การปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมน้ำอัดลม

พัฒนพงศ์ น้อยนวล[1] และ ธนัญญา วสุศรี[2*]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาระบบการขนส่งภายในคลังสินค้ามีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดกิจกรรมที่มีความสูญเปล่า ทั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 120 ชุดและระบุถึงปัญหาที่เกิดจากความสูญเปล่าภายในคลังสินค้า และได้นำเสนอแนวคิดของลีนเพื่อลดความสูญเปล่าดังกล่าว จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพกิจกรรมการไหลของสินค้าพบว่า เกิดการรอคอยในกระบวนการจัดส่งและเกิดสินค้าคงคลังปริมาณสูงอันเนื่องมาจากการระบายสินค้าออกได้ช้า ดังนั้นการวิเคราะห์หาแนวทางการลดความสูญเสียด้วยแนวความคิดลีน และประยุกต์ร่วมกับโปรแกรมจำลองสถานการณ์ เพื่อสะท้อนภาพการดำเนินงานในสภาพการณ์ปัจจุบันและผลที่คาดว่าจะได้รับจากแนวทางการปรับปรุง 2 แนวทาง ได้แก่ 1) การประยุกต์ใช้ระบบคัมบัง 2) การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังและ การส่งสินค้าทันที จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้จะเป็นการควบคุมปริมาณ WIP ในระบบ ส่งผลให้ระยะเวลาการรอสินค้าของรถโฟล์คลิฟเป็น 0 นาที แต่เพิ่มระยะเวลาที่สินค้าจะต้องรอรถมารับแทน ทำให้ระยะเวลาที่สูญเปล่าจากจุดนี้สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการนำขวดเปล่ากลับเข้าสู่กระบวนการ Re-use เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ผลของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่สามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังได้ 10.24%, 2.37% และลดเวลารอคอยเหลือ 0 นาที เราจึงสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีอัตราผลิตต่อเนื่องได้

คำสำคัญ : แบบจำลองสถานการณ์ / ระบบคัมบัง / การขนส่ง / Direct Load

---

* *Corresponding author E-mail : thananya.was@kmutt.ac.th*

1 *นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม*

2 *ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม*

An Improvement of Transportation in Warehouse with Simulation A Case Study of Soft Drinks Industry

Pattanapong Noinual[1] and Thananya Wasusri[2*]

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

Abstract

This research is dealing with a transportation process within a warehouse and the purpose is to eliminate wasting activities. The 120 data sets have been collected to identify the root causes of the wastes in the warehouse. Lean concept has been utilized to reduce those wastes. From the process activity mapping diagram, it shows that there is waiting time in the delivery process and the high inventory was occurred due to the slow delivery process. Then, we apply the lean concept and simulation modeling to reflect the current situation and the future outcomes that might occur regarding to our 2 alternatives to reduce the wastes. Firstly, applying Kanban is investigated. The second alternative is to combine the direct load technique with Kanban. It was founded that Kanban helps to control the number of WIP and leads to no waiting time of forklifts. However, the finished goods will have to wait for the forklifts instead. As we do not have to wait for the finished products, we can use this time for handling empty bottles back to the re-use process. The results from the both alternatives are not different significantly, but they can reduce inventory by 10.24%, 2.37% and reduce waiting to zero. We can then conclude that the implementation of Kanban can improve working efficiency and this study can be a guide to implement Kanban in continuous processes.

Keywords : Simulation / Kanban System / Transportation / Direct Load

* *Corresponding author E-mail : thananya.was@kmutt.ac.th*

1 *MSc. Student, Logistics Management Program, Faculty of Graduate School of Management and Innovation.*

2 *Assistant Professor, Logistics Management Program, Faculty of Graduate School of Management and Innovation.*

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมได้ให้ความสำคัญต่อการลดต้นทุนโลจิสติกส์ เนื่องจากเป็นการเพิ่มกำไรในแนวทางที่ 3 ที่นอกเหนือไปจากการเพิ่มปริมาณการขายและการลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ทั้งนี้จะเห็นได้จากการที่ประเทศไทยได้มีแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2550 [1] แต่อย่างไรก็ตาม สภาวะเศรษฐกิจสังคม สิ่งแวดล้อม และโลกาภิวัตน์ได้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้อุตสาหกรรมที่เคยประสบผลสำเร็จในการดำเนินธุรกิจในอดีตอาจจะต้องพบกับปัญหาอุปสรรคที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน

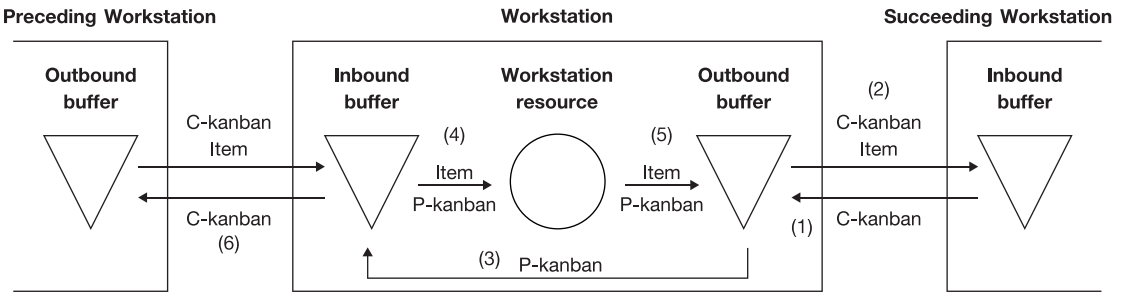
อุตสาหกรรมน้ำอัดลมในประเทศไทยมีมูลค่า 3.6 หมื่นล้านบาท [2] อัตราเฉลี่ยของการเติบโตทางธุรกิจในอดีตอยู่ที่ 5-8% ต่อปี [2] ในปี 2554 เป็นปีแรกที่อัตราการเจริญเติบโตติดลบถึง 4% อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันไปดื่มชาเขียวพร้อมดื่มกันมากขึ้น [2] แผนงานหรือกลยุทธ์ที่อุตสาหกรรมน้ำอัดลมควรพัฒนานอกเหนือจากการพัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์แล้ว การลดต้นทุนผลิตและต้นทุนโลจิสติกส์จึงเป็นหัวใจสำคัญที่อุตสาหกรรมให้ความสนใจ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและความอยู่รอดในสภาวะปัจจุบันได้ การเพิ่มผลิตภาพและการลดต้นทุนสามารถใช้แนวคิดลีน (Lean Thinking) [3] เป็นหลักการที่ดำเนินการโดยปราศจากความสูญเปล่า (Waste) ในทุกๆ กระบวนการและมีความยืดหยุ่นสูงพร้อมที่จะปรับตัวเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ทันที ทำให้มีประสิทธิภาพเหนือคู่แข่ง

