บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

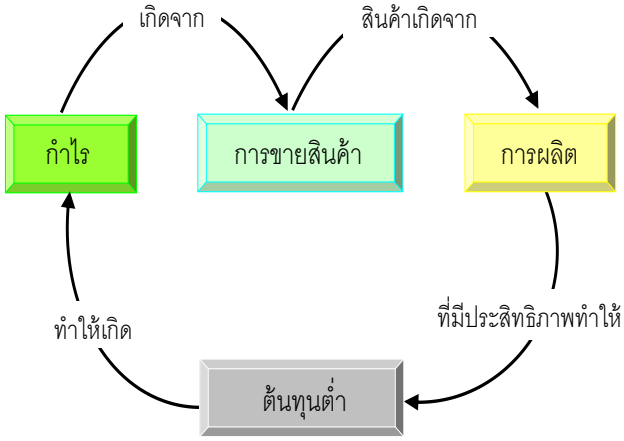
2.1 การผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing)

2.1.1 หลักการเบื้องต้น

คำว่า “ลีน” (Lean) [5] หมายถึง การประหยัด หรือ ผอม, บาง, ไม่มีไขมันส่วนเกิน การผลิตแบบลีน คือ การผลิตที่พยายามลดการสูญเปล่าที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุน ลดเวลาที่ใช้ในการผลิต และเพิ่มผลกำไร ดังนั้นความสูญเปล่า (Waste) จึงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกองค์กรธุรกิจโดยเฉพาะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจาก การดำเนินงานที่แฝงในรูปของเสีย ความล่าช้า และรวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม (Non-value added) หรือผลกำไรให้กับธุรกิจ ดังนั้นการจำแนกประเภทความสูญเปล่าจึงมีบทบาทสนับสนุนการพัฒนาผลิตภาพด้วย การขจัดความสูญเปล่า โดยมุ่งแนวคิดการเพิ่มคุณค่าจากการใช้ทรัพยากรและองค์ประกอบของระบบ เช่น วัสดุ แรงงาน และพื้นที่ เป็นต้น สำหรับกิจกรรมหลักที่สร้างคุณค่าเพิ่ม หรือการสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าจะเกี่ยวข้องกับการแปรรูปของสินค้า หรือการให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการให้กับลูกค้าโดยตรง สำหรับการดำเนินกิจกรรมทั่วไปในองค์กรจะเกิดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าเพิ่ม แต่มีความจำเป็นต่อการสนับสนุนธุรกรรมขององค์กร เช่น กระบวนการจัดหา และจัดซื้อเนื่องจากกระบวนการดังกล่าว มีความสำคัญต่อการแปรรูป และการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตผล ส่วนกิจกรรมการตรวจสอบวัตถุดิบที่นำเข้า หรือการตรวจนับวัสดุในคลังสินค้าก็มีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การจำแนกประเภทกิจกรรมจึงควรศึกษาถึงวัตถุประสงค์ของกิจกรรมเพื่อกำหนดแนวทางสำหรับการลดความสูญเปล่า ดังเช่น การใช้นโยบายให้ผู้ส่งมอบจัดส่งของที่ไม่มีข้อบกพร่อง หรือการกำหนดระดับปริมาณสต็อกเพื่อลดความจำเป็นในการตรวจนับลง ดังนั้นแนวคิดหลักการของลีนการลดความสูญเปล่าให้กับองค์กร จะสามารถช่วยให้เกิดผลกำไรสูงสุดกับองค์กร

2.1.2 กำไร ต้นทุน และการผลิต

องค์กรธุรกิจหรือบริษัทถูกจัดตั้งขึ้นมาเพื่อการทำกำไร ผลกำไรเกิดขึ้นได้ด้วยเมื่อมีการขายสินค้าเกิดขึ้นสินค้าที่เกิดขึ้นมาก็ต้องมาจากการผลิต ด้วยเหตุและผลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าจุดกำเนิดที่ควรได้รับการพิจารณาและให้ความสนใจก็คือ ระบบการผลิต (Manufacturing System) นั้นเอง [6]



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ ระหว่างต้นทุน และการผลิต [6]

กำไรจะได้มาอย่างไร จากสมการพื้นฐานของกำไรที่ว่า กำไร = ราคาขาย – ต้นทุน ดังนั้น ควรทำอย่างไรดีเพื่อการได้มาซึ่งผลกำไร การเพิ่มราคาขาย ทำได้ยาก เพราะลูกค้าคงจะไปซื้อเจ้าอื่นที่คุณภาพของสินค้า หรือบริการพอๆ กับเราแต่ราคาถูกกว่า ยกเว้นเสียแต่ว่ามีผู้ผลิตอยู่รายเดียว การลดต้นทุนจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการเพิ่มผลกำไรให้กับองค์กร โดยสิ่งที่สำคัญก็คือ เมื่อลดต้นทุนแล้ว คุณภาพจะต้องไม่ลดลง และลูกค้ายังคงความพึงพอใจต่อสินค้า และบริการอยู่ การลดต้นทุนในการผลิตจะสามารถทำได้โดยลดความสูญเปล่าเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน และการผลิต แสดงในรูปที่ 2.1

2.1.3 ความสูญเปล่า

ความสูญเปล่า (Waste) [7] คือ การกระทำใดๆ ก็ตามที่ใช้ทรัพยากรไป ไม่ว่าจะเป็นแรงงาน วัตถุดิบ เวลา เงิน หรืออื่นๆ แต่ไม่ได้ทำให้เกิดสินค้าหรือบริการ “คุณค่าหรือการเปลี่ยนแปลง” ภาษาญี่ปุ่นจะเรียกความสูญเปล่าว่า “มุดะ” (Muda)

ไทอิจิ โอโนะ (Taiichi Ohno) อดีตรองประธานบริษัทโตโยต้า (Toyota Motor Corporation) ได้กล่าวไว้ในหนังสือชื่อ “The Toyota Production Syetem” เกี่ยวกับความสูญเปล่าเอาไว้ โดยเขาได้แบ่งความสูญเปล่า หรือ มุดะออกเป็น 7 ชนิด ได้แก่

1. การมีของเสีย (Defect) คือ การผลิตของเสียส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุน และเมื่อไม่สามารถควบคุมอัตราของเสียได้ย่อมมีผลกระทบต่อการวางแผนการผลิตและการจัดส่งได้ นอกจาก นั้นการมีของเสีย หลุดไปถึงลูกค้ายังมีผลต่อความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์อีกด้วย

2. การผลิตที่มากเกินไปโดยไม่จำเป็น (Over Production) คือ การผลิตมากกว่าที่ลูกค้าต้องการ และการผลิตสินค้าก่อนความต้องการ ถือเป็นความสูญเปล่าเนื่องจากเป็นการใช้ต้นทุนก่อนเวลาที่จำเป็น หรือเป็นการทำงานล่วงเวลาโดยไม่จำเป็น

3. การมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (Unnecessary Inventory) คือ การมีวัตถุดิบงามระหว่างกระบวนการผลิตและสินค้าสำเร็จรูปมากเกินความจำเป็น ทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์ (Flow) ไม่ดีเท่าที่ควร

