

การเพิ่มประสิทธิภาพการขนย้ายวัสดุด้วยรถเข็นคาราคูริ ไคเซ็น กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนภูเวียงวารี

Productivity improvement of material handling using Karakuri Kaizen hand truck:

A case study of Phuwiangwari community enterprise

ชัยวัฒน์ กิตติเดชา^{1*} อภิชาติ ชัยกลาง¹ สมหมาย สารมารถ¹ พุทสาयัน นราพินิจ¹
จรรยาพรณ พิมูลชาติ¹ วรเชษฐ หวานเสียง¹ สราวุธ ชาอวการกุล¹ วีระศักดิ์ ปัญญาธา¹
รัชนิวรรณ สันลาด¹ และ กชรวิศ หลำคำ¹

Chaiwat Kittidecha^{1*}, Aphichat Chaiklang¹, Sommai Saramath¹, Puttasayan Narapinij¹
Jurapun Phimoolchat¹, Worached Hwanseang¹, Sarawut Chaowakamkool¹, Weerasak Panyarach¹,
Ratchaneewan Sanlad¹ and Kodcharawit Lamkam¹

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการขนย้ายสินค้าและสร้างอุปกรณ์ขนย้ายสินค้าให้กับวิสาหกิจชุมชนภูเวียงวารี จังหวัดลำพูน จากการศึกษาพบว่าทางวิสาหกิจดังกล่าวมีการใช้รถเข็นเหล็ก 2 ล้อสำหรับขนย้ายสินค้า พนักงานมีความเมื่อยล้ามาก ส่งผลกระทบต่อการทำงานในส่วนอื่น ๆ ผู้วิจัยนำแนวคิดคาราคูริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ขนย้ายสินค้า โดยกลไกคาราคูริเป็นกลไกอัตโนมัติที่ไม่ต้องใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้ต้นทุนในการสร้างลดลง รถเข็นคาราคูริ ไคเซ็นมีขนาดกว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร สูง 1,700 มิลลิเมตร ใช้กลไกแรงโน้มถ่วง เมื่อน้ำหนักของสินค้าถึงค่าที่กำหนดไว้ ถาดรองสินค้าจะเลื่อนลงมาหนึ่งระดับ ระยะการเลื่อนลงใช้จากความสูงของสินค้า ดังนั้นการใส่สินค้าต่อไปจะอยู่ในระดับเดียวกับการใส่สินค้าครั้งแรก พนักงานไม่ต้องก้มลง ผลการทดสอบพบว่าลดความเมื่อยล้าในการขนย้ายสินค้าลงอย่างมาก ลดเวลาในการขนย้ายต่อครั้งหรือ 6 สินค้า จากเดิมเวลามาตรฐานการขนย้ายด้วยรถเข็นเหล็ก 2 ล้อเท่ากับ 1.10 นาที เหลือเป็น 1.01 นาที ลดคิดเป็นร้อยละ 9 ผลการประเมินความเมื่อยล้าพบอาการปวดเมื่อยสูงสุดลดลงจากระดับรู้สึกปวดเมื่อยหรือล้ามากเหลือเป็นระดับรู้สึกปวดเมื่อยปานกลาง โดยหลังส่วนล่างเป็นอวัยวะส่วนที่ยังพบความเมื่อยล้าสูงสุด และความเมื่อยล้าโดยรวมลดลงอย่างมากคือมีร้อยละ 5 ส่วนที่ไม่รู้สึกเมื่อยจากเดิมที่มีเพียง 1 ส่วนเท่านั้น

คำสำคัญ: อุปกรณ์ขนย้ายสินค้า คาราคูริ ไคเซ็น เวลามาตรฐาน

Abstract

The objective of the project is to develop the material handling and optimize the equipment for material handling of Phuwiangwari community enterprise, Lamphun province. It was found that this enterprise used a 2-wheeled steel

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author. E-mail: chaiwatkit@mutl.ac.th

trolley for handling the product, then the worker was exhausted and impacted for other jobs. The Karakuri Kaizen idea was applied for design and fabricate apparatus for crate transportation. The Karakuri mechanism is autonomous equipment without the need of an electric motor, leading to decrease the costs. The dimension of Karakuri Kaizen cart was 800 mm in width, 600 mm in length, and 1,700 mm in height, using the gravity force. When the weight of the cargo crate reached the specified value, the product tray would move down one level. The drop-down distance was applied from the height of the crate. Therefore, loading the next crate would be at the same level as loading the first crate. The workers did not have to bend down. Test results showed that fatigue in moving crates was significantly reduced, and also reduced the time for moving per load or 6 crates of goods from the standard time for moving with a 2-wheeled steel trolley of 1.10 minutes to 1.01 minutes, referred as 9% reduction. The fatigue assessment results found that the pain at the maximum level decreased from the level of feeling a lot of pain or fatigue to the level of feeling moderate pain. The lower back was the part of the body that still experienced the most fatigue, and overall fatigue was greatly reduced, meaning there were 5 parts of the body that didn't feel tired, instead of only 1 part.

