โดยที่ปุ๋ยที่คำนวณโดยใช้ปริมาณธาตุอาหาร (N-P-K) จะใช้ฐานข้อมูลของ LCA Food D/K ส่วนปุ๋ยที่คำนวณโดยใช้ปริมาณแม่ปุ๋ยใช้ฐานข้อมูลของ Eco-

invent ETH 96 ซึ่งการใช้ฐานใดในการคำนวณนั้นขึ้นอยู่กับสมมติฐานของการศึกษา ในการศึกษานี้ตั้งสมมติฐานว่าปริมาณปุ๋ยตามท้องตลาดได้จากการผสมจากแม่ปุ๋ย (ดูในภาคผนวก ก) จึงควรใช้ฐานข้อมูลของ Eco-invent ETH 96 เป็นฐานในการคำนวณผลกระทบสิ่งแวดล้อม จึงจะเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.5 ความอ่อนไหวของผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ย

Impact category	Unit	Type of Fertilizer		% Change
		DAP-Urea-MOP	N-P-K	
AP	kg SO ₂ eq	48.88	47.90	-2.00%
ETP	kg PO ₄ --- eq	11.77	9.27	-21.19%
GWP100	kg CO ₂ eq	8,055.30	8,265.43	2.61%
ODP	kg CFC-11 eq	0.00023	0.000147	-35.75%
HTP	kg 1,4-DB eq	975.52	662.29	-32.11%
PTCO	kg C ₂ H ₄	28.43	28.34	-0.32%

ตารางที่ 4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละกระบวนการผลิต กรณีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบปุ๋ย

Impact category	Drying	Preservation	Sawing	Falling & Cutting	Cultivation
AP	1.52%	0.09%	0.15%	0.03%	-1.80%
ETP	18.47%	0.33%	0.94%	0.27%	-20.01%
GWP100	-1.00%	-0.17%	-0.48%	-0.25%	1.90%
ODP	3.56%	8.20%	6.21%	7.24%	-25.21%
HTP	8.59%	16.00%	1.20%	1.34%	-27.13%
PTCO	0.31%	0.00%	0.00%	0.01%	-0.31%

4.3 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพารา

ในขั้นตอนการตัดโค่นประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างหนึ่งคือการเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้ยางพาราของกลุ่มผู้รับเหมาตัดโค่นยางพาราเพราะรากไม้และกิ่งไม้ยางพาราไม่นิยมนำไปใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเชื้อเพลิงในโรงอบไม้ยางพาราเนื่องจากรากไม้ต้องผ่านกระบวนการย่อยทำให้เล็กลง ส่วนกิ่งไม้นั้นยังไม่คุ้มค่าในการขนส่งและเกษตรกรเองก็มีความต้องการที่จะเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้เพื่อปรับสภาพพื้นที่สำหรับการปลูกยางพาราใหม่เช่นกัน ดังนั้นการนำรากไม้และกิ่งไม้ยางพารากลับมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันนั้นจึงยังไม่มีวิธีการที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการหาแนวทางที่จัดการกับรากไม้ยางพาราแทนการเผาทิ้งนับว่าเป็นทางเลือกที่ควรริเริ่มทำการศึกษาในขั้นต่อไป ดังนั้นการศึกษาความอ่อนไหวของกรณีนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเสนอผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตไม้ยางพาราแปรรูปเมื่อลดการเผาทิ้งรากไม้และกิ่งไม้ยางพารา ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ที่อัตราส่วนต่างๆมีทิศทางลดลงแต่การเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยมาก โดยที่อัตราส่วนการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ 100% จะมีผลทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมลดลงสูงสุดเพียง 1.31% สำหรับผลกระทบด้านการออกซิเดชันของแสง-เคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.8 แต่อย่างไรก็ตามการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพาราแทนการเผาทิ้งก็นับได้ว่ามีส่วนช่วยลดมลภาวะจากการเกิดมลสารอื่นๆจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือว่าชดเชยกับการดูดซับในขั้นตอนของการปลูก) เป็นต้น จึงอาจกล่าวได้ว่าการส่งเสริมให้ใช้ประโยชน์จากรากไม้และกิ่งไม้ยางพาราทางใดทางหนึ่งย่อมเกิดประโยชน์มากกว่าการเผาทำลายในพื้นที่ภายหลังตัดโค่นยางพาราอย่างแน่นอน

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีการ Recycle รากไม้และกิ่งไม้
อย่างพารา

% Recycle	Impact category					
	AP ^{1/}	ETP ^{2/}	GWP ^{3/}	ODP ^{4/}	HTP ^{5/}	POPC ^{6/}
0%	48.88	11.77	8,055.30	0.00023	975.82	28.43
10%	48.85	11.76	8,051.57	0.00023	975.75	28.39
20%	48.82	11.75	8,047.84	0.00023	975.68	28.35
30%	48.79	11.74	8,044.11	0.00023	975.61	28.32
40%	48.76	11.74	8,040.37	0.00023	975.54	28.28
50%	48.73	11.73	8,036.64	0.00023	975.47	28.24
60%	48.71	11.72	8,032.91	0.00023	975.40	28.20
70%	48.68	11.71	8,029.17	0.00023	975.33	28.17
80%	48.65	11.71	8,025.44	0.00023	975.26	28.13
90%	48.62	11.70	8,021.71	0.00023	975.19	28.09
100%	48.59	11.69	8,017.97	0.00023	975.12	28.05

^{1/} Acidification ; kg SO₂ eq

^{2/} Eutrophication ; kg PO₄--- eq

^{3/} Global warming (GWP100) ; kg CO₂ eq

^{4/} Ozone layer depletion (ODP) ; kg CFC-11 eq

^{5/} Human toxicity ; kg 1,4-DB eq

^{6/} Photochemical oxidation; kg C₂H₄

ตารางที่ 4.8 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อความอ่อนไหวของการ
Recycle รากไม้และกิ่งไม้ยางพารา

% Recycle	% Change of Impact category					
	AP	ETP	GWP	ODP	HTP	POPC
0%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	-0.06%	-0.07%	-0.05%	0.00%	-0.01%	-0.13%
20%	-0.12%	-0.13%	-0.09%	0.00%	-0.01%	-0.26%
30%	-0.18%	-0.19%	-0.14%	0.00%	-0.02%	-0.39%
40%	-0.24%	-0.26%	-0.19%	0.00%	-0.03%	-0.53%
50%	-0.30%	-0.33%	-0.23%	0.00%	-0.04%	-0.66%
60%	-0.36%	-0.39%	-0.28%	0.00%	-0.04%	-0.79%
70%	-0.42%	-0.46%	-0.32%	0.00%	-0.05%	-0.92%
80%	-0.48%	-0.52%	-0.37%	0.00%	-0.06%	-1.05%
90%	-0.54%	-0.58%	-0.42%	0.00%	-0.07%	-1.18%
100%	-0.60%	-0.65%	-0.46%	0.00%	-0.07%	-1.31%

4.4 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงสัดส่วนรูปแบบการขนส่ง

การขนส่งไม่ทางพาราทอนจากสวนยางพาราสู่โรงงานนั้นผู้รับเหมาจะใช้รูปแบบการขนส่ง 3 รูปแบบคือ รถกระบะ รถตอนไม้และรถหกล้อ โดยการสำรวจข้อมูลปัจจุบันผู้รับเหมามีส่วนการใช้รถกระบะมากที่สุดคือ 58.82% รองลงมาคือรถตอนไม้ 23.35% และรถหกล้อ 17.65% ซึ่งสัดส่วนการใช้รถบรรทุกแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านความสะดวกของผู้รับเหมาและภูมิประเทศ

สำหรับการตรวจสอบความอ่อนไหวในกรณีนี้กระทำภายใต้สมมติฐานการที่ว่าสัดส่วนของรถตอนไม้คิดเป็น 0 %และมุ่งศึกษาไปที่สัดส่วนของรถกระบะและรถหกล้อเป็นสำคัญ เนื่องจากรถกระบะและรถหกล้อเป็นรถที่ผู้รับเหมานิยมใช้ในการขนส่งเป็นหลัก ส่วนกรณีของรถตอนไม้จะไม่ใช้ในการขนส่งในพื้นที่ที่ยากแก่การเข้าถึงของรถกระบะและรถหกล้อ ผลสรุปของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของสัดส่วนรูปแบบการขนส่ง แสดงในตารางที่ 4.9

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 พบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีค่าใกล้เคียงกันทุกๆด้านและมีต่อการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่เงื่อนไขการบรรทุกเดียวกันแต่แตกต่างกันที่รูปแบบการขนส่ง พบว่าความอ่อนไหวมากที่สุดที่เกิดขึ้น 0.23% 0.09% -2.41% 3.81% 0.67% และ0.11% สำหรับผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารพืชในน้ำ เกินสมดุล การเกิดภาวะโลกร้อน การหายไปของชั้นโอโซน ความเป็นพิษต่อมนุษย์ การออกซิเดชันของแสง-เคมี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าความอ่อนไหวในกรณีนี้มีค่าน้อยมาก

ตารางที่ 4.9 การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง

Truck Ratio ^{1/}	Impact category					
	AP ^{2/}	ETP ^{3/}	GWP ^{4/}	ODP ^{5/}	HTP ^{6/}	POPC ^{7/}
0P100S	48.81	11.76	7,861.36	0.000224	971.51	28.41
10P90S	48.82	11.76	7,891.49	0.000225	972.16	28.41
20P80S	48.83	11.76	7,921.86	0.000226	972.81	28.41
30P70S	48.84	11.76	7,948.93	0.000226	973.46	28.42
40P60S	48.85	11.76	7,979.06	0.000227	974.11	28.42
50P50S	48.86	11.77	8,006.36	0.000228	974.76	28.42
60P40S	48.87	11.77	8,036.49	0.000229	975.41	28.43
70P30S	48.89	11.77	8,066.85	0.000230	976.06	28.43
80P20S	48.90	11.77	8,093.92	0.000231	976.71	28.43
90P10S	48.91	11.77	8,124.04	0.000232	977.36	28.43
100P0S	48.92	11.77	8,154.41	0.000232	978.01	28.44

^{1/} สัดส่วนการบรรทุก เช่น 0P100S หมายถึง ในการบรรทุก 1 ไร่ จะขนส่งโดยรถกระบะ 0% และขนส่งโดยรถหกล้อ 100% เป็นต้น

^{2/} Acidification ; kg SO₂ eq

^{3/} Eutrophication ; kg PO₄--- eq

^{4/} Global warming (GWP100) ; kg CO₂ eq

^{5/} Ozone layer depletion (ODP) ; kg CFC-11 eq

^{6/} Human toxicity ; kg 1,4-DB eq

^{7/} Photochemical oxidation ; kg C₂H₄

ตารางที่ 4.10 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อความอ่อนไหวของการ
เปลี่ยนแปลงรูปแบบการขนส่ง

Truck Ratio	% Change of Impact category					
	AP	ETP	GWP	ODP	HTP	POPC
0P100S	0.00%	0.00%	-2.41%	0.00%	0.00%	0.00%
10P90S	0.02%	0.01%	-2.03%	0.38%	0.07%	0.01%
20P80S	0.05%	0.02%	-1.66%	0.76%	0.13%	0.02%
30P70S	0.07%	0.03%	-1.32%	1.14%	0.20%	0.03%
40P60S	0.09%	0.04%	-0.95%	1.53%	0.27%	0.04%
50P50S	0.12%	0.05%	-0.61%	1.91%	0.33%	0.05%
60P40S	0.14%	0.06%	-0.23%	2.29%	0.40%	0.06%
70P30S	0.16%	0.07%	0.14%	2.67%	0.47%	0.07%
80P20S	0.19%	0.08%	0.48%	3.05%	0.54%	0.09%
90P10S	0.21%	0.09%	0.85%	3.43%	0.60%	0.10%
100P0S	0.23%	0.09%	1.23%	3.81%	0.67%	0.11%

4.5 การตรวจสอบความอ่อนไหวกรณีเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน

ค่าตัวประกอบการปันส่วนอาจหาค่าได้ 2 วิธีคือการใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการใช้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้มาคำนวณสัดส่วน ซึ่งวิธีการทั้งสองจะให้ค่าตัวประกอบที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และอาจจะทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ค่าตัวประกอบการปันส่วนเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และน้ำหนักผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้

กระบวนการปลูก	มูลค่า	น้ำหนัก	ค่าตัวประกอบการปันส่วน	
	บาท/ไร่	ตัน/ไร่	มูลค่า	น้ำหนัก
1. ไม้ยางพารา	40,000	46.110	0.14	0.72
2. น้ำยางพารา	241,829	17.813	0.86	0.28
กระบวนการตัดโค่น	มูลค่า	น้ำหนัก	ค่าตัวประกอบการปันส่วน	
	บาท/ตัน	ตัน/ไร่	มูลค่า	น้ำหนัก
1. ไม้ท่อน > 6 นิ้ว	1,426	28.8	0.77	0.63
2. ปลายไม้	909	13.5	0.23	0.29
3. รากไม้และกิ่งไม้	0	3.7	0	0.08
กระบวนการแปรรูป	มูลค่า	น้ำหนัก	ค่าตัวประกอบการปันส่วน	
	บาท/ตัน	ตัน/หน่วย	มูลค่า	น้ำหนัก
1. ไม้แปรรูป	10,769.23	48.07	0.964	0.45
2. ปีกไม้	250	47.00	0.022	0.44
3. ขี้เลื่อย	150	11.49	0.013	0.11

ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวกรณีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อใช้ Mass Allocation เป็นฐานในการคำนวณ ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้าน ภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารฟอสในน้ำเกินสมดุล การเกิดภาวะโลกร้อน การหายไปของชั้นโอโซน ความเป็นพิษต่อมนุษย์ มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงมากโดยค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปเท่ากับ 92.96% 194.62% -39.81% 421.47% และ 323.07% ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวนี้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของการ Characterization ของแต่ละกระบวนการผลิตในตารางที่ 4.13 โดยค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารฟอสในน้ำเกินสมดุล และการเกิดภาวะโลกร้อน มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงในกระบวนการ

อบแห้งและกระบวนการปลูก ผลกระทบด้านการหายไปของชั้นโอโซนมีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงในกระบวนการปลูก และผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงในกระบวนการปลูกและการอัดน้ำยา ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าค่าตัวประกอบของ Mass Allocation และ Economic Allocation มีค่าต่างกันมากจึงทำให้ผลวิเคราะห์ที่ได้มีความแตกต่างกันสูง

ตารางที่ 4.12 ความอ่อนไหวของผลกระทบสิ่งแวดล้อมกรณีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน

Impact category	Unit	Allocation		% Change
		Economic	Mass	
AP	kg SO ₂ eq	48.88	94.32	92.96%
ETP	kg PO ₄ --- eq	11.77	34.67	194.62%
GWP100	kg CO ₂ eq	8,055.30	4,848.74	-39.81%
ODP	kg CFC-11 eq	0.00023	0.00120	421.47%
HTP	kg 1,4-DB eq	975.52	4127.10	323.07%
PTCO	kg C ₂ H ₄	28.43	30.73	8.11%

ตารางที่ 4.13 ผลการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนค่า Characterization ในแต่ละกระบวนการผลิตกรณีการเปลี่ยนแปลงวิธีการปันส่วน

Impact category	Drying	Preservation	Sawing	Falling & Cutting	Cultivation
AP	-31.63%	-2.15%	-5.75%	5.50%	34.03%
ETP	-44.07%	-0.82%	-2.94%	8.00%	39.83%
GWP100	-20.75%	-4.69%	-16.08%	-0.57%	49.96%
ODP	-2.78%	-11.90%	-10.16%	0.45%	24.40%
HTP	-13.19%	-25.84%	-2.26%	7.92%	33.37%
PTCO	-6.61%	-0.03%	-0.34%	1.27%	5.71%

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาด

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลกระทบสิ่งแวดล้อมชั้นกลางของการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต ตามแบบจำลองของ CML 2 Baseline 2000 V 2.03

Impact Categories	Quantity	Reference	Significant Substance
ภาวะความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (acidification), AP	48.88	(kg of SO ₂ equivalents)	Nitrogen dioxide
การมีสารอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (eutrophication), EP	11.77	(kg of PO ₄ equivalents)	Nitrogen dioxide
การเกิดภาวะโลกร้อน (global warming), GWP	8,055.30	(kg of CO ₂ -equivalents)	Carbon dioxide
การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (ozone layer depletion), ODP	0.00023	(kg of CFC-11 equivalents)	Halon 1301
ความเป็นพิษต่อมนุษย์ (human toxicity), HTP	975.52	(kg of 1,4-DB equivalents)	Chromium VI
การออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (photochemical oxidation), POCP	28.43	(kg of C ₂ H ₄)	Carbon monoxide

ผลกระทบด้านภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำพบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตก็จะพบว่าผลกระทบมาจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งมีการปล่อยมลสารที่เกี่ยวข้องคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลพบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตก็จะพบว่าผลกระทบมาจากกระบวนการผลิตไอน้ำซึ่งมีการปล่อยมลสารที่เกี่ยวข้องคือ

ไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ส่วนมลสารประเภทฟอสเฟตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทไดแอมโมเนียมฟอสเฟตก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระบวนการปลูกมีนัยสำคัญต่อผลกระทบด้านนี้เช่นเดียวกันแต่ทั้งนี้ค่าผลกระทบก็ยังน้อยกว่าขั้นตอนการผลิตไอน้ำ

ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนพบว่า กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในหม้อไอน้ำและมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด

ผลกระทบต่อการใช้ของชั้นโอโซนพบว่ากระบวนการปลูกเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งสาเหตุสำคัญมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีประเภทปุ๋ยยูเรียในขั้นตอนกระบวนการปลูกยางพารา

ผลกระทบต่อความเป็นพิษของมนุษย์พบว่ากระบวนการปลูกและกระบวนการอัดน้ำยาเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการปลูกมีการใช้ปุ๋ยยูเรียและสารเคมีกำจัดวัชพืชจำพวกพาราควอต ส่วนกระบวนการอัดน้ำยานั้นขั้นตอนการผลิตน้ำ Soft จะมีผลกระทบต่อมนุษย์เนื่องจากการใช้สารเคมีในการปรับสภาพน้ำ

และประเด็นสุดท้ายผลกระทบต่ออากาศได้ขึ้นจากปฏิกิริยาแสง-เคมี กระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากในขั้นตอนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตไอน้ำเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และมีการปล่อยมลสารพวกก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมา ซึ่งเป็นมลสารสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี

5.2 ข้อเสนอแนะทางเทคโนโลยีสะอาด

บทสรุปของการศึกษาวิจัยชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปคือการบ่งชี้ว่ากระบวนการหรือกิจกรรมใด ๆ ในการผลิตต่าง ๆ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลกในปริมาณเท่าใด และขั้นตอนใดมีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและเพื่อให้ผลการศึกษามีความสมบูรณ์การเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยหลักการที่เป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้คือหลักการทางเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology) ซึ่งได้รับการยอมรับว่าสามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืนและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงนิเวศวิทยาทางเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เอื้อประโยชน์ต่อทุกฝ่ายในลักษณะ Win-Win Concept

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้เริ่มมีการพัฒนาหลักการของเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology หรือ CT) หรือการผลิตที่สะอาด (Cleaner Production หรือ CP) หรือการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention หรือ P2) หรือการลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization) ซึ่งคำดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดมีความหมายใกล้เคียงกันคือ การพัฒนา เปลี่ยนแปลง ปรับปรุง

อย่างต่อเนื่องของกระบวนการผลิตและการบริการโดยมีแนวคิดด้านการป้องกันหรือลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ซึ่งเป็นปฏิบัติการเชิงรุกใช้การพิจารณาที่แหล่งกำเนิดของของเสีย โดยศึกษาเข้าไปในกระบวนการผลิต ใช้พื้นฐานความรู้ของศาสตร์ทางวิศวกรรม การทำดุลมวลสารและดุลพลังงาน ของหน่วยปฏิบัติการเฉพาะหน่วย (Unit Operations) ต่างๆ ในกระบวนการผลิตวิธีการนี้จะทำให้ได้ข้อเสนอทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT-Options) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นทางเลือกที่ทำให้ลดค่าใช้จ่าย ลดของเสีย เพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพ ให้ผลิตภัณฑ์ ประหยัดพลังงาน ลดความเสี่ยง และประหยัดทรัพยากร (Resource conserving) โดยรวม

การนำเสนอทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตไม่ยุ่งพาราแปรรูปนั้นจะศึกษาตั้งแต่การเพาะปลูกจนกระทั่งได้ไม่ยุ่งพาราแปรรูปโดยจะใช้ข้อมูลในขั้นตอนการทำสมดุลมวลสารและพลังงานและข้อมูลในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งข้อเสนอแนะจะแยกตามกระบวนการต่างๆดังนี้

5.1.1 กระบวนการเพาะปลูก

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion) และ ด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity) พบว่ากระบวนการปลูกมีนัยสำคัญมากที่สุดซึ่งเมื่อวิเคราะห์สายการผลิตต่อเนื่องจะพบว่าสาเหตุเกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดวัชพืชของเกษตรกร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

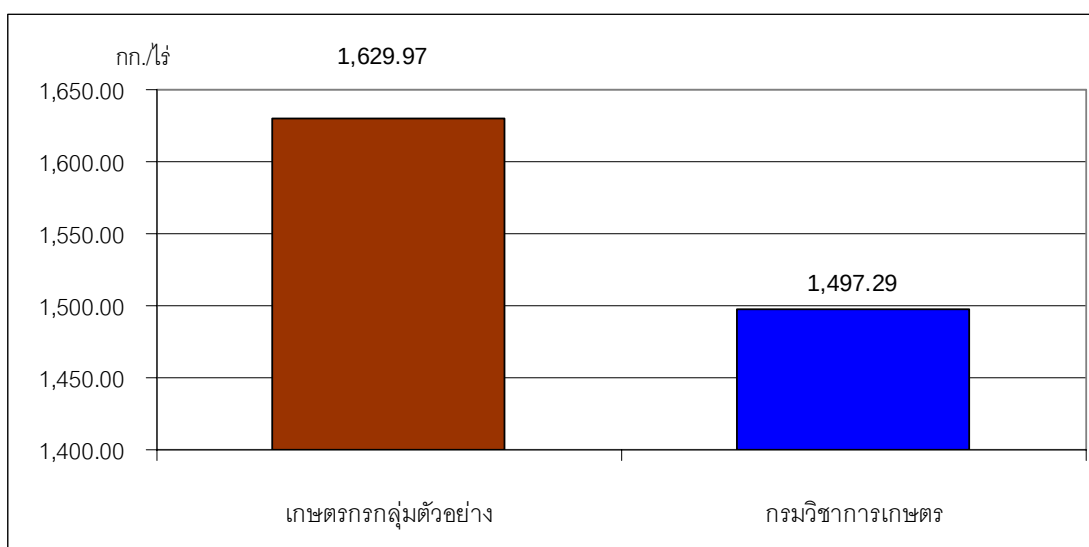
การใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างตลอดวัฏจักรชีวิตการปลูกไม่ยุ่งพาราพบว่าปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีมากกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำดัง รูปที่ 5.1 แต่จากการประเมินปริมาณผลผลิตของเกษตรกรจากแบบสอบถามพบว่าปริมาณผลผลิต (น้ำยางและเนื้อไม้) ของเกษตรกรก็มีปริมาณสูงตามไปด้วยและเมื่อเทียบอัตราส่วนของการใช้ปุ๋ยต่อผลผลิตที่ได้รับพบว่าปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีปริมาณการใช้ในสัดส่วนที่น้อยกว่าของกรมวิชาการเกษตร ดังแสดงในรูปที่ 5.2

อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตและอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น เขตปลูกยางเดิม/เขตปลูกยางใหม่ จำนวนต้นต่อไร่ของการปลูก จำนวนวันกรีต การดูแลรักษา เป็นต้น รวมทั้งปัจจัยต่างๆเช่น โรคพืชและการใช้สารเคมีป้องกันโรคพืช วัชพืช และการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้การให้ผลผลิตของน้ำยางเพิ่มหรือลดลงได้ โดยเฉพาะการใช้สารเคมีป้องกันโรคพืชและกำจัดวัชพืชของกลุ่มตัวอย่างพบว่าเกษตรกรมีการใช้สารเคมีในอัตราที่สูงกว่ากรมวิชาการเกษตรแนะนำ ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4 ทั้งนี้เพราะเกษตรกรมีความจำเป็นที่จะรักษายางพาราให้ปราศจากโรคและวัชพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตยางที่สูงขึ้น

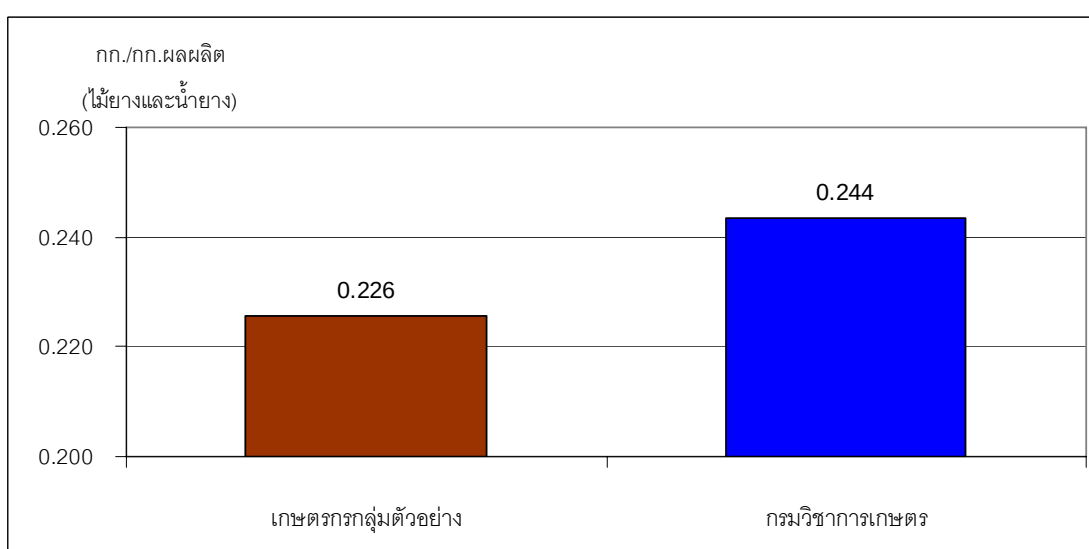
จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น กรมวิชาการเกษตรได้พยายามส่งเสริมให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีลงโดยใช้วิธีเกษตรอินทรีย์และการเกษตรกรรมตั้งแต่การเลือกพันธุ์ยางที่ทนทานต่อโรค

การดูแลรักษาเช่น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในสวนยางเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี การปลูกพืชบำรุงดินเพื่อป้องกันวัชพืชและเพิ่มธาตุอาหารในดิน การปลูกพืชแซมยางเพื่อป้องกันวัชพืชและเสริมรายได้ เป็นต้น โดยรายละเอียดต่างๆ เหล่านี้แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

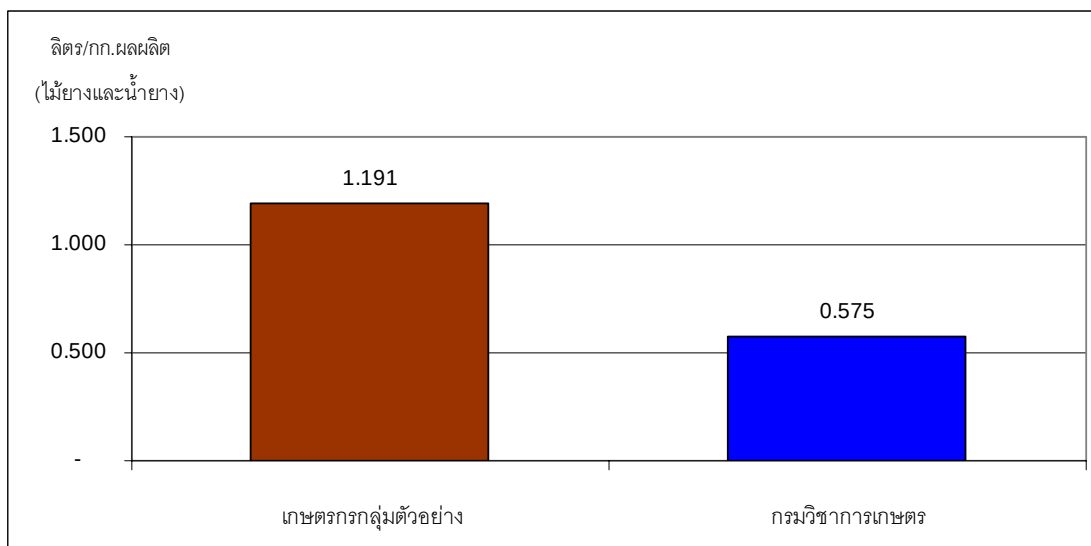
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร



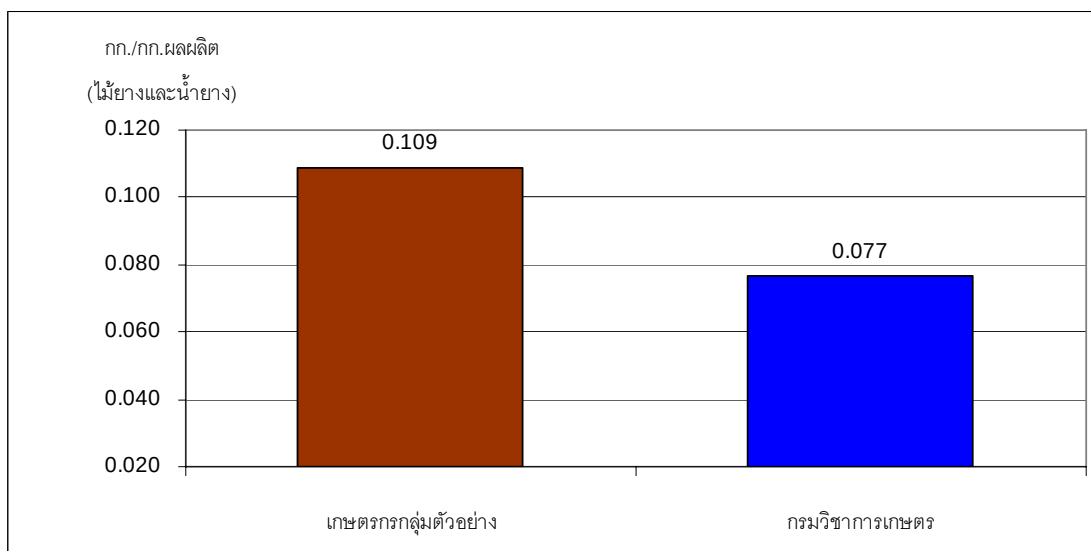
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงปริมาณการใช้ปุ๋ยต่อปริมาณผลผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงปริมาณการใช้สารเคมีป้องกันโรคพืชต่อปริมาณผลผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชต่อปริมาณผลผลิตของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างเทียบกับกรมวิชาการเกษตร



5.1.2 กระบวนการตัดโค่นและการขนส่ง

ปัญหาที่พบได้ชัดเจนที่สุดในกระบวนการตัดโค่นคือการเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้ภายหลังโค่นต้นยางซึ่งพบว่าก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ แม้ว่าโดยแนวคิดแล้วจะถือว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลนี้เทียบเท่ากับการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของต้นยางพาราเพื่อสังเคราะห์แสงแต่การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ย่อมทำให้เกิดมลสารอื่นๆที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่มีศักยภาพสูงในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ถึงแม้ว่าสารเหล่านั้นจะมีปริมาณที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศปริมาณน้อยมากก็ตาม ความพยายามในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกภาคการผลิตจึงเป็นเรื่องที่ควรพิจารณาและเป็นหัวข้อสำคัญที่ทุกๆประเทศทั่วโลกให้ความสนใจ

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในข้อ 4.3 บทที่ 4 แม้ว่าการ Recycle รากไม้ยางพาราไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆทำให้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปลดลงไม่มากเมื่อเทียบกับหน่วยผลิตภัณฑ์แต่หากปริมาณการใช้งานผลิตภัณฑ์สูงหรือผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยม เศษรากไม้และกิ่งไม้ที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการตัดโค่นย่อมมีปริมาณมาก ดังนั้นเกษตรกรหรือผู้รับเหมาจึงปรับเปลี่ยนวิธีการในปัจจุบันแทนการเผาทำลายรากไม้และกิ่งไม้ก็จะได้ประโยชน์มากกว่าทั้งในแง่ของการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและการลดภาวะโลกร้อน

แต่ปัจจัยทำให้การ Recycle รากไม้และกิ่งไม้เป็นที่ยอมรับเนื่องมาจากการนำไปใช้งานหรือผ่านกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ค่อนข้างยากเพราะรากไม้ยางพาราค่อนข้างแข็งวิธีการที่น่าสนใจคือการนำรากไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลแทนการเผาทำลายซึ่งพบว่าทำให้ประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูญเสียไป โดยหากคิดที่การผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต จะมีรากไม้และกิ่งไม้ยางพาราลงเหลือในสวนยางพาราถึง 6.37 ตัน เมื่อเผาทำลายจะคิดเป็นพลังงานสูญเสียเทียบเท่าพลังงานความร้อน 65,985.71 MJ (ค่าความร้อนรากไม้ยางพารา คือ 10.365 MJ/kg) แต่ทั้งนี้การนำไปผลิตเป็นชีวมวลต้องคำนึงถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ต้องทำการย่อยรากไม้ให้ได้ขนาดเล็กลงและสะดวกที่จะนำไปใช้งานด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้เครื่องจักรใหญ่และมีต้นทุนสูง เนื่องจากรากไม้ค่อนข้างแข็งอาจทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรได้ส่วนกิ่งไม้นั้นหากจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลก็จะเป็นแนวทางเดียวกับรากไม้เนื่องจากว่าแม้กิ่งไม้จะสะดวกกว่าในแง่ของการนำไปใช้งานแต่ในเรื่องของการขนส่งแล้วผู้รับเหมาส่วนใหญ่ประเมินว่าไม่คุ้มทุน จึงต้องเผาทิ้งเช่นเดียวกับรากไม้ ดังนั้นแนวทางในการนำรากไม้และกิ่งไม้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจมากที่สุดซึ่งหากผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าหรือโรงกระดาษรายใหญ่จะหันมาให้ความสนใจและพัฒนาจุดนี้ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดผลกระทบจากปัญหาโลกร้อนและพลังงานทดแทนลงได้

5.1.3 กระบวนการแปรรูป

จากการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification Potential) ภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (Eutrophication) และการออกซิเดชันของแสง-เคมี (Photochemical Oxidation Potential) พบว่ากระบวนการอบแห้งมีนัยสำคัญมากที่สุด เนื่องจากว่าในขั้นตอนการผลิตไอน้ำจะมีการปล่อยมลสารจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากเศษไม้ยางพาราจำพวกปึกไม้และขี้เลื่อย เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น ซึ่งมลสารเหล่านี้เกี่ยวข้องในการทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังกล่าว เพราะในเชื้อเพลิงเหล่านี้มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์จำพวกคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ย่อมจะทำให้เกิดมลสารที่เกี่ยวข้องขึ้นมา

แต่อย่างไรก็ตามการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเรื่องที่จำเป็นเพราะเชื้อเพลิงเหล่านี้เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาสู่ชั้นบรรยากาศสามารถนำไปชดเชยกับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ดูดซับเข้าไปตั้งแต่ขั้นตอนกระบวนการปลูก ซึ่งพบว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับเข้าไปมีค่ามากกว่าที่ปล่อยออกมาในขั้นตอนการผลิตไอน้ำมาก

ประเด็นที่สามารถลดมลสารที่ทำให้เกิดผลกระทบลงได้คือการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) ซึ่งในกรณีนี้หมายถึงการลดการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเศษไม้ยางพาราลงซึ่งเป็นประเด็นทางสิ่งแวดล้อมที่มีการเชื่อมโยงกับเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพในระบบผลิตไอน้ำ เพราะหากมีการผลิตและใช้ไอน้ำอย่างมีประสิทธิภาพย่อมทำให้การใช้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น การใช้ทรัพยากรก็จะน้อยลงซึ่งก็จะทำให้มลสารที่เกิดขึ้นน้อยลงตามไปด้วย

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในระบบผลิตไอน้ำตามแผนภาพแซงค์คี รูปที่ 3.20 ในบทที่ 3 พบว่าประเด็นปัญหาด้านประสิทธิภาพพลังงานของระบบผลิตไอน้ำในกระบวนการอบแห้งเป็นสิ่งที่ควรศึกษาโดยเฉพาะประเด็นแรกในเรื่องของการสูญเสียพลังงานภายในหม้อไอน้ำและระบบส่งมีค่าสูงถึง 22.75% หม้อไอน้ำเชื้อเพลิงชีวมวลนั้นประสิทธิภาพจะค่อนข้างต่ำและท่อไฟจะเกิด Fouling ได้ง่าย ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจากเชื้อเพลิงไปสู่ น้ำ ต่ำ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจึงมากขึ้น โรงงานส่วนใหญ่จึงต้องทำความสะอาดปีละประมาณ 2 ครั้ง เพื่อกำจัดตะกรันที่เกาะอยู่ตามผนังท่อ นอกจากนี้โรงงานบางแห่งมีสภาพหม้อไอน้ำที่ฉนวนฉนวนซึ่งความร้อนจะสูญเสียสู่สิ่งแวดล้อมได้ ดังนั้นทางเลือกที่ควรพิจารณาในการลดความสูญเสียพลังงานในกรณีนี้คือการเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดและซ่อมแซมและหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำและระบบท่อใหม่ ซึ่งต้องดำเนินการภายใต้การศึกษาเรื่องความคุ้มค่าอย่างละเอียดก่อนการดำเนินการ

รูปที่ 5.5 ตัวอย่างสภาพหม้อไอน้ำของโรงงานอบไม้ยางพารา



ประเด็นถัดมาคือความสูญเสียพลังงานที่ติดไปกับก๊าซเสีย ซึ่งมีประมาณ 8.71% โรงงานส่วนใหญ่จะปล่อยก๊าซเสียทิ้งไป แต่โรงงานบางแห่งมีการ Recovery ก๊าซเสียกลับเข้ามาป้อนในห้องเผาไหม้เพื่อให้ได้ความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการดำเนินการที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากก๊าซเสียมีองค์ประกอบของมลสารพวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองและอนุภาคสารแขวนลอย ซึ่งองค์ประกอบพวกนี้จะทำให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นการพิจารณานำความร้อนจากมาใช้ประโยชน์จึงน่าจะเหมาะสมมากกว่า ซึ่งอาจจะพิจารณาความคุ้มค่าในการประยุกต์ใช้ Economizer หรือ Air Preheater เพื่อทำการ Recovery ก๊าซเสียมาใช้ประโยชน์ให้ความร้อนกับอากาศหรือน้ำแทนการปล่อยทิ้ง

รูปที่ 5.6 ตัวอย่างบ่อเก็บคอนเดนเสทของโรงงานอบไม้ยางพารา



ประเด็นสุดท้ายคือการสูญเสียพลังงานความร้อนในรูปของน้ำระบายและไอระเหยจากคอนเดนเสทซึ่งมีค่าประมาณ 0.79% และ 1.15% ตามลำดับ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะปล่อยน้ำระบายทิ้งเพราะน้ำระบายที่ปล่อยออกมามีปริมาณน้อยและไม่คุ้มค่าในการเก็บไปใช้ประโยชน์ ส่วนคอนเดนเสทนั้นจะปล่อยให้ระเหยไม่มีการควบคุมการสูญเสียแต่อย่างใด จากการจัดทำบัญชีรายการข้อมูลกระบวนการแปรรูปการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต จะต้องระบายน้ำในหม้อไอน้ำทิ้งประมาณ 10.8 ลบ.ม ซึ่งปริมาณน้ำระบายอาจจะไม่คุ้มค่าหรือไม่สะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านความร้อน แต่อาจจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสาธารณูปโภค เช่นใช้ล้างทำความสะอาดในโรงงานแทนการเปิดใช้น้ำ Soft หรือน้ำประปา ส่วนกรณีของคอนเดนเสท การปรับปรุงถึงเก็บคอนเดนเสทให้มีปล่องระบายไอระเหยจะช่วยให้ไอระเหยลดลงเพราะมีพื้นที่ผิวในการระเหยน้อย ซึ่งจะช่วยให้ไอระเหยกลั่นตัวลงเป็นหยดน้ำและลดการใช้น้ำ Soft ในการเติมทดแทนน้ำที่สูญเสียไปลงได้

นอกจากนี้การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนพบว่ากระบวนการอบแห้ง มีนัยสำคัญมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตต่อเนื่องแล้วจะพบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูงในขั้นตอนนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อภาวะโลกร้อน หากพิจารณาตามรูปที่ 3.21 ในบทที่ 3 จะพบว่า สัดส่วนปริมาณการใช้ไฟฟ้าของกระบวนการอบแห้งสูงถึง 65% ในขณะที่กระบวนการเลื่อยและการอัดน้ำยามีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 33% และ 2% ตามลำดับ

สาเหตุที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้ากระบวนการอบแห้งค่อนข้างสูงเนื่องจาก กระบวนการอบแห้งมีระยะเวลานานประมาณ 7 – 10 วัน และต้องใช้มอเตอร์พัดลมสำหรับเป่าอากาศให้หมุนวนอยู่ในห้องอบเป็นจำนวนมากและต้องเปิดอยู่ตลอดเวลาที่ทำการอบจึงทำให้สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าสูงตามไปด้วย แนวทางในการจัดการที่เหมาะสมในขั้นตอนนี้จึงอยู่ที่การลดปริมาณการใช้พัดลมขณะอบไม้แต่สามารถที่จะยังคงคุณภาพไม้ได้เช่นเดิม ซึ่งต้องมีการศึกษาในระดับต่อไป

บรรณานุกรม

บทความ

- กฤษฎา สังข์สิงห์,พนัส แพนชนะ,วิทยา พรหมมี,สมมาตร แสงประดับ และ ชีรชาติ วิชิตชลชัย
 “การวิจัยการแปรรูปไม้ยางพาราและการสร้างโรงงานต้นแบบ” รายงานผลการวิจัยเรื่อง
เติมประจำปี 2549 น.227 – 232 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร 2549
- คอลัมน์ นวัตกรรม “สวทช.หาวิธีแก้ใหม่ไม่ยางส่งออก” หนังสือพิมพ์ กรุงเทพธุรกิจ
 ฉบับวันศุกร์ที่ 3 มีนาคม 2549
- นุชนารถ กังพิศดาร,กัญญาภรณ์ พิพิธแสงจันทร์ และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์ “ผลของสารเคมีที่ใช้ใน
 สวนยางต่อภาวะมลพิษของดินและแหล่งน้ำ” วารสารดินและปุ๋ย 27: 128 – 144 (2548)
- วารุณี บุญนำ ไพรัตน์ ทรงพานิช และ สมเจตน์ ประทุมมินทร์ “การศึกษาปริมาณไม้ยางพารา
 จังหวัดสุราษฎร์ธานี” รายงานผลการวิจัยเรื่องเติมประจำปี 2547 น.113 – 140 สถาบันวิจัย
 ยางกรมวิชาการเกษตร 2549
- อารักษ์ จันทูมา,สมมาตร แสงประดับ,พิศมัย จันทูมา,พนัส แพนชนะ,ประพาส ร่มเย็น,อรรณ
 ทองเนื่องาม,พิชิต สฟโชค วารุณี บุญนำ,พัชรินทร์ ศรีวารินทร์,ไววิทย์ บุรณธรรม,
 กฤษฎา สังข์สิงห์และ อนุสรณ์ แรมลี “การวิจัยและพัฒนาไม้ยางพาราครบวงจร”
รายงานผลการวิจัยเรื่องเติมประจำปี 2549 น.114 – 131 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ
 เกษตร 2549
- อารักษ์ จันทูมา,พิชิต สฟโชค,พิศมัย จันทูมา,พนัส แพนชนะ,ศจีรัตน์ แรมลี และ นภาพรณ เลขะ
 วิวัฒน์ “การวิจัยและพัฒนาระบบกรีตสรีระที่เหมาะสมกับการเพิ่มผลผลิตสวนยาง”
รายงานผลการวิจัยเรื่องเติมประจำปี 2548 น.62 – 72 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ
 เกษตร 2549

หนังสือ

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกัน
และลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางขึ้น, 2548 **น.1**
- กรมชลประทาน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รายงานหลัก เล่มที่ 2 โครงการ
ชลประทานระบบท่อส่ง ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 2540
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, รายงานการศึกษานโยบาย
สมบูรณ์ โครงการประเมินวงจรชีวิตการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

,2550, น.10 – 34

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, ชีวมวล, พิมพ์ครั้งที่ 1 (กรุงเทพมหานคร: คีว พรินท์ แมเนจเม้นท์, 2549), น.8 – 35

ศิริกัลยา สุจิตตานนท์, เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและกรณีศึกษา,

พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548) น.52 – 95

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์, 2547

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินวัฏจักรชีวิต

กระดาษระยะที่ 1 การจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระดาษ, 2547

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), เทคนิคการประหยัดพลังงานความร้อนใน

อุตสาหกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: ส.ส.ท., 2543) น.136 – 184

Articles

Beatriz Rivela, Almudena Hospido, M Teresa Moreira and Gumersindo Feijoo “Life Cycle

Inventory of Particleboard: A Case Study in the Wood Sector.” International

Jounal of LCA11 (2) (2006): 106 - 113

Beatriz Rivela, Maria Teresa Moreira, Ivan Munoz, Joan Rieradevall, Gumersindo

Feijoo “Life Cycle Assessment of Wood Wastes: A Case Study of Ephemeral

Architecture.” Science of the Total Environment 357 (2006): 1 –11

Frank Werner* and Klaus Richter “Wooden Building Products in Comparative LCA”

Wood and Other Renewable Sources (2007):470-479

Frank Werner* and Barbara Nebel “Editorials” Wood and Other Renewable Sources

(2007):462-463

Keith Smith, Lex Bouwman and Barbara Braatz “N₂O: Direct Emissions from

Agricultural Soils” Good Practice Guidance and Uncertainty Management in

National Greenhouse Gas Inventories (2007):361-380

Maureen E. Puettmann and James B. Wilson “Life Cycle Analysis of Wood Products:

Cradle – To – Gate LCI of Residential Wood Building Materials.” Wood and Fiber

Science, 37 (2005):18-29

Sylvain Labbe “Wood in Green Building” Canada Wood Group (2007)

USEPA, “Emission Factor Documentation for AP-42 Section 9.9.2 Pesticide Application”

Final Report (1994): 22 – 41

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

USEPA, "Emission Factor Documentation for AP-42 Section 9.2.1 Fertilizer Application"
Draft Report (1998): 13 – 25

Book

Daranee Janghathaikul, "Life Cycle Assessment of Energy Production from Bagasse in a
 Sugar Mill: A Case Study in Thailand," (M.Sc. thesis, The Joint Graduate School
 of Energy and Environment, 2003), p.35 – 36

Levine, J.S. 1994. Biomass Burning and the Production of Green House Gas.
 Atmospheric Science Competency NASA Langley Research Center Hampton, Virginia.

Electronic Sources

กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, "ข้อมูลสินค้าส่งออกสำคัญ"

<http://www.dft.moc.go.th.>,

[[path:fulltext /level3.asp?level2=46](#)] access date: 8 April 2008

ธนาคารเพื่อการนำเข้าและส่งออก "ภาวะสินค้าส่งออกของไทย"

<http://www.exim.go.th.>,

[[path:category/projectplan_main.asp?section =ภาวะสินค้าส่งออกสำคัญของไทย](#)]

access date: 8 April 2008

บริษัท ไทย ชู มิ, "ราคาไม้ยางพาราของโรงงานต่าง ๆ ในพื้นที่สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การ
 ทำสวนยาง" <http://www.charcoal.snmcenter.com>

[[path:webpage/charcoalthai/para.php](#)]

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

<http://www.rubberthai.com> access date: 7 January 2008

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, "ฉลากเขียว"

<http://www.tei.or.th/>

[[path:category/greenlabel/th_index.html](#)]

สมาคมธุรกิจไม้ยางพาราไทย, "ข้อมูลส่งออกไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา",

<http://www.tpa-rubberwood.org.>,

[[path:fulltext/index.php?detail=article&page=3](#)] access date: 8 April 2008

<http://www.108wood.com>

[[path:webpage/index.php?lay=show&ac=article&Id=125432&N type=6](#)]

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

access date: 7 January 2008

United Nations Framework Convention on Climate Change."GHG inventories"

http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/start.htm

[path:category/resource/cd_roms/na1/ghg_inventories/index.html]

access date: 7 January 2008

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning,"Inventory 1990

Field Burning of Agriculture Residue Sector," <http://www.onep.go.th>

[path:category/projects/climate/comm/inventory/burning/burn_inv.html]

access date: 7 January 2008

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,

[path:category/www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5c.html]

access date: 7 January 2008

Methodologies for afforestation and reforestation CDM project activities

[path:category/cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/index.html]

access date: 15 October 2009

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทั่วไปสำหรับการปลูกยางพารา

1 ความสำคัญของการปลูกยางพารา

ยางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจของไทยและต่อผู้เกี่ยวข้องทั้งที่เป็นเกษตรกรและบุคลากรอุตสาหกรรมยางในประเทศอีกกว่า 6 ล้านคน เห็นได้จากรายได้ของการส่งออกวัตถุดิบยาง ผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป ไม้ยางพาราแปรรูปและสินค้าผลิตภัณฑ์ไม้ในปี 2549 มีมูลค่ารวมถึง 322,964 ล้านบาท และตั้งแต่เดือนมกราคม-กันยายน 2550 ประเทศไทยมีการส่งออกวัตถุดิบยางธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ยางไปแล้วประมาณ 2,153,630 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 138,641.37 ล้านบาท โดยมีตลาดส่งออกหลักคือ จีน ญี่ปุ่น มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา เกาหลีใต้ และสหภาพยุโรป ซึ่งหากพิจารณาในด้านต่างๆ แล้ว ยางพารายังเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาดังนี้

1.1 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ยางพารามีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ 3 ด้าน คือ

1) พื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากยางพาราเป็นพืชที่ทำรายได้ให้ประเทศจำนวนมาก กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2543 มีมูลค่ารวม 134,143 ล้านบาท เฉพาะการส่งออกยางซึ่งเป็นวัตถุดิบ 60,743 ล้านบาท เป็นสินค้าที่อยู่ใน 10 อันดับแรกของการส่งออก

2) การกระจายรายได้ของเกษตรกรชาวสวนยางที่มีอาชีพทำสวนยางพารามีกว่า 6 ล้านคนทั่วประเทศ ยางพาราจึงเป็นพืชที่ทำให้เกิดการกระจายรายได้ให้เกษตรกรเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3) เกษตรกรมีรายได้แน่นอนและเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากสถิติยางพาราตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 ซึ่งผลผลิตเฉลี่ย 60 กก./ไร่/ปี เมื่อมีการปลูกทดแทนด้วยยางพันธุ์ดีจนถึงปัจจุบัน ในปี พ.ศ. 2543 ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นถึง 268 กก./ไร่/ปี เพิ่มขึ้น 4 เท่าตัว ในช่วง 35 ปี ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้จากการทำสวนยางเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่ปลูกแล้วมีรายได้สม่ำเสมอเกือบตลอดทั้งปี ราคาผันผวนไม่มากนักจึงสร้างรายได้ที่แน่นอนให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกยางมากกว่าปลูกพืชชนิดอื่นๆ

1.2 ความสำคัญทางสังคม

ยางพาราเป็นพืชที่ทำให้เกิดการสร้างงานในชนบทหลากหลายมากขึ้น ทำให้มีการใช้แรงงานในครัวเรือนอย่างมีประสิทธิภาพตลอดปีจึงสามารถตรึงแรงงานให้อยู่ในพื้นที่ได้ ลดการเคลื่อนย้าย แรงงานจากชนบทสู่เมือง ทำให้สังคมครอบครัวอบอุ่น จากการประเมินของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่าเมื่อมีการปลูกยางในภาคตะวันออกเฉลี่ยงเหือสามารถลดการเคลื่อนย้ายแรงงานในภาคตะวันออกเฉลี่ยงเหือ จากร้อยละ 41 เป็นร้อยละ 28

1.3 การรักษาสภาพแวดล้อม

ยางพาราเป็นพืชที่อายุมากกว่า 20 ปี มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 12.3 ล้านไร่ กระจายอยู่ทุกจังหวัดในภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยางพาราจึงเป็นพืชทดแทนป่าไม้ที่ลดจำนวนลงเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของประเทศให้มากขึ้น อีกทั้งภายในสวนยางยังมีพืชอื่นๆที่สามารถปลูกร่วมยางได้จึงทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้น

1.4 อุตสาหกรรมไม้ยางพารา

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดของประเทศไทย เนื่องจากประเทศต่างเกือบทั่วโลก มีการปิดป่าทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ในการบริโภค ไม้ยางพาราจึงเป็นที่ต้องการมากขึ้น นอกจากทำรายได้ให้เกษตรกรชาวสวนยางอีกทางหนึ่งแล้วยังทำให้เกิดรายได้เข้าประเทศมากขึ้นจากการส่งออกผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพาราและมีแนวโน้มมากขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2541 ประเทศไทยส่งออกไม้ยางพาราคิดเป็นมูลค่า 22,289 ล้านบาท ปี พ.ศ. 2543 เพิ่มขึ้นเป็น 31,374 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 41

1.5 อุตสาหกรรมยางพารา

ผลผลิตของยางพารายังสามารถพัฒนาต่อไปได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยางสามารถใช้ในชีวิตประจำวันของคนทั่วโลก เช่น ยางรถยนต์ เครื่องมือแพทย์ เป็นต้น หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น เชื้อนยาง ใช้ยางพาราทำถนน เป็นต้น จะทำให้มีการใช้ยางมากขึ้นและหากมีการสนับสนุนให้มีการใช้ยางภายในประเทศมากขึ้น จะทำให้รายได้จากยางที่เป็นมูลค่ามากขึ้นด้วย

2 ความสำคัญของอุตสาหกรรมไม้ยางพารา

สืบเนื่องจากการขยายตัวของประชากรโลกเป็นผลให้ป่าไม้ทุกหนแห่งในโลก โดยเฉพาะป่าไม้ในเขตร้อนถูกทำลายปีละหลายล้านไร่ เพื่อนำเนื้อไม้มาใช้ประโยชน์ด้านที่อยู่อาศัย และใช้สอยในชีวิตประจำวัน สมองความต้องการด้านพื้นฐานของมนุษย์ ประเทศผู้เป็นเจ้าของทรัพยากรป่าไม้ในเขตร้อนเหล่านี้ จึงประสบปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ก่อเกิดผลกระทบต่อสภาพธรรมชาติอย่างรุนแรง ทั้งสภาวะดินฟ้าอากาศและสภาพสังคมโดยทั่วไป ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในเขตร้อนและประสบภาวะดังกล่าว เช่นเดียวกันกับอีกหลายหลายประเทศรัฐบาลจึงมีความจำเป็นต้องออกพระราชกำหนดปิดป่าเมื่อ 15 มกราคม 2532 เพื่อปกป้องป่าไม้มิให้มีการทำไม้ออกจากป่าอีกต่อไปบรรดาผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมไม้ โดยเฉพาะด้านการก่อสร้างและเครื่องเรือน จึงจำเป็นต้องหาแหล่งไม้จากสวนป่าที่มนุษย์ปลูกสร้างขึ้นมาใช้ทดแทน และหนึ่งในจำนวนนั้นคือไม้ยางพาราซึ่งมีศักยภาพทั้งด้านกายภาพ คุณสมบัติและปริมาณที่พร้อมใช้ทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติได้ทันที

2.1 คุณสมบัติเด่นของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีคุณภาพ ทางกายภาพหลายประการใกล้เคียงกับไม้สัก มีลวดลายที่สวยงาม ย้อมสีได้ ตกแต่งง่าย น้ำหนักเบา ทั้งมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ด้วยองค์ประกอบด้านคุณสมบัติอันโดดเด่นหลายประการเช่นนี้ ไม้ยางพาราจึงเป็นที่รู้จัก และนิยมใช้แพร่หลายทั่วโลกในเวลาอันรวดเร็ว ในชื่อของ “ไม้สักขาว (White Teak)”

2.2 แหล่งที่มาของทรัพยากรไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรม ไม้ปัจจุบันนี้ล้วนแต่มาจากสวนยางพาราที่มนุษย์เป็นผู้ปลูกสร้างทั้งสิ้น ไม้เหล่านี้เป็นไม้ที่มีอายุมาก ให้ผลผลิตน้ำยางต่ำ ไม้ค้ำค่าทางเศรษฐกิจในการกรีดเอาน้ำยางอีกต่อไปจึงจำเป็นต้องโค่นออกแล้วปลูกทดแทนใหม่ตามวงจรธรรมชาติ ในการประกอบอาชีพการทำสวนยางแก่สวนยางที่ครบวงจรประมาณปีละ 3.5 แสนไร่ ทุกๆปีสำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางเป็นผู้ให้ทุนสงเคราะห์ในรูปแบบของค่าแรงงานและวัสดุที่จำเป็นในการสร้างสวนยางพาราใหม่ทดแทนสวนเดิมที่โค่นออกไป

ดังนั้นประเทศไทยจึงได้รับผลประโยชน์จากไม้ยางพารา ที่โค่นเพื่อการปลูกแทน มาใช้ในอุตสาหกรรมไม้ ประมาณปีละ 14 ล้านลูกบาศก์เมตร ทดแทนไม้ป่าจากธรรมชาติ อันเป็นการช่วยลดการทำลายป่าธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพเด่นชัด

2.3 การใช้ประโยชน์ทรัพยากรไม้ยางพารา

ตลอดระยะเวลา ที่ผ่านมา ไม้ยางพารา มีการใช้ประโยชน์ อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นเรื่อยๆ ประเมินการได้ว่า พื้นที่สวนยาง 1 ไร่ สามารถให้ไม้ยาง ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ขึ้นไป ประมาณ 40 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถแบ่งประเภท ตามขนาดของไม้ที่ได้ เป็น 3 ประเภท ดังนี้

- 1) ไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้วขึ้นไป จำนวน 2 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้ นำไปใช้ผลิตไม้อัด (Veneer)
- 2) ไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 - 8 นิ้ว จำนวน 23 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้ นำไปเลื่อยเป็นไม้แปรรูปขนาดต่างๆได้ประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลือ 15 ลูกบาศก์เมตร เป็นขี้เลื่อย และปึกไม้ ซึ่งนำไปผลิตเป็นไม้แผ่นปาร์ติเกิ้ล (Particle Board) และไม้แผ่นเอ็ม ดี เอฟ หรือแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fibreboard)
- 3) ไม้ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 6 นิ้ว จำนวน 15 ลูกบาศก์เมตร ไม้ประเภทนี้ นำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ไม้พื้น และวัตถุดิบ ในโรงงานผลิตปาร์ติเกิ้ล และ เอ็ม ดี เอฟ

2.4 การใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราแปรรูป

ไม้ยางพาราแปรรูป ส่วนใหญ่นำไปใช้ ผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ วัสดุก่อสร้าง ของเด็กเล่น ของใช้ในครัวเรือน กรอบรูป ของชำร่วย แผงไม้รองยาง (Pallet) ลังใส่ผลไม้ ฯลฯ ส่วนที่เหลือ จากการทำเฟอร์นิเจอร์ และเครื่องเรือน ส่งขาย ไปยังประเทศต่างๆ เช่น จีน ญี่ปุ่น ฮองกง ไต้หวัน เกาหลี ฯลฯ เป็นวัตถุดิบในการผลิต สินค้าประเภทไม้ต่อไป

ด้วยประโยชน์และศักยภาพอันมากมายของไม้ยางพาราเหล่านี้ ไม้ยางพาราอันเป็นไม้ที่มนุษย์ปลูกสร้างจึงยังบทบาทสำคัญ ในการเข้ามาทดแทนไม้ป่าจากธรรมชาติเป็นอย่างดี ทั้งปัจจุบันและอนาคต ช่วยลดการทำลาย สภาพสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติให้คงดำรงอยู่อย่างที่ดี จะเป็นได้มากมายประมาณมูลค่ามิได้