4. การมีกระบวนการที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Processing) คือ การมีกระบวนการผลิตมากเกินความจำเป็นทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิต ซึ่งทำให้กระทบต่อการจัดส่งได้ ทั้งยังทำให้เกิดความเมื่อยล้าต่อพนักงานและเป็นต้นทุนอีกด้วย

5. การเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion) คือ การเคลื่อนไหวร่างกายมากเกินความจำเป็น ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิตและเกิดความเมื่อยล้า

6. การขนส่งที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Transportation) คือ การขนส่งขนย้ายที่มากเกินไปหรือมีระยะทางที่ยาวไกล ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและเวลาในการผลิต

7. การรอคอย (Waiting) คือ การรอคอยต่างๆ ไม่ให้ประโยชน์ต่อการผลิต เป็นการเสียเวลาโดยไม่ได้ผลผลิต ตัวอย่างการรอคอยได้แก่ รอวัตถุดิบ รอภาชนะใส่งาน รอคนงาน รอเครื่องจักรซ่อมเสร็จ รออะไหล่ รอคำสั่ง รอการขนย้าย รอการตรวจสอบ รอการตัดสินใจ เป็นต้น

2.1.4 ประวัติของระบบการผลิตแบบลีน

การผลิตแบบลีน “Lean Manufacturing” เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกเมื่อ ปี ค.ศ. 1990 จากหนังสือชื่อ “The Machine That Changed The World” ซึ่งเขียนโดยศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบโรงงานประกอบรถยนต์ของญี่ปุ่น ระหว่างสหรัฐอเมริกา และยุโรปว่าทำไมญี่ปุ่นจึงประสบความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจการผลิตรถยนต์มากกว่าสหรัฐอเมริการ และยุโรป ผลการศึกษาพบว่าญี่ปุ่นมีระบบการผลิตที่เรียกว่า ลีน นั้นเอง โดยการศึกษาได้ทำขึ้นที่โรงงานผลิตรถยนต์โตโยต้าประเทศสหรัฐอเมริกา

ก่อนหน้านั้นในช่วงปี ค.ศ. 1945-1970 ไทอิจิ โอโนะ อดีตรอบประธานบริษัทโตโยต้า (Toyota Motor Corporation) ได้คิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production : TPS) ซึ่งบางทีเรียกว่า ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time Manufacturing System) ขึ้นมา โดยส่วนหนึ่งของระบบนี้ ได้มาจากระบบข้อเสนอแนะ (Suggestion System) ที่เสนอโดยพนักงานนั้นเอง กล่าวกันว่าก่อนหน้าที่โอโนะจะคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้าขึ้นมา เขาได้เดินทางไปดูงานที่บริษัทผลิตรถยนต์ฟอร์ดที่สหรัฐอเมริกา จึงเห็นว่าที่บริษัทผลิตรถยนต์ฟอร์ดได้ใช้สายการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Manufacturing System) และนั้นคือ จุดกำเนิดความคิดในเรื่องระบบการผลิตแบบ

โตโยต้า ที่มุ่งเน้นการไหลของงานเป็นหลัก (Flow) โดยสิ่งต่างๆที่ขัดขวางการไหลของงานถูกเรียกว่าความสูญเปล่า (Waste/Muda) จะต้องกำจัดออกไป

สำหรับจุดกำเนิดเริ่มต้นของความรู้ จนกระทั่งกลายมาเป็นระบบการผลิตแบบลีนนั้น มีอยู่สองท่านที่จะลืมไม่ได้ คือ เฟเดริก เทเลอร์ (Federic Taylor) ผู้ที่ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของการจัดการแบบวิทยาศาสตร์ หรือการจัดการสมัยใหม่ และบิดาแห่งการศึกษาในเรื่องการทำงาน (Time Study) อีกท่านหนึ่งก็คือ แฟรงก์ กิลเบรธ (Frank Gilbreth) ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาแห่งการศึกษาการเคลื่อนที่ (Motion Study) ดังจะเห็นได้ว่าในระบบการผลิตแบบลีน จะสนใจการทำงานที่ใช้เวลาได้คุ้มค่า เกิดประโยชน์ที่สุด และมีการเคลื่อนที่ที่ประหยัดที่สุดด้วย จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าระบบการผลิตแบบลีน มีจุดกำเนิดมาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้านั่นเอง โดยเจมส์ วอแม็ก เป็นผู้ที่เรียกระบบการผลิตดังกล่าวว่าเป็นระบบการผลิตแบบลีน และแพร่จนเป็นที่รู้จักดังปัจจุบัน[8]

2.1.5 แนวคิดเรื่องลีน

แนวคิดเรื่องลีน [9] เจมส์ วอแม็ก กล่าวไว้ในหนังสือชื่อ “Lean Thinking” ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบหลัก ดังนี้ คือ

1. การระบุคุณค่าของสินค้าหรือบริการ (Specify Value)
2. การแสดงสายธารแห่งคุณค่าหรือผังแห่งคุณค่า (Value Stream)
3. การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Flow)
4. การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ (Pull)
5. การสร้างคุณค่า และกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง (Perfection)

2.1.5.1 การระบุคุณค่าของสินค้าหรือบริการ (Specify Value)

ในแนวคิดนี้เสนอให้สามารถระบุคุณค่าของผลิตภัณฑ์ หรือบริการให้ได้ ว่าคุณค่าของสินค้าที่ผลิตมีคุณค่าอยู่ที่ใด ตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ การระบุว่าสินค้าหรือบริการมีคุณค่าอยู่ที่ใดอาจเปรียบเทียบกับคู่แข่ง (Benchmarking) ก็ได้ แต่จำเป็นต้องมองในมุมของลูกค้า (Customer’s Perspective) ไม่ใช่มองจากมุมมองของผู้ผลิต (Producer’s Perpective) ลูกค้าจะเป็นคนสุดท้ายที่กำหนดคุณค่า ด้วยเหตุนี้ความสูญเปล่าประเภทหนึ่งของของเสีย (Waste/Muda) คือ กระบวนการที่ลูกค้าไม่ต้องการ บริษัทที่ผลิตแบบลีนจะดำเนินการเพื่อกำหนดคุณค่าในตัว ผลิตภัณฑ์ และความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการเสนอราคาให้กับลูกค้า การที่สามารถระบุได้ว่าสินค้า หรือบริการที่เป็นผลิตผลขององค์กรมีคุณค่าอย่างไรนั้น นับเป็นบันไดขั้นแรกของแนวคิดลีน ซึ่งจะทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ อันจะส่งผลต่อการดำเนิน ธุรกิจต่อไปทั้งยังสามารถนำคุณค่าที่ ลูกค้าต้องการนั้นมาเป็นแนวทางในการดำเนินการผลิตด้วย ดังนั้นการค้นหา และวิจัยความต้องการของลูกค้าจึงเป็น

สิ่งสำคัญ และควรใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เทคนิคคิวเอฟดี (Quality Function Deployment: QFD) เป็นเทคนิคที่นำความต้องการของลูกค้ามาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ ความสามารถของตนเอง และคู่แข่งในการบรรลุความต้องการของลูกค้านั้น เพื่อหาทางในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เป็นการนำความต้องการของลูกค้ามากำหนดสิ่งที่จะต้องทำ ดังนั้น การทราบความต้องการของลูกค้าถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ผู้ผลิต หรือผู้ให้บริการพึ่งระลึกเสมอว่า