Keywords: handling equipment, Karakuri Kaizen, standard time

บทนำ

วิสาหกิจชุมชนภูเวียงวารี ตั้งอยู่ที่ 147/1 หมู่ 3 ตำบลเหล่ายาว อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดลำพูน เป็นโรงงานผลิตสุรากลั่นและมีการจัดส่งสุรากลั่น 28 ดีกรี ขนาดบรรจุภัณฑ์คือ 1 ลังเท่ากับ 6 ขวด คิดเป็นมวล 12 กิโลกรัม คำสั่งซื้อของลูกค้ามีตั้งแต่ 10-60 ลังต่อการจัดส่ง 1 ครั้ง แผนผังโรงงานในปัจจุบันมีการจัดพื้นที่สำหรับจัดเก็บลังสุราที่พร้อมส่งอยู่ใกล้ ๆ บริเวณพื้นที่กลั่นสุราในขั้นตอนการกรอกสุราลงขวดและติดฉลากเสร็จแล้ว แต่อยู่ห่างจากพื้นที่ที่รถมารับสินค้ามาก การขนย้ายลังสินค้าจะใช้คนงานจำนวน 3 คน โดยใช้รถเข็นเหล็ก 2 ล้อเป็นอุปกรณ์ จำนวนลังในการขนแต่ละครั้งจะขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้เข็นคือประมาณ 4-6 ลังต่อรอบ ดัง (Figure 1) ในการยกสินค้าใส่รถเข็นให้ได้จำนวนที่มากที่สุด คนงานต้องรับน้ำหนักของสินค้าทั้งหมดบนรถเข็นและเข็นไปยังจุดที่รถรับสินค้าซึ่งมีระยะทางห่างจากคลังเก็บสินค้า 10 เมตร พื้นที่ผิวโรงงานบางส่วนไม่เรียบ มีผิวขรุขระ ความสูง

ไม่สม่ำเสมอ เกิดอุบัติเหตุหลังสินค้าหล่นตกพื้นจนขวดบรรจุภัณฑ์แตกได้ คนงานทำงานหนักเกินไปกำลัง มีความเมื่อยล้าและความเครียดสูง เกิดความไม่สม่ำเสมอในการขนย้ายสินค้า ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการทำงานโดยรวมและประสิทธิภาพในการทำงานขั้นตอนอื่น ๆ ลดน้อยลงด้วย จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดทำรถเข็นที่สามารถช่วยผ่อนแรง ลดความเมื่อยล้าโดยนำหลักการคาราคูริ โคเซ็น มาประยุกต์ใช้ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์



Figure 1 2-Wheeled steel trolley.

คาราคูริ ไคเซ็น (Karakuri Kaizen) เป็นระบบอัตโนมัติต้นทุนต่ำที่ช่วยปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลการผลิต (low cost automation: LCA) โดยเน้นการผ่อนแรงลดขั้นตอนในการทำงาน ระบบจะถูกออกแบบโดยใช้หลักกลศาสตร์ (Puenhuan, Banthukul, Wankaew, & Chaichanawong, 2013) ระบบอัตโนมัติมีความสำคัญมากในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งครอบคลุมในเทคโนโลยีหุ่นยนต์ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (internet of thing: IoT) และโรงงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (smart factory) เป็นต้น (Pandam, 2020) การนำหลักการคาราคูริ ไคเซ็น มาประยุกต์ใช้เป็นระบบอัตโนมัติต้นทุนต่ำจึงสามารถตอบสนองต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยในประเทศไทยยังมีการใช้หลักการนี้ไม่แพร่หลายมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับหลักการอื่น ๆ เช่น เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ การศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา การออกแบบและวางแผนโรงงาน เป็นต้น งานวิจัยที่ใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ เช่น การปรับปรุงกระบวนการจัดเก็บวัตถุดิบ (Thavornwat, & Boonchujarud, 2020) การปรับปรุงโรงงานผลิตหลอดไฟแอลอี (Pornsing, Amphutsa, Kanchana-anothai, & Tharawetcharak, 2018) โดยลดปริมาณของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมากขึ้น งานวิจัยที่ใช้การศึกษาค้นคว้าเคลื่อนไหวและเวลา เช่น กระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุขวด (Kittidecha, & Chaiklang, 2022) การผลิตในขั้นตอนผลิตขวดตะแกรงวายเป็น (Kriengkorakot, Kriengkorakot, Duangjai, & Khamchai, 2022) ทั้งสองงานใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่องและผังการไหลเป็นเครื่องมือหลัก

ในการปรับปรุงการทำงาน งานวิจัยที่ใช้การออกแบบและวางแผนโรงงาน เช่น กระบวนการผลิตเครื่องครัวสเตนเลส (Kittidecha, Saramath, & Narapinij, 2023) โรงงานอาหารบึงย่างพร้อมปรุง (Pawanathamasuk, Boonrung, & Saicharoen, 2022) ซึ่งใช้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสถานีงานในการลดระยะเวลาและระยะทางในการขนย้ายวัสดุ ส่วนการประยุกต์ใช้คาราคูริ ไคเซ็นในทางวิชาการนั้นพบในงานวิจัยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของสายการผลิตคอกยัลเย็น (Puenhuan, Banthukul, Wankaew, & Chaichanawong, 2013) ลดเวลาการทำงานร้อยละ 14.10 ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น 8.60 ส่วนที่ประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมนั้นก็ยังไม่แพร่หลายเช่นเดียวกันคือ มีโรงงานขนาดใหญ่เท่านั้นที่นำไปใช้ตัวอย่าง เช่น โรงงานเกตเวย์ของบริษัทโตโยต้า (ประเทศไทย) จำกัด (Lalai, 2019)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการแก้ไขปัญหาที่พบในขั้นตอนการขนย้ายลังสินค้า โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ร่นเส้นคาราคูริ ไคเซ็นทดแทนรถเข็น 2 ล้อ และ 2) เปรียบเทียบและประเมินผลระหว่างการทำงานแบบเดิมและแบบใหม่ โดยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เริ่มจากตัวฐานรองรับลังสินค้าจะยึดติดกับหลอดสลิงผ่านรอกเดี่ยวซึ่งเชื่อมกับแผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนัก เมื่อนำลังสินค้ามาวางบนฐานรองรับลังสินค้าจะทำให้แผ่นเหล็กถ่วงน้ำหนักเกิดการเคลื่อนที่ลงมาทำให้การวางลังสินค้าลงบนฐานรองรับลังสินค้านั้นจะอยู่ในระดับเดียวกับระดับเอวของคนงาน คนงานไม่ต้องก้มหยิบลังสินค้า ลดปัญหาการเมื่อยล้าในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น ส่วนการเปรียบเทียบและประเมินผลใช้จากเวลามาตรฐาน