งานวิจัยจึงได้ศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้แนวความคิดลีนที่มุ่งเน้นในการขจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าขึ้นในระบบการขนส่งในคลังสินค้าของกรณีศึกษาที่เป็นหนึ่งในผู้ผลิตน้ำอัดลม โดยกระบวนการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายภายในคลังสินค้าที่ไม่เหมาะสมส่งผลให้ 1) เกิดการรอคอยในกระบวนการจัดส่ง 2) เกิดสินค้าคงคลังปริมาณสูง และส่งผลให้มีพื้นที่ไม่เพียงพอในการจัดเก็บ โดยเทคนิคการจำลองสถานการณ์เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ในการสะท้อนภาพของสถานการณ์ปัจจุบันและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อมีการปรับปรุงรูปแบบการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสินค้าในคลัง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความสูญเปล่า (Waste) [4] คือ องค์ประกอบใดๆ ของกระบวนการผลิตที่เพิ่มค่าใช้จ่ายโดยปราศจากการเพิ่มคุณค่า (Value) ให้แก่ผลิตภัณฑ์ โดยสามารถจำแนกออกเป็น 7 ชนิด คือ 1) ผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพ 2) มีการรอคอย 3) กระบวนการผลิตไม่เหมาะสม 4) การผลิตมากเกินไป 5) มีการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น 6) มีสินค้าคงคลังมากเกินไป 7) การขนส่งที่ไม่จำเป็น

ดังนั้นระบบการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) เป็นระบบบริหารจัดการด้านการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าแบบทันที [4] เน้นสร้างประสิทธิภาพสูงสุดโดยกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ต่างๆ ของงานและเพิ่มคุณค่า (Value) ให้กับตัวสินค้าอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุด (Customer Satisfaction) และในขณะเดียวกันสามารถลดจำนวนสินค้าคงคลังและยังรวมถึงการส่งมอบวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสายการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอและทันเวลาพอดี (Just in Time) [5] ระบบคัมบังเป็นกลไกสำหรับการจัดการระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี ระบบคัมบังได้ถูกประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตแบบผสม [6] ได้ใช้การจำลองสถานการณ์ของระบบคัมบังที่ใช้บัตร 2 ชนิด คือ คัมบังที่ใช้ในการสั่งผลิต (P Card) และคัมบังที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน (M Card) ได้นำเสนอแบบจำลองระบบคัมบังในระบบการผลิตแบบต่อเนื่องสี่สถานีที่สามารถผลิตได้ 1 ผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 1 โดยสามารถลดรอบระยะเวลาการผลิตได้ 9.4% ส่วนระบบการผลิตแบบดึงมีการใช้บัตรคัมบังสามารถลดรอบระยะเวลาการผลิตได้ถึง 17.2% และลดปริมาณชิ้นงานระหว่างผลิตได้ถึง 44.1% พร้อมสร้างโมดูลต้นแบบ (Template Module) ของระบบคัมบังเพื่อให้ผู้อื่นสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย



รูปที่ 1 ระบบคัมบังที่ใช้บัตร 2 ชนิด

ในการศึกษาระบบการผลิตของโรงงานผลิตข้าวโพดอ่อนบรรจุขวดแก้วแห่งหนึ่ง [7] ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบตามสั่ง โดยในการศึกษาพบว่าถ้ามีการเปลี่ยนระบบการผลิตของโรงงานโดยมีการใช้บัตรคัมบังส่งสัญญาณการผลิต และการขนส่ง จะช่วยควบคุมปริมาณการผลิตและการขนส่งในระบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นโดย พบว่าระบบการผลิตแบบผลักสามารถลดรอบระยะเวลาการผลิตได้ 5.7% ลดปริมาณชิ้นงานระหว่างการผลิตได้ 9.4% ส่วนระบบการผลิตแบบดึงที่มีการใช้บัตรคัมบังสามารถลดรอบระยะเวลาการผลิตได้ถึง 17.2% และลดปริมาณชิ้นงานระหว่างผลิตได้ถึง 44.1% ทำให้โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และการจัดเก็บสินค้าได้

การศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์ [8] พบว่าในกระบวนการผลิตมีความสูญเปล่าอันเกิดจากระยะเวลาการรอคอยการผลิตระหว่างงาน โดยถ้ามีการปรับปรุงกระบวนการให้เป็นสายการผลิตแบบรุ่นผสมโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ เพื่อเพิ่มผลการดำเนินงานของสายการประกอบรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน โดยหลังจากที่ได้ทำการศึกษาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้จาก 74.95% เป็น 84.95% และยังสามารถลดระยะเวลารอบการผลิตลงได้จากเดิม 38 นาทีต่อคัน เป็น 33 นาทีต่อคัน

ทั้งนี้แนวทางในการสร้างสายการผลิตแบบลีน [9] เพื่อลดการรอคอยของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในสายการผลิตลงโดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ในการวิเคราะห์ปัญหา จากนั้นได้นำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหา 2 แนวทางคือ การเพิ่มกำลังคนและนำอุปกรณ์ตรวจสอบอัตโนมัติมาใช้ จากการศึกษาพบว่าสามารถลดระยะเวลาในผลิตสินค้าลงได้และยังส่งผลให้ลดความผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานของพนักงานลงได้

ดังนั้นการลดความสูญเปล่าในการทำงานจึงมีความสำคัญและช่วยให้องค์กรสามารถปรับตัวให้ทันต่อสถานการณ์ในปัจจุบัน โดยมีแนวทางในการศึกษาด้วยการนำเอาเทคนิคการจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการทำงานตามลำดับ

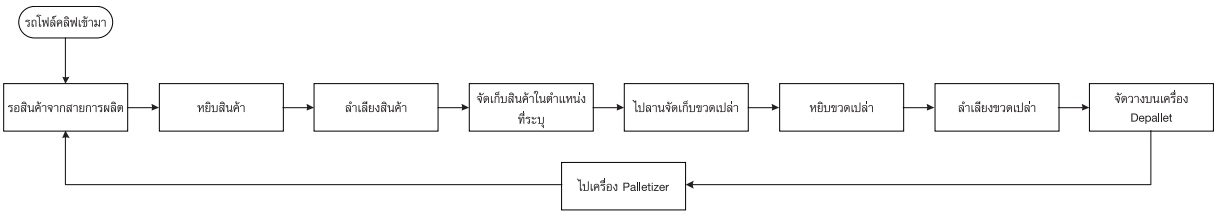
3. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) กล่าวคือ ผู้วิจัยได้ศึกษาการปฏิบัติงานโดยใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์เพื่อระบุถึงปัญหาและแก้ไขปัญหางานที่ปฏิบัติอยู่ โดยดำเนินการวิจัยที่ปฏิบัติงาน จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดความสูญเปล่าจากกิจกรรมการเคลื่อนย้าย/ขนส่งขวดเปล่าและผลิตภัณฑ์ของรถโฟล์คลิฟภายในคลังสินค้าที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena Simulation โดยมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับกระบวนการทำงานภายในคลังสินค้าโดยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการทำงานภายในคลังสินค้าตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 เป็นช่วงที่มียอดการผลิตสูงสุด รวมทั้งสิ้น 120 ชุดข้อมูล ทั้งจากการสังเกต การจดบันทึก การสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรม และข้อมูลที่ได้จากระบบฐานข้อมูลของกรณีศึกษา แบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงานภายในคลังสินค้า พบว่าในการทำงานภายในคลังสินค้า จะแบ่งออกเป็น 2 แผนก ได้แก่ แผนกขนส่ง และ แผนกคลังสินค้า โดยแผนกคลังสินค้าจะมีหน้าที่เชื่อมโยงกับฝ่ายผลิตสินค้าในการนำสินค้าไปจัดเก็บ แต่ละสายพานการผลิตจะมีรถโฟล์คลิฟประจำอยู่ 2 คัน จากการสังเกตพบว่าในการปฏิบัติงานจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันถึง 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 จากการบันทึกพบว่ามีอัตราการปฏิบัติงานรูปแบบนี้จำนวน 110 ครั้ง หรือคิดเป็น 96% จะเริ่มจากรถโฟล์คลิฟจะมาจอดรอสินค้าจากสายพานการผลิตจำนวน 1 กระบะ เมื่อสินค้าถูกผลิตออกมารถโฟล์คลิฟจะหยิบสินค้าและลำเลียงไปยังพื้นที่จัดเก็บที่ถูกระบุไว้ในเอกสาร หลังจากนั้นจะวิ่งไปหยิบขวดเปล่าจำนวน 1 กระบะ เพื่อนำไปเข้าเครื่อง Depallet เพื่อคัดแยกกระบะและจะไปจอดรอสินค้าที่สายพานการผลิตต่อไป ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กิจกรรมของรถโฟล์คลิฟ

รูปแบบที่ 2 เป็นการปฏิบัติงานตามรูปแบบที่ 1 แต่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อรถโฟล์คลิฟมารับสินค้าจากสายพานการผลิต แต่สินค้าผลิตเสร็จไม่ทัน รถโฟล์คลิฟจึงวิ่งไปหยิบขวดเปล่าแทน พบว่ามีอัตราการปฏิบัติงานรูปแบบนี้จำนวน 7 ครั้ง หรือคิดเป็น 6%

รูปแบบที่ 3 เป็นการปฏิบัติงานตามรูปแบบที่ 1 แต่จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการสลับตำแหน่งของสินค้า ณ พื้นที่จัดเก็บ ทำให้รถโฟล์คลิฟต้องใช้เวลาทำงานสูงกว่ารูปแบบที่ 1 พบว่ามีอัตราการปฏิบัติงานรูปแบบนี้จำนวน 3 ครั้ง หรือคิดเป็น 2%

และแผนกขนส่ง จะทำหน้าที่ส่งสินค้าให้กับรถบรรทุกที่เข้ามารับพร้อมทั้งนำขวดเปล่าที่ติดมาด้วยไปจัดเก็บ โดยมีรถโฟล์คลิฟ 1 คันต่อ 1 ลานปฏิบัติงาน

2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการระบบฐานข้อมูลของกรณีศึกษา ได้แก่ ข้อมูลยอดการผลิต ข้อมูลสินค้าคงคลัง ข้อมูลขวดเปล่า ข้อมูลตารางการทำงานของรถบรรทุกและข้อมูลเครื่องจักร เป็นต้น

2. วิเคราะห์ข้อมูล จากขั้นตอนแรกเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมในการนำข้อมูลเข้าโปรแกรมจำลองสถานการณ์ สามารถแบ่งได้ดังนี้

1) ข้อมูลการทำงาน โรงงานแห่งนี้มีช่วงการทำงาน 3 ช่วงๆ ละ 8 ชั่วโมง โดยการปฏิบัติงานจะไม่มีช่วงเว้นหยุดพัก แต่จะมีพนักงานช่วงต่อไปมาแทนพนักงานช่วงปัจจุบันทันทีโดยไม่ขาดช่วง

2) ข้อมูลการผลิตสินค้า ในการศึกษานี้จะจัดกลุ่มสินค้าตามลำดับการผลิตสูงสุด โดยใช้สินค้ากลุ่ม A แทนสินค้าขนาด 15 ออนซ์, สินค้ากลุ่ม B แทนสินค้าขนาด 10 ออนซ์ และสินค้ากลุ่ม C แทนสินค้าขนาด 1 ลิตร สามารถแบ่งได้ดังนี้

การผลิตสินค้ากลุ่ม A อัตราการผลิต 36 กระบะต่อชั่วโมง และผลิต 6 วันต่อสัปดาห์หลังจากนั้นเครื่องจักรของสายการผลิตสินค้า A จะสลับไปผลิตสินค้าชนิดอื่นอีก 8 วัน จึงกลับมาผลิตสินค้า A ใหม่

การผลิตสินค้ากลุ่ม B อัตราการผลิต 32 กระบะต่อชั่วโมง และผลิต 7 วันต่อสัปดาห์หลังจากนั้นเครื่องจักรของสายการผลิตสินค้า B จะสลับไปผลิตสินค้าชนิดอื่นอีก 7 วัน จึงกลับมาผลิตสินค้า B ใหม่

การผลิตสินค้ากลุ่ม C อัตราการผลิต 40 กระบะต่อชั่วโมง และผลิต 5 วันต่อสัปดาห์หลังจากนั้นเครื่องจักรของสายการผลิตสินค้า C จะสลับไปผลิตสินค้าชนิดอื่นอีก 9 วัน จึงกลับมาผลิตสินค้า C ใหม่