การเพิ่มพื้นที่การปลูกยางจากแหล่งปลูกยางเดิมในภาคใต้ และภาคตะวันออกไปยังแหล่งปลูกยางใหม่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และบางจังหวัดของภาคตะวันออกซึ่งสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายประการ ทั้งในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ปริมาณและการกระจายตัวของฝนน้อย การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศมาก และสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่ทำให้การปลูกยางในพื้นที่เหล่านี้มีระยะเวลาของการเปิดกรีดช้าและให้ผลผลิตน้อยกว่าในพื้นที่ปลูกยางเดิม ดังนั้นการที่จะได้รับผลผลิตคุ้มค่ากับการลงทุน เกษตรกรควรเลือกใช้พันธุ์ยางที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปลูก การปฏิบัติต่อดินอย่างที่เหมาะสม ทั้งในด้านการควบคุมการระบาดของโรค การกำจัดวัชพืช

ตลอดจนการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสม ลักษณะของยางพันธุ์ดินนอกจากจะให้ผลผลิตน้ำยางและหรือเนื้อไม้สูง ควรพิจารณา ลักษณะรองต่างๆ ที่สำคัญ เช่น การเจริญเติบโตดี ด้านทานโรค-ลม ปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และมีสมบัติเหมาะสมสำหรับการแปรรูปทางอุตสาหกรรม ทั้งนี้การปลูกยางพันธุ์ดี จึงเป็นวิธีการลงทุนน้อย ปฏิบัติงานง่ายและให้ผลในระยะยาว

3. การกำหนดขอบเขตและพื้นที่ปลูกยางพารา

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ได้กำหนดและแบ่งเขตปลูกยางของประเทศออกเป็น 2 เขต คือ

1) เขตปลูกยางเดิม กระจายใน 14 จังหวัดของภาคใต้ คือชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ พังงา ภูเก็ต นครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง สงขลา สตูล ยะลา ปัตตานีและนราธิวาส และ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกคือ ระยอง จันทบุรีและตราด ตลอดจนจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในภาคกลาง

2) เขตปลูกยางใหม่ กระจายใน 2 จังหวัดของภาคตะวันออก คือ ชลบุรี และฉะเชิงเทรา และ 17 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ กาฬสินธุ์ นครพนม มุกดาหาร เลย สกลนคร หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี และอำนาจเจริญ

สำหรับการกำหนดเขตพื้นที่ตามศักยภาพของที่ดิน เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้วิธีการประเมินความเหมาะสมของปัจจัยทางดินร่วมกับปัจจัยทางภูมิอากาศโดยพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกยาง คือขีดจำกัดของการปลูกพืชสภาพแวดล้อมที่ความต้องการ ตลอดจนนำผลงานวิจัยมาประเมินร่วมสามารถแบ่งพื้นที่ชั้นความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกยางพาราได้ดังนี้

1) ในเขตปลูกยางเดิม แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ พื้นที่ดินเหมาะสมต่อการปลูกยาง (L1) พื้นที่ดินเหมาะสมปานกลางต่อการปลูกยาง (L2) และพื้นที่ดินที่ไม่แนะนำให้ปลูกยาง (L3) ซึ่งรวมพื้นที่ดินเหมาะสมและพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 60 %

2) ในเขตปลูกยางใหม่ แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่ดินเหมาะสมมากต่อการปลูกยาง (L1) พื้นที่ดินเหมาะสม (L2) พื้นที่ค่อนข้างเหมาะสม (L3) และพื้นที่ดินไม่เหมาะสม (L4)

พื้นที่ชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกยางพาราทั้งในเขตปลูกยางเก่าและเขตปลูกยางใหม่แสดงในตาราง ก.1และ ก.2

4. พันธุ์ยางแนะนำ

พันธุ์ยางแนะนำปี พ.ศ. 2546 แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่ม 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง

เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อยางสูงเป็นหลัก มี 4 พันธุ์ คือ พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 สถาบันวิจัยยาง 226 BPM 24 และ RRIM 600

2) กลุ่ม 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง

เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อยางสูงและมีการเจริญเติบโตดี ลักษณะลำต้นตรง และให้ปริมาณเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูง มี 4 พันธุ์ คือ พันธุ์ PB 235 PB 255 PB 260 และ RRIC 110

3) กลุ่ม 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง

เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงเป็นหลัก มีการเจริญเติบโตดีมาก ลักษณะลำต้นตรง ให้ปริมาณเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูง เหมาะสำหรับเป็นพันธุ์ที่จะปลูกส่วนป่าเพื่อการผลิตเนื้อไม้ มี 3 พันธุ์ คือ ฉะเชิงเทรา 50 AVROS 2037 และ BPM 1

โดยผลผลิตเนื้อยางของแต่ละสายพันธุ์สามารถสรุปได้ดังตาราง ก.3 และลักษณะที่สำคัญของพันธุ์ยางแนะนำแต่ละพันธุ์สามารถสรุปได้ดังตาราง ก. 4

ตารางที่ ก.1 พื้นที่ชั้นความเหมาะสมปลูกยางในเขตปลูกยางเดิมรายจังหวัด
โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพดินควบคู่กับการใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกล
และจัดระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

หน่วย : ไร่

ภาค/จังหวัด	พื้นที่ชั้นความเหมาะสม			รวม
	เหมาะสม (L1)	เหมาะสมปานกลาง(L2)	ไม่แนะนำให้ปลูกยาง (L3)	
ภาคใต้ตอนบน				
1. ประจวบคีรีขันธ์	377,936	371,689	3,824,982	4,574,607
2. ชุมพร	625,852	1,129,486	2,110,287	3,865,625
3. ระนอง	235,514	61,717	1,826,899	2,124,130
4. กระบี่	1,769,818	124,806	1,048,195	2,942,819
5. สุราษฎร์ธานี	3,481,791	847,305	3,683,910	8,013,006
6. พังงา	679,227	284,829	1,642,754	2,606,810
7. ภูเก็ต	137,975	7,388	194,033	339,396
รวมภาคใต้ตอนบน	7,308,113	2,827,220	14,331,060	24,466,393
ภาคใต้ตอนล่าง				
8. นครศรีธรรมราช	2,063,090	961,093	3,189,869	6,214,052
9. พัทลุง	731,565	34,757	867,042	1,633,364
10. ตรัง	1,139,914	207,553	1,725,982	3,073,449
11. สงขลา	867,203	266,179	3,678,923	4,812,305
12. ยะลา	302,861	21,973	2,500,837	2,825,671
13. ปัตตานี	323,889	241,424	666,159	1,231,472
14. สตูล	434,094	178,595	936,672	1,549,361
15. นราธิวาส	842,834	267,688	1,540,367	2,650,889
รวมภาคใต้ตอนล่าง	6,705,450	2,179,262	15,105,851	23,990,563
รวมภาคใต้	14,013,563	5,006,482	29,436,911	48,456,956
ภาคตะวันออก				
16. ระยอง	833,910	439,430	884,158	2,157,498
17. จันทบุรี	1,652,968	617,695	1,690,581	3,961,250
18. ตราด	885,807	49,673	26,395	1,761,875
รวมภาคตะวันออก	3,372,685	1,106,798	3,401,140	7,880,623
รวมแหล่งปลูกยางเดิม	17,386,248	6,113,280	2,838,051	56,337,579

ที่มา: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก.2 พื้นที่ชั้นความเหมาะสมปลูกยางในเขตปลูกยางใหม่ รายจังหวัด

หน่วย: ไร่

ภาค/จังหวัด	พื้นที่ชั้นความเหมาะสม			รวม
	เหมาะสม (L2)	ค่อนข้าง เหมาะสม (L3)	ไม่เหมาะสม (L4)	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน				
1. กาฬสินธุ์	87,687	1,366,410	2,887,619	4,341,716
2. ขอนแก่น	-	488,337	6,315,407	6,803,744
3. ชัยภูมิ	-	705,723	7,280,726	7,986,429
4. นครพนม	201,413	1,215,479	2,038,526	3,455,418
5. มุกดาหาร	43,352	1,184,519	1,484,523	2,172,394
6. เลย	101,808	1,261,850	5,776,724	7,140,382
7. สกลนคร	124,398	2,783,862	3,895,484	6,803,744
8. หนองคาย	4,491	2,721,278	1,856,906	4,582,675
9. อุดรธานี	65,259	2,762,832	4,503,348	7,331,439
10. หนองบัวลำภู	-	634,838	1,777,091	2,411,929
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	628,408	15,125,128	37,816,334	53,569,870
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง				
11. นครราชสีมา	16,606	1,497,973	11,294,149	2,808,728
12. บุรีรัมย์	-	1,899,257	4,551,921	6,451,178
13. มหาสารคาม	-	346,696	2,960,606	3,307,302
14. ยโสธร	288,177	1,047,548	1,265,315	2,601,040
15. ร้อยเอ็ด	-	1,225,199	3,961,957	5,187,156
16. ศรีสะเกษ	62,419	950,690	4,511,876	5,524,985
17. สุรินทร์	-	1,535,983	3,541,552	5,077,535
18. อุบลราชธานี	880,583	4,493,787	4,465,916	9,840,286
19. อำนาจเจริญ	-	709,289	1,266,496	1,975,785
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1,247,785	13,706,422	37,819,788	52,773,995
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1,876,193	28,831,550	75,636,122	106,343,865
ภาคตะวันออก				
20. ชลบุรี	-	1,290,270	1,425,831	2,716,101
21. ฉะเชิงเทรา	-	1,551,410	1,792,977	3,344,388
รวมภาคตะวันออก	-	2,841,681	3,218,808	6,060,489
รวมแหล่งปลูกยางใหม่	1,876,193	31,673,231	78,854,930	112,404,354

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก.3 ผลผลิตเนื้อยางของพันธุ์ยางแนะนำ

หน่วย : กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

พันธุ์ยาง	ปีกรีด										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง											
สถาบันวิจัยยาง 251	267	384	399	490	426	612	511	454	499	532	457
สถาบันวิจัยยาง 226	196	255	348	346	377	369	401	475			346
BPM 24	275	341	353	334	332	314	376	324	352	352	335
RRIM 600	164	227	273	305	310	328	329	316	326	307	289
พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยาง และเนื้อไม้สูง											
PB 235	211	281	314	349	338	356	421	394	290	342	330
PB 255	229	300	306	319	315	346	361	392	298	318	318
PB 260	243	326	339	341	325	374	357	336	284	291	322
RRIC 110	228	277	320	335	343	338	363	317	357	365	324

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ ก.4 ลักษณะที่สำคัญของพันธุ์ยางแนะนำ

ลักษณะ	พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง				พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง				พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง		
	สถาบันวิจัยยาง 251	สถาบันวิจัยยาง 226	BPM 24	RRIM 600	PB 235	PB 255	PB 260	RRIC 110	จะเข้เกรทา 50	AVROS 2037	BPM 1
การเจริญเติบโต ^{1/}									1	1	1
-ระยะก่อนเปิดกรีด	3	3	3	3	1	2	2	1			
-ระยะระหว่างกรีด	3	3	3	3	3	3	3	3			
ความหนาเปลือก ^{1/}											
- เปลือกเดิม	3	4	1	4	3	2	3	4			
- เปลือกงอกใหม่	3	3	3	3	4	2	4	4			
ผลผลิต ^{1/}											
- ระยะ 1-2 ปี	1	1	1	1	1	1	1	1			
- ระยะ 3-10 ปี	1	1	1	1	1	1	1	1			
- ผลผลิตในช่วง ผลัดใบ ^{2/}	2	2	3	2	3	3	2	2			
-ผลผลิตเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง 2	4	3	4	3	4	3	3	3			
ความต้านทานโรค ^{1/}											
-ใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟ	3	2	1	5	3	4	3	2	3	4	2
ทอปโทรา											
- ราแป้ง	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3
- ใบจุดนูน	3	3	3	3	4	4	3	3	2	2	3
- เส้นดำ	2	2	2	5	3	3	3	3			
- ราสีชมพู	3	3	3	4	2	4	2	3		2	3
อาการเปลือกแห้ง ^{2/}	2	2	3	2	4	3	4	3			
ความต้านทานลม ^{1/}	3	2	3	3	3	2	2	3		3	2
การปลูกในพื้นที่จำกัด											
- ลาดชัน	ไม่ แนะนำ	ได้	ได้	ได้	ไม่ แนะนำ	ได้	ได้	ไม่ แนะนำ		ไม่ แนะนำ	ได้
- หนาดินตื้น	ไม่ แนะนำ	ไม่ แนะนำ	ได้	ไม่ แนะนำ	ไม่ แนะนำ	ได้	ได้	ไม่ แนะนำ		ไม่ แนะนำ	ได้
- ระดับน้ำใต้ดินสูง	ไม่ แนะนำ	ไม่ แนะนำ	ได้	ไม่ แนะนำ	ไม่ แนะนำ	ได้	ได้	ไม่ แนะนำ		ไม่ แนะนำ	ได้

^{1/} 1 = ตีมาก 2 = ตี 3 = ปานกลาง 4 = เลว (อ่อนแอ) 5 = เลวมาก (อ่อนแอมาก)

^{2/} 1 = น้อยมาก 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = ค่อนข้างมาก 5 = มาก

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

5. การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกสร้างสวนยางให้ต้นยางเจริญเติบโตดี สามารถเปิดกรีดได้เร็ว และให้ผลผลิตสูง นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ นอกจากพิจารณาแหล่งปลูก การเลือกพันธุ์ การป้องกันกำจัด โรคและศัตรูยางแล้วยังขึ้นอยู่กับการปลูกและการดูแลรักษา

5.1 การเลือกพื้นที่ปลูก

1) สภาพพื้นที่และภูมิอากาศ

พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราควรมีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 200 เมตร ระดับความสูงดังกล่าว ยางพาราจะเจริญเติบโตเป็นปกติ คือ สามารถกรีดยางได้เมื่ออายุ ประมาณ 6 ปี เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตร จะทำให้ต้นยางเจริญเติบโตได้ช้ากว่าปกติ 6 เดือน จากข้อมูลปัจจุบันพบว่า สามารถปลูกยางได้จนถึงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 600 เมตร และควรเป็นพื้นที่ราบหรือมีความลาดเทเล็กน้อย ไม่ควรเกิน 35 องศา การปลูกยาง ในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูงจะเกิดการชะล้างผิวหน้าดินสูงจนอาจเกิดแผ่นดินถล่มได้ง่าย หาก มีปริมาณฝนตกหนักมากติดต่อกันหลายวัน เช่น กรณีการเกิดแผ่นดินถล่มของสวนยางพาราที่ อำเภอพิปูน จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปลายปี พ.ศ. 2531 การเกิดแผ่นดินถล่มจะเกิดขึ้นได้ง่ายในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง ที่ไม่มีพืชพรรณปกคลุมหนาแน่น และหน้าดินเป็นดินเหนียวปนทรายที่กำเนิดมาจากหินอัคนี (Granite) ซึ่งชั้นล่างเป็นหินดานที่น้ำซึมลงไม่ได้ ส่วนภูเขาที่เกิดจากหินปูน (limestone) ที่เป็นดินเหนียวนั้นจะมีดินถล่มตามไหล่เขาเพียงเล็กน้อย พื้นที่ที่มีความลาดเทสูงกว่า 35 องศา จึงควรรักษาไว้ในสภาพป่าธรรมชาติ

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราเฉลี่ยตลอดปี 28 องศาเซลเซียส ไม่ควร ปลูกยางในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ต้นยางชะงักการเจริญเติบโต ดังนั้นการปลูกยางบนที่สูงจึงมีผลต่อการเจริญเติบโต ดังนั้นการปลูกยางบนที่สูงจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตร จะทำให้อุณหภูมิ ลดลง 0.5 องศาเซลเซียส

ยางพาราเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดปีและมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,000 มิลลิเมตรต่อปี แหล่งปลูกยางพาราของประเทศไทยทั้งภาคใต้และภาคตะวันออก ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,400 มิลลิเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่านี้คือมีปริมาณน้ำฝน 1,250-1,400 มิลลิเมตรต่อปีเช่น ในพื้นที่ของภาคเหนือและภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถปลูกยางพาราได้ แต่ทั้งนี้ต้องมีจำนวนวันฝนตก 120-150 วันต่อปี ซึ่งจากการประเมินปริมาณน้ำฝนโดยศึกษาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาย้อนหลังไป 25 ปีเพื่อหา

ปริมาณฝนที่ตกในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง และสามารถสรุปปริมาณฝนที่
 ยางพาราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังแสดงในตาราง ก.5

ตารางที่ ก.5 ปริมาณน้ำฝนย้อนหลังของจังหวัด นครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง

หน่วย: มิลลิเมตร

ย้อน หลัง ^{1/} (ปี)	นครศรีธรรมราช		ตรัง		พัทลุง		เฉลี่ย	
	ปริมาณ น้ำฝน ทั้งหมด ^{2/}	ปริมาณ น้ำฝน ใช้การ ^{3/}	ปริมาณ น้ำฝน ทั้งหมด	ปริมาณ น้ำฝน ใช้การ	ปริมาณ น้ำฝน ทั้งหมด	ปริมาณ น้ำฝน ใช้การ	ปริมาณ น้ำฝน ทั้งหมด	ปริมาณ น้ำฝน ใช้การ
25	62,593.20	23,610.45	54,059.10	23,955.65	50,275.55	21,710.43	55,642.62	23,092.18
24	60,622.40	22,756.69	51,743.00	23,010.70	48,616.85	20,888.58	53,660.75	22,218.66
23	57,824.40	21,739.07	49,616.30	22,037.88	46,190.95	19,972.29	51,210.55	21,249.75
22	55,429.50	20,739.53	47,478.20	21,087.44	44,354.15	19,076.78	49,087.28	20,301.25
21	53,141.30	19,791.21	45,307.80	20,251.25	42,476.75	18,243.96	46,975.28	19,428.81
20	50,764.00	18,921.37	43,423.90	19,417.16	40,500.05	17,413.80	44,895.98	18,584.11
19	47,555.00	18,602.91	40,854.40	18,470.52	38,566.05	16,733.57	42,325.15	17,935.67

^{1/} เริ่มตั้งแต่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550

^{2/} ปริมาณฝนทั้งหมดหมายถึงปริมาณฝนตกในพื้นที่ในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

^{3/} ปริมาณฝนใช้การหมายถึงปริมาณน้ำฝนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งสามารถหาจากสมการ

$$Re = 3.0305 + 0.5371R - 4.9604 \times 10^{-4} R^2$$

โดยที่ R > 100 mm

R = ปริมาณฝนทั้งหมดที่วัดได้จริง

และ Re = ปริมาณฝนใช้การ

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา

2) ลักษณะดิน

ดินและการใช้ปุ๋ยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่ออย่างพารา ดังนั้นในการเลือกพื้นที่ปลูกยางจึงควรคำนึงถึงลักษณะของดินทั้งทางกายภาพและทางเคมีของดิน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของดิน ตลอดจนการเลือกใช้ปุ๋ยให้ถูกต้องกับลักษณะของดิน

สมบัติทางกายภาพของดิน

(1) ความลึกของดิน (soil depth) ดินที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราควรมีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ไม่มีชั้นหินแข็ง หินโผล่ หรือชั้นดินดาน ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการแพร่กระจายของราก

(2) โครงสร้างของดิน (soil structure) โครงสร้างของดินมีส่วนสำคัญในการกำหนดและควบคุมความจุอากาศ ความจุในการดูดซับน้ำ และความสะดวกในการเคลื่อนที่ของน้ำ และก๊าซต่างๆ เข้าไปในดิน โครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา ได้แก่ โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม ก้อนเหลี่ยมมุมมน และก้อนกลมทึบ

(3) เนื้อดิน (soil texture) ดินที่เหมาะสมกับการปลูกยางพาราควรมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วน หรือร่วนเหนียวปนทราย กล่าวคือ ควรมีอนุภาคดินเหนียวอย่างน้อยประมาณ 35% เพื่อให้ดินสามารถเก็บรักษาความชื้นและดูดซับธาตุอาหารได้ดี และมีอนุภาคดินทรายประมาณ 30% เพื่อให้ดินมีการระบายอากาศดี

(4) การระบายน้ำของดิน (soil drainage) ยางพาราชอบดินที่มีการระบายน้ำดีถึงค่อนข้างดี มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร ยางพาราไม่ชอบดินที่มีน้ำท่วมขัง

(5) การถ่ายเทอากาศของดิน (soil aeration) ดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี หมายถึงดินที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์กับบรรยากาศในอัตราที่สูงพอที่จะทำให้มีก๊าซออกซิเจนในดินอย่างเพียงพอสำหรับให้รากพืชและจุลินทรีย์ดินประกอบกิจกรรมได้อย่างปกติอยู่เสมอ

3) ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ยางพาราชอบดินที่เป็นกรด pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของยางพาราอยู่ระหว่าง 4.0-5.5 อย่างไรก็ตาม ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH 3.8-6.0 ดินที่เป็นกรดธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และ โมลิบดีนัม จะเป็นประโยชน์ได้น้อย ในขณะที่ธาตุเหล็ก สังกะสี และแมงกานีส จะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

(2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชบางชนิดโดยตรง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เช่น ความร่วนซุย การอุ้มน้ำ ลดการพังทลายหรือถูกชะล้างของดินและยังทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดกรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นตัว

ทำละลายให้ธาตุโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสในดินละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น และยังช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอะลูมิเนียมและแมงกานีสในกรณีที่ดินเป็นกรดจัดอินทรีย์วัตถุ จะทำปฏิกิริยากับธาตุเหล่านี้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ ในขณะที่เดียวกันช่วย ปลดปล่อยธาตุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมให้ละลายออกมาเป็น ประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น

(3) คำวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน (soil nutrient analysis) โดยทั่วไปการ วิเคราะห์ดินเพื่อการใช้ปุ๋ยกับยางพารา มักวิเคราะห์รายการต่างๆ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ของดิน อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมงกานีส บางครั้งอาจจำเป็นต้อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและเนื้อดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผลการ วิเคราะห์ดินเป็นเพียงเครื่องมือชนิดหนึ่งในการพิจารณาว่าควรจะใช้ปุ๋ยอย่างไรดี แต่ไม่สามารถ บอกชี้ชัดลงไปได้ว่าจะใช้ปุ๋ยแต่ละชนิดในปริมาณเท่าใด ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นๆ ด้วย

5.2 การเตรียมการปลูกและวิธีการปลูก

1) การเตรียมพื้นที่ปลูกยาง

การเตรียมพื้นที่ปลูกสร้างสวนยางพารา เป็นการปรับพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับปลูกยาง ทั้งในด้านการปฏิบัติงานในสวนยาง และการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องวางแผนการใช้ พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อสะดวกในการดูแลบำรุงรักษาต้นยาง การเก็บรวบรวมน้ำยาง เป็น ต้น

2) การวางแผนปลูก

การวางแผนปลูกหมายถึงการกำหนดแถวปลูกว่าจะปลูกยางไปทิศทางใด ทั้งนี้เพื่อลด ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับต้นยาง ป้องกันการชะล้างผิวหน้าดิน สะดวกในการกรีดยางและการเก็บ น้ำยาง มีวิธีการปฏิบัติ 3 ขั้นตอนดังนี้

(1) การกำหนดระยะปลูก

ระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราในพื้นที่ราบแหล่งปลูกยางเดิมควรเป็น 2.5x8 เมตร หรือ 3x7 เมตร โดยมีจำนวนต้นยาง 80 ต้นหรือ 76 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการ ปลูกยางในแหล่งปลูกยางใหม่ ควรเป็น 2.5x7 เมตร หรือ 3x6 เมตร หรือ 3x7 เมตร โดยมี จำนวนต้นยาง 91 ต้น หรือ 88 ต้น หรือ 76 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดม สมบูรณ์ของดิน ในสภาพพื้นที่ดินที่อุดมสมบูรณ์สูงควรปลูกระยะห่างมีจำนวนต้นต่อไร่น้อยกว่า ในสภาพพื้นดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ สำหรับระยะปลูกในพื้นที่ลาดเทควรเป็น 3x8 เมตร มี จำนวนต้นยาง 67 ต้นต่อไร่

(2) การกำหนดแถวหลัก

การกำหนดแถวหลักของต้นยางควรวางแถวหลักให้ขวางทางการไหลของน้ำ เพื่อลดการชะล้างหน้าดิน และการพังทลายของดิน

(3) การขุดหลุม

หลุมที่ขุดต้องมีขนาด 50x50x50 เซนติเมตร ดินที่ขุดควรแบ่งเป็น 2 ชั้น นำดินชั้นบนใส่ไว้ก้นหลุมและดินชั้นล่างผสมหินฟอสเฟต (0-3-0, 25% Total P_2O_5) อัตรา 170 กรัมต่อหลุมใส่ไว้ด้านบน

3) วิธีปลูก วิธีปลูกยางมี 3 วิธี คือ

(1) ต้นตอยาง

ต้นตอยางหมายถึง ต้นกล้ายางที่ติดตาด้วยยางพันธุ์ดีไว้เรียบร้อยแล้ว แต่ตายังไม่แตกเป็นกิ่งออกมา การปลูกสร้างสวนยางโดยใช้ต้นตอตายางได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะง่ายต่อการปฏิบัติ แต่ไม่แนะนำสำหรับการปลูกยางในแหล่งปลูกยางใหม่ที่มีปริมาณน้ำฝน และจำนวนวันฝนตกน้อยกว่าแหล่งปลูกยางเดิมในภาคใต้ การปลูกต้นตอยางควรปลูกในฤดูฝน

(2) ติดตาในแปลง

การปลูกสร้างสวนยางโดยการติดตาในแปลง ต้นยางที่ปลูกจะมีระบบรากแข็งแรงดี มีความเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ไม่ต้องขุดถอนย้ายปลูก ให้ผลผลิตในระยะเวลาใกล้เคียงกับการปลูกโดยใช้ต้นตอตา การปลูกสร้างสวนยางโดยการติดตาในแปลง จะประสบผลสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นกล้ายาง ความสมบูรณ์ของกิ่งตายาง และความสามารถของคนติดตายาง

(3) ต้นยางชำถุง

การปลูกยางด้วยต้นยางชำถุงเป็นวิธีที่ประสบผลสำเร็จสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ต้นยางเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ช่วยลดช่วงระยะเวลาดูแลรักษาต้นยางอ่อนให้สั้นลง สามารถกรีดยางได้เร็วกว่าการปลูกด้วยต้นตอตาและการติดตาในแปลง นอกจากนี้ต้นยางชำถุงยังเหมาะสมใช้เป็นต้นปลูกซ่อมได้ดีที่สุด

5.3 การป้องกันกำจัดวัชพืช

1) วัชพืชที่พบในสวนยาง

(1) วัชพืชฤดูเดียว เป็นวัชพืชที่ครบวงจรชีวิตภายในฤดูเดียวส่วนมากขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

- วัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าตีนนก หญ้าตีนกา หญ้านกสีชมพู หญ้าตีนติด หญ้าใบไผ่หญ้ามาเลเซีย หญ้าหวาย

- วัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ หญ้าเขมร สาบแร้งสาบกา หญ้ายาง

(2) วัชพืชข้ามปี เป็นวัชพืชที่ส่วนมากขยายพันธุ์ด้วยต้น ราก เหง้า หัว และไหล ได้ดีกว่าการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

- วัชพืชประเภทใบแคบ ได้แก่ หญ้าคา หญ้าขจรจบดอกเหลือง หญ้าแพรก

- วัชพืชประเภทใบกว้าง ได้แก่ สาบเสือ ขี้ไก่ย่าน

(3) เฟิร์น เป็นวัชพืชชั้นต่ำขยายพันธุ์ด้วยสปอร์ ไม่มีดอก ไม่เมล็ด ได้แก่ ลิเกา โชน ผักกูด ต้นสามร้อยยอด

2) การป้องกันกำจัด การป้องกันการกำจัดวัชพืชในสวนยางมีวิธีการ ดังนี้

- ไถและพรวนดินอย่างน้อย 2 ครั้งก่อนปลูก
- เก็บเศษซากวัชพืชออกให้หมดหลังการพรวนดิน
- ใช้แรงงานชุด ถาก ดायหรือตัดวัชพืชที่ขึ้นในแถวยาง
- ใช้วัสดุคลุมดิน โดยนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ เช่น เปลือกถั่ว ฟางข้าว ชังข้าวโพด หรือกระดาษหนังสือพิมพ์ เป็นต้น

- ปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่ว ได้แก่ คาโลโปโกเนียม เซนโตรซิมา เพอราเรีย และซีรูลีเยม ห่างจากแถวยางประมาณ 2 เมตร

- พ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชตามคำแนะนำ (ตาราง ก.6)

ตารางที่ ก.6 การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในสวนยางพารา

วัชพืช	สารเคมีกำจัดวัชพืช ^{1/}	อัตราการใช้/ไร่	วิธีใช้
วัชพืชทุกชนิด ^{2/} ยกเว้นหญ้าคา	พาราควอต (27.6% เอสแอล)	400 มิลลิลิตร	- ใช้กำจัดวัชพืชใบแคบและใบกว้าง พ่น วัชพืชอายุน้อย ระวังอย่าให้ สัมผัสส่วนยอด หรือส่วนที่มีสีเขียว ของพืชปลูก
	ไกลโฟเซต (48% เอสแอล)	200 มิลลิลิตร	- ใช้กำจัดวัชพืชใบแคบ ใช้ผสมน้ำ สะอาดและเครื่องพ่นชนิดที่ทำจาก อลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง สแตนเลส หรือพลาสติกเท่านั้น
หญ้าคา ^{3/}	ไกลโฟเซต (48% เอสแอล)	750-1,000 มิลลิลิตร	-อัตราที่แนะนำขึ้นกับความหนาแน่น ของวัชพืช

^{1/} ในวงเล็บคือ เปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์และสูตรของสารเคมีกำจัดวัชพืช

^{2/} ใช้น้ำอัตรา 50 ลิตร/ไร่

^{3/} ใช้น้ำอัตรา 100 ลิตร/ไร่

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

5.4 การปลูกพืชคลุมดิน

พืชคลุมดินตระกูลถั่ว เป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุที่สำคัญของยางพารา พื้นที่ว่างระหว่างแถวยางหากไม่ปลูกพืชแซมยางควรปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชคลุมดินเป็นวิธีหนึ่งที่ควบคุมการเจริญเติบโตของวัชพืช ช่วยรักษาความชื้นในดิน ลดการชะล้างและพังทลายของดิน เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน เป็นการปรับปรุงโครงสร้างของดินและเพิ่มธาตุอาหารในดิน

ชนิดของพืชคลุมดินที่ปลูกในสวนยาง

พืชคลุมดินตระกูลถั่วที่ใช้ปลูกในสวนยางที่สำคัญมี 4 ชนิด คือ

- คาโลโปโกเนียม (Calopogonium mucunoides)
- เพอราเรีย (Pueraria phaseoloides)
- เซนโตรซีมา (Centrosema pubescens)
- ซีรูเลียม (Calopogonium caeruleum)

ช่วงเวลาการปลูกพืชคลุมดิน

การปลูกพืชคลุมดินให้ประสบความสำเร็จมีข้อควรพิจารณา ดังนี้

- ฤดูกาลและเวลา ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เพื่อให้พืชคลุมดินเจริญเติบโตควบคุมวัชพืช

- การปลูกพืชคลุมดินหลังปลูกพืชแซมยาง เมื่อเลิกปลูกพืชแซมยางและยางมีอายุไม่เกิน 2 ปี

การปฏิบัติดูแลรักษาพืชคลุม

1) การควบคุมและกำจัดวัชพืช

(1) ใช้สารเคมี มี 2 ประเภท คือ

- สารเคมีประเภทก่อนวัชพืชงอก (Pre-emergence herbicides) ได้แก่ alachlor 258 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อไร่ หรือ oxyfluorfen 36 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อไร่ สารเคมีดังกล่าวผสมน้ำ 80 ลิตร เพื่อใช้ในพื้นที่ 1 ไร่ ควรฉีดพ่นสารเคมีในขณะที่ดินมีความชื้นจึงจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช

● สารเคมีประเภทหลังวัชพืชงอก (Post-emergence herbicides) ได้แก่ fluazifop-butyl 80-120 กรัม (สารออกฤทธิ์) ต่อไร่ สามารถฉีดได้ทั่วทั้งแปลงพืชคลุม เพื่อทำลายวัชพืชตระกูลหญ้าที่มีอายุปีเดียว และข้ามปี การผสมน้ำเช่นเดียวกับสารเคมี 2 ชนิดแรก

(2) ใช้วิธีทางกายภาพ เช่น ใช้แรงงานขุด หรือใช้รถแทรกเตอร์ลากขอนไม้หรือลูกกลิ้งทับลงไปบนพืชคลุมเพื่อให้วัชพืชโดยเฉพาะหญ้าคาล้มลง เปิดโอกาสให้พืชคลุมเจริญได้ดี

(3) ใช้วิธีผสมผสานระหว่างวิธีกายภาพ และใช้สารเคมี เป็นวิธีที่ควรปฏิบัติ เพราะสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และประหยัดค่าใช้จ่าย

2) การใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยพืชคลุมควรคำนึงถึงเวลาที่เหมาะสม ชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใส่ ดังแสดงในตาราง ก.7

ตารางที่ ก.7 การใส่ปุ๋ยพืชคลุมดินในสวนยาง

ครั้งที่	เวลาใส่ปุ๋ย	ชนิดและอัตราปุ๋ย (กก./ไร่)		วิธีใส่ปุ๋ย
		ปุ๋ย N-P-K ^{1/}	หินฟอสเฟต (25% P ₂ O ₅)	
1	ปีที่ 1-ขณะปลูก	-	เทากับน้ำหนักพืช	คลุกกับเมล็ดโรยในร่อง หรือหยอดในหลุม
2	หลังปลูกประมาณ 2 เดือน	10	15	โรยข้างแถวพืชคลุม แล้วคราดกลบ
3	ปลายฤดูฝน	-	30	หว่านในระหว่างแถวพืชคลุม
4	ปีที่ 2-ต้นฤดูฝน	-	30	หว่านบนพืชคลุม
ต่อไปปีละครั้ง	ต้นฤดูฝน	-	30	หว่านบนพืชคลุม

^{1/} ในเขตแห้งแล้งหรือสภาพดินทราย ควรใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งให้พืชคลุมเจริญเติบโตเร็วขึ้น ปุ๋ยที่ใช้อาจเป็นปุ๋ยอย่างอ่อนหรือสูตรอื่น เช่น 15-15-15

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

5.5 การให้ปุ๋ยอย่างพารา

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เป็นต่อการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ คือการปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางชีวภาพ ปัญหาการเกษตรของประเทศที่น่าสนใจ คือ ปัญหาความเสื่อมโทรมของดินจากการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์และชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อดินและความลาดชันและกระบวนการสูญเสียธาตุอาหารในดินจากการที่พืชดูดไปใช้ในการสร้างความเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ซึ่งจะแตกต่างกันชนิดของพืช ดังนั้นในการรักษาศักยภาพการผลิตให้ยั่งยืน จำเป็นต้องรักษาสสมดุลระหว่างการชดเชยและการนำออกจากพื้นที่ของธาตุอาหารพืชต่างๆ การปฏิบัติที่สำคัญในการปรับปรุงบำรุงดิน ได้แก่ การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุปรับปรุงดิน และการอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นการลดต้นทุนการผลิตวิธีหนึ่ง หากเกษตรกรใช้ปุ๋ยตามอัตราและวิธีการที่ทางราชการแนะนำจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และมีรายได้เพิ่มขึ้น

ในการสร้างความเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตอย่างพารา ดันยางมีความต้องการปุ๋ยไนโตรเจน โพแทสเซียม ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม โดยที่ไนโตรเจน และโพแทสเซียม เป็นธาตุที่สูญเสียได้ง่ายจากการชะล้างและสูญเสียไปกับน้ำยาง มีรายงานว่ามีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปของเนื้อยางแห้ง 232 กิโลกรัมต่อไร่จะเป็นไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 3.8 กิโลกรัมต่อไร่ 0.77 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5.8 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และเช่นเดียวกัน ผลผลิตของเนื้อยางแห้ง 400 กิโลกรัมต่อไร่ จะสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม 9.6 กิโลกรัมต่อไร่ 4.8 กิโลกรัมต่อไร่ 10.4 กิโลกรัมต่อไร่ และ 1.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ดินปลูกอย่างพาราส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การปลูกยางชำที่เดิมในสวนยางสงเคราะห์ปลูกแทน เป็นการนำธาตุอาหารในรูปของน้ำยางและส่วนต่างๆ ของต้นออกไปจากสวนยาง ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ต้นยาง และรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใช้ปุ๋ยบำรุงต้นยางที่ถูกต้องและเหมาะสมจะทำให้ต้นยางเจริญเติบโตเร็วมีผลทำให้ต้นยางเปิดกรีดได้เร็วขึ้น

1) การใช้ปุ๋ยกับยางพาราก่อนเปิดกรีด

ปุ๋ยอย่างพาราก่อนเปิดกรีด คือปุ๋ยที่ใส่ตั้งแต่เริ่มปลูกจนต้นยางโตได้ขนาดกรีด ปุ๋ยที่ใช้ได้แก่ปุ๋ยรอกกันหลุม และปุ๋ยบำรุง

(1) *ปุ๋ยรอกกันหลุม* เป็นปุ๋ยที่เร่งให้รากงอกและแผ่ขยายเร็ว ปุ๋ยรอกกันหลุมที่แนะนำให้ใช้ในสวนยางได้แก่ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) เป็นปุ๋ยที่ผลิตได้ในประเทศ มีปริมาณฟอสเฟต ทั้งหมดประมาณร้อยละ 25 มีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 3 วิธีใส่ปุ๋ยรอกกันหลุม โดยขุดดิน

แยกเป็น 2 ส่วน คือ ดินชั้นบนและดินชั้นล่าง ใช้ดินชั้นบนกลบลงในหลุมก่อน ส่วนดินล่างใช้คลุกกับปุ๋ยหินฟอสเฟต อัตรา 170 กรัมต่อหลุม แล้วกลบดินล่างที่คลุกปุ๋ยลงไปให้เต็มหลุม ในเขตแห้งแล้งแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์รองกันหลุมอัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้นร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟต ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นยางมีอัตราการรอดตายสูง และการเจริญเติบโตในช่วงแรกดีขึ้น

(2) **ปุ๋ยบำรุง** เป็นปุ๋ยที่ใส่เพื่อเร่งให้ต้นยางเจริญเติบโตเร็ว สามารถเปิดกรีดได้เร็วขึ้น ปุ๋ยบำรุงที่แนะนำให้ใช้ในสวนยางก่อนเปิดกรีด จำนวน 2 สูตร คือ

- สูตร 20-8-20 สำหรับดินทุกชนิดในแหล่งปลูกยางเดิม
- สูตร 20-10-12 สำหรับดินทุกชนิดในแหล่งปลูกยางใหม่

โดยสูตรปุ๋ยสำหรับดินปลูกยางในแหล่งปลูกยางเดิม มีอัตราปุ๋ยที่ใส่แตกต่างกันตามชนิดของเนื้อดิน ส่วนในแหล่งปลูกยางใหม่แนะนำอัตราปุ๋ยเหมือนกันในดินทุกชนิด และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังแสดงในตาราง ก.8

ตารางที่ ก.8 การใช้ปุ๋ยกับต้นยางก่อนเปิดกรีด

ปีที่	อายุต้นยาง ^{1/} เดือน	แหล่งปลูกยางเดิม		แหล่งปลูกยางใหม่	
		ปุ๋ยเคมี 20-8-20 กรัม/ต้น		ปุ๋ยเคมี 20-10-12 กรัม/ต้น	ปุ๋ยอินทรีย์ กิโลกรัม/ต้น
		ดินร่วนเหนียว	ดินร่วนทราย	ดินทุกชนิด	ดินทุกชนิด
1	2	70	100	60	1
	5	100	140	80	-
	11	130	170	100	-
2	14	150	200	110	2
	16	150	210	110	-
	23	150	210	120	-
3	28	230	320	180	2
	36	230	320	180	-
	40	240	330	180	2
	47	240	330	180	-
5	52	260	360	200	2
	59	260	360	200	-
6	64	270	370	200	2
	71	270	370	200	-

^{1/} เวลาใส่ปุ๋ยอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความชื้นในดิน

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

2) การใช้ปุ๋ยกับยางพาราหลังเปิดกรีด

เมื่อต้นยางเปิดกรีดได้แล้ว ยังมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยต่อไปทุกปี เพื่อให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ ปุ๋ยยางพาราหลังเปิดกรีดที่แนะนำคือ ปุ๋ยสูตร 30-5-18 ใช้ได้กับดินทุกชนิด ทั้งในแหล่งปลูกยางเดิมและแหล่งปลูกยางใหม่ การใส่ปุ๋ยให้แก่ต้นยางที่เปิดกรีดแล้ว แนะนำให้ใส่ปุ๋ยอัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละ 500 กรัมต่อต้น

3) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและใบ

เป็นวิธีหนึ่งที่จะทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพและให้ผลตอบแทนคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการเป็นการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นและเหมาะสมกับความต้องการของต้นยาง

ในการแนะนำการใช้ปุ๋ยตามผลการวิเคราะห์ดินและใบ จำเป็นต้องทราบข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- (1) ระดับธาตุอาหารในดินและใบยาง
- (2) ผลงานวิจัยปุ๋ยยางในอดีตและปัจจุบัน
- (3) ประวัติการจัดการสวนยางในแปลงที่จะใช้ปุ๋ย

3) การผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง

ปุ๋ยผสม คือปุ๋ยที่ได้จากการเอาปุ๋ยเชิงเดี่ยวหรือปุ๋ยเชิงประกอบตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ที่ทราบปริมาณธาตุอาหารหลักมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันในปริมาณและสัดส่วนของธาตุอาหารทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามเกรดหรือสูตรปุ๋ยที่ต้องการ สถาบันวิจัยยางได้แนะนำการผสมปุ๋ยใช้เองในสวนยางมาตั้งแต่ปี 2527 โดยใช้แม่ปุ๋ย 3 ชนิด ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (20-0-0) หินฟอสเฟต (0-3-0, 25% Total P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง เพื่อลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร โดยใช้แม่ปุ๋ยใดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) ยูเรีย (46-0-0) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) เป็นแม่ปุ๋ยในการผสมปุ๋ย ดังนั้น ในการจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยยางพาราปี 2541 สถาบันวิจัยยางจึงได้แนะนำให้ใช้แม่ปุ๋ยใดแอมโมเนียมฟอสเฟต (18-46-0) เป็นแหล่งที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสแทนการใช้หินฟอสเฟต โดยที่ปุ๋ยฟอสเฟตทั้งสองชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่อต้นยางใกล้เคียงกัน การใช้ปุ๋ยใดแอมโมเนียมฟอสเฟตในรูปของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและละลายน้ำได้ง่าย ทำให้ต้นยางในปีแรกเจริญเติบโตดีกว่าปุ๋ยหินฟอสเฟต

นอกจากนี้ได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยยูเรียแทนปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งมีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของต้นยางใกล้เคียงกัน และปุ๋ยยูเรียมีราคาต่อหน่วยของธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียมยังคงแนะนำให้ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เนื่องจากเป็นแม่ปุ๋ยที่หาได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแม่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50) ซึ่งมีประสิทธิภาพต่อต้นยางใกล้เคียงกัน

สมบัติของแม่ปุ๋ยที่นำมาใช้ทำปุ๋ยผสม

- ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 มีธาตุไนโตรเจนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 46 ของน้ำหนัก
- ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต สูตร 18-46-0 มีธาตุไนโตรเจนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 18 ของน้ำหนัก และธาตุฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 46 ของน้ำหนัก
- ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ สูตร 0-0-60 มีธาตุโพแทสเซียมที่ละลายน้ำไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 ของน้ำหนัก

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณแม่ปุ๋ย

สำหรับสูตร 20-8-20 สำหรับต้นยางก่อนเปิดกรีดในเขตปลูกยางเดิม

แม่ปุ๋ยที่ใช้ ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 18-46-0 (DAP)

ยูเรีย 46-0-0 (Urea)

โพแทสเซียมคลอไรด์ 0-0-60 (MOP)

วิธีการคำนวณ

คำนวณ %P₂O₅ ก่อน

$$\begin{aligned} 8\% \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ ใช้ DAP} &= \frac{8}{46} \times 100 \\ &= 17.4 \text{ กก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DAP 17.4 กก. มีไนโตรเจนติดมาด้วย} &= \frac{18}{100} \times 17.4 \\ &= 3.1 \text{ กก. N} \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อนำไปหักออกจาก 20% N จากสูตรที่ต้องการผสมไนโตรเจนส่วนที่ขาดอีก 16.9 กก. N (20-3.1=16.9 กก.N) เอาไปคำนวณหาจากปุ๋ยยูเรีย

$$\begin{aligned} 16.9 \text{ กก.N ใช้ยูเรีย} &= \frac{16.9}{46} \times 100 \\ &= 36.7 \text{ กก.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 20\% \text{ K}_2\text{O ใช้ MOP} &= \frac{20}{60} \times 100 \\ &= 33.33 \text{ กก.} \end{aligned}$$

ดังนั้นเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมที่มีธาตุอาหาร N 20 กก. P_2O_5 8 กก. และ K_2O 20 กก. หรือสูตร 20-8-20 จะต้องใช้แม่ปุ๋ย

DAP	= 17.4 กก.
Urea	= 36.7 กก.
MOP	= 33.3 กก.
รวมน้ำหนักปุ๋ยผสม	= 87.4 กก.

จะเห็นได้ว่าปุ๋ยที่ผสมได้น้ำหนักรวมเพียง 87.4 กก. มีปริมาณธาตุอาหาร N 20 กก. P_2O_5 8 กก. และ K_2O 20 กก. ถ้าต้องการให้ปุ๋ยที่ผสมได้มีสูตร 20-8-20 จะต้องใส่สารตัวเติม เช่น หทรายหรือปูนมาร์ลหนัก 12.6 กก. ใส่ลงไปให้ครบ 100 กก. โดยถือว่าสารเหล่านี้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้ธาตุอาหารหลักในสูตรที่ทำการผสม โดยทั่วไปหลักการผสมปุ๋ยเคมีใช้เองจะไม่แนะนำให้ใช้สารตัวเติมเพราะไม่จำเป็น และยังจะทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิต ในการจัดซื้อสารตัวเติม และเพิ่มค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ยเนื่องจากต้องใส่ปริมาณมากขึ้น น้ำหนักของปุ๋ยที่ผสมได้ไม่ครบ 100 กก. แสดงว่าปุ๋ยผสมที่ได้มีสูตรสูงกว่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นเมื่อนำปุ๋ยผสมนี้ไปใช้ก็ต้องลดอัตราปุ๋ยที่ควรจะใช้โดยวิธีคำนวณ เช่น แนะนำใช้ปุ๋ยสูตร 20-8-20 สำหรับต้นยางอายุ 5 เดือน ที่ปลูกในดินร่วนทรายในเขตปลูกยางเดิม อัตรา 140 กรัม/ต้น เมื่อใช้ปุ๋ยผสมเองตามที่ได้กำหนดไว้จะต้องใช้เพียง 130 กรัม/ต้น เท่านั้น

วิธีการคำนวณ

น้ำหนักปุ๋ย 100 กก. ใช้อัตรา	=	140	กรัม/ต้น
น้ำหนักปุ๋ย 87.4 กก. ใช้อัตรา	=	$\frac{140}{100} \times 87.4$	
	=	122.4	กรัม/ต้น
หรือประมาณ		130	กรัม/ต้น

สำหรับสูตร 20-10-12 สำหรับต้นยางก่อนเปิดกรีดในเขตแห้งแล้ง

แม่ปุ๋ยที่ใช้	ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 18-46-0 (DAP)
	ยูเรีย 46-0-0 (Urea)
	โพแทสเซียมคลอไรด์ 0-0-60 (MOP)

วิธีการคำนวณ

คำนวณ % P_2O_5 ก่อน

$$\begin{aligned}
 10 \% \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ ใช้ DAP} &= \frac{10}{46} \times 100 \\
 &= 21.7 \text{ กก.} \\
 \text{DAP } 21.7 \text{ กก. มีไนโตรเจนติดมาด้วย} &= \frac{18}{100} \times 21.7 \\
 &= 3.9 \text{ กก. N}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อนำไปหักออกจาก 20% N จากสูตรที่ต้องการผสม ไนโตรเจนส่วนที่ขาดอีก 16.1 กก.N (20-3.9 = 16.1) เอาไปคำนวณหาจากปุ๋ยยูเรีย

$$\begin{aligned}
 16.1 \text{ กก. N ใช้ปุ๋ยยูเรีย} &= \frac{16.1}{46} \times 100 \\
 &= 35 \text{ กก.} \\
 12\% \text{ K}_2\text{O} \text{ ใช้ MOP} &= \frac{12}{60} \times 100 \\
 &= 20 \text{ กก.}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมที่มีธาตุอาหาร N 20 กก. P_2O_5 10 กก. และ K_2O 12 กก. หรือสูตร 20-10-12 จะต้องใช้แม่ปุ๋ย

DAP	=	21.7	กก.
Urea	=	35.0	กก.
MOP	=	20.0	กก.
รวมน้ำหนักปุ๋ยผสม	=	76.7	กก.

จะเห็นได้ว่าปุ๋ยผสมที่ได้มีน้ำหนักรวมเพียง 76.7 กก. มีปริมาณธาตุอาหาร N 20กก. P_2O_5 10 กก. และ K_2O 12 กก. ยังขาดน้ำหนักอีก 23.3 กก. จึงจะครบ 100 กก. และเป็นสูตรปุ๋ย 20-10-12 ตามที่ต้องการผสม แต่โดยทั่วไปในการผสมปุ๋ยใช้เองไม่แนะนำให้ใช้สารตัวเดิมดังที่กล่าวมาแล้ว เนื่องจากปุ๋ยที่ผสมได้มีน้ำหนักไม่ครบ 100 กก. แสดงว่าปุ๋ยผสมที่ได้มีสูตรสูงกว่าที่กำหนดได้ดังนั้นเมื่อนำปุ๋ยผสมนี้ไปใช้จำเป็นต้องลดอัตราปุ๋ยที่ควรจะใช้โดยวิธีการคำนวณ เช่น แนะนำใช้ปุ๋ยสูตร 20-10-12 สำหรับต้นยางอายุ 5 เดือนที่ปลูกในเขตแห้งแล้งอัตรา 80 กรัม/ต้น เมื่อใช้ปุ๋ยผสมเองตามที่ได้คำนวณไว้จะต้องใช้เพียง 70 กรัม/ต้น เท่านั้น

การคำนวณ	น้ำหนักปุ๋ย 100 กก. ใช้อัตรา	=	80	กรัม/ต้น
	น้ำหนักปุ๋ย 76.7 กก. ใช้อัตรา	=	$\frac{80}{100} \times 76.7$	

$$= 61.4 \text{ กรัม/ตัน}$$

สูตร 30-5-18 สำหรับต้นยางที่เปิดกรีดแล้วในทุกเขตปลูกยาง

แม่ปุ๋ยที่ใช้ ไโดแอมโมเนียมฟอสเฟต 18-46-0 (DAP)
ยูเรีย 46-0-0 (Urea)
โพแทสเซียมคลอไรด์ 0-0-60 (MOP)

วิธีการคำนวณ

คำนวณ % P_2O_5 ก่อน

$$\begin{aligned} 5\% P_2O_5 \text{ ใช้ DAP} &= \frac{5}{46} \times 100 \\ &= 10.9 \text{ กก.} \\ \text{DAP } 10.9 \text{ กก. มีไนโตรเจนติดมาด้วย} &= \frac{18}{100} \times 10.9 \\ &= 2.0 \text{ กก. N} \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อนำไปหักออกจาก 30% N จากสูตรที่ต้องการผสม ไนโตรเจนส่วนที่ขาดอีก 28 กก.N (30-2 = 28) เอาไปคำนวณหาจากปุ๋ยยูเรีย

$$\begin{aligned} 28 \text{ กก. N ใช้ปุ๋ยยูเรีย} &= \frac{28}{46} \times 100 \\ &= 60.9 \text{ กก.} \\ 12\% K_2O \text{ ใช้ MOP} &= \frac{18}{60} \times 100 \\ &= 30 \text{ กก.} \end{aligned}$$

ดังนั้นเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมที่มีธาตุอาหาร N 30 กก. P_2O_5 5 กก. และ K_2O 18 กก. หรือสูตร 30-5-18 จะต้องใช้แม่ปุ๋ย

$$\begin{aligned} \text{DAP} &= 10.9 \text{ กก.} \\ \text{Urea} &= 60.9 \text{ กก.} \\ \text{MOP} &= 30.0 \text{ กก.} \\ \text{รวมน้ำหนักปุ๋ยผสม} &= 101.8 \text{ กก.} \end{aligned}$$

ปุ๋ยผสมมีน้ำหนักรวม 101.8 กก. มีปริมาณธาตุอาหาร N 30 กก. P_2O_5 5 กก. และ K_2O 18 กก. แสดงว่าสูตรปุ๋ยที่ผสมได้ต่ำกว่าสูตร 30-5-18 เล็กน้อย ดังนั้นอัตราปุ๋ยที่ใช้จะต้องเพิ่มมากขึ้นโดยการคำนวณเช่นเดียวกัน เช่นแนะนำให้ใช้ปุ๋ยสูตร 30-5-18 สำหรับต้นยางที่เปิดกรีดแล้วอัตรา 500 กรัม/ตัน เมื่อใช้ปุ๋ยผสมเองจะต้องใช้อัตราเพิ่มขึ้นเป็น 509 กรัม/ตัน เท่านั้น

$$\begin{aligned}
 \text{การคำนวณ} \quad \text{น้ำหนักปุ๋ย 100 กก. ใช้อัตรา} &= 500 \text{ กรัม/ตัน} \\
 \text{น้ำหนักปุ๋ย 101.8 กก. ใช้อัตรา} &= \frac{500}{100} \times 101.8 \\
 &= 509 \text{ กรัม/ตัน}
 \end{aligned}$$

เนื่องจากปุ๋ยผสมที่ได้มีน้ำหนักเกิน 100 กก. เพียง 1.81 กก. ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการผสมเพื่อใช้เองและเพื่อให้สะดวกต่อการแนะนำให้เกษตรกรนำไปใช้ ดังนั้นสามารถปรับน้ำหนักของแม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดให้เป็น 100 กก. ได้โดยใช้

$$\begin{aligned}
 \text{DAP} &= 10 \text{ กก.} \\
 \text{Urea} &= 60 \text{ กก.} \\
 \text{MOP} &= 30 \text{ กก.} \\
 \text{รวมน้ำหนักปุ๋ยผสม} &= 100 \text{ กก.}
 \end{aligned}$$

3) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในสวนยาง

ในสภาพดินปลูกยางพาราของประเทศส่วนใหญ่มีอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือและมีแนวโน้มลดลงซึ่งมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากขาดการปฏิบัติอย่างจริงจังในการปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วระหว่างแถวยาง ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินแล้ว ยังเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินอีกด้วยในช่วง 3 ปีที่ปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วผสม 3 ชนิด ได้แก่ เพอร์เรีย คาโลโปโกเนียม และเซนโตรซีมาในระหว่างแถวยาง เมื่อใบและเถาพืชคลุมดินสลายตัวแล้วจะให้ธาตุไนโตรเจนแก่ดิน 36.7 กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 174 กิโลกรัมต่อไร่ ในระยะเวลา 5 ปี จะสลายตัวให้อินทรีย์วัตถุและปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนลงดินถึง 56.5 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 269 กิโลกรัมต่อไร่

4) อัตราและวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

กำหนดอัตราปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในพื้นที่ปลูกยางใหม่โดยให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์รองกันหลุม อัตรา 5 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้นในปีที่ 1 หลังจากนั้นใส่

ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 2 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี ในปี ที่ 2-6 โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้คลุกเคล้ากับดินและใส่พร้อมกับปุ๋ยเคมีอัตราที่แนะนำในแหล่งปลูกยางใหม่ หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์ก่อนปุ๋ยเคมี 15 วัน เพื่อปรับสภาพดิน

สำหรับสวนยางในแหล่งปลูกยางเดิมที่ไม่ได้ปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วระหว่างแถวยางและขาดการจัดการสวนยางที่ถูกต้อง มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ จึงควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้แก่ต้นยางเพื่อเน้นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน อัตราเท่ากับที่แนะนำในแหล่งปลูกยางใหม่และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบผสมผสานในอัตราปกติที่แนะนำ

สวนยางที่เปิดกรีดแล้ว อาจไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากเศษใบยางที่ร่วงหล่นทับถมบนดินเป็นเวลานานหลายปี เมื่อย่อยสลายจะเป็นการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ทางธรรมชาติ ใส่ลงในหลุมระหว่างแถวยางอัตรา ไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

6) เวลาที่ใส่ปุ๋ย

ระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นยาง ในระยะก่อนเปิดกรีดต้นยางจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยให้บ่อยครั้งในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของต้นยางเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เมื่อต้นยางโตจนเปิดกรีดได้แล้ว ยังมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยให้ต้นยางต่อไปอีกทุกปี เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่ให้ลดลง อย่างไรก็ตามสวนยางที่มีการใส่ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ และดูแลรักษาสวนดีในระยะก่อนเปิดกรีด ในช่วง 2 ปีแรกหลังจากเปิดกรีดอาจไม่ต้องใส่ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ใส่ให้แก่ต้นยางในระยะก่อนเปิดกรีดยังมีอยู่ในดินเพียงพอ

วิธีการใส่ปุ๋ย

- การใส่แบบหว่าน เป็นการหว่านปุ๋ยให้ทั่วบริเวณที่ใส่ปุ๋ย
- การใส่เป็นแถบ เป็นการใส่ปุ๋ยโดยโรยเป็นแถบตามแนวแถวยาง
- การใส่แบบหลุม เป็นการขุดหลุมใส่ปุ๋ยแล้วกลบ เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ที่มีฝนตกชุกติดต่อกันเป็นเวลานาน

5.6 โรค และการป้องกันกำจัด

โรคนางพาราที่พบระบาดในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา มีดังนี้

- โรคใบและฝัก

โรคที่เกิดกับใบและฝักของยางพาราที่พบในประเทศไทยคือ โรคใบร่วงและฝักเน่า และโรคราแป้ง

- โรคใบจุดนูน และโรคใบจุดตานก

● โรคใบร่วงและฝักเน่าที่เกิดจากเชื้อไฟทอปทอรา (Phytophthora leaf fall and pod rot) โรคใบร่วงและฝักเน่าระบาดทั่วไปทั้งในแปลงขนาดใหญ่ แปลงยกก่อนเกิดกริดและแปลงกึ่งตายในช่วงเดือนพฤษภาคม-ธันวาคม เชื้อราเข้าทำลายส่วนดอก ใบและฝักยาง ทำให้ต้นยางเปิดกริดได้ช้าลง ผลผลิตลดลงร้อยละ 30-50

การป้องกันกำจัด

ควรกำจัดวัชพืชและตัดแต่งกิ่งในสวนยางให้โปร่ง เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ช่วยลดความชื้นในสวน ไม่ควรปลูกพืชอาศัยของเชื้อรา เช่น ทุเรียน ส้ม และพริกไทย ร่วมในสวนยาง การใช้สารเคมี ควรใช้ป้องกันโรคก่อนฤดูกาลระบาดเพื่อลดความเสียหาย สารเคมีที่แนะนำได้แก่

● เมตาแลกซิล (ชื่อการค้า : เอพรอน) 35%SD อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือ อัตราการใช้ 12 กรัมต่อน้ำมันดีเซล 20 ลิตร ในกรณีที่ใช้กับต้นยางใหญ่ ให้พ่นสารเคมีที่ผสมน้ำมันดีเซลด้วยเครื่องพ่นหมอกก่อนฤดูกาลระบาดอย่างน้อย 5 สัปดาห์

● ฟอสเอทิล อลูมิเนียม (ชื่อการค้า : อาลีเอท) 80%WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ใช้กับต้นยางอายุต่ำกว่า 2 ปี โดยการฉีดพ่นพุ่มใบยางก่อนฤดูกาลระบาดทุก 7 วัน

● ยูเรีย (ชื่อการค้า : ยูเรีย) 46-0-0 อัตรา 0.5% ผสมสารจับใบฉีดพ่นพุ่มใบก่อนฤดูกาลระบาดในช่วงเย็นทุก 3 วัน

โรคราแป้งหรือโรคใบที่เกิดจากเชื้อออยเดียม (Powdery mildew or Oidium leaf Disease) ระบาดทั่วไปในแปลงกึ่งตาเกือบตลอดทั้งปี และพบระบาดในแปลงยางใหญ่ ในช่วงต้นยางผลิใบใหม่ตามธรรมชาติ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ทำให้ใบอ่อนร่วง ต้นยางชะงักการเจริญเติบโต และผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 44