ในการขนย้ายต่อครั้ง และแบบประเมินความเมื่อยล้า (body discomfort) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน เช่นในงานวิจัย การประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานและความเมื่อยล้าของพนักงานเก็บขยะ (Phimphomma, 2022) และการปรับปรุงสถานีนงานของผู้ใช้งานกล้องจุลทรรศน์ (Khanthusang et al., 2022) แสดงระดับความเมื่อยล้าที่ลดลงจากการออกแบบวิธีการทำงานใหม่

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 คาราคุรี ไคเซ็น เป็นภาษาญี่ปุ่น 2 คำ คือ ไคเซ็นหรือการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้น และคาราคุรี ซึ่งเป็นกลไกง่าย ๆ โดยใช้แรงโน้มถ่วง แรงกดหรือยืด แรงลอยตัว แรงแม่เหล็กและแรงคน เป็นต้น ประเทศญี่ปุ่นในศตวรรษที่ 17 เริ่มนำมาใช้ โดยคาราคุรี ไคเซ็น เป็นคำที่ใช้เรียกการเคลื่อนที่ โดยปราศจากการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือลม นำมาใช้กับงานในด้านต่าง ๆ เช่น การประยุกต์ใช้กับละครเวที ตุ๊กตาเสิร์ฟน้ำชา และที่สำคัญคือในภาคอุตสาหกรรม เข้ามาใช้งานในสถานที่การผลิตกันอย่างแพร่หลาย สามารถช่วยลดการใช้พลังงาน ลดต้นทุนในการผลิต ในขณะเดียวกันยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้ ใช้ต้นทุนในการสร้างและการดูแลรักษาการใช้งานต่ำช่วยประหยัดทรัพยากร และยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่พนักงาน ดังนั้นแนวทางการนำคาราคุรี ไคเซ็น เป็นอุปกรณ์อัตโนมัติที่มีต้นทุนต่ำ (LCA) กลไกการทำงานแบบง่าย ๆ ตามหลักกลศาสตร์ เป็นการกำจัดสิ่งที่ไม่ดีประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งในญี่ปุ่นใช้คำว่า 3M ประกอบด้วย 1) Muda ความสูญเปล่า 2) Mura ความไม่สม่ำเสมอ 3) Muri

การเกินทำ นอกจากจะสามารถนำมาช่วยพนักงานในการทำงานแล้วยังช่วยลดความซับซ้อนในกระบวนการอีกด้วย (Thipprasertsin, 2021)

1.2 แบบประเมินความเมื่อยล้า เป็นแบบประเมินความรู้สึกเมื่อยล้าส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่สำคัญ 12 ส่วน ประกอบด้วย 1) คอ 2) ไหล่ 3) หลังส่วนบน 4) หลังส่วนล่าง 5) แขนส่วนบน 6) ข้อศอก 7) แขนส่วนล่าง 8) มือหรือข้อมือ 9) สะโพก หรือต้นขา 10) หัวเข่า 11) น่อง และ 12) เท้า โดยการให้คะแนนความเจ็บปวด ณ จุดต่าง ๆ (Khanaphan, & Khanaphan, 2019)

ระดับ 0 ไม่รู้สึกเมื่อยหรือปวดเมื่อยที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งของร่างกาย

ระดับ 1 รู้สึกปวดเมื่อยนิดหน่อยไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน โดยไม่ต้องหยุดพัก

ระดับ 2 รู้สึกปวดเมื่อยปานกลาง ต้องมีการหยุดพักหรือเปลี่ยนท่าพักเพื่อให้หายเหนื่อย

ระดับ 3 รู้สึกปวดเมื่อยหรือล้ามาก เมื่อพักแล้วก็ยังไม่หายเหนื่อย

ระดับ 4 รู้สึกปวดเมื่อยหรือล้ามากจนทนทำงานต่อไปไม่ได้ไหว หหมดแรงต้องรับประทานยา หรือพบแพทย์

1.3 การหาเวลามาตรฐานโดยการจับเวลาโดยตรง เป็นวิธีที่หาเวลาการทำงานที่นิยมกันมาก ใช้ง่ายโดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) กำหนดงานย่อย 2) จับเวลาเบื้องต้น 5 ครั้ง กรณีงานย่อยใช้เวลามากกว่า 2 นาที หรือจับเวลาเบื้องต้น 10 ครั้ง กรณีงานย่อยใช้น้อยกว่า 2 นาที 3) กำหนดจำนวนครั้งที่ต้องจับเวลาตามระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 4) จับเวลาตามจำนวนครั้งที่กำหนด 5) คำนวณค่าเฉลี่ย 6) นำมาคูณกับอัตราความเร็วได้เป็นเวลาปกติตั้งสมการ (1) 7) นำมา