3) ข้อมูลการจัดเก็บขวดเปล่า จำนวน 3 กลุ่ม

ในการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น จะใช้ข้อมูลจากยอดคงเหลือการเก็บขวดเปล่าและสินค้าคงคลังของเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ดังนี้

การจัดเก็บขวดเปล่าสินค้ากลุ่ม A มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น 20,171 กระบะ

การจัดเก็บขวดเปล่าสินค้ากลุ่ม B มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น10,977 กระบะ

การจัดเก็บขวดเปล่าสินค้ากลุ่ม C มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น 6,827 กระบะ

4) ข้อมูลการจัดเก็บสินค้าคงคลัง จำนวน 3 กลุ่ม

การจัดเก็บสินค้าคงคลังกลุ่ม A มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น 22,415 กระบะ

การจัดเก็บสินค้าคงคลังกลุ่ม B มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น 10,411 กระบะ

การจัดเก็บสินค้าคงคลังกลุ่ม C มีการกำหนดตัวแทนข้อมูลเริ่มต้น 2,955 กระบะ

5) ข้อมูลการมารับสินค้าของรถบรรทุก ใช้ข้อมูลรถบรรทุกขนาดบรรจุ 24 กระบะ จำนวนทั้งสิ้น 7 คัน โดยแบ่งเป็นการมารับสินค้ากลุ่ม A สินค้ากลุ่ม B และสินค้ากลุ่ม C

6) ข้อมูลระยะเวลาการปฏิบัติงาน เป็นข้อมูลที่ได้จากการจับเวลาในการปฏิบัติงาน จากนั้นจะนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม Input Analyzer เพื่อใช้ในการกำหนดระยะเวลาดำเนินการ (Process Time) ของแต่ละขั้นตอน โดยสามารถหาได้จากการหารูปแบบการกระจายตัวที่เหมาะสม และมีการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวดังต่อไปนี้

H_0 : ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบที่ต้องการทดสอบ

H_1 : ข้อมูลไม่มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ

โดยในโปรแกรม Input Analyzer จะมีวิธีการทดสอบสมมติฐานการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของข้อมูล (Goodness of Fit Test) 2 วิธี คือ

วิธีการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีน้อยกว่า 50 ข้อมูล และจะยอมรับ H_0 ก็ต่อเมื่อ P-Value ของการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟมีค่ามากกว่า 0.05 (ระดับนัยสำคัญ ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95%)

วิธีการทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) ใช้ทดสอบกรณีข้อมูลมีอย่างน้อย 50 ข้อมูลและจะยอมรับ H_0 ก็ต่อเมื่อ P-Value ของไคสแควร์มีค่ามากกว่า 0.05 (ระดับนัยสำคัญ ณ ช่วงความเชื่อมั่น 95%)

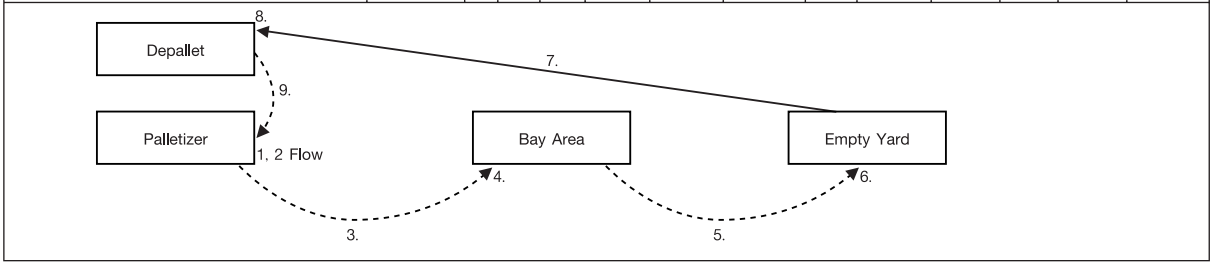
จากการทดสอบสมมติฐานพบว่า มีการยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) เนื่องจากค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 โดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นการกระจายตัวแบบ Beta ดังตารางที่ 1.

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์หารูปแบบการกระจายตัว

No.	Activity	Time (Min)
1	Pick Finishgoods	0.29 + 0.05 * BETA(2.98, 2.67)
2	Move to Bay Area	0.32 + 0.09 * BETA(2.02, 2.05)
3	Put down Finishgoods	0.36 + 0.05 * BETA(2.63, 3.18)
4	Move to Empty Yard	0.54 + 0.05 * BETA(3.64, 3.18)
5	Pick Empty Bottles	0.29 + 0.05 * BETA(2.98, 2.67)
6	Move to Depallet	0.86 + 0.07 * BETA(1.98, 2.38)
7	Put down Empty Bottles	0.36 + 0.05 * BETA(2.63, 3.18)
8	Move to Palletizer	0.32 + 0.07 * BETA(2.34, 1.93)

3. การออกแบบการทดลอง จากการเก็บรวบรวมพบว่ามีกิจกรรมขนส่งยังมีการรอคอย (Wait Time) ที่สูญเปล่าจากการรอสินค้าผลิตเสร็จ 2.99 นาทีต่อรอบ ดังรูปที่ 3 หากภายใน 1 วันจะสูญเสียเวลาโดยไม่เกิดประโยชน์ถึง 26 นาที ดังนั้นเพื่อปรับปรุงกระบวนการขนส่ง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเป็น 2 ทางเลือก คือ

#	Activity	Place	Distance (M.)	Avg. Time			Forklift	Flow					Type of Activites		
				Hr.	Min.	Sec.		Operation	Transport	Inspect	Store	Delay	VA	NVA	NNVA
1	Wait Finishgoods from Palletizer	Bay area			2.99		1					■		■	
2	Pick Finishgoods	Bay area				25.59	1	■							■
3	Move Finishgoods to Bay area	Bay area				35.01	1		■						■
4	Put down Finishgoods on Bay area	Bay area				26.18	1				■				■
5	Move to Empty yard	Bay area				30.07	1		■						■
6	Pick return	Empty yard				25.47	1	■							■
7	Move Return to Depallet machine	Empty yard				41.12	1		■						■
8	Put down Return on Depallet machine	Bay area				25.89	1	■							■
9	Move to Palletizer	Bay area				22.91	1		■						■
Total				0	6	86	1	3 times	4 times	0 times	1 time	1 time	0 times	1 times	8 time
								76.95 sec.	129.11 sec.	0 sec.	26.18 sec.	2.99 min.	0 sec.	2.99 min.	232.24 sec.