การป้องกันกำจัด

หลีกเลี่ยงการเกิดโรคโดยการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนก่อนยางผลิใบใหม่เป็นการเร่งให้ต้นยางผลิใบเร็วขึ้น และเสร็จสิ้นในเวลาอันสั้น หรือใช้สารเคมีก่อนการเกิดโรค เพื่อป้องกันการระบาดและลดความเสียหาย สารเคมีที่แนะนำได้แก่

● บีโนมิล (ชื่อการค้า : เบนเลท หรือ ฟันดาโซล) 50% WP อัตราการใช้ 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

● คาร์เบนดาซิม (ชื่อการค้า : เดอโรซาล) 50% WP อัตราการใช้ 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

● ซัลเฟอร์ (ชื่อการค้า : ไธโอวิท) 80% WP อัตราการใช้ 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

● ไตรดีมอร์ฟ (ชื่อการค้า : คาลิกซิน) 75% EC อัตราการใช้ 10 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร (ห้ามใช้ในอัตราสูงกว่าแนะนำ เพราะจะทำให้ใบยางไหม้)

ทั้ง 4 ชนิดนี้ ใช้สำหรับต้นยางอ่อนอายุต่ำกว่า 2 ปี โดยการฉีดพ่นสารเคมีบนใบยางที่เริ่มผลิใบใหม่ทุก 7 วันก่อนโรคระบาด

- กำมะถันผง อัตราการใช้ 1.5-4 กิโลกรัมต่อไร่ ฉีดพ่นไอบางก่อนเวลา 07.00 น. เพื่อหลีกเลียงลมและอาศัยประโยชน์จากน้ำค้าง

โรคใบจุดหนู หรือโรคที่เกิดจากเชื้อคอลเลทโทตริคัม (Colletotrichum leaf Disease) ระบาดทั่วไปในแปลงกล้วยและแปลงกิงตา ช่วงเดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน ส่วนแปลงยางใหญ่จะพบในบางพื้นที่ที่ฝนตกชุกและความชื้นสูง

การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีพ่นไอบางก่อนฤดูการระบาด ดังนี้

- ไชแนบ (ชื่อการค้า : ไชแนบ) 80% WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
- คลอโรทาโลนิล (ชื่อการค้า : ดาโคนิล) 75% WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
- บีโนมิล (ชื่อการค้า : เบนเลท) 50% WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
- โปรพิเนบ (ชื่อการค้า : แอนทราโคล) 75% WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

ใช้สารเคมีตัวใดตัวหนึ่งกับต้นยางอายุน้อยกว่า 2 ปี โดยฉีดพ่นสารเคมีบนไอบางที่เริ่มผลิใบใหม่ และกำลังขยายตัวจนมีขนาดโตเต็มที่ ฉีดพ่นทุก 5 วัน ประมาณ 5-6 ครั้ง

โรคใบจุดก้างปลา (Corynespora leaf Disease)

โรคใบจุดก้างปลารบาดทั่วไปในยางติดตาชำถุง แผลงกิงตา และแปลงยางใหญ่ ในช่วงเดือนเมษายน-ธันวาคม ในประเทศไทยพบการเกิดโรคนี้ครั้งแรกที่ศูนย์วิจัยยางสุราษฎร์ธานีเมื่อปี พ.ศ. 2528 กับพันธุ์ยางจากประเทศศรีลังกา พันธุ์ RRIC 103 ทำให้ต้นยางตายร้อยละ 20 ของจำนวนต้นยางในแปลง

การป้องกันกำจัด ไม่ควรปลูกพืชอาศัยของเชื้อรา เช่นงา ถั่วเหลือง และมะละกอเป็นพืชแซมในแหล่งระบาดของโรค เพื่อตัดวงจรของเชื้อรา อาจใช้สารเคมีพ่นไอบางก่อนฤดูการระบาด ดังนี้

- ไตรดีมอร์ฟ (ชื่อการค้า : คาลิกซิน) 75% EC อัตราการใช้ 10 ซีซี.ต่อน้ำ 20 ลิตร
- บีโนมิล (ชื่อการค้า : เบนเลท) 50% WP อัตราการใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

ใช้สารเคมีตัวใดตัวหนึ่งกับต้นยางอายุน้อยกว่า 2 ปี โดยฉีดพ่นสารเคมีบนไอบางตั้งแต่เริ่มผลิใบอ่อนทุก 7 วัน

โรคใบจุดตานก (Bird's eye spot)

โรคใบจุดตานกระบาดทั่วไปในแปลงกล้วยที่ใช้เป็นต้นตอเพื่อติดตา ยาง หรือต้นยางในแปลงขยายพันธุ์เพื่อผลิตกิงตา ในช่วงเดือนเมษายน-พฤศจิกายน

การป้องกันกำจัด

- แมนโคเซบ (ชื่อการค้า : แมนโคเซบ) 75% WP อัตราการใช้ 48 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (ชื่อการค้า : ไดเทนเอ็ม 45) 80% WP อัตราการใช้ 48 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

- โปรพิเนบ (ชื่อการค้า : แอนทราโคล) 75% WP อัตราการใช้ 48 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
 - คลอโรธาโลนิล (ชื่อการค้า : คาโดนิล) 75% WP อัตราการใช้ 48 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
- ใช้สารเคมีตัวใดตัวหนึ่งพ่นไปอย่างอ่อนส่วนปลายยอดในระยะที่ผลิใบใหม่และใบกำลังขยายตัวให้ทั่วถึง ทุก 7 วัน

โรคลำต้นและกิ่งก้าน

โรคเส้นดำ (Black stripe)

โรคเส้นดำระบาดในสวนยางที่เปิดกรีดแล้วโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ฝนตกชุก และเป็นพื้นที่ที่มีโรคใบร่วงและฝักเน่าระบาดอย่างรุนแรง พบการระบาดในช่วงเดือนพฤษภาคม-ธันวาคม โดยเชื้อราจะทำให้หน้ากรีดเน่าเสียหาย เป็นผลทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งที่ควรจะได้

การป้องกันและกำจัด

ไม่ควรปลูกพืชอาศัยของเชื้อราเป็นพืชร่วมหรือพืชแซมยาง เช่น ทุเรียน มะพร้าว โกโก้ ส้ม มะละกอ พริกไทย และยาสูบ ทาสารเคมีป้องกันโรคก่อนฤดูการระบาดของโรคระบาด โดยการฉีดยาเปลี่ยนส่วนที่เป็นโรคเดิมออก แล้วทาผลด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อราดังนี้

- เมตาแลคซิล (ชื่อการค้า : เอฟรอน) 35% SD อัตราการใช้ 14 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผสมสารจับใบ 2 ซีซี. พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 7 วัน อย่างน้อย 4 ครั้ง
- ฟอสเอทิล เอ เอล (ชื่อการค้า : อาลีเอท) 80% WP อัตราการใช้ 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรต่อต้น พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 2-4 วัน 6-8 ครั้ง
- ออกซาไดซิล+แมนโคเซบ (ชื่อการค้า : แชนโดแฟน เอ็ม) 10%+56% WP อัตราใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรผสมสารจับใบ 2 ซีซี. พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 7 วัน อย่างน้อย 4 ครั้ง

โรคเปลือกเน่า (Mouldy rot)

โรคเปลือกเน่าระบาดในสวนยางที่เปิดกรีดแล้วโดยเฉพาะในพื้นที่ที่อากาศมีความชื้นสูงและฝนตกชุก ในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม โดยเชื้อราเข้าทำลายรอยกรีดทำให้หน้ากรีดยางเน่าเสียหาย ส่งผลกระทบทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งที่ควรจะได้

การป้องกันและกำจัด ไม่ควรปลูกพืชอาศัยของเชื้อราเป็นพืชร่วมหรือพืชแซมยาง ได้แก่ กาแฟ โกโก้ มะม่วง มะพร้าว ใบมันฝรั่ง ควรตัดแต่งกิ่งก้านและกำจัดวัชพืชให้สวนโล่งเตียน ไม่ควรปลูกต้นยางให้หนาแน่นจนเกินไป เพื่อลดความชื้นในสวนยาง เมื่อพบต้นยางเป็นโรคควรขุดเอาส่วนที่เป็นโรคออก แล้วใช้สารเคมีทาหน้ายางเพื่อป้องกันกำจัดเชื้อรา จนกว่าหน้ากรีดยางจะแห้งเป็นปกติ สารเคมีที่แนะนำมีหลายชนิด สามารถเลือกใช้ชนิดหนึ่งได้เช่น

- บีโนมิล (ชื่อการค้า : เบเนเลท) 50% WP อัตราการใช้ 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

- ออกซาไดซิล+แมนโคเซบ (ชื่อการค้า : แชนโดแฟน เอ็ม) 10%+56% WP อัตราใช้ 40 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรผสมสารจับใบ 2 ซีซี. พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 7 วัน อย่างน้อย 4 ครั้ง
- ไธอะเบนดาโซล (ชื่อการค้า : พรอนโต) 40% WP อัตราใช้ 20 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 7 วัน อย่างน้อย 4-8 ครั้ง
- เมตาแลคซิล (ชื่อการค้า : เอพรอน) 35% SD อัตราการใช้ 14 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผสมสารจับใบ 2 ซีซี. พ่นหรือทาหน้ากรีดทุก 7 วัน อย่างน้อย 4 ครั้ง

โรคราสีชมพู (Pink disease)

โรคราสีชมพูระบาดในแปลงยางอ่อนและต้นยางเปิดกรีดแล้ว ในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม โดยเชื้อราจะเข้าทำลายสามารถเปิดกรีดยางได้ตามกำหนด ถ้าเป็นโรครุนแรง จะทำให้ต้นยางตายจากยอดได้

การป้องกันและกำจัด

ดูแลรักษาสวนให้มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกไม่อับชื้นไม่ควรปลูกพืชอาศัยเป็นพืชร่วมหรือพืชแซมในสวนยาง เช่น กาแฟ ชา ส้ม เงาะ และขนุน ต้นยางที่ยังไม่เปิดกรีด ถ้ากิ่งหรือลำต้นตายจากยอดลงมา ควรตัดออกให้ต่ำกว่ารอยแผล 2-3 นิ้ว แล้วทาสารเคมีเคลือบรอยแผลไว้ หรือใช้สารเคมีบอร์โดมิกซ์เจอร์ (Bordeaux mixture) ที่มีอัตราส่วนผสมจุนสี 120 กรัม ปูนขาว 240 กรัม (ถ้าเป็นปูนขาวใหม่ใช้ประมาณ 150 กรัม) ผสมน้ำ 10 ลิตร ทาบริเวณที่เป็นโรค ไม่แนะนำให้ใช้กับต้นยางที่เปิดกรีดแล้ว เนื่องจากสารทองแดงซึ่งเป็นส่วนผสมของบอร์โดมิกซ์เจอร์ จะไหลลงไปผสมกับน้ำยางที่กรีดได้ ทำให้คุณภาพน้ำยางเสื่อมลง

ต้นยางที่เปิดกรีดแล้วแนะนำให้ใช้สารเคมีฉีดหรือทาบริเวณที่เป็นโรคดังนี้

- บีโนมิล (ชื่อการค้า : เบนเลท) 50% WP อัตราการใช้ 100-200 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร
- ไตรดีมอร์ฟ (ชื่อการค้า : คาลิกซิน) 75% EC อัตราการใช้ 60-120 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ทาบริเวณแผลคอบและกิ่งก้าน ควรชุบเปลือกบริเวณรอยแผลออกก่อนทาสารเคมี

โรคราก

โรครากยางพาราจัดเป็นโรคอันตรายโรคหนึ่ง เนื่องจากเชื้อราเข้าทำลายส่วนที่เป็นระบบหาอาหารเลี้ยงต้นยางซึ่งอยู่ใต้ดิน ถ้าต้นยางเป็นโรครากแล้วยากที่จะรักษา โรครากยางพาราที่พบในประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ โรครากขาว (*Rigidoporus lignosus*) โรครากแดง (*Ganoderma pseudoferreum*) และโรครากสีน้ำตาล (*Phelinus noxius*)

โรครากขาว (White root disease)

โรครากขาวระบาดในสวนยางปลูกใหม่ หลังจากโค่นต้นไม้ในป่าที่มีแหล่งโรครากขาว พบเข้าทำลายต้นยางได้ตั้งแต่อายุ 1 ปี หลังปลูกขึ้นไป เป็นโรคที่ทำความเสียหายให้กับต้นยางมากที่สุดในการระบาดของยางพาราที่พบในประเทศไทย ในประเทศไทยพบโรครากขาวในพื้นที่ปลูกยางบางพื้นที่ของจังหวัดนราธิวาส ปัตตานี ยะลา สงขลา พัทลุง ตรัง กระบี่ พังงา และสุราษฎร์ธานี

โรครากแดง (Red root disease)

โรครากแดงระบาดในสวนที่มีตอและรากไม้ใหญ่ๆ ฝังลึกอยู่ในดินเนื่องจากเชื้อราเจริญเติบโตค่อนข้างช้าจึงมักพบอาการของโรครากแดงกับต้นยางที่กรีดได้แล้วเป็นส่วนใหญ่ ในประเทศไทยพบโรครากแดงระบาดมากในจังหวัดนราธิวาส พัทลุง พังงา สงขลา ตรัง ปัตตานี และสุราษฎร์ธานี

โรครากน้ำตาล (Brown root disease)

โรครากน้ำตาลระบาดมากในสวนยางที่มีต้นหักโค่นเนื่องจากลม เป็นโรคที่ทำความเสียหายให้กับต้นยางเป็นลำดับสาม ประเทศไทยพบโรครากน้ำตาลระบาดมากในจังหวัดสงขลา ยะลา พัทลุง ตรัง และพังงา

การป้องกันและรักษา

โรครากของยางพาราเป็นโรคที่ยากแก่การป้องกันและรักษา การควบคุมโรคให้ได้ผลควรใช้ทั้งวิธีการทางเขตกรรมและการใช้สารเคมีร่วมกัน เพื่อควบคุมโรคราก ควรปฏิบัติดังนี้

- เตรียมพื้นที่ปลูกยางให้ปลอดโรค
- หลังการปลูกยางควรหมั่นตรวจตราต้นยางอยู่เสมอ
- ในแหล่งที่มีโรคระบาดมาก่อน หลังการโค่นถาง ควรปล่อยพื้นที่ให้ว่างไว้ 1-2 ปี หรือปลูกพืชชนิดอื่น หรือพืชคลุมดินตระกูลถั่วเพื่อปรับสภาพดิน
- ไม่ควรปลูกพืชที่เป็นพืชอาศัยของโรคราก
- ขุดคุ้ยระหว่างต้นเป็นโรคและต้นที่ยังไม่เป็นโรค
- ในกรณีที่เป็นโรคเพียงเล็กน้อย หลังการใช้สารเคมีควรหมั่นตรวจดูต้นยางสม่ำเสมอ โดยการขุดดินรอบโคนต้นเป็นร่องเล็กๆ เทสารเคมีรอบโคนต้น โดยไม่ต้องกลบดิน ใช้สารเคมีทุกๆ 6 เดือน หรือใช้สารเคมีปีละ 2 ครั้ง

ตารางที่ ก.9 สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและรักษาโรครากของยางพารา

โรค	ชื่อสามัญ	ชื่อการค้า	สารออกฤทธิ์	อัตราการใช้	วิธีใช้
โรครากขาว	กำมะถัน	กำมะถัน	100%	120-250 กรัม/ตัน	โรยรอบโคนต้นในรัศมี 60 ซม. หรือ ผสมดินใส่ในหลุมปลูกยาง จะช่วยลด pH ของดินทำให้ไม่เหมาะกับการเจริญของเชื้อรา ป้องกันการเกิดโรคได้ถึงร้อยละ 50
	ไตรดิมอร์ฟ	คาลิกซิน	75% W/V EC	10-20 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/ต้น	ขุดรอบโคนต้นเป็นร่องเล็กๆ กว้างและลึก 10-15 ซม. เทสารเคมีรอบโคนต้น โดยไม่ต้องรอบต้น ใช้สารเคมีทุก 6 เดือน
	โปรปีโคนาโซล	ทิลด์ 250 EC	25% W/V EC	30 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/ต้น	
	ไซโปรโตนาโซล	อัลโต 100	10% W/V SL	10-20 ซีซี/น้ำ 2 ลิตร/ต้น	
	เฟนพิโคนิล	เบเรต์ 400 เอฟ.एस	4% FS	10-15 กรัม/น้ำ 3 ลิตร/ต้น	
โรครากแดง	ไตรดิมอร์ฟ	คาลิกซิน	75% EC	75 ซีซี/น้ำ 1-2 ลิตร/ต้น	ขุดรอบโคนต้นเป็นร่องเล็กๆ กว้างและลึก 10-15 ซม. เทสารเคมีรอบโคนต้น โดยไม่ต้องรอบต้น
		สกอว์ 250	25% EC	30 ซีซี/น้ำ 3 ลิตร/ต้น	
โรครากสีน้ำตาล	ไตรดิมอร์ฟ	คาลิกซิน	75% EC	75 ซีซี/น้ำ 1-2 ลิตร/ต้น	ขุดรอบโคนต้นเป็นร่องเล็กๆ กว้างและลึก 10-15 ซม. เทสารเคมีรอบโคนต้น โดยไม่ต้องรอบต้น
	ไซโปรโตนาโซล	อัลโต 100	10% W/V SL		

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

6 การกรีดยาง

การกรีดยางเป็นกรรมวิธีการนำผลผลิตในรูปของน้ำยางจากบริเวณเปลือกของต้นยาง เพื่อนำมาแปรรูป การกรีดยางโดยวิธีการที่ถูกต้องสามารถเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นแบบยั่งยืน จึงควรพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่สำคัญ คือ พันธุ์ยาง อายุต้นยาง ฤดูกาล การเปิดกรีด วิธีการกรีด ระบบกรีด วิธีการใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง และความชำนาญของคนกรีดยาง การเลือกปัจจัยที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตยางให้สูงขึ้น ถนอมต้นยางให้กรีดได้ระยะยาวนาน และเป็นอันตรายต่อต้นยางน้อยที่สุด

6.1 ปัจจัยของการกรีดยาง

ปัจจัยของการกรีดยางที่มีผลต่อผลผลิต มีดังนี้

- ขนาดของงานกรีด หมายถึงจำนวนต้นยางที่คนกรีดสามารถกรีดได้แต่ละวัน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของต้นยาง ความยาวรอยกรีด ลักษณะของพื้นที่ ความชำนาญของคนกรีด และช่วงเวลาการไหลของน้ำยาง ปกติการกรีดครั้งต้นคนกรีดคนหนึ่งสามารถกรีดได้ 450-500 ต้นต่อวัน และการกรีด 1/3 ของลำต้นคนกรีดคนหนึ่งสามารถกรีดได้ 650-700 ต้นต่อวัน
- เวลาที่เหมาะสมสำหรับกรีดยาง การกรีดช่วงเวลา 03.00-06.00 นาฬิกา จะได้น้ำยางมากที่สุด
- ความลึกของการกรีด ความหนาแน่นของจำนวนท่อน้ำยางมีมากบริเวณเปลือกชั้นใน และมีมากที่สุดประมาณ 40% ตรงบริเวณใกล้เยื่อเจริญ หากกรีดลึกเกินไปท่อน้ำยางจะเป็นแผล เปลือกงอกใหม่ขรุขระ ไม่สามารถกรีดต่อไปได้ การกรีดจะกรีดได้ลึกหรือไม่ขึ้นกับความชำนาญของแรงงานกรีด
- ความสิ้นเปลืองเปลือก การกรีดเปลือกหนาหรือบางไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต การกรีดที่ใช้ความถี่ของการกรีดต่ำ จะสิ้นเปลืองเปลือกต่อครั้งกรีดมากกว่าการกรีดที่ใช้ความถี่ของการกรีดสูง
- ความคมของมีด มีดกรีดยางควรลับให้คมอยู่เสมอ เพราะจะทำให้ตัดท่อน้ำยางดีขึ้นและสิ้นเปลืองเปลือกน้อยกว่าการใช้มีดกรีดยางที่ไม่คม

6.2 การเปิดกรีด

การเปิดกรีดจะคำนึงถึงขนาดของต้นยางมากกว่าอายุก่อนที่จะเปิดกรีดควรศึกษา รายละเอียด ในการเปิดกรีด เช่น ขนาดของต้นยาง ระดับความสูงที่จะเปิดกรีด ความลาดชันของ รอยกรีด และอื่นๆ เพื่อจะได้ทราบว่าควรเปิดกรีดอย่างไรจึงจะได้รับผลผลิตสูง

ขนาดของต้นยาง ต้นยางพร้อมเปิดกรีดเมื่อวัดเส้นรอบต้นได้ 50 เซนติเมตร ที่ความสูง 150 เซนติเมตรจากพื้นดิน

ระดับความสูงของการเปิดกรีด เปิดกรีดที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตรจากพื้นดิน

ความลาดชันของรอยกรีด ความลาดชันของรอยกรีดควรทำมุม 30-35 องศา กับแนว ระดับ เพื่อให้ให้น้ำยางไหลได้สะดวก

การเพิ่มจำนวนวันกรีด การกรีดยางโดยปกติ กรีดระบบกรีดครั้งละต้นวันเว้นสองวัน หรือกรีดครั้งละต้นวันเว้นวัน จะมีวันกรีดเฉลี่ยราว 100-150 วันต่อปี แต่ในบางท้องถิ่นที่มีฝนตกชุก 5-6 เดือน เมื่อต้นเปียกเกษตรกรกรีดยางไม่ได้ หากท้องถิ่นใดมีจำนวนวันกรีดยางต่ำกว่า 100 วัน ต่อปี สามารถเพิ่มจำนวนวันกรีดยางในช่วงฤดูฝนได้หลายวิธีดังนี้

- กรีดสายคือการกรีดหลังจากเวลากรีดปกติ ซึ่งให้น้ำยางเปียกจากฝนตกตอน กลางคืนและแห้งเมื่อสาย สามารถกรีดได้ตลอดเวลา
- การกรีดชดเชย คือการกรีดซ้ำงานกรีดเดิมในวันถัดไป เพื่อทดแทนวันกรีดที่ เสียไปจากฝนตก
- ใช้อุปกรณ์กันน้ำฝน เพื่อป้องกันให้น้ำยางเปียก เช่น ใช้พลาสติกกันฝนแบบคลุม หรือแบบรม

6.3 การใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง

สารเคมีเร่งน้ำยาง หมายถึงสารเคมีที่ใช้กับต้นยางเพื่อจะเพิ่มเวลาการไหลของน้ำยาง มากขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น หรือการเจาะต้นยางในส่วนพื้นที่ที่อยู่ใกล้ๆ กับบริเวณที่ใช้ สารเคมีเร่งน้ำยาง สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบันได้แก่ 2-chloroethylphosphonic acid ซึ่งมีชื่อสามัญว่า เอทธิฟอน (ethephon) ซึ่งสามารถปล่อยแก๊สเอทธิลีน (ethylene) ออกมาช้าๆ หรือการให้แก๊สเอทธิลีนโดยตรง แก๊สนี้จะกระจายและซึมเข้าสู่เปลือกชั้นใน เข้าสู่ท่อน้ำยางทำให้น้ำสามารถไหลผ่านผนังเซลล์ได้ดีขึ้น เพิ่มปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลซูโครสเพิ่มความดัน ภายในท่อน้ำยาง เพิ่มบริเวณพื้นที่ให้น้ำยาง ชะลอการจับตัวของเม็ดยางในน้ำยาง การอุดตันจึง ช้าลงทำให้น้ำยางไหลได้นานขึ้น

การใช้สารเคมีเร่งน้ำยางมี 4 ชนิดคือ

- การใช้สารเคมีเร่งน้ำยางความเข้มข้น 2.5% กับหน้ากรีตปกติต้องการกรีตเปลือกองอกใหม่

- การใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ความเข้มข้น 2.5% กับหน้ากรีตปกติและไม่ต้องการกรีตเปลือกองอกใหม่

- การใช้สารเคมีเร่งน้ำยางความเข้มข้น 2.5% กับการกรีตอย่างหนาสูงโดยการกรีตขึ้น

- การใช้สารเคมีเร่งน้ำยางชนิดแก๊ส (ethylene)

บรรจุแก๊สในภาชนะบรรจุและอัดแก๊สบริเวณเปลือกหน้าสูงที่ต้องการกรีตหรือเจาะ (ไม่แนะนำให้ใช้กับการกรีตหน้าล่างปกติ) ความถี่ของการใช้แก๊ส ใช้เดือนละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 15 วัน ภาชนะบรรจุแก๊สและการปล่อย-อัดแก๊สต้องดำเนินการติดตั้งอย่างถูกต้องเหมาะสม

การตอบสนองของพันธุ์ยางต่อสารเคมีเร่งน้ำยาง

พันธุ์ยาง BPM 1 ตอบสนองสารเคมีเร่งน้ำยางดี พันธุ์ยางสงขลา 36 PB 255 PB 260 PR 255 RRIC 110 RRIM 600 และ GT 1 ตอบสนองสารเคมีเร่งน้ำยางปานกลาง และพันธุ์ยาง BPM 24 PB 235 และสภาพันวิชัยยาง 250 ตอบสนองสารเคมีเร่งน้ำยางต่ำ

7 การแปรรูปยาง

การแปรรูปยางพาราเพื่อสะดวกต่อการขนส่ง การนำไปใช้งานหรือการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ และช่วยเพิ่มมูลค่าของยางพารา วิธีการแปรรูปน้ำยางเป็นยางแผ่นดิบเป็นที่นิยมทำกันมากโดยเฉพาะเกษตรกรที่สามารถดำเนินการได้เอง เนื่องจากใช้เทคโนโลยีไม่สูงนัก ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

7.1 ส่วนประกอบของน้ำยาง

น้ำยางสดจากต้นยางพาราส่วนใหญ่เป็นของเหลวสีขาว โดยมีอนุภาคยางแขวนลอยอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ อนุภาคยางมีรูปร่างกลมหรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05-5 ไมครอน ความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.5-7 และมีส่วนประกอบดังตารางที่ 7 ผิวของอนุภาคยางมีเยื่อหุ้ม (membrane) ที่ประกอบด้วยไขมันและโปรตีนโดยแต่ละอนุภาคมีอนุมูลของโปรตีนอยู่รอบนอก ทำให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาคยาง ซึ่งมีผลให้น้ำยางสามารถคงสภาพเป็นของเหลวได้ ดังนั้น เมื่อมีการทำลายเยื่อหุ้มอนุภาค

หรือมีการสะเทินอนุมูลลบ จะทำให้อนุภาคยางที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลางเกิดการรวมตัวจับเป็นก้อนได้

ตารางที่ ก.10 สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและรักษาโรครากของยางพารา

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด	36
- เนื้อยางแห้ง	33
- สารกลุ่มโปรตีนและไขมัน	1-1.2
- สารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต	1
- เถ้า	<1
น้ำ	64

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

7.2 การรักษาสภาพน้ำยาง

น้ำยางสดจากสวนมีปริมาณเนื้อยางแห้งเฉลี่ยประมาณร้อยละ 35 ทำให้การขนส่งและการซื้อขายไม่สะดวก นอกจากนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตเพื่อทำผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ ต้องผ่านการแปรรูปให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมก่อน แต่หากไม่มีการรักษาสภาพน้ำยางสดที่ได้จากต้นยาง จุลินทรีย์ในอากาศจะสามารถปะปนในน้ำยางได้ง่าย และใช้สารกลุ่มน้ำตาลเป็นอาหาร แล้วทำให้เกิดสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด นั่นคือมีอนุมูลบวกเกิดขึ้น และสามารถเกิดปฏิกิริยาสะเทินกับอนุมูลลบรอบๆ ผิวอนุภาคยาง ทำให้น้ำยางเสียสภาพก่อนจะนำไปแปรรูป ดังนั้นจึงต้องมีการรักษาสภาพน้ำยางโดยการเติมสารเคมีเช่น

สารละลายแอมโมเนีย ร้อยละ 0.05 ต่อน้ำหนักยาง
 สารละลายโซเดียมซัลไฟด์ ร้อยละ 0.02-0.05 ต่อน้ำหนักยาง

7.3 การแปรรูปยางดิบ

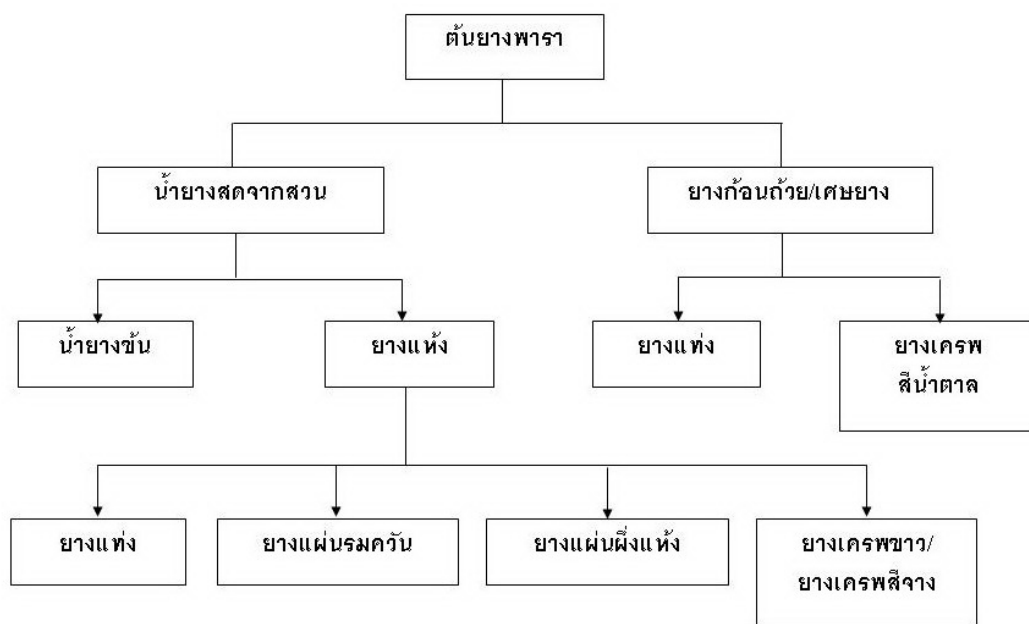
อุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำยางสดเพื่อผลิตเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การผลิตน้ำยางข้นและการผลิตยางแห้ง ซึ่งแผนผังการแปรรูปยางชนิดต่างๆ จากน้ำยางสดแสดงไว้ในรูปที่ 1

1) การผลิตยางแผ่น

ยางแผ่นเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้มานานในระบบอุตสาหกรรม วิธีทำยางแผ่นเป็นวิธีการที่ง่าย แต่ต้องพิถีพิถันในการทำ โดยเมื่อรวบรวมน้ำยางสดจากสวนแล้ว ต้องกรองเพื่อแยกสิ่งสกปรกและ

สิ่งเจือปน เติมน้ำทำให้ยางจับตัว รีดเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้ง โดยอาจทำเป็นยางแผ่นดิบ ยางแผ่นผึ่งแห้ง หรือยางแผ่นรมควัน

รูปที่ ก.1 แผนผังการแปรรูปยางดิบ



ที่มา: กรมวิชาการเกษตร

(1) การทำยางแผ่นดิบ

คุณภาพของยางแผ่นดิบขึ้นอยู่กับวิธีการผลิต การทำยางแผ่นชั้นดีนั้นม่ีหลักการง่ายๆ คือ ทำยางให้สะอาด รีดแผ่นยางให้บาง สีของแผ่นยางสม่ำเสมอ ใช้น้ำและน้ำกรดถูกอัตราส่วน ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังต่อไปนี้

- การเก็บรวบรวมน้ำยาง

- เช็ดถ้วยยางให้สะอาดก่อนรองรับน้ำยาง
- ทำความสะอาดถึงเก็บน้ำยางก่อนใช้ทุกครั้ง
- ไม่ควรมีเศษยางหรือใบไม้ในถังเก็บน้ำยาง จะทำให้ยางสกปรกจับตัวเป็นก้อนเร็ว
- ถังเก็บน้ำยางควรมีฝาปิด เพื่อป้องกันมิให้น้ำยางล้นออกมาจนถึงในระหว่าง

นำไปยังโรงทำยางแผ่น

- กรองน้ำยาง

กรองน้ำยางด้วยตระแกรงกรองเบอร์ 40 และ 60 เพื่อเอาสิ่งสกปรกออก โดยวางตระแกรงซ้อนกัน 2 ชั้น เบอร์ 40 ไว้ข้างบน และเบอร์ 60 ไว้ข้างล่าง

- เจือจางน้ำยาง

ตวงน้ำยางที่กรองแล้วใส่ในตะกที่สะอาดตะกละ 3 ลิตร เติมน้ำสะอาดลงในตะกที่ใส่น้ำยางไว้แล้วตะกละ 2 ลิตร จะได้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำยางกับน้ำในอัตรา 3 ส่วนต่อ 2 ส่วน (อัตราส่วนอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากน้ำยางเจือจางบ้างแล้ว เช่น กรณีที่ฝนตกขณะเก็บน้ำยางหรือจากเหตุอื่นๆ)

- การเลือกใช้น้ำกรดและการผสมน้ำกรด

เพื่อให้ยางแข็งตัวและได้ยางแผ่นที่มีคุณภาพดี ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อหรือโรงงานอุตสาหกรรม ควรเลือกใช้กรด “ฟอร์มิก” ชนิดความเข้มข้น 90% เป็นสารที่ไม่มีสี ละลายน้ำได้ดี แต่มีกลิ่นฉุนจัด หากสูดดมจะแสบจมูกอย่างรุนแรง จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง

ข้อดีของกรดฟอร์มิก คือ

- ยางแผ่นแข็งตัวสม่ำเสมอ หากทำให้เจือจางด้วยน้ำสะอาดที่ถูกต้อง
- สามารถระเหยได้ ไม่ตกค้างในแผ่นยาง
- ไม่ทำให้แผ่นยางเหนียวเหนอะ
- สมบัติและความยืดหยุ่นของแผ่นยางคงเดิม
- ไม่ทำให้โรงเรือนและแผ่นยางมีกลิ่นเหม็น
- ไม่ทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์เสียหายมากนัก จะทำให้อายุการใช้งานยาวนาน

การผสมกรดฟอร์มิก เพื่อให้แผ่นยางแข็งตัวในเวลา 30-45 นาที ควรผสมกรดฟอร์มิกในอัตราส่วน กรดฟอร์มิก 30 มิลลิลิตร ผสมน้ำสะอาด 1,170 มิลลิลิตร แล้วกวนให้เข้ากัน โดยเทกรดลงในน้ำและควรใช้ภาชนะที่เป็นกระเบื้องเคลือบหรือเกลลอนพลาสติกในการผสม

- การใช้น้ำกรดผสมน้ำยาง

ใช้ใบพายกวนน้ำยางในตะก 1-2 ครั้ง แล้วตวงน้ำกรดที่ผสมแล้ว 390 มิลลิลิตร เทลงในน้ำยางให้ทั่วตะก ขณะที่เทน้ำกรดใช้ใบพายกวนน้ำยางไป ประมาณ 6 ครั้ง (น้ำกรดฟอร์มิก)

มิก 1 ขวด ทำแผ่นยางได้ประมาณ 90-100 แผ่น) ควรปิดตะกเพื่อป้องกันมิให้ฝุ่นละอองหรือสิ่งสกปรก ตกลงไปในน้ำยางที่กำลังจับตัว น้ำยางจะจับตัวภายในเวลาประมาณ 30-45 นาที

- การเตรียมเป็นแผ่นยาง

เมื่อน้ำยางจับตัวแล้ว ควรเติมน้ำสะอาดหล่อไว้ทุกตะก เพื่อความสะดวกในการนำยางที่จับตัวออกจากตะก เมื่อนำยางออกมาแล้วให้วางบนโต๊ะที่สะอาดซึ่งปูด้วยอลูมิเนียมหรือแผ่นสังกะสี นวดให้บางลงด้วยมือ หรืออุปกรณ์อื่นที่เหมาะสม และสะอาด นวดยางให้หนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำยางแผ่นที่นวดแล้ว เข้าเครื่องรีดเส้น 3-4 ครั้ง ให้บางประมาณ 3-4 มิลลิเมตรหลังจากนำแผ่นยางที่นวดแล้ว เข้าเครื่องรีดเส้นแล้วก็นำยางเข้าเครื่องรีดดอกเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ซึ่งจะช่วยให้แผ่นยางแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปผึ่ง แผ่นยางที่รีดดอกแล้ว ควรล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างน้ำกรดและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามผิวของแผ่นยางออกให้หมด

- การผึ่งแผ่นยาง

แผ่นยางที่ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้ว ควรนำมาผึ่งไว้ในที่ร่ม ไม่ควรให้โดนแสงแดด เพราะจะทำให้ยางแผ่นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ไม่ควรวางแผ่นยางบนพื้นหรือพาดแผ่นยางในที่ที่มีฝุ่น หรือสัมผัสสิ่งสกปรกได้ง่ายหลังจากผึ่งแผ่นยางไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ให้เก็บรวบรวมยางแผ่น โดยพาดไว้บนราวในโรงเรือนเพื่อรอจำหน่ายเป็นยางแผ่นดิบ

- การทำความสะอาดเครื่องมือ

ต้องทำความสะอาดเครื่องมือทำยางแผ่นทุกชนิดก่อนและหลังจากใช้งาน เครื่องมือการทำแผ่นควรให้เปียกน้ำทุกครั้งก่อนใช้เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดหลังใช้เสร็จ เครื่องมือที่จำเป็นในการทำยางแผ่น

ตะก

ตะแกรงกรอง ขนาดเบอร์ 40 และ 60

ถังสำหรับใส่น้ำและน้ำยาง

โต๊ะนวดยาง

เครื่องรีดชนิดเส้นและชนิดดอก

โรงเรือนหรือเพิงอย่างง่าย ๆ

กระป๋องตวงน้ำยางและน้ำ

ใบพายสำหรับกวนน้ำยาง

ภาชนะผสมน้ำกรด

ตารางที่ ก.11 มาตรฐานยางแผ่นดิบคุณภาพต่างๆ

รายการ	คุณภาพ			
	1	2	3	4
1. ความสะอาดแผ่น	100%	100%	100%	100%
สิ่งสกปรกในแผ่น	0%	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
ฟองอากาศในแผ่น	0%	เล็กน้อย	เล็กน้อย	มีบ้าง
2. ขนาดความหนาของแผ่น	3	4	4	4
ไม่เกิน (มิลลิเมตร)				
3. ความชื้นในแผ่นยาง	1.5	2	3	4.5
ไม่เกิน (เปอร์เซ็นต์)				
4. สีของเนื้อยาง	ใส	สม่าเสมอ	ไม่ใสนัก	ไม่ใส
ความคล้ำ	0	อาจมีบ้าง	คล้ำ	คล้ำ
รอบต่างตำ	0	อาจมีบ้าง	ค่อนข้างทึบ	ทึบ
5. แผ่นยืดหยุ่น	ดี	ดี	ดี	ดี
ลายดอกแผ่นที่ปรากฏ	ชัด	ชัด	ชัด	ชัด
6. น้ำหนักแผ่น (กรัม)	800-1,200	100-1,200	ไม่เกิน1,500	ไม่เกิน1,500
7. รูปแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการสำรวจการปลูกยางพาราในพื้นที่ภาคใต้

การดำเนินการเก็บข้อมูลครอบคลุมในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ตรัง และพัทลุง จากเกษตรกรทั้งหมด 30 ครัวเรือน นอกจากนี้ทีมงานวิจัยยังได้ทำการลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์เกษตรกรเกษตรกรอำเภอ เจ้าหน้าที่สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง สำรวจสภาพการดำเนินงานจริง และการเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่มย่อยของชุมชนเพื่อเข้าถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในช่วงที่ดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการปลูกยางพาราของเกษตรกร

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
การเตรียมพื้นที่ปลูกยางพารา		ดำเนินการเพื่อเตรียมพื้นที่ให้มีความพร้อมสำหรับการปลูกยางพารา ไม่ว่าจะเป็นการไถพรวน การใส่ปุ๋ย หรือสารเคมีปรับสภาพดิน
การลงกล้ายางพารา		เมื่อวางแผนปลูกเรียบร้อยแล้วสิ่งต่อไปคือการปลูกยางพารา ซึ่งเกษตรกรนิยมใช้ยางชำถุงเพราะสะดวกและรวดเร็วกว่าเพาะเมล็ด
การดูแลรักษายางพาราก่อนเปิดกรีต		ภายหลังการปลูกเกษตรกรจะบำรุงรักษายางพาราเป็นอย่างดีไม่ว่าจะเป็นการให้ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช การป้องกันโรคเพื่อให้ต้นยางพารารอดตาย

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) รายละเอียดจากการสำรวจกิจกรรมการปลูกยางพาราของเกษตรกร

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
การปลูกพืชแซมและพืชคลุมดิน		เมื่อยางพาราเริ่มเติบโตแล้วการปลูกพืชแซมและพืชคลุมดินก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เกษตรกรนิยมทำเพื่อป้องกันวัชพืชและเพิ่มรายได้ก่อนเปิดกรีต
สวนยางพาราที่เปิดกรีต		ยางพาราอายุ 7 ปี และมีขนาดลำต้นเหมาะสมจะถูกกรีตเอาผลผลิตซึ่งจำนวนวันกรีตจะขึ้นอยู่กับเกษตรกรเองเช่น กรีตวันเว้นวัน เป็นต้น
การมีส่วนร่วมกิจกรรมของชุมชนเพื่อพบปะและสัมภาษณ์ข้อมูลจากเกษตรกรชาวสวนยาง		การเก็บข้อมูลวิถีชีวิตไม้ยางพาราของเกษตรกรแต่ละรายมีความแตกต่างกัน เพราะช่วงเวลาการปลูกจนถึงการตัดโค่นใช้เวลา นาน ที่งานวิจัยจึงได้เข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมของชุมชนเพื่อสัมภาษณ์และเสวนากับกลุ่มเกษตรกรเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมมากที่สุดและได้รับฟังความคิดเห็นจากเกษตรกรมาเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัยอีกด้วย

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลการสำรวจปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร

รายชื่อ	ปริมาณปุ๋ย (kg/Rai)						
	น้ำหนักปุ๋ย	แบ่งตามธาตุอาหาร ^{1/}			แบ่งตามแม่ปุ๋ย ^{2/}		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	DAP	Urea	MOP
ป.1	1,603.60	447.26	91.43	295.26	198.76	894.53	492.10
ป.2	1,332.28	362.67	79.14	244.11	172.04	723.84	406.85
ป.3	889.20	121.98	96.44	177.16	209.66	183.13	295.26
ป.4	3,670.80	904.02	213.64	234.38	464.43	1,783.53	390.64
ป.5	931.00	157.50	58.45	108.50	127.07	297.14	180.83
ป.6	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.7	1,808.80	495.52	106.25	331.36	230.97	990.07	552.27
ป.8	1,366.86	377.19	79.63	249.51	173.10	754.99	415.85
ป.9	1,907.60	276.26	276.26	315.78	600.57	365.56	526.30
ป.10	3,690.00	1,053.00	200.70	675.00	436.30	2,118.40	1,125.00
ป.11	1,060.00	274.00	120.20	199.60	143.91	539.34	332.67
ป.12	2,170.00	594.00	131.10	390.00	285.00	1,186.16	650.00
ป.13	1,514.10	368.20	116.38	257.32	252.99	708.88	428.87
ป.14	877.20	230.52	61.20	138.31	133.04	453.41	230.52
ป.15	1,657.10	263.17	226.37	266.09	492.12	379.53	443.48
ป.16	930.00	217.00	77.75	152.20	169.02	408.79	253.67
ป.17	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.18	1,420.65	322.85	121.58	233.75	264.30	604.27	389.58
ป.19	468.00	120.90	34.13	72.54	74.18	237.94	120.90
ป.20	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.21	1,312.29	373.87	76.17	224.32	165.58	750.73	373.87
ป.22	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.23	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.24	1,059.00	302.40	61.20	181.44	133.04	607.88	302.40
ป.25	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84
ป.26	2,922.50	780.50	206.50	468.30	448.91	1,528.52	780.50
ป.27	3,695.25	832.00	268.45	718.90	583.59	1,581.72	1,198.17
ป.28	1,401.44	391.70	85.08	235.02	184.96	781.90	391.70
ป.29	1,401.44	391.70	85.08	235.02	184.96	781.90	391.70
ป.30	1,401.44	391.70	80.11	254.90	174.16	786.13	424.84

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลการสำรวจปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืชของเกษตรกร

รายชื่อ	สารเคมีกำจัดวัชพืช (ลิตรต่อไร่)			ปริมาณสารเคมีป้องกันโรคพืช (กิโลกรัมต่อไร่)			
	ชื่อสารเคมี		ปริมาณรวม	ชื่อสารเคมี			ปริมาณรวม
	พาราควอท	ไกลโฟเสท		เมทาแลกซิล	ฟอสอีทิลซ	เบนโนมิล	
ป.1	210.00	-	210.00	-	-	12.00	12.00
ป.2	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.3	190.00	-	190.00	4.00	0.40	8.00	12.40
ป.4	230.00	-	230.00	0.80	0.32	4.00	5.12
ป.5	36.00	-	36.00	0.80	-	-	0.80
ป.6	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.7	46.00	-	46.00	0.40	-	-	0.40
ป.8	16.80	-	16.80	-	-	0.64	0.64
ป.9	200.00	-	200.00	0.24	-	8.00	8.24
ป.10	43.20	36.00	79.20	-	-	8.00	8.00
ป.11	19.00	-	19.00	-	-	8.00	8.00
ป.12	22.00	-	22.00	-	-	4.00	4.00
ป.13	21.00	-	21.00	-	-	16.00	16.00
ป.14	11.40	-	11.40	4.00	-	4.00	8.00
ป.15	210.00	-	210.00	8.00	-	-	8.00
ป.16	17.00	-	17.00	8.00	-	8.00	16.00
ป.17	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.18	18.00	-	18.00	4.00	-	8.00	12.00
ป.19	21.00	-	21.00	-	-	4.00	4.00
ป.20	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.21	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.22	16.80	-	16.80	-	-	0.64	0.64
ป.23	16.80	-	16.80	-	-	0.64	0.64
ป.24	20.00	-	20.00	4.00	-	-	4.00
ป.25	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.26	-	13.20	13.20	-	-	-	-
ป.27	-	11.40	11.40	8.00	-	-	8.00
ป.28	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.29	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64
ป.30	15.20	-	15.20	-	-	0.64	0.64

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลการสำรวจปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เกษตรกรใช้ในเครื่องจักรการเกษตร

รายชื่อ	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตรต่อไร่)		
	ชนิดน้ำมัน		ปริมาณ
	เบนซิน	ดีเซล	
ป.1	138	63	201
ป.2	126	57	183
ป.3	126	57	183
ป.4	150	69	219
ป.5	120	54	174
ป.6	126	57	183
ป.7	150	69	219
ป.8	138	63	201
ป.9	132	60	192
ป.10	120	54	174
ป.11	126	57	183
ป.12	144	66	210
ป.13	138	63	201
ป.14	126	57	183
ป.15	138	63	201
ป.16	114	51	165
ป.17	126	57	183
ป.18	126	54	180
ป.19	138	63	201
ป.20	126	57	183
ป.21	126	57	183
ป.22	138	63	201
ป.23	138	63	201
ป.24	132	60	192
ป.25	126	57	183
ป.26	86.4	66	152.4
ป.27	75.6	57	132.6
ป.28	126	57	183
ป.29	126	57	183
ป.30	126	57	183

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลการประเมินปริมาณน้ำฝนและน้ำที่จำเป็นต้องใช้ในการปลูกยางพารา

รายชื่อ	ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)	
	น้ำฝนที่ตก	น้ำที่พืชต้องการ
ป.1	81,936.88	76,912.00
ป.2	75,160.45	70,224.00
ป.3	75,160.45	70,224.00
ป.4	89,028.19	83,600.00
ป.5	71,833.57	61,600.00
ป.6	75,160.45	70,224.00
ป.7	89,028.19	83,600.00
ป.8	75,160.45	70,224.00
ป.9	78,539.65	73,568.00
ป.10	71,833.57	79,200.00
ป.11	75,160.45	73,920.00
ป.12	85,857.20	105,600.00
ป.13	81,936.88	70,840.00
ป.14	75,160.45	62,832.00
ป.15	78,539.65	70,664.00
ป.16	67,720.24	41,800.00
ป.17	75,160.45	70,224.00
ป.18	71,833.57	48,400.00
ป.19	81,936.88	65,780.00
ป.20	75,160.45	70,224.00
ป.21	75,160.45	70,224.00
ป.22	75,160.45	70,224.00
ป.23	75,160.45	70,224.00
ป.24	78,539.65	58,080.00
ป.25	75,160.45	70,224.00
ป.26	85,857.20	73,920.00
ป.27	75,160.45	60,060.00
ป.28	75,160.45	70,224.00
ป.29	75,160.45	70,224.00
ป.30	75,160.45	70,224.00

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลปริมาณผลผลิตยางพารา

รายชื่อ	ปริมาณผลผลิต			ข้อมูลต้นยาง		ข้อมูลรายได้	
	ยางแผ่นเฉลี่ย กิโลกรัม/ไร่	ปริมาณเนื้อไม้เฉลี่ย		อายุไม้ยาง ปี	จำนวนต้น ต้น/ไร่	รายได้ยางแผ่น บาท/ไร่	รายได้ไม้ยางพารา ^{1/} บาท/ไร่
		ลบ.ฟ/ไร่	ตัน/ไร่				
ป.1	12,240.00	2,241.03	48.41	23	76	368,000.00	40,000
ป.2	5,850.00	2,044.42	44.16	21	76	210,000.00	40,000
ป.3	6,300.00	2,044.42	44.16	21	76	210,000.00	40,000
ป.4	11,700.00	2,392.16	51.67	25	76	300,000.00	40,000
ป.5	6,300.00	1,745.01	37.69	20	70	80,000.00	40,000
ป.6	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	179,970.00	40,000
ป.7	8,100.00	2,392.16	51.67	25	76	156,250.00	40,000
ป.8	6,300.00	2,044.42	44.16	21	76	350,070.00	40,000
ป.9	8,835.00	2,157.01	46.59	22	76	264,000.00	40,000
ป.10	8,400.00	2,243.59	48.46	20	90	300,000.00	40,000
ป.11	11,160.00	2,152.02	46.48	21	80	105,000.00	40,000
ป.12	9,945.00	3,054.13	65.97	24	100	365,760.00	40,000
ป.13	8,910.00	2,064.10	44.58	23	70	230,000.00	40,000
ป.14	7,830.00	1,829.22	39.51	21	68	1,050,000.00	40,000
ป.15	8,550.00	2,071.87	44.75	22	73	199,980.00	40,000
ป.16	7,290.00	1,231.62	26.60	19	50	244,284.90	40,000
ป.17	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	262,500.00	40,000
ป.18	8,100.00	1,371.08	29.62	20	55	240,000.00	40,000
ป.19	9,600.00	1,916.67	41.40	23	65	172,500.00	40,000
ป.20	8,100.00	2,044.42	44.16	21	76	210,000.00	40,000
ป.21	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	350,000.70	40,000
ป.22	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	279,999.30	40,000
ป.23	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	231,000.00	40,000
ป.24	12,090.00	1,702.91	36.78	22	60	286,000.00	40,000
ป.25	10,800.00	2,044.42	44.16	21	76	279,999.30	40,000
ป.26	9,450.00	2,137.89	46.18	24	70	384,000.00	40,000
ป.27	10,440.00	1,748.52	37.77	21	65	194,999.70	40,000
ป.28	8,100.00	2,044.42	44.16	21	76	210,000.00	40,000
ป.29	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	84,000.00	40,000
ป.30	7,875.00	2,044.42	44.16	21	76	253,449.00	40,000

^{1/} รายได้ไม้ยางพาราไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับราคากับผู้รับเหมาและมีปัจจัยในการตกลงราคาหลายประการ จากการสำรวจข้อมูลและการลงพื้นที่พบว่าส่วนใหญ่จะเฉลี่ยอยู่ที่ 40,000 บาทต่อไร่ (ราคาเมื่อปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ. 2550)

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทั่วไปสำหรับการโค่นยางพารา

ไม้ยางพาราเมื่อมีอายุประมาณ 25 – 30 ปีจะให้ผลผลิตน้ำยางลดลง ต้องโค่นและปลูกใหม่ ซึ่งต้องคอยอีก 6 – 7 ปี จึงสามารถกรีดยางได้ การเตรียมพื้นที่ปลูกยางมีขั้นตอนที่สำคัญคือ การโค่นต้นยางเก่าหรือไม้ยืนต้นบางชนิด จะต้องเผาปรนเก็บเศษไม้และวัชพืชที่เหลือในพื้นที่ออกให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อเป็นการขจัดแหล่งแพร่เชื้อโรค โดยเฉพาะโรครากยาง ควรเริ่มโค่นในฤดูแล้ง เพื่อสะดวกในการเก็บเศษไม้และตอไม้ออกจากพื้นที่ วิธีโค่นที่นิยมใช้คือโค่นด้วยเครื่องจักรและโค่นด้วยแรงคน การโค่นด้วยเครื่องจักรเป็นวิธีการโค่นล้มต้นยางด้วยรถแทรกเตอร์ต้นยางให้ล้ม ตัดท่อนไม้ใหญ่ที่ใช้ประโยชน์ได้ออกจากแปลง เผาเศษรากและกิ่งไม้เล็ก และไถพรวนดินอย่างน้อย 2 ครั้ง ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติกันทั่วไป กรณีโค่นด้วยแรงคนจะตัดต้นยางให้เหลือตอซึ่งยังไม่ตายจำเป็นต้องทำลายตอเหล่านี้ให้ตายและผุพังอย่างรวดเร็ว เพื่อสะดวกในการปฏิบัติงานของเกษตรกร และป้องกันการเกิดโรคราก หลังจากนั้นจะเก็บไม้ที่โค่นออกจากแปลง และไถพรวนดินอย่างน้อย 2 ครั้ง พร้อมทั้งเผาปรนเก็บเศษวัชพืชออกให้หมด และไถพรวนดินเพื่อปรับสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับการปลูก ต่อมาเนื่องจากไม้ยางราคาดีและสวนยางเป็นสวนปลูกแทนรอบใหม่ที่ระหว่างแถวยางมักไม่มีวัชพืชหรือไม้พุ่ม เกษตรกรส่วนใหญ่จึงนิยมโค่นต้นยางชิดพื้นดิน และไม่ทาสารเคมีทำลายตอปล่อยให้ต้นยางผุพังตามธรรมชาติ หลังจากนั้นจึงตัดท่อนไม้ที่ใช้ประโยชน์ได้ออกจากแปลง และเผาเศษกิ่งไม้เล็ก

ในทศวรรษที่ผ่านมาทุกประเทศตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม และมีมาตรการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมภายในประเทศของตน ในปี ค.ศ. 1994 ประเทศมาเลเซีย พบว่ามีปริมาณอนุภาคแขวนลอย (Total Suspended Particulates : TSP) จำนวนมากสูบรยากาศเกินค่าวิกฤต (100 mg/m^3) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพของอากาศ (air quality index) ที่สัมพันธ์กับสุขภาพของมนุษย์ โดยส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอนุภาคแขวนลอยจำนวนมากสูบรยากาศ ดังนั้นประเทศมาเลเซียจึงมีกฎหมายห้ามการเผา รวมทั้งการห้ามเผาในการเตรียมพื้นที่ปลูกยางด้วย (ดูตาราง ค.1 องค์ประกอบทางเคมีของไม้ยางพารา) สำหรับประเทศไทย ถึงแม้ว่าจะไม่มีกฎหมายบังคับแต่กระทรวงมหาดไทยถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปลูกสร้างสวนยาง ซึ่งถือได้ว่ายางพาราเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการเผาเศษกิ่งไม้ในระหว่างการเตรียมพื้นที่ด้วย ย่อมจะมีผลทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น ดังนั้นในปี 2536 สถาบันวิจัยยางได้ศึกษาวิธีการเตรียมพื้นที่โดยการโค่นต้นยางด้วยแรงคน ไม่เผาเศษกิ่งไม้ โดยปล่อยให้เศษกิ่งไม้เล็กผุเปื่อยตามธรรมชาติ เปรียบเทียบกับวิธีการเผาเศษกิ่งไม้ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเผาเศษกิ่งไม้มีผลต่อโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ในอดีตเมื่อมีการโค่นยางพาราจะสร้างปัญหาให้ชาวสวนมากเพราะไม่สามารถนำไม้ยางไปใช้ประโยชน์ได้นอกจากเป็นฟืนและถ่าน สาเหตุคือไม้ยางพาราไม่ทนต่อการกัดแทะของแมลงและเชื้อราต่างๆนอกจากนี้ยังมีตุ่ม ตา อีกมากมายในเนื้อไม้ทำให้ดูไม่สวยงาม แต่ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ ปัจจุบันสามารถแปรรูปไม้ยางพาราให้เป็นเฟอร์นิเจอร์ที่สวยงาม ทนทาน และราคาไม่แพง ทำให้เฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราเป็นที่นิยมทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้ความต้องการไม้ยางพาราสูงแต่จากสถิติการโค่นสวนยางพาราที่ผ่านมาตลอดระยะเวลา 10 ปี พบว่า มีแนวโน้มสูงขึ้น สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือน้ำยางมีราคาสูงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา ทำให้เกษตรกรประวิงเวลาในการตัดโค่นออกไประยะหนึ่ง ประกอบกับเมื่อ 25 ปีที่แล้ว ในช่วงดังกล่าวมีการปลูกยางพาราน้อยลงจึงมีพื้นที่โค่นน้อยลงตามด้วย อย่างไรก็ตามต้นยางสามารถประวิงเวลาการโค่นออกไปได้ไม่เกิน 2 ปี คาดว่าพื้นที่การโค่นต้นยางพาราจะสูงขึ้นเท่ากับเป้าหมายที่สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางกำหนดไว้ (เฉลี่ย 270,000 ไร่/ปี)

วิธีการตัดไม้มี 2 แบบคือโค่นและล้มตอ โค่นหมายถึงการใช้เลื่อยยนต์ตัดที่โคนต้น จากนั้นซอออกเป็นท่อน ส่วนการล้มตอหมายถึงการใช้รถแทรกเตอร์ดันต้นไม้ยางพาราให้ล้มลงทั้งต้นซึ่งจะมีรากไม้โผล่จากพื้นดิน จากนั้นซอออกเป็นท่อนซึ่งจะได้ปริมาณไม้มากกว่าวิธีแรก

จุดเริ่มต้นของงานตัดโค่นไม้เริ่มจากเมื่อผู้รับเหมาคนตัดโค่นไม้ทราบราคาเจ้าของสวนยางรายใดจะทำการโค่นต้นยาง จะติดต่อเจรจาเพื่อตกลงราคากันล่วงหน้าประมาณ 3 เดือนเป็นอย่างน้อย ราคาอยู่ระหว่าง 30,000 – 50,000 บาท/ไร่ (ราคาในปี พ.ศ. 2548) ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ปัจจัยที่ทำให้ต้นยางมีราคาสูงคือ

1. มีจำนวนต้นยางต่อไร่อย่างน้อย 70 ต้น
2. รูปทรงตรง มีกิ่งก้านน้อยๆสามารถเลื่อยเป็นไม้ท่อนได้มาก
3. ยานพาหนะเข้าถึงสะดวกขนส่งออกมาได้ง่าย
4. เป็นพื้นที่ราบสามารถชักลากได้ง่าย
5. เป็นพันธุ์ยาง RRIM 600 ซึ่งจะให้เนื้อไม้ที่มีคุณภาพดีกว่าพันธุ์อื่นๆ

ดังตาราง ค.2

ไม้ยางพาราแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ไม้ท่อน ปลายไม้ และรากไม้หรือตอไม้และกิ่งก้าน ไม้ท่อนคือไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป จะถูกเลื่อยให้มีความยาว 1.05 เมตรเพื่อส่งโรงเลื่อย ไม้ท่อนหลังจากที่ตัดแล้วจะต้องรีบส่งโรงเลื่อยเพื่อแปรรูปภายใน 48 ชั่วโมง มิฉะนั้นคุณสมบัติของไม้จะเปลี่ยนทำให้ราคาลดลงไม้ท่อนบางส่วนจะถูกส่งเข้าโรงงานทำไม้อัดแต่มีสัดส่วนน้อยเมื่อเทียบกับไม้ท่อนที่ถูกส่งเข้าโรงเลื่อย

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพารา

Proximate analysis	ไม้ยางพารา
Moisture, %	45.00 ^{1/}
Ash, %	1.59
Volatile Matter, %	45.70
Fixed Carbon, %	7.71
Ultimate Analysis	
Carbon, %	25.58
Hydrogen, %	3.19
Oxygen, %	24.48
Nitrogen, %	0.14
Sulfur, %	0.02
Chlorine, %	0.01
Ash, %	1.60
Moisture, %	45.00
Other Characteristics	
Bulk Density, kg/m ³	450
Higher heating value, kJ/kg	10,365
Lower heating value, kJ/kg	8,600