บวกกับเวลาเพื่อที่กำหนดเป็นร้อยละของเวลาปกติจะได้เวลามาตรฐาน ดังสมการ (2) (Khumla et al., 2021)

$$\text{เวลาปกติ} = \text{ค่าเฉลี่ย} \times \text{อัตราความเร็ว} \quad (1)$$

$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} + \text{เวลาเผื่อ} \quad (2)$$

$$T = [(E + Z)/n] \times 0.8 \quad (3)$$

กำหนด E คือ มวลของรถเข็น มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

Z คือ มวลสูงสุดของถังสินค้า มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

n คือ จำนวนล้อที่ใช้งาน

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยเท่ากับ 0.8

1.4 การคำนวณการรับมวลของล้อรถเข็นสามารถคำนวณได้ดังสมการ (3) (Jbmhg, 2011)

1.5 การคำนวณมวลแผ่นเหล็กที่ใช้ถ่วงน้ำหนักสามารถคำนวณได้ดังสมการ (4) (Bangkok Special Steel, 2021)

$$\text{มวลแผ่นเหล็ก} = \text{ความหนา} \times \text{ความกว้าง} \times \text{ความยาว} \times 0.0079 \quad (4)$$

โดยที่ 0.0079 คือ ค่าความหนาแน่นของเหล็ก มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

มวลแผ่นเหล็ก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

ความหนา ความกว้าง ความยาว มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2. วิธีการดำเนินการ

ขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพการขนย้ายวัสดุด้วยรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษากระบวนการขนย้ายถังสินค้าในปัจจุบัน
- 2) ออกแบบและสร้างรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น
- 3) ทดสอบประสิทธิภาพโดยการหาเวลามาตรฐาน

โดยตรงของการขนย้ายและประเมินผลความเมื่อยล้าเปรียบเทียบระหว่างการใช้รถเข็น 2 ล้อ กับรถเข็น คาราคุริ ไคเซ็น

4) สรุปผลและอบรมแนะนำวิธีการใช้ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้วิสาหกิจฯ

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษากระบวนการขนย้ายถังสินค้าในปัจจุบัน

คนงานจะก้มหยิบถังสินค้าที่ละถังวางบนรถเข็น 2 ล้อ โดยสองชั้นด้านล่างจะวางชั้นละ 2 ถัง และสองชั้นด้านบนจะวางชั้นละ 1 ถัง รวมเป็น 6 ถัง จากนั้นเข็นจากที่จัดเก็บไปบริเวณที่รถกระบะจอดเป็นระยะทาง 10 เมตร แล้วยกถังวางบนฝาท้ายรถกระบะที่ละถังจนครบ ดัง (Figure 2)

จากการหาเวลามาตรฐานโดยการจับเวลาโดยตรง กำหนดให้มี 3 งานย่อย คือ 1) ยกถังใส่ในรถเข็น จำนวน 6 ถัง เอียงรถเข็นเพื่อเตรียมพร้อมที่จะเข็นไปยังรถกระบะถังสินค้า ดัง (Figure 2a-b) 2) เข็นรถระยะทาง 10 เมตร ดัง (Figure 2c) และ 3) ยกถังวางบนฝาท้ายรถกระบะที่ละถังจนครบ ดัง (Figure 2d) ผู้วิจัยจับเวลาแต่ละงานย่อยทั้งหมด 10 ครั้ง เนื่องจากงานย่อยใช้เวลาน้อยกว่า 2 นาที นำมาหาค่าเฉลี่ยนำไปคูณกับอัตราความเร็วซึ่งผู้วิจัยกำหนดเท่ากับ

ร้อยละ 100 หรือเท่ากับคนทั่วไปทำ จะได้เป็นเวลากติตามสมการที่ 1 จากนั้นนำมาบวกกับเวลาเผื่อ ซึ่งผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ร้อยละ 15 ดังสมการ (2) จะได้เป็น

เวลามาตรฐานของการขนย้ายลังสินค้าแบบปัจจุบันที่ใช้รถเข็นเหล็ก 2 ล้อ เท่ากับ 1.11 นาทีต่อครั้งดัง (Table 1)



(a) pick up crates into trolley



(b) sort crates



(c) move 10 meters



(d) pick up crates into car

Figure 2 Crate handling process (current situation).

Table 1 Standard time of crate handling process (current).

element	average time (minute)	rating factor (%)	normal time (minute)	allowance time (%)	standard time (minute)
1. pick up and sort crates into trolley	0.23	100	0.23	15	0.26
2. move 10 meters	0.48	100	0.48	15	0.55
3. pick up crates into car	0.26	100	0.26	15	0.30
total					1.11

2. ผลการออกแบบและสร้างรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น

หลักการทำงานของรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น คือ เมื่อยกลังสินค้าจำนวน 2 ลัง วางบนถาดรองลังซึ่งอยู่ในระดับเอว ถาดรองลังจะเลื่อนลงมาหนึ่งชั้น คนงานก็ยกวางลังสินค้าอีกจำนวน 2 ลัง ถาดรองลังจะเลื่อนลงมาอีกหนึ่งชั้น คนงานก็จะยกวางลังสินค้า 2 ลังสุดท้าย