รูปที่ 3 กิจกรรมการไหลของสินค้า

1) ทางเลือกที่ 1 การประยุกต์ใช้ระบบคัมบัง จะครอบคลุมการปฏิบัติงานในทุกกิจกรรมของรถโฟล์คลิฟ โดยจะเริ่มต้นจากเช็คสถานะสินค้าที่ผลิตเสร็จสิ้นแล้ว หากสินค้าออกมาจากเครื่อง Palletizer จะทำการแสดงสัญญาณไฟสีเขียวพร้อมระบุหมายเลขรถโดยการระบุหมายเลขจะเป็นแบบเรียงลำดับ เพื่อบ่งบอกความต้องการใช้รถโฟล์คลิฟในการลำเลียงสินค้าไปจัดเก็บ เมื่อรถโฟล์คลิฟคันดังกล่าวมารับสินค้าออกไป สัญญาณไฟจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เพื่อบอกให้รถโฟล์คลิฟคันอื่นปฏิบัติหน้าในการนำขวดเปล่ากลับมา Re-use โดยที่รถโฟล์คลิฟไม่มีการมาจอดรอสินค้าผลิตเสร็จ

2) ทางเลือกที่ 2 การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังและการส่งสินค้าทันที จะเป็นการผสมผสานระหว่างระบบคัมบัง (Kanban System) จากการทดลองที่ 1 กับการส่งสินค้าทันทีด้วยแนวคิดของการขนส่งแบบทันเวลาพอดี (Just in Time) เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยการทำงานของแบบจำลองนี้ จะประยุกต์จากการทดลองที่ 1 โดยการเพิ่มคำสั่งว่าหากรถบรรทุกที่มารับสินค้ามีความต้องการสินค้าพอดีกับสินค้าที่ทำการผลิตอยู่ในสายการผลิต สินค้าที่ผลิตเสร็จชนิดนั้นจะถูกลำเลียงจากท้ายสายการผลิตไปส่งขึ้นรถบรรทุกคันนั้นทันทีโดยรถโฟล์คลิฟ

4. การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ จะแบ่งออกเป็น 3 โมเดล ดังนี้

1) แบบจำลองสถานการณ์ปัจจุบัน (As-IS) จะ

เริ่มต้นจากสายพานการผลิต โมดูล Create จะผลิตสินค้าและถูกกักไว้ที่โมดูล Hold เพื่อรอรถโฟล์คลิฟมารับ และโมดูล Create จะปล่อยรถโฟล์คลิฟ 2 คัน โดยรถโฟล์คลิฟจะรับสินค้าด้วยโมดูล Remove จากนั้นจะนำไปจัดเก็บใน Bay Area หรือสถานที่จัดเก็บสินค้าด้วยโมดูล Separate มีระยะเวลาการปฏิบัติงานในแต่ละกิจกรรมเป็นการแจกแจงดังตารางที่ 1 แล้วรถโฟล์คลิฟจะไปนำขวดเปล่ากลับมายังเครื่อง Depallet ด้วยโมดูล Route จะระบุให้วิ่งกลับมายัง Station ของเครื่อง Depallet เพื่อทำการ Re-use จะไปจอดรอสินค้าที่สายการผลิตต่อไป หากรถบรรทุกเข้ามารับสินค้า แผนกขนส่งจะมีหน้าที่คอยนำสินค้าจัดเรียงขึ้นรถบรรทุก โดยเมื่อรถบรรทุกเข้ามาจอดรอ รถโฟล์คลิฟจะทำหน้าที่นำขวดเปล่าที่รถบรรทุกคันดังกล่าวนำมาลงจากรถและนำไปจัดเก็บที่ลานจัดเก็บขวดเปล่า เมื่อนำขวดเปล่าลงจากรถเสร็จหมดเรียบร้อย รถโฟล์คลิฟจะไปนำสินค้าจาก Bay Area มาจัดเรียงบนรถบรรทุก เพื่อจัดส่งให้ลูกค้าต่อไป โดยทั้ง 2 แผนกจะสิ้นสุดกระบวนการก็ต่อเมื่อทำการประมวลผลครบจำนวน 122 วัน

2) แบบจำลองสถานการณ์การทดลองที่ 1 (Scenario 1) การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังเพื่อลดความสูญเปล่าจะครอบคลุมการปฏิบัติงานของคลังสินค้าทั้งหมด ในการออกแบบจำลองนี้จะใช้โมเดลสถานการณ์ปัจจุบันในการปรับปรุงกระบวนการ โดยในโปรแกรม Arena Simulation จะไม่มีโมดูลคัมบังให้เรียกใช้ ทางผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้โมดูล Match เมื่อสายพานการผลิตมีความต้องการเรียกใช้รถโฟล์คลิฟ สัญญาณไฟจะถูกปล่อยออกจากโมดูล Entity เพื่อวิ่งมารอที่โมดูล Match เพื่อแสดงแทนสัญญาณไฟเขียวในการเรียกใช้รถโฟล์คลิฟ จากนั้นรถโฟล์คลิฟจะวิ่งเข้ามาที่โมดูล Match เพื่อรับสินค้าจากสายพานการผลิตออกไปและสัญญาณไฟจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เพื่อบอกให้รถโฟล์คลิฟคันอื่นปฏิบัติหน้าที่ในการนำขวดเปล่ากลับมา Re-use โดยรถโฟล์คลิฟไม่ต้องมาจอดรอสินค้าที่สายพานการผลิตอีกต่อไป

3) แบบจำลองสถานการณ์การทดลองที่ 2 (Scenario 2) เป็นการประยุกต์ใช้ระบบคัมบังจากการทดลองที่ 1 และการส่งสินค้าทันที เพื่อหาความสามารถในการลดความสูญเปล่าที่ดีที่สุด โดยในการทดลองนี้จะเพิ่มคำสั่งว่าหากรถบรรทุกที่มารับสินค้ามีความต้องการสินค้าพอดีกับสินค้าที่ทำการผลิตอยู่ สินค้าชนิดนั้นจะถูกลำเลียงจากท้ายสายพานการผลิตไปที่รถบรรทุกทันที

5. การตั้งค่าประมวลผล สามารถคำนวณได้จากการนำบันทึกข้อมูลเวลา (Record) มาบันทึกไว้ในตาราง Statistics Spreadsheet และทำการประมวลผล จากนั้นนำไฟล์ที่ได้จากการประมวลผลใน Arena มาวิเคราะห์เพื่อหารอบในการประมวลผลด้วยโปรแกรม Output Analyzer ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Output Analyzer (นาที)

