



## การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมไม้ ยางพาราแปรรูป (บริษัทกรณีศึกษา)

### Failure Mode and Effect Analysis for Para wood Manufacturing (A Case Study of Company)

จutamaศ พรหมมนตรี<sup>1\*</sup>, วาริพร ชุศรี<sup>1</sup>, บุตรี บุญโรจน์พงค์<sup>2</sup> และนพดล ชุเศษ<sup>3</sup>  
Jutamas Prommontree<sup>1\*</sup>, Wareeporn Chusri<sup>1</sup>, Bootree Boonrotepong<sup>2</sup> and  
Noppadon Chooset<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาการจัดการ, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

<sup>1</sup> Assistant professor, Department of Business Administration, Hatyai Business School,  
Hatyai University.

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาการบัญชี, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่

<sup>2</sup> Lecturer of Program in Accounting, Hatyai Business School, Hatyai University.

<sup>3</sup> อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาการจัดการ, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

<sup>3</sup> Lecturer of Program in Management, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of  
Technology Srivijaya

\*Corresponding author, E-mail: jutamas@hu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูป: บริษัทกรณีศึกษา วัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูป 2) เพื่อเสนอมาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง แผนผังแสดงสาเหตุและผล แผนผังพาเรโต และตาราง FMEA พบลักษณะข้อบกพร่องที่มีเปอร์เซ็นต์สูง 3 ข้อบกพร่อง 1. ลายดำ 2. เปลือกยาว 3. ตาหลายจุด ตามลำดับ สาเหตุหลักเกิดจากวัตถุดิบ, วิธีการสุ่มตรวจ และพนักงาน นำมาวิเคราะห์หาค่าระดับความเสี่ยง (RPN) ของสาเหตุข้อบกพร่อง เลือกทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่าระดับความเสี่ยง (RPN) เปอร์เซ็นต์สะสมไม่เกิน 80% พบ 4 สาเหตุหลักเพื่อกำหนดมาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ

**คำสำคัญ:** อาการขัดข้องและผลกระทบ, ระดับค่าความเสี่ยง, การปรับปรุง



## Abstract

Failure Mode and Effect Analysis for Para wood Manufacturing (A Case Study of Company) The purposes of this research were (1) to study failure mode and effect analysis for the Para wood Manufacturing (2) to proposed measures to counter the trend of the cause. Using structured interviews, the cause and effect diagram, Pareto and FMEA. Found that a high percentage of defects, black stains, long barks, many knots. The main cause and solution by raw materials, methods of sampling and employees. Were analyzed for the level of risk (RPN) of the defect. Select data were analyzed with the risk priority number (RPN) cumulative percentage of 80%. The four main reasons to adopt measures to counter the trend.

**Keywords:** Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number, Improvement

## บทนำ

อุตสาหกรรมไม้ยางแปรรูปของไทยแม้ภายนอกจะดูสดใสอย่างที่เห็นจากตัวเลขส่งออกที่ขยายตัวดี แต่ภายในอุตสาหกรรมเองต้องเผชิญการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นเป็นผลให้กำไรต่อหน่วยมีแนวโน้มลดลง อีกทั้งยังมีความท้าทายซ่อนอยู่หลายประการ ทั้งการพึ่งพิงจีนตลาดเดียว การขาดแคลนแรงงาน รวมถึงการกีดกันการค้าจากมาตรฐานจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน จึงเป็นโจทย์สำคัญให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องได้ตระหนักและวางแผนปรับตัวในในระยะข้างหน้า จากภาพรวมอุตสาหกรรมไม้ยางแปรรูปที่ขยายตัวดีในช่วงที่ผ่านมาจึงทำให้ผู้ประกอบการไม้ยางแปรรูปรายใหม่เข้ามาในอุตสาหกรรมนี้มากขึ้น ขณะที่รายเดิมก็ทำการขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับวัตถุดิบไม้ยางที่ออกมาต่อเนื่อง ประกอบกับความต้องการไม้ยางจากจีนที่มีต่อเนื่องทำให้การแข่งขันเพิ่มสูงขึ้นซึ่งแม้จะไม่ได้เป็นปัญหาต่อตลาดในภาพรวม แต่กระทบกับผู้ประกอบการค่อนข้างมาก เนื่องจากการแข่งขันแย่งชิงวัตถุดิบกันมากขึ้น ทำให้ราคาไม้ยางซื้อขายอยู่ในระดับสูง ขณะที่ราคาขายถูกกดดันให้ลดลงจากการแข่งขันในการขายไม้ยางแปรรูปที่รุนแรงขึ้นเช่นกัน เป็นผลให้กำไรต่อหน่วยของผู้ประกอบการปรับลดลง สะท้อนผ่านกำไรขั้นต้นต่อรายได้รวมของธุรกิจไม้ยางแปรรูปในภาพรวม จากข้อมูลของกรมพัฒนาธุรกิจการค้าที่ขยายตัวชะลอตัวจากร้อยละ 14.8 ในปี 2558 สู่ระดับร้อยละ 8.9 ในปี 2559 (ธนายุส บุญทอง และ นางนิลวรรณ พูเพื่องสิน, 2561)

### ผู้ประกอบการเผชิญความท้าทายสำคัญอีก 3 ประการ

1. ความท้าทายประการแรก เกิดจาก “ด้านการตลาด ที่มีคู่แข่งไม่หลากหลาย” กระจุกตัวเฉพาะตลาดจีน ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ใดๆ ที่กระทบต่ออุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางของจีน อาจทำให้อุตสาหกรรมไม้ยางแปรรูปของไทย ได้รับผลกระทบตามไปด้วย ดังที่เกิดขึ้นแล้วในช่วงปลายปี 2560 ที่รัฐบาลจีนมีความเข้มงวดด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ทำให้โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ของจีนที่ไม่ผ่านมาตรฐานสิ่งแวดล้อมต้องปิดตัวลงชั่วคราว ส่งผลให้การส่งออกไม้ยางแปรรูปของไทยไปจีนชะลอตัวลงในไตรมาสสุดท้ายของปี

2. การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะในกระบวนการเลื่อยไม้ ทำให้ไม่สามารถผลิตได้อย่างเต็มศักยภาพ นอกจากนี้ การใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติเพื่อทดแทนแรงงานที่ขาดแคลน ก็ยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูงแต่คุณภาพไม้ยังสู้การใช้แรงงานคนไม่ได้



3. การกีดกันการค้าจากมาตรฐานจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืน ซึ่งมีความเป็นไปได้ในอนาคตที่จีน ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้รายสำคัญของโลกและเป็นคู่ค้าไม้ยางแปรรูปหลักของไทย อาจต้องการการรับรองมาตรฐาน เช่น Forest Stewardship Council (FSC) ด้วย

ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจำเป็นต้องวางแผนปรับตัว 1) หาดตลาดอื่นเพิ่มเติมเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการพึ่งพิงจีนเพียงตลาดเดียว โดยเฉพาะตลาดอินเดียแนวโน้มความต้องการไม้ยางของอินเดียที่เติบโตต่อเนื่องตามอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ที่เติบโต 2) เพิ่มการใช้ไม้ยางแปรรูปในประเทศให้มากขึ้น โดยเฉพาะการใช้ไม้ยางแปรรูปในโครงการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ของภาครัฐ และสนับสนุนให้มีการเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในลักษณะ Niche ที่เน้นให้ความสำคัญเรื่องมาตรฐานและการออกแบบรูปผลิตภัณฑ์และการใช้งานที่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าในตลาดที่มีศักยภาพ เช่น ยุโรป เป็นต้น 3) พัฒนาฝีมือแรงงานที่ไม่มีทักษะให้มีทักษะในกระบวนการเลื่อยไม้มากขึ้นผ่านการพัฒนาและฝึกอบรมฝีมือแรงงานในแต่ละโรงงาน 4) ภาครัฐควรมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเข้าใจและให้ทุกภาคส่วนตระหนักถึงความสำคัญของมาตรการจัดการสวนป่าอย่างยั่งยืนและผลักดันให้เกิดการรับรองมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นรูปธรรมจะทำให้มีโอกาสขยายตลาดไปยังประเทศอื่นที่มีศักยภาพและสามารถใช้มาตรฐานในการสร้างจุดขายเพื่อเสริมอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ยางในลักษณะ Niche ต่อไป (ธนายุส บุญทอง และนางนิลวรรณ พู่เฟื่องสิน, 2561) ดังนั้นการที่ธุรกิจอยู่รอดและมีอำนาจในการแข่งขันกับตลาดได้มีความจำเป็นในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปที่ไม่มีคุณภาพซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้นเนื่องจากการผลิตของเสีย

บริษัทกรณีศึกษา เป็นบริษัทแปรรูปไม้ยางพาราที่ประสบปัญหาเรื่องคุณภาพไม้ยางพาราแปรรูปและส่งผลให้เกิดข้อร้องเรียนจากลูกค้า จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้เห็นถึงความสำคัญที่จะศึกษาและวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถแข่งขันได้ในตลาดทั้งภายในและต่างประเทศต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูปและเสนอมาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ

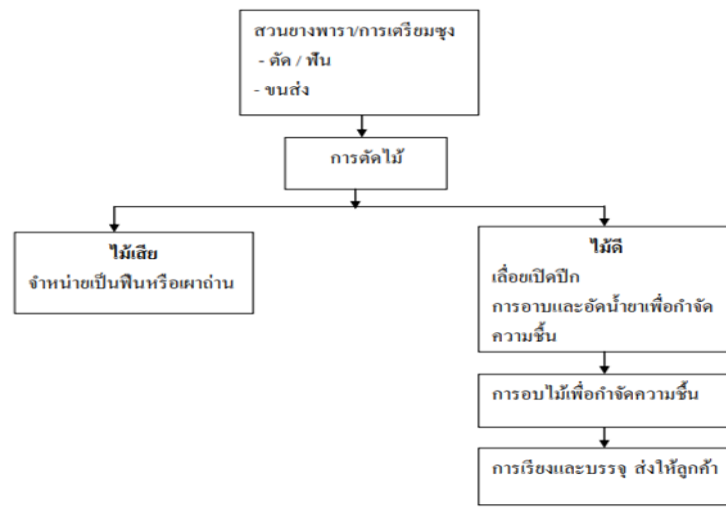
### แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ไม้ยางพารา (Pará rubber wood หรือนิยมใช้ว่า rubberwood หรือ parawood) หรือบางครั้งเรียกอย่างย่อว่า ไม้ยาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* เป็นไม้ที่นิยมนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ไม้คุณภาพสูง เนื่องจากคุณสมบัติเด่นที่เหมาะสมกับการนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ เช่น ความหนาแน่นของเนื้อไม้ สีสนที่สวยงาม การหดตัวน้อย และสามารถตกแต่งผิวได้ง่าย นอกจากนี้ไม้ยางพารายังได้ชื่อว่าเป็นไม้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม้ยางพาราได้มีการนำส่วนต่างๆ ทั้งหมดมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ตั้งแต่ยางของต้นไม้อันจนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ตัดไม้ออกมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ ลักษณะของต้นยางพารานั้นมีลักษณะเป็นต้นไม้ที่สูงที่สุด ลำต้นสามารถสูงได้มากกว่า 30 เมตร ตัวยางมีสีขาวหรือสีเหลือง โดยถูกเก็บอยู่ภายใต้เปลือกไม้ โดยท่อน้ำเลี้ยงจะวางตัว 30 องศากับแนวระดับวนเป็นวงเกลียวรอบต้นไม้ ซึ่งขั้นตอนการกรีดยางจะเริ่มเมื่อต้นยางมีอายุได้ประมาณ 5 – 6 ปี ไม้ยางพารามีต้นกำเนิดจากป่าในแถบลุ่มน้ำแอมะซอน ในทวีปอเมริกาใต้ โดยมีการค้นพบครั้งแรกราว พ.ศ. 2382 (หรือ ค.ศ. 1839) ชื่อของต้นยางพารานั้น