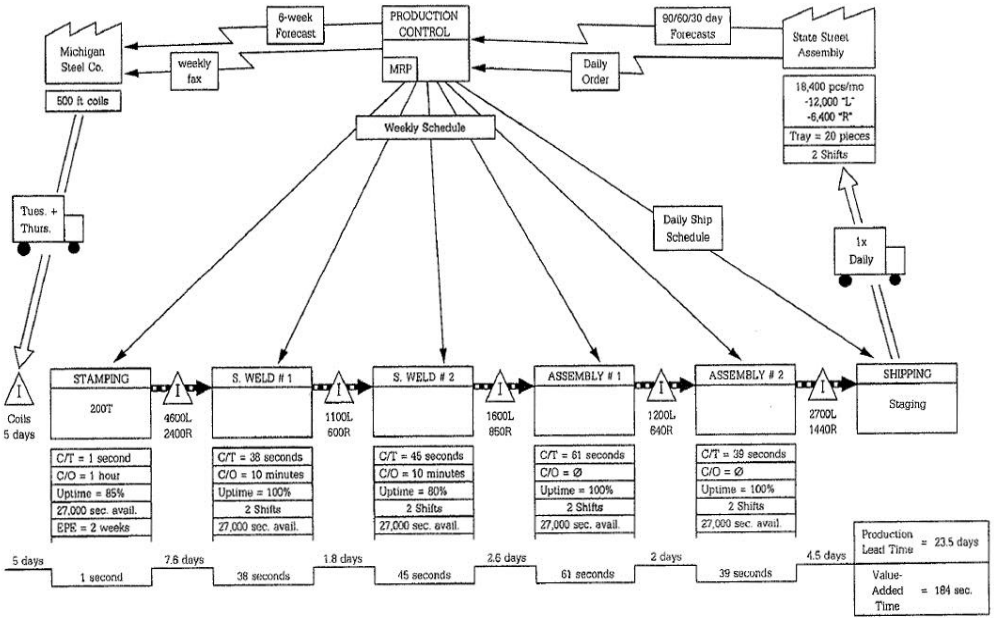
1. คุณค่าของสินค้า หรือบริการจะถูกตัดสินโดยลูกค้าเสมอ
2. ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการมีหน้าที่ในการสร้างคุณค่าให้แก่สินค้า หรือการบริการที่จะถูกนำเสนอออกสู่ตลาด
3. ความต้องการของลูกค้า และเสียงตอบกลับ (Feedbark) คือ สิ่งที่กำหนดว่าผู้ผลิต หรือผู้ให้บริการจำเป็นจะต้องทำอะไรต่อไปในการพัฒนาสินค้า และบริการเพื่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้า

2.1.5.2 การแสดงสายธารแห่งคุณค่า (Identify Value Stream)

การแสดงสายธารแห่งคุณค่า คือ การจัดทำแผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping : VSM) ซึ่งเป็นการระบุกิจกรรมที่ต้องทำทั้งหมดตั้งแต่รับวัตถุดิบเข้าที่ประตูโรงงานของผู้ผลิต จนกระทั่งสินค้าได้ถูกส่งถึงประตูโรงงานของบริษัทลูกค้า ตัวอย่างแผนภาพสายธารคุณค่าดังรูป 2.2

การจัดทำผังแห่งคุณค่าจะทำให้มองเห็นกระบวนการทั้งระบบและสามารถเห็นความสูญเปล่า ได้ง่าย และยังประโยชน์ในการสื่อสารกับบุคคลอื่นอีกด้วย สิ่งที่จะเห็นจากการทำผังคุณค่าได้แก่

1. หลายๆ กระบวนการ เป็นกระบวนการที่มีคุณค่า และต้องทำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ บริเวณเหล่านี้เป็นบริเวณที่ควรให้ความใส่ใจอย่างยิ่ง
2. หลายๆ กระบวนการ เป็นกระบวนการที่ไม่มีคุณค่า แต่เราจำเป็นต้องทำโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้
3. หลายๆ กระบวนการเป็นกระบวนการที่ไม่มีคุณค่า และสามารถยกเลิกได้ทันที



รูปที่ 2.2 แผนภาพสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) [9]

2.1.5.3 การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง (Flow)

การทำให้คุณค่าเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง คือ การทำให้สายการผลิตสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสม่ำเสมอตลาดเวลา โดยไม่มีการขัดขวางหรือหยุดการผลิตด้วยเหตุอันใดก็ตาม การไหลของงาน (Flow) ถือว่าเป็นหัวใจของระบบการผลิตแบบลีน และเป็นจุดเริ่มต้นที่จะต้องทำให้เกิดขึ้นก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบอื่นๆ ของลีนต่อไป สามารถทำได้ดังนี้ คือ

1. อย่าให้เครื่องจักว่างงานด้วยเหตุอันใดก็ตาม อย่าขัดจังหวะการผลิต ด้วยเหตุอันใดก็ตาม
2. หากเครื่องจักรเสียต้องแก้ไขให้กลับสู่ภาวะปกติให้เร็วที่สุด
3. การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน (Preventive Maintenane : PM)
4. ลดปริมาณการขนย้าย
5. ลดการเก็บงานเพื่อรอการผลิต (Waiting)
6. จัดผังโรงงาน (Line Layout)

2.1.5.4 การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ (Pull)

การให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ คือ การทำการผลิตเมื่อลูกค้ามีความต้องการสินค้านั้นและผลิตแค่เพียงพอกับที่ลูกค้าต้องการ โดยหมายถึงทั้งลูกค้าภายใน และภายนอกเป็นการผลิตที่เข้าใกล้กับลักษณะของการผลิตตามคำสั่ง (Made To Order) ไม่ใช่การผลิตเพื่อเก็บ และรอการขาย (Made To Stock) ซึ่งการผลิตเพื่อเก็บและการรอการขายถือเป็นความสูญเปล่าชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นเพราะการรอคอย (Waiting) ดังรูปที่ 2.3

ในหัวข้อนี้เป็นการบอกให้ผู้ผลิตทำงานแบบย้อนหลัง (Work Backward) คือ นำความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements) มากำหนดการทำงาน ไม่ใช่ทำออกไปเพื่อรอลูกค้ามาซื้อ การผลิตต้องทำเมื่อลูกค้าต้องการจริงๆ ไม่ใช่ผลิตตามแผนการผลิตของผู้ผลิต (Master Production Plan : MPS) หรือการผลิตตามการพยากรณ์ของยอดขาย (Sales Forecast)

รูปที่ 2.3 ระบบการผลิตแบบดึง (Pull Production System) [9]

2.1.5.5 การสร้างคุณค่า และกำจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง (Perfection)

หลังจากที่เข้าใจความต้องการของลูกค้า รู้และเข้าใจในคุณค่าสินค้าที่ผลิต จัดทำผังของคุณค่าและให้ลูกค้าเป็นผู้ดึงงานและกำหนดกิจกรรมในการผลิตแล้วต่อมาก็คือ การพยายามเพิ่มคุณค่า ให้กับสินค้าและบริการอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการค้นหาความสูญเปล่า (Waste) ให้พบ และกำจัดอย่างต่อเนื่องตลอดไป ซึ่งก็คือ แนวคิดของพีดีซีเอ (PDCA: Plan-Do-Check-Action) นั่นเอง