โดยการยกวางทั้งหมดยกหนึ่งครั้งไม่ต้องก้มวาง และการยกลังจากรถเข็นไปวางบนรถกระบะก็เช่นเดียวกันคือ เมื่อยกหนึ่งครั้งยกลังครบ 2 ลัง ถาดรองลังก็จะเลื่อนขึ้นหนึ่งระดับ ใช้การดันรถเข็นแทนการเข็นแบบเอียงรถจากเดิมรถเข็นมี 2 ล้อ เพิ่มเป็น 4 ล้อ เพื่อการกระจายน้ำหนัก ดังนั้นการออกแบบรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น

มีขนาดกว้าง 800 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร สูง 1,700 มิลลิเมตร และมีส่วนประกอบย่อยจำนวน

4 ส่วนคือ 1) ล้อรถเข็น 2) โครงฐาน 3) แผ่นเหล็กสำหรับถ่วงน้ำหนัก 4) ภาตรองลึง ดัง (Figure 3)

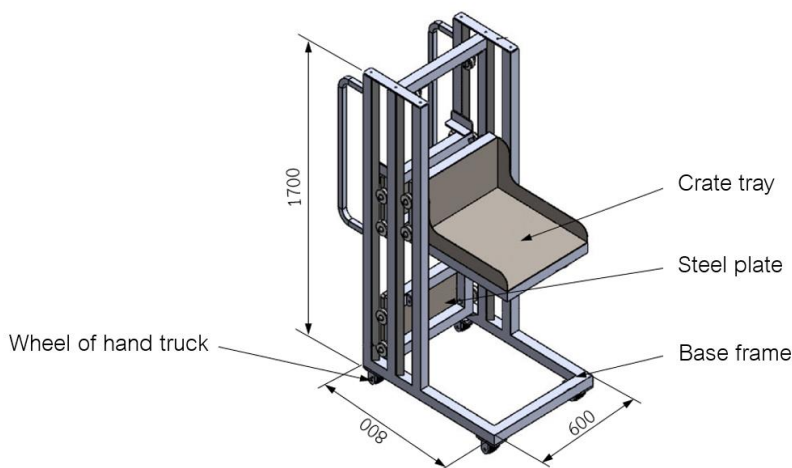


Figure 3 Drawing of Karakuri Kaizen hand truck.

จาก (Figure 3) ส่วนประกอบสำคัญที่ต้องคำนวณออกแบบคือรถเข็น ล้อรถเข็น (1) และแผ่นเหล็กสำหรับถ่วงน้ำหนัก (3) สำหรับล้อรถเข็นผู้วิจัยกำหนดขนาดล้อจากการคำนวณการรับมวลจากสมการ (3) (Jbmhg, 2011) โดยกำหนดค่า E เท่ากับมวลรถเข็น 85 กิโลกรัม ค่า Z เท่ากับมวลของลึงสินค้าจำนวน 6 ลึง หรือ 72 กิโลกรัม และค่า n เท่ากับจำนวน 4 ล้อ ซึ่งคำนวณมวลที่ล้อรถเข็นรับได้เท่ากับ 31.40 กิโลกรัมต่อล้อ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ล้อพลาสติกทรงตัน ขนาด 4 นิ้ว ที่รับมวลได้สูงสุด 90 กิโลกรัม (White Horse Super Wheel, 2022)

ส่วนแผ่นเหล็กสำหรับถ่วงน้ำหนักจะมีจำนวน 3 แผ่น ตามระดับสำหรับเลื่อนขึ้น-ลง แต่ละแผ่นจะมีมวลน้อยกว่ามวลลึงสินค้าจำนวน 2 ลึง คือ 24 กิโลกรัมเล็กน้อย เพื่อเมื่อวางลึงครบ 2 ลึง

แผ่นเหล็กจะเลื่อนขึ้น-ลงนั่นเอง ทั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดมวลแผ่นเหล็กเท่ากับ 23.46 กิโลกรัม ซึ่งคำนวณขนาดแผ่นเหล็กได้ตามสมการ (4) (Bangkok Special Steel, 2021) โดยกำหนดความกว้างเท่ากับ 27 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 50 เซนติเมตร ความหนาเท่ากับ 2.20 เซนติเมตร และเมื่อชั่งมวลแผ่นเหล็กจริงได้เท่ากับ 23.70 กิโลกรัม

การสร้างรถเข็นคาราคูริ ไคเซ็น เริ่มจากโครงฐานโดยใช้เหล็กกล่องเพื่อรับน้ำหนักและเป็นส่วนหลักในการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน ดัง (Figure 4a) ติดตั้งแผ่นเหล็กถ่วงมวล ติดตั้งลวดสลิงให้มีความยาวสอดคล้องกับระยะการเลื่อนขึ้น-ลงในแต่ละระดับของแผ่นเหล็ก ดัง (Figure 4b) นำภาตรองลึงสินค้ามาประกอบเข้าและเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กถ่วงมวลด้านหน้า สุดท้ายติดตั้งล้อรถเข็น ดัง (Figure 4c)



Figure 4 Karakuri Kaizen hand truck building.

3. ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยการหาเวลามาตรฐานโดยตรงของการขนย้าย

จากการหาเวลามาตรฐานโดยการจับเวลาโดยตรงของการขนย้ายลังสินค้าด้วยรถเข็นคาราคูรีไคเซ็น กำหนดให้มี 3 งานย่อยเหมือนกับการขนย้ายลังสินค้าด้วยรถเข็น 2 ล้อ คือ 1) ยกลังใส่ในรถเข็นคาราคูรีไคเซ็น จำนวน 6 ลัง ดัง (Figure 5a-b) 2) เข็นรถระยะทาง 10 เมตร ดัง (Figure 5c) และ 3) ยกลังวางบนฝาท้ายรถกระบะที่ละลังจนครบ ดัง (Figure 5d) ผู้วิจัยจับเวลาแต่ละงานย่อยทั้งหมด 10 ครั้ง เนื่องจากงานย่อยใช้เวลาน้อยกว่า 2 นาที นำมาหาค่าเฉลี่ยนำไปคูณกับอัตราความเร็วซึ่งผู้วิจัยกำหนดเท่ากับร้อยละ 100 จะได้เป็นเวลามาตรฐานตามสมการ (1) จากนั้น

นำมาบวกกับเวลาเผื่อซึ่งผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ร้อยละ 15 ดังสมการ (2) จะได้เป็นเวลามาตรฐานของการขนย้ายลังสินค้าที่ใช้รถเข็นรถเข็นคาราคูรีไคเซ็น เท่ากับ 1.01 นาทีต่อครั้ง ดัง (Table 2) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเวลามาตรฐานของการขนย้ายลังสินค้าที่ใช้รถเข็น 2 ล้อ เท่ากับ 1.11 นาทีต่อครั้ง จะลดลง 0.10 นาทีต่อครั้งหรือร้อยละ 9 เนื่องจากพื้นที่โรงงานมีลักษณะขรุขระไม่เรียบ การใช้ล้อเข็นแบบ 4 ล้อ แทน 2 ล้อ น้ำหนักของตัวรถเข็นที่หนักมากขึ้น ขนาดตัวรถเข็นที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจจะทำให้การเข็นยากลำบากและต้องใช้แรงมากขึ้น ต้องเพิ่มความระมัดระวังในการเข็นมากกว่าเดิม ส่งผลให้เวลามาตรฐานในการขนย้ายลังลดลงเพียง 0.10 นาที เท่านั้น



Figure 5 Karakuri Kaizen hand truck process (after improvement).

Table 2 Standard time of Karakuri Kaizen hand truck process (after improvement).

element	average time (minute)	rating factor (%)	normal time (minute)	allowance time (%)	standard time (minute)
1. pick up and sort crates into hand truck	0.16	100	0.16	15	0.18
2. move 10 meters	0.47	100	0.47	15	0.54
3. pick up crates into car	0.25	100	0.25	15	0.29
total					1.01

จากเวลามาตรฐานในการขนย้ายลังสินค้า ซึ่งลดลง 0.10 นาที หรือร้อยละ 9 ทำให้สามารถปรับปรุงวิธีการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้เกี่ยวข้อง เช่น Pornsing, Amphutsa, Kanchana-anothai, & Tharawetcharak (2018); Thavornwat, & Boonchujarud (2020); Kittidecha, & Chaiklang (2022); Kriengkarakot, Kriengkarakot, Duangjai, & Khamchai (2022); Kittidecha, Saramath, & Narapinij (2023) เป็นต้น ซึ่งสามารถลดเวลาและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานนั่นเอง

ในส่วนการคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของอุปกรณ์ รถเข็นคาราคูรี ไคเซ็นนั้น ค่าใช้จ่ายในการสร้างประมาณ 10,000 บาท ผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นผู้วิจัยคิดจากค่าแรงคนงานจำนวน 1 คน เท่ากับ 300 บาทต่อวัน สามารถลดเวลาการทำงานลงร้อยละ 9 ดังนั้นผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ $300 \times 0.09 = 27$ บาทต่อวัน คิดเป็นระยะเวลาการคืนทุนเท่ากับ $10,000 / 27 = 370$ วัน

4. ผลการประเมินผลความเมื่อยล้า

การประเมินผลความเมื่อยล้าเปรียบเทียบกับระหว่างการใช้รถเข็น 2 ล้อ กับรถเข็นคาราคูรี ไคเซ็น โดยผู้ประเมินคือคนงานเพศชาย จำนวน 3 คน

อายุระหว่าง 30-50 ปี โดยผลการประเมินผลความเมื่อยล้าจากการใช้รถเข็น 2 ล้อ ดัง (Table 3) พบว่ามีอาการปวดเมื่อยสูงสุดที่ระดับ 3 คือ รู้สึกปวดเมื่อยหรือล้ามาก พบสูงสุดที่ตำแหน่งหลังส่วนล่าง ร้อยละ 67 รองลงมาคือ หลังส่วนบนและหลังส่วนบน ร้อยละ 33 อาการปวดเมื่อยระดับ 2 คือ รู้สึกปวดเมื่อยปานกลางพบสูงสุดที่ตำแหน่งแขนส่วนล่าง ร้อยละ 100 รองลงมาคือ หลังส่วนบนและข้อศอกร้อยละ 67 อาการปวดเมื่อยระดับ 1 คือ รู้สึกปวดเมื่อยนิดหน่อยพบสูงสุดที่ตำแหน่งไหล่และมือหรือข้อมือ ร้อยละ 100 รองลงมาคือ แขนส่วนบนและสะโพกหรือต้นขา ร้อยละ 67 อาการปวดเมื่อยระดับ 0 คือไม่รู้สึกเมื่อยพบสูงสุดที่ตำแหน่งคอ ร้อยละ 100 รองลงมาคือ หัวเข่า น่อง และเท้า ร้อยละ 67