รอบเวลา	ค่าเฉลี่ย	Standard Deviation
Record Tcycle__1 1LT 1	3.98	0.169
Record Tcycle__1 1LT 2	3.98	0.169
Record Tcycle__1 280ML 1	3.98	0.170
Record Tcycle__1 280ML 2	3.98	0.169
Record Tcycle__1 422ML 1	3.98	0.170
Record Tcycle__1 422ML 2	3.98	0.170
Record Tcycle__2 1LT 2	6.59	0.219
Record Tcycle__2 1LT 1	6.59	0.220
Record Tcycle__2 280ML 1	6.59	0.220
Record Tcycle__2 280ML 2	6.59	0.220
Record Tcycle__2 422ML 1	6.59	0.220
Record Tcycle__2 422ML 2	6.59	0.221
Record Tcycle__3 1LT 1	4.77	0.184
Record Tcycle__3 1LT 2	4.77	0.187
Record Tcycle__3 280ML 1	4.77	0.185
Record Tcycle__3 280ML 2	4.77	0.182
Record Tcycle__3 422ML 1	4.77	0.180
Record Tcycle__3 422ML 2	4 77	0.182
Record Wait for load	67.436	1.15

หลังจากนั้นนำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์มาหาจำนวนรอบที่ใช้ในการรัน (Number of Replication) [10] หาได้จากสูตรดังนี้

$$N = \left(\frac{St\ m\text{-}1,\ (1\text{-}\alpha)/2}{e} \right)^2$$

โดย

N = จำนวนรอบของการประมวลผลซ้ำ

t = ค่าวิกฤตที่ได้จากการเปิดตารางค่า two-tailed ที่ระดับความเชื่อมั่น α ที่ 0.95

s = ค่า Standard Deviation จากการประมวลผล 10 รอบ

e = ค่าความผิดพลาดที่สามารถยอมรับได้ โดยกำหนดให้เป็น 10% ของค่าเฉลี่ย

จากการหาจำนวนรอบที่ใช้ในการรันพบว่ามีจำนวนผลลัพธ์เท่ากับ 1 รอบ ดังนั้นจึงใช้จำนวนรอบตั้งต้นโดยกำหนดค่าให้กับโปรแกรมดังนี้

Number of Replication = 10

Replication Length = 122 days

Hours per day = 24

Base Time Units = Minutes

4. ผลการศึกษา

จากการทดลองสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ระยะเวลาการทำงานของรถโฟล์คลิฟแต่ละแผนกในสถานการณ์ปัจจุบัน

รูปแบบ	ระยะเวลาต่อรอบ (นาที)			
	Average	Half-Width	Minimun Average	Maximum Average
แผนกคลังสินค้ารูปแบบที่ 1	3.978	0.01	3.976	3.980
แผนกคลังสินค้ารูปแบบที่ 2	6.586	0.01	6.573	6.598
แผนกคลังสินค้ารูปแบบที่ 3	4.768	0.03	4.754	4.784
แผนกขนส่ง	67.436	1.15	65.013	70.120

จากตารางที่ 3 พบว่า การทำงานของรถโฟล์คลิฟภายในคลังสินค้ามีปฏิบัติงานเร็วสุดในรูปแบบที่ 1 เป็นระยะเวลา 3.978 นาที, รองลงมารูปแบบที่ 2 มีระยะเวลา 6.586 นาทีและสุดท้ายรูปแบบที่ 3 มีระยะเวลา 4.768 นาที โดยจะเลือกใช้ระยะเวลาปฏิบัติงานที่เร็วสุดในรูปแบบที่ 1 เพื่อนำเสนอดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานที่เหมาะสมได้จากสูตรดังนี้

$$\text{จำนวนรอบ} = \frac{60\ \text{นาที}}{\text{ระยะเวลาการทำงานของรถโฟล์คลิฟ}}$$

จากการวิเคราะห์ สามารถหาจำนวนรอบการทำงานเหมาะสมอยู่ที่ 15.083 รอบต่อชั่วโมง โดยในระยะเวลาการทำงานของรถโฟล์คลิฟมีค่าความคาดเคลื่อนได้ $\pm$ 0.01 นาที

โดยหลังจากที่ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการปฏิบัติงานที่เหมาะสมได้แล้วยังสามารถคำนวณหาปริมาณการใช้จำนวนรถที่เหมาะสมต่อสายการผลิตหนึ่งได้ดังนี้

อ้างอิงจากข้อมูลการผลิต

สินค้ากลุ่ม A มีอัตราการผลิต 36 กระบะ/ชม.

สินค้ากลุ่ม B มีอัตราการผลิต 32 กระบะ/ชม.

สินค้ากลุ่ม C มีอัตราการผลิต 40 กระบะ/ชม.

จากสูตร

$$\text{จำนวนรถโฟล์คลิฟ} = \frac{\text{อัตราการผลิต}}{\text{จำนวนรอบ}}$$

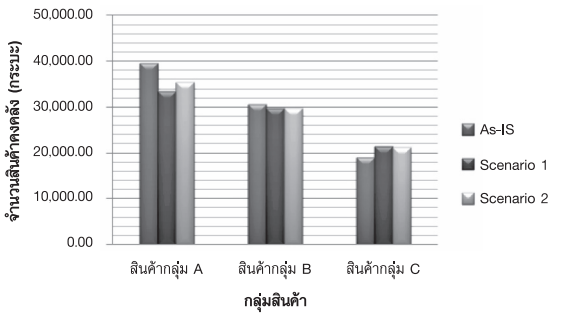
หากผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเป็นทศนิยมให้ปัดขึ้นเสมอ เพื่อให้จำนวนรถมีมากเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน 1 รอบโดยเกิดระยะเวลาการรอคอย (Queue) น้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์พบว่าในสินค้ากลุ่ม A, B และ C ต้องใช้รถโฟล์คลิฟจำนวน 3 คัน จึงเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลา

รายละเอียด	ระยะเวลา (นาที)		
	As-IS	Scenario 1	Scenario 2
ระยะเวลาที่สินค้า A รอรถมารับจากเครื่อง Palletizer	0.058	1.223	1.224
ระยะเวลาที่สินค้า B รอรถมารับจากเครื่อง Palletizer	0.010	1.322	1.322
ระยะเวลาที่สินค้า C รอรถมารับจากเครื่อง Palletizer	0.141	1.077	1.064
ระยะเวลาที่รถต้องรอสินค้า A	3.070	0	0
ระยะเวลาที่รถต้องรอสินค้า B	2.946	0	0
ระยะเวลาที่รถต้องรอสินค้า C	2.944	0	0
ระยะเวลาในการส่งสินค้าให้กับรถบรรทุก	67.440	50.130	50.150