2.1.6 เครื่องมือ และเทคนิคของระบบการผลิตแบบลีน

2.1.6.1 แผนภาพสายธารคุณค่า (Vale Stream Mapping: VSM) [10]

แผนภาพสายธารคุณค่า (Vale Stream Mapping) คือ การจัดทำผังของกิจกรรมทั้งหมดที่ต้องทำตั้งแต่ได้รับวัตถุดิบ จนกระทั่งส่งสินค้าถึงมือลูกค้า เพื่อช่วยให้มองเห็นโอกาสในการกำจัดความสูญเปล่าและการปรับปรุงให้ดีขึ้น ทำให้เข้าใจว่าอะไรคือความสูญเปล่า และมีอยู่ที่ไหน เพื่อรู้ว่าควรใช้เครื่องมือลีนตัวไหนในการปรับปรุง โดยเหตุผลที่ต้องทำผังแห่งคุณค่ามีดังนี้คือ

1. ทำให้มองเห็นคุณค่าได้ง่ายขึ้น
2. เพื่อรู้ว่าควรใช้เครื่องมือลีนตัวไหนในการปรับปรุง
3. มีประโยชน์ในการสื่อสารกับบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้อง
4. เข้าใจว่าอะไรคือความสูญเปล่าและมีอยู่ที่ไหน
5. ทำให้เกิดการปรับปรุง

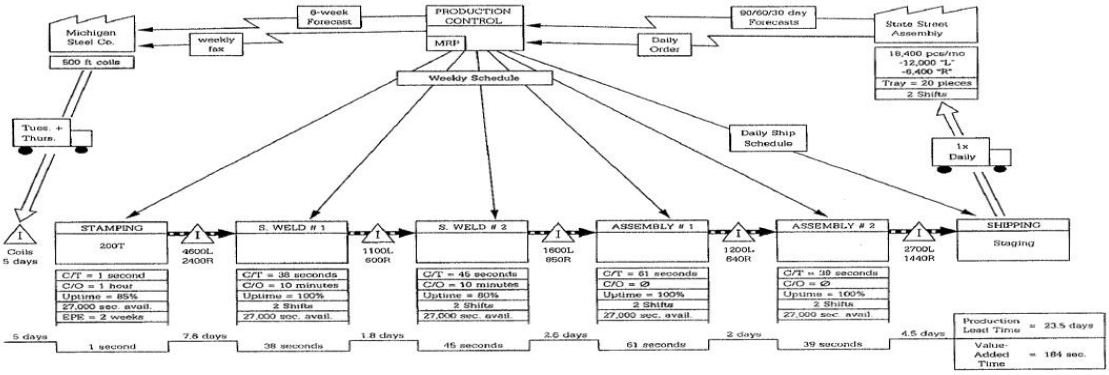
ตัวชี้วัดในแผนภาพสายธารคุณค่าที่บ่งบอกถึงความสูญเปล่ามีดังนี้

1. ระยะเวลาในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง (Production Lead Time) เป็นการแปลงจำนวนสินค้าคงคลัง ที่มีอยู่ในแผนภาพสายธารคุณค่า ให้เป็นจำนวนวันที่สามารถผลิตได้ จะทำให้สื่อสารได้เข้าใจดีกว่าการใช้จำนวนของสินค้าคงคลัง ดัชนีนี้ยิ่งน้อยก็ยิ่งดี นั้นแสดงว่ามีสินค้าคงคลังน้อยนั้นเอง

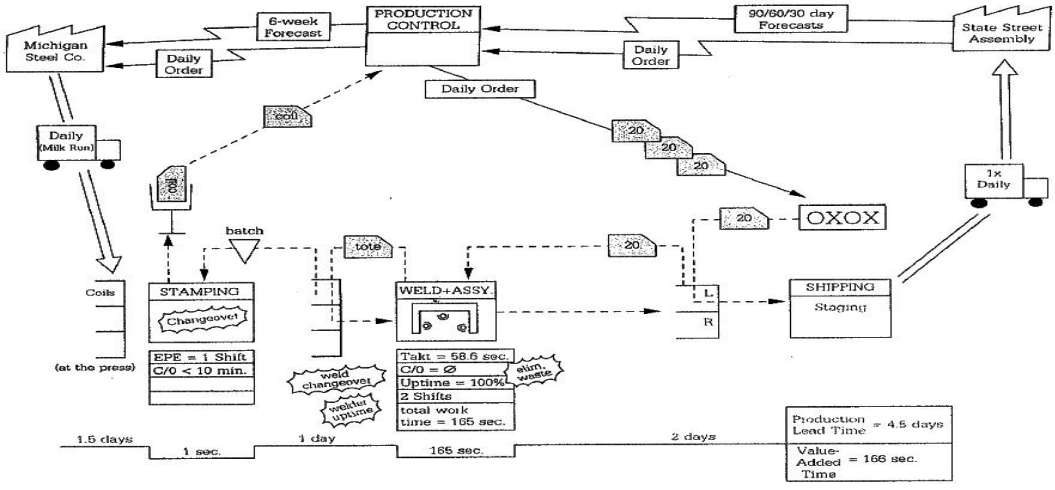
2. เวลาการทำงานที่สร้างคุณค่า (Value - Added Time) เป็นผลรวมของรอบเวลา (Cycle Time) ทั้งหมดที่แสดงในแผนภาพสายธารคุณค่า เป็นดัชนีที่ทำให้มองเห็นการเปรียบเทียบกับระยะ เวลาในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง เพื่อทำให้เห็นเป็นภาพรวมได้ดียิ่งขึ้น ผังแห่งคุณค่าจะมี 2 ชนิดดังนี้

2.1 แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน (Current State Value Stream Mapping) เป็นแผนภาพที่เขียนขึ้นจากสภาวะการณ์ปัจจุบันที่เป็นอยู่จริงๆ ในการผลิตขณะนั้น ดังแสดงตัวอย่างใน รูปที่ 2.4

2.2 แผนภาพสายธารคุณค่าอนาคต (Future State Value Stream Mapping) เป็นแผนภาพที่จัดทำขึ้นจากการระดมสมองกับทีมงาน เสนอแนวทางปรับปรุง สิ่งที่เสนอเพื่อการปรับปรุงก็จะถูกเขียนเป็นผังแห่งคุณค่าในอนาคต ตัวอย่างในรูปที่ 2.5

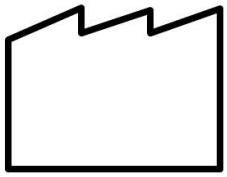
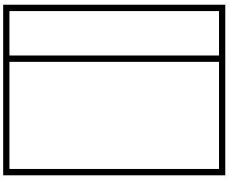
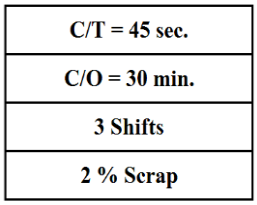
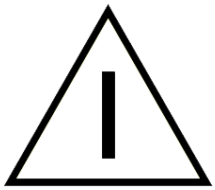