ส่วนผลการประเมินผลความเมื่อยล้าโดยใช้รถเข็นคาราคูรี ไคเซ็น ดัง (Table 4) พบว่ามีอาการปวดเมื่อยสูงสุดที่ระดับ 2 คือ รู้สึกปวดเมื่อยปานกลางพบสูงสุดที่ตำแหน่งหลังส่วนล่าง ร้อยละ 67 รองลงมาคือ หลังส่วนบนและข้อศอก ร้อยละ 33 อาการปวดเมื่อยระดับ 1 คือ รู้สึกปวดเมื่อยนิดหน่อยพบสูงสุดที่ตำแหน่งแขนส่วนล่าง ร้อยละ 100 รองลงมาคือ หลังส่วนบน

ร้อยละ 67 อาการปวดเมื่อยระดับ 0 คือ ไม่รู้สึกเมื่อย ร้อยละ 100 รองลงมาคือ แขนส่วนบน ข้อศอก
พบสูงสุดที่ตำแหน่งคอ ไหล่ หัวเข่า น่องและเท้า มือหรือข้อมือ และสะโพกหรือต้นขา ร้อยละ 67

Table 3 Body discomfort of crate handling process (current situation).

body	discomfort level (%)				
	0	1	2	3	4
1. neck	3 (100%)				
2. shoulders		3 (100%)			
3. upper back			2 (67%)	1 (33%)	
4. lower back			1 (33%)	2 (67%)	
5. upper arm		2 (67%)	1 (33%)		
6. elbow			2 (67%)	1 (33%)	
7. lower arm			3 (100%)		
8. hand or wrist		3 (100%)			
9. hip or thigh		2 (67%)	1 (33%)		
10. knee	2 (67%)	1 (33%)			
11. calf	2 (67%)	1 (33%)			
12. foot	2 (67%)	1 (33%)			

Table 4 Body discomfort of Karakuri Kaizen hand truck process (after improvement).

body	discomfort level (%)				
	0	1	2	3	4
1. neck	3 (100%)				
2. shoulders	3 (100%)				
3. upper back		2 (67%)	1 (33%)		
4. lower back		1 (33%)	2 (67%)		
5. upper arm	2 (67%)	1 (33%)			
6. elbow	2 (67%)	1 (33%)			
7. lower arm		3 (100%)			
8. hand or wrist	2 (67%)	1 (33%)			
9. hip or thigh	2 (67%)	1 (33%)			
10. knee	3 (100%)				
11. calf	3 (100%)				
12. foot	3 (100%)				

เมื่อเปรียบเทียบการประเมินผลความเมื่อยล้าระหว่างการใช้รถเข็น 2 ล้อกับรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็น พบว่าอาการปวดเมื่อยสูงสุดลดลงจากระดับ 3 รู้สึกปวดเมื่อยหรือล้ามาก เมื่อพักแล้วก็ไม่หายเหนื่อยเป็นระดับ 2 รู้สึกปวดเมื่อยปานกลาง ต้องมีการหยุดพักหรือเปลี่ยนท่าพักเพื่อให้หายเหนื่อย โดยที่ร้อยละหลังส่วนล่างเป็นส่วนที่ยังพบความเมื่อยล้าสูงสุด และโดยรวมแล้วความเมื่อยล้าลดลงอย่างมากคือมี 5 ส่วนที่ไม่รู้สึกเมื่อยจากเดิมมีเพียง 1 ส่วนเท่านั้น ผลการประเมินความเมื่อยล้าในการทำงานที่ลดลงสอดคล้องเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Khanthusaeng et al. (2022); Phimphomma (2022) ที่สามารถลดระดับความเมื่อยล้าลงได้โดยการใช้แบบประเมินความเมื่อยล้า ในส่วนข้อเสนอนี้สำหรับการวิจัยต่อไปคือควรทำการประเมินการยกด้วยสมการการยก (NIOSH lifting equation) เพิ่มเติมจะทำให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาจากท่าทางการยกและสาเหตุของการปวดเมื่อยที่แท้จริง เนื่องจากอุปกรณ์รถเข็นคาราคุริ ไคเซ็นนี้ช่วยลดปัญหาในเรื่องระดับความสูงของการวางลังบนรถเข็นและการวาง ณ จุดวางเป็นหลักไม่ให้เกิดการก้มวาง แต่ก็ยังคงมีการก้มยกจากจุดยกเหมือนเดิม ดังนั้นปัญหาการปวดเมื่อยที่แท้จริงอาจจะเกิดจากการก้มยก องค์การเคียวตัว ความถี่ในการยก ลักษณะการจับหรืออื่น ๆ ก็เป็นไปได้

สรุป

จากปัญหาในขั้นตอนการขนย้ายลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนขวัญเวียงวารี จังหวัดลำพูน ซึ่งผลิตสุรากลั่น คนงาน จำนวน 3 คน ใช้รถเข็นเหล็ก 2 ล้อ เป็นอุปกรณ์ขนย้ายลังสินค้านั้นมีความเมื่อยล้ามาก