ที่มา: มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2549

^{1/} Dry Mass Fraction = 0.55

ตารางที่ ค.2 ปริมาตรไม้ยางพาราของยางพันธุ์ RRIM 600 อายุ 18-25 ปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

อายุ (ปี)	ปริมาตรไม้ยางขนาดต่างกัน (ลบ.ม./ไร่) ^{1/}				
	> 8 นิ้ว	6-8 นิ้ว	3-6 นิ้ว	เศษไม้	รวม
18	6.1	10.41	15.73	7.55	39.78
19	6.97	11.02	17.04	8.19	43.23
20	7.1	11.12	17.24	8.29	43.75
21	7.98	11.73	18.56	8.94	47.21
22	8.64	12.19	19.55	9.43	49.81
23	9.13	12.54	20.29	9.79	51.75
24	9.6	12.87	20.99	10.14	53.60
25	10.02	13.16	21.61	10.45	55.24

^{1/} สูตรการคำนวณปริมาตรไม้ ของอาร์ักษ์และคณะ 2545

ปริมาตรไม้ขนาด > 8 นิ้ว $Y=0.0050x(\text{girth } 1.7 \text{ m. (cm.)}) - 0.2619$

ปริมาตรไม้ขนาด 6-8 นิ้ว $Y=0.0035x(\text{girth } 1.7 \text{ m. (cm.)}) - 0.0888$

ปริมาตรไม้ขนาด 3-6 นิ้ว $Y=0.0075x(\text{girth } 1.7 \text{ m. (cm.)}) - 0.2915$

ต้นยางเฉลี่ย 65 ต้น/ไร่

ที่มา:กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการสำรวจการตัดโค่นยางพาราของผู้รับเหมา

การสำรวจข้อมูลผู้รับเหมาใช้การสัมภาษณ์ผู้รับเหมาจำนวน 10 ราย โดยผู้รับเหมาแต่ละรายรับงานตัดโค่นครอบคลุม 3 จังหวัดคือ นครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง นอกจากนี้ยังได้ทำการลงพื้นที่พร้อมกับเกษตรกรและผู้รับเหมาที่ตัดโค่นยางพาราเพื่อดูการดำเนินงานจริง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ ง.1 รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการตัดโค่นยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
การโค่นล้มต้นยางพารา		ผู้รับเหมาจะโค่นต้นยางด้วยรถแทรกเตอร์ดันเป็นส่วนใหญ่เพราะจะสะดวกในการจัดการรากไม้ยางพารา
การตัดแบ่งยางพาราท่อน		การเลื่อยแบ่งไม้เป็นท่อนๆละประมาณ 1.05 เมตร เพื่อสะดวกในการขนย้ายและตรงกับความต้องการของโรงงาน
ไม้ยางพาราท่อนเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว		ไม้ท่อนที่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 6 นิ้ว จะถูกคัดเลือกเพื่อส่งเข้า โรงงานแปรรูป

ตารางที่ ง.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการตัดโค่นยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
ปลายไม้		ปลายไม้ถูกขายเป็นเชื้อเพลิงในโรงอบยางพาราแผ่น โรงไฟฟ้า โรงงานทำไม้อัด เป็นต้น
รากไม้ยางพารา		ส่วนรากไม้และกิ่งไม้จะทำส่วนใหญ่จะทำการเผาทิ้ง หรืออาจจะมีการเผาก้นบ้างแต่เป็นส่วนน้อย
การขนส่งไม้ยางพาราท่อน		ไม้ยางพาราท่อนที่ได้ขนาดก็จะถูกขนส่งเข้าสู่โรงงานแปรรูปต่อไป

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดโค่นและเลื่อยไม้ยางพารา

รายชื่อ	ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ตัดโค่น				ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในการเลื่อย	
	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)				ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	
	เลื่อยยนต์	น้ำมันหล่อลื่น	รถดัน	น้ำมันหล่อลื่น	น้ำมัน	น้ำมันหล่อลื่น
ค.1			40.00	28.57	15.00	4.00
ค.2			20.00	14.29	10.00	
ค.3					16.00	
ค.4			15.00	10.71	10.00	10.00
ค.5			14.00	10.00	15.00	15.00
ค.6			14.29	10.21	12.00	4.00
ค.7					37.50	
ค.8			14.29	10.21	27.00	
ค.9	7.50	5.50	7.50	5.50	17.50	12.50
ค.10	13.30	5.70			12.35	5.29

ตารางที่ ง.3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์แล้วผลพลอยได้จากการตัดโค่น

รายชื่อ	ข้อมูลผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้			ข้อมูลผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้		
	ปริมาณ (ton/Rai)			มูลค่า (Baht /Rai) ^{1/}		
	ไม้ท่อน > 6"	ไม้ท่อน < 6"	รากไม้และกิ่งไม้	ไม้ท่อน > 6"	ไม้ท่อน < 6"	รากไม้และกิ่งไม้
ค.1	30.00	9.50	3.50	42,780.00	8,638.26	-
ค.2	30.00	15.00	3.00	42,780.00	13,639.35	-
ค.3	30.00	15.00	3.00	42,780.00	13,639.35	-
ค.4	24.00	15.50	4.50	34,224.00	14,094.00	-
ค.5	30.00	12.50	4.50	42,780.00	11,366.13	-
ค.6	30.00	15.00	3.00	42,780.00	13,639.35	-
ค.7	30.00	15.00	3.00	42,780.00	13,639.35	-
ค.8	30.00	14.35	4.23	42,780.00	13,048.31	-
ค.9	30.00	12.50	4.50	42,780.00	11,366.13	-
ค.10	34.00	13.60	5.67	48,484.00	12,366.34	-

^{1/} มูลค่าผลิตภัณฑ์อ้างอิงจาก <http://www.108wood.com>

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลการขนส่งไม้ยางพาราที่ขนส่งโรงงาน (กรณีรถกระบะ)

รายชื่อ	ระยะทาง การขนส่ง (กิโลเมตร)	จำนวนเที่ยว ที่ขนส่ง (เที่ยว)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันขณะ ขนส่ง (กิโลเมตร/ลิตร)		อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของ รถเปล่า (กิโลเมตร/ลิตร)	
			แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}	แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}
ค.1	10.00	20.00	16.48	10.35	21.43	14.78
ค.2	8.00	20.00	19.23	10.35	25.00	14.78
ค.3	10.00	20.00	16.48	10.35	21.43	14.78
ค.4	10.00	16.00	16.20	10.35	21.06	14.78
ค.5	10.00	20.00	23.08	10.35	30.00	14.78
ค.6	10.00	20.00	19.23	10.35	25.00	14.78
ค.7	15.00	20.00	19.23	10.35	25.00	14.78
ค.8	15.00	20.00	21.63	10.35	28.13	14.78
ค.9	7.00	20.00	16.15	10.35	21.00	14.78
ค.10	5.00	22.67	9.83	10.35	12.78	14.78

^{1/} การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถกระบะเปล่า อ้างอิงจาก

http://www.isuzu4u.com/news_detail.php?id=21 ผลการทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 14.78

กิโลเมตรต่อลิตร ส่วนการสิ้นเปลืองของรถขณะบรรทุกนั้นตั้งสมมติฐานว่าเพิ่มขึ้น 30 % จากอัตราปกติ (จากการสัมภาษณ์และทดสอบกับผู้รับเหมา)

ตารางที่ ง.5 ข้อมูลการขนส่งไม้ยางพาราที่ขนส่งโรงงาน (กรณีรถตอมไม้)

รายชื่อ	ระยะทาง การขนส่ง (กิโลเมตร)	จำนวนเที่ยว ที่ขนส่ง (เที่ยว)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันขณะ ขนส่ง (กิโลเมตร/ลิตร)		อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของ รถเปล่า (กิโลเมตร/ลิตร)	
			แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}	แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}
ค.1	10.00	12.00	6.44	7.39	9.67	14.78
ค.2	8.00	12.00	7.73	7.39	11.60	14.78
ค.7	15.00	12.00	3.87	7.39	5.80	14.78
ค.9	7.00	12.00	5.41	7.39	8.12	14.78

^{1/} การคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของรถตอมไม้ ตั้งสมมติฐานว่าการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 14.78 กิโลเมตรต่อลิตร เท่ากับรถกระบะ ส่วนการสิ้นเปลืองของรถขณะบรรทุกนั้นตั้งสมมติฐานว่าเพิ่มขึ้น 50 % จากอัตราปกติ (จากการสัมภาษณ์และทดสอบกับผู้รับเหมา)

ตารางที่ ง.6 ข้อมูลการขนส่งไม้ยางพาราที่ขนส่งโรงงาน (กรณีรถหกล้อ)

รายชื่อ	ระยะทาง การขนส่ง (กิโลเมตร)	จำนวนเที่ยว ที่ขนส่ง (เที่ยว)	อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันขณะ ขนส่ง (กิโลเมตร/ลิตร)		อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของ รถเปล่า (กิโลเมตร/ลิตร)	
			แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}	แบบสอบถาม	คำนวณ ^{1/}
ค.1	10.00	5.00	2.24	3.30	3.14	5.50
ค.2	8.00	5.00	2.10	3.30	2.93	5.50
ค.7	15.00	3.75	5.71	3.30	8.00	5.50

^{1/} ทดสอบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถหกล้อกับผู้รับเหมา 1 ราย

ภาคผนวก จ

ข้อมูลทั่วไปการแปรรูปไม้ยางพารา

การใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราในประเทศไทย เดิมคนไทยส่วนมากจะรู้จักคุณค่าของมันในรูปแบบของน้ำยางสีขาวเท่านั้น ส่วนเนื้อไม้ที่นั่นแทบจะไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์อะไรเลยนอกจากนำไปทำฟืนและถ่าน ราคาของไม้ยางพาราจึงค่อนข้างต่ำ ต่อเมื่อไม้มีค่าชนิดต่างๆ ในป่าลดลงหรือหายากและมีราคาแพงมากขึ้น ผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมการใช้ประโยชน์ไม้จึงได้หันมาใช้ไม้ยางพาราแทนเพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายโดยเฉพาะทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประจวบกับเวลานี้มีการเปลี่ยนพันธุ์และเปลี่ยนรุ่นไม้ยางพาราใหม่ จึงทำให้มีไม้ยางพาราออกสู่ตลาดอย่างมากและเริ่มเป็นที่นิยมของผู้ผลิตและผู้ใช้ เพราะลักษณะเนื้อไม้ยางพาราที่มีสีขาวเมื่อนำมาขัดหรือลงน้ำมันชักเงาแล้วจะดูสวยงามไม่แพ้ไม้ชนิดอื่น และราคาค่อนข้างถูกกว่าไม้สักและไม้มีค่าอื่นๆ นอกจากนี้โรงงานประดิษฐ์กรรมต่างๆ ยังได้ทำการค้นคว้าหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของไม้แปรรูปหรือสิ่งประดิษฐ์ให้มีรูปแบบที่สวยงามคงทนยิ่งขึ้น เพื่อทำเป็นสินค้าส่งออก เช่น ขาวิทยุ ทีวี เฟอร์นิเจอร์ เก้าอี้รับแขก และโต๊ะอาหาร เป็นต้น

ไม้ยางพารามีข้อเสียคือ เมื่อไม้ตัดฟันใหม่ๆ ความชื้นยังสูงอยู่และเนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างอ่อนและมีแป้งมาก พวกเชื้อรา (Stain Fungi) จะเข้าทำลายโดยเฉพาะราสีน้ำเงิน ทำให้เนื้อไม้มีสีคล้ำ ราคาตก และถ้าไม้มีความชื้นเกิน 25% พวกมอดจะเข้าทำลาย ดังนั้นภายหลังการตัดฟันภายใน 24 ชั่วโมง ถ้ายังไม่มีแปรรูปจะต้องนำไม้ท่อนนั้นไปแช่หรือจุ่มในน้ำยา (สารเคมี) เสียก่อนและเมื่อหลังแปรรูปแล้วเช่นกัน ต้องนำไปแช่ ทา หรืออัดน้ำยาเสียก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1 ลักษณะสำคัญของการแปรรูปไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่แปรรูปได้ไม่ยากแต่พบว่าไม้แปรรูปที่ได้นั้นมีจำนวนไม่น้อยที่มีพื้นผิวด้านข้างเป็นขุยหรือขน (woolly or fussy grain) เนื่องจากตำหนิตามธรรมชาติของไม้ยางพารา ส่วนมากมักจะเกิดมี Tension wood ในขณะที่ต้นไม้ยังยืนต้นอยู่ บ่อยครั้งที่เนื้อไม้ส่วนที่มี Tension wood เมื่อแปรรูป ขุยหรือขนที่เกิดขึ้นขณะแปรรูปไม้สดๆ ผสมกับน้ำยางที่ยังคงมีอยู่ในไม้ทำให้เกิดติดพันเลื้อย ทำให้เลื้อยติดขัด ไม้ที่มี Tension wood นี้จะบิดงอได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไม้แปรรูปที่มีขนาดบาง กว้างและยาว จะยิ่งบิดงอได้ง่ายและมาก การไสกบหรือแต่งขัดเงาไม้ในส่วนนี้จะทำได้ยากกว่าไม้ปกติ ส่วนที่เป็น Tension wood นี้ก็เหมือนกันที่

อาจเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้ใบเลื่อยบิดได้เนื่องจากมีความเข้มในไม้ (internal growth stresses)

ดังนั้น การแปรรูปไม้ยางพาราเฉพาะที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องเรือน จำเป็นต้องคัดเลือกไม้ท่อนที่มีลักษณะดี โดยหลีกเลี่ยงความเสียหายอันอาจเกิดขึ้นกับเลื่อยด้วย

2 การแปรรูปของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราที่นำออกมาแปรรูปนั้นจะเป็นต้นยางที่มีอายุแก่เต็มที่หรือต้นที่ให้น้ำยางลดลง ซึ่งส่วนใหญ่จะมีลำต้นขนาดเล็ก ดังนั้น ปริมาณไม้ที่แปรรูปได้จากท่อนหนึ่งๆ จึงเป็นอัตราส่วนที่ไม้สูงมากนัก และจะขึ้นอยู่กับเทคนิคการเลื่อยและชนิดของเลื่อยที่ใช้เป็นสำคัญ สำหรับโรงงานแปรรูปไม้ยางพาราเพื่อประดิษฐ์กรรม ปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้เลื่อยเปิดปีก และเลื่อยซอยทั้งหมด จะมีใช้เลื่อยสายพานบ้างทางภาคใต้เป็นบางแห่งเท่านั้น เลื่อยวงเดือนมีคล่องลึก พั่นเลื่อยกว้างประมาณ 1/4 - 3/10 นิ้ว ซึ่งในการซอยไม้กระดานหนา 1/2 - 1 นิ้ว จะทำให้เสียเนื้อไม้ไปประมาณ 20 - 50 เปอร์เซ็นต์ ของไม้เลื่อยออกมาแต่ละแผ่น เป็นต้น

ในการทดลองแปรรูปไม้ยางพาราของงานวิจัยการแปรรูปไม้และประดิษฐ์กรรม กองวิจัยผลิตผลป่าไม้นั้น ได้ทดลองแปรรูปไม้จำนวน 41 ท่อน การทดลองใช้เลื่อยนอนเป็นเลื่อยเปิดปีก และเลื่อยสายพานเป็นเลื่อยซอย โดยแปรรูปเป็นไม้ขนาดหนา 2, 2 1/2, 3/4, และ 1/2 นิ้ว กว้าง 8, 6, 5, 4, 3, และ 2 นิ้ว ตามแต่จะได้ โดยเพื่อนำไม้ไว้จากขนาดปรกติดังนี้ คือ ความหนาเพื่อไว้ 3/32 - 1/8 นิ้ว ความกว้างเพื่อไว้ 3/16 - 1/4 นิ้ว เพื่อการหดตัวและการปรับหน้าไม้ของผู้ใช้ภายหลัง ผลการทดลองแปรรูปปรากฏว่าได้อัตราการแปรรูปไม้เฉลี่ย 47 % สำหรับรายละเอียดในการศึกษาได้แสดงไว้ในตาราง จ.1

สูตรคำนวณปริมาณไม้ท่อน :

$$\begin{aligned}
 V &= G^2 L / 4\pi \\
 \text{เมื่อ } V &= \text{ปริมาตรไม้ท่อน (ม}^3\text{)} \\
 G &= \text{ความโตวัดรอบ (เฉลี่ย) (ม.)} \\
 L &= \text{ความยาวของไม้ท่อน (ม.)} \\
 \pi &= \text{ค่าคงที่ (3.1414)} \\
 \text{อัตราการแปรรูปไม้ (\%)} &= \frac{\text{ปริมาตรไม้แปรรูป}}{\text{ปริมาตรไม้ท่อน}} \times 100
 \end{aligned}$$

ตารางที่ จ.1 อัตราการแปรรูปได้ของไม้ยางพารา

ลำดับ ท่อน	ความโตวัดกลาง ท่อน (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ปริมาตรไม้ท่อน (ตร.ม.)	ปริมาตรไม้แปรรูป (ตร.ม.)	อัตราการแปร รูปได้ (%)
1	103	210	0.177	0.103	58
2	73	210	0.089	0.043	49
3	91	210	0.137	0.094	69
4	78	210	0.100	0.054	54
5	72	210	0.085	0.035	41
6	69	210	0.078	0.026	33
7	67	210	0.073	0.030	41
8	59	210	0.057	0.020	30
9	54	210	0.048	0.015	31
10	92	210	0.140	0.103	73
11	87	210	0.125	0.027	21
12	57	210	0.053	0.016	31
13	54	210	0.048	0.016	37
14	51	210	0.043	0.016	37
15	51	210	0.043	0.022	51
16	50	210	0.042	0.018	43
17	47	210	0.037	0.014	38
18	94	210	0.147	0.075	51
19	76	210	0.095	0.051	54
20	71	210	0.084	0.033	40
21	70	210	0.082	0.023	28
22	63	210	0.065	0.028	43
23	50	210	0.042	0.010	24
24	102	210	0.174	0.106	61
25	91	210	0.137	0.067	49
26	80	210	0.107	0.047	44

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) อัตราการแปรรูปได้ของไม้ยางพารา

ลำดับ ท่อน	ความโตวัดกลาง ท่อน (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ปริมาตรไม้ท่อน (ตร.ม.)	ปริมาตรไม้แปรรูป (ตร.ม.)	อัตราการแปรรูปได้ (%)
27	56	210	0.052	0.015	24
28	75	210	0.094	0.032	34
29	54	210	0.048	0.016	33
30	54	210	0.048	0.019	39
31	54	210	0.048	0.019	39
32	50	210	0.042	0.024	58
33	66	272	0.092	0.035	38
34	102	198	0.114	0.058	50
35	75	263	0.117	0.066	56
36	72	186	0.076	0.034	45
37	64	155	0.050	0.027	53
38	62	115	0.022	0.019	55
39	79	83	0.039	0.023	59
40	73	84	0.036	0.016	44
41	72	84	0.036	0.020	56
เฉลี่ย					47

2.1 อุปกรณ์ในการแปรรูป

2.1.1 ชนิดของเลื่อยที่ใช้

ปัจจุบันโรงงานแปรรูปไม้ยางส่วนใหญ่ ร้อยละ 93.8 ใช้เลื่อยสายพานสำหรับเลื่อยวงเดือน

2.1.2 โต๊ะเลื่อยไม้ยาง

2.1.3 ชุดเลื่อยไม้ยางพารา

โดยปกติ เลื่อย 1 ชุด มี 2-3 โต๊ะ สามารถปรับใช้ตามความเหมาะสมกับลักษณะของงาน ชุดเลื่อยแบบ 2 โต๊ะ (two band saw) ประกอบด้วย 1) โต๊ะเลื่อยเปิดปีกไม้ 2) โต๊ะเลื่อยซอย 2 โต๊ะ

2.1.4 พนักงานประจำโต๊ะเลื่อยและคัดเกรดไม้ยาง

2.1.4.1 โตะเลื่อยเปิดปีกไม้ พนักงานประกอบด้วย นายม้า 1 คน และหางม้า 1-2 คน สำหรับนายม้าค่าจ้างเหมา 200-300 บาท/วัน/คน ขึ้นอยู่กับความชำนาญ หรือจ้างเหมา 8-12 บาท/ลบ.ฟุต ถ้าเป็นรองยกของ ค่าจ้างลดลง เหลือ 5.5 บาท/ลบ.ฟุต และหางม้า ได้ค่าจ้างใกล้เคียงกับนายม้า กรณีที่หางม้า มีจำนวน 1 คน ถ้าหากมีหางม้า 2 คน ค่าจ้างจะน้อยกว่านายม้า เช่น นายม้าได้ค่าจ้าง 270บาท/วัน/คน แต่หางม้า 2 คน ได้ค่าจ้างคนละ 180 บาท/วัน หรือนายม้าได้ค่าจ้าง 8 บาท/ลบ.ฟุต แต่หางม้า 2 คน ได้ค่าจ้างคนละ 6 บาท/ลบ.ฟุต เป็นต้น

2.1.4.2 โตะเลื่อยซอย โตะซอย 1 และโตะซอย 2 ประกอบด้วยพนักงาน 2-3 คน ได้แก่ นายม้า 1 คน และหางม้า 1-2 คน ที่มันได้ค่าจ้างใกล้เคียง หรือน้อยกว่าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับโตะเลื่อยเปิดปีกไม้

2.1.4.3 พนักงานคัดเกรดไม้แปรรูป มีประมาณ 1-2 คน/ชุด ค่าจ้างประมาณ 150-180 บาท/วัน หรือจ้างเหมา 6-9 บาท/ลบ.ฟุต

โดยทั่วไป ทีมงานเลื่อย 1 ชุด ประกอบด้วย 5-7 คน (นายม้า หางม้า ของโตะเลื่อยและโตะซอย และพนักงานคัดเกรดไม้ บางครั้งมีพนักงานรวบรวมไม้) ค่าจ้างประมาณ 8-12 บาท/ลบ.ฟุต ประสิทธิภาพการเลื่อยไม้ภาคใต้ 40-50% ยังมีโตะซอยชุดที่ 2 เพิ่มขึ้น ปริมาณของปีกไม้มีน้อยลง เพราะไม้ส่วนนี้ใช้ทำไม้ชั้นวางของ บางแห่งใช้รถยก คนงานขนไม้แปรรูปไปฝั่งแห้งหรือรอบ ค่าจ้างประมาณ 180-250 บาท/วัน

2.2 แปรรูปไม้ยาง

1) รูปแบบการเลื่อยไม้ยางที่นิยมใช้

โรงงานแปรรูปส่วนใหญ่ เลื่อยตามลักษณะงานและลักษณะไม้มีทั้งแบบตีตับและตีปอน โดยมีเหตุผล ดังนี้ การเลื่อยดังกล่าว 1) สามารถหลบตำหนิของไม้ได้ 2) ได้ไม้แปรรูปมากกว่า 3) เปิดหน้าตามขนาดท่อนซุง สามารถเลือกขนาดหน้าไม้ได้ทุกขนาด 4) คุณภาพไม้และปริมาตรไม้ได้ปริมาตรมากกว่า ได้ไม้เกรด A, B มาก อย่างไรก็ตามข้อเสียของการเลื่อยดังกล่าวทำให้ได้ไม้แปรรูปหลายขนาด ดังนั้น โรงงานต้องหาตลาดไม้ให้หลากหลายขนาดตามไปด้วย

2) ลดการสูญเสียจากการเลื่อยไม้

(1) วางผังโตะเลื่อยที่มีความสัมพันธ์ในการทำงานเชื่อมต่อกันทั้งระบบช่วยการทำงานได้รวดเร็วต่อเนื่อง ลดค่าใช้จ่าย และสะดวกในการปฏิบัติงาน

(2) รูปแบบการเลื่อยไม้ยาง ทำให้ได้คุณภาพและปริมาณไม้แปรรูปมากลดการสูญเสีย

(3) ทักษะคนในการเลื่อยไม้ของนายม้า มีความสำคัญ เพราะช่วยลดต้นทุนผู้ประกอบการได้ผลผลิตไม้สูง เน้นทั้งคุณภาพและปริมาณไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด

(4) เลือกใบเลื่อยที่เหมาะสมและบำรุงรักษาเลื่อย ช่วยลดความสูญเสียประหยัดพลังงานเพิ่มคุณภาพของการทำงานได้รวดเร็ว คุณภาพไม้ออกมาดีและระยะเวลาในการใช้งานยาวนาน

3 ตำนินในไม้ยางพารา

ตำหนิที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติในไม้ยางพารา นอกจากตาและไส้ไม้ซึ่งมีอยู่ในไม้ทุกชนิดแล้ว ตำหนิอื่นๆ ที่สำคัญซึ่งมีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์ไม้แปรรูปจำกัดลง และควรกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่ ตำหนิเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ตำหนิเกี่ยวกับความผิดปกติของเซลล์เนื้อไม้ และตำหนิเนื่องจากการกรีดยาง

ตำหนิเกี่ยวกับการเจริญเติบโต : ไม้ยางพาราจัดเป็นไม้ประเภทโตเร็วชนิดหนึ่ง ซึ่งจากสถิติปรากฏว่า ไม้ได้ขนาดตัดฟันอายุ 25 – 30 ปี จะมีความโตวัดรอบ 100 – 120 เซนติเมตร หรืออีกนัยหนึ่งจะมีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางปีละประมาณ 1.07 – 1.28 เซนติเมตร / ปี

ในการตรวจนับวงปีของไม้ยางพาราจากสวน อายุประมาณ 25 ปี จำนวน 6 ต้น รวม 14 แวน ในระดับความสูงต่างๆ กัน มีอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1.21 เซนติเมตร / ปี อย่างไรก็ตาม สำหรับอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในปีหนึ่งที่ตรวจพบนั้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มขึ้นถึง 3.1 เซนติเมตร

ไม้ที่เติบโตเร็ว และขณะเมื่อตัดฟันมาใช้ประโยชน์ยังมีอายุน้อย ดังตัวอย่างไม้ยางพารา นี้ ในเนื้อไม้จะมีแรงเค้นที่เกิดจากการเจริญเติบโต หรือที่เรียกว่า “ growth stress ” อยู่มาก กล่าวคือ ในกระบวนการเติบโตของเซลล์เนื้อไม้ขั้นสุดท้าย โดยเปลี่ยนจากเซลล์พาเรงคิมา ไปเป็นเซลล์โปรเซนไคมานั้น เซลล์จะหดตัวทางด้านยาว และขยายตัวทางด้านข้าง แต่เนื่องจากเซลล์เหล่านี้เป็นเซลล์ส่วนหนึ่งของลำต้น จึงไม่อาจหดหรือขยายตัวได้โดยอิสระ จึงทำให้เกิดแรงเค้นสะสมอยู่ภายในลำต้น เมื่อนำไม้ไปทำการแปรรูป ไม้บริเวณใกล้ไส้จะมีการขยายตัวทางความยาว ส่วนไม้บริเวณใกล้เปลือกจะมีการหดตัวทางความยาวขึ้น ทั้งนี้เพื่อปลดปล่อยแรงเค้นที่มีอยู่ เป็นผลทำให้ไม้แปรรูปเกิดการโก่งงอ สำหรับชิ้นไม้ที่เลื่อยอมไส้ และรวมทั้งไม้ท่อน การปลดปล่อยแรงเค้นดังกล่าวจะทำให้เกิดรอยแตกไปตามไส้ การโก่งงอและแตกในสภาพสดเช่นนี้ไม่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในไม้แต่ประการใด

สำหรับไม้ยางพาราล้างจากการแปรรูปแล้วจะเกิดการโก่งงอเห็นได้ชัด โดยเฉพาะไม้แปรรูปจากไม้ท่อนขนาดเล็กจะมีการโค้งงอมากกว่าไม้ท่อนขนาดใหญ่ จากการตรวจวัดไม้แปรรูป จำนวน 25 แผ่น หนา 1 นิ้ว กว้าง 4 – 6 นิ้ว ยาว 1 เมตร ซึ่งได้จากการศึกษาอัตราการแปรรูปของไม้ท่อนขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 6 – 10 นิ้ว ไม้สด ที่แปรรูปแล้วมีการบิดงอ ดังนี้

การโค้ง (Bow) มีปรากฏ 8 แผ่น ส่วนโค้งสูงสุดกลางแผ่น สูงจากพื้นระนาบ 1 – 9 มิลลิเมตร และโดยเฉลี่ย 4.5 มิลลิเมตร

การโก่ง (Spring) มีปรากฏในไม้ 8 แผ่น ส่วนโก่งสูงสุดตรงกึ่งกลางแผ่น (โดยวางขอบตั้งขึ้น) สูงจากพื้นระนาบ 1 – 5 มิลลิเมตร และโดยเฉลี่ยโก่ง 3 มิลลิเมตร

การบิด (Twisted) มีปรากฏในไม้ 13 แผ่น (บางแผ่นเกิดซ้ำกับแผ่นที่มีการโค้ง และโค้งด้วย) การบิดตัววัดจากขอบหนึ่งตรงปลายสุดของแผ่น โดยให้ปลายสุดอีกด้านหนึ่งของแผ่นมีหน้ากว้างสัมผัสกับพื้นระนาบ การบิดวัดได้ตั้งแต่ 1 – 10 มิลลิเมตร และโดยเฉลี่ยบิด 5.2 มิลลิเมตร

ในจำนวนไม้แปรรูปสดที่ทำการศึกษา 25 แผ่นนี้ ปรากฏว่าแผ่นไม้ที่มีลักษณะดี ไม่มีการโค้ง โกง และบิด หรือมีตำหนิดังกล่าวอยู่เล็กน้อยมีจำนวนเพียง 6 แผ่นเท่านั้น ซึ่งนับได้ว่ามีจำนวนค่อนข้างน้อยมาก และนับเป็นปัญหาที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่จำกัดการใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราในลักษณะของไม้แปรรูป

3.1 ตำหนิเกี่ยวกับความผิดปกติของเซลล์เนื้อไม้

ต้นไม้ซึ่งมีไส้ (pith) ไม่อยู่ตรงจุดศูนย์กลางของลำต้นนั้น เนื้อไม้ของด้านที่มีการเจริญเติบโตมากจะมีองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะของโครงสร้างของเซลล์และคุณสมบัติทางกายภาพผิดแผกไปจากเนื้อไม้ส่วนอื่นๆ ที่มีการเจริญเติบโต ซึ่งมีไส้อยู่ห่างจากเส้นรอบวงเท่าๆ กัน ในใบไม้กว้าง เช่น ไม้ยางพารา เนื้อไม้ส่วนดังกล่าวเรียกว่า “ Tension Wood” กล่าวคือ จะเกิดขึ้นบริเวณส่วนบนของลำต้นเอนหรือกิ่งและในลำต้นส่วนอื่นๆ บางส่วนก็ต้องรับแรงดึงเพื่อฝืนให้ลำต้นตรง คุณสมบัติที่แตกต่างไปจากไม้ปกติ ได้แก่ ปริมาณของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสลดลง แต่เซลลูโลสเพิ่มขึ้น มีไฟเบอร์ชนิดเจลาคติโนสปรากฏอยู่ การหดตัวทางด้านความยาวสูงกว่าไม้ปกติประมาณ 2 เท่า สำหรับความแข็งแรง เช่น โมดูลัสยืดหยุ่น โมดูลัสแตกร้าว และการรับแรงกดขนานเส้นลดลง แต่สามารถรับแรงดึงขนาดเส้นได้เพิ่มขึ้น เป็นต้น

ลักษณะภายนอกที่อาจสังเกตเห็นได้ของ Tension Wood นอกจากดูทางด้านหน้าตัดซึ่งไส้มักไม่ได้ศูนย์กลางแล้ว คือ เมื่อทำการเลื่อยโดยเฉพาะไม้สด ผิวหน้าไม้ตรงส่วนดังกล่าวจะมีส่วนไฟเบอร์ ฉีกขาดติดรวมกันอยู่เป็นกระจุก ทำให้ผิวหน้าไม้เลื่อยหยาบกว่าส่วนอื่นๆ เมื่อนำไปไสผิวหน้าจะขรุขระไม่เรียบเช่นกัน โดยมักมีเส้นเป็นขุยยาวติดอยู่เสมอ (Wooly Grain) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางด้านใช้ประโยชน์ คือ เมื่อทำการไสปรับหน้าไม้ครั้งสุดท้ายให้ได้ขนาดตามต้องการ แม้ยังไม่เรียบก็ไม่อาจนำมาไสซ้ำได้อีก เพราะจะทำให้มีขนาดต่ำกว่ากำหนด การขัดช่วยในภายหลังมักทำได้ไม่หมด เพราะเส้นแยกกลิ้งลงไปเนื้อไม้ด้วย

3.2 ตำหนิเนื่องมาจากการกรีดยาง

ต้นยางพาราที่มีท่อยาง (Latex Canals) อยู่ในส่วนของเปลือกชั้นในถัดจากเนื้อเยื่อเจริญ (Cambium) ออกมาด้านนอก ในการกรีดยางเพื่อให้ได้น้ำยางมากจึงต้องกรีดให้ลึกลงไปถึงเปลือกชั้นในท่อยางปรากฏมากที่สุด แต่จะต้องไม่ให้ลึกเกินไป จนเปลือกอ่อนที่ติดอยู่กับชั้นของ

เยื่อเจริญขาดออก มิฉะนั้นหน้ายางจะเกิดตำหนิขึ้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแม้ผู้กรีดยางที่มีความชำนาญมากก็ไม่อาจรักษาหน้ายางให้ปราศจากตำหนิดังกล่าวได้หมด ตำหนิดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มาก โดยเฉพาะส่วนที่กรีดยางไม่พิถีพิถันหรือไม่ถูกวิธีการ นอกจากนี้การกรีดยางในสภาวะอากาศชื้นมากโดยเฉพาะหน้าฝน หน้ายางซึ่งผ่านการกรีดยางไปใหม่ๆ มักถูกเชื้อราเข้าทำลาย เกิดการเน่าขึ้น และลามลงไปถึงชั้นของเนื้อเยื่อ ดังนั้นต้นยางพาราส่วนโคนซึ่งถูกกรีดยางไปแล้วนี้ เมื่อเจริญเติบโตต่อไปจะเกิดความผิดปกติขึ้น กล่าวคือ ส่วนโคนดังกล่าวจะพองโตโดยรอบผิว มีลักษณะเป็นปุ่ม เนื้อไม้ภายในจะมีเสี้ยนนวนมาก และมีรอยแผล ซึ่งมีสารสีน้ำตาลเข้มปรากฏอยู่ทั่วไป ลักษณะของแผลจะเป็นแถบยาว หรืออยู่บริเวณกว้างแผ่ขนานไปกับวงเติบโต และไปตามความสูงของบริเวณที่ถูกกรีดยาง เมื่อทำการแปรรูปไม้ส่วนโคนนี้ รอยแผลดังกล่าวจะปรากฏให้เห็นทั่วไปบนผิวหน้าไม้

4 การอบไม้ยางพารา

การอบไม้ยางพาราในประเทศไทย โดยเฉพาะภาคใต้ของประเทสนั้นโดยมากนิยมสร้างห้องอบหรือเตาอบ แล้วใช้พัดลมเป่าอากาศร้อนเข้าไปในเตาอบเพื่อให้ไม้แห้ง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบไม้ชนิดนี้มักจะมีคุณภาพไม่สู้ดี กล่าวคือ ไม้มักจะมีตำหนิ เช่น แตกปลาย แตกผิว หรืออาจโค้งงอได้ เพราะการควบคุมการอบไม้มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนต้องใช้ความชำนาญของผู้ควบคุมเตาอบเป็นเกณฑ์ มีความสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้เป็นไปตามความต้องการได้ ตลอดจนการเร่งหรือลดอุณหภูมิเป็นไปด้วยความยากลำบากไม่ได้ดังประสงค์

ส่วนการอบไม้ด้วยเตาอบที่ใช้หลักวิชาการนั้นต้องเป็นเตาอบขนาดใหญ่ ขนาดบรรจุไม้ตั้งแต่ 1,000 ลูกบาศก์ฟุตขึ้นไป การลงทุนค่อนข้างสูง ต้องมีหม้อต้มน้ำ (Boiler) เพื่อใช้ไอน้ำมาอบและใช้พ่นในเตาอบด้วย ต้องมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิทั้งเปียกและแห้ง ตลอดจนพัดลมอัตโนมัติที่หมุนพัดไปมาได้ทั้งซ้ายและขวา โดยมากเตาอบขนาดใหญ่เหล่านี้จะมีอยู่ในกรุงเทพมหานครหรือหัวเมืองใหญ่ๆ คุณภาพของไม้ที่อบด้วยเตาชนิดนี้ค่อนข้างดีมาก มีตำหนิน้อย เพราะผู้ควบคุมสามารถบังคับหรือควบคุมอุณหภูมิภายในเตาและความชื้นสัมพัทธ์ในเตาได้ นอกจากนี้ยังสามารถติดตามการลดของความชื้นในไม้ภายในเตาได้ตลอดเวลา ทำให้ผู้ควบคุมเตาสามารถปรับแต่งตารางอบไม้ได้ทันเหตุการณ์ ซึ่งจะช่วยย่นระยะเวลาในการอบไม้ลงได้อีกด้วย

ในบางท้องถิ่นซึ่งไม่มีเตาอบทั้งสองแบบดังกล่าว ก็สามารถใช้วิธีการง่ายๆ ด้วยการนำไม้แปรรูปที่มีอยู่แล้วมาผึ่งกระแสดอากาศ แต่ก่อนที่จะนำมาผึ่งต้องไปจุ่มหรือทาสารเคมีก่อน วิธีนี้ก็สามารถทำให้ไม้แห้งได้ แต่ต้องใช้เวลา เป็นวิธีการที่ค่อนข้างอนุรักษ์นิยม สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องฟืนและกระแสไฟฟ้า และต้องใช้เวลาผึ่งประมาณ 2 – 3 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

ฤดูกาล สถานที่ ชนิดไม้ ขนาดไม้ที่ใช้ผึ่งด้วย โดยสามารถทำให้ไม้มีความชื้นได้ประมาณ 15 – 18 %

การป้องกันตำหนิที่เกิดจากการอบไม้ กลเม็ดที่จะทำให้ไม้แปรรูปเสียหายน้อยที่สุดนั้น ต้องเริ่มจากการแปรรูปที่ถูกต้อง เลื่อยตามเส้นตรง ไม้่อมไม้และอมกระพี้ รวมทั้งการอบน้ำยา เคมีก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และหลังจากที่นำไม้เข้าเตาอบแล้วควรมีการอบอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยในวันแรกควรให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเตาสูงประมาณ 70 – 80 % เข้าไว้ เพื่อให้ไม้ทุกชิ้นในเตาเริ่มต้นความชื้นที่ใกล้เคียงกัน และน้ำในไม้ลดลงเสมอกันทั้งกองเช่นกัน ซึ่งถ้าใช้ตารางอบที่เหมาะสมทุกอย่างจะเป็นไปด้วยดี ไม้จะมีตำหนิลดลงไปด้วย

ตำหนิอันเกิดจากการอบไม้อย่างพารา โดยมากมักจะเกิดจากการใช้เตาอบแบบใช้ไอร้อน โดยตรง ไม้มีเครื่องพ่นไอน้ำ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในเตาแห้งมากๆ ผิวของไม้ก็จะแตกหรือมีรอยปริตามหัวไม้หรือปลายไม้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรหลีกเลี่ยงอย่างมาก ถ้าเป็นไปได้การเอาไม้อย่างพาราแปรรูปเข้าไปอบในเตาชนิดนี้ ในวันแรกควรจะต้องใช้อุณหภูมิให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ พอวันที่สองและสาม จึงค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นทีละน้อย ตามความชำนาญของผู้ควบคุมก็จะสามารถลดอัตราการสูญเสียของไม้ซึ่งเกิดตำหนิจากการอบไม้ได้ทางหนึ่ง

ตารางที่ จ.2 ตารางอบไม้อย่างพารา

Stp.	M.C.%	Temp.				R.H.	E.M.C.
		Dry		Wet			
		°F	°C	°F	°C		
1	50-60	134.6	57.0	122.5	50.5	70	11.0
	40-50	134.6	57.0	118.4	48.0	60	9.5
	30-40	140.0	60.0	117.5	47.5	50	8.0
	20-10	149.9	65.0	120.2	49.5	40	6.0
	10-20	169.7	76.8	127.4	53.0	30	4.5
2	Equ.	169.7	76.5	155.0	68.5	70	10.0
3	Cond.t.	159.8	71.0	152.6	67.5	85	14.0

M.C.	=	Moisture Content	R.H.	=	Relative Humidity
Temp.	=	Temperature	E.M.C.	=	Equilibrium Moisture Content
Equ.	=	Equalizing	Cond.t.	=	Conditioning

ตารางที่ จ.3 การหดตัวของไม้ยางพาราหลังผึ่ง
(Seasoning characteristics of Rubberwood)

Air – dry Moisture Content (%)	การหดตัว (%) สด - แห้ง		เวลาที่ผึ่งจนแห้ง (วัน) (จาก 50 – 17 %)		หมายเหตุ
	ด้านรัศมี	ด้านสัมผัส	ความหนา		
			2.5 ซม.	4 ซม.	
17.00	0.8	1.2	55-60	65-85	ไม้ที่ผึ่งแห้งแต่จะบิด มาก แผ่นไม้ที่ ทดสอบไม่อมไม้ ปกติ จะไม่พบรอยแตกที่ หัวไม้

การอบไม้ยางพาราใช้เวลาประมาณ 6 วัน จากไม้สดที่มีความชื้น 50 % คงเหลือ 10 % การบิดงอเป็นตำหนิที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการผึ่ง การใช้น้ำหนักทับข้างบน และใช้ไม้รองระยะถี่ๆ เช่นเดียวกับการผึ่ง พร้อมกับใช้การปรับความชื้นในเตาให้สูงค่อยลง (Presteaming and equalization) จะช่วยลดการบิดได้มากที่สุดทีเดียว ส่วนที่ทำความเสียหายให้แก่เตาอบอีกอย่างหนึ่งก็คือ ควันอบไม้ยางพาราจะมีไอของกรดบางชนิดจากไม้ผสมออกมากับความชื้น ทำให้ส่วนประกอบของเตาที่เป็นเหล็กเกิดสนิมและเสียหายเร็ว หากส่วนที่เป็นเหล็กนั้นใช้อลูมิเนียมแทนก็จะช่วยได้มาก

5 คุณสมบัติเกี่ยวกับการแห้ง การหดตัว และการคงรูปขณะใช้งาน

การนำไม้ยางพาราเข้าอบในเตาอบอุตสาหกรรม ปรากฏว่าไม้ยางพาราเป็นไม้ที่อบแห้งได้ง่ายและรวดเร็ว เช่น ไม้หนา 1 – 2 ½ นิ้ว กว้าง 3 – 6 นิ้ว ความชื้นเริ่มอบ 60 – 70 % อาจบอบให้แห้งมีความชื้น 8 – 10 % ได้ภายในเวลา 5 – 7 วัน ในการทดลองผึ่งแห้งด้วยอากาศในเดือน พฤษภาคม – กรกฎาคม 2521 (ฝนตกค่อนข้างชุก) ปรากฏว่าไม้หนา 1 นิ้ว กว้าง 6 นิ้ว มีอัตราการแห้งดังนี้

ตารางที่ จ.4 อัตราการแห้งของไม้ยางพาราในการผึ่งด้วยกระแสอากาศ

จำนวนวันผึ่ง	ปริมาณความชื้นในไม้ (%)	อัตราการแห้งเฉลี่ย (% ต่อวัน)
0	60	-
1	52	8
2	46	6
3	42	6
6	30	2.7
11	21	1.8
15	18	0.72
25	16.5	0.15
32	16	0.07
39	15.5	0.07
54	15	0.03
67	15	0

5.1 การหดตัวของไม้ยางพารา

การหดตัว (Shrinkage) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดเนื่องมาจากการสูญเสียความชื้นของไม้ต่ำกว่าจุดอิ่มตัว (Fiber Saturation Point) ลงไป สำหรับจุดอิ่มตัวของไม้เมืองไทย 83 ชนิตที่ประมาณได้โดยวิธีการหาจุดตัดจากหดตัว เป็นตั้งแต่ 16 – 44 % และโดยเฉลี่ยเป็น 24.4 % สำหรับไม้ยางพารา จุดอิ่มตัวที่หาได้จากวิธีนี้เป็น 21.3 % (ซึ่งอาจกล่าวโดยอนุโลมได้ว่า การหดตัวส่วนใหญ่ในไม้ยางพาราจะมีขึ้นเมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่า 21.3%)

ตารางที่ จ.5 การหัตถ์ของไม้ยางพาราเปรียบเทียบกับไม้สัก จากสภาพสดถึงอบแห้งสนิท
(คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของขนาดเมื่อสด)

รายงาน	ไม้ยางพารา				ไม้สัก			
	รัศมี	สัมผัส	ยาว	ปริมาตร	รัศมี	สัมผัส	ยาว	ปริมาตร
พงษ์ฯ และคณะ (4)	2.95	5.58	0.90	9.19	2.52	5.15	0.09	7.64
โชติฯ และดำรงชัย (1)	2.55	5.20	1.07	8.60	-	-	-	-
U.S. For Prod. Lab	2.00	5.10	0.46	7.80	-	-	-	-
Lee Y.H. C.Y. (Pun 12)	2.30	5.10	0.99	8.20	2.30	4.20	-	-
Tokyo For Exp. Sta. (18)	-	-	-	-	2.52	4.36	0.25	7.66

จากตารางข้างบนจะเห็นได้ว่า ในการหัตถ์ทางด้านรัศมีและด้านสัมผัสของไม้ยางพารานั้นน้อยมาก และอาจเทียบเท่ากับไม้สักได้ การหัตถ์น้อยของด้านทั้งสองนี้ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการปริแตกของไม้ยางพาราระหว่างการแห้งหรือการอบไม้ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าการหัตถ์ทางด้านยาวตามเส้นของไม้ยางพารานั้นสูงกว่าปกติ ในไม้ชนิดอื่นโดยทั่วไปการหัตถ์ตามยาวมักอยู่ในช่วง 0.1 - 0.3% เท่านั้น การหัตถ์ตามยาวมากเช่นนี้นับเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการบิดและโก่งงอของไม้ยางพารามีมากเมื่อแห้ง การกองไม้ที่ถูกต้องประกอบกับการใช้น้ำหนักกดบนกองไม้ระหว่างการอบจะช่วยลดการโก่งและบิดงอลงได้บ้าง

5.2 การคงรูปขณะใช้งาน (Dimensional Stability)

นับเป็นคุณลักษณะของไม้ที่สำคัญประการหนึ่งในการพิจารณาถึงความเหมาะสมสำหรับไม้ที่นำมาใช้ทำเครื่องเรือน หรือส่วนประกอบของอาคารที่ต้องการความแน่นอนในการเข้าไม้ เช่น วงกบและกรอบประตูหน้าต่าง การอบหรือผึ่งไม้มีวัตถุประสงค์ที่จะให้ความชื้นเหลืออยู่ในไม้ได้ส่วนสัมพันธ์กันกับสภาวะความชื้นในอากาศโดยเฉลี่ยของสถานที่ซึ่งจะนำไม้ั้นไปใช้งานให้มากที่สุด เพื่อว่าไม้จะได้มีขนาดค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในภายหลัง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะอยู่ภายในร่มหรือห้องปิด เช่นห้องปรับอากาศ เนื่องจากความแปรปรวนของสภาวะความชื้นอากาศย่อมมีอยู่เสมอตามช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ดังนั้นไม้ที่อบแห้งอย่างถูกต้องเมื่อสัมผัสกับการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศที่แตกต่างไปจากสภาวะโดยเฉลี่ย (ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการอบ) มาก การเปลี่ยนขนาดก็จะเกิดขึ้นได้อีก เช่น ในช่วงอากาศชื้นมากในหน้าฝนไม้จะพองตัวออก และในช่วงอากาศแห้งมากในหน้าหนาวไม้จะหดตัวลงสลับกันไป ซึ่งจะทำให้เกิดรอยห่าง ข้อต่อหลวม หรือประตูหน้าต่างคับเปิดปิดไม่สะดวก เหล่านี้เป็นต้น ความมากน้อยใน

การเปลี่ยนขนาดของไม้ดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการดังนี้ คือ ระยะเวลาที่ไม้สัมผัสกับสภาวะอากาศเช่นนั้น ขนาดของชิ้นไม้ การใช้สารเคมี สี หรือน้ำมันชักเงาเคลือบผิวไม้ และประการสุดท้ายจะขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ด้วย ไม้พวกหนึ่งหลังจากอบแห้งดี และนำไปใช้งาน จะดูด (หรือคาย) ความชื้นจากอากาศน้อยมาก เช่น ไม้สักหรือไม้มะค่าโมง ซึ่งเป็นผลให้การคงรูปดี แต่ในไม้อีกพวกหนึ่ง การดูด (หรือคาย) ความชื้นจากอากาศจะสูงมาก เช่น ไม้ยูคาลิปตัสและไม้เกตุ ซึ่งไม้พวกหลังนี้การคงรูปขณะใช้งานไม่ดี

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้ง่ายเมื่ออากาศเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเพื่อป้องกันการดูดคายความชื้นที่เป็นไปได้ง่ายในไม้ยางพารา การเคลือบสีหรือการชักเงาควรใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูงในการป้องกันความชื้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงเฉพาะด้านรัศมีและสัมผัส จะเห็นได้ว่าไม้ยางพาราจัดเป็นไม้ที่มีการหดตัวน้อย แต่เนื่องจากดูดความชื้นได้มาก การพองตัวก็เป็นไปได้มากเช่นกัน และยิ่งไปกว่านั้นการยืดหดตัวทางด้านยาวของไม้ยางพาราสูงผิดปกติ จึงทำให้การคงรูปขณะใช้งานไม่ดีนัก ทั้งนี้เว้นแต่ว่าไม้ยางพาราจะได้รับการอบที่ถูกต้องและมีการเคลือบผิวดีเป็นพิเศษ

6 กลสมบัติของไม้ยางพารา

ไม้ยางพาราไม่จัดเป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้และสำนักงานมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นไม้ที่ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้เป็นไม้ในการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากขนาดไม้ยางพาราที่จะนำมาเป็นไม้แปรรูปเป็นขนาดไม้ก่อสร้างนั้นหายาก มีการบิดงอและไม่คงทนแต่ก็ใช้ทำเป็นไม้แบบคอนกรีตดีพอสมควร ใช้ทำรังใส่ของดีมากและมีแรงยืดตะปูสูง

ตารางที่ จ.6 ลักษณะจำเพาะของไม้ยางพารา

ความชื้น (%)	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็งแรง กก./ซม. ²			ความชื้น x 100 กก./ซม. ²	ความเหนียวการเคาะ	ความแข็งแรง กก.
		การตัด	การบีบ	การเชือด			
12	0.70	973	478	162	960	2.86	538

ความทนทานโดยเฉลี่ยจากการทดลองไม่เกิน 2 ปี

อย่างไรก็ดีไม้ยางพารานั้นเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะใช้ทำเครื่องเรือน โดยเฉพาะ โต๊ะ เก้าอี้ เพราะใช้ไม้แปรรูปที่มีขนาดไม่ใหญ่และยาวนัก สามารถเลือกไม้ส่วนที่ดีคัดมาทำโต๊ะและเครื่องเรือนได้ ความแข็งแรงไม่ใช่อุปสรรคใหญ่ สำหรับไม้ยางพาราที่ใช้ทำเครื่องเรือนสีขาวนวลของเนื้อไม้ ทำให้มีลักษณะคล้ายไม้ Ramin (*Gonystyllus spp.*) ของมาเลเซีย และคล้ายไม้มะปิ่น (*Sterculia alata Roxb.*) ของไทย ที่เป็นที่นิยมกันมากขณะนี้

7 ความทนทาน

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่ไม่ทน ง่าย และมอดกิน หากใช้ทำเครื่องเรือน ซึ่งโดยปกติไม่ถูกแดดและฝน เพราะใช้ภายในบ้าน สามารถทนอยู่ได้นานหากได้รับการป้องกันรักษาเนื้อไม้จากราและแมลงอย่างถูกต้องแล้ว ความทนทานก็ไม่แตกต่างไปจากเครื่องเรือนที่ทำจากไม้ชนิดอื่นๆ ที่นิยมใช้กันอยู่

ปัญหาสำคัญของไม้ยางพาราก็คือ การที่จะทำให้ไม้ยางพาราไม่เกิดราและมีสีเกิดขึ้นกับเนื้อไม้เป็นสีดำหรือน้ำเงิน ก่อนนำไปใช้ทำเครื่องเรือนและไม่ให้มีมอดเข้าไปกินภายหลังที่เป็นเครื่องเรือนแล้วเป็นสิ่งที่ต้องทำเป็นพิเศษกว่าไม้ชนิดอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้ได้เครื่องเรือนที่สวยงามน่าใช้

8 คัดรูลายไม้ยางพาราและการป้องกัน

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งอยู่ในเนื้อไม้ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่นๆ จากผลการวิเคราะห์ของกองวิจัยผลิตผลป่าไม้พบว่า ปริมาณแป้งที่มีอยู่ในไม้ยางพารานั้นมีอยู่สูงถึง 5.08% ในขณะที่ในไม้ชนิดอื่นๆ จะมีปริมาณแป้งโดยเฉลี่ยไม่เกิน 1% เท่านั้น การที่ไม้ยางพารามีแป้งอยู่ในเนื้อไม้มากเช่นนี้ นอกจากจะทำให้ไม้ยางพารามีสีขาวนวลเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคไม้ทั้งภายในและต่างประเทศ จนสามารถทำรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการธุรกิจประดิษฐ์กรรมไม้ยางพาราอย่างมากแล้วคุณสมบัติประการนี้ ยังทำให้ไม้ยางพาราเป็นที่ชื่นชอบของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ อีกด้วย อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าเสียดายว่าสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่นิยมชมชอบไม้ยางพาราเช่นเดียวกับมนุษย์นั้น ไม่ได้ร่วมมือกับมนุษย์ในการสร้างความสวยงามให้กับไม้ยางพาราเพื่อจะนำมาใช้ประโยชน์ แต่กลับเข้าไปใช้ประโยชน์ แป้งที่มีอยู่มากในไม้ยางพาราเป็นอาหาร โดยกัดกินหรือเจริญเติบโตอยู่บนไม้ยางพารา ทำให้เกิดความเสียหายในลักษณะต่างๆ กัน ซึ่งถ้าหากไม่ได้รับการป้องกันแก้ไขที่ถูกต้องแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงต่ออุตสาหกรรมการใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราได้ การที่จะป้องกันการเข้าทำลายไม้ยางพาราของสิ่งมีชีวิตต่างๆ เหล่านี้ จำเป็นที่จะต้องทำความรู้จักกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ เหล่านั้นให้เสียก่อน จึงจะสามารถวางแผนการป้องกันแก้ไขได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่สุด สิ่งมีชีวิตที่เข้าทำลายไม้ยางพารานี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่พบบ่อยและทำความเสียหายให้เกิดขึ้นกับไม้ยางพาราได้อย่างรุนแรงมีอยู่ด้วยกัน 2 จำพวก คือ

ก. มอด คือ แมลงที่เข้าเจาะทำลาย เนื้อไม้ ทำให้เนื้อไม้เป็นรูพรุนอยู่ภายใน รูทางออกของตัวแก่แมลงจำพวกนี้ที่พบบนผิวไม้ไม่ทำให้ความสวยงามของผิวไม้ภายนอกเสียไป มอดจำพวกสำคัญที่พบทำความเสียหายให้เกิดขึ้นกับไม้ยางพาราทั้งก่อนการใช้ประโยชน์และหลังจากที่นำมาประกอบเป็นเครื่องใช้ไม้สอยแล้ว ได้แก่ มอดขี้ขุย (Powder Post Beetles) ซึ่งจะเข้า

ทำลายไม้ได้รุนแรงมากจนเนื้อไม้ภายในถูกบ่อนทำลายเป็นผงคล้ายแป้งเป็นส่วนใหญ่ เหลือเฉพาะผิวไม้ด้านนอกเป็นผนังบางๆ มีรูทางออกกระจายทั่วไป มอดจำพวกนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่พบกระจายทั่วไปทั้งประเทศโดยเฉพาะตามแหล่งที่มีการทำไม้ยางพารา มี 3 ชนิดด้วยกัน คือ

1. *Minthea Rugicollis* Walker เป็นมอดขนาดเล็ก ลำตัวยาว 1.8-3.2 มิลลิเมตร สีน้ำตาล ปีกหน้าเมื่อส่องดูด้วยกล้องขยายจะพบขนสีขาวอมเหลืองเรียงไปตามยาวของลำตัว 6 แถว ตัวแก่ของมอดชนิดนี้มีอายุ 21 วัน ไข่จะฟักเป็นตัวหนอนในระยะเวลา 6 – 12 วัน ตัวหนอนกัดกินเนื้อไม้ประมาณ 2 เดือน จึงกลายเป็นดักแด้ ซึ่งจะออกเป็นตัวแก่ คือ ตัวมอด ในระยะเวลาประมาณ 7 วัน การเข้าทำลายไม้ของมอดชนิดนี้เริ่มจากตัวแก่หรือมอดตัวเมีย ซึ่งจะออกจากดักแด้ซึ่งอยู่ในเนื้อไม้ แล้วมาผสมพันธุ์กับมอดตัวผู้ แล้ววางไข่ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดแหลมเรียวเล็กๆ เข้าไปในช่องว่างระหว่างเซลล์หรือรอยแตกของเนื้อไม้ โดยตัวเมียตัวหนึ่งสามารถวางไข่ได้ 30 – 80 ฟอง ไข่จะฟักเป็นตัวอ่อน และกัดกินเนื้อไม้ โดยกินแห้งในเนื้อไม้เป็นอาหาร และขับถ่ายของเสียเป็นผงละเอียดคล้ายแป้งออกมา ในช่วงแรกของการทำลาย ผงคล้ายแป้งนี้จะอัดอยู่ในรูภายในเนื้อไม้ แต่ภายหลังเมื่อตัวหนอนเข้าดักแด้และกลายเป็นตัวแก่ จะเจาะรูออกมาภายนอกเนื้อไม้ ผงเหล่านี้ก็จะหลุดร่วงตามรูทางออกของมอดมากองอยู่ภายนอก การทำลายเมื่อเกิดมากๆ เนื้อไม้ภายในจะถูกทำลายไปหมด เหลือแต่เพียงผิวนอกบางๆ ที่มีรูพรุนขนาดหัวเข็มหมุดอยู่ภายนอก ไม้ที่ถูกทำลายก็จะเสียกำลังความแข็งแรงไปไม่สามารถรับน้ำหนักหรือแรงกดต่างๆ ได้

มอดชนิดนี้มักพบเข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำ โดยพบเข้าทำลายไม้ที่มีความชื้น ตั้งแต่ 2-30% แต่ที่พบเข้าทำลายมากจะพบในไม้ที่มีความชื้น 12 – 15%

2. *Sinoxylon Anale* Lesne จัดเป็นมอดขนาดกลางสีน้ำตาลดำ ลำตัวยาว 4.0 – 5.5 มิลลิเมตร แผ่นหลังขรุขระ ด้านบนเป็นหนามเล็กๆ เรียงกัน 4 – 5 อัน ปีกส่วนท้ายตัดเฉียงมีหนามข้างละ 1 อัน การเข้าทำลายไม้เริ่มด้วยมอดตัวเมียวางไข่บนรอยแตกหรือซอกไม้ แล้วตัวหนอน จะเจาะเข้าไปในไม้และทำลายไม้ในลักษณะเดียวกันกับมอดชนิดแรกที่กล่าวถึง แต่ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตจากไข่ไปเป็นตัวแก่ยาวกว่า คือ ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 4 – 6 เดือน และรูทางออกจะมีขนาดประมาณเท่าหัวไม้ขีด ซึ่งใหญ่กว่ารูทางออกของมอดชนิดแรก

มอดชนิดนี้สามารถเข้าทำลายไม้สดได้ คือ จะพบตัวเมียวางไข่บนไม้ที่เพิ่งตัดได้และเมื่อตัวแก่ออกไปแล้ว จะสามารถกลับเข้าทำลายไม้ได้อีก ถ้าความชื้นในไม้ยังคงสูงกว่า 20%

3. *Heterobostrychus Acquails* Waterhouse จัดเป็นมอดขนาดใหญ่ มีสีน้ำตาลดำ มอดมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ตัวยาว 6 – 13 มิลลิเมตร ตัวผู้และตัวเมียมีลักษณะแตกต่างกัน คือ ปีกคู่หน้าของตัวผู้จะมีหนามข้างละ 1 อัน ตัวหนอนของมอดชนิดนี้มีขนาดใหญ่กว่ามอดชนิดสอง 2-3 เท่า และลักษณะการทำลายก็ใกล้เคียงกัน แต่รูทางออกจะมีขนาดใหญ่กว่า และมีระยะห่างจากกันมากกว่า ช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของมอดทั้งสองชนิดนี้ก็ใกล้เคียงกัน คือ