รูปที่ 2.4 แผนภาพสายธารคุณค่าปัจจุบัน (Current State Value Stream Mapping) [10]

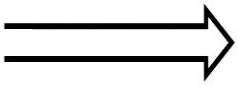
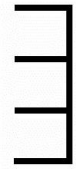


รูปที่ 2.5 แผนภาพสายธารคุณค่าในอนาคต (Future State Value Stream Mapping) [10]

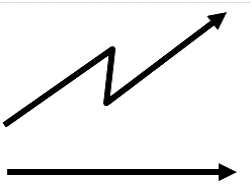
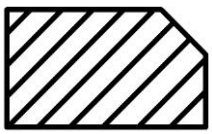
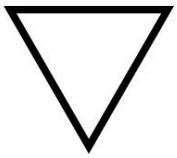
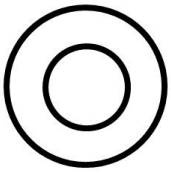
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า [11]

สัญลักษณ์	ความหมาย
FACTORY 	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงแทนผู้จัดส่งวัตถุดิบ (Supplier) ซึ่งจะเขียนอยู่มุมซ้ายบน ของแผนภาพและเป็นจุดเริ่มต้นการไหลของวัตถุดิบลูกค้า (Customer) จะเขียนอยู่มุมขวาบนของแผนภาพ และเป็นจุดสิ้นสุดการไหลของวัตถุดิบ
MANUFACTURING 	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงถึงกระบวนการ (Process). การปฏิบัติงาน (Operation). เครื่องจักร (Machine) หรือแผนกใดๆ (Department) ในการไหลของวัตถุดิบ เพื่อหลีกเลี่ยงการเขียนแผนภาพที่ดูรกมากไป
DATA BOX 	สัญลักษณ์นี้เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้วางอยู่ภายใต้สัญลักษณ์อื่นๆ ใช้บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญลักษณ์ที่อยู่ข้างบนนั้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเกตระบบ ข้อมูลทั่วไปที่บันทึกอยู่ใน DATA BOX ที่อยู่ภายใต้สัญลักษณ์ FACTORY นั้นก็เช่น ความถี่ในการจัดส่ง ข้อมูลวัตถุดิบที่ต้องการ ขนาดของชุด (Batcg) ปริมาณความต้องการต่อช่วงเวลา
INVENTORY 	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงจำนวนของคงคลังที่สะสมไว้ในระหว่างกระบวนการซึ่งจะเขียนไว้ภายในรูปสามเหลี่ยม ถ้าในระหว่าง 2 กระบวนการใดๆ มีของคงคลังเก็บไว้มากกว่า 1 แห่งจะใช้สัญลักษณ์นี้แทน นอกจากนี้สัญลักษณ์นี้ยังใช้แสดงแทนสถานที่ที่ใช้เก็บวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปด้วย ดังนั้นจึงเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงถึงการเริ่มต้นและสิ้นสุดของการไหลของวัตถุดิบ

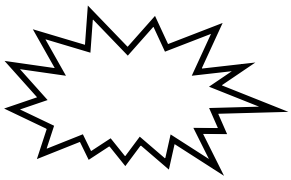
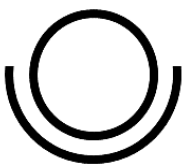
ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพสายธารคุณค่า (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย
FINISHED GOODS TO CUSTOME 	เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงการไหลของวัตถุดิบซึ่งรับจากผู้จัดส่งเข้ามาสู่แผนกรับวัตถุดิบ หรือแสดงการไหลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจากแผนกขนส่งไปสู่ลูกค้า
TRUCK	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงถึงการเคลื่อนย้าย การขนส่งทั้งภายในและภายนอกองค์การ โดยที่จะมีข้อมูลแสดงความถี่ในการขนย้าย แสดงไว้ภายในรูป
PUSH	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงแทนการไหลของวัตถุดิบจากกระบวนการหนึ่งไปยังกระบวนการหนึ่ง ซึ่งเป็นการไหลแบบผลัก (Push) หมายถึงกระบวนการผลิตที่ไม่ได้ให้ความสำคัญในปริมาณความต้องการที่แท้จริงของกระบวนการท้ายสุด
SUPERMARKET 	เป็นสัญลักษณ์ใช้แสดงแทนการคงคลังแบบ Supermarket (หรือ Buffer) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า การไหลของระบบควรเป็นแบบการไหลอย่างต่อเนื่องหรือไหลทีละชิ้น ถ้าการพยากรณ์ถูกต้องการไหลในระบบก็จะเป็นการไหลอย่างต่อเนื่อง เพราะฉะนั้นจะสามารถตัดสัญลักษณ์นี้ออกไปได้
PULL / WIFHDRAWAL	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงการควบคุมการไหลของวัตถุดิบเป็นระบบแบบดึง (Pull System) ซึ่งจะใช้ติดกับสัญลักษณ์ Supermarket ที่กระบวนการผลิตที่ทำการจัดส่งผลิตภัณฑ์เข้าสู่ Supermarket
FIRST IN FIRST OUT (FIFO)	สัญลักษณ์นี้มีความหมายเดียวกับ CONWIP (Constant Work in Process) ใช้เพื่อให้ผู้จัดส่งทำการผลิต ผลิตภัณฑ์มาแทนที่เมื่อผลิตภัณฑ์ที่จะเก็บไว้ใน FIFO ถูกใช้ไปทำให้เกิดที่ว่างขึ้นมาหากจำนวนที่จัดเก็บใน FIFO เต็มผู้จัดส่งก็จะหยุดทำการผลิตจนกว่าจะมีการใช้ของคงคลังที่เก็บไว้ใน FIFO อีก วิธีนี้จะเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้ผู้จัดส่งทำการผลิตเกิด ในสัญลักษณ์จะมีปริมาณของคงคลังที่เก็บได้มากสุดบันทึกไว้ด้วย

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ของการไหลข้อมูล (Information Flow Icons) [11]