มาจากชื่อ รัฐปารา (Pará) ของประเทศบราซิลที่มีต้นยางประเภทนี้เป็นจำนวนมากและต่อมาได้กลายมาเป็นคำว่า พารา ที่คล้องกับคำไทยที่มีความหมายว่า "เมือง" ซึ่งใช้เรียกกันมาว่าไม้ยางพาราจนถึงปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยปลูกต้นยางพารามากที่สุดในบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย และปัจจุบัน มีการกระจายปลูกในทุก ๆ ภาคของประเทศ (บริษัทเบทเทอร์เวิร์คส จำกัด, 2559)

### ขั้นตอนและกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

การผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเริ่มจากการนำไม้ยางพาราจากสวนยางพาราโดยนายหน้าหรือเจ้าของโรงงานแปรรูปจะเข้าไปรับซื้อต้นยางพาราในลักษณะการขายยกสวน หลังจากตัดโค่นต้นยางพาราจะนำไม้ท่อนบรรทุกด้วยรถยนต์และนำไปขายให้โรงงานแปรรูประยะเวลาที่ดำเนินการตั้งแต่การตัดโค่นต้นยางพาราใช้เวลา 1 ถึง 3 วัน เพื่อลดการถูกทำลายจากเชื้อราและแมลงราเจาะทำลายไม้ยางพารา



### ภาพประกอบที่ 1 ขั้นตอนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป

ที่มา: วีรศักดิ์ ตูลยาพร (2543)

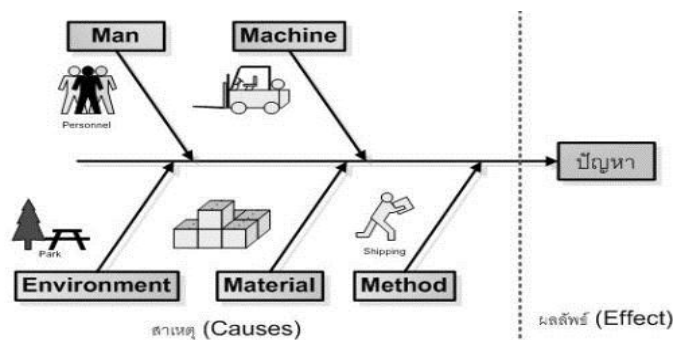
คุณสมบัติของไม้ยางพารา แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1. คุณสมบัติด้านบวก เช่น ลักษณะเนื้อไม้มีปริมาณแป้งอยู่ในเนื้อไม้ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น ๆ พบว่าปริมาณแป้งที่มีในไม้ยางพารานั้น มีอยู่สูงถึง 5.08% ในขณะที่ไม้ชนิดอื่น ๆ โดยเฉลี่ยไม่เกิน 1% เท่านั้น, น้ำหนักและความแข็งแรง ไม้ยางพารามีความหนาแน่นขณะเมื่อไม้มีความชื้น 12% อยู่ในช่วง 0.62 –0.70 กรัม/ซม.<sup>3</sup> และโดยเฉลี่ยจะมีความหนาแน่นเป็น 0.65 กรัม/ซม.<sup>3</sup>, คุณสมบัติเกี่ยวกับการแห้ง ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่อบแห้งง่ายและรวดเร็ว การหดตัว, ความยากง่ายในการตกแต่งเครื่องจักร ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่แปรรูปได้ง่าย ทั้งการกร่อนของฟืนเลื่อยหรือคมมีดในการเลื่อย – ตกแต่งมีน้อยมากเมื่อเทียบกับไม้สัก 2. คุณสมบัติด้านลบ เช่น ตาหนิที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ตาไม้และไส้ไม้ ส่วนใดที่มีตาไม้จะต้องทำการตัดออกทิ้งไป ทำให้ไม้ยางพาราแปรรูปท่อนนั้นใช้ประโยชน์ได้น้อยลง และธรรมชาติของไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีตาไม้มาก, ตาหนิที่เกิดจากไม้ที่โตเร็วและมีการตัดฟันมาใช้ประโยชน์เมื่อยังมีอายุน้อย ในเนื้อไม้จะมีแรงเค้นที่เกิดจากการเจริญเติบโตหรือที่เรียกว่า “growth stress” เป็นผลทำให้ไม้ยางพาราแปรรูปเกิดการโก่งงอ, ตาหนิเกี่ยวกับความผิดปกติของเซลล์เนื้อไม้ และตาหนิเนื่องมาจากการกรีดยาง

### การควบคุมคุณภาพสินค้า

อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2532) ได้กล่าวว่าในกระบวนการผลิตสินค้าใด ๆ ส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดผลผลิตที่ดีก็คือ คน เครื่องจักร และวัตถุดิบ กล่าวคือถ้าส่วนประกอบทั้งสามไม่มีความบกพร่องสินค้าที่ผลิตมาได้อาจอยู่ในระดับมาตรฐานน่าเชื่อถือสำหรับผู้บริโภค

เครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพในกระบวนการทำงานช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา การเลือกปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและการวิเคราะห์สาเหตุแห่งปัญหาที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขได้ถูกต้องตลอดจนจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

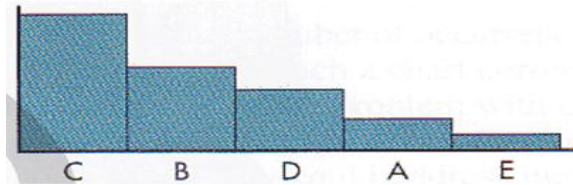
**แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)** เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) สาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ (Possible Cause) มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาสาเหตุแห่งปัญหาหรือเพื่อทำการศึกษาทำความเข้าใจหรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่น การทำผังก้างปลาแล้วจะทำให้สามารถรู้กระบวนการของหน่วยงานอื่นได้ง่ายขึ้นในการระดมสมองช่วยให้ทุก ๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา แผนผังนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกในปี ค.ศ. 1943 โดยศาสตราจารย์คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียวสำนักมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (JIS) โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1.กำหนดประโยคของปัญหาที่หัวปลา ให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ 2.กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้น ๆ ช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่าง ๆ ได้ และเป็นเหตุเป็นผล หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) M : Man คนงานหรือพนักงาน หรือบุคลากร M : Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก M : Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ M : Method กระบวนการทำงาน E : Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน หากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็อาจจะเปลี่ยนเป็นอย่างอื่น เช่น 4P ประกอบด้วย Place, Procedure, People และ Policy (วันรัตน์ จันทกิจ, 2547)