ประมาณ 4 – 6 เดือน แต่มอดขนาดใหญ่นี้จะพบเข้าทำลายไม้สด น้อยกว่ามอดชนิดที่ 2 คือ มักจะเข้าทำลายไม้ที่มีเดือน แต่มอดขนาดใหญ่นี้จะพบเข้าทำลายไม้สดน้อยกว่ามอดชนิดที่ 2 คือ มักจะเข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นต่ำกว่า 50 / 5 ลงมาถึง 20%

นอกจากมอดชู้ยที่กล่าวถึงทั้ง 3 ชนิดแล้ว ยังมีมอดอีกจำพวกหนึ่งที่มีแนวโน้มว่าอาจจะระบาดทำลายไม้ยางพาราได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ (Ambrosia Beetles) มอดชนิดที่กล่าวถึงนี้ชอบระบาดในแถบที่มีฝนตกชุกและมีความชื้นสูง ปัจจุบันพบว่าทำความเสียหายให้เกิดกับไม้ยางพาราในประเทศมาเลเซียอย่างมาก ลักษณะการเข้าทำลายของแมลงจำพวกนี้ คือ เจาะทำลายเนื้อไม้ภายในและในขณะเดียวกันบริเวณรูทำลายจะมีเชื้อราสีเทาดำเข้าทำลายด้วย ทำให้บริเวณความเสียหายรุนแรงขึ้น แมลงพวกนี้พบทำลายไม้ชนิดอื่นๆ ในประเทศไทยยังไม่พบเข้าทำความเสียหายให้เกิดกับไม้ยางพารา แต่ก็จัดเป็นแมลงชนิดหนึ่งที่จะต้องได้หาทางป้องกันการทำลายเสียแต่ต้นมือ เนื่องจากเข้าทำลายแล้วจะทำความเสียหายให้เกิดได้อย่างรุนแรงมาก

การป้องกันมิให้เกิดสีและมอดกิน

การป้องกันมิให้ราขึ้นไม้จนมีสีเกิดขึ้นและมอดเข้ากินไม้ ทำได้ด้วยการใช้น้ำยาเคมีช่วยตามขั้นตอน คือ เมื่อเป็นไม้ท่อนหลังตัดโค่นและท่อนเป็นไม้ท่อนไม่เกิน 2 วัน (48 ชม.) ลอกเปลือกให้หมดแล้วใช้น้ำยา Sodium pentachlorophenate (DPCB) เข้มข้น 5 % สำหรับป้องกันรา ผสมดีลตริน 0.36 % สำหรับป้องกันมอด ละลายน้ำฟันทหรือจุ่มแล้วแต่ความสะดวก จะได้ผลในทางป้องกันได้ต่อน้อยก็ 2 สัปดาห์ ก่อนที่จะแปรรูปและหลังแปรรูปแล้วทันที นำไปจุ่มน้ำยาดังกล่าวประมาณ 1 นาที นำไปผึ่งไว้ในที่ร่มมิให้ถูกฝน แล้วนำไปอบตามขั้นตอนก็จะช่วยได้มากที่สุด การปฏิบัติดังนี้เปลืองน้ำยามากและอาจไม่สะดวกเพราะต้องลอกเปลือก อาจทำได้วิธีหนึ่งคือ นำไม้เข้าแปรรูปทันที หลังตัดฟัน พยายามให้ใช้เวลาน้อยที่สุดไม่ควรเกิน 2 วัน เมื่อแปรรูปแล้วนำลงจุ่มน้ำยาทันทีที่ลงจากแท่นเลื่อย แล้วนำไปผึ่งและอบต่อไปก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน และทางกลับหากไม้ยางพารานั้นเกิดราเป็นสีขึ้นแล้ว น้ำยาก็น่าจะไม่อาจแก้ไขสีนั้นหายไปได้

การทดลองในประเทศเพื่อนบ้านมาเลเซียก็ใช้วิธีเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว คือ นำไม้ยางพาราที่แปรรูปใหม่ๆ จากท่อนที่ตัดโค่นและท่อนมาไม่เกิน 48 ชม. จุ่มลงในน้ำยาซึ่งประกอบด้วย Sodium pentachlorophenate (กันรา) ผสม gamma benzene hexahloride และ borax (กันมอด) แล้วนำไปผึ่งและอบต่อไป (อัตราส่วนไม่ได้บอกไว้ว่าเท่าไร) สำหรับการอัดน้ำยาโดยใช้ Copper – chrome argenic หรือสารหนู มักไม่ค่อยนิยม เพราะทำให้ไม้ยางพารามีสีเขียวปนเหลือง ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้

หนึ่ง เท่าที่ได้พบที่ประเทศมาเลเซีย โรงงานลับชิ้นไม้ส่งต่างประเทศที่ลงทุนร่วมกันระหว่างมาเลเซียและญี่ปุ่น ที่ยะโฮบารุก์ได้นำยาเคมีฟ่นผสมกับชิ้นไม้ยางพาราทาบเพื่อป้องกันราทำให้เกิดสี ได้พยายามสอบถามเจ้าหน้าที่ญี่ปุ่นว่าใช้น้ำยาอะไร ได้รับคำตอบแต่เพียงว่าน้ำยาเคมี คิดว่าคงจะใช้น้ำยาสูตรเดียวกันก็เป็นได้

ข. เชื้อรา เชื้อราที่พบเข้าทำลายไม้ยางพารานั้น ส่วนมากจะเป็นพวกเดียวกันกับที่พบเข้าทำลายไม้ที่นำมาใช้ประโยชน์โดยทั่วไป แต่โดยที่สีของไม้ยางพาราเป็นคุณสมบัติประการสำคัญที่ทำให้ไม้ชนิดนี้มีคุณค่าเป็นที่นิยมใช้ทั่วไป เชื้อราที่ทำให้คุณสมบัติประการนี้เสื่อมไปจึงเป็นเชื้อราที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจการใช้ประโยชน์ไม้ยางพาราอย่างยิ่ง เชื้อราจำพวกที่สำคัญที่ควรกล่าวถึงในที่นี้มีอยู่ 2 จำพวกด้วยกัน คือ

1. เชื้อราย้อมสี หรือ Blue Stain หรือ Stain Fungi เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดสีตามผิวหรือภายในเนื้อไม้ เชื้อราพวกนี้ไม่ทำให้ความแข็งแรงของเนื้อไม้เสียไป เพราะเชื้อราไม่ได้เข้าทำลายผนังเซลล์ของไม้ สีที่พบอาจจะเป็นสีเทาอ่อนหรือเทาแก่เกือบดำ แล้วแต่ความรุนแรงในการทำลาย ถึงแม้ว่าจะไม่มีผลต่อความแข็งแรงของไม้ แต่กลับมีผลทำให้ความสวยงามและราคาของไม้เสียหาย เนื่องจากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องเรือนหรือเฟอร์นิเจอร์ได้ นอกจากจะนำไปใช้ทำเชื้อเพลิง เนื่องจากสีที่เกิดขึ้นภายในเนื้อไม้นั้นไม่สามารถทำให้ลบเลือนไปได้โดยง่าย

เชื้อราจำพวกนี้ต้องการความชื้นในการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง โดยจะพบการเข้าทำลายได้อย่างรุนแรงในไม้ที่มีความชื้นมากกว่า 30% ขึ้นไป อย่างไรก็ตาม เราอาจพบการเข้าทำลายของราจำพวกนี้ในไม้สดที่นำไปอบจนความชื้นต่ำกว่า 30% ได้ ถ้าไม้นั้นไม่ได้ถูกนำเข้าอบในเวลาอย่างรวดเร็วพอที่จะทำให้เส้นใยของเชื้อราเจริญและสร้างสีขึ้นได้

2. ราขนมปัง หรือ Mold เป็นเชื้อราที่พบเข้าทำลายไม้ที่มีความชื้นสูงเป็นส่วนใหญ่ แต่อาจพบเข้าทำลายไม้แห้งที่เก็บอยู่ในสถานที่ที่มีความชื้นสูงได้ เนื่องจากเชื้อราจำพวกนี้ไม่จำเป็นต้องอาศัยความชื้นจากภายในเนื้อไม้ในการเจริญเติบโต แต่อาจจะใช้ความชื้นจากบรรยากาศโดยรอบก็ได้ ลักษณะการทำลายของเชื้อราจำพวกนี้ที่จะสังเกตได้ก็คือจะพบขุยละเอียดสีต่างๆ เช่น ขาว เขียว เหลือง เทา หรือ ดำ บนผิวไม้ ขุยเหล่านี้เกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ของเชื้อราที่เจริญอยู่บนผิวไม้ ไม้ที่ถูกเชื้อราจำพวกนี้เข้าทำลายจะไม่สูญเสียความแข็งแรงไป และสีที่เกิดจากขุยของเชื้อราบนผิวไม้ก็สามารถที่จะขัดหรือเช็ด หรือไสออกได้ แต่ไม้ที่ถูกเชื้อราจำพวกนี้เข้าทำลายอย่างรุนแรงนั้นจะไม่นิยมนำไปใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ต่างๆ เนื่องจากจะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำจัดเชื้อราจำพวกนี้ออกไปเสียก่อน

8.1 การป้องกันรักษาเหี่ยวไม้ยางพารา

เนื่องจากไม้ยางพาราอาจจะถูกทั้งมอดและเชื้อราเข้าทำลายได้อย่างรวดเร็วหลังการตัดฟัน คือ ตัวเมียของมอดจะเข้าวางไข่บนไม้หรือตามรอยแตกของไม้ที่เพิ่งโค่นล้มลง และเส้นใยของเชื้อราจะเริ่มเจริญเข้าไปในเนื้อไม้ได้ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงหลังการตัดฟัน ดังนั้นเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ยางพาราในทันทีที่ตัดฟันลง ก็จะสามารถป้องกันการเข้าทำลายของทั้งมอดและเชื้อราก่อนการแปรรูปไม้ได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากทั้งมอดและเชื้อราที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ส่วนใหญ่สามารถเข้าทำลายไม้ยางพาราหลังการแปรรูปได้อีก ถ้าไม้แปรรูปนั้นไม่ได้ผ่านขั้นตอนการป้องกันมอดและเชื้อราอีกครั้งหนึ่งการที่จะช่วยให้ไม้ยางพาราปลอดภัยจากการเข้าทำลายของมอดและเชื้อราที่กล่าวมาแล้วทั้งในขณะที่เป็นไม้ซุง เป็นไม้แปรรูป หรือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่างๆ นั้น ควรจะยึดถือขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

ก. หลังการตัดฟันไม้ การป้องกันอาจใช้วิธีใดวิธีหนึ่งใน 2 วิธีคือ

1. การป้องกันโดยใช้สารเคมี ไม้ยางพาราที่ตัดฟันลงแล้วใหม่ๆ ควรจะได้รับการพ่นด้วยส่วนผสมของยากันเชื้อราและยาฆ่าแมลงเพื่อป้องกันความเสียหายจากมอดและเชื้อรา ซึ่งทั้งสองชนิดสามารถเข้าทำลายไม้ได้ในเวลาอันรวดเร็วมาก การพ่นยาจะต้องพ่นให้ทั่วทั้งท่อน โดยเฉพาะทางด้านหน้าตัดและตามรอยแตกของไม้และเปลือกไม้ ควรจะเอาใจใส่ดูแลเป็นพิเศษให้ยาเข้าไปเคลือบอยู่อย่างทั่วถึง เพราะการเข้าทำลายส่วนใหญ่เริ่มจากทางด้านหน้าตัดและตามรอยแตกบนผิวไม้

นอกจากการพ่นยาแล้ว อาจใช้การจุ่มไม้ลงในน้ำยาหรือใช้แปรงทาน้ำยาบนท่อนไม้ให้ทั่ว แต่ทั้งสองวิธีนี้ไม่นิยมใช้ในกรณีที่มีไม้มาก ๆ เนื่องจากสิ้นเปลืองเวลาในการปฏิบัติมาก

2. การป้องกันโดยไม่ใช้สารเคมี หลังการตัดฟันถ้าจำเป็นต้องทิ้งไม้ไว้เพื่อรอการแปรรูปเป็นเวลานาน หรือไม่สามารถที่จะใช้เคมีในการป้องกันการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ยางพาราได้ควรนำไม้ลงแช่ในน้ำโดยให้ท่อนไม้จมอยู่ใต้น้ำตลอดเวลา ก็จะสามารถป้องกันไม่ให้ไม้นั้นเสียหายได้เป็นเวลานานเท่าที่ไม้นั้นแช่อยู่ในน้ำ แหล่งน้ำที่นำไม้ลงแช่อยู่ในน้ำนาน ๆ อาจถูกแบคทีเรียเข้าทำลาย ซึ่งนอกจากจะเกิดกลิ่นเหม็นแล้ว ยังทำให้สีของไม้เปลี่ยนไปด้วย

การพ่นน้ำลงบนไม้ให้เปียกชุ่มอยู่เสมอ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะป้องกันการเข้าทำลายศัตรูไม้ยางพาราได้ วิธีนี้เป็นที่นิยมกันมากในต่างประเทศ แต่ปัจจุบันยังไม่มีผู้นำเข้ามาใช้ในประเทศไทย

ข. หลังการแปรรูป ไม้ยางพาราที่แปรรูปแล้ว ไม่ว่าจะแปรรูปมาจากไม้ซุงที่ได้รับการใช้สารเคมีในการป้องกันศัตรูทำลายไม้หรือจากการแช่น้ำก็ตาม จำเป็นต้องรีบนำไปจุ่มในสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันการทำลายของทั้งมอดและเชื้อราอีกครั้งหนึ่ง การจุ่มควรใช้เวลา

ประมาณหนึ่งนาทีก่อน โดยจุ่มให้เปียกทั่วทั้งท่อนแล้วจึงนำไปกองผึ่งหรือนำเข้าอบให้แห้ง ก็จะ
สามารถป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นก่อนที่จะนำไม้ยางพาราไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

ไม้ที่ได้รับการจุ่มน้ำยาหลังการแปรรูปแล้ว เมื่อนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์จะต้องมีการตัด
ท่อน ไล่ ตกแต่ง กลึง เจาะ หรือบากไม้ หลังจากที่ได้ขนาดตามต้องการแล้ว ต้องทำการจุ่มไม้ใน
น้ำยาป้องกันมอดและเชื้อราอีกครั้งหนึ่งแล้วกองผึ่งไว้ให้แห้งเสียก่อนจึงจะนำไปประกอบเป็น
เฟอร์นิเจอร์ได้โดยปลอดภัยไม่มีมอดและเชื้อราเข้าทำลาย

สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ยางพารา แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันเชื้อรา เเท่าที่ฝ่ายวิจัยป้องกันรักษาเนื้อไม้ กองวิจัย
ผลิตผลป่าไม้ ได้ทำการวิจัยมาแล้ว พบว่ามีสารเคมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งอาจจะเลือกใช้ชนิด
ใดชนิดหนึ่งใน 3 ชนิดนี้ คือ

1. Busan 1009 (Unicide 20) 3%
2. Farmay plus 3%
3. Sodium pentachlorophenate 2%

สำหรับ Sodium pentachlorophenate นั้น ปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจาก
หาได้ง่ายและราคาถูกกว่า 2 ชนิดแรก แต่สารเคมีชนิดนี้เป็นสารที่มีพิษตกค้างร้ายแรงซึ่งหลาย
ประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งเป็นผู้นำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไม้ยางพารา
ประกาศห้ามใช้ การใช้สารเคมีชนิดนี้กับไม้ยางพาราที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ส่งไปขายให้ประเทศ
เหล่านี้ อาจเกิดปัญหาในการนำเข้าที่ทำให้เกิดผลเสียหายอย่างร้ายแรงต่อการลงทุนทำ
อุตสาหกรรมส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราได้

ข. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันมอด จากผลการวิจัยพบว่า สารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่ง
ดังต่อไปนี้ สามารถนำไปใช้ในการป้องกันมอดทำลายไม้ยางพาราได้ ถ้าไม้ชิ้นนั้นได้รับการป้องกัน
ถูกต้องตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

1. Cislin 0.005%
2. Perigen 0.01%
3. Chlordane 1%
4. Aldrin 0.5%
5. Sumithion 3%
6. Boron Compound 15%

สารเคมี 2 ชนิดแรก เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันแมลงและปลอดภัยต่อทั้ง
ผู้ใช้งานและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ แต่มีราคาแพง จึงไม่มีใครใช้กันแพร่หลายนักในประเทศไทย สารเคมี
ชนิดที่ 3 และที่ 4 เป็นสารเคมีที่ใช้ได้ผลมาเป็นเวลานานพอสมควร แต่ปัจจุบันการใช้สารเคมี
จำพวกนี้ประสบปัญหา เช่นเดียวกับการใช้ Sodium Pentachlorophenate จึงควรที่จะพิจารณา
ให้ดีกว่าก่อนที่จะเลือกใช้สารเคมีจำพวกนี้ ส่วน Sumithion เป็นสารเคมีชนิดใหม่ที่กำลังนำมาใช้ใน

ด้านการป้องกันรักษาเนื้อไม้ ปรากฏว่าใช้ป้องกันการทำลายมอดได้ผลดี สำหรับ Boron Compound นั้น ปัจจุบันใช้กันอย่างกว้างขวางภายในประเทศ แต่จัดเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันมอดได้ในระยะเวลาที่สั้นกว่าสารอื่นๆ อีก 5 ชนิด

ในการป้องกันไม้อย่างพาราจากการเข้าทำลายของมอดและเชื้อรา นั้น จำเป็นต้องใช้สารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งในข้อ ก. แล้วนำมาผสมกับสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งในข้อ ข. แล้วจึงนำส่วนผสมของสารเคมีทั้งสองชนิดไปใช้ในการป้องกันไม้อย่างพาราต่อไปตามกรรมวิธีที่ต้องการ สำหรับกรรมวิธีที่ได้กล่าวถึงแล้วข้างต้น ได้แก่ การพ่นยา หรือจุ่ม หรือทางสารเคมีบนไม้ เป็นวิธีที่ต้องการอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายๆ ไม่ยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อหาอุปกรณ์ไม่มากนัก แต่ไม้ที่ผ่านกรรมวิธีการป้องกันรักษาเนื้อไม้ดังกล่าวมีตัวยาเคลือบอยู่เฉพาะที่ผิวนอกของไม้หรือซึมเข้าไปในเนื้อไม้แต่เพียงชั้นๆ เท่านั้น ในกรณีที่ต้องการให้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ซึมเข้าไปในเนื้อไม้มากๆ จำเป็นที่จะต้องใช้กรรมวิธีการป้องกันรักษาเนื้อไม้แบบใช้กำลังอัด หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าการอัดน้ำยาไม้

8.2 การอัดน้ำยาไม้ (Wood Impregnation)

การอัดน้ำยา คือการป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้โดยการใช้เครื่องจักรเพื่อทำให้เกิดแรงดัน ดันสารเคมีให้เข้าไปอยู่ในเนื้อไม้ ซึ่งถูกจัดเรียงไว้ภายในถังอัดน้ำยาซึ่งจะต้องเป็นถังที่มีความทนทานต่อแรงกำลังอัด (Pressure) ได้สูง และมีฝาปิดสนิทได้ การอัดน้ำยานี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถอัดน้ำยาเข้าไปได้ลึกและสม่ำเสมอว่ากรรมวิธีอื่นๆ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถควบคุมปริมาณของยาที่จะให้เข้าไปในไม้ได้ตามความต้องการอีกด้วย เป็นกรรมวิธีที่สามารถใช้อัดน้ำยาไม้ได้ทั้งสดและไม้อบแห้งแล้วแต่มีข้อเสียคือเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาแพง และจำเป็นต้องเสียค่าขนส่งไม้ไปและกลับจากโรงงานอัดน้ำยาไม้ ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนการอัดน้ำยาไม้ให้สูงขึ้น

1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดน้ำยาไม้

การอัดน้ำยาไม้แบ่งออกเป็นวิธีย่อยได้หลายวิธีแต่มีอุปกรณ์หลักที่จำเป็นที่จะต้องใช้เหมือนกัน คือ

- (1) ถังอัดน้ำยา (Impregnated Tank)
- (2) ถังเก็บน้ำยา (Storage and Measuring Tank)
- (3) เครื่องอัดความดัน (Hydraulic Pump)
- (4) เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum Pump)

2) การอัดน้ำยาไม่วิธีต่างๆ

การอัดน้ำยาไม่วิธีต่างๆ โดยใช้กำลังอัดแต่ละวิธี มีกรรมวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกันไปเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ไม้อัดน้ำยาที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป วิธีที่ใช้กันอยู่มากตามโรงงานอัดน้ำยาไม่วิธีทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ การอัดน้ำยาแบบเต็มเซลล์ และการอัดน้ำยาแบบไม่เต็มเซลล์ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการอัดน้ำยาทั้งสองวิธีนี้และวิธีอื่นๆที่มีแนวโน้มว่าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการป้องกันรักษาไม้อย่างพารา มีดังต่อไปนี้

การอัดน้ำยาแบบเต็มเซลล์ (Full Cell Process) เป็นการอัดน้ำยาไม่วิธีที่มีวัตถุประสงค์ให้น้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เข้าไปอยู่เต็มในเซลล์และในช่องว่างระหว่างเซลล์ของไม้ น้ำยาที่ใช้ในการอัดน้ำยาไม่วิธีนี้มีทั้งน้ำยาจำพวกสารเคมีที่ละลายในน้ำและสารเคมีที่ละลายในน้ำมัน ขั้นตอนในการอัดน้ำยาไม่วิธีแบบเต็มเซลล์มีดังนี้ คือ

- นำไม้เข้าบรรจุในถังอัดน้ำยา
- ทำสุญญากาศภายในถังอัดน้ำยา
- ปล่อน้ำยาเข้าเต็มถัง
- เพิ่มแรงอัดภายในถังอัดน้ำยา
- ลดแรงอัด
- สูบน้ำยาออก
- ทำสุญญากาศในถังอีกครั้งหนึ่ง
- นำไม้ออกจากถังอัดน้ำยา

การอัดน้ำยาแบบไม่เต็มเซลล์ (Empty Cell Process) เป็นการอัดน้ำยาโดยให้น้ำยาซึมเข้าไปอยู่ในผนังเซลล์ของไม้โดยไม่เข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ แบ่งออกเป็น 2 วิธีย่อยๆ คือ วิธีของรือปีง และวิธีของลอว์รี ขั้นตอนการอัดน้ำยา 2 วิธีย่อยนี้ คล้ายคลึงกับการอัดน้ำยาแบบเต็มเซลล์ แต่หลังจากที่นำไม้เข้าบรรจุในถังอัดน้ำยาแล้วจะไม่มีในการทำสุญญากาศก่อนที่จะปล่อน้ำยาเข้าถัง การอัดน้ำยาไม่วิธีแบบไม่เต็มเซลล์นี้นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นไม้หมอนรถไฟ เสาไฟฟ้า เสาโทรเลข หรือไม้ที่ใช้ในการก่อสร้างอื่นๆ เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำให้น้ำยาซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี โดยไม่สิ้นเปลืองน้ำยามาก ไม้ที่จะนำมาอัดน้ำยาตามกรรมวิธีนี้ได้จะต้องเป็นไม้จำพวกที่อัดน้ำยาได้ไม่ยากนัก

การอัดน้ำยาแบบสลับระดับความดัน (Oscillation and Alternating Pressure Process)

เป็นการอัดน้ำยาโดยการเปลี่ยนระดับความดันภายในถังอัดน้ำยาให้สูงๆ ต่ำๆ สลับกันหลายๆ ครั้ง โดยมีวัตถุประสงค์ให้น้ำยาถูกดันเข้าไปในเซลล์ของไม้ให้มากที่สุด เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับไม้พวกที่อัดน้ำยาได้ยาก สามารถใช้ได้กับทั้งไม้สดและไม้แห้งแล้ว

Cellon Process คือ การอัดน้ำยาไม้โดยใช้ตัวทำลาย เป็นสารที่หลังจากที่ได้ทำหน้าที่เป็นตัวนำสารเคมีที่เป็นตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เข้าไปในเนื้อไม้แล้ว จะไม่คงอยู่ในเนื้อไม้พร้อมกับตัวยา แต่จะระเหยออกมาจากไม้ทั้งหมด ไม้ที่อัดน้ำยาเสร็จแล้วจะมีลักษณะเหมือนกับไม้ที่ไม่ได้อัดน้ำยาแต่จะมีความทนทานเพิ่มขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางกว่าเดิม

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการสำรวจโรงงานแปรรูปไม้ยางพารา

โรงงานแปรรูปไม้ยางพาราที่ดำเนินการศึกษาวิจัยและเก็บข้อมูลตั้งอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราช ตรัง และพัทลุง จำนวน 10 โรงงาน ลักษณะของกระบวนการผลิตจะเป็น รูปแบบเดียวกันหมดคือเป็นทั้งโรงเลื่อยและโรงอบ แต่อาจจะแตกต่างกันเล็กน้อยในเทคนิคการ ผลิต เช่น โต๊ะเลื่อยผ่า โต๊ะเลื่อยซอย เป็นต้น ซึ่งวัฏจักรชีวิตของการแปรรูปไม้ยางพาราที่ได้ลง พื้นที่ไปทำการศึกษามีดังนี้

ตารางที่ จ.1 รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
ลานกองไม้ยางพาราท่อน		รถขนส่งไม้ยางพาราท่อน จะนำไม้เข้ามาซึ่งที่โรงงาน แล้วนำมาเทกองรวมกันไว้ ที่ลานขนถ่าย
การขนส่งโดยรถยกจาก ลานสู่โต๊ะเลื่อย		พนักงานจะใช้รถยกขนไม้ ท่อนที่คัดเลือกแล้วสู่โต๊ะ เลื่อยโดยจะคละขนาดของ ไม้ท่อนให้มีขนาดต่าง ๆ กัน
พนักงานเลื่อยไม้ตรวจ สภาพไม้		พนักงานคัดเลือกไม้คือ นายม้าและหางม้าจะ ตรวจดูขนาดของไม้ท่อน แล้วทำการเรียงสลับเล็ก ใหญ่ให้เหมาะสมและ สะดวกในการเลื่อย

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
นำไม้ขึ้นรางหมู		รางหมูเป็นอุปกรณ์ที่พักไม้ก่อนเลื่อยซึ่งพนักงานเลื่อยจะนำไม้ขึ้นรางหมูแล้วจึงเริ่มดำเนินการเลื่อย
เลื่อยผ่า		คือการเปิดปีกไม้ด้านข้าง 2 ด้านที่ตรงข้ามกันก่อน
เลื่อยซอย		คือการเลื่อยเปิดปีกไม้ด้านข้างที่เหลืออีก 2 ด้าน
ซอยแบ่งไม้		ซอยไม้ออกเป็น 2 ท่อน หรือ 3 ท่อนแล้วซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของนายช่างในการกำหนด

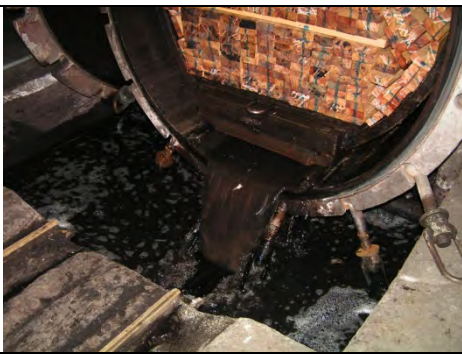
ตารางที่ ด.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
คัดเลือกไม้แปรรูป		หลังจากเลื่อยไม้ท่อนเป็นไม้แปรรูปแล้วพนักงานจะทำการคัดเกรดไม้ตามลักษณะของผิว ตำหนิ และความกว้างของไม้
รางเลื่อนไม้อัดน้ำยา		เป็นรางเหล็กสำหรับเลื่อนไม้แปรรูปเข้าไปอัดน้ำยา
อุปกรณ์ทำสุญญากาศ		การอัดน้ำยาต้องมีการทำสุญญากาศก่อนอัดน้ำยาเพื่อให้ น้ำยาสามารถซึมเข้าสู่เนื้อไม้ได้ ซึ่งประกอบด้วยปั๊มสุญญากาศ และปั๊มอัดน้ำยา
ถังผสมน้ำยา		เป็นถังที่ใช้ผสมน้ำยาก่อนอัดเข้าไปในเนื้อไม้ มีใบกวนที่หัวถัง

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
สารเคมีรักษาเนื้อไม้		ส่วนใหญ่ใช้สารเคมีพวกสารประกอบโบรอน (Boron Compound) ผสมกับน้ำเป็นน้ำยารักษาเนื้อไม้
ถังเก็บน้ำยา		จะเป็นถังกลมอยู่สูงกว่าถังอัดน้ำยา จะเป็นตัวเก็บน้ำยาและปล่อยลงสู่ถังอัด
การอัดน้ำยา		เลื่อนรางเลื่อนแล้วทำการอัดน้ำยาใช้เวลาประมาณ 15 – 30 นาที ต่อไม้ 1 ชุด (รวมเวลาในการทำสุญญากาศและอัดน้ำยา)
ปล่อยน้ำยา		เมื่ออัดน้ำยาเสร็จจะปล่อยน้ำยาที่เหลือให้ไหลลงสู่แอ่งใต้ถังอัดซึ่งจะมีปั๊มดูดกลับไปถังเก็บน้ำยาเพื่อนำมาใช้อัดในครั้งต่อไป

ตารางที่ จ.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
ปล่อยน้ำยา		ช่วงการปล่อยน้ำยาจะทำให้การดองไม้แปรรูปออกมาช้าเพื่อรอให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นพนักงานจะจัดเรียงไม้แปรรูปใหม่สำหรับเข้าตู้อบลำความชื้นซึ่งจะมีรถยกมายกไม้ที่จัดเรียงไว้นั้นไป
		
การผลิตไอน้ำ		การอบไม้จะใช้ไอน้ำที่ผลิตโดยหน่วยผลิตไอน้ำซึ่งใช้เชื้อเพลิงชีวมวลพวกปื๊กไม้ ขี้เลื่อย หรือขี้กบเป็นเชื้อเพลิง
ท่อไอน้ำแบบครีป		มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่ไม้แปรรูปเปียก จะมีครีปเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ) รายละเอียดการสำรวจกิจกรรมการแปรรูปไม้ยางพารา

หัวข้อศึกษา	ภาพกิจกรรม	รายละเอียด
พัดลมเป่าอากาศ		การอบจะมีพัดลมเป่าอากาศเพื่อพัดให้ความร้อนกระจายตัวในห้องอบได้อย่างทั่วถึง
เทอร์โมมิเตอร์		เพื่อคอยสังเกตอุณหภูมิ หากสูงหรือต่ำพนักงานจะทำการเปิดหรือห้วาล์วไอน้ำ เพื่อให้อุณหภูมิเป็นไปตามกำหนด
ตรวจสอบความชื้น		การอบไม้จะใช้ระยะเวลาประมาณ 7 วัน จากนั้นจะสุ่มตรวจสอบความชื้นในเนื้อไม้ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 12% และทำการจัดเก็บรอขนส่ง
การขนส่งไม้แปรรูป		จะขนส่งโดยรถสิบล้อเพื่อขายให้กับอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไปเช่น อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ของเล่นเด็ก เป็นต้น

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลรายการสารเข้า-ออกของกระบวนการเลื่อยเปิดปีกไม้

รายชื่อ	รายการขาเข้า		รายการขาออก			
	ไม้ท่อน		ไม้แปรรูป ^{2/}		ปีกไม้ ^{2/}	ชี้เลื่อย ^{2/}
	ลบ.ฟ	ตัน	ลบ.ฟ	ตัน	ตัน	ตัน
ม.1	3,192.18	70.23	1,440.00	31.68	30.98	7.57
ม.2	4,433.58	97.54	2,000.00	44.00	43.02	10.52
ม.3	1,995.11	43.89	900.00	19.80	19.36	4.73
ม.4	310.35	6.83	140.00	3.08	3.01	0.74
ม.5	1,330.07	29.26	600.00	13.20	12.91	3.15
ม.6	5,541.98	121.92	2,500.00	55.00	53.78	13.15
ม.7	4,876.94	107.29	2,200.00	48.40	47.32	11.57
ม.8	5,098.62	112.17	2,300.00	50.60	49.48	12.09
ม.9	4,433.58	97.54	2,000.00	44.00	43.02	10.52
ม.10	1,884.27	41.45	850.00	18.70	18.28	4.47

^{1/} น้ำมันดีเซลที่ใช้ในรถยกเพื่อขนย้ายไม้ยางพาราท่อนสู่โต๊ะเลื่อย

^{2/} จากการสุ่มทดลองซึ่งน้ำหนักไม้ก่อนหลังเลื่อยได้ผลดังนี้

ไม้ท่อน 1,845 kg เมื่อเลื่อยแล้วจะได้ ไม้แปรรูป 840 กิโลกรัม

ไม้ท่อน 1,845 kg เมื่อเลื่อยแล้วจะได้ ปีกไม้ 810 กิโลกรัม

ไม้ท่อน 1,845 kg เมื่อเลื่อยแล้วจะได้ ชี้เลื่อย 195 กิโลกรัม

ในหนึ่งวันนำไม้ท่อนเข้าโต๊ะเลื่อย = 120,000 กิโลกรัม/วัน

เลื่อยแล้วจะได้ไม้แปรรูป = $\frac{120,000 \times 840}{1,845} = 54,634.15$ กิโลกรัม / วัน

หรือประมาณ = 55 ตัน/วัน หรือคิดเป็น 45.45%

ไม้ท่อน 120,000 kg เลื่อยแล้วจะได้ปีกไม้ = $\frac{120,000 \times 810}{1,845} = 52,682.93$ kg / วัน

หรือประมาณ = 53 ตัน/วัน หรือคิดเป็น 43.80%

ไม้ท่อน 120,000 kg เลื่อยแล้วจะได้ชี้เลื่อย = $\frac{120,000 \times 195}{1,845} = 12,682.93$ kg / วัน

หรือประมาณ = 13 ตัน/วัน หรือคิดเป็น 10.83%

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลรายการสารเข้า-ออกของกระบวนการอัดน้ำยา

โรงงาน	บัญชีรายการขาเข้า				บัญชีรายการขาออก	
	น้ำ	สารเคมี ^{1/} Boron Compound	ไม้แปรรูป		ไม้แปรรูปเปียก ^{2/}	
	ลิตร	กิโลกรัม	ลบ.ฟ	ตัน	ลบ.ฟ	ตัน
ม.1	9,360.00	160.00	1,440.00	31.68	1,790.03	41.20
ม.2	12,400.00	124.00	2,000.00	44.00	2,461.87	56.52
ม.3	3,000.00	60.00	900.00	19.80	1,012.37	22.86
ม.4	910.00	7.00	140.00	3.08	173.85	4.00
ม.5	4,500.00	20.00	600.00	13.20	767.09	17.72
ม.6	16,250.00	162.50	2,500.00	55.00	3,105.27	71.41
ม.7	13,650.00	160.00	2,200.00	48.40	2,708.92	62.21
ม.8	12,000.00	100.00	2,300.00	50.60	2,746.55	62.70
ม.9	13,000.00	120.00	2,000.00	44.00	2,484.01	57.12
ม.10	12,000.00	100.00	850.00	18.70	1,296.55	30.80

^{1/} สารเคมี Boron Compound ความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.76

^{2/} ไม้แปรรูปที่ผ่านกระบวนการอัดน้ำยาแล้วจะมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้นโดยคิดจากสมมูลมวลสาร
ดังนี้

สำหรับมวลสาร

น้ำหนักไม้แปรรูป + น้ำหนักน้ำ + น้ำหนักสารเคมี = น้ำหนักไม้แปรรูปเปียก เช่น

$31.68 + 9.360 + 0.16 = 41.20$ ตัน

สำหรับปริมาตร

ปริมาตรไม้แปรรูป + ปริมาตรน้ำ + ปริมาตรสารเคมี = ปริมาตรไม้แปรรูปเปียก เช่น

$1,440 + 9360 \times 0.037 + (16 \times 1 \times 0.037 / 1.76) = 1,790.03$ ลูกบาศก์ฟุต

โดยที่ ปริมาตร 1 ลิตร เท่ากับ 0.037 ลูกบาศก์ฟุต

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลรายการสารเข้า-ออกของกระบวนการผลิตไอน้ำ

โรงงาน	รายการขาเข้า					รายการขาออก		
	สารเคมีกำจัด ตระกรัน	น้ำป้อน	ปีกไม้	ขี้เลื่อย	อื่นๆ	ไอน้ำ	โบล์ว ดาวน์ ^{1/}	คอนเดน เสทระเหย ^{2/}
	กก.	ตัน	ตัน	ตัน	ตัน	ตัน	ลบ.ม	ตัน
ม.1	7.50	142.45	40.00	-	-	122.14	8.10	12.21
ม.2	2.50	219.42	-	8.00	30.00	190.48	9.90	19.05
ม.3	1.00	144.25	39.80	-	-	122.14	9.90	12.21
ม.4	10.00	141.55	37.00	1.10	-	122.14	7.20	12.21
ม.5	3.00	141.55	26.40	6.60	-	122.14	7.20	12.21
ม.6	3.00	267.65	50.00	15.00	-	235.55	8.55	23.55
ม.7	3.00	217.62	65.00	-	-	190.48	8.10	19.05
ม.8	1.50	167.67	30.00	12.00	-	145.06	8.10	14.51
ม.9	3.00	191.82	22.00	22.00	-	167.83	7.20	16.78
ม.10	3.00	167.67	35.00	3.35	-	145.06	8.10	14.51

^{1/} คอนเดนเสทระเหยประเมินจากความถี่ของการสตาร์ทปั๊มน้ำป้อนหม้อไอน้ำซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วปริมาณคอนเดนเสทที่ระเหยมีค่า 10% ของปริมาณไอน้ำ

^{2/} ปริมาณการโบล์วดาวน์ประเมินจากความดันหม้อไอน้ำ ขนาดท่อและเวลาในการโบล์วดาวน์ ซึ่งคิดรวมกับปริมาณของการเปิดไอน้ำขณะอบแห้งไม้ยางพาราเพื่อป้องกันไม่เกิดความเค้นมากเกินไปจนเนื้อไม้แตก

ตารางที่ จ.5 ข้อมูลรายการสารเข้า-ออกของกระบวนการอบไม้

รายชื่อ	รายการสารขาเข้า			รายการสารขาออก			
	ไอน้ำ	ไม้แปรรูปเปียก		BD	น้ำระเหย ^{1/}	ไม้แปรรูปแห้ง	
	ตัน	ลบ.ฟ	ตัน	ลบ.ม	ตัน	ลบ.ฟ	ตัน
ม.1	122.14	1,790.03	41.20	8.10	20.45	1,440.00	20.75
ม.2	190.48	2,461.87	56.52	9.90	26.92	2,000.00	29.60
ม.3	122.14	1,012.37	22.86	9.90	10.52	900.00	12.34
ม.4	122.14	173.85	4.00	7.20	1.99	140.00	2.01
ม.5	122.14	767.09	17.72	7.20	9.12	600.00	8.60
ม.6	235.55	3,105.27	71.41	8.55	34.40	2,500.00	37.01
ม.7	190.48	2,708.92	62.21	8.10	29.62	2,200.00	32.59
ม.8	145.06	2,746.55	62.70	8.10	30.72	2,300.00	31.98
ม.9	167.83	2,484.01	57.12	7.20	27.52	2,000.00	29.60
ม.10	145.06	1,296.55	30.80	8.10	18.17	850.00	12.63

^{1/} น้ำระเหยหมายถึงน้ำในเนื้อไม้ที่ต้องระเหยออกไปให้เหลือค่าความชื้นภายในเนื้อไม้ไม่เกิน 12% ซึ่งน้ำที่ระเหย

ออกไปจะประกอบด้วยน้ำที่มาจากขั้นตอนการอัดน้ำยา (เฉพาะน้ำ) และน้ำในเนื้อไม้ เช่น

น้ำที่ใช้ผสมในการอัดน้ำยาเท่ากับ 9,360 ลิตร

ปริมาณไม้ที่อบเท่ากับ 31.68 ตัน

และความชื้นหลังอบเท่ากับ 10%

ความชื้นของไม้ยังพาราต่างๆไปเท่ากับ 45%

ดังนั้นความชื้นที่ระเหยออกไปเท่ากับ $(9,360/1000) + 31.68 \times (0.45 - 0.10) = 20.45$ ตัน

ตารางที่ ฉ.6 ข้อมูลเตาอบและขนาดหม้อไอน้ำในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

รายชื่อ	ข้อมูลเตาอบ ^{1/}		ข้อมูลหม้อไอน้ำ ^{2/}	
	จำนวนเตาอบ	ปริมาตรเตาอบ	ความดัน	ขนาด
	เตา	ลบ.ฟ / เตา	บาร์	ตัน
ม.1	11.00	1,200.00	5.00	6.00
ม.2	10.00	1,200.00	8.00	10.00
ม.3	6.00	1,200.00	5.00	5.00
ม.4	1.00	900.00	5.00	5.00
ม.5	5.00	900.00	5.00	8.00
ม.6	20.00	1,200.00	10.00	10.00
ม.7	12.00	1,200.00	8.00	10.00
ม.8	14.00	1,200.00	6.00	10.00
ม.9	9.00	1,200.00	7.00	7.00
ม.10	10.00	900.00	6.00	6.00

^{1/} เป็นข้อมูลเตาอบที่ใช้งานจริงในช่วงเวลาที่สำรวจและเก็บข้อมูล

^{2/} เป็นข้อมูลหม้อไอน้ำที่ใช้งานอยู่จริงในช่วงเวลาที่สำรวจและเก็บข้อมูล

ตารางที่ จ.7 ข้อมูลการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลของรถยกในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

รายชื่อ	ปริมาณน้ำมันดีเซล(ลิตร)		
	การเลื่อยเปิดปีกไม้	การอัดน้ำยา	การอบไม้
ม.1	30.00	30.00	30.00
ม.2	40.00	10.00	10.00
ม.3	30.00	15.00	30.00
ม.4	-	10.00	10.00
ม.5	20.00	20.00	20.00
ม.6	70.00	35.00	20.00
ม.7	15.00	15.00	15.00
ม.8	75.00	50.00	40.00
ม.9	60.00	20.00	20.00
ม.10	-	12.00	24.00

ตารางที่ จ.8 ข้อมูลการสิ้นเปลืองไฟฟ้าในกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

รายชื่อ	ปริมาณไฟฟ้า(kWh)			
	การเลื่อยเปิดปีกไม้	การอัดน้ำยา	การผลิตไอน้ำ	การอบไม้
ม.1	2,382.56	114.08	108.00	3,696.00
ม.2	2,411.07	130.92	1,790.00	5,335.39
ม.3	1,343.94	55.75	96.00	2,217.60
ม.4	498.33	3.17	775.00	365.54
ม.5	1,166.74	53.04	1,969.00	1,958.25
ม.6	6,093.52	279.45	716.00	5,013.12
ม.7	3,171.99	183.52	1,812.00	4,476.00
ม.8	2,850.00	226.50	1,253.28	7,519.68
ม.9	2,742.30	176.58	662.45	1,936.86
ม.10	1,707.59	36.36	755.59	1,160.56

ภาคผนวก ข

ตารางประกอบการคำนวณการปลดปล่อยมลสารทางอากาศ

ตารางที่ ข.1 ปริมาณองค์ประกอบของสารคาร์บอนในเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

Liquid	(t C/TJ)	Solid	(t C/TJ)	Gaseous	(t C/TJ)
Primary fuels		Primary fuels		Natural gas (dry)	15.3
Crude oil	20.0	Anthracite	26.8		
Orimulsion	22.0	Coking coal	25.8		
N. gas liquids	17.2	Other bit. coal	25.8		
Secondary fuels		Sub-bit. coal	26.2		
Gasoline	18.9	Lignite	27.6		
Jet kerosene	19.5	Oil shale	29.1		
Other kerosene	19.6	Peat	28.9		
Shale oil	20.0	Secondary fuels			
Gas / diesel oil	20.2	BKB and patent fuel	25.8*		
Residual fuel oil	21.1	Coke oven / gas coke	29.5		
LPG	17.2				
Ethane	16.8				
Naphtha	20.0*				
Bitumen	22.0				
Lubricants	20.0*				
Petroleum coke	27.5				
Refinery feedstocks	20.0*				
Other oil	20.0*				

ที่มา: IPCC, 1996

ตารางที่ ๓.2 CH₄ Default (Uncontrolled) emission factor (in kg/TJ)

		Coal	Natural Gas	Oil		Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes
Energy Industries		1	1	3		30	200	30
Manufacturing Industries and Construction		10	5	2		30	200	30
Transport	Aviation			0.5				
	Road		50	Gasoline	Diesel			
				20	5			
	Railways	10		5				
	Navigation	10		5				
Other Sectors	Commercial/Institutional		10	5	10	300	200	300
	Residential		300	5	10	300	200	300
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	stationary	300	5	10	300	200	300
		Mobile		5	5			

Note: These factors are considered as the best available global default factors to date.

- (a) The emission factors for brown coal may be several times higher than those for hard coal.
- (b) These factors are for fuel combustion in the energy industries. For charcoal production, please refer to Table 1-14. Default Non-CO₂ Emission Factors for Charcoal Production.
- (c) Includes dung and agricultural municipal and industrial wastes.
- (d) In the cruise mode CH₄ emissions are assumed to be negligible (Wiesen et al, 1994). For LTO cycles only (i.e., below an altitude of 914 metres (3000 ft.)) the emission factor is 5 kg/TJ (10% of total VOC factor) (Olivier, 1991). Since globally about 10% of the total fuel is consumed in LTO cycles (Oliver, 1995), the resulting fleet averaged factor is 0.5 kg/TJ
- (e) Emission factors for 2-stroke engines may be three times higher than those for 4-stroke engines.

Source: UNFCCC, 1996

ตารางที่ ๓.3 N₂O Default (Uncontrolled) emission factor (in kg/TJ)^(a)

			Coal	Natural Gas	Oil	Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes ^(c)
Energy Industries			1.4	0.1	0.6	4	4	4
Manufacturing Industries and Construction			1.4	0.1	0.6	4	4	4
Transport	Aviation ^(d)				2			
	Road			0.1	Gasoline	Diesel		
					0.6	0.6		
	Railways		1.4		0.6			
	Navigation		1.4		0.6			
Other Sectors	Commercial/Institutional		1.4	0.1	0.6	4	1	4
	Residential		1.4	0.1	0.6	4	1	4
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	stationary	1.4	0.1	0.6	4	1	4
		Mobile		0.1	0.6			

Note: These factors are considered as the best available global default factors to date.

- (a) Brown coals may produce less N₂O than bituminous coals: some measurements have shown that N₂O emissions by hard coal combustion in power plants may be negligible. N₂O emissions from FBC are generally about 10 times higher than from boilers.
- (b) These factors are for fuel combustion in the energy industries. For charcoal production, please refer to Table 1-14. Default Non-CO₂ Emission Factors for Charcoal Production.
- (c) Includes dung and agricultural, municipal and industrial wastes.
- (d) When there is a significant number of cars with 3-way catalysts in the country road transport emission factors should be increased accordingly. Emission factors for 2-stroke engines may be three times higher than those for 4-stroke engines.

Source: UNFCCC, 1996

ตารางที่ ๓.4 NO_x Default (Uncontrolled) emission factor (in kg/TJ)

		Coal	Natural Gas	Oil		Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes
Energy Industries		300	150	200		100	100	100
Manufacturing Industries and Construction		300	150	200		100	100	100
Transport	Aviation ^(d)			300				
	Road		600	Gasoline	Diesel			
				600	800			
	Railways	300		1200				
	Navigation	300		1500				
Other Sectors	Commercial/Institutional		100	50	100	100	100	100
	Residential		100	50	100	100	100	100
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	stationary	100	50	100	100	100	100
		Mobile		1000	1200			

Note: These factors are considered as the best available global default factors to date. The emission factors may be reduced to take into account reduction efficiencies, see default values for reduction efficiencies given above.

- (a) NO_x emission factors for small combustion facilities tend to be much smaller than for large facilities due to lower combustion temperatures.
- (b) Includes dung and agricultural municipal and industries wastes.
- (c) These factors are for fuel combustion in the energy industries. For charcoal production, please refer to Table 1-14. Default Non-CO₂ Emission Factors for Charcoal Production.
- (d) Assuming the major part is consumed by Heavy Duty Vehicles (HDV). When a country has a relatively high proportion of passenger cars running on diesel the average emission factor may be substantially lower as is indicated in Table 1-31 to 1-34
- (e) The countries should, when possible, allocate the fuel consumption to road and off-road traffic. Emission factors for ships, boats, locomotives and farm equipment may be more than double those of duty vehicles.

Source: UNFCCC, 1996

ตารางที่ ๓.5 CO Default (Uncontrolled) emission factor (in kg/TJ)

		Coal ^(a)	Natural Gas	Oil		Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes
Energy Industries		20	20	15		1000	1000	1000
Manufacturing Industries and Construction		150	30	10		2000	4000	4000
Transport	Aviation			100				
	Road		400	Gasoline	Diesel			
				8000	1000			
	Railways	150		1000				
	Navigation	150		1000				
Other Sectors	Commercial/Institutional		2000	50	20	5000	7000	5000
	Residential		2000	50	20	5000	7000	5000
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	stationary	2000	50	20	5000	7000	5000
		Mobile		400	1000			

Note: These factors are considered as the best available global default factors to date.

- (a) Includes dung and agricultural municipal and industrial wastes.
- (b) These factors are for fuel combustion in the energy industries. For charcoal production, please refer to Table 1-14. Default Non-CO₂ Emission Factors for Charcoal Production.
- (c) The emission factor for aviation in the above table is for jet kerosene. The emission factor for aviation gasoline ranges from 10000 to 20000 kg/TJ (default value: 15000 kg/TJ).
- (d) Generally the emission factors for gasoline vehicles are highest for motorcycles and passenger cars without emissions control equipment.

Source: UNFCCC, 1996

ตารางที่ 11.6 NMVOC Default (Uncontrolled) emission factor (in kg/TJ)

			Coal	Natural Gas	Oil		Wood/ Wood Waste	Charcoal	Other Biomass and Wastes
Energy Industries			5	5	5		50	100	50
Manufacturing Industries and Construction			20	5	5		50	100	50
Transport	Aviation ^(d)				50				
	Road			5	Gasoline	Diesel			
					1500	200			
	Railways		20		200				
	Navigation		20		200				
Other Sectors	Commercial/Institutional		200	5	5		600	100	600
	Residential		200	5	5		600	100	600
	Agriculture/ Forestry/ Fishing	stationary	200	5	5		600	100	600
		Mobile		5	200				

Note: These factors are considered as the best available global default factors to date.

- (a) Includes dung and agricultural municipal and industrial wastes.
- (b) These factors are for fuel combustion in the energy industries. For charcoal production, please refer to Table 1-14. Default Non-CO₂ Emission Factors for Charcoal Production.
- (c) The emission factor for aviation in the above table is for jet kerosene. The emission factor for aviation gasoline is 300 kg/TJ.
- (d) These factors are the sum of combustion and evaporative emissions from gasoline use. The NMVOC emission factors for mobile sources from evaporation of gasoline vary with the ambient temperature. In general, in the “warmer” countries the emission factors will be higher than in “colder” countries.

Source: UNFCCC, 1996

ตารางที่ ๗.7 Gas production during flaming and smoldering phases of burning based on laboratory experiments

Gas	Percentage in Burning Stage (%)	
	Flaming	Smoldering
CO ₂	63	37
CO	16	84
CH ₄	27	73
NMHC _s	33	67
NO _x	66	34
NH ₃	15	85
HCN	33	67
CH ₃ Cl	28	72

Source: Levine, J.S., 1994

ตารางที่ ๗.8 Default emission rates for agricultural residue burning calculation

Gas	Ration	
	Default	Range
CH ₄	0.005	0.003-0.007
CO	0.06	0.04-0.08
N ₂ O	0.007	0.005-0.009
NO _x	0.121	0.094-0.148

Note :Ratios for carbon compounds are mass of carbon released as CH₄ or CO (in units of C) relative to mass of total carbon released from burning(in units of C) ;those for the nitrogen compounds are expressed as the ratios of mass of nitrogen compounds released relative to the total mass of nitrogen released from the fuel.