สัญลักษณ์	ความหมาย
INFORMATION FLOW 	เป็นสัญลักษณ์ใช้แสดงการไหลของข้อมูล ซึ่งการไหลของข้อมูลตามปกติจะแสดงแทนด้วยลูกศรธรรมดา แต่หากการไหลลงข้อมูลนั้นใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อินเตอร์เน็ต, Electronic Data Interchange (EDI), Local Area Network (LAN) เป็นต้น จะใช้ลูกศรหยักแบบสายฟ้าพร้อมกับกล่องใส่ข้อมูลแสดงความถี่ของการไหล ประเภทของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้และชนิดของข้อมูลที่ทำการแลกเปลี่ยน
PRODUCTION KANBAN	"คัมบังสั่งผลิต" เป็นสัญลักษณ์เพื่อใช้บอกให้กระบวนการก่อนหน้านี้ทำการผลิตและจัดส่งชิ้นส่วนไปสู่กระบวนการถัดไป ซึ่งจะใช้เป็นการ์ดหรือเครื่องมือบอกปริมาณที่ต้องผลิตและเป็นสัญลักษณ์สั่งให้ผลิตได้
WITHDRAWAL KANBAN 	"คัมบังเบิก" เป็นสัญลักษณ์เพื่อใช้แทนการซื้อ หรือการเบิกของใน Supermarket ไปใช้ โดยจะใช้การ์ดหรือเครื่องมือใดๆ บอกให้ผู้ปฏิบัติการไปที่ Supermarket แล้วทำการเบิกของในจำนวนที่แสดงไว้ในคัมบังนำไปให้กระบวนการที่ต้องการ
SIGNAL / TRIANGLE KANBAN 	เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้เมื่อระดับของคลังที่เก็บไว้ใน Supermarket ของระหว่างการกระบวนการลดลงถึงระดับต่ำสุดที่กำหนดไว้ เมื่อคัมบังนี้ส่งไปถึงกระบวนการใด จะเป็นสัญลักษณ์ให้กระบวนการนั้นทำการเปลี่ยนแปลงสภาวะเพื่อทำการผลิต Batch ของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้ในคัมบัง
SEQUENCED PULL BALL 	สัญลักษณ์นี้ใช้แสดงแทนระบบแบบดึง ซึ่งจะแสดงคำแนะนำให้แก่กระบวนการผลิตหรือประกอบถึงชนิดและปริมาณที่ต้องทำการผลิตต่อหนึ่งหน่วย โดยปราศจากการใช้ Supermarket

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์ของการไหลทั่วไป (General Flow Icons) [11]

สัญลักษณ์	ความหมาย
LOAD LEVELING	เป็นเครื่องมือที่ใช้เหมือนเป็นคัมบังแบบ Batch ที่จะแสดงถึงระดับปริมาณการผลิตและช่วงเวลา
KEIZEN LIGHTENING 	เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงสิ่งที่ต้องการปรับปรุงและแผนการในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในกระบวนการ พิเศษใดๆ เพื่อนำมาสู่ Future State Map ของสายธารคุณค่าของการผลิต
SAFETY STOCK	เป็นสัญลักษณ์ใช้แสดงแทนการเก็บของคงคลังที่เผื่อไว้ชั่วคราวเพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการผลิต เช่น Downtime ป้องกันปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้า หรือเมื่อระบบเกิดขัดข้องเป็นต้น ซึ่งการจะเก็บของคงคลังไว้เผื่อในกรณีต่างๆ เหล่านี้ ควรมีนโยบายการจัดการที่ชัดเจนว่าเมื่อไรควรจะมี Safety Stock และควรจะมีจำนวนเท่าไร
OPERATOR 	เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงแทนผู้ปฏิบัติงานซึ่งจะเขียนไว้ใน MANUFACTURING PROCESS แสดงจำนวนผู้ปฏิบัติงานในแต่ละส่วนของสถานีงาน หรือกระบวนการนั้น ๆ

ในการเขียนแผนภาพสายธารคุณค่า สัญลักษณ์ตามตารางที่ 2.1, 2.2, 2.3 จะนำมาประยุกต์ใช้ ทั้งก่อนปรับปรุง (ปัจจุบัน) และปรับปรุง (อนาคต) เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ และง่ายต่อการค้นหาความสูญเปล่า เพื่อทำการปรับปรุงลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นระยะผลิตรวม, การจัดเก็บสินค้าคงคลัง เป็นต้น

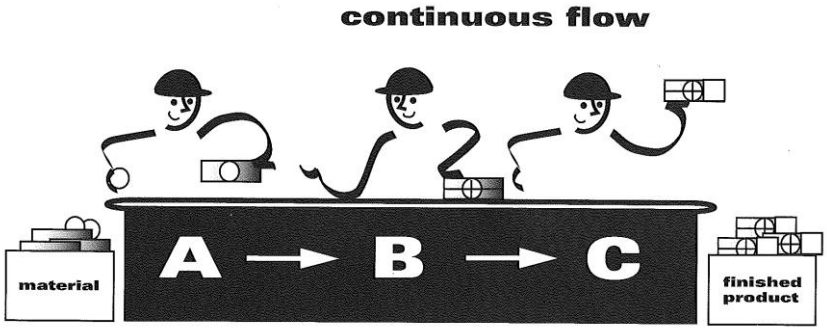
2.1.6.2 การผลิตงานด้วยขนาดลอตเล็กๆ (Small Lot Production) [10]

การผลิตงานด้วยลอตของเล็กๆ ถือเป็นหลักการหรือเทคนิคที่สำคัญของระบบการผลิตแบบลีน ซึ่งมีข้อดีดังนี้คือ

1. ใช้เวลาในการผลิตงานหนึ่งล็อตสั้นลง เนื่องจากงานมีจำนวนน้อย ไม่ต้องรอถึงจำนวนมากๆ แล้ว จึงส่งไปกระบวนการหลัง ทำให้งานไหล (Flow) ได้ดีขึ้น
2. ระยะการผลิต (Lead Time) ของล็อตงานสั้นลง เนื่องจากการรอคอย (Waiting) ลดลง
3. การตอบสนองความต้องการของลูกค้าดีขึ้น
4. จำนวนสินค้าคงคลังลดลง
5. ลดการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เนื่องจากเมื่อมีสินค้าคงคลังน้อยลง ปัญหาต่างๆที่เคยถูกซ่อนไว้อยู่จะเผยออกมาให้เห็น
6. เมื่อจำนวนสินค้าคงคลังน้อยลง ทำให้ใช้พื้นที่น้อยลงด้วย ทำให้พื้นที่ในโรงงานได้คุ้มค่าขึ้น และมีพื้นที่เหลือสำหรับความจำเป็นอื่นๆ ในการผลิต

2.1.6.3 การผลิตที่เน้นการไหลของงาน (Flow Based Production) [10]

การผลิตที่เน้นการไหลของงานเป็นแนวคิดที่สำคัญของระบบการผลิตแบบลีนในแนวคิด หรือเทคนิคนี้ก็คือ อย่าทำการใดๆ ที่จะขัดขวางให้การผลิตเกิดความไม่ราบเรียบ อย่าขัดจังหวะการผลิต ควรใช้เวลาที่มีในการผลิตให้คุ้มค่าที่สุด เวลาเครื่องจักรเสียควรที่จะรีบซ่อม อย่าให้มีเครื่องจักรเดินเปล่า (Idle) ดังรูปที่ 2.6 แสดงการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) ไม่มีการสะดุดติดขัดด้วยเหตุอันใด ซึ่งทำให้เวลาในการผลิต (Lead Time) สั้น และมีงานระหว่างการผลิตต่ำ (Work in Process : WIP)



รูปที่ 2.6 แสดงการไหลของงานอย่างต่อเนื่อง (Continuous Flow) [12]