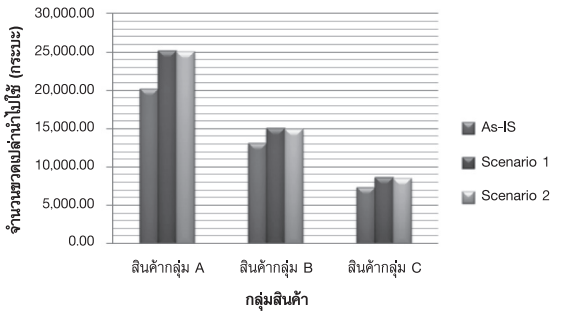
จากผลการทดลองในตารางที่ 4 พบว่าในการทดลองที่ 1 มีระยะเวลาที่สินค้า A, B และ C รอรถมารับจากเครื่อง Palletizer เพิ่มขึ้นเป็น 1.223, 1.322 และ 1.077 นาทีตามลำดับ แต่สามารถลดระยะเวลาที่รถต้องรอสินค้าลงเหลือ 0 นาที ส่งผลให้ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าให้กับรถบรรทุกลดลงเหลือ 50.13 นาที ลดลงจากเดิม 17.31 นาที ทำให้ปริมาณสินค้าคงคลังในกลุ่ม A, B และ C ลดลงเหลือ 33,549.26, 29,816.19 และ 21,493.83 กระบะตามลำดับ ดังรูปที่ 4 ส่งผลให้มีการนำขวดเปล่าของสินค้ากลุ่ม A, B และ C ไปใช้เป็นจำนวน 25,197.13, 15,085.45 และ 8,695.6 กระบะตามลำดับ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ปริมาณสินค้าคงคลังในการทดลองที่ 1 (กระบะ)

ตารางที่ 5 ปริมาณสินค้าคงคลังในการทดลองที่ 1 (กระบะ)

กลุ่มสินค้า	ปริมาณสินค้าคงคลัง (กระบะ)			
	Average	Half-Width	Min. Average	Max. Average
สินค้ากลุ่ม A	35,549.26	304.83	34,772.22	36,020.53
สินค้ากลุ่ม B	29,816.19	135.62	29,556.06	30,136.05
สินค้ากลุ่ม C	21,493.83	72.46	21,372.58	21,677.53

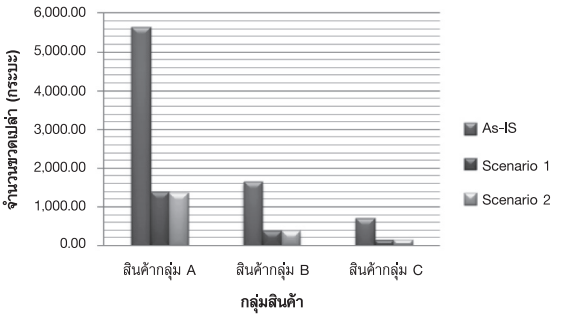


รูปที่ 5 ขวดเปล่าที่ถูกนำไปใช้ในการทดลองที่ 1 (กระบะ)

ตารางที่ 6 ขวดเปล่าที่ถูกนำไปใช้ในการทดลองที่ 1 (กระบะ)

กลุ่มสินค้า	ขวดเปล่าที่ถูกนำไปใช้ (กระบะ)			
	Average	Half-Width	Min. Average	Max. Average
สินค้ากลุ่ม A	25,197.13	144.77	25,023.99	25,561.66
สินค้ากลุ่ม B	15,085.45	102.88	14.955.35	15,347.93
สินค้ากลุ่ม C	8,605.60	44.18	8,548.86	8,718.23

และในการทดลองที่ 2 มีจำนวนขวดเปล่าของสินค้ากลุ่ม A, B และ C คงเหลือน้อยที่สุด คือ 1,375.45, 384.61 และ 146.78 กระบะตามลำดับ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 จำนวนขวดเปล่า (กระบะ)

ตารางที่ 7 จำนวนขวดเปล่าในการทดลองที่ 2 (กระบะ)

กลุ่มสินค้า	จำนวนขวดเปล่า			
	Average	Half-Width	Min. Average	Max. Average
สินค้ากลุ่ม A	1,375.45	7.67	1,357.72	1,392.16
สินค้ากลุ่ม B	384.61	2.41	378.27	389.54
สินค้ากลุ่ม C	146.78	0.46	145.59	147.69

ในการศึกษานี้ได้มีการกำหนดต้นทุนที่ใช้ในการลงทุนทำค่าป้ายสัญญาณไฟระบบคัมบังเป็นจำนวนเงิน 100,000 บาท และต้นทุนค่าจัดเก็บสินค้าคงคลัง 0.48 บาท/ลัง เป็นข้อมูลที่ได้จากกรณีศึกษาเป็นผู้กำหนดขึ้น

กำหนดให้

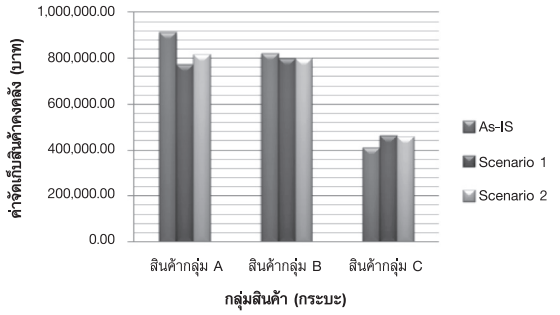
สินค้ากลุ่ม A จำนวน 1 กระบะ มี 48 ลัง

สินค้ากลุ่ม B จำนวน 1 กระบะ มี 56 ลัง

สินค้ากลุ่ม C จำนวน 1 กระบะ มี 45 ลัง

จากการวิเคราะห์พบว่า ในการทดลองที่ 1 สามารถลดต้นทุนค่าจัดเก็บรวมได้ 104,257.12 บาท (ระยะเวลา

ทดลอง 4 เดือน) และในการทดลองที่ 2 สามารถลดต้นทุนค่าจัดเก็บรวมได้ 66,695.22 บาท (ระยะเวลาทดลอง 4 เดือน) ดังนั้นในการลงทุน 100,000 บาท การทดลองที่ 1 จะสามารถลดภาระค่าจัดเก็บเฉลี่ยต่อเดือนได้จำนวน 26,064.28 บาท เป็นเวลา 4 เดือน ระยะเวลาคืนทุนก็คือ 4 เดือน และการทดลองที่ 2 จะสามารถลดภาระค่าจัดเก็บต่อเดือนได้จำนวน 16,673.81 บาท เป็นเวลา 4 เดือน ระยะเวลาคืนทุนก็คือ 6 เดือน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าจัดเก็บสินค้าคงคลัง (บาท)