Source: IPCC, 1996

ตารางที่ ๗.9 NH₃ Volatilization loss rates for mineral fertilizer category and for animal manure, 1995

Fertilizer category	Use	NH ₃ volatilization loss			Comparative values	
		Total	Mean	Range	Bouwman et al., (1997)	ECETOC (1994)
	million t	million t	%	%	%	%
Ammonium sulphate	2.4	0.4	16	12-20	8	5-15
Urea	34.4	7.3	21	18-26	15-25	10-20
Ammonium nitrate	7.5	0.5	6	5-9	2	1-3
Calcium ammonium nitrate	3.6	0.1	3	2-4	2	1-3
Ammonia, direct application	4.6	0.1	2	1-3	4	4
Nitrogen solutions	4.0	0.2	5	2-11	2.5	-
Other straight Nitrogen	10.1	1.5	15	10-22	20-30	-
Ammonium phosphatesa	4.1	0.5	11	5-25	2-5	5
Other compound NP-Nb	1.7	0.2	11	6-19		-
Compound NK-NC	0.0	0.0	2	1-5		-
Compound NPK-Nb	6.1	0.5	9	5-16	2-4	1-5
Total mineral fertilizers	78.5	11.2	14	10-19		
Animal manure	33.0	7.8	23	19-20	20	20

Source: IPCC, 1996

ตารางที่ ๗.10 พารามิเตอร์ของสารเคมีกำจัดวัชพืชและป้องกันโรคพืช

สารเคมี	Vapor Pressure (mm Hg)	% Active Ingredient	% Inert Ingredient
Paraquat	0	27.6	72.4
Glyphosate	1.94E-07	48	52
Metalaxy	5.60E-06	35	65
Fosethy-Al	0	80	20
Benomyl	0	50	50

Source: USEPA, 1998

ตารางที่ ๗.11 Emission factors for active ingredients as a function of application method and vapor pressure

Vapor Pressure (mmHg at 20° to 25 °C) ^a	Emission factor	
	kg/Mg	lb/ton
<u>Surface application</u> (SCC 24-61-800-001)		
10 ⁻⁴ to 10 ⁻⁶	350	700
>10 ⁻⁴	580	1,160
<u>Soil incorporation</u> ^d (SCC 24-61-800-002)		
<10 ⁻⁶	2.7	5.4
10 ⁻⁴ to 10 ⁻⁶	21	42
>10 ⁻⁴	52	104

Source: USEPA, 1998

ตารางที่ ๙.12 Average VOC content of pesticide inert ingredient portion, by formulation type

Formulation type	Average VOC content Of inert portion, % ^b
Oils	66
Solution/liquid (ready-to-use)	20
Emulsifiable concentrate	56
Aqueous concentrate	21
Gel, paste, cream	40
Pressurized gas	29
Flowable (aqueous) concentrate	21
Microencapsulated	23
Pressurized liquid/ sprays/ foggers	39
Soluble powder	12
Impregnated material	38
Pellet/ tablet/ cake/ briquette	27
Wettable powder	25
Dust/ powder	21
Dry flowable	28
Granule/ flake	25
Suspension	15
Paint/ coatings	64

Source: USEPA, 1998

ภาคผนวก ข
ตารางบัญชีรายการข้อมูลมวลสารและพลังงาน

ตารางที่ ข.1 บัญชีรายการสารขาเข้าของการปลูกยางพารา (หน่วย/ไร่)

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณเฉลี่ย
1.ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูก*	DAP	Kg	244.92
	Urea	Kg	805.50
	MOP	Kg	454.90
2.สารเคมีกำจัดวัชพืช	Paraquat	Kg	62.58
	Glyphosate	Kg	2.36
3.สารเคมีป้องกันโรคพืช	Metalaxyl	Kg	1.41
	Fosethyl-Al	Kg	0.02
	Benomyl	Kg	3.32
4.สารเคมีเร่งน้ำยาง และส่วนผสม	ethyphon	kg	0.14
	Starch	kg	0.05
	Palm Oil	kg	0.05
5.น้ำมันเชื้อเพลิง	Gasoline	liter	127.06
	Diesel	liter	59.50
6.น้ำ**	น้ำที่ต้องจัดหาให้พืช	liter	-

หมายเหตุ

- * ปริมาณปุ๋ยส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 20 – 8 – 20 30 – 5 – 18 และ 0 – 3 – 0(25%P₂O₅)
ซึ่งทำการคำนวณให้อยู่ในภาพของ DAP, Urea และ MOP
- ** ปริมาณน้ำที่ต้องจัดหาให้พืชคือปริมาณน้ำที่ไม่ใช่น้ำฝน

ตารางที่ ๗.2 บัญชีรายการสารขาออกของการปลูกยางพารา (หน่วย/ไร่)

แหล่งกำเนิด	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณเฉลี่ย	หมายเหตุ
1.ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูก	N ₂ O	kg	13.55	Emission to Air
	NH ₃	kg	62.00	Emission to Air
2.สารเคมีกำจัดวัชพืช	VOCs	kg	9.82	Emission to Air
3.สารเคมีป้องกันโรคพืช	VOCs	kg	0.56	Emission to Air
4.ไอเสียจากน้ำมันเชื้อเพลิง	CO ₂	kg	433.67	Emission to Air
	CH ₄	kg	30.86	Emission to Air
	N ₂ O	kg	3.70	Emission to Air
	NO _x	kg	7,405.77	Emission to Air
	CO	kg	6,171.48	Emission to Air
	NMVOC	kg	1,234.30	Emission to Air

ตารางที่ ๗.3 บัญชีรายการสารขาเข้าของการปลูกยางพารา (ปันส่วนสำหรับไม้
ยางพารา)
หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าน้ำหนัก 77.71 ตันไม้ยางพารา

รายการ	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณเฉลี่ย
1.ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูก	DAP	Kg	60.33
	Urea	Kg	198.41
	MOP	Kg	112.05
2.สารเคมีกำจัดวัชพืช	Paraquat	Kg	15.41
	Glyphosate	Kg	0.58
3.สารเคมีป้องกันโรคพืช	Metalaxyl	Kg	0.35
	Fosethyl-Al	Kg	0.01
	Benomyl	Kg	0.82
4.สารเคมีเร่งน้ำยาง และส่วนผสม*	ethyphon	kg	-
	Starch	kg	-
	Palm Oil	kg	-
5.น้ำมันเชื้อเพลิง	Gasoline	liter	23.16
	Diesel	liter	12.46
6.น้ำ	น้ำที่ต้องจัดหาให้พืช	liter	-

หมายเหตุ

* สารเคมีเร่งน้ำยางปันส่วนให้กับน้ำยางพาราทั้งหมด

ตารางที่ ข.4 บัญชีรายการสารขาออกของการปลูกยางพารา (เป็นส่วนสำหรับไม้ยางพารา)
หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าพื้นที่ 77.71 ต้นไม้ยางพารา

แหล่งกำเนิด	รายละเอียด	หน่วย	ปริมาณเฉลี่ย	หมายเหตุ
1.ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูก	N ₂ O	kg	3.34	Emission to Air
	NH ₃	kg	15.27	Emission to Air
2.สารเคมีกำจัดวัชพืช	VOCs	kg	2.42	Emission to Air
3.สารเคมีป้องกันโรคพืช	VOCs	kg	0.14	Emission to Air
4.ไอเสียจากน้ำมันเชื้อเพลิง	CO ₂	kg	106.82	Emission to Air
	CH ₄	kg	7.60	Emission to Air
	N ₂ O	kg	0.91	Emission to Air
	NO _x	kg	1,824.15	Emission to Air
	CO	kg	1,520.12	Emission to Air
	NM VOC	kg	304.02	Emission to Air

ตารางที่ ข.5 บัญชีรายการสารขาเข้าของการโค่นไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

รูปแบบการโค่น	จำนวน กลุ่ม ตัวอย่าง	สัดส่วน การใช้งาน	ปริมาณน้ำมันที่ใช้		ปริมาณต้น ยางพาราที่โค่น
			ดีเซล (ลิตร)	น้ำมันหล่อลื่น (ลิตร)	ต้นไม้ยางพารา
1.การใช้เลื่อย	1	0.125	13.30	5.70	47.32
2.การใช้รถดัน	6	0.750	19.60	14.00	47.32
3.การใช้เลื่อยและ การใช้รถดัน	1	0.125	7.50	5.50	20.35
			7.50	5.50	26.97
รวม			15.97	10.23	47.32

ตารางที่ ซี.6 บัญชีรายการสารขาเข้าของการเลื่อยไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

รูปแบบการ เลื่อยไม้	ปริมาณน้ำมันที่ใช้		ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เลื่อยได้		
	ดีเซล (ลิตร)	น้ำมันหล่อลื่น (ลิตร)	ไม้ยางพารา $\varnothing > 6"$	ปลายไม้	รากไม้และ กิ่งไม้
1.การใช้เลื่อย	17.24	8.47	29.8	13.80	3.89

ตารางที่ ซี.7 บัญชีรายการสารขาออกของการตัดโค่นและเลื่อยไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

รูปแบบการ Emission	ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกสู่อากาศ (kg)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC
1.จากการโค่นต้นยาง	42.79	4.18	0.35	421.49	335.20	67.29
2.จากการใช้เลื่อยไม้	46.19	6.30	0.38	62.99	12.60	3.15
3. การเผาไหม้ราก-กิ่ง ไม้	262.59	0.48	0.01	0.45	10.03	-

ตารางที่ ซี.8 บัญชีรายการสารขาเข้าของการขนส่งไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

รูปแบบ การขนส่ง	สัดส่วน รถบรรทุก	ปริมาณน้ำมันที่ใช้เฉลี่ย (ลิตร)		ปริมาณการ บรรทุก	ระยะทาง การ ขนส่ง	อัตราการ บรรทุก
		ขาไป	ขากลับ (รถเปล่า)	ตัน/เที่ยว	กิโลเมตร	ตัน- กิโลเมตร
รถกระบะ	0.59	19.07	12.67	1.50	10.00	296.00
รถตอนไม้	0.24	16.24	7.44	2.50	10.00	300.00
รถหกล้อ	0.17	14.77	6.86	6.67	11.00	330.00
เฉลี่ย		17.65	10.42	2.65	10.33	302.94

ตารางที่ ซี.9 บัญชีรายการสารขาออกของการขนส่งไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

รูปแบบการ Emission	ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกสู่อากาศ (kg)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
รถกระบะ	85.09	5.80	0.70	928.32	1,160.40	232.08
รถตอนไม้	63.47	4.33	0.52	692.42	865.53	173.11
รถหกล้อ	57.99	3.95	0.47	632.65	790.81	158.16
เฉลี่ย	75.22	5.13	0.62	820.64	1,025.79	205.16

ตารางที่ ซี.10 บัญชีรายการสารขาเข้าของการโค่นและเลื่อยไม้ยางพารา
(ปันส่วนสำหรับไม้ยางพาราท่อน)

หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าน้ำหนัก 48.77 ตันไม้ยางพาราท่อน

รูปแบบการโค่น	ปริมาณน้ำมันที่ใช้	
	ดีเซล (ลิตร)	น้ำมันหล่อลื่น (ลิตร)
1.การใช้เลื่อยโค่น	16.81	7.20
2.การใช้รถดันโค่น	24.76	17.69
3.การใช้เลื่อยและ การใช้รถดัน	9.48	6.95
	9.48	6.95
เฉลี่ย	15.13	12.93
รูปแบบการเลื่อย	21.78	10.70
1.การเลื่อยไม้ยางพารา		

ตารางที่ ข.11 บัญชีรายการสารขาออกของการตัดโค่นและเลื่อยไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

(ปันส่วนสำหรับไม้ยางพาราท่อน)

หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าหน้าหนัก 48.77 ตันไม้ยางพาราท่อน

รูปแบบการ Emission	ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกสู่อากาศ (kg)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC
1. การโค่น	54.07	5.29	0.44	532.59	423.54	85.03
2. การเลื่อยไม้	58.37	7.96	0.48	79.60	15.92	3.98
3. การเผาไหม้ รากและกิ่งไม้	331.80	0.60	0.01	0.57	12.67	-

ตารางที่ ข.12 บัญชีรายการสารขาเข้าของการขนส่งไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)

(ปันส่วนสำหรับไม้ยางพาราท่อน)

หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าหน้าหนัก 48.77 ตันไม้ยางพาราท่อน

รูปแบบการขนส่ง	สัดส่วน รถบรรทุก ต่อไร่	ปริมาณน้ำมันที่ใช้เฉลี่ย (ลิตร)		ระยะทาง การขนส่ง เฉลี่ย	อัตราการ บรรทุกเฉลี่ย
		ขาไป	ขากลับ (รถเปล่า)	กิโลเมตร/ เที่ยว	ตัน-กิโลเมตร
รถกระบะ	0.59	32.47	21.58	17.49	503.95
รถตอนไม้	0.24	27.28	12.50		
รถหกล้อ	0.17	22.56	10.48		
เฉลี่ย		29.50	17.49		

ตารางที่ ข.13 บัญชีรายการสารขาออกของการขนส่งไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)
(ปีนส่วนสำหรับไม้ยางพาราท่อน)
หน่วยต่อ 1.77 ไร่หรือเทียบเท่าหน้าหนัก 48.77 ตันไม้ยางพาราท่อน

รูปแบบการ Emission	ปริมาณมลสารที่ปล่อยออกสู่อากาศ (kg)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC
รถกระบะ	144.86	9.88	1.19	1,580.49	1,975.61	395.12
รถตอนไม้	106.61	7.27	0.87	1,163.15	1,453.94	290.79
รถหกล้อ	88.55	6.04	0.72	966.13	1,207.66	241.53
เฉลี่ย	125.93	8.59	1.03	1,373.88	1,717.35	343.47

ตารางที่ ข.14 บัญชีรายการพลังงานขาเข้าของการขนส่งไม้ยางพารา (หน่วย/ไร่)
(ปีนส่วนสำหรับไม้ยางพาราท่อน)
หน่วยต่อ 1.77 ไร่ หรือเทียบเท่าหน้าหนัก 48.77 ตันไม้ยางพาราท่อน

รูปแบบการขนส่ง	สัดส่วนรถบรรทุก	ค่าความร้อนของน้ำมันที่ใช้	
		ขาไป	ขากลับ(รถเปล่า)
รถกระบะ	0.59	1,186.89	788.72
รถตอนไม้	0.24	996.99	456.95
รถหกล้อ	0.18	824.56	383.10
เฉลี่ย		1,078.27	639.08

ตารางที่ ข.15 บัญชีรายการสารและพลังงานขาเข้าของการเลื่อยไม้ยางพารา
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม่แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้ท่อน	ft ³	2,216.79
	ton	48.77
น้ำมันดีเซล	kg	16.79
พลังงานไฟฟ้า	kwh	1,769.85

ตารางที่ ข.16 บัญชีรายการสารและพลังงานขาออกของการเลื่อยไม้ยางพารา
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้แปรรูป	ft ³	1,000.00
	ton	22.00
ปึกไม้	ft ³	52.95
	ton	3.61
ขี้เลื่อย	ft ³	0.43
	ton	577.75
CO ₂	kg	722.18
CH ₄	kg	144.44
N ₂ O	kg	1,000.00
NO _x	kg	22.00
CO	kg	52.95
NMVOC	kg	3.61

ตารางที่ ซี.17 บัญชีรายการสารและพลังงานขาเข้าของการอัดน้ำยาไม้แปรรูป
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้แปรรูป	ft ³	1,000.00
	ton	22.00
น้ำ	Liter	6,857.29
น้ำมันดีเซล	kg	18.18
สารเคมี Boron Compound	kg	68.20
พลังงานไฟฟ้า	kWh	74.24

ตารางที่ ซี.18 บัญชีรายการสารและพลังงานขาออกของการอัดน้ำยาไม้แปรรูป
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้แปรรูปเปียก	ft ³	1,255.41
	ton	28.93
CO ₂	kg	57.34
CH ₄	kg	3.91
N ₂ O	kg	0.47
NO _x	kg	625.55
CO	kg	781.94
NMVOC	kg	156.39

ตารางที่ ซี.19 บัญชีรายการสารและพลังงานขาเข้าของการอบไม้แปรรูป
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้แปรรูปเปียก	ft ³	1,255.41
	ton	28.93
น้ำ	ton	218.80
น้ำมันดีเซล	kg	23.44
สารเคมีกำจัดตระกรัน	kg	9.22
ไอน้ำ	ton	189.02
ปึกไม้	ton	49.51
ขี้เลื่อย	ton	4.90
เชื้อเพลิงชีวมวลขี้กบ	ton	1.50
พลังงานไฟฟ้า	kWh	3,598.53

ตารางที่ ซี.20 บัญชีรายการสารและพลังงานขาออกของการอบไม้แปรรูป
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
ไม้แปรรูปแห้ง	ft ³	1,000.00
	ton	14.48
Condensate ระเหย	m ³	18.90
ไอรระเหย(น้ำ)	m ³	14.45
BD	m ³	10.88
ขี้เถ้า	ton	5.17
CO	kg	947.20
CO ₂	kg	17,975.18
NO ₂	kg	54.58

ตารางที่ ซี.20 (ต่อ) บัญชีรายการสารและพลังงานขาออกของการอบไม้แปรรูป
หน่วยต่อ 1,000 ลบ.ฟ ไม้แปรรูปหรือเทียบเท่าน้ำหนัก 14.47 ตันไม้แปรรูป

บัญชีรายการ	หน่วย	ปริมาณ
SO ₂	kg	1.33
PM-10	kg	77.62
CO ₂	kg	62.81
CH ₄	kg	4.28
N ₂ O	kg	0.51
NO _x	kg	685.31
CO	kg	856.63
NMVOC	kg	171.33

ภาคผนวก ฌ

ตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

1 การคำนวณสารคาร์บอนที่ถูกดูดซับในสวนยาง

ข้อมูลผลผลิตยางพาราและอายุยางพาราจากแบบสอบถามกลุ่มเกษตรกร จะถูกนำมาใช้คำนวณค่าการดูดซับสารคาร์บอนของไม้ยางพาราโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Method) ซึ่งจะอ้างอิงผลการวิจัยของอารักษ์ จันทูมาและคณะ (2006) เรื่องการดูดซับคาร์บอนโดยสวนยาง เป็นข้อมูลในการทำนายค่าการดูดซับสารคาร์บอนที่อายุต่างๆ งานวิจัยนี้ได้แบ่งแยกแหล่งดูดซับคาร์บอนในสวนยางเป็น 4 แห่งคือ น้ำยาง ไม้ยาง เศษซากพืชและอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การดูดซับสารคาร์บอนของเนื้อไม้ยางพารา

ผลงานวิจัย : ปริมาณสารคาร์บอนไม้ยางพันธุ์ RRIM 600 ในตาราง ฌ.1 สวนยางอายุ 9 12 18 และ 25 ปี สามารถเก็บรักษาสารคาร์บอนได้ 8.32 11.46 15.44 และ 22.39 เมตริกตัน/ไร่ ตามลำดับ โดยจำนวนต้นยางรอดตายประมาณ 83 – 86 %

ตารางที่ ฌ.1 ปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาโดยสวนยาง

อายุสวนยาง	สารคาร์บอน(ตันต่อไร่)
9	8.32
12	11.46
18	15.44
25	22.39

ที่มา:อารักษ์ จันทูมาและคณะ

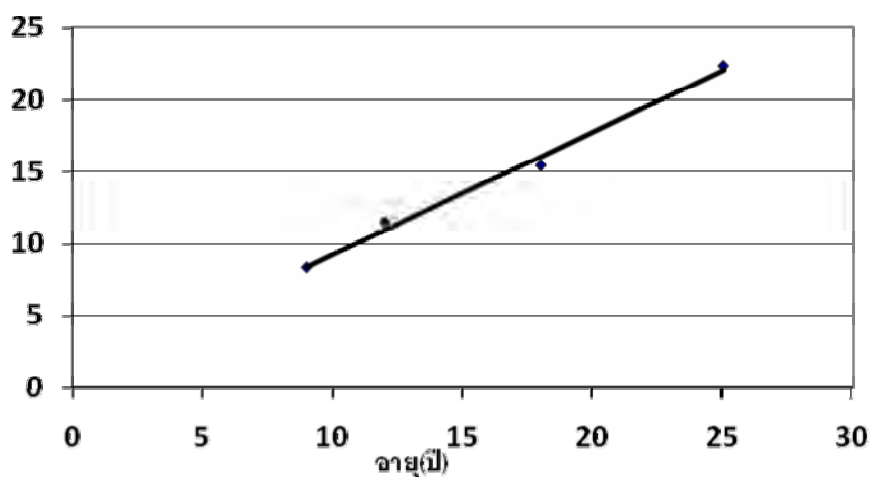
สมมติฐาน : ปริมาณต้นยางที่รอดตายของงานวิจัยคือ 86%

ปริมาณต้นยางที่รอดตายของเกษตรกรคือ 100%

การคำนวณ: ใช้วิธีเชิงกราฟเพื่อทำนายการดูดซับของสารคาร์บอนที่อายุต่างๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังในกราฟรูปที่ ฌ.1

รูปที่ ฅ.1 กราฟแสดงปริมาณการดูดซับสารคาร์บอนโดยไม้ยางพาราที่อายุต่างๆ

ปริมาณสารคาร์บอน(ตัน/ไร่)



จากรูปที่ ฅ.1 สามารถหาสมการการทำนายสารคาร์บอนที่ต้นยางพาราสามารถดูดซับได้คือ $Y = 0.855X + 0.716$ ที่ค่า $R^2 = 0.993$ และสามารถสรุปค่าการดูดซับสารคาร์บอนของต้นยางพาราที่อายุ 19 – 25 ปี ได้ดัง ตาราง ฅ.2

ตารางที่ ฅ.2 ปริมาณการดูดซับสารคาร์บอนของต้นยางพาราที่อายุ 19 – 25 ปี

อายุยางพารา(ปี)	ปริมาณสารคาร์บอน(ตัน)
19	16.97
20	17.82
21	18.68
22	19.53
23	20.39
24	21.25
25	22.10

1.1 ปริมาณสารคาร์บอนจากชิ้นส่วนเศษซากพืชที่ร่วงหล่น

ผลงานวิจัย : ต้นยางมีการร่วงหล่นของเศษซากพืชต่าง ๆ ได้แก่ เศษซากใบ กิ่ง ก้าน ผล เมล็ด ที่ร่วงหล่น ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง ช่วงระยะเวลา 1 ปี ต้นยางอายุ 11-12 ปี, 15-17 ปี และ 20-21 ปี ทั้งปริมาณเศษซากประมาณ 1.295, 0.534 และ 0.336 เมตริกตัน/ไร่ ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นปริมาณสารคาร์บอนได้ 0.582, 0.240 และ 0.150 เมตริกตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ดังตาราง ฌ.2

ตารางที่ ฌ.3 ปริมาณสารคาร์บอนจากชิ้นส่วนเศษซากพืชที่ร่วงหล่น

อายุยาง	สารคาร์บอน
12	0.582
16	0.24
21	0.15

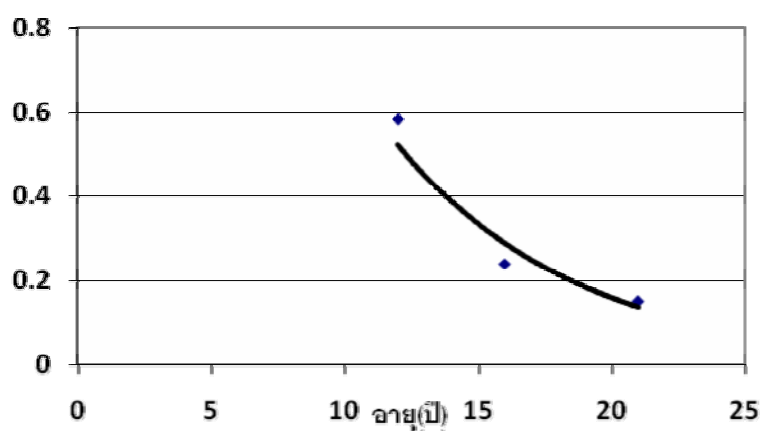
ที่มา:อารักษ์ จันทูมาและคณะ

สมมติฐาน : เมื่ออายุต้นยางพาราเพิ่มมากขึ้นการทิ้งเศษซากพืชจะน้อยลง

การคำนวณ: ใช้วิธีเชิงกราฟเพื่อทำนายการปริมาณสารคาร์บอนที่อยู่ในเศษซากพืชที่ทิ้งในสวนยางซึ่งสามารถแสดงได้ดังในกราฟรูปที่ ฌ.2

รูปที่ ฌ.2 กราฟแสดงปริมาณสารคาร์บอนที่อยู่ในเศษซากพืชที่ทิ้งในสวนยางที่อายุต่างๆ

ปริมาณสารคาร์บอน(ตัน/ไร่)



จากรูปที่ ณ.2 สามารถหาสมการการทำนายสารคาร์บอนที่อยู่ในเศษซากพืชที่ทิ้งในสวนยางได้คือ $Y = 3.108e^{-0.14X}$ ที่ค่า $R^2 = 0.9483$ และสามารถสรุปค่าสารคาร์บอนที่อยู่ในเศษซากพืชที่ทิ้งในสวนยางที่อายุ 19 – 25 ปี ได้ดัง ตาราง ณ.4

ตารางที่ ณ.4 ปริมาณสารคาร์บอนที่อยู่ในเศษซากพืชที่ทิ้งในสวนยางที่อายุ 19 – 25 ปี

อายุยางพารา(ปี)	ปริมาณสารคาร์บอน(ตัน/ไร่)	ปริมาณสารคาร์บอนสะสม ^{1/} (ตัน/ไร่)
19	0.217	7.48
20	0.189	7.67
21	0.164	7.84
22	0.143	7.98
23	0.124	8.10
24	0.108	8.21
25	0.094	8.30

^{1/} คัดปริมาณการทิ้งเศษซากพืชตั้งแต่ยางพาราอายุ 7 ปี

1.2 ปริมาณสารคาร์บอนจากอินทรีย์วัตถุในดิน

ผลงานวิจัย : จากข้อมูลปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกยางพารา 28 ชุดดิน พบว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 2.11 % บริเวณส่วนของดินบน (ระดับความลึก 30 ซม.) โดยในดินมีปริมาณสารคาร์บอน 7.84 เมตริกตัน/ไร่

สมมติฐาน: กำหนดให้อินทรีย์วัตถุในดินมีปริมาณสารคาร์บอนเท่ากับ 7.84 ตันต่อไร่

1.3 ปริมาณสารคาร์บอนจากน้ำยาง

ผลงานวิจัย : จากข้อมูลผลผลิตของยางพันธุ์ RRIM 600 มีอายุการกรีดยาง 18 ปี ผลผลิตเฉลี่ย 289 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือผลผลิตน้ำยางรวมตลอดอายุการกรีดยาง 5.2 เมตริกตัน/ไร่ มีปริมาณสารคาร์บอนร้อยละ 88 ในโมเลกุลไอโซพรีนของเนื้อยางแห้ง ยังไม่รวมยางจากเศษชีงยางและเปลือกยางอีกร้อยละ 6 ของผลผลิตยาง สรุปได้ว่า ส่วนของผลผลิตน้ำยางสามารถเก็บรักษาคาร์บอนตลอดอายุการกรีดยาง 4.57 เมตริกตัน/ไร่

สมมติฐาน: เนื้อย่างห้ังมีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 88

น้ำยางสดมีองค์ประกอบที่เป็นเนื้อย่างห้ังร้อยละ 33 (ดูในองค์ประกอบของน้ำยางสดภาคผนวก ก)

การคำนวณ: คำนวณปริมาณสารคาร์บอนจากข้อมูลการผลิตยางแผ่นและน้ำยางสดของเกษตรกรจำนวน 30 ครัวเรือนที่ได้จากการสัมภาษณ์ซึ่งสรุปได้ดังตาราง ฅ.5

ตารางที่ ฅ.5 ปริมาณสารคาร์บอนในน้ำยางจากข้อมูลการผลิตของเกษตรกร

เกษตรกร	อายุยาง	ผลผลิตยางแผ่น	คิดเป็นน้ำยางสด ^{1/}	คิดเป็นเนื้อย่างห้ัง ^{2/}	คิดเป็นสารคาร์บอน ^{3/} (ตัน/ไร่)
ป.1	23	12,240.00	23,868.00	7,876.44	6.93
ป.2	21	5,850.00	11,407.50	3,764.48	3.31
ป.3	21	6,300.00	12,285.00	4,054.05	3.57
ป.4	25	11,700.00	22,815.00	7,528.95	6.63
ป.5	20	6,300.00	12,285.00	4,054.05	3.57
ป.6	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
ป.7	25	8,100.00	15,795.00	5,212.35	4.59
ป.8	21	6,300.00	12,285.00	4,054.05	3.57
ป.9	22	8,835.00	17,228.25	5,685.32	5.00
ป.10	20	8,400.00	16,380.00	5,405.40	4.76
ป.11	21	11,160.00	21,762.00	7,181.46	6.32
ป.12	24	9,945.00	19,392.75	6,399.61	5.63
ป.13	23	8,910.00	17,374.50	5,733.59	5.05
ป.14	21	7,830.00	15,268.50	5,038.61	4.43
ป.15	22	8,550.00	16,672.50	5,501.93	4.84
ป.16	19	7,290.00	14,215.50	4,691.12	4.13
ป.17	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46

ตารางที่ ฌ.5 (ต่อ) ปริมาณสารคาร์บอนในน้ำยางจากข้อมูลการผลิตของเกษตรกร

เกษตรกร	อายุยาง	ผลผลิต ยางแผ่น (กก./ไร่)	คิดเป็นน้ำยางสด ^{1/} (กก./ไร่)	คิดเป็นเนื้อยางแห้ง ^{2/} (กก./ไร่)	คิดเป็นสาร คาร์บอน ^{3/} (ตัน/ ไร่)
ป.18	20	8,100.00	15,795.00	5,212.35	4.59
ป.19	23	9,600.00	18,720.00	6,177.60	5.44
ป.20	21	8,100.00	15,795.00	5,212.35	4.59
ป.21	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
ป.22	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
ป.23	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
ป.24	22	12,090.00	23,575.50	7,779.92	6.85
ป.25	21	10,800.00	21,060.00	6,949.80	6.12
ป.26	24	9,450.00	18,427.50	6,081.08	5.35
ป.27	21	10,440.00	20,358.00	6,718.14	5.91
ป.28	21	8,100.00	15,795.00	5,212.35	4.59
ป.29	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
ป.30	21	7,875.00	15,356.25	5,067.56	4.46
เฉลี่ย	21.60	8,650.50	16,868.48	5,566.60	4.90

^{1/} ปริมาณน้ำยางสดคำนวณจากข้อมูลการทำยางแผ่นดิบ (ภาคผนวก ก)

น้ำยางสดมีความถ่วงจำเพาะ 0.975 น้ำยางสด 3 กิโลกรัมจะสามารถทำยางแผ่นได้ 1 แผ่น
ซึ่งมีน้ำหนักไม่เกิน 1.5 กิโลกรัม

ดังนั้น ยางแผ่นหนัก 1.5 กิโลกรัม มาจากน้ำยางสด $3 \times 0.975 = 2.925$ กิโลกรัม

ยางแผ่นหนัก 1 กิโลกรัม มาจากน้ำยางสด $2.925/1.5 = 1.95$ กิโลกรัม

^{2/} คำนวณจากตาราง ก.10 (ภาคผนวก ก) น้ำยางสดจะมีองค์ประกอบเนื้อยางแห้งคิดเป็น 33%

^{3/} คำนวณจากสมมติฐานเนื้อยางแห้งมีสารคาร์บอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 88

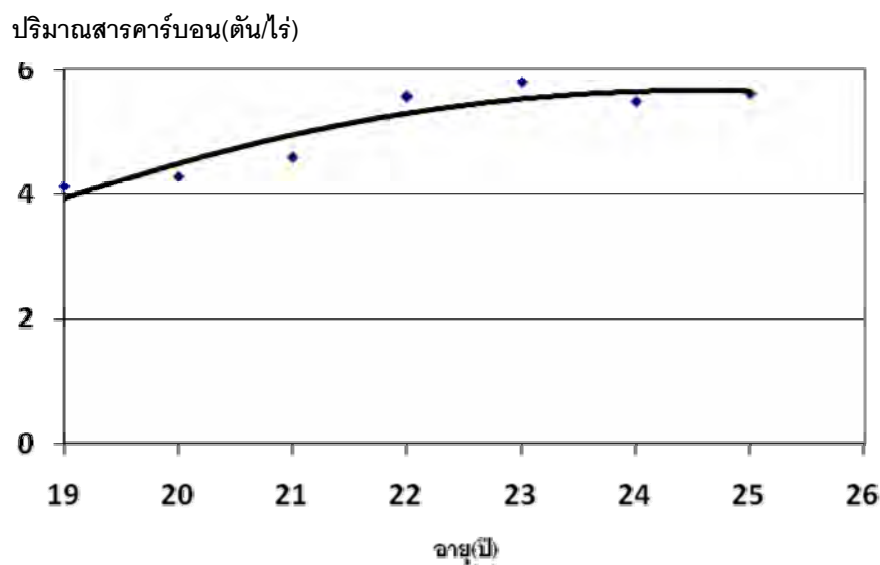
จากตาราง ฌ.5 สามารถสรุปปริมาณสารคาร์บอนในน้ำยางจากฐานข้อมูลของเกษตรกรที่อายุ
ระหว่าง 19 – 25 ปี ดังตาราง ฌ.6

ตารางที่ ฅ.6 ปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้ในน้ำยางที่อายุ 19 – 25 ปี

อายุ	ปริมาณสารคาร์บอน(ตัน/ไร่)
19	4.13
20	4.30
21	4.60
22	5.56
23	5.80
24	5.49
25	5.61

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง ฅ.7 พบว่ามีประเด็นที่ควรพิจารณาเพิ่มเติมคือ ปริมาณสารคาร์บอน (แปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำยาง) ควรจะมีค่าคงที่หรือน้อยลงเมื่ออายุยางพารามากขึ้น (จากแบบสอบถามอายุยางพาราเฉลี่ยอยู่ที่ 22 ปี) ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีความเหมาะสมจึงควรใช้วิธีเชิงกราฟในการหาสมการเพื่อทำนายผลการเก็บรักษาคาร์บอนในน้ำยางที่อายุ 19 – 25 ปี ซึ่งสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ ฅ.3

รูปที่ ฅ.3 กราฟแสดงปริมาณสารคาร์บอนในน้ำยางช่วงอายุ 19 – 25 ปี



จากกราฟข้างต้นสมการของการทำนายผลของปริมาณสารคาร์บอนในน้ำยางคือ $Y = -0.057 \cdot X^2 + 2.80 \cdot X - 28.371$ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาในสวนยางดังแสดงในตาราง ฅ.7

ตารางที่ ฅ.7 ปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้ในน้ำยางที่อายุ 19 – 25 ปี (วิธีเชิงกราฟ)

อายุสวนยาง(ปี)	อายุกรีต(ปี)	สารคาร์บอนที่น้ำยางเก็บรักษาได้ (ตัน/ไร่)
19	12	3.94
20	13	4.51
21	14	4.97
22	15	5.32
23	16	5.55
24	17	5.67
25	18	5.67

ดังนั้นปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้โดยสวนยางทั้งจากไม้ยาง น้ำยาง เศษซากพืช และอินทรีย์วัตถุในดินสามารถแสดงได้ดังตาราง ฅ.8

ตารางที่ ฅ.8 ปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้ในสวนยางที่อายุ 19 – 25 ปี

ปริมาณสารคาร์บอนที่กักเก็บได้ (ตันต่อไร่)					
อายุ(ปี)	น้ำยาง	ไม้ยาง	ซากพืช	ดิน	รวม
19	3.94	18.92	7.48	7.84	38.19
20	4.51	19.88	7.67	7.84	39.90
21	4.97	20.83	7.84	7.84	41.48
22	5.32	21.78	7.98	7.84	42.92
23	5.55	22.74	8.10	7.84	44.23
24	5.67	23.69	8.21	7.84	45.41
25	5.67	24.65	8.30	7.84	46.46

ทำการปันส่วนปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้โดยเศษซากพืชและอินทรีย์วัตถุในดินในกับเฉพาะไม้ยางและน้ำยาง จะสามารถแสดงได้ดังตาราง ฌ.9

ตารางที่ ฌ.9 ปริมาณสารคาร์บอนที่เก็บรักษาได้ในสวนยางที่อายุ 19 – 25 ปี
(ปันส่วนให้กับไม้ยางและน้ำยาง)

ปริมาณสารคาร์บอนที่กักเก็บได้ (ตันต่อไร่)			
อายุ(ปี)	น้ำยาง	ไม้ยาง	รวม
19	17.13	21.06	38.19
20	17.86	22.04	39.90
21	18.47	23.01	41.48
22	18.93	23.99	42.92
23	19.27	24.96	44.23
24	19.48	25.93	45.41
25	19.56	26.89	46.46

ภาคผนวก ญ

ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลการศึกษา

การนำไม้ยางพารามาใช้ทำเครื่องเรือนในประเทศไทยมีมามากกว่า 20 ปีแล้ว โดยส่วนใหญ่จะผลิตขายต่างประเทศ และปัจจุบันการใช้ไม้ยางพารามาทำเครื่องเรือนได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความต้องการของตลาดและการขาดแคลนของไม้ชนิดอื่น ถ้ามองถึงความเหมาะสมของไม้ยางพาราที่จะนำมาใช้ทำเครื่องเรือนแล้ว จะเห็นว่าไม้ยางพาราเมื่อมีอายุ 20 – 30 ปี เจ้าของสวนจะโค่นเพื่อปลูกทดแทน เนื่องจากให้ปริมาณน้ำยางน้อย ดังนั้น ทุกปีจะมีการโค่นสวนยางประมาณ 3 แสนกว่าไร่ คิดเป็นเนื้อไม้ประมาณ 8 ล้านลูกบาศก์เมตร สืบตามธรรมชาติของไม้ยางพาราเป็นสีขาวอมเหลืองอ่อน หรืออมครีม มีลวดลายให้เห็นถ้าเลื่อยไม้ตัดรัศมี จึงเหมาะที่จะใช้ทำเครื่องเรือนสีธรรมชาติหรือสีย้อม ถ้าเปรียบเทียบไม้ยางพารากับไม้สักแล้ว จะพบว่าเป็นไม้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือมีน้ำหนักและความแข็งแรงปานกลางสามารถแปรรูป เลื่อย หรือไสได้ง่าย จากข้อมูลการอบไม้ของโรงงานอบไม้ จะพบว่าการอบไม้ยางพาราหนา 2 นิ้ว จะใช้เวลาประมาณ 10 – 12 วัน ซึ่งจะเร็วกว่าการอบไม้สักประมาณ 2 เท่า การแตกเสียหายจากการอบมีน้อย นอกจากไม้ติดไสที่จะแตกเสียหายมาก สำหรับการหดตัวของไม้ในด้านรัศมีและด้านสัมผัสจะใกล้เคียงกับไม้สัก แต่การหดตัวทางด้านยาวตามเส้นไม้ของไม้ยางพาราจะมีค่าสูงกว่าปกติ คือ 0.9 – 1.1 % การเรียงไม้อย่างถูกวิธีและการใช้น้ำหนักกดทับขณะอบจะช่วยลดการเสียหายจากการโก่งบิดงอได้ การคงรูปขณะใช้งานของไม้ยางพาราอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

สำหรับปัญหาของไม้ยางพาราที่ทำให้ไม้ยางพาราได้ชื่อว่าเป็นไม้ปัญหา (Trouble Wood) ที่โรงงานผลิตเครื่องเรือนไม้ยางพาราจะต้องคำนึงถึง คือ ไม้ยางพาราถูกทำลายด้วยมอดหรือราได้ง่าย หลังการตัดทอนและจะต้องรีบแปรรูป ป้องกันรักษาด้วยการอบหรืออัดน้ำยาเคมีและอบแห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ยางพาราควรจะนำไปใช้ในที่แห้ง ไม่สัมผัสน้ำหรือความชื้นสูง ประเด็นต่อมาคือไม้ยางพารามีการบิด โก่งงอ และมีตามาก การนำมาใช้ควรทำเป็นชิ้นส่วนสั้นๆ หากต้องการทำชิ้นส่วนที่มีความยาวหรือหน้ากว้างควรจะใช้ไม้ประสาน การเลื่อยตัดทอน การซอย การเจาะรู การตีบัว หากใบมีดไม่คมหรือการขัดที่รุนแรงจะทำให้เกิดรอยไม้บนเนื้อไม้ได้ ไม้ยางพารามีเส้นขนเป็นบางบริเวณทำให้การไสให้เรียบทำได้ยาก ต้องเสียเวลาขัดมาก การย้อมสีก็ทำได้ยาก เนื่องจากการดูดซึมสีไม่เท่ากัน การทำชิ้นส่วนด้วยวิธีกลึงกลมจะลดเส้นขน นอกจากนี้ในส่วนปริมาณวัตถุดิบในการผลิต ไม้ยางพารามีปริมาณลดลงในหน้าฝน เนื่องจากการตัดโค่นและชักลากทำได้ยาก ซึ่งส่งผลให้ราคาไม้ยางพาราในช่วงหน้าฝนมีราคาสูง

1. ความรู้ทั่วไปการผลิตเครื่องเรือนจากไม้ยางพารา

การผลิตเครื่องเรือนของโรงงานส่วนใหญ่มีรูปแบบคล้ายๆกันคือต้องผลิตออกมาจำนวนมากและแต่ละชิ้นส่วนก็มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป การผลิตเครื่องเรือนโดยทั่วไปจึงไม่เป็นแบบสายการผลิต แต่เป็นการผลิตเป็นรุ่นๆ รุ่นหนึ่งๆ อาจจะเป็นจำนวนสิบหรือจำนวนร้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการผลิตจึงต้องการความถูกต้องของขนาดชิ้นส่วน ซึ่งเครื่องจักรใหม่ๆ จะมีความถูกต้อง 0.05 มิลลิเมตร แต่โดยทั่วไปแล้วชิ้นงานควรมีความถูกต้อง 0.1 – 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งจะวัดรวมถึงขนาดที่เปลี่ยนไปจากการเปลี่ยนแปลงของความชื้นด้วย

1.1 การตัดหยาบ

การตัดหยาบเป็นขั้นตอนของการเตรียมไม้ โดยจะตัดส่วนของไม้ที่มีตำหนิออกทิ้ง และให้ได้ไม้ไว้ใช้ มีขนาดความยาวกว่าขนาดที่ต้องการเล็กน้อย ประมาณ 1 – 5 เซนติเมตร

1.2 การไสไม้

คือการทำให้ไม้เรียบ เป็นเหลี่ยมเป็นมุม ซึ่งปกติการไสต้องไสชิดก่อนแล้วจึงไสขนาน จึงจะได้ไม้เหลี่ยมที่มีมุมเป็นมุมฉาก เครื่องไสชิดสามารถติดตั้งเครื่องป้อนอัตโนมัติเข้าที่แทนหลังสำหรับการไสที่ต้องการความรวดเร็วและเป็นชิ้นงานที่มีบัว อาจจะใช้เครื่องไส 4 หน้า

1.3 การตัดขนาด

คือการตัดไม้ให้ได้ขนาดตามต้องการ สามารถใช้เครื่องเลื่อยวงเดือนแบบแท่นเลื่อนหรือเครื่องเลื่อยตัดขนาดแบบ 2 ใบเลื่อย

1.4 การตีบัว

คือการขึ้นรูปร่างชิ้นงาน เครื่องเร้าเตอร์และเครื่องเพลตังเป็นเครื่องจักรที่ใช้กันมาก เมื่อใช้ร่วมกับจิ๊กจะสามารถทำงานได้หลายรูปร่างและทำงานได้รวดเร็ว ปัจจุบันมีการติดเครื่องจักรแบบอัตโนมัติ ทำให้ใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

1.5 การกลึง

เป็นวิธีการที่นิยมทำชิ้นส่วนเครื่องเรือนส่งประเทศญี่ปุ่นและไม้ยางพาราทำได้ดีกว่าไม้เหล็มนื่องจากเกิดขุ่นน้อยกว่า

1.6 การจุ่มน้ำยา

สำหรับชิ้นส่วนที่ทำจากไม้แปรรูปที่จุ่มน้ำยาจะต้องจุ่มน้ำยาอีกครั้ง เนื่องจากน้ำยาเก่าได้ถูกไล่กลิ้งออกหมด

1.7 การลงแป้งรองพื้น

คือวิธีที่ทำให้สีของไม้ยางพาราไม่ต้งขึ้นเมื่อทาแลคเกอร์ ทำให้เคลือบสีผิวได้ง่าย ไม่ต้องขัดมาก และใช้อุปกรณ์สีเรียบ โรงงานทั่วไปจะดินสอพองผสมกาวลาเท็กซ์ 1 – 2 % ทาให้ทั่ว

1.8 การขัดกระดาษทราย

คือขั้นตอนก่อนการประกอบและเคลือบสีผิว การขัดจะมีผลอย่างมากต่อการเคลือบสีผิว การขัดจึงต้องทำให้ผิวของชิ้นงานราบเรียบ โดยทั่วไปการขัดขั้นสุดท้ายจะใช้กระดาษทรายเบอร์ 240

1.9 การทำเดือย

การเข้าไม้แบบใช้เดือยเหล็ยสามารถทำได้ และให้ความแข็งแรงมากแต่ปัจจุบันนิยมใช้เดือยกลมที่ทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยใช้เครื่องเจาะที่มีระยะห่างของดอก 22 และ 32 มิลลิเมตร ขนาดของเดือยจะต้องให้ความแข็งแรงได้เพียงพอ

1.10 การอัดประกอบ

สำหรับเครื่องเรือนที่ผลิตส่งออกส่วนใหญ่จะเป็นพวกเครื่องเรือนถอดประกอบได้ (Knock Down) เพื่อประหยัดในการขนส่ง จึงจะประกอบเฉพาะบางชิ้นส่วน การประกอบจะใช้กาวลาเท็กซ์ กาวยูเรีย หรือกาวอื่นๆ แล้วแต่ความแข็งแรงที่ต้องการ การทำจิกประกอบจะช่วยให้ประกอบได้แน่นนอนและรวดเร็ว

1.11 การเคลือบสีผิว

เป็นวิธีเพิ่มคุณค่าของเครื่องเรือน ทำให้ผิวหน้าของไม้แลดูสวยงาม

1.12 ไม้ประสาน

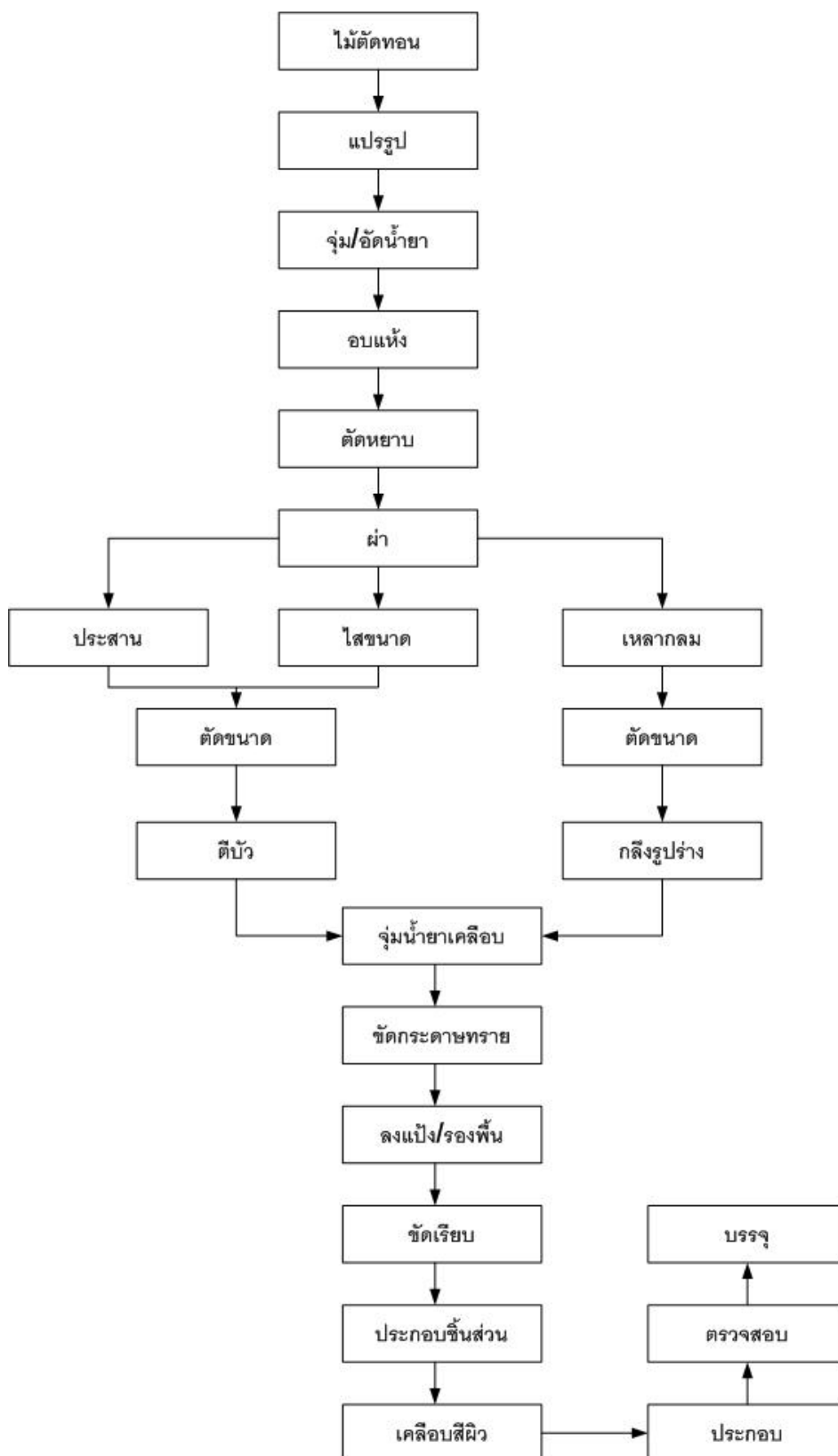
ไม้ประสาน (Laminated Timber) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไม้ที่ผลิตจากการนำไม้ชิ้นเล็กๆ มาประกบกันด้วยกาว โดยให้สีของไม้ของชั้นที่ติดอยู่ในแนวเดียวกัน สำหรับไม้ยางพาราซึ่ง

เป็นไม้โตเร็ว มีตำหนิมาจากตา การโก่ง บิดงอ การประสานจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่ทำไม้เป็นแผ่นใหญ่หรือท่อนยาว เช่น หน้าโต๊ะ พนักเตียง พื้นบันได เป็นต้น ซึ่งหลักการดังนี้

- ไม้ที่จะนำมาทำไม้ประสาน จะต้องอบแห้ง มีความชื้น 8 – 12 % มิฉะนั้นเมื่อไม้หดตัวจะเกิดรอยแตกแยกได้
- การไสขนาดขึ้นไม้ จะต้องให้แต่ละชั้นที่อยู่ในแถวเดียวกัน กว้างเท่ากัน
- การตัดฟิงเกอร์สำหรับการต่อของหัวไม้ให้มีความแข็งแรง แต่การต่อชนธรรมดา สำหรับไม้ประสานแผ่นกว้างก็ให้ความแข็งแรง
- กาวที่ใช้ประสาน ได้แก่ กาวลาเท็กซ์ชนิดพิเศษ กาวยูเรีย พอร์มัลดีไฮด์ กาวเมลานีน – ยูเรีย กาวฟินนอล กาวอีพอกซี กาวรีซอสซินอบ กาวโพลีไวนิลยูรีเทน เป็นต้น
- การเลือกใช้กาวขึ้นกับการใช้งานของไม้ประสาน และความแข็งแรงที่ต้องการ กาวที่แข็งเกินไปอาจจะทำใบมีดหรือกระดาดขรยสึกหรอได้ง่าย
- การผสมกาวและการใช้ ให้ใช้ตามคำแนะนำของผู้ขาย
- การอัดประกอบควรจะต้องให้มีแรงอัดเพียงพอจนรอยกาวแนบสนิท คือ ใช้แรงอัด 11 – 15 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร
- การอัดสามารถอัดได้ทั้งแบบอัดเย็นและอัดร้อน ที่ใช้ไอน้ำ ไฟฟ้า และเครื่องทำความถี่สูง (High Frequency Heater)

การทำไม้ประสาน ปัจจุบันได้มีเครื่องจักรที่วางเป็นสายการผลิตอย่างต่อเนื่อง สามารถผลิตได้อย่างรวดเร็ว โดยกรรมวิธีการทำจะแตกต่างออกไปเล็กน้อย คือ ขึ้นไม้ที่ตัดเอาตำหนิออกแล้วจะต่อกันความยาวด้วยฟิงเกอร์จอยท์ (Finger joint) ก่อน แล้วจึงนำไปไส และประกอบเป็นแผ่นอีกทีหนึ่ง

รูปที่ ญ.1 กรรมวิธีการผลิตเครื่องเรือนด้วยไม้ยางพารา



2 เครื่องจักรผลิตเครื่องเรือน

เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเครื่องเรือนโดยทั่วไปพอจะแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

2.1 เครื่องจักรแปรรูปไม้

- เครื่องเลื่อยสายพาน (Band mill)
- เครื่องเลื่อยชัก (Stroke saw)
- เครื่องเลื่อยวงเดือน (Circular saw)
- เครื่องป้อนไม้ (Carriage)
- เครื่องคัดเลือกไม้ (Grading machine)
-

2.2 เครื่องจักรรักษาเนื้อไม้

- เครื่องเรียงไม้ (Timber piling machine)
- เตาอบไม้ (Dry kiln)
- หม้อน้ำ (Boiler)
- เครื่องอัดน้ำยาไม้

2.3 เครื่องเลื่อย

- เครื่องเลื่อยวงเดือน (Circular saw)
- เครื่องเลื่อยสายพาน (Band saw)
- เครื่องเลื่อยรัศมี (Radial saw)
- เครื่องเลื่อยตัด (Cut of saw)
- เครื่องเลื่อยไม้แผ่น (Running saw, panel saw, Sizing saw)
- เครื่องเลื่อยฉลุ (Seroll saw, Jig saw)
- เครื่องเลื่อยขนาด (Trimming saw)
-

2.4 เครื่องไส

- เครื่องไสขีด (Jointer)
- เครื่องไสขนาด (Thicknessor, Single surface planer)
- เครื่องไสหน้า 3 (3 Side planer)
- เครื่องไส 4 หน้า (4 Side planer)
- เครื่องไสผิว (Super surface)

2.5 เครื่องตีบัว

- เครื่องเร้าเตอร์ (Router)
- เครื่องเพลลาตั้ง (Spindle moulder)
- เครื่องลอกบัว (Copy shaper)
- NC Router

2.6 เครื่องกลึงกลม

- เครื่องกลึง (Lathe)
- เครื่องกลึงลอกแบบ (Copy Lathe)
- เครื่องเหลากกลม (Round bar cutting machine)

2.7 เครื่องทำข้อต่อ

- สว่านแท่น (Drill)
- เครื่องเจาะเตื่อยเหลี่ยม (Motizer)
- เครื่องทำเตื่อยเหลี่ยม (Tenoner)
- เครื่องเจาะรูกลม (Boring machine)
- เครื่องเจาะร่อง (Slot and oscilating machine)
- เครื่องทำข้อต่อนิ้วมือ (Finger joint cutting machine)
- เครื่องทำเตื่อยหางเหยี่ยว (Dovetail cutting machine)
- เครื่องทำเตื่อย (Corner locking)

6.2.8 เครื่องขัด (Sanding Machine)

- เครื่องขัดสายพานยาว (Belt sander)
- เครื่องขัดสายพานกว้าง (Wide Belt sander)
- เครื่องขัดหัวกลม (Drum sander)
- เครื่องขัดจาน (Disk sander)
- เครื่องขัดกลม (Round bar sander)
- เครื่องขัดโค้ง (Profile sander)

2.9 เครื่องอัดประกอบ (Press and assembling machine)

- เครื่องอัดไฮดรอลิค (Hydroulic Press)
- เครื่องอัดเย็น (Cold flat Press)

- เครื่องอัดขึ้นรูป (Profile Press)
- โต๊ะอัดประกอบทั้งตัว (Table Press)
- เครื่องอัดประกอบทั้งตัว (Body press)
- เครื่องอัดประกอบเก้าอี้ (Chair assembling machine)
- เครื่องทาขาว (Glue spreader)

2.10 เครื่องมือเคลือบสีผิว

- ตู้พ่นสี (Booth)
- ปืนพ่นสี (Spray gun)
- ชุดพ่นสีใช้ไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic finishing equipment)
- ตู้อบสี (Oven)

2.11 เครื่องจักรสำหรับลับมือ

- เครื่องลับฟันเลื่อยวงเดือน (Circular saw grinder)
- เครื่องติดฟันใบเลื่อยวงเดือน (Tip welder)
- เครื่องลับใบมีดเครื่องไส (Planer grinder)
- เครื่องลับใบมีดโค้ง (Profile knife grinder)
- เครื่องลับใบเลื่อยสายพาน (Band saw grinder)
- เครื่องต่อใบเลื่อยสายพาน (Band saw welder)
- เครื่องเจียร (Grinding machine)

2.12 อุปกรณ์ขนย้ายในโรงงาน

- รถเข็น (Trolley)
- รางลูกกลิ้ง (Roter conveyor)
- สายพานลำเลียง (Belt conveyor)
- รถยก (Fork lift)

2.13 เครื่องจักรอื่น ๆ

- ปัมลม (Air compressor)
- เครื่องดูดฝุ่น (Dust collector)

3 ตัวอย่างการศึกษา: การผลิตเก้าอี้จากไม้ยางพารา X-Back

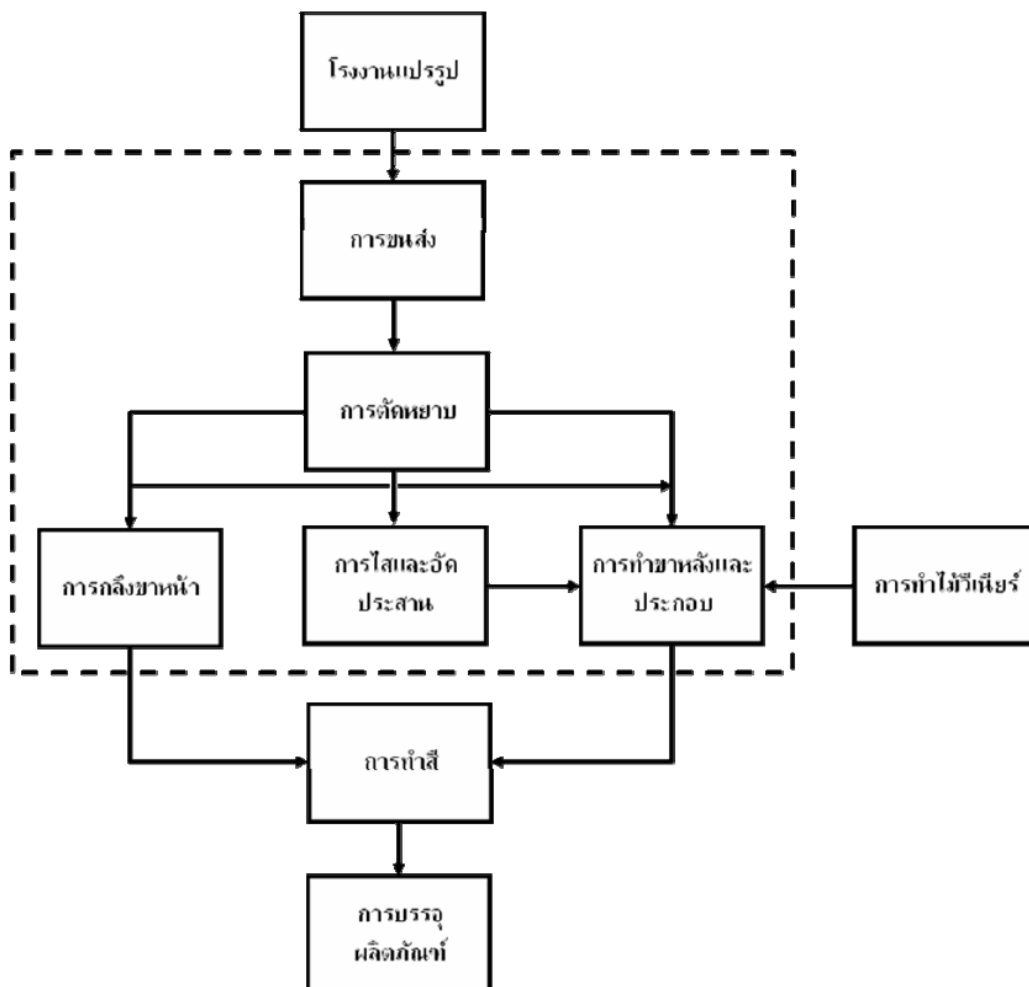
เฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารากำลังเป็นที่นิยมกันมากโดยเฉพาะในต่างตลาดต่างประเทศที่มีการสั่งซื้อสูง การผลิตจึงนิยมผลิตเป็นจำนวนมากในครั้งเดียว กระบวนการผลิตค่อนข้างรวดเร็วทั้งนี้เพื่อให้เพียงพอและกับความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้ซื้อและทันต่อการแข่งขันกับผู้ประกอบการรายอื่นๆ ซึ่งการผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์แต่ละชิ้นจะแยกหน่วยการผลิตอย่างชัดเจนจนกระทั่งเมื่อผลิตจนครบชิ้นส่วนจึงจะนำมาประกอบรูปร่างเพื่อส่งทดสอบจากนั้นจึงจัดเก็บรอการขนส่งต่อไป

การศึกษาการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพาราแบบ X – Back ได้รับความอนุเคราะห์จากทางโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ส่งออกแห่งหนึ่ง ซึ่งตั้งอยู่ในเขตจังหวัดระยอง เมื่อศึกษากระบวนการผลิตพบว่าภายในโรงงานมีกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์แบบครบวงจรตั้งแต่การผลิตไม้ยางพาราแปรรูปจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นเฟอร์นิเจอร์รูปแบบต่างๆ วัตถุประสงค์ในการผลิตเช่น ไม้ยางพาราแปรรูปต้องทำการสั่งซื้อเพิ่มเติมจากโรงงานในพื้นที่ภาคใต้ อีก ทำให้งานวิจัยวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ในบทที่ผ่านๆ มาสามารถเชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ดังกล่าวนี้ได้ ซึ่งจากระเบียบวิธีวิจัยทางการประเมินวัฏจักรชีวิตมีรายละเอียดที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต

สำหรับเป้าหมายของการศึกษาคือเพื่อจะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพาราแปรรูปแบบ X – Back ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องมาจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป โดยมีขอบเขตการศึกษาดังแสดงในรูปที่ ญ.2 ตั้งแต่การขนส่งจากโรงงานแปรรูปในพื้นที่ภาคใต้ (สมมติฐานคือพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง) จนกระทั่งผลิตออกมาได้เป็นเก้าอี้ไม้ยางพาราไม่รวมถึงการทำสีและการบรรจุ โดยมีข้อจำกัดของการศึกษาคือกระบวนการทำไม้วีเนียร์จะใช้ฐานข้อมูลของโปรแกรม SimaPro 7.1 มาช่วยประเมินแทนการเก็บข้อมูลจริง

รูปที่ ญ.2 ขอบเขตการศึกษากระบวนการผลิตแก๊สไม่ยางพารา X - Back



หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

กำหนดให้หน่วยการทำงานของกระบวนการศึกษาคือ แก๊สไม่ยางพารา X - Back
จำนวนการผลิต 1,000 ตัว

การปันส่วนข้อมูล(Allocation)

เนื่องจากกระบวนการผลิตมีการแยกการใช้สาธารณูปโภคอย่างชัดเจน การปันส่วนผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้เช่น เศษไม้ จะใช้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าขาเข้าเป็นตัวกำหนด เนื่องจากการเก็บข้อมูลทำได้ง่ายและสะดวกกว่าการใช้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือน้ำหนักผลิตภัณฑ์

3.2 การจัดทำบัญชีรายการข้อมูล

1 บัญชีรายการการขนส่ง

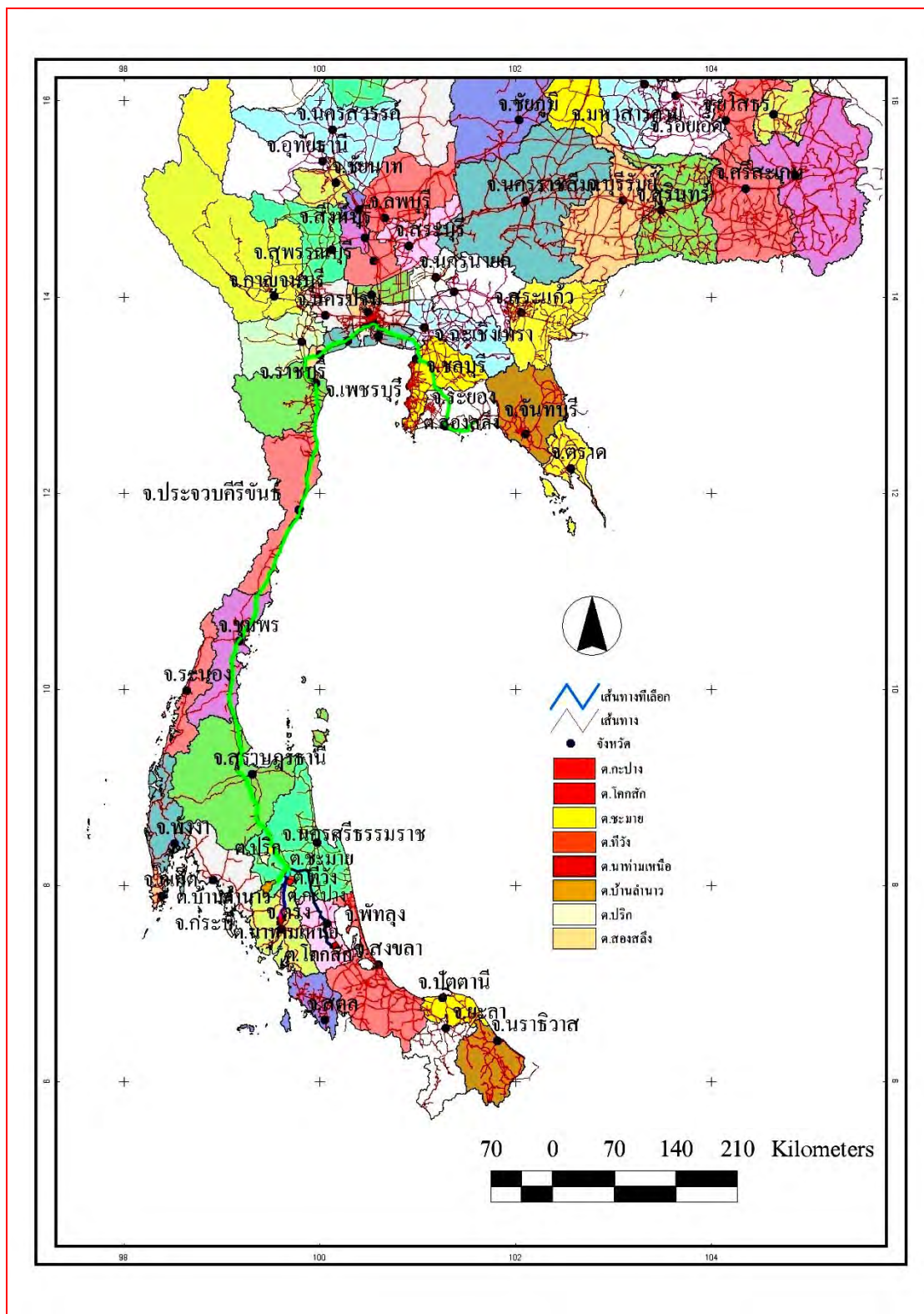
ระยะทางการขนส่งไม้ยางพาราแปรรูปจากพื้นที่ 3 จังหวัดคือ นครศรีธรรมราช ตรัง และ พัทลุง จะใช้โปรแกรม Arcview 3.1 ในการประเมินระยะทางเฉลี่ยจากที่ตั้งโรงงานทั้ง 10 โรงงาน มาตามถนนสายหลักจนถึงปลายทางจังหวัดระยองดังรูปที่ 6.3 ซึ่งสามารถสรุประยะทางเฉลี่ยได้ ดังตารางที่ ญ.1

การบรรทุกไม้ยางพาราแปรรูป จำนวน 791.39 ลูกบาศก์ฟุตหรือ 21.37 ลูกบาศก์เมตร (การคำนวณปริมาณดูในบัญชีรายการกระบวนการตัดหยาบ) หรือคิดเป็นน้ำหนัก 11.46 ตัน ทำการบรรทุกโดยรถสิบล้อที่มีพิกัดการบรรทุกเต็มคันรถ 21 ตัน ดังนั้นการคิดอัตราการบรรทุก การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจึงต้องทำการปันส่วนให้กับไม้ยางพาราจำนวน 11.86 ตัน ซึ่งได้ผลสรุป ดังแสดงในตารางที่ ญ.2 และการประเมินการปลดปล่อยมลสารแสดงในตารางที่ ญ.3