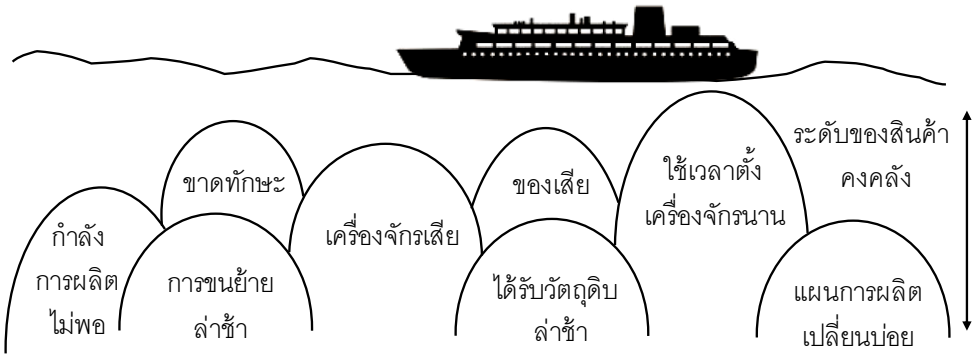
2.1.6.4 การผลิตแบบดึงและคัมบัง (Pull System & Kanban)

ก.) ระบบการผลิตแบบดึง [13] เป็นการผลิตตามความต้องการของลูกค้า (Customer Demand) ไม่ได้ผลิตตามแผนการผลิตของบริษัท ซึ่งได้จากการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า เป็นลักษณะการผลิตแบบพลัก การผลิตแบบดึงเราจะเห็นได้ว่าลูกค้าดึงงานจากผู้ผลิต และในบริษัทผู้ผลิตมีการดึงงานไปให้ลูกค้าจากกระบวนการข้างหลังไปข้างหน้า

ลักษณะของระบบการผลิตแบบผลัก (Push System) จะตรงกันข้ามกับผลิตแบบดึงดังนี้คือ

1. ทำการผลิตตามแผนการผลิต (Plan Schedule) โดยไม่ได้คำนึงถึงความต้องการของลูกค้าเป็นหลักเป็นลักษณะของผลิตเพื่อรอส่ง (Made To Stock) ทำให้มีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น
2. ต่างคนต่างผลิต แต่ละแผนกเป็นอิสระต่อกันไม่คำนึงถึงว่ากระบวนการข้างหลังจะผลิตทันหรือไม่ ทำงานในกระบวนการของตนให้ได้มากที่สุด เพื่อผลักงานไปกระบวนการหลังๆดังรูปที่ 2.7
3. ปัญหาจะถูกซ่อนไว้ เพราะเมื่อกระบวนการหนึ่งมีปัญหา แต่กระบวนการอื่นๆยังสามารถทำงานได้ปกติไม่ทราบว่าเกิดปัญหา แก้ไขปัญหาไม่ทัน การเกิดเป็นความสูญเสีย ดังรูปที่ 2.8
4. การสื่อสารไม่ดี (Poor Communication) เนื่องด้วยสนใจแต่สถานีทำงานของตนเองเท่านั้น

รูปที่ 2.7 การผลิตแบบพลัก (Push System) ทำให้มีงานกองรอมาก [14]



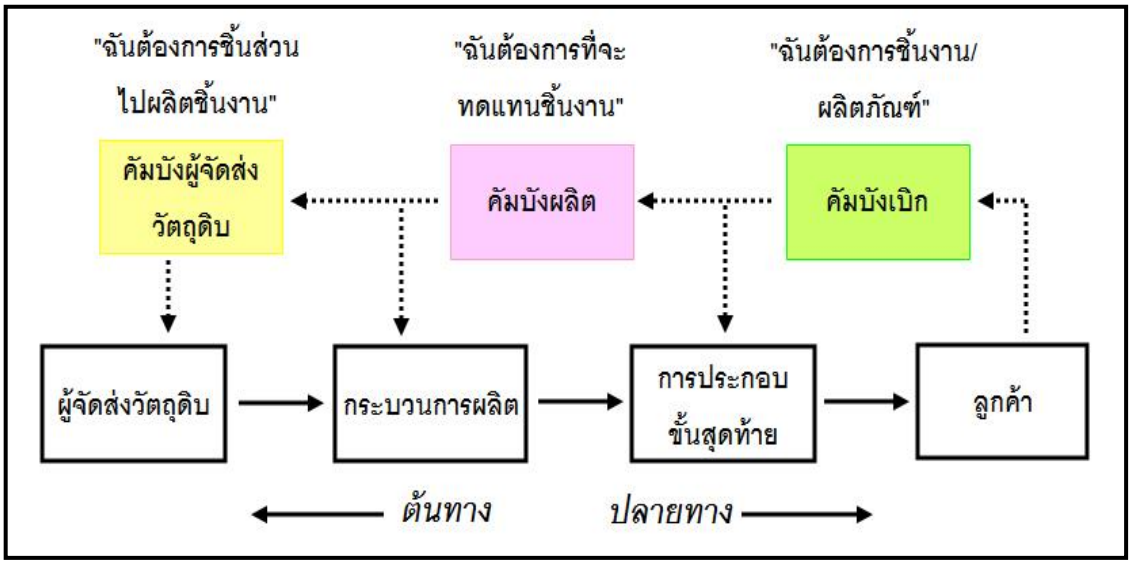
รูปที่ 2.8 การมีสินค้าคงคลังมากทำให้ปัญหาปิดซ่อนอยู่ไม่ได้รับการแก้ไข [10]

ข.) คัมบัง (Kanban) [13] “คัมบัง” เป็นเครื่องมือที่ช่วยสถานที่ปฏิบัติงานของคุณเป็น “ลีน” ประโยชน์ขั้นแรกของคัมบัง คือ การลดการผลิตมากเกินไป ซึ่งเป็นความสูญเปล่าที่วิกฤตที่สุดในความสูญเปล่า 7 ประการที่กล่าวมาในข้างต้น

คัมบังคืออะไร ระบบคัมบัง (Kanban System) เป็นตัวกำหนดปริมาณการผลิตในทุกๆกระบวนการผลิต ประโยชน์เบื้องต้นก็คือ การลดการผลิตมากเกินไป และมุ่งหมายเพื่อผลิตในสิ่งที่สั่ง ในเวลาที่สั่งและตามจำนวนที่สั่งเท่านั้น

คัมบัง เป็นคำภาษาญี่ปุ่น หมายถึง ป้าย หรือสัญญาณ และถูกใช้เป็นชื่อสำหรับการเรียก ป้ายการควบคุมวัตถุดิบในระบบดึง คือ คำสั่งการผลิตที่จะเคลื่อนไปพร้อมกับวัตถุดิบ ป้ายคัมบังจะระบุชิ้นส่วนว่ามาจากไหน และกำลังจะไปไหน

ระบบดึง และการลดความสูญเปล่า ในระบบคัมบัง จะผลิตเพียงเพื่อทดแทนสิ่งที่กระบวนการปลายทางได้เบิกออกไปเท่านั้น จุดเริ่มต้นในระบบการเบิกนี้เริ่มที่คำสั่งซื้อของลูกค้าซึ่งเรียกว่าระบบดึง (Pull System) ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การผลิตแบบดึง (ด้วยคัมบัง) [13]

ระบบดึง [13] นั้น ได้พื้นฐานมาจากหลักการของร้านซูเปอร์มาร์เก็ต เมื่อลูกค้าซื้อผลิตภัณฑ์จากชั้นวางแล้วจะมีการเติมผลิตภัณฑ์เพื่อชดเชยผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าหยิบออก เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตแบบลีน กระบวนการนี้จะเปลี่ยนการผลิตที่เป็นแบบชุดขนาดใหญ่ในระบบผลัก ที่เป็นวิธีการ