ตารางที่ 8 ค่าจัดเก็บสินค้าคงคลัง (บาท)

กลุ่มสินค้า	ค่าจัดเก็บสินค้าคงคลัง (บาท)		
	As-IS	Scenario 1	Scenario 2
สินค้ากลุ่ม A	912,523.62	772,974.95	819,127.53
สินค้ากลุ่ม B	820,924.07	801,459.19	799,557.16
สินค้ากลุ่ม C	409,510.30	464,266.73	457,578.07

5. สรุป

จากผลการศึกษาพบว่าในการทดลองที่ 1 สามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีที่สุดถึงแม้ว่าในการทดลองที่ 2 จะมีการเพิ่มการส่งสินค้าทันที กล่าวคือ เมื่อนำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้จะมีการ Tradeoff ผลลัพธ์ระหว่างระยะเวลาการรอสินค้าของรถโฟล์คลิฟเป็น 0 นาที แต่เพิ่มระยะเวลาที่สินค้าจะต้องรอรถมารับแทน ทำให้ระยะเวลาที่สูญเปล่าจากจุดนี้สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการนำขวดเปล่ากลับเข้าสู่กระบวนการ Re-use เพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 9 โดยจะเห็นผลลัพธ์ได้ดีที่สุดในสินค้ากลุ่ม A และ B เนื่องมาจากเป็นสินค้าที่มีอัตราการผลิตสูงถึงระดับล้านลัง แต่สินค้ากลุ่ม C มีอัตราการผลิตเพียงระดับแสนลัง โดยในการทดลองนี้ใช้เวลาในการศึกษาเพียง 4 เดือน ทำให้อาจไม่เห็นผลลัพธ์ของสินค้ากลุ่ม C

ตารางที่ 9 สรุปผลการศึกษา

การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2
1. ลดระยะเวลาการรอสินค้าเป็น 0 นาที	1. ลดระยะเวลาการรอสินค้าเป็น 0 นาที
2. ลดระยะเวลาการทำงานลงได้ 25.67%	2. ลดระยะเวลาการทำงานลงได้ 25.64%
3. ลดปริมาณสินค้าคงคลัง A และ B ลงได้ 10.24% และ 2.37%	3. ลดปริมาณสินค้าคงคลัง A และ B ลงได้ 10.23% และ 2.6%
4. ลดปริมาณขวดเปล่าลงได้ 75.35%, 76.66% และ 79.47%	4. ลดปริมาณขวดเปล่าลงได้ 75.65%, 76.7% และ 79.5%
5. เพิ่มการนำขวดเปล่ากลับมาใช้ได้ 24.83%, 15.13%, และ 18%	5. เพิ่มการนำขวดเปล่ากลับมาใช้ได้ 24.3%, 14.48%, และ 16.27%
	เพิ่มกระบวนการขนส่งสินค้าทันที 3.78%, 3.62% และ 3.16%

ดังนั้นโรงงานจึงควรมีการปรับปรุงกระบวนการขนส่งภายในคลังสินค้าที่มีการประยุกต์ใช้ระบบคัมบัง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้นและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตหรือกระบวนการขนส่งได้ เช่น การปรับปรุงการนำเข้าวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบจำพวกน้ำตาล โดยหากผู้ส่งมอบสามารถนำวัตถุดิบมาส่งให้ทันเวลาพอดีกับความต้องการที่ผลิต จะสามารถลดปริมาณการเก็บสินค้าคงคลังลงได้ ทั้งนี้จะต้องได้รับความร่วมจากทางฝ่ายผู้ผลิตและผู้ส่งมอบในการวางแผนร่วมกัน (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment: CPFR) เพื่อให้วัตถุดิบทันเวลาพอดีกับการผลิต หรือสามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีอัตราผลิตต่อเนื่องและมีแถวคอย สามารถนำมาใช้เพื่อให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่องเป็นระบบ และในธุรกิจประเภทการบริการที่มีแถวคอย สามารถนำระบบคัมบังไปประยุกต์ใช้ได้ เพื่อลดระยะเวลาในการรอคอยรับบริการและกระจายหน้าที่ในการปฏิบัติของพนักงานออกไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงงานกรณีศึกษา การผลิตน้ำอัดลม และบุคลากร ผู้ให้ความอนุเคราะห์การเก็บข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

7. เอกสารอ้างอิง

1. nesdb.go.th, 2007, “Logistics Development Strategy for 2007 - 2011”, Office of the National Economic and Social Development Board Thailand, pp. 6-7

2. nfi.or.th, 2008, Food Intelligence Center, [cited 2011 Nov 18]. Online Available: http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-beverage.asp(In Thai)

3. Michel, B. 2005, “Lean Logistics”. Bangkok: E.I.Square Publishing Company Limited (In Thai), pp. 38-42

4. Buakaew, N. 2009, “Introduction to Lean Manufacturing”. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), pp. 17-27 (In Thai)

5. Suharitdamrong, V. 2006, “Just-in-Time for Operators”. Bangkok: E.I.Square Publishing Company Limited, pp. 25-40 (In Thai)

6. Nomura, J. and Takakuwa, S., 2004, “Module-Based Modeling of Flow-type Multistage Manufacturing Systems Adopting Dual-Card Kanban System”, Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, pp. 1065-1072

7. Depradit, S., 2008, “Simulation modeling to determine the number of kanban cards for a make-to-order production system in a baby corn industry”, Proceedings of the Operations Research Network of Thailand 2008, pp. 167-174 (In Thai)

8. Sukchareonpong, P. and Rungseethong, R., 2010, “The Production Improvement in the Production Line of The Car Assembly Plant from Batch Model to Mixed Model by Applying”, Proceedings of the International PSU Engineering Conference 2010, pp. 564-569 (In Thai)

9. Auesongtham, A., Pityarojanakul, S. and Dusadenoad, S., “Using Simulation Technique to Establish Lean Manufacturing in Production Line: A Case Study in Pivot Assemblies Industrial”, Proceedings of the Operations Research Network of Thailand 2005, pp. 110-120 (In Thai)

10. Kelton, W.D., Sadowski, R.P. and Sturrock, D.T., 2007, “Simulation with Arena,” 4th edition. New York: McGrawHill, pp. 7-8, 308