ภาพประกอบที่ 2 แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) )

ที่มา : [https://perchai.wordpress.com/\(2012\)](https://perchai.wordpress.com/(2012))

แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับแสดงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบจากมากไปหาน้อยด้วยกราฟแท่งควบคู่ไปกับการแสดงค่าสะสมของความถี่ด้วยกราฟเส้น ซึ่งแกนนอนของกราฟเป็นประเภทของปัญหาและแกนตั้งเป็นค่าร้อยละของปัญหาที่พบ แผนภูมิพาเรโตใช้เลือกปัญหาที่จะลงมือทำ ดังนั้นจึงควรเลือกแก้ไขปัญหาที่สำคัญซึ่งถ้าแก้ไขได้จะลดข้อบกพร่องด้านคุณภาพลงได้มาก



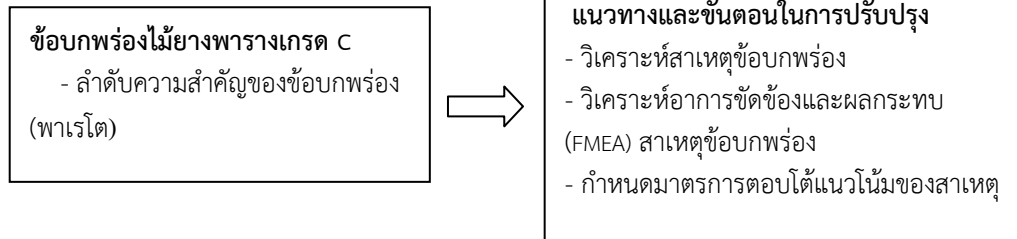
ภาพประกอบที่ 3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

ที่มา : William, J. Stevenson (2002)

เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เป็นเทคนิคในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและกระบวนการผลิตซึ่งใช้วิเคราะห์ระบบและบ่งชี้โอกาสของปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการ เพื่อเตรียมหาวิธีป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นหรือเมื่อเกิดขึ้นและจะเกิดความรุนแรงและผลกระทบที่ตามมาน้อยที่สุด

ขั้นตอนการดำเนินการ FMEA 1) จัดทำแผนผังการไหลของกระบวนการ 2) ทีมงานวิเคราะห์กระบวนการ ต้องประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีประสบการณ์ในกระบวนการนั้น ๆ 3) ระบุกระบวนการที่จะทำการวิเคราะห์ในแผนผังการไหลในกระบวนการ 4) ระบุแนวโน้มข้อบกพร่อง หากกระบวนการนั้นไม่สามารถเป็นไปตามหน้าที่กระบวนการหรือข้อกำหนด 5) ระบุแนวโน้มผลกระทบที่เกิดขึ้นจากข้อบกพร่อง 6) ระบุความรุนแรง เป็นการประเมินและจัดลำดับความเลวร้ายของผลกระทบข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า 7) ระบุสาเหตุหรือกลไกข้อบกพร่อง (หาสาเหตุที่แท้จริงไม่ใช่อาการ) ที่เกิดขึ้นให้ได้ชัดเจน ซึ่งจะต้องเป็นสาเหตุที่แก้ไขและควบคุมได้ 8) ระบุโอกาสการเกิดขึ้น (Occurrence: O) ซึ่งคาดการณ์ว่าสาเหตุข้อบกพร่องแต่ละสาเหตุจะเกิดขึ้นถี่มากน้อยเพียงใด อัตราข้อบกพร่องเป็นไปได้อยู่บนพื้นฐานของข้อบกพร่องที่คาดการณ์ได้หรือข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นในกระบวนการ 9) ระบุการควบคุมกระบวนการปัจจุบัน โดยอธิบายรายละเอียดการควบคุมกระบวนการปัจจุบันที่ใช้ป้องกัน หรือการตรวจจับข้อบกพร่องหรือสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่วิเคราะห์นั้น ๆ 10) ระบุการตรวจจับ (Detection: D) เป็นการจัดลำดับที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับรายการของการตรวจจับที่ดีที่สุดที่ระบุการควบคุมปัจจุบันและแยกจากกัน 11) ระบุหมายเลขลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number, RPN) เป็นผลที่ได้จากค่าความรุนแรง (S) โอกาสการเกิด (O) และการตรวจจับ (D) ตามสูตร  $RPN=(S) \times (O) \times (D)$  12) ระบุคำแนะนำสำหรับการแก้ไข สำหรับการแก้ไขหรือป้องกันจะต้องมุ่งไปสู่การดำเนินการสำหรับรายการที่มีค่า RPN สูงหรือรายการใด ๆ ที่ทีมงานสรุปและระบุว่าควรจะดำเนินการก่อน

## กรอบแนวคิดในการวิจัย



## วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพหรือแบบผสมผสาน (Mixed Method) การวิจัยเชิงปริมาณเพื่อจำแนกความสำคัญข้อบกพร่องเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยและประเมินลำดับค่าความเสี่ยง (RPN) การวิจัยเชิงคุณภาพเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์อย่างมีโครงสร้างเพื่อวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหาตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบจนกระทั่งขั้นตอนการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า สรุป อภิปรายผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร โรงงานแปรรูปไม่ยางพาราตัวอย่างในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 1 โรงงาน

## เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แบบสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์เตรียมแบบสัมภาษณ์ไว้เรียบร้อยแล้วโดยใช้ข้อความเพื่อให้ได้คำตอบสอดคล้องตามวัตถุประสงค์
2. แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) ค้นหาสาเหตุที่ส่งผลให้ข้อบกพร่องไม่ยางพาราจากกระบวนการผลิต ใน 4 ด้าน คือ ด้านบุคคล ด้านวัตถุดิบ ด้านวิธีการ และด้านเครื่องจักร
3. แผนผังพาราโต (Pareto Chart) จำแนกความสำคัญข้อบกพร่องเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย โดยปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีลำดับความสำคัญ 1-3 จะถูกนำมาหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขเป็นลำดับแรก
4. เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) เพื่อประเมินลำดับค่าความเสี่ยง (RPN) นำไปใช้หรือประยุกต์ใช้

## วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ค้นหาปัญหาและกำหนดหัวข้อแก้ไขปัญหา โดยเก็บรวบรวมข้อมูลข้อร้องเรียนของลูกค้าและจำนวนข้อบกพร่องพบบ่อยครั้ง
2. สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ ของอุตสาหกรรมแปรรูปไม่ยางพาราตั้งแต่ขั้นตอนการรับวัตถุดิบจนกระทั่งขั้นตอนการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้า โดยกำหนดหัวข้อการสัมภาษณ์จากหัวข้อปัญหาและวิเคราะห์สาเหตุด้วยแผนผังสาเหตุและผล
3. วิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบก่อนปรับปรุงและกำหนดมาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ

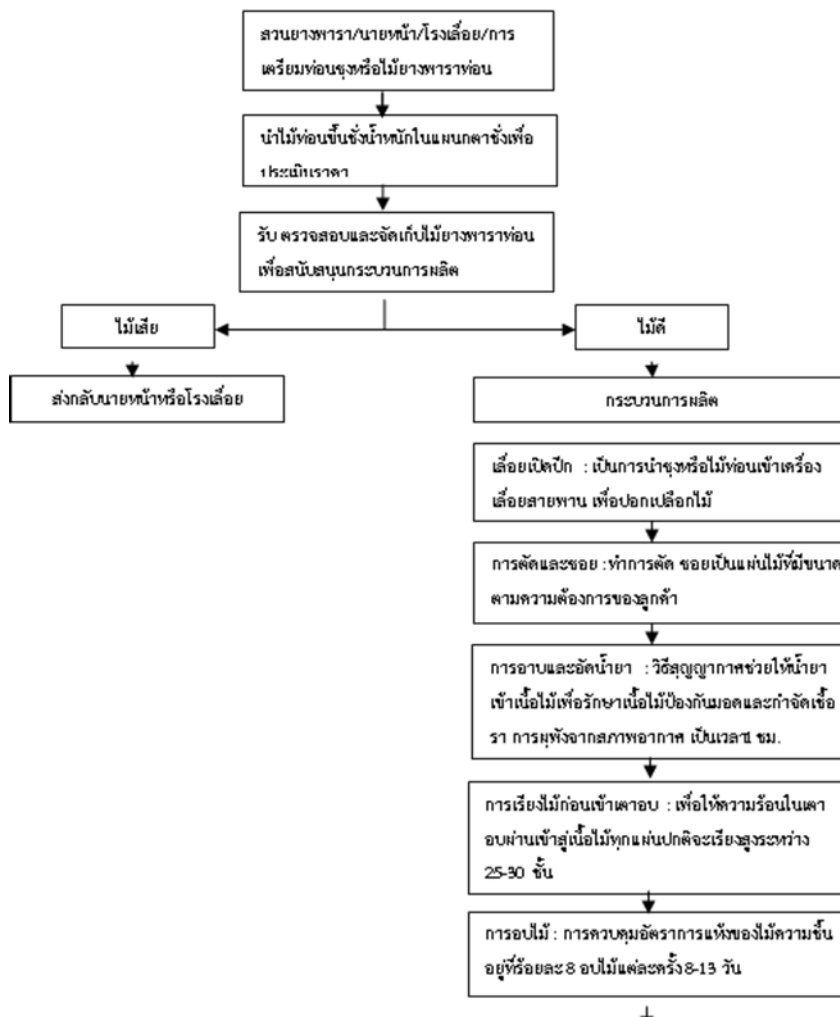
### การวิเคราะห์ข้อมูล

รวบรวมข้อบกพร่องที่มีค่าเปอร์เซ็นต์สูงและเกิดขึ้นบ่อยครั้งวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดด้วยแผนผังสาเหตุและผล นำสาเหตุที่ได้มาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (FMEA) และประเมินหาระดับความเสี่ยง (RPN) ของแต่ละแนวโน้มของสาเหตุเพื่อนำไปสู่มาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ

### ผลการวิจัย

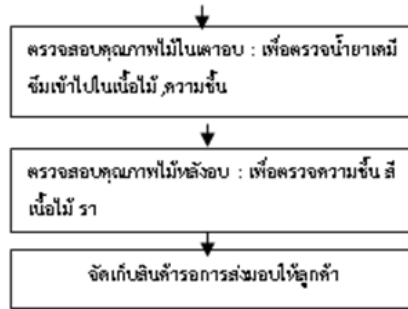
1. จัดตั้งทีมเพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จำนวน 5-6 คน ประกอบด้วย ประธานคณะทำงาน: ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน (ประสบการณ์ด้านอุตสาหกรรม 10 ปี) หัวหน้าคณะทำงาน: หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพ (ประสบการณ์ด้านโรงงานไม้อย่างพาราแปรรูป 6 ปี) ที่ปรึกษาคณะทำงาน: เจ้าหน้าที่ฝ่ายประกันคุณภาพ (ประสบการณ์ด้านโรงงานไม้อย่างแปรรูป 2 ปี) โดยแต่ละหน้าที่ต้องมีการกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบอย่างชัดเจน

2. กระบวนการผลิตและวิเคราะห์แผนภูมิการไหล (Flow Chart) แสดงในภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 กระบวนการผลิตไม้อย่างพาราแปรรูป