ตารางที่ ญ.1 การขนส่งจากเขตจังหวัด นครศรีธรรมราช - ตรัง - พัทลุง มายังเขตจังหวัดระยอง

ลำดับที่	ต้นทาง	ปลายทาง	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	ตำบลกะปาง	ตำบลสองสลึง	1,121.14
2	ตำบลชะมวง	ตำบลสองสลึง	1,108.64
3	ตำบลบ้านลำนาว	ตำบลสองสลึง	1,127.42
4	ตำบลปริก	ตำบลสองสลึง	1,090.13
5	ตำบลที่วัง	ตำบลสองสลึง	1,112.77
6	ตำบลนาท่อมเหนือ	ตำบลสองสลึง	1,166.06
7	ตำบลห้วยยอด	ตำบลสองสลึง	1,150.38
8	ตำบลโคกสัก	ตำบลสองสลึง	1,226.74
เฉลี่ย			1,137.91

รูปที่ ญ.3 เส้นทางบรรทุกไม้ยางพาราแปรรูปของ 10 โรงงานในพื้นที่ภาคใต้ถึงจังหวัดระยอง



ตารางที่ ญ.2 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของการขนส่งไม้ยางพารา
(ปันส่วนให้กับไม้ยางพารา 11.46 ตัน^{1/})

ชนิดรถ	พิกัด บรรทุก ^{2/}	จำนวน รถบรรทุก	อัตราการสิ้น เปลืองน้ำมัน		ปริมาณเชื้อเพลิง		รวม
	(ตัน/ เที่ยว)	(คัน)	เที่ยวไป (กิโลเมตร /ลิตร)	เที่ยว กลับ (กิโลเมตร /ลิตร)	เที่ยวไป (ลิตร)	เที่ยว กลับ (ลิตร)	(ลิตร)
รถสิบล้อ	21.00	1.00	3.50	5.50	325.12	206.89	532.01

^{1/} อัตราการการบรรทุกไม้ยางพารา 11.46 ตัน ระยะทาง 1,137.96 กิโลเมตรคือ 13,038.01 ตัน – กิโลเมตร

^{2/} พิกัดบรรทุกหมายถึงน้ำหนักเต็มในการบรรทุกเต็มคัน

ตารางที่ ญ.3 ปริมาณการปลดปล่อยมลสารจากการขนส่งไม้ยางพารา

Emission	กรณี บรรทุก 21 ตัน (กิโลกรัม)	กรณี บรรทุก 11.46 ตัน (กิโลกรัม)
CO ₂	1,425.82	777.95
CH ₄	97.22	53.05
N ₂ O	11.67	6.37

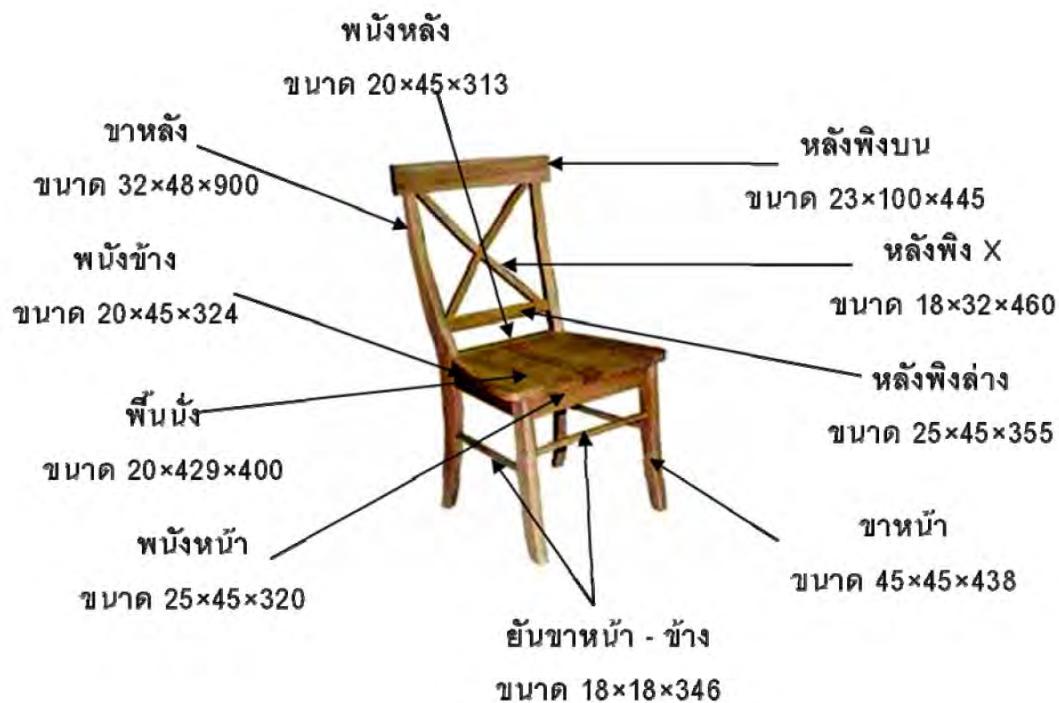
2 ภาพรวมกระบวนการผลิต

การผลิตเก้าอี้ X – Back ต้องทำการขึ้นรูปร่างให้ได้ขนาดชิ้นส่วนตามที่ฝ่ายออกแบบทำการออกแบบไว้ดังตารางที่ ญ.4 และรูปที่ ญ.4 โดยจุดเริ่มต้นของกระบวนการผลิตคือแผนกตัดหยาบจะทำการคำนวณปริมาณและขนาดของไม้ที่จำเป็นต้องใช้ ทำการตัดขนาดในเบื้องต้นก่อนส่งเข้ากระบวนการผลิตขั้นถัดไปคือ การกลึงขาหน้า การไสและอัดประสาน และการทำขาหลัง และการประกอบ โดยภาพรวมการผลิตชิ้นส่วนของเก้าอี้ X – Back แต่ละชิ้นแสดงในรูปที่ ญ.4 – ญ.9

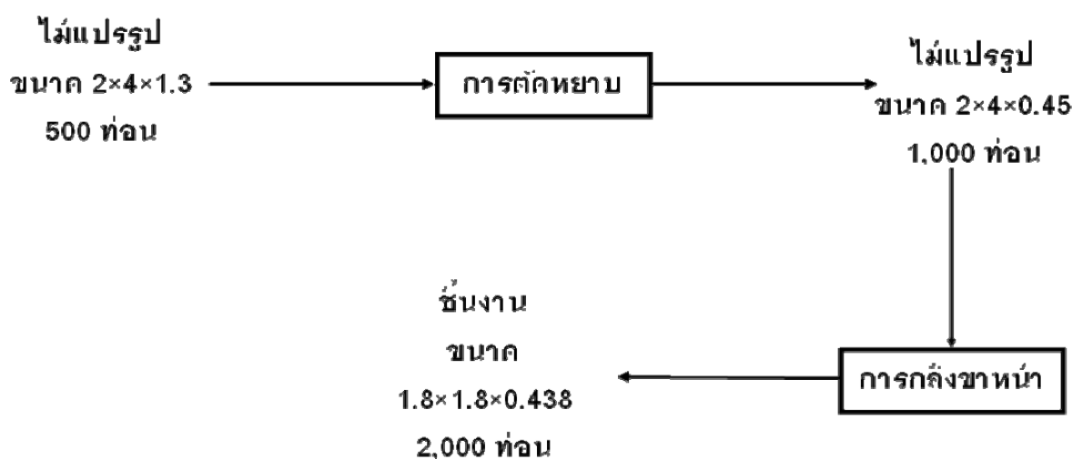
ตารางที่ ญ.4 ส่วนประกอบของเก้าอี้ไม้อย่างพารา X - Back 1 ตัว

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ขนาด(mm*mm*mm)			ไม้	จำนวน(ชิ้น)	ปริมาตร (m ³)	ปริมาตร(ft ³)
1	หลังพิงบน	23	100	445	วีเนียร์	1	0.00112012	0.041485825
2	หลังพิงล่าง	25	45	355	วีเนียร์	1	0.00043708	0.016187984
3	หลังพิง X	18	32	460	วีเนียร์	2	0.00057994	0.021479403
4	ขาหลัง	32	48	900	ยางพารา	2	0.0030258	0.112066448
5	พนักหน้า	20	45	320	ยางพารา	1	0.00031519	0.011673588
6	พนักหลัง	20	45	313	ยางพารา	1	0.00030829	0.011418229
7	พนักข้าง	25	45	324	ยางพารา	2	0.00079782	0.02954877
8	คอนเนอร์หน้า	25	44	94	ยางพารา	2	0.00022632	0.008382285
9	คอนเนอร์หลัง	50	45	90	ยางพารา	2	0.00044323	0.016415984
10	พื้นนั่ง	20	429	400	ยางพารา	1	0.00375598	0.139110261
11	ขาหน้า	45	45	438	ยางพารา	2	0.00194136	0.071902008
12	ยันขาหน้า	18	18	346	ยางพารา	1	0.00012269	0.004543944
13	ยันขาข้าง	18	18	368	ยางพารา	2	0.00026098	0.009665731
รวม						20	0.01333479	0.49388046

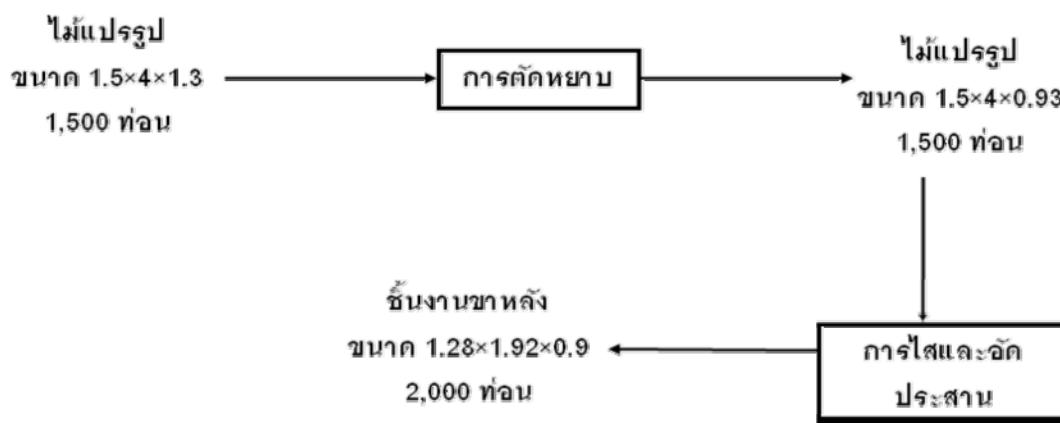
รูปที่ ญ.4 ส่วนประกอบของเก้าอี้ X – Back



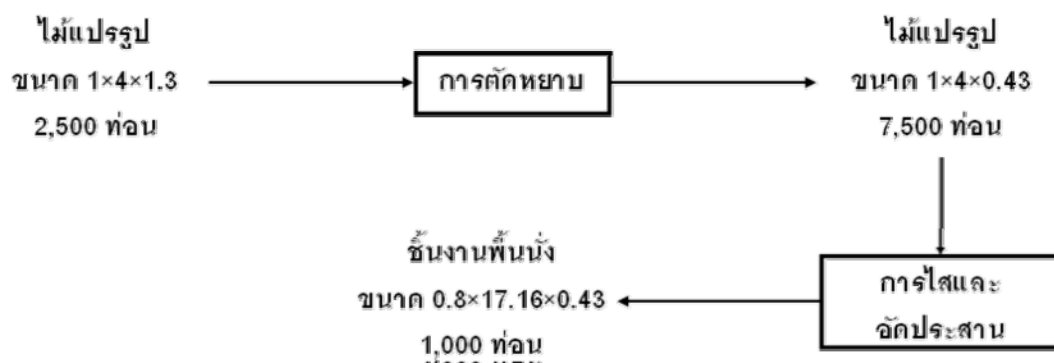
รูปที่ ญ.5 ผังการตัดชิ้นงานของส่วนขาหน้า



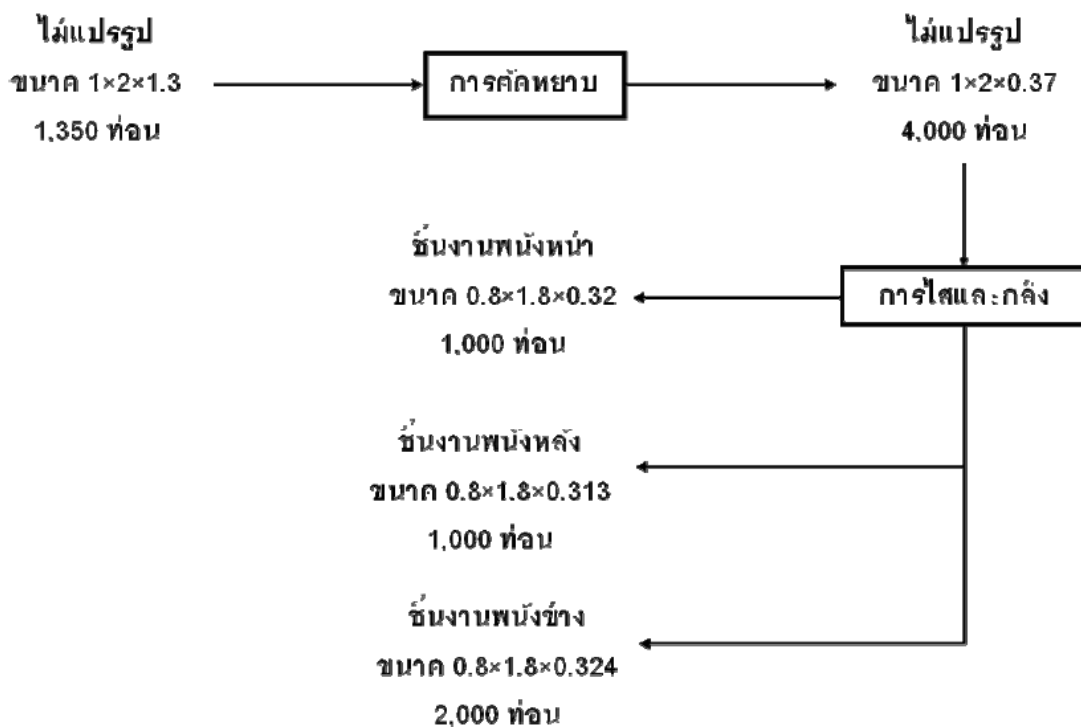
รูปที่ ญ.6 ผังการตัดชิ้นงานของส่วนขาหลัง คอนเนอร์หน้า คอนเนอร์หลัง



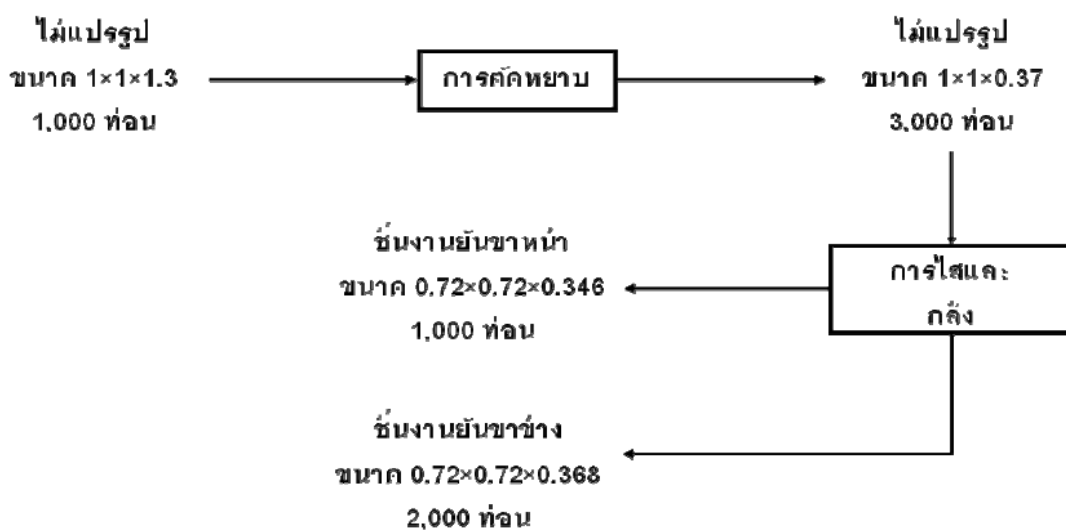
รูปที่ ญ.7 ผังการตัดชิ้นงานของพื้นนั่ง



รูปที่ ญ.8 ผังการตัดชิ้นงานของส่วนผนังหน้า ผนังหลัง และผนังข้าง



รูปที่ ญ.9 ผังการตัดชิ้นงานของส่วนยันขาหน้าและยันขาข้าง



2 บัญชีรายการกระบวนการตัดหยาบ

แผนกตัดหยาบจะทำการตัดขนาดตามที่คำนวณไว้ดังตารางที่ ญ.5 และ ญ.6 โดยเครื่องจักรที่ใช้งานและปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสดงในตารางที่ ญ.7

ตารางที่ ญ.5 ปริมาณไม้ที่เข้าสู่กระบวนการตัดหยาบ

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำเข้า Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³) ^{1/}	ปริมาตร (m ³)
1	2	4	1.30	500.00	118.56	3.20
2	1.5	4	1.30	1,500.00	266.76	7.20
3	1	2	1.30	1,350.00	80.028	2.16
4	1	4	1.30	2,500.00	296.4	8.00
5	1	1	1.30	1,000.00	29.64	0.80
รวม				6,850.00	791.39	21.37

^{1/} สูตรการหาปริมาตรไม้รูปทรงลูกบาศก์คือ ปริมาตรไม้ (ลบ.ฟ)

= จำนวนท่อน×ความหนา (นิ้ว) ×ความกว้าง (นิ้ว) ×ความยาว (เมตร) × 0.0228

ตารางที่ ญ.6 ปริมาณไม้ที่ออกจากกระบวนการตัดหยาบ

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำออกจาก Line ผลิต			ปริมาณ			
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ชั้นงาน		เศษไม้ ^{1/} (m ³)
					ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)	
1	2	4	0.45	1,000.00	82.08	2.22	(0.98)
2	1.5	4	0.93	1,500.00	190.84	5.15	(2.05)
3	1	2	0.37	4,000.00	67.45	1.82	(0.34)
4	1	4	0.43	7,500.00	294.12	7.94	(0.06)
5	1	1	0.37	3,000.00	25.308	0.68	(0.12)
รวม				17,000.00	659.83	17.82	(3.55)

^{1/} นำไปเป็นวัตถุดิบในการทำไม้จ๊อยและคอนเนอร์

ตารางที่ ญ.7 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการตัดหยาบ

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาด มอเตอร์ (HP)	ชั่วโมง ทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณ ไฟฟ้า (kWh)
1	มอเตอร์เครื่องตัด	3	6	14.00	187.99
2	มอเตอร์สายพาน 1	4	6	1.00	17.90
3	มอเตอร์สายพาน 2	5	6	1.00	22.38
4	มอเตอร์ไซโล	15	6	2.00	134.28
	รวม	27	24	18	362.56

3 บัญชีรายการกระบวนการไสและอัดประสาน

แผนกการไสและอัดประสานจะทำหน้าที่ไสไม้ให้เรียบและได้ขนาดตามชิ้นงาน(เพื่อความหนาไว้ประมาณ 1 – 2 มิลลิเมตร เพื่อขัดละเอียด) และทำหน้าที่อัดประสานไม้สำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะใหญ่กว่าขนาดของไม้คือ พื้นนั่ง ใช้ไม้ขนาด 1×4×0.43 จำนวน 6 ท่อนมาต่อกันเพื่อทำพื้นนั่ง 1 ชิ้น และเช่นเดียวกับขาหลังที่ต้องใช้ไม้ขนาด 1.5×4×0.93 จำนวน 10 ท่อน มาต่อกันเพื่อให้ได้ขาหลัง 14 ชิ้น ซึ่งจำนวนไม้ที่นำมาต่อกันนี้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของช่างผู้ชำนาญ ตั้งแต่การคำนวณไม้ทั้งจากกระบวนการตัดหยาบ และจากกระบวนการไสและอัดประสาน ดังนั้น ปริมาณไม้ทั้งหมดที่เข้าและออกจากกระบวนการไสและอัดประสาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.8 และ ญ.9 ปริมาณวัตถุดิบและพลังงานไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.10 และ ญ.11 ตามลำดับ

ตารางที่ ญ.8 ปริมาณไม้ที่ส่งเข้ากระบวนการไสและอัดประสาน

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำเข้า Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)
1	1.5	4	0.93	1,500.00	190.84	5.15
2	1	2	0.37	4,000.00	67.49	1.82
3	1	4	0.43	7,500.00	294.12	7.94
รวม				13,000	552.45	14.92

ตารางที่ ญ.9 ปริมาณไม้ที่ออกจากกระบวนการไสและอัดประสาน

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำออกจาก Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)
1	1.5	2	0.93	3,000.00	190.84	5.15
2	1	2	0.37	4,000.00	67.49	1.82
3	0.8	17.16	0.43	1,000.00	134.59	0.15
รวม				8,000	391.92	10.61

ตารางที่ ญ.10 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการไสและอัดประสาน

ลำดับ	วัตถุดิบที่ใช้ Line ผลิต	ปริมาณ	หน่วย
1	กาว (Wood Adhesive)	0.138	m ³
2	กระดามทราย	20	kg
3	แกรไฟต์	1	p

ตารางที่ ญ.11 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการไสและอัดประสาน

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาดมอเตอร์ (HP)	ชั่วโมงทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
1	เครื่องไส (พื้นนั่ง+ขาหลัง) - มอเตอร์ยกระดบล้อ	3	8	1.00	17.90
2	เครื่องไส (พื้นนั่ง+ขาหลัง) - มอเตอร์หัวไส 6 หัว	10	8	1.00	59.68
3	เครื่องไส (พื้นนั่ง+ขาหลัง) - มอเตอร์ขับเคลื่อน	5	8	1.00	29.84
4	เครื่องไส (พนัก) - มอเตอร์หัวกบ	10	4	1.00	29.84
5	เครื่องไส (พนัก) - มอเตอร์พาไม้	10	4	1.00	29.84
6	เครื่องขัดหยาบ	10	4	1.00	29.84
7	มอเตอร์ไฮดรอลิก	5	21.35	1.00	79.64
8	มอเตอร์ผสมกาว	0.5	21.35	1.00	7.96
รวม		53.5	78.7	8	284.54

4 บัญชีรายการกระบวนการกลึงขาหน้า

ไม้ที่ส่งมาจากแผนกตัดหยาบจะถูกนำมาเป็นเป็นขนหน้ายันขาหน้าและยันขาข้าง ซึ่ง
บัญชีรายการทั้งหมดแสดงในตารางที่ ญ.12 – ญ.14

ตารางที่ ญ.12 ปริมาณไม้ส่งเข้ากระบวนการกลึงขาหน้า

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำเข้า Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)
1	2	4	0.45	1,000.00	82.08	2.22
2	1	1	0.37	3,000.00	25.308	0.68
รวม				4,000	107.39	2.90

ตารางที่ ญ.13 ปริมาณไฟฟ้าของกระบวนการกลึงขาหน้า

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาดมอเตอร์ (HP)	ชั่วโมงทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
1	เครื่องกลึง	1.5	20	3.00	67.14

ตารางที่ ญ.14 ปริมาณไม้ส่งออกจากกระบวนการกลึงขาหน้า

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำออกจาก Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)
1	1.8	1.8	0.44	2,000.00	64.71	1.75
2	0.72	0.72	0.35	1,000.00	4.09	0.11
3	0.72	0.72	0.37	2,000.00	8.70	0.23
รวม				5,000	77.50	2.09

5 บัญชีรายการทำขาล้างและประกอบ

ชิ้นส่วนขาล้าง พั่น พั่นนึ่ง คอนเนอร์ และหลังพียง จะถูกส่งมาขึ้นรูปที่และประกอบ
รูปร่างที่แผนกนี้ บัญชีรายการเข้าออกทั้งหมดแสดงในตารางที่ ญ.15 ญ.16 ญ.17 และ ญ.18

ตารางที่ ญ.15 ปริมาณไม้ส่งเข้ากระบวนการทำขาล้างและประกอบ

ลำดับ	ขนาดไม้แปรรูปที่นำเข้า Line ผลิต			ปริมาณ		
	หนา (นิ้ว)	กว้าง (นิ้ว)	ยาว (เมตร)	จำนวน (ท่อน)	ปริมาตร (ft ³)	ปริมาตร (m ³)
1	1.5	2	0.930	3,000.00	190.836	5.153
2	1	2	0.370	4,000.00	67.488	1.822
3	0.8	17.16	0.430	1,000.00	134.589312	3.634
4	1.8	1.8	0.438	2,000.00	64.711872	1.747
5	0.72	0.72	0.346	1,000.00	4.08955392	0.110
6	0.72	0.72	0.368	2,000.00	8.69916672	0.235
7	1	1.76	0.094	2,000.00	7.544064	0.204
8	1	1.8	0.090	2,000.00	7.3872	0.199
9	0.72	1.28	0.460	4,000.00	38.6629632	1.04
10	0.92	4	0.445	1,000.00	37.33728	1.01
11	1	1.8	0.355	1,000.00	14.5692	0.39
รวม				23,000.00	575.915	15.550

ตารางที่ ญ.16 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กระบวนการทำขาล้างและประกอบ

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาดมอเตอร์ (HP)	ชั่วโมงทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
1	มอเตอร์เจาะรู (ขาล้าง)	38	22	1.00	623.66
2	มอเตอร์เลื่อย (ขาล้าง)	5	16	1.00	59.68
3	มอเตอร์เฟืองตึง (ขาล้าง)	10	25	1.00	186.50
4	มอเตอร์ทำเดือย (ขาล้าง)	2.5	20	1.00	37.30
5	มอเตอร์เจาะรู Fitting (ขาล้าง)	1	16	1.00	11.94
6	มอเตอร์เครื่องขัด (ขาล้าง)	33	3.5	1.00	86.16

ตารางที่ ญ.16 (ต่อ) ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กระบวนการทำชาหลังและประกอบ

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาดมอเตอร์ (HP)	ชั่วโมงทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
7	มอเตอร์ปรับแรง (ชาหลัง)	2	34	1.00	50.73
8	มอเตอร์ทำเตี๋ย (หลังพืง X)	11.25	5	1.00	41.96
9	มอเตอร์เครื่องร้เตอ์ (หลังพืง X)	2	16	1.00	23.87
10	มอเตอร์ขึ้นรูปองศอ (หลังพืง X)	7.5	10	1.00	55.95
11	ปั้มลมเครื่องตัด (หลังพืง X)	8.58	1.7	1.00	10.88
12	ปั้มลมเครื่องตัด (หลังพืงบน)	25.25	5	1.00	94.18
13	มอเตอร์เจอรู (หลังพืงบน)	2.5	10	1.00	18.65
14	มอเตอร์เครื่องขัด (หลังพืงบน)	2.5	10	1.00	18.65
15	มอเตอร์ปรับแรง (หลังพืงบน)	2.5	10	1.00	18.65
16	ปั้มลมเครื่องตัด (หลังพืงล้ง)	25.25	5	1.00	94.18
17	มอเตอร์ทำเตี๋ย (หลังพืงล้ง)	11.25	5	1.00	41.96
18	มอเตอร์เครื่องขัด (หลังพืงล้ง)	2.5	10	1.00	18.65
19	มอเตอร์ปรับแรง (หลังพืงล้ง)	2.5	10	1.00	18.65
20	ปั้มลมเครื่องตัด (พืงหน้า)	17.67	3.5	1.00	46.14
21	ปั้มลมเครื่องตัด (พืงข้ง)	35.35	7	1.00	184.60
22	ปั้มลมเครื่องตัด (พืงหลัง)	35.35	7	1.00	184.60
23	ปั้มลมเครื่องตัด (คอนเนอร์หน้า)	35.35	7	1.00	184.60
24	ปั้มลมเครื่องตัด (คอนเนอร์หลัง)	35.35	7	1.00	184.60
25	เครื่องขัดกระดอษทรอย (คอนเนอร์หน้า)	5.05	1	1.00	3.77
26	เครื่องขัดกระดอษทรอย (คอนเนอร์หลัง)	5.05	1	1.00	3.77
27	เครื่องตัดแวนอน (พืงน้ง)	2	3.5	1.00	5.22
28	เครื่องกอบปี (พืงน้ง)	13	5	1.00	48.49
29	เครื่องขุด (พืงน้ง)	10	10	1.00	74.60
30	เครื่องอัดสไลด์ (พืงน้ง)	2	40	1.00	59.68
31	เครื่องขัดขอบ (พืงน้ง)	2.67	9	1.00	17.93
32	มอเตอร์เครื่องขัด (พืงน้ง)	33	1.7	1.00	41.85

ตารางที่ ญ.16 (ต่อ) ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้กระบวนการทำชาหลังและประกอบ

ลำดับ	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	ขนาดมอเตอร์ (HP)	ชั่วโมงทำงาน (hr)	จำนวน (ตัว)	ปริมาณไฟฟ้า (kWh)
33	มอเตอร์บรัชแปรง (พั่นนัง)	2	17.7	1.00	26.41
34	มอเตอร์ดูดฝุ่น	30	8	4.00	716.16
รวม		458.92	362.60	37.00	3,294.61

ตารางที่ ญ.17 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้กระบวนการทำชาหลังและประกอบ

ลำดับ	วัตถุดิบที่ใช้ Line ผลิต	ปริมาณ	หน่วย
1	กาว XO(Ethyl-2 cyanoacrylate 99% w/w)	2.5	ลิตร
2	กาว DH ประกอบไม้	153.85	ลิตร
3	อุปกรณ์ Fitting	25	กิโลกรัม

ตารางที่ ญ.18 ปริมาณไม้ที่ส่งออก (ผลิตภัณฑ์) จากกระบวนการทำชาหลังและการประกอบ

ลำดับ	ส่วนประกอบ	ขนาด			ไม้	จำนวน(ชิ้น)	ปริมาตร (m ³)	ปริมาตร(ft ³)
1	หลังพิงบน	0.92	4	0.445	วีเนียร์	1000	1.1201184	41.48582518
2	หลังพิงล่าง	1	1.8	0.355	วีเนียร์	1000	0.437076	16.18798381
3	หลังพิง X	0.72	1.28	0.46	วีเนียร์	2000	0.579944448	21.47940252
4	ชาหลัง	1.28	1.92	0.9	ยางพารา	2000	3.02579712	112.0664479
5	พนักหน้า	0.8	1.8	0.32	ยางพารา	1000	0.3151872	11.67358833
6	พนักหลัง	0.8	1.8	0.313	ยางพารา	1000	0.30829248	11.41822858
7	พนักข้าง	1	1.8	0.324	ยางพารา	2000	0.7978176	29.54877045
8	คอนเนอร์หน้า	1	1.76	0.094	ยางพารา	2000	0.22632192	8.382284951
9	คอนเนอร์หลัง	2	1.8	0.09	ยางพารา	2000	0.443232	16.41598358
10	พั่นนัง	0.8	17.16	0.4	ยางพารา	1000	3.7559808	139.1102609

ตารางที่ ญ.18 (ต่อ) ปริมาณไม้ที่ส่งออก (ผลิตภัณฑ์) จากกระบวนการทำขาหลังและการประกอบ

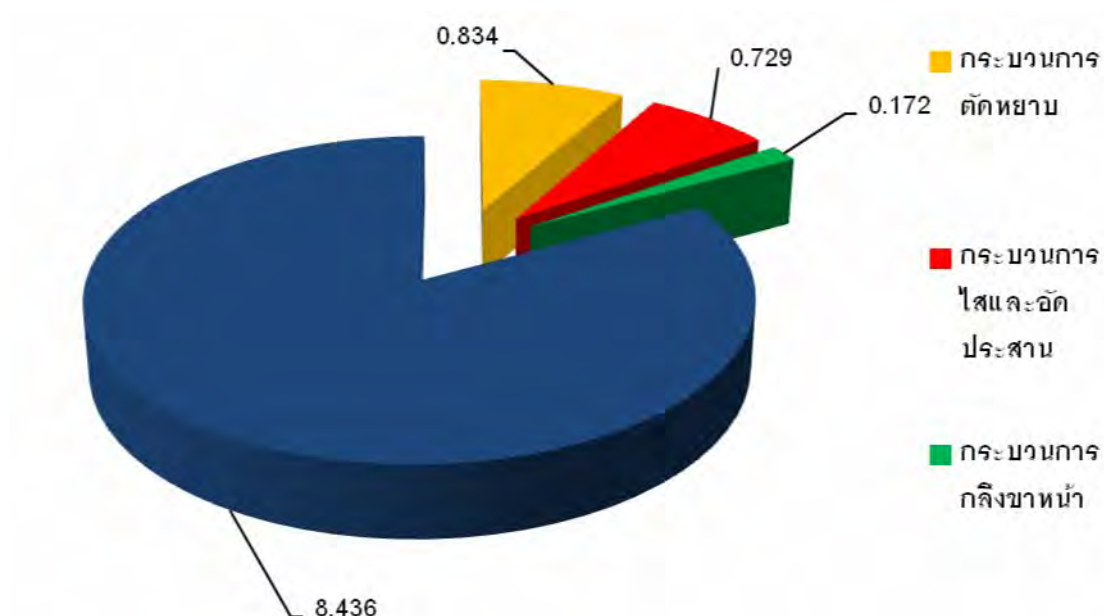
ลำดับ	ส่วนประกอบ	ขนาด			ไม้	จำนวน(ชิ้น)	ปริมาตร (m ³)	ปริมาตร(ft ³)
11	ขาหน้า	1.8	1.8	0.438	ยางพารา	2000	1.94135616	71.9020081
12	ยันขาหน้า	0.72	0.72	0.346	ยางพารา	1000	0.122686618	4.543944256
13	ยันขาข้าง	0.72	0.72	0.368	ยางพารา	2000	0.260975002	9.665731134
รวม						20,000	13.33478575	493.8804597

จากบัญชีรายการของกระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์ทั้งหมดสรุปได้ว่า
 ปริมาณไม้แปรรูปทั้งหมดที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเก้าอี้ X – Back 1,000 ตัว
 เข้าสู่กระบวนการผลิตเท่ากับ 21.37 ลูกบาศก์เมตร
 ผลิตได้ชิ้นส่วน (ไม้ยางพารา) เท่ากับ $20,000 - 4,000 = 16,000$ ชิ้น
 คิดเป็นปริมาตร (ไม้ยางพารา) เท่ากับ $13.33478575 - 1.1201184 - 0.437076 - 0.579944448$
 เท่ากับ 11.1976469 ลูกบาศก์เมตร
 หรือประมาณ 11.20 ลูกบาศก์เมตร
 คิดเป็นประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับ $\frac{11.20}{21.37} = 0.5240$ หรือ 52.40%
 คิดเป็นปริมาณไม้ที่สูญเสียเท่ากับ $21.37 - 11.20 = 10.17$ ลูกบาศก์เมตร
 ปริมาณไม้ที่สูญเสียจะถูกรวบรวมนำไปเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อไอน้ำซึ่งจะทำการปั่น
 ส่วนให้กับกระบวนการผลิตหลัก 4 กระบวนการคือ กระบวนการตัดหยาบ กระบวนการกลึงขา
 หน้า กระบวนการไสและอัดประสาน และการกระบวนการทำขาหลังและประกอบ โดยใช้วิธีการ
 ปั่นส่วนตามสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าขาเข้าดังแสดงในรูปที่ ญ.10 และผลการปั่นส่วนปริมาณเศษ
 ไม้แสดงในในรูปที่ ญ.11

รูปที่ ญ.10 สัดส่วนปริมาณพลังงานไฟฟ้าขาเข้า



รูปที่ ญ.11 ปริมาณเศษไม้ที่ป้อนส่วนให้แต่ละกระบวนการผลิต (หน่วยเป็น ลบ.ม)



3.3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวัฏจักรชีวิตการผลิตแก๊สไม่ยางพาราแปรรูป ชนิด X-BACK จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.1 วิธีการประเมิน CML 2 baseline 2000 เช่นเดียวกับที่ใช้ในบทที่ 3 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทั้งหมดมีดังนี้

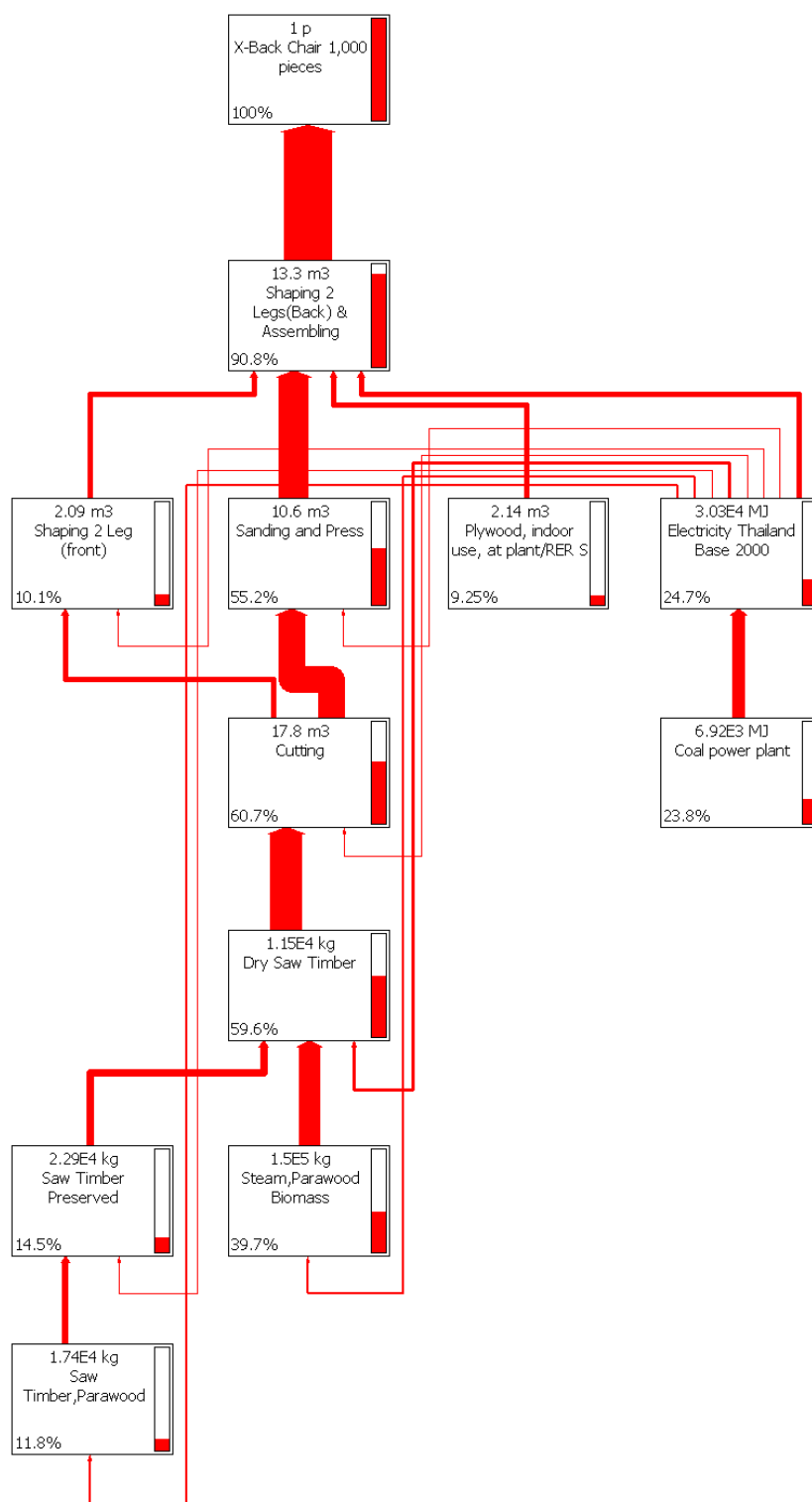
1) ศักยภาพการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification Potential)

ภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำของการผลิตแก๊สไม่ยางพาราจำนวน 1,000 ตัว แสดงในรูปที่ ญ.12 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการตัดหยาบ โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ ดังแสดงในรูปที่ ญ.13 และ ญ.14 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.19

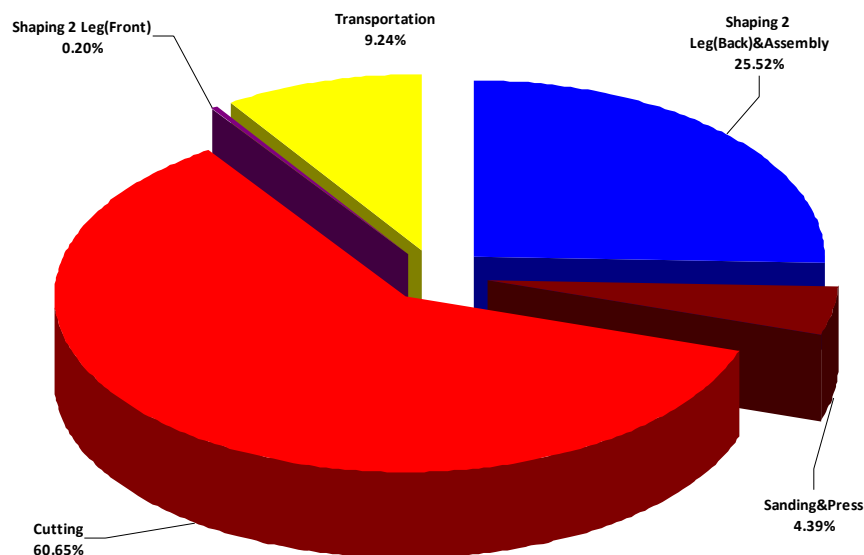
ตารางที่ ญ.19 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะการเกิดกรดในดินและแหล่งน้ำจากการผลิตแก๊สไม่ยางพารา 1,000 ตัว

No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg SO ₂ eq	64.9196
	Remaining substances		kg SO ₂ eq	0.074109
1	Sulfur oxides	Air	kg SO ₂ eq	1.522394
2	Sulfur dioxide (low. pop.)	Air	kg SO ₂ eq	5.521428
3	Sulfur dioxide (high. pop.)	Air	kg SO ₂ eq	5.123639
4	Sulfur dioxide	Air	kg SO ₂ eq	13.72295
5	Nitrogen oxides(low. pop.)	Air	kg SO ₂ eq	0.872767
6	Nitrogen oxides (high. pop.)	Air	kg SO ₂ eq	1.880608
7	Nitrogen oxides	Air	kg SO ₂ eq	9.836417
8	Nitrogen dioxide	Air	kg SO ₂ eq	25.02432
9	Ammonia	Air	kg SO ₂ eq	1.340972

รูปที่ ญ.12 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะความเป็นกรดของดินและแหล่งน้ำของวัฏจักรชีวิต
การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

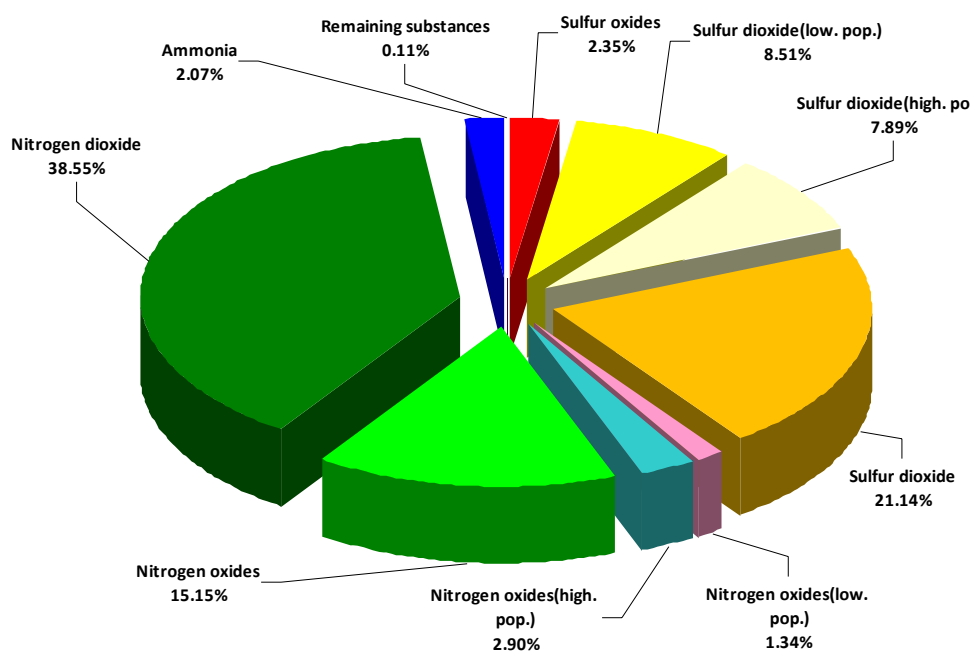


รูปที่ ญ.13 ค่า AP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.14 ค่า AP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

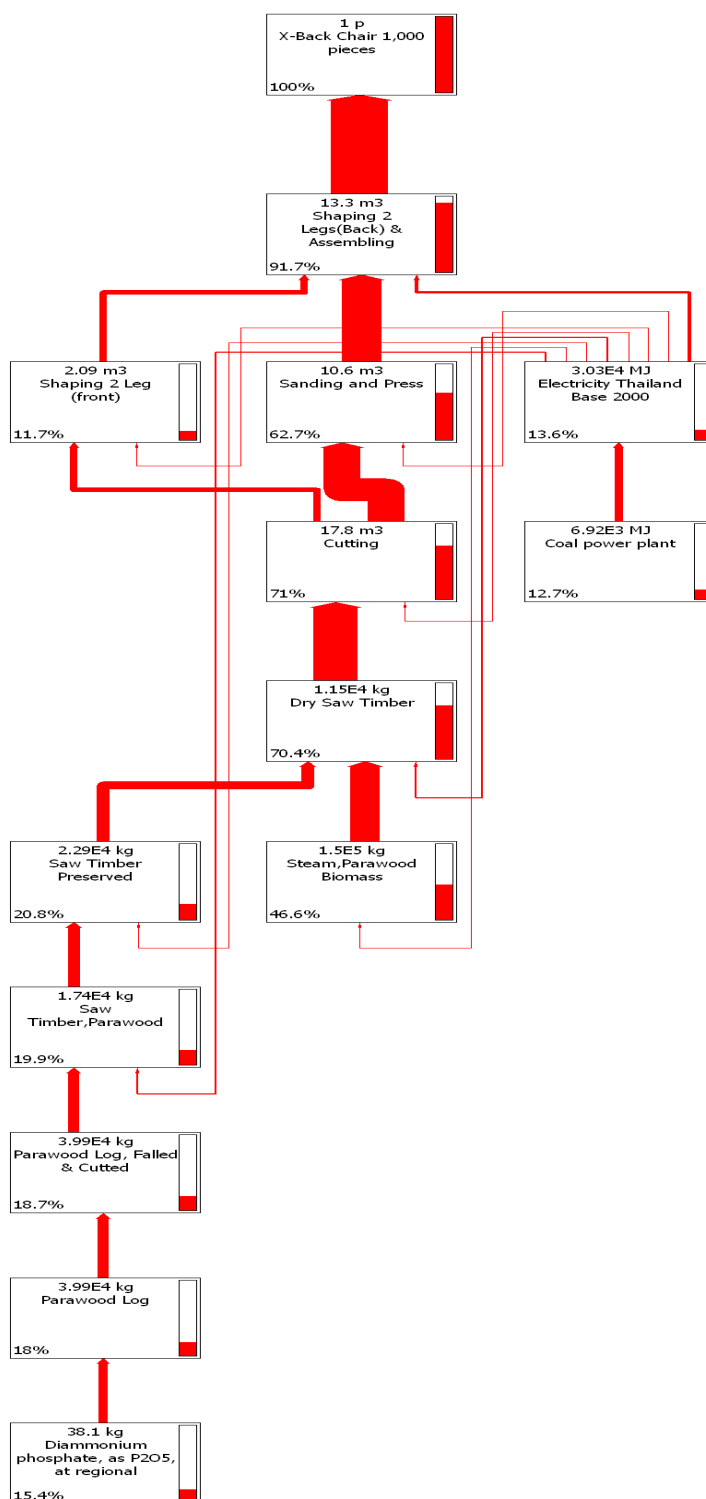
2) การเกิดภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล (Eutrophication)

การเกิดภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลการผลิตแก๊สไม่อย่างพาราจำนวน 1,000 ตัว แสดงในรูปที่ ญ.15 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการตัดหญ้าโดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุล ดังแสดงในรูปที่ ญ.16 และ ญ.17 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.20

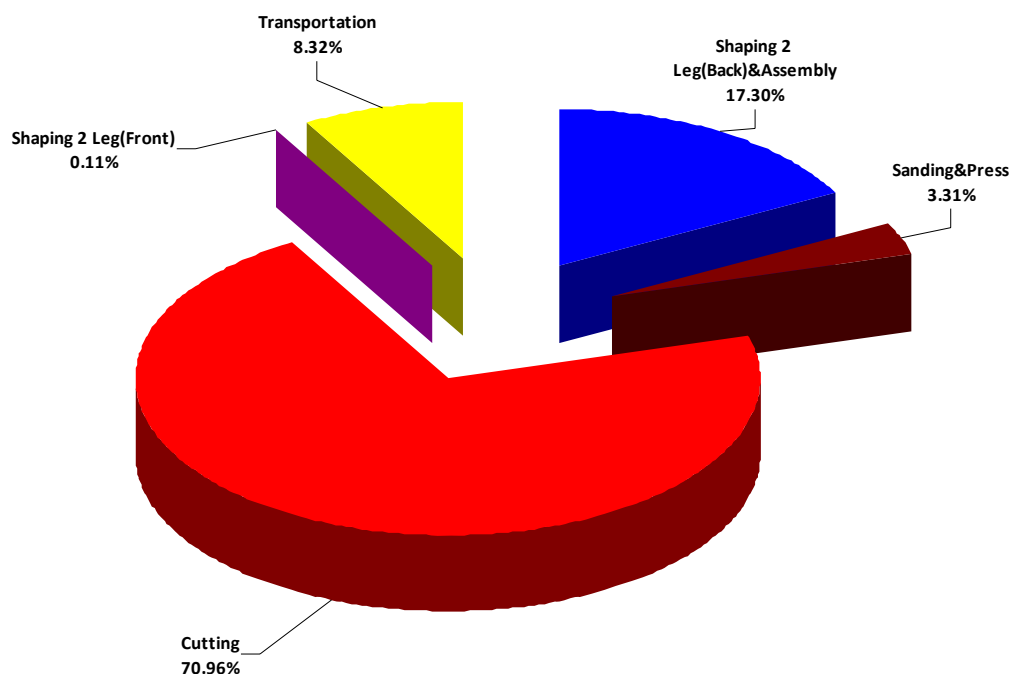
ตารางที่ ญ.20 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลจากการผลิตแก๊สไม่อย่างพารา 1,000 ตัว

No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg PO ₄ --- eq	13.23406
	Remaining substances		kg PO ₄ --- eq	0.541310
1	Phosphate	Water	kg PO ₄ --- eq	2.111116
2	Nitrogen oxides (low. pop.)	Air	kg PO ₄ --- eq	0.226919
3	Nitrogen oxides (high. pop.)	Air	kg PO ₄ --- eq	0.488958
4	Nitrogen oxides	Air	kg PO ₄ --- eq	2.557468
5	Nitrogen dioxide	Air	kg PO ₄ --- eq	6.506322
6	COD, river	Water	kg PO ₄ --- eq	0.23886
7	COD	Water	kg PO ₄ --- eq	0.269769
8	Ammonia	Air	kg PO ₄ --- eq	0.293338

รูปที่ ญ.15 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลของวัฏจักรชีวิต
การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

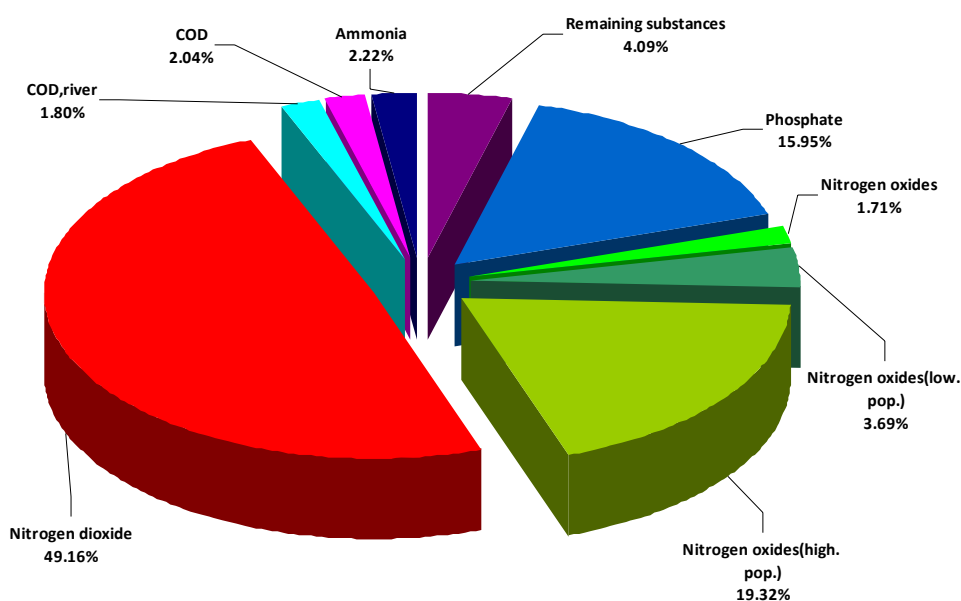


รูปที่ ญ.16 ค่า ETP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / 'World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.17 ค่า ETP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / 'World, 1990 / characterization

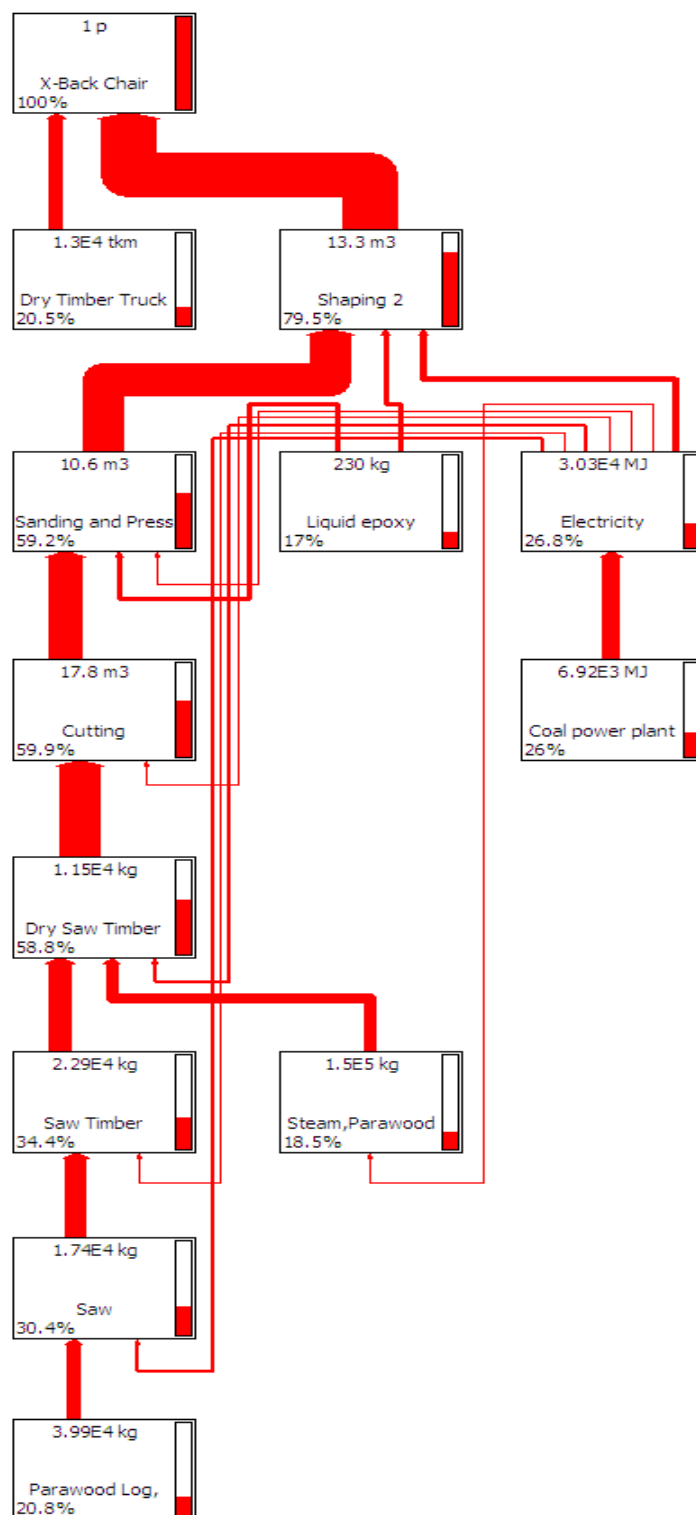
3) ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)

ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนจากการผลิตแก๊สไม่อย่างพารา X-BACK จำนวน 1,000 ตัวแสดงในรูปที่ ญ.18 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการตัดหญ้าโดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะโลกร้อน ดังแสดงในรูปที่ ญ.19 และ ญ.20 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.21

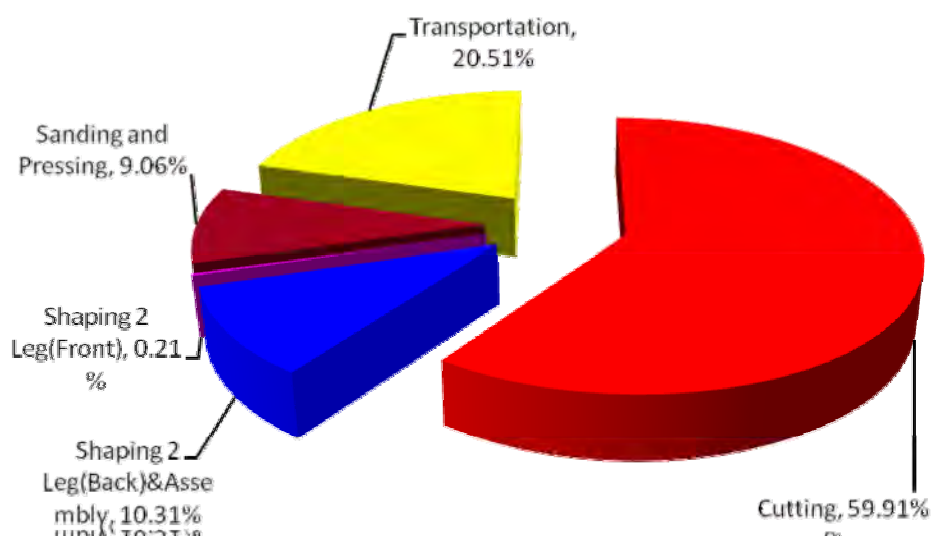
ตารางที่ ญ.21 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนจากการผลิตแก๊สไม่อย่างพารา 1,000 ตัว

No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg CO2 eq	10,871.4
	Remaining substances		kg CO2 eq	24.95603
1	Carbon dioxide	Air	kg CO2 eq	4541.749
2	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg CO2 eq	3359.871
3	Carbon dioxide, fossil	Air	kg CO2 eq	2204.978
4	Carbon dioxide, in air	Raw	kg CO2 eq	-4796.14
5	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg CO2 eq	1166.049
6	Dinitrogen monoxide	Air	kg CO2 eq	1699.68
7	Methane	Air	kg CO2 eq	583.1435
8	Methane, biogenic	Air	kg CO2 eq	1974.542
9	Methane, fossil	Air	kg CO2 eq	112.5728

รูปที่ ญ.18 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการเกิดภาวะโลกร้อนของวัฏจักรชีวิต
การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

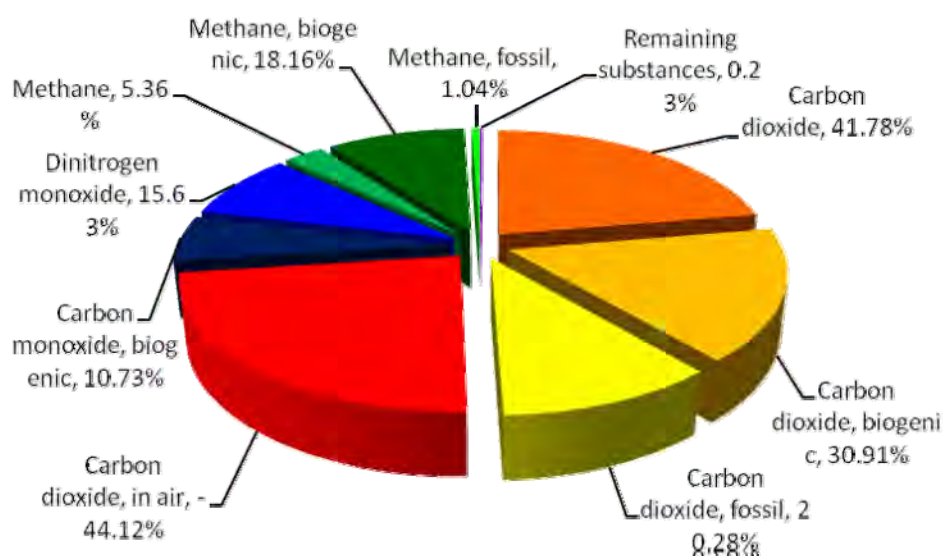


รูปที่ ญ.19 ค่า ETP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.20 ค่า GWP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

3) การหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Layer Depletion)

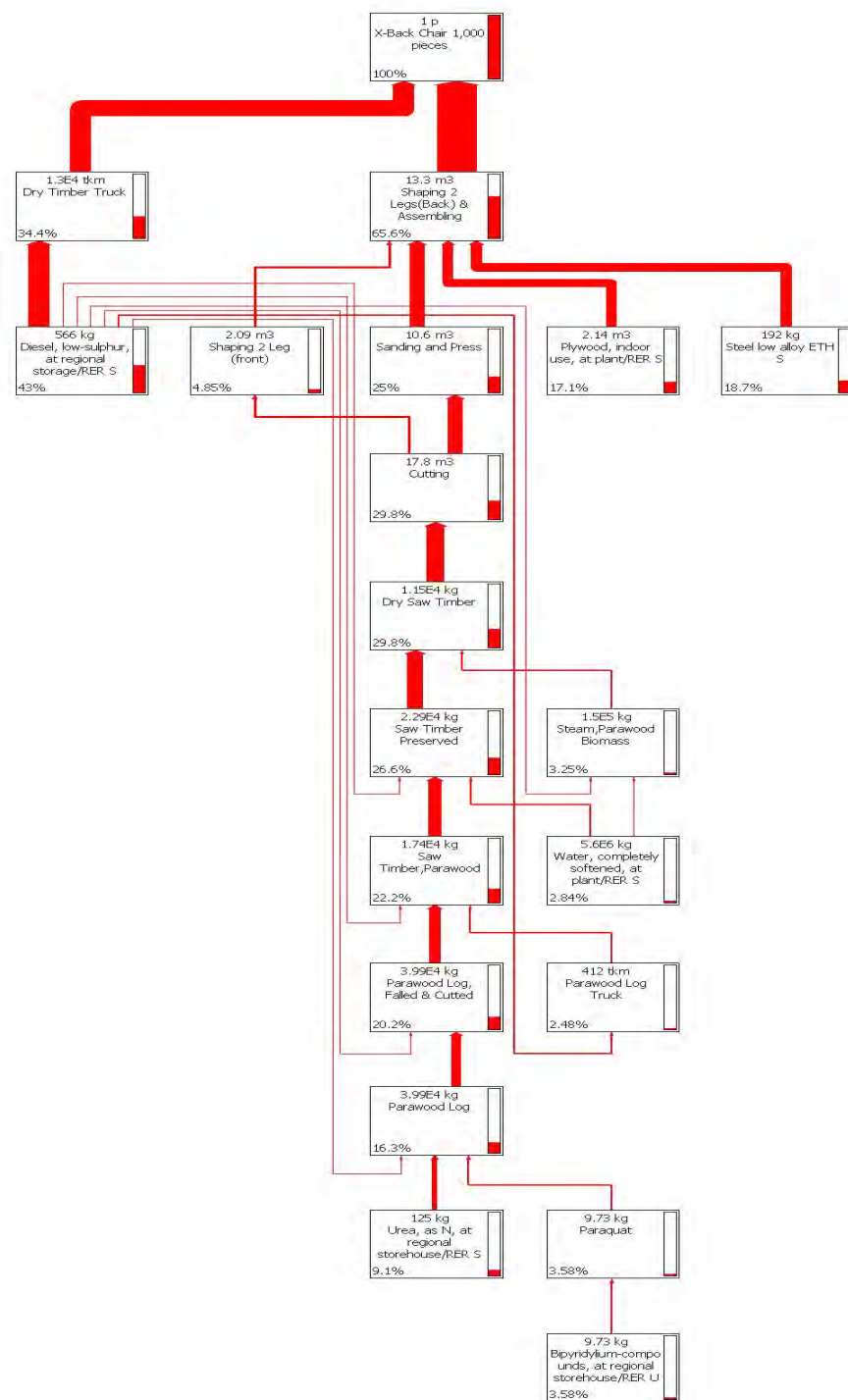
การหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศจากการผลิตแก๊สไม่ยางพารา X-BACK จำนวน 1,000 ตัวแสดงในรูปที่ ญ.21 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการทำขาล้างและประกอบ โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ ญ.22 และ ญ.23 ซึ่งก๊าซที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือก๊าซฮาโลน (Halon 1301) ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.22

ตารางที่ ญ.22 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการหายไปของโอโซนในชั้นบรรยากาศจากการผลิตแก๊สไม่ยางพารา X-BACK

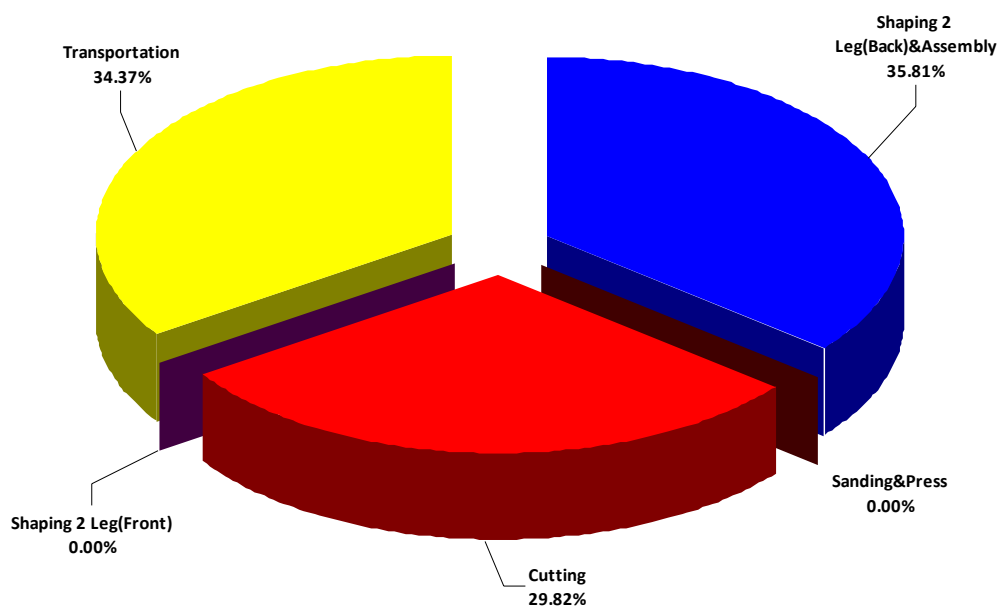
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg CFC-11 eq	0.000609
	Remaining substances		kg CFC-11 eq	8.44E-06
1	CFC-10	Air	kg CFC-11 eq	1.31E-05
2	Halon 1301 (low. pop.)	Air	kg CFC-11 eq	0.000368
3	Halon 1301	Air	kg CFC-11 eq	0.000101
4	Halon 1211	Air	kg CFC-11 eq	0.000107
5	CFC-114	Air	kg CFC-11 eq	1.15E-05

รูปที่ ญ.21 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการหายไปของชั้นโอโซนของวัฏจักรชีวิต

การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

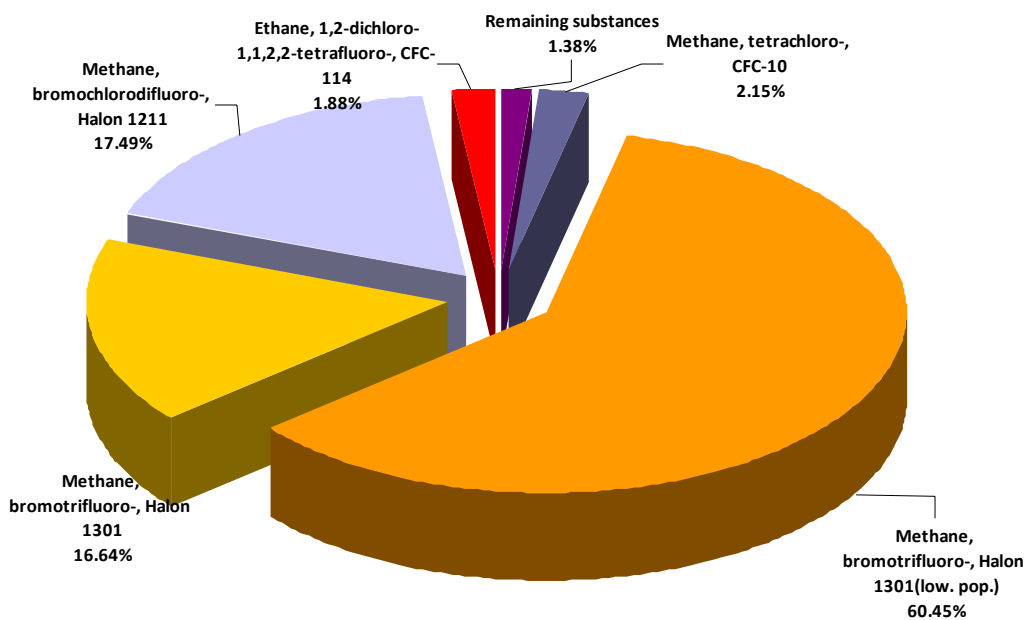


รูปที่ ญ.22 ค่า ODP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.23 ค่า ODP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา 1,000 ตัว



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

5) การเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity)

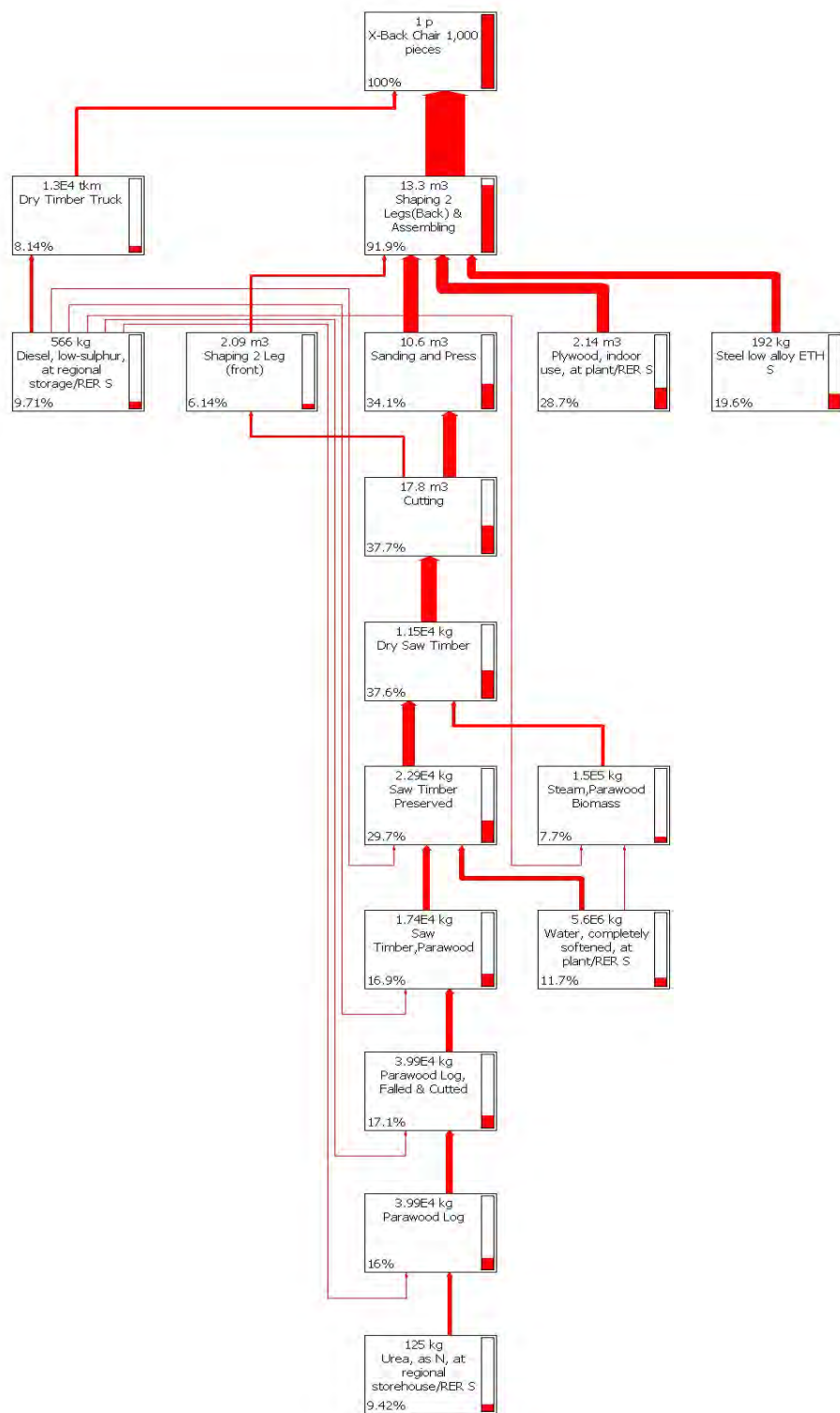
การเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตแก๊สไม่อย่างพารา X-BACK จำนวน 1,000 ตัว แสดงในรูปที่ ญ.24 ซึ่งพบว่ากระบวนการทำขาล้างและประกอบเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุด รองลงมาที่ใกล้เคียงกันคือกระบวนการตัดหยาบโดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ดังแสดงในรูปที่ ญ.25 และ ญ.26 ซึ่งสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือโครเมียม ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.23

ตารางที่ ญ.23 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการเกิดภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์จาก
การผลิตแก๊สไม่อย่างพารา 1,000 ตัว

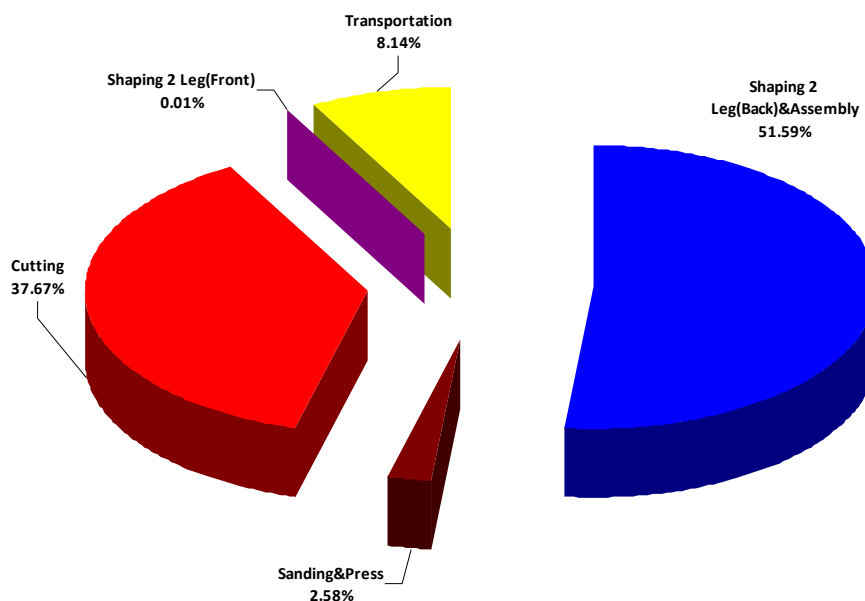
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg 1,4-DB eq	2052.964
	Remaining substances		kg 1,4-DB eq	299.4316
1	Zinc	Soil	kg 1,4-DB eq	31.31588
2	Vanadium, ion	Water	kg 1,4-DB eq	23.18506
3	Vanadium	Air	kg 1,4-DB eq	68.71184
4	Selenium	Water	kg 1,4-DB eq	117.2983
5	Selenium	Air	kg 1,4-DB eq	35.42301
6	Particulates, < 10 um (mobile)	Air	kg 1,4-DB eq	50.38565
7	PAH, river	Water	kg 1,4-DB eq	73.87709
8	PAH, high. pop.	Air	kg 1,4-DB eq	179.561
9	PAH,	Air	kg 1,4-DB eq	243.555
10	Nitrogen oxides	Air	kg 1,4-DB eq	23.6074
11	Nitrogen dioxide	Air	kg 1,4-DB eq	60.05836
12	Nickel, high. pop.	Air	kg 1,4-DB eq	106.533
13	Nickel	Air	kg 1,4-DB eq	73.99574
14	Chromium VI	Air	kg 1,4-DB eq	333.8363
15	Cadmium	Air	kg 1,4-DB eq	24.48826
16	Benzene	Air	kg 1,4-DB eq	48.8312
17	Barium, river	Water	kg 1,4-DB eq	20.62763
18	Barium	Water	kg 1,4-DB eq	22.72004
19	Barite, ocean	Water	kg 1,4-DB eq	119.0029
20	Arsenic, low. pop.	Air	kg 1,4-DB eq	63.19137
21	Arsenic, high. pop.	Air	kg 1,4-DB eq	33.32737

รูปที่ ญ.24 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านภาวะความเป็นพิษต่อมนุษย์ของวัฏจักรชีวิต

การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

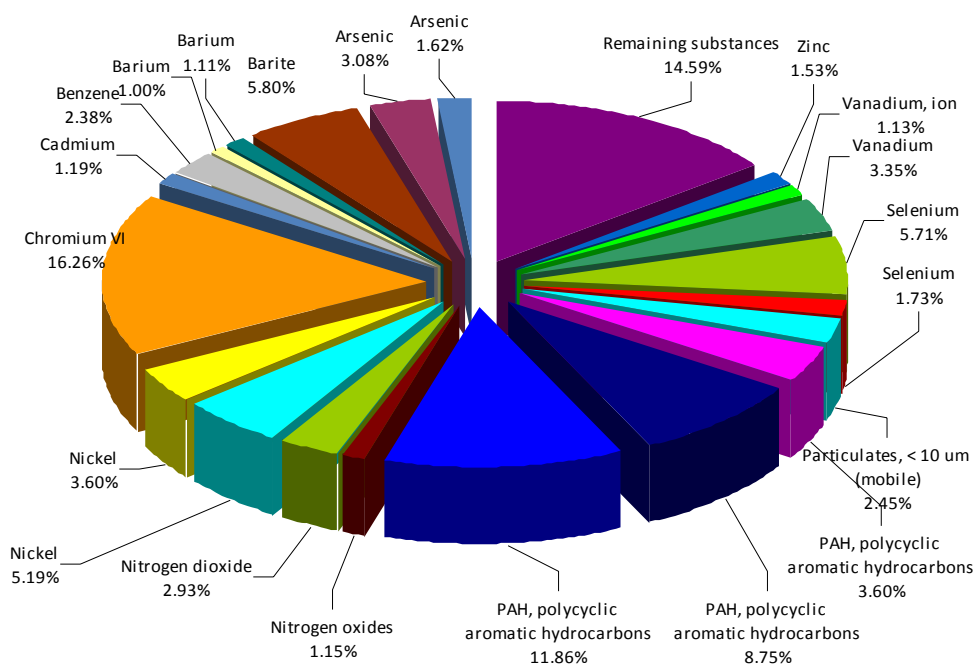


รูปที่ ญ.25 ค่า HTP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.26 ค่า HTP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

6) ภาพรวมศักยภาพการออกซิเดชันของแสง-เคมี (Photochemical Oxidation)

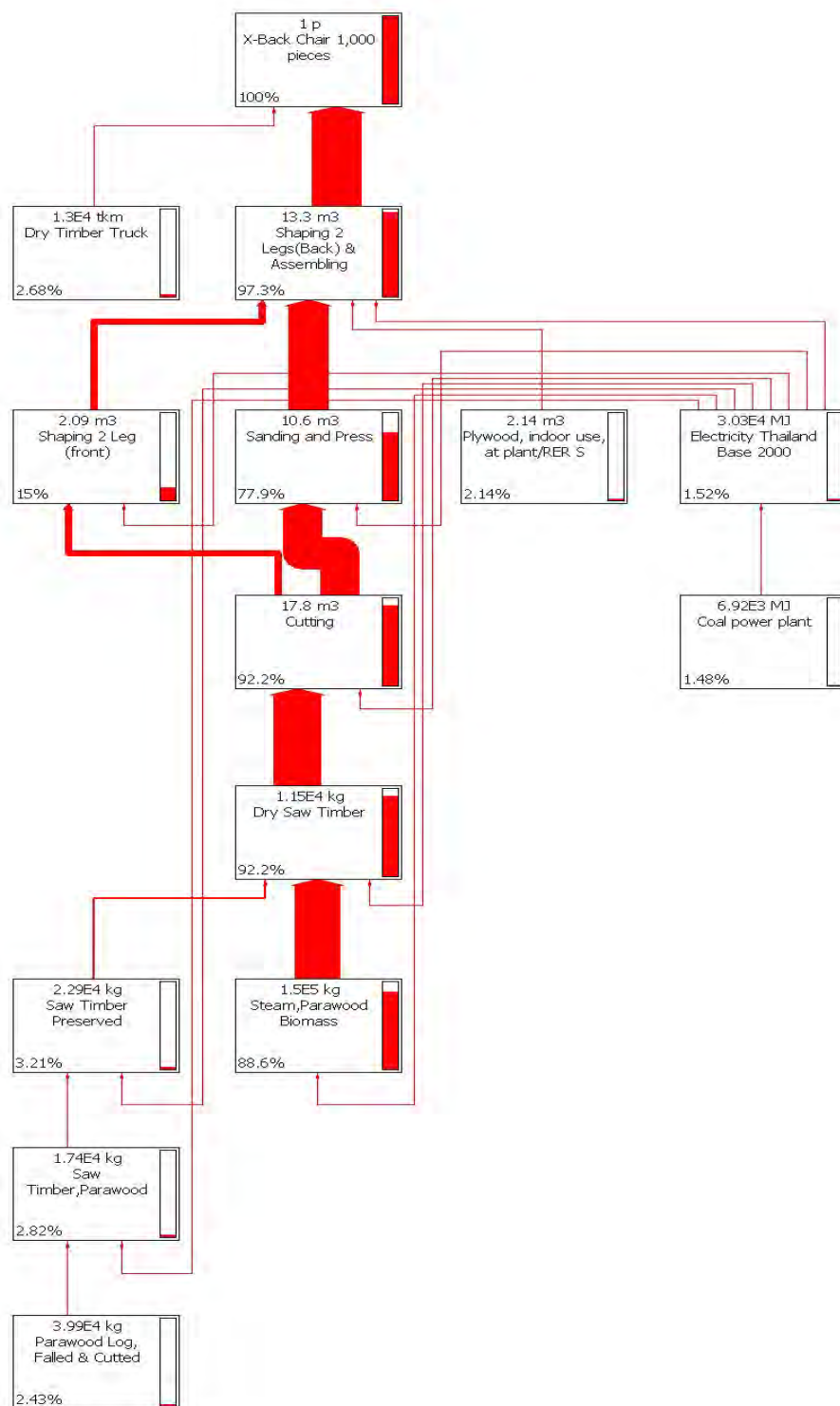
ศักยภาพการออกซิเดชันของแสง-เคมี ตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตแก๊สไม่อย่างพารา X-BACK จำนวน 1,000 ตัว แสดงในรูปที่ ญ.27 ซึ่งพบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือการตัดหญ้า โดยที่ผลกระทบทั้งหมดสามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตและตามสัดส่วนมลสารที่สำคัญต่อการออกซิเดชันของแสง-เคมี ดังแสดงในรูปที่ ญ.28 และ ญ.29 ซึ่งสารที่ก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดคือคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณการปล่อยมลสารต่างๆที่สำคัญสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ญ.24

ตารางที่ ญ.24 ปริมาณมลสารที่สำคัญต่อการการออกซิเดชันของแสง-เคมี จากการผลิต
ไม่อย่างพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์เมตร

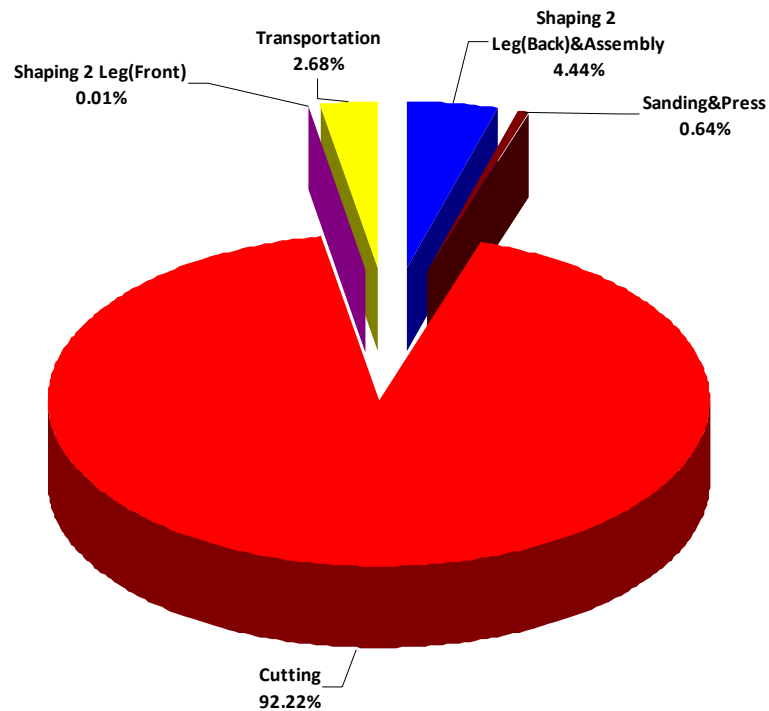
No	Substance	Compartment	Unit	Total
	Total of all compartments		kg C ₂ H ₄	24.41373
	Remaining substances		kg C ₂ H ₄	1.42794
1	Sulfur dioxide	Air	kg C ₂ H ₄	0.548918
2	Nitrogen dioxide	Air	kg C ₂ H ₄	1.401362
3	Methane, biogenic	Air	kg C ₂ H ₄	0.514417
4	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg C ₂ H ₄	20.52109

รูปที่ ญ.27 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านปฏิกิริยาของแสง-เคมีของวัฏจักรชีวิต

การผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK

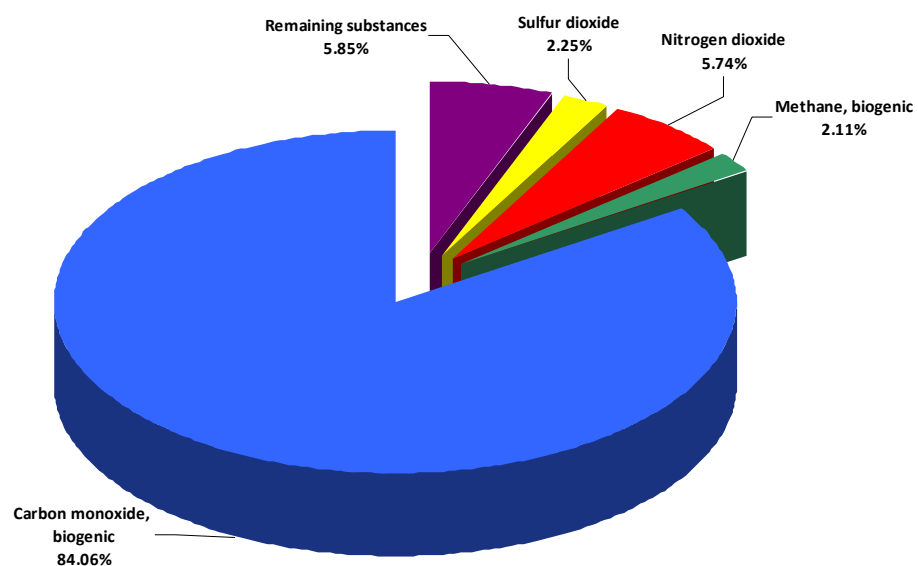


รูปที่ ญ.28 ค่า POCP จำแนกตามกระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

รูปที่ ญ.29 ค่า POCP จำแนกตามมลสารของการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK



Analyzing 1 p 'X-Back Chair'; Method: CML 2 baseline 2000 V2.04 / World, 1990 / characterization

6.3.4 การแปลผลการศึกษา

โครงการการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา (ระยะที่ 1: การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก)

ผลการศึกษากระบวนการผลิตเก้าอี้ไม้ยางพารา X-BACK จำนวน 1,000 ตัวสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลกระทบด้านภาวะการเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำที่พบว่า กระบวนการตัดหยาบเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด แต่หากพิจารณาในสายการผลิตแล้วจะพบว่าผลกระทบนั้นเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปแล้ว ในทำนองเดียวกันสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบด้านภาวะธาตุอาหารของพืชในน้ำเกินสมดุลนั้นมาจากกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเช่นเดียวกัน

ผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนพบว่า กระบวนการตัดหยาบเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งผลกระทบนั้นมาจากขั้นตอนผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

ผลกระทบต่อการหายไปของชั้นโอโซนพบว่า กระบวนการขนส่ง กระบวนการทำขาหลัง และประกอบ และกระบวนการตัดหยาบเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกัน โดยกระบวนการตัดหยาบพิจารณาได้ว่าสาเหตุเกิดตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปแล้ว ส่วนกระบวนการทำขาหลังและประกอบสาเหตุสำคัญเกิดจากวัตถุดิบคือไม้วีเนียร์ (Veneer or Plywood) และการใช้ไนท์-โบลท์ในการใช้ประกอบชิ้นส่วน ซึ่งกระบวนการผลิตไม้วีเนียร์และไนท์-โบลท์ใช้ฐานข้อมูลภายในโปรแกรมมาคำนวณ

ผลกระทบต่อความเป็นพิษของมนุษย์พบว่า กระบวนการทำขาหลังและประกอบเป็นกระบวนการที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยเกิดจากสาเหตุเดียวกันกับผลกระทบด้านการหายไปของชั้นโอโซนคือการใช้วัตถุดิบคือไม้วีเนียร์ (Veneer or Plywood) และไนท์-โบลท์ นอกจากนี้สายการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลกระทบจากกระบวนการตัดหยาบมีสัดส่วนที่สูงเช่นเดียวกัน

และประเด็นสุดท้ายผลกระทบต่อการออกซิเดชันจากปฏิกิริยาแสง-เคมี เมื่อพิจารณาจากสายการผลิตพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไอน้ำในขั้นตอนการอบแห้งไม้ยางพาราแปรรูป

ผลการศึกษาข้างต้นมีประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางสำหรับการจัดทำฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 และฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้ยางพาราหรือมีไม้ยางพาราเป็นองค์ประกอบ ซึ่งในอนาคตฉลากดังกล่าวจะเข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งในการแข่งขันเชิงการค้าในแง่ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ฏ บทความสำหรับเผยแพร่

โครงการวิจัยการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้ LCA สำหรับกิจกรรมแปรรูปไม้ยางพารา ระยะที่ 1 (การตัดโค่น-การแปรรูประยะแรก) ได้ทำการเผยแพร่ผลงานในระหว่างดำเนินการวิจัยและภายหลังสิ้นสุดงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. Korrakot Phomsoda, Chamni Kingkaew, Pimprapai Namanee, Nurak
Grisdanurak, Life Cycle Assessment of Parawood Manufacturing (Primary Phase), The 1st Thammasat University International Conference on Chemical, Environmental and Energy Engineering
2. Korrakot Phomsoda, Chamni Kingkaew, Pimprapai Namanee, Nurak
Grisdanurak, Towards Sustainable Parawood Manufacturing in Thailand: Exploring the Potential in LCA, The 12th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress

Life Cycle Assessment of Parawood Manufacturing (Primary Phase)

Korrakot Phomsoda¹ Chamni Kingkaew² Pimprapai Namanee² Nurak Grisdanurak¹

¹ Department of Chemical Engineering Faculty of Engineering Thammasat University Klongluang Pathumtani Thailand

² Southern College of Technology Toongsong Nakornsrihammarat Thailand

Abstract

Wood devastation has been a big issue in the world regarding to global warming concern. In Thailand, ca. 600,000 Rais of parawood, both expired and still used, were cut and modified in the last 2 years. The great concern of parawood life cycle was investigated. Material and energy balances through out the process starting from sprout to parawood lumber were tracked in detail. A systematical analysis of life cycle was then carried out by Sima Pro version 7.1. A drying process dominated substantially on global warming (59.916%). The cultivation and felling-cutting presented a key role on toxicity and ozone layer.

Keywords: Parawood, LCA, GWP

1. Introduction

Parawood gives one of tremendous benefits to the country by the production of latex and itself. It was reported that about 12,618,792 Rais (1 hectare = 6.25 Rais) for parawood agriculture distributing in the country. Majority is in the south. Presently, more than 10 M rais are under ripping process to produce latex. Average production of latex is recorded to be around 286 kilogram/rai-year [1]. Down stream products of latex are concentrated latex, box rubber, sheet rubber, tire, rubber gloves etc. However, parawood has its life span (20-25 years) to yield latex. After parawood is no longer produce latex, it will be fallen down and supplied to lumber manufacturing.

More than 500 parawood factories are located in Thailand, especially in the south. Not only parawood industries but there also are 250 industries involving in transmutation activity such as parquet, furniture, toy (from a slab cut from a log), plywood, particle board, veneers, palate crate, and charcoal. Additionally, these factories have been increased due to the high product demands. Consequently, parawood price is objected to be increased. The parawood

felling was increased as well. It was reported that more than 0.45 M rais (in year 2004) and 0.22 M rais (in year 2005) were fallen. Moreover, parawood owners decide to shorten parawood life span for bigger incomes, without environmental concern. The question comes up with whether this life cycle is appropriate. The study of life cycle assessment (LCA) was then introduced.

LCA is a “cradle-to-grave” approach for assessing industrial systems. “Cradle-to-grave” begins with the gathering of raw materials from the earth to create the product and ends at the point when all materials are returned to the earth. LCA evaluates all stages of a product’s life [2]. The methodology includes the following stage: goal and scope definition inventory analysis (LCI), impact assessment (LCIA) and interpretation of results [3].

2. Goal and scope definition

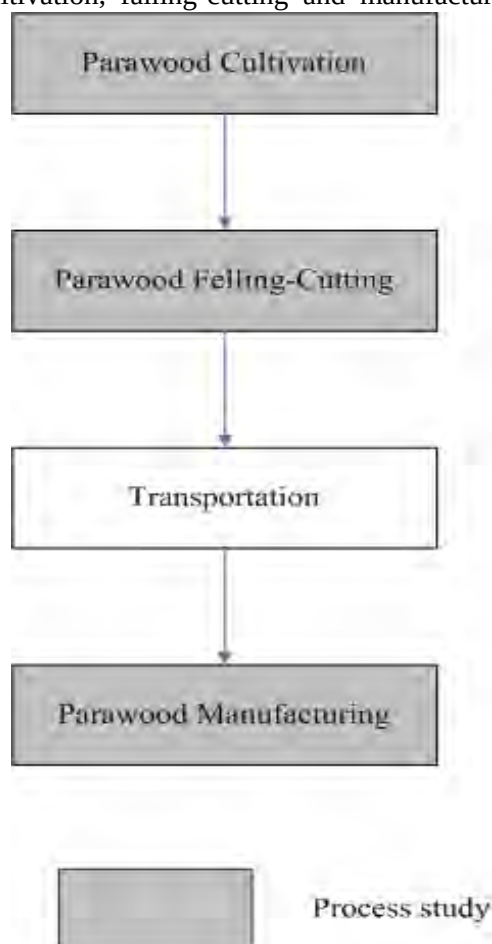
2.1 Goal definition

The aim of study was to identify the step that could associate significant impact on life cycle of parawood manufacturing. In addition, life cycle of steam productions by

biomass and chemical process available in the database was compared. Calculation was carried out based on database in Sima Pro version 7.1.

2.2 Scope definition

The main scope of the study is shown in Figure 1. It separates in three activities as cultivation, falling-cutting and manufacturing



(excluding transportation section).

Figure 1: Main scope of study

2.3 The product and system investigated

The details of each section are shown in Figure 2-4, respectively. Firstly, land has been adjusted which requires fertilizer. During cultivation and harvesting latex, they consume utilities such as fuel (for engines), fertilizers and pesticides. As presented, harvest life time

is about 20-25 years. Afterwards, a falling-cutting is done and delivered to lumber process. Fell parawood with a diameter more than 6 in. will directly to lumber factory, while one with less than 6 in. will directly to lumber factory, while one with less than 6 in. in diameter will be sold to electricity small scale generators. Residues as roots and branches are burnt in the area.

Finally, the lumber was sawn to a product of 1.5×2.5×40 in. and transferred to passivate with boron compounds. After the passivation, all products are indirect-dried by steam for 7 days. Final products are stored in the warehouse. This activity consumes fuel (chain saw and folk lifts), electricity, water, and chemical compound. Seam is generated by using biomass fuel from by-product of sawing process

2.4 The functional unit

The functional unit (FU) is defined as 1,000 ft³ of parawood product stored in warehouse.

2.5 Data Quality

Data for inventory consist of a primary data and tertiary data. For a primary data was prepared by questionnaires (30 parawood owners, 10 agents of felling-cutting and 1 factory for parawood manufacturing). For a tertiary data was extracted from several sources such as department of agriculture, Rubber Research Institute of Thailand, IPCC Guideline workbook 1992, AP-42 Volume I 5th edition and database from Sima Pro 7.0 etc.,

2.6 Allocation Agreements

In this case study, economic allocation was used. The cultivation allocated 14% for parawood and 86% for latex. The falling-cutting allocated 83% for lumber product, 17% for lumber by-product and cut-off root and branches. The manufacturing allocated 94% for parawood product, 5% for slab and 1% for dust.

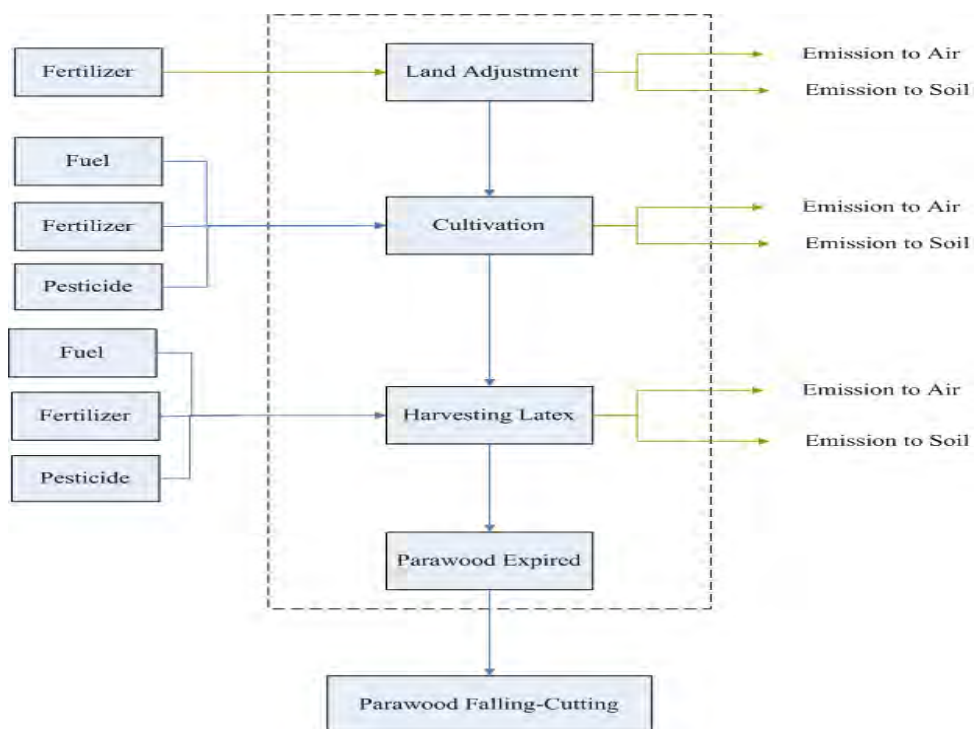


Figure 2: Parawood cultivation and boundary

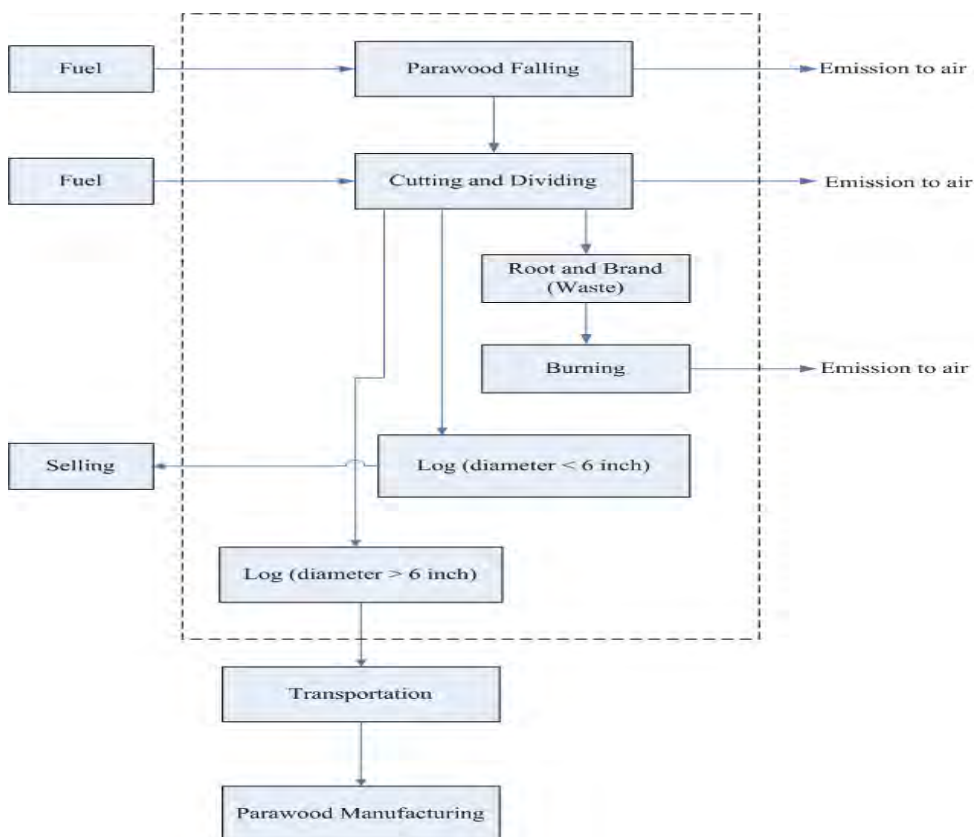


Figure 3: Parawood Felling-Cutting and boundary

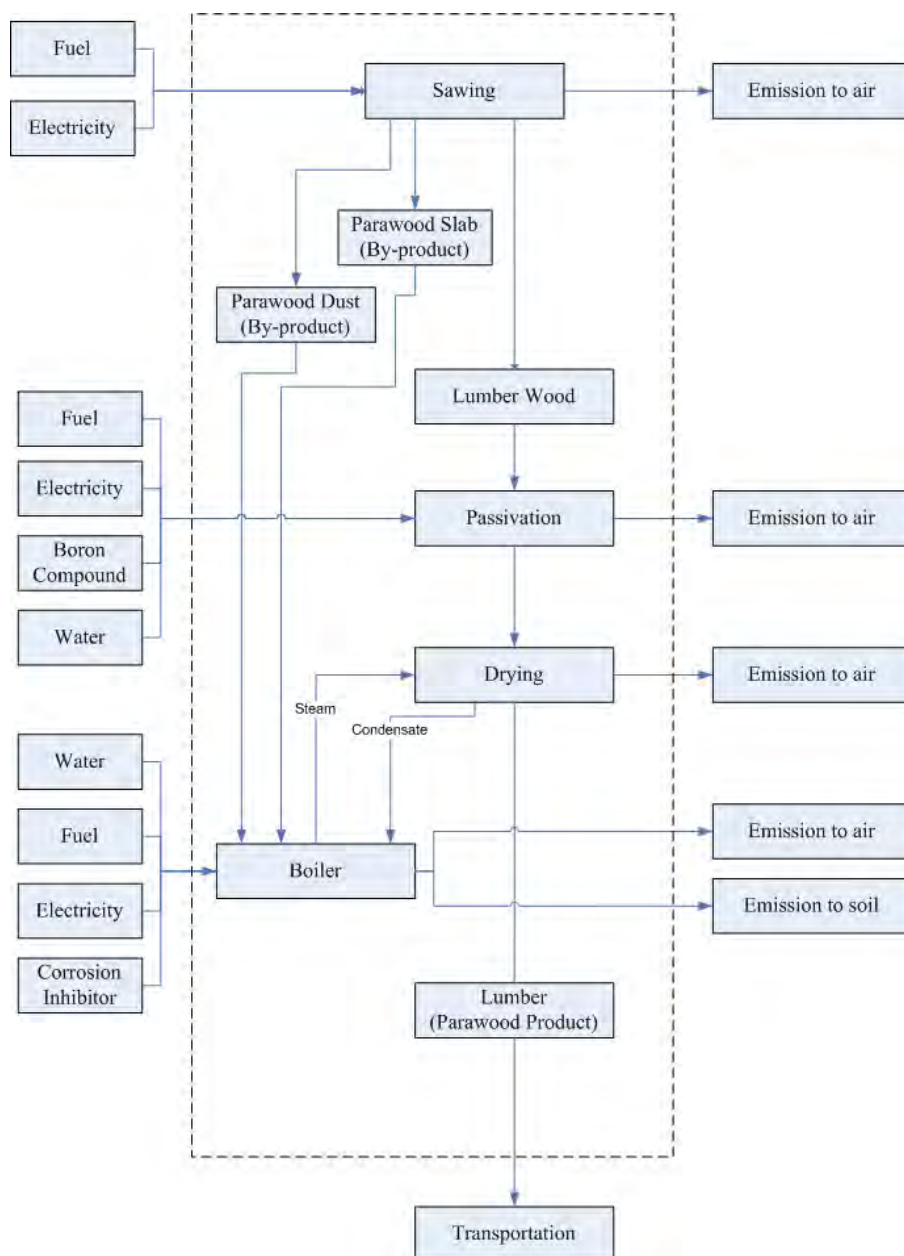


Figure 4: Parawood Manufacturing and boundary

3. Life cycle inventory

3.1 Base on product

The study was carried out and found out that in order to produce 1,000 ft³ of modified parawood, raw material as lumbers of 2,222 ft³ (90.91 tons) and as parawood 6,716.85 ft³ (3.03 Rais) were used.

3.2 Data inventory

The inventories of all activities are shown in Table 1-3

4. Life cycle impact assessment

4.1 Characterization

Parts of classification and characterization were computed based on Sima Pro 7.1 method CML 2 baseline 2000 V2.03 / World, 1990. The contributions to the following impact categories are shown in Table 4

**Table 1 Inventory data of cultivation
(unit/1,000 ft³ of parawood product)**

Input		
Technosphere	Quantity	Unit
Material and fuels		
1. Fertilizer		
a. DAP	103.36	kg
b. Urea	339.92	kg
c. MOP	191.97	kg
2. Pesticide		
a. Paraquat	26.41	kg
b. Glyphosate	1	kg
3. Fuel		
a. Gasoline	39.69	kg
b. Diesel	21.34	kg
Output		
Emission to soil	Quantity	Unit
1. PO ₄ ³⁻	11.84	kg
2. Paraquat	26.41	kg
3. Glyphosate	1	kg
Emission to air	Quantity	Unit
1. N ₂ O ^a	4.11	kg
2. CO ₂	211.60	kg
3. CH ₄	19.05	kg
4. N ₂ O ^b	6.29	kg

a: From fertilizer

b: From fuel

**Table 2 Inventory data of falling-cutting
(unit/1,000 ft³ of parawood product)**

Input		
Technosphere	Quantity	Unit
1. Fuel		
a. Diesel	77	kg
Output		
Emission to air ^a	Quantity	Unit
1. CO ₂	1,371.14	kg
2. CH ₄	29.37	kg
3. N ₂ O	10.66	kg

a: Emission from fuel and burned root and branch

Table 3 Inventory data

a) Sawing (unit/1,000 ft³ of parawood product)

Input		
Technosphere	Quantity	Unit
Material and fuels		
1. Diesel	18.21	kg

Output		
Emission to air	Quantity	Unit
1. CO ₂	60.91	kg
2. CH ₄	5.48	kg
3. N ₂ O	1.81	kg

b) Passivation (unit/1,000 ft³ of parawood product)

Input		
Technosphere	Quantity	Unit
Material and fuels		
1. Diesel	19.32	kg
2. Water	6.5	m ³
3. Boron Compound	4.96	kg
Output		
Emission to air	Quantity	Unit
1. CO ₂	60.91	kg
2. CH ₄	5.48	kg
3. N ₂ O	1.81	kg

c) Drying (unit/1,000 ft³ of parawood product)

Input		
Technosphere	Quantity	Unit
Material and fuels		
1. Diesel	19.32	kg
2. Water	107.92	m ³
3. Corrosion inhibitor	5.68	kg
4. By-product ^a	30.30	ton
Output		
Emission to air	Quantity	Unit
1. CO ₂	16,723.52	kg
2. CH ₄	5.48	kg
3. N ₂ O	1.81	kg
4. CO	509.61	kg
5. SO ₂	0.72	kg
6. PM-10	41.76	kg
7. NO ₂	29.37	kg
8. Water vapor ^b	36.21	m ³

a: Slab and dust from sawing

b: Sum of water vapor from drying, condensate evaporator and blow down boiler

Table 4 Impact categories: method CML 2 baseline 2000 V2.03 / World, 1990

Impact category	Unit
Abiotic depletion	kg Sb eq
Global warming (GWP100)	kg CO ₂ eq
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq
Human toxicity	kg 1,4-DB eq
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄
Acidification	kg SO ₂ eq
Eutrophication	kg PO ₄ --- eq

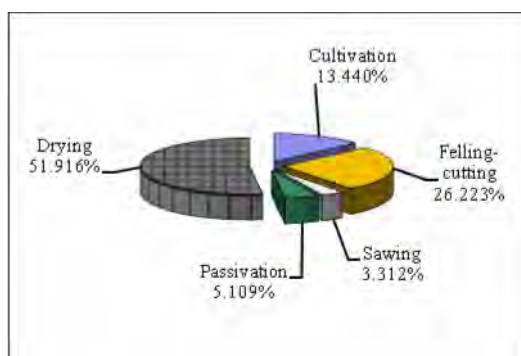


Figure 5: The Characterization of global Warming

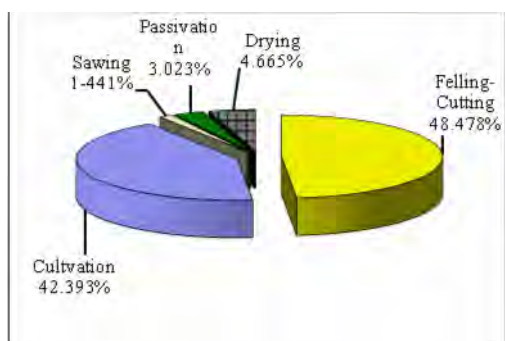


Figure 6: The Characterization of ozone layer

5. Results

The Global warming, ozone layer depletion, human toxicity, and Fresh water aquatic ecotoxicity are presented, while the rests of analysis are excluded because of less impact.

5.1 Global effect

Figure 5 presents global warming impact results. It was obviously that drying process showed large contribution of 51.916%. This might result from high consumptions of electricity. Falling and cutting also presented in big portions. This should result from bad qualities of old and machines without maintenance. However, for the concern of ozone layer in Figure 6, falling-cutting and cultivation contributed in large portions of 48.47% and 42.39%, respectively. These due to their high emission of biomass combustion directly to air and consumption of fossil fuels in agriculture, falling and cutting tree.

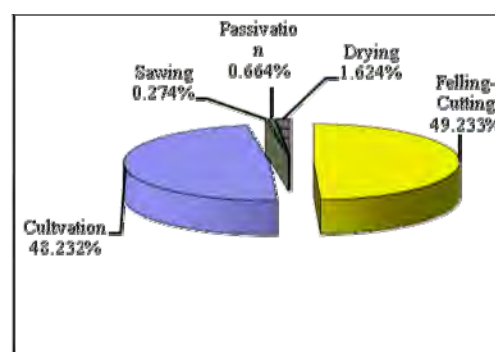


Figure 7: The Characterization of human toxicity

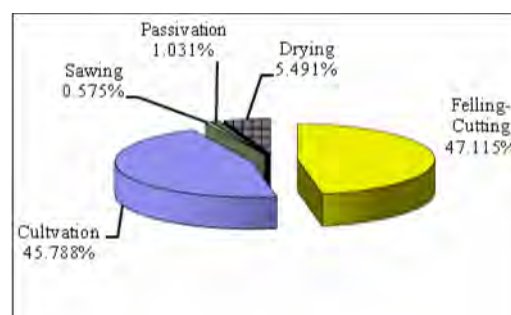


Figure 8: The Characterization of fresh water aquatic ecotoxicity

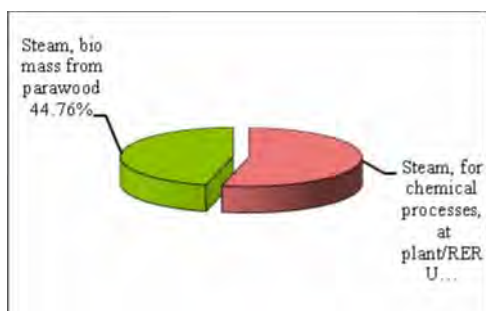


Figure 9: The Comparison of global warming category between steam generations 1 kg

5.2 Toxicity

The characterizations of human toxicity and fresh water aquatic ecotoxicity are shown in Figure 7 and 8. The falling-cutting and cultivation contributed similar impacts in toxicity because they both consumed pesticides. As shown in Table 1 and 2, pesticides emitted toxic chemical vapors to both soil and air presenting in term of N_2O .

5.3 Comparison technology

As presented, drying contributed a major impact on global warming (Figure 5). It might be very interesting to determine whether another alternative option could be reduce the impact. In this case, steam will be a key factor to investigate. The generation of steam in boiler unit of drying process then was compared to steam generated from chemical process base on 1 kg steam. Figure 9 shows a comparison contribution to GW from both steam productions. It was found that steam from chemical process produce more effect to environment than steam from boiler unit (use parawood fuel) about 10%. This result was not significant in term of number, however, with the high number of factories,

the reduction of emission should object to big impact.

6. Conclusion

The life cycle study for parawood manufacturing identified that the drying process was the most contribution of global warming. The falling-cutting and cultivation presented both effects on ozone layer and toxicity. The comparison between steam generations from drying process emitted 10% less compared to steam generation.

Acknowledgement

The Thailand Research Fund is gratefully acknowledged for financial support. Database for Thailand electricity grid contribution was provided by National Metal and Materials Technology Center.

References

- [1] Rubber Research Institute of Thailand, Technical Report 20004 (Avalable from <http://www.rubberthai.com/> (15 May 2007)
- [2] Scientific Applications International Corporation (SAIC), Life cycle assessment: Principles and practice, National risk management research laboratory office of research and development U.S. environmental protection agency Cincinnati, 2006
- [3] Hospido, A., Moreira, M.T. and Feijoo, G., Simplified life cycle assessment of Galician milk production, International, Dairy Journal, Vol.13, pp.789-796, 2003.



Towards Sustainable Parawood Manufacturing in Thailand: exploring the potential in LCA

K. PHOMSODA¹, C. KINGKAEW², P. NAMANEE², N. GRISDANURAK^{1,2*}

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,

²National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management:
Thammasat University, Pathumthani 12120, THAILAND

³Southern College of Technology, Tung-song, Nakorn Srithammarat THAILAND

*Corresponding author: gnurak@engr.tu.ac.th

ABSTRACT

Parawood gives one of tremendous benefits to the country (Thailand) by the production of latex and wood itself. Presently, parawood cultivation has occupied large area, ca. 13 M Rais (1 hectare = 6.25 Rais). With a rapid demand of wood appliances, the higher devastation rate was increased and became a big issue in the country and the world regarding to global warming concern. In Thailand, ca. 600,000 Rais of parawood, both expired and still used, were cut and modified in the last 2 years. The great concern of parawood life cycle was investigated. Material and energy balances through out the process starting from sprout to parawood lumber were tracked in detail. A systematically analysis of life cycle was then carried out by method CML 2 baseline 2000 V2.03. A Transportation process contributed substantially on global warming (0.09%) higher than other activities (the value of others processes are less than zero), while processes of drying presented a key contribution on human toxicity, eutrophication and ozone layer. The quantitative amount of those environmental contributions could be used as background data for further wood product eco-design.

Introduction

Parawood is one of economic plants in the Southeast Asia. During its life span, parawood has produced a lot of concentrated rubber latex solution. Its life span is approximately 20-25 years. Afterwards, it is fallen down and supplied to more than 500 lumber manufactures in the country. Thailand disclosed that more than 479,000 Rai (177,00 acre) has been cut down annually, recorded in the year 2003-2007¹. This could be equivalent to a large deforestation, which environmentalists say is one of the most pressing concerns affecting the planet, both greenhouse gases and the agents of acid rain. It is therefore essential to involve the parawood manufacturing to achieve sustainable development in the society. Life cycle assessment (LCA) is a very helpful tool in this regard that not only provides an account of materials and energy involved in a product or system but also measures the associated environmental impacts, as also highlighted by the 'Earth Summit 2002'.²

Methodology

Life cycle assessment is consisted of following components: goal definition and scope, inventory analysis, impact assessment and interpretation (ISO, 2000).

Goal definition and scope

Functional unit is dried saw timber 1,000 ft³



Figure 1 Scope of Parawood

Life Cycle Assessment

Inventory analysis

It provides a quantitative input/output account of the product or system as show in Figure 2.2 – 2.5

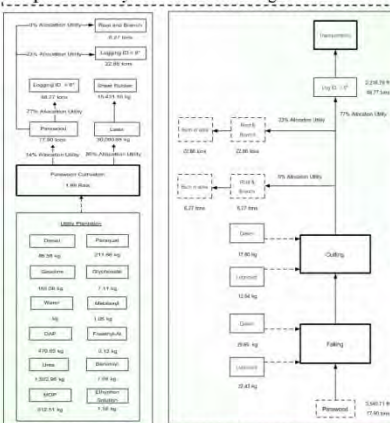


Figure 2 Cultivation

Figure 3 Falling-Cutting Inventory

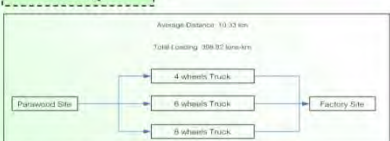


Figure 4 Transportation Inventory

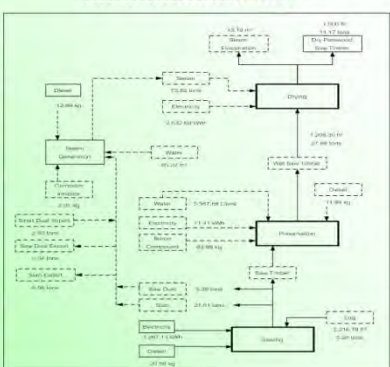


Figure 5 Manufacturing Inventory

Impact Assessment

SimaPro 7.1 (designed by Pre Consultant) incorporated with Thailand electric grid inventory was used for the evaluation in this study. All impact assessment shows in Figure 7

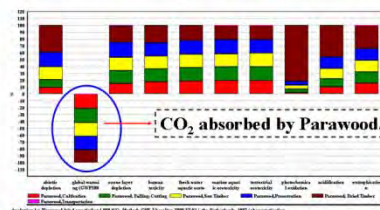


Figure 7 Environmental Impact Assessment of 10 categories

Interpretation

Impact category	Cultivation	Felling-Cutting	Saw Timber	Preservation	Dried Timber	Transportation
Global Warming (GWP100)	-21.04%	-20.85%	-19.97%	-19.91%	-18.33%	0.09%
Ozone Layer Depletion (ODP)	14.82%	19.06%	19.55%	21.52%	23.12%	1.93%
Human Toxicity	17.55%	18.65%	18.52%	19.81%	25.02%	0.45%
Eutrophication	15.60%	16.16%	16.94%	17.18%	34.04%	0.09%

Figure 8 Percentage of Impact Assessment of 4 categories

Conclusion

- Transportation process is higher contribution on GWP than other processes. (0.09%)
- Drying process is a large proportion on Ozone layer depletion (23.12%) human toxicity (25.02%) and eutrophication. (34.04%)

Reference

1. [http://www.tpa-rubberwood.org./\[path:fulltext/index.php?detail=article&page=3\]](http://www.tpa-rubberwood.org./[path:fulltext/index.php?detail=article&page=3]) access date: 8 April 2008
2. <http://www.nu.org/geninfo/bp/envirp2.html> access date: 9 April 2008

Acknowledgement

Financial support of this work from Thai Research Fund (RDG:4930028) is acknowledged with gratitude