จากการที่ต้องก้มตัวลงเพื่อยกลังสินค้าตลอดเวลา ขนย้ายจำนวน 6 ลัง จากคลังสินค้าไปรถบรรทุก เป็นระยะทาง 10 เมตรต่อครั้ง เวลามาตรฐานของการขนย้ายลังสินค้าเท่ากับ 1.11 นาทีต่อครั้ง ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างรถเข็นที่ใช้หลักการคาราคุริ ไคเซ็น มาทดแทนโดยมีหลักการทำงานคือเมื่อยกลังสินค้าวางบนถาดรองลังซึ่งอยู่ในระดับเอว ถาดรองลังจะเลื่อนลงมาหนึ่งชั้น คนงานก็ยกวางลังสินค้าใหม่โดยไม่ต้องก้มวาง ใช้การดันรถเข็นแทนการเอียงรถ และเพิ่มล้อเป็น 4 ล้อ จากการทดลองพบว่าเวลามาตรฐานของการขนย้ายลังสินค้าที่ใช้รถเข็นรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็นเท่ากับ 1.01 นาทีต่อครั้ง ลดลง 0.10 นาทีต่อครั้ง หรือร้อยละ 9 และผลการประเมินความเมื่อยล้าโดยรวมลดลง ดังนั้นอุปกรณ์รถเข็นรถเข็นคาราคุริ ไคเซ็นสามารถแก้ไขปัญหาก็พบได้ ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไปคือควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกประเมินและจำแนกช่วงอายุที่ใกล้เคียงกันเพื่อไม่ให้ช่วงอายุมีผลต่อการประเมิน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากวิสาหกิจชุมชนขวัญเวียงวารี ตั้งอยู่ที่ 147/1 หมู่ 3 ตำบลเหล่ายาว อำเภอบ้านโฮ้ง จังหวัดลำพูน

เอกสารอ้างอิง

- Bangkok Special Steel Co., Ltd. (2021). *Approximate steel weight calculation formula*. Retrieved 15 March 2023, from <https://www.bssteel.co.th/bssteelwp> (in Thai)
- Jbmhg. (2011). *What kind of load capacity have you decided to employ for your wheelchair*.

- Retrieved 15 March 2023, from <https://forkliftyale.wordpress.com/2011> (in Thai)
- Khanaphan, K., & Khanaphan, P. (2019). Ergonomic risk assessment of sugarcane cutting and carry on truck workers in Kumphawapi district, Udonthani province. *Journal of Ratchathani Innovative Social Sciences*, 3(1), 63-74. (in Thai)
- Khanthusang, S., Khomsawat, T., Suadsom, P., Arunphat, K., Yodyot, N., & Theppitak, C. (2022). Workstation improvement for reducing ergonomic risks of microscope users. *Thai Journal of Ergonomics*, 5(1), 23-33. (in Thai)
- Khumla, P., Yasopha, C., Chaikambang, T., To-on, P., Taengphukieo, R., Issarapong, N., & Sarawan, K. (2021). Standard time in production process of ready mixed concrete using direct time study. *Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University*, 6(2), 41-51. (in Thai)
- Kittidecha, C., & Chaiklang, A. (2022). The productivity improvement of bottled water manufacturing using work study technique. *Journal of Manufacturing and Management Technology*, 1(1), 1-9. (in Thai)
- Kittidecha, C., Samath, S., & Narapinij, P. (2023). Plant layout improvement of the stainless-steel cookware manufacturing using CORELAP and graph-based method. *RMUTSB Academic Journal*, 11(1), 110-122. (in Thai)
- Kriengkarakot, N., Kriengkarakot, P., Duangjai, N., & Khamchai, P. (2022). Production improvement in wire mesh process. *Thai Industrial Engineering Network Journal*, 8(2), 67-77. (in Thai)
- Lalai, K. (2019). *A tour of the Karakuri Kaizen mechanism at the Gateway factory*. Retrieved 15 March 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=6UqPoXPKVIA> (in Thai)
- Pandam, S. (2020). Guidelines to elevate 4.0 industrial technicians base on 4.0 development strategies of Thai industry. *Institute of Vocational Education Southern Region 1 Journal*, 5(2), 7-13. (in Thai)
- Pawanathamasuk, T., Boonrung, P., & Saicharoen, K. (2022). Plant layout design for Thai barbecue delivery. *Thai Industrial Engineering Network Journal*, 8(2), 34-41. (in Thai)
- Phimphomma, N. (2022). The risk assessment to working posture and fatigue of solid waste collectors in U-Thong district. *Suphanburi province Research and Development Health System Journal*, 15(3), 225-238. (in Thai)
- Pornsing, C., Amphutsa, S., Kanchana-anothai, J., & Tharawetcharak, P. (2018). Process and plant layout improvement using industrial engineering techniques: A case study sample LED light factory. *Science and Technology Journal*, 27(6), 1132-1146. (in Thai)
- Puenhuan, W., Banthukul, W., Wankaew, J., & Chaichanawong, J. (2013). Improvement of work efficiency of evaporator core assembly. *Journal of Engineering and Digital Technology*, 1(2), 11-15. (in Thai)
- Thavornwat, C., & Boonchujarud, S. (2020). Process Improvement of raw materials storage with industrial engineering techniques. *RMUTL Engineering Journal*, 5(2), 1-9. (in Thai)
- Thipprasertsin, P. (2021). *Karakuri Kaizen an alternative to production line improvements*. Pathumthani: The National Electronics and Computer Technology Center. (in Thai)

White Horse Super Wheel. (2022). *S-Series general rubber-caster (black/grey) white horse caster*. Retrieved 15 March 2023, from <https://www.whitehorsecaster.com/our-catalogue/s-series/rubber-caster/> (in Thai)