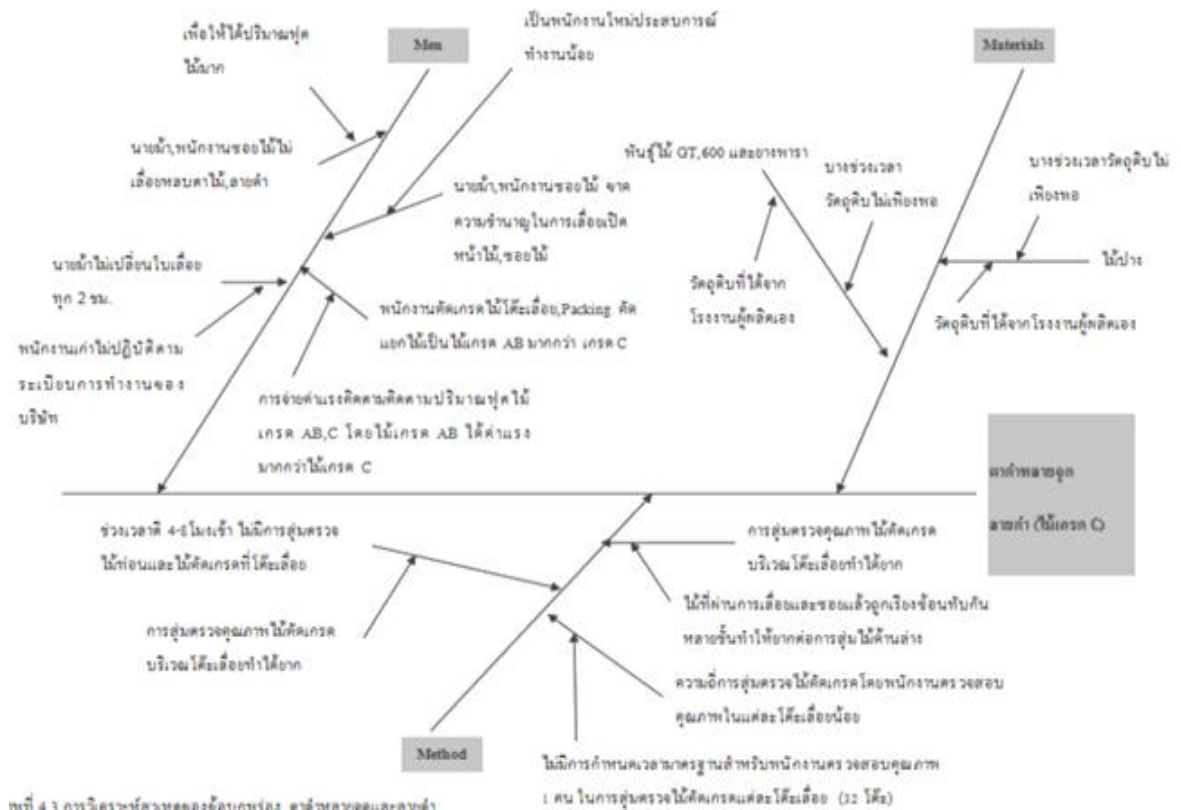




ภาพประกอบที่ 4 กระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูป (ต่อ)

3. ขั้นตอนค้นหาปัญหา กำหนดหัวข้อแก้ไขปัญหาและวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของปัญหา พบ จำนวนข้อบกพร่องไม้ยางพาราแปรรูปคุณภาพระดับ C ทั้งหมด 2,143 ชิ้น ข้อบกพร่องที่สูงและเกิดขึ้นบ่อยครั้ง 3 อันดับแรก ดังต่อไปนี้ 1. ลายดำ 2. เปลือกยาว 3. ตาหลายจุด

4. วิเคราะห์หาสาเหตุข้อบกพร่อง 3 ลำดับแรก โดยการใช้แผนผังสาเหตุและผลเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ยกตัวอย่างการวิเคราะห์สาเหตุข้อบกพร่องตาหลายจุด และลายดำ แสดงดังนี้ภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 วิเคราะห์สาเหตุข้อบกพร่องตาหลายจุดและลายดำ



5. วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิค FMEA จากการศึกษาที่รวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นและสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากแผนผังสาเหตุและผล นำสาเหตุของข้อบกพร่องที่รวบรวมมาทำการวิเคราะห์หาระดับความเสี่ยง (RPN) ได้มาจากการประเมินองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ความรุนแรงของผลกระทบ (S), โอกาสการเกิดขึ้น (O) และการตรวจจับ (D) ดังนั้นค่า RPN = SxOxD

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบก่อนการปรับปรุง (ตัวอย่าง)

ชื่อกระบวนการ : แปรรูปไม้ยางพาราก่อนปรับปรุง      ผู้รับผิดชอบกระบวนการ: หัวหน้าฝ่ายผลิต      ผู้จัดทำ : หัวหน้าฝ่ายผลิต  
วัน-เดือน-ปี ที่ครบกำหนดเสร็จสิ้น      วันเริ่มต้น      วันทบทวน  
คณะทำงาน : หัวหน้าฝ่ายผลิต, หัวหน้าฝ่ายประกันคุณภาพ  
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบก่อนการปรับปรุง

ลำดับ	หน้าที่ของกระบวนการ	แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง	แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง	แนวโน้มของสาเหตุ	S	O	D	RPN
1	รับวัตถุดิบ	ไม้ป้าง	- ค่าหลายจุด	1.1a ช่วงเวลาวัตถุดิบไม่เพียงพอ	1	3	4	12
		พันธุ์ไม้ GT,600 และยางพารา	- ลายดำ	1.2b วัตถุดิบที่ได้จากโรงงานผู้ผลิตเอง	1	3	4	12
		ช่วงเวลาตี 4-8 ไม้มีการ	- ค่าหลายจุด	1.3c พนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพเข้า	1	4	5	20
2	เลื่อยซอไม้	ซุ่มตรวจไม้ก่อน	- ลายดำ	ปฏิบัติงานเวลา 8.00 – 17.00				
		นายมี,พนักงานซอไม้ ซาด	- เปลือกขาว	2.1a เป็นพนักงานใหม่ประสบการณ์ทำงานน้อย	2	4	4	32
		ความชำนาญในการเลื่อยเปิดหน้าไม้,ซอไม้						

6. ผลการคำนวณตัวเลขลำดับความเสี่ยง (RPN) หลังทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค FMEA นำมารวบรวมโดยพิจารณาว่า RPN

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มของสาเหตุกับ RPN จากค่ามากไปน้อย

ลำดับ	แนวโน้มของสาเหตุ	RPN	%สะสม RPN
1	2.7g พนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพเข้าปฏิบัติงานเวลา 8.00 – 17.00	80	21.28
2	2.2b เพื่อให้ได้ปริมาณฟุตไม้มาก	64	38.3
3	2.3c การจ่ายค่าแรงคิดตามปริมาณฟุตไม้เกรด AB,C โดยไม้เกรด AB ได้ค่าแรงมากกว่าไม้เกรด C	48	51.07
4	2.5e เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานมาเป็นระยะเวลานานไม่ปฏิบัติตามระเบียบการทำงานของบริษัท	48	63.84
5	2.1a เป็นพนักงานใหม่ประสบการณ์ทำงานน้อย	32	72.35
6	2.4d ไม่มีการกำหนดเวลามาตรฐานสำหรับพนักงานตรวจสอบคุณภาพ 1 คน ในการซุ่มตรวจไม้คัดเกรดทุกโต๊ะเลื่อย (32 โต๊ะ)	32	80.86
7	1.3c พนักงานฝ่ายตรวจสอบคุณภาพเข้าปฏิบัติงานเวลา 8.00 – 17.00	20	86.18
8	3.1a การจ่ายค่าแรงคิดตามคิดตามปริมาณฟุตไม้เกรด AB,C โดยไม้เกรด AB ได้ค่าแรงมากกว่าไม้เกรด C	16	90.44



จากการวิเคราะห์ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มของสาเหตุกับ RPN เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกแนวโน้มของสาเหตุวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขปรับปรุง โดยทีมศึกษาเลือกที่ทำกรวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่า RPN ช่วงเปอร์เซ็นต์สะสม 0-63.84 มีทั้งหมด 4 สาเหตุที่ต้องทำการแก้ไข จากตารางที่ 2 ทำการวิเคราะห์เพื่อหามาตรการตอบโต้ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ

กระบวนการ	แนวโน้มของลักษณะ	แนวโน้มของสาเหตุ	มาตรการตอบโต้
<b>ข้อบกพร่อง</b>			
เลือก/ชอยไม้	ช่วงเวลาตี 4-8 โมงเช้า ไม่มี การสุ่มตรวจไม้กักเกรดที่ โต๊ะเลื่อย	2.7g พนักงานฝ่ายตรวจ สอบ คุณภาพเข้าปฏิบัติงาน เวลา 8:00 – 17:00	เพิ่มกะการทำงานเป็น 2 กะ เพื่อให้เวลาสอดคล้องกับเวลาใน การผลิต
	นายไม้, พนักงานชอยไม้ไม่มี เลื่อยหลบคานไม้, ลายค้ำ	2.2b เพื่อให้ได้ปริมาณฟุตไม้มาก	- จัดทำบอร์ดแสดงผลการ ปฏิบัติงานประจำเดือนของทุก โต๊ะเลื่อย มีการให้คำชมเชยหรือ รางวัลสำหรับ โต๊ะเลื่อยที่มีผล การปฏิบัติงานด้านการลดปัญหา ข้อบกพร่องไม้ยางพาราแปรรูป หลังการเลือกเพื่อให้เกิดแรงจูงใจ และการแข่งขันในการทำงาน - จัดให้พนักงานทุกคนร่วมแสดง ความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางแก้ ไขปัญหาร่วมกัน
	พนักงานคัดเกรดไม้โต๊ะ เลื่อย คัดแยกไม้เป็นไม้ คุณภาพระดับ AB มากกว่า คุณภาพระดับ C	2.3c การจ่ายค่าแรงคิดตามปริมาณ ฟุตไม้คุณภาพระดับ AB, C โดย ฟุตไม้คุณภาพระดับ AB ได้ค่าแรง มากกว่าไม้คุณภาพระดับ C	- เพิ่มความถี่ในการสุ่มตรวจของ พนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพ
<b>ข้อบกพร่อง</b>			
เลือก/ชอยไม้			- มีการลงโทษที่ทำให้พนักงาน ตระหนักถึงความสำคัญกรณีที่ถูก ลูกค้านำเรื่องเรียน - ชี้แจงเหตุผลให้พนักงานทราบ ถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นซึ่งส่งผล ต่อรายได้บริษัทและนำไปสู่รายได้ ของพนักงานเอง
	นายไม้ไม่เปลี่ยนใบเลื่อย ทุก 2 ชั่วโมง ทำให้ใบเลื่อย ไม่คมส่งผลต่อคุณภาพไม้ที่ เลื่อย	2.5c เป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานมา เป็นระยะเวลาอันไม่ปฏิบัติงาน ระเบียบการทำงานของบริษัท	- อบรมและประเมินหลักการ ปฏิบัติงานที่ดีประจำปี เพื่อเน้น ย้ำให้พนักงานตระหนักถึงหน้าที่ การปฏิบัติงานที่ดี - มีการลงโทษที่ทำให้พนักงาน ตระหนักถึงความสำคัญกรณีที่ถูก ลูกค้านำเรื่องเรียน



## สรุปและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต (FMEA) พบว่าจากกระบวนการปฏิบัติปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่อง ข้อบกพร่องที่มีเปอร์เซ็นต์สูงและเกิดขึ้นบ่อยครั้งมีจำนวน 3 ข้อบกพร่อง 1. ลายดำ 2. เปลือกยาว 3. ตาหลายจุด ตามลำดับ ข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตโดยประเมินค่าระดับความเสี่ยง (RPN) ของแต่ละแนวโน้มของสาเหตุและกำหนดมาตรการตอบโต้แนวโน้มของสาเหตุ สอดคล้องกับบทมุล สืบชนะ (2552) ศึกษาการผลิตภัตตาคารไม่ย่างพาราของอุตสาหกรรมไม่ย่างพาราแปรรูปในจังหวัดสงขลา พบว่า การควบคุมกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมไม่ย่างพาราแปรรูปต้องเน้นขั้นตอนการแปรรูปไม่ให้เป็นแบบเสียดะ เนื่องจากต้นทุนการผลิตหลัก คือ วัตถุดิบไม้ท่อนมีราคาสูงมาก ดังนั้น การควบคุมการเลื่อยไม้จึงต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด เพราะไม้ท่อนหากเลื่อนผิดพลาดทำให้เกิดการสูญเสียและไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ก็ต้องขายเป็นปึกไม้คละ สอดคล้อง ธนายุส บุญทอง และ นิลวรรณ พู่เฟื่องสิน (2561) เจาะลึกอุตสาหกรรมไม่ย่างแปรรูปไทย:ภายนอกที่สดใ สมีความท้าทายซ่อนอยู่ กล่าวถึง ผู้ประกอบการเผชิญความท้าทายสำคัญอีก 3 ประการ ประการที่สอง เกิดจาก “การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะในกระบวนการเลื่อยไม้” ทำให้ไม่สามารถผลิตได้อย่างเต็มศักยภาพ นอกจากนี้ การใช้เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติเพื่อทดแทนแรงงานที่ขาดแคลนก็ยังไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูงแต่คุณภาพไม้ยังสู้การใช้แรงงานคนไม่ได้ สอดคล้องกับเกษราพงศ์ กฤษติยา และเส็งเอี่ยม (2550) เจษฎา นันทนาท (2551) และอริยาภรณ์ คุ่มทีปพัฒน์ (2553) ประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ร่วมกับเครื่องมือคุณภาพตัวอื่น เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางการป้องกัน ปัญหาของเสียในกระบวนการผลิต

## ข้อเสนอแนะ

1. มาตรการที่ถูกเลือกส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเลื่อย/ซอยไม้ แสดงให้เห็นว่า ปัญหาส่วนใหญ่มาจากพนักงานปฏิบัติงาน (นายม้า, พนักงานซอยไม้และพนักงานคัดเกรดไม้) ที่ไม่ให้ความสำคัญต่อการแก้ปัญหาไม้เกรด C รวมถึงช่วงเวลาและความถี่ในการสุ่มตรวจคุณภาพไม้ของพนักงานฝ่ายควบคุมไม้สอดคล้องกับเวลาปฏิบัติงานฝ่ายผลิต องค์กรควรให้ความสำคัญตระหนักและความสำคัญต่อมาตรการแก้ไขก่อนปัญหาเกิดมากกว่าการยอมรับของลูกค้าซึ่งส่งผลต่อรายได้ที่ลดลงและการสูญเสียลูกค้าในที่สุด เช่น หักค่าจ้างย้อนหลัง หรือ ให้ใบเตือน กรณีเจอข้อร้องเรียนจากลูกค้า

2. หาดตลาดอื่นเพิ่มเติมเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากการพึ่งพิงเงินเพียงตลาดเดียวทั้งนี้ภาครัฐจะมีบทบาทสำคัญในการช่วยจับคู่ธุรกิจและลดปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ สนับสนุนการใช้ไม้ย่างแปรรูปภายในประเทศมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

เกษราพงศ์ กฤษติยา สุพัฒตรา และเส็งเอี่ยม. (2550). การวิเคราะห์รูปแบบของเสียและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตงูเห่า . ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม. สืบค้นเมื่อ 16 มีค 2563 จาก : <http://hdl.handle.net/123456789/164>



- เจษฎา นันทนาท.(2551). ต้นทุนคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์ลักษณะ  
ข้อบกพร่องและผลกระทบ กรณีศึกษา กระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (วิทยานิพนธ์)  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธนาอุส บุญทอง และนิลวรรณ พู่เฟื่องสิน. (2561) .เจาะลึกอุตสาหกรรมไม้ยางแปรรูปไทย: ภายนอกที่  
สดใส มีความท้าทายซ่อนอยู่. สืบค้นเมื่อ 16 มีค 2563 จาก  
<https://rubberplasma.com/2018/03/28/เจาะลึกอุตสาหกรรมไม้ยาง/>
- นฤมล สืบชนะ.(2552). การผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราของอุตสาหกรรมไม้ยางพาราแปรรูปใน จังหวัด  
สงขลา สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วีระศักดิ์ ตูลยาพร.(2540). ศักยภาพด้านอุปทานของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราและชิ้นส่วนจาก  
ไม้ยางพาราเพื่อการส่งออกในจังหวัดสงขลา.สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สงขลา  
บริษัทเบทเทอร์เวิร์คส์ จำกัด. (2559).ไม้ยางพารา. สืบค้นเมื่อ 16 มีค 2563. จาก  
<http://www.betterworks.co.th/ดูบทความ-6651-ไม้ยางพารา.html>
- ศุภย์ฝักอบรมภูมิปัญญาสู่สากล.(2004). ผังก้างปลา กับ แผนภูมิความคิด. สืบค้นเมื่อ 16 มีค.2563  
จาก <http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm>
- อดิศักดิ์ พงษ์พลผลศักดิ์.(2532). การควบคุมคุณภาพ.(Quality Control). กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์อักษร  
ประเสริฐ.
- อริยาภรณ์ คุ่มทีปพัฒน์. (2553).การประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการ  
ปรับปรุงด้านคุณภาพ กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตสบู่ก้อน.ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- William J Stevenson.(2002). Operations Management. 8 th edition. United State of  
America: MCGraw - Hill., p.479.