ผลิตซึ่งมีพื้นฐานมาจากการคาดการณ์ยอดขายที่บริษัทคาดหวัง การผลิตเฉพาะสิ่งที่ต้องการในเวลาที่ต้องการ

ระบบการผลิตแบบ “ผลัก” [13] ขึ้นอยู่กับ “คำสั่งการผลิต” (Production Work Order) เพื่อระบุถึงแบบและปริมาณของการผลิตที่แต่ละกระบวนการจะต้องดำเนินการ คำสั่งการผลิตจะถูกใช้เมื่อมีแผนการผลิต ทำให้เกิดการผลิตที่ยาวนาน และก่อให้เกิดการผลิตที่มากเกินไป เปรียบเทียบการผลิตแบบ “ผลัก” กับแบบ “ดึง” ระบบผลัก ขับเคลื่อนโดยแผนการผลิต ทำให้มีการผลิตมากเกินไป แต่ใน “ระบบดึง” กระบวนการปลายทางเป็นผู้กำหนดความต้องการผลิตของกระบวนการต้นทาง โดยปลายทางเป็นผู้ “ดึง” ชิ้นส่วนนั่นเอง หน้าที่ กฎ และชนิดของคัมบัง [13] ความแตกต่างระหว่างระบบคัมบัง และระบบการสั่งผลิตแบบธรรมดา

ระบบการผลิตแบบผลัก ขึ้นอยู่กับ “คำสั่งการผลิต” (Production Work Order) เพื่อระบุถึงแผนการผลิต และปริมาณของการผลิตที่แต่ละกระบวนการจะต้องดำเนินการ คำสั่งการผลิตจะถูกใช้เมื่อกระบวนการต้นทางกำหนดว่าสินค้าจะต้องถูกเคลื่อนไปยังกระบวนการปลายทางอย่างไร และไปเมื่อไร

ระบบคัมบัง คัมบังนั้นเปรียบเสมือนคำสั่งการผลิตสำหรับระบบดึง คัมบังจะติดตาม และแสดงให้เห็นว่าจะเบิกอะไรจากกระบวนการต้นทางบ้าง ทันทีที่ลูกค้าสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบการผลิตแบบ “ผลัก” กับแบบ “ดึง”

ระบบผลัก ขับเคลื่อนโดย คำสั่งการผลิตใน “ระบบดึง” กระบวนการปลายทางเป็นผู้กำหนดความต้องการผลิตของกระบวนการต้นทาง กระบวนการปลายทาง “ ดึง” ชิ้นส่วน

หน้าที่ของคัมบัง คือ ให้สัญญาณกับกระบวนการต้นทางว่าต้องผลิตอะไรและเมื่อไหร่ และเตือนให้กระบวนการก่อนหน้าทราบเมื่อเกิดปัญหาหรือเปลี่ยนแปลง ดังนั้น กระบวนการก่อนหน้าจึงสามารถหยุดการผลิตได้

กฎ 6 ข้อ ในการใช้งานคัมบังให้มีประสิทธิผล ดังนี้

กฎข้อที่ 1 กระบวนการปลายทางเบิกชิ้นส่วนที่ต้องการจากกระบวนการต้นทาง

กฎข้อที่ 2 กระบวนการต้นทางผลิตเฉพาะสิ่งที่ถูกเบิกไปเท่านั้น

กฎข้อที่ 3 เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากข้อบกพร่อง 100% เท่านั้น ที่ถูกส่งไปยังกระบวนการถัดไป

กฎข้อที่ 4 ตั้งจัดทำการปรับเรียบการผลิต

กฎข้อที่ 5 คัมบังจะติดไปกับชิ้นงานเสมอ

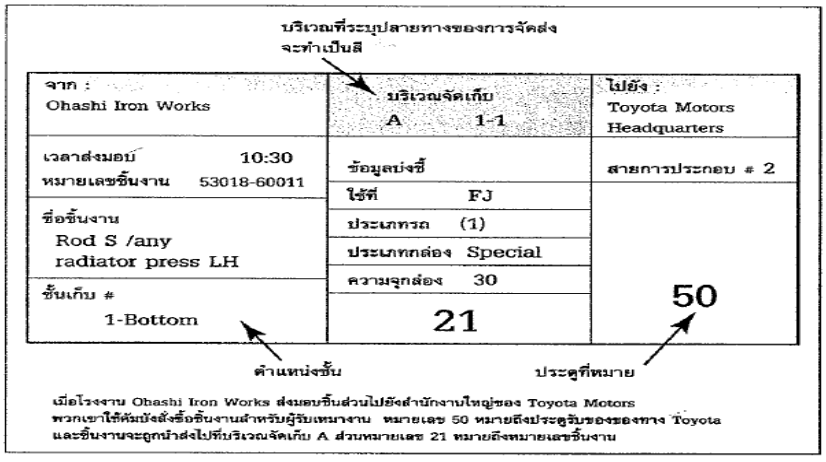
กฎข้อที่ 6 จำนวนของคัมบังค่อยๆ ถูกลดลงทีละน้อยไปเรื่อยๆ

ชนิดของคัมบัง [15] คัมบังหลักอันดับแรก คือ “คัมบังขนส่ง” (Transport Kanbans) โดยจะใช้บอกเมื่อชิ้นส่วนต่างๆ จะถูกเคลื่อนย้ายยังสายการผลิต จะระบุว่าชิ้นงานมาจากที่ไหนและกำลังจะไปที่ไหนด้วย มีคัมบังขนส่งอยู่ 2 ชนิด คือ คัมบังผู้จัดส่งวัตถุดิบ และคัมบังเบิก

จาก	ไปยัง
Supplier	Vision cell
สถานีต้นทาง	สถานีปลายทาง
L5	M4
หมายเลขชิ้นส่วน	
760001B245515F Polyurethane. 90D	
	สถานที่จัดเก็บ
	M-4-B
ประเภทภาชนะ	จำนวนของคัมบัง
Gaylord	2/3
ความจุภาชนะ	
1000	

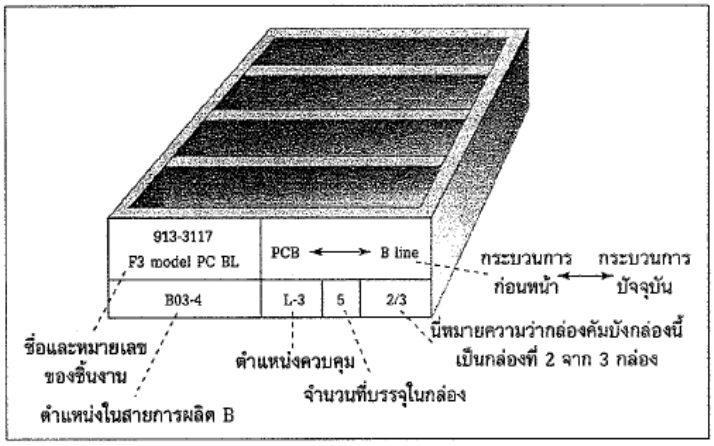
รูปที่ 2.10 คัมบังขนส่งแบบทั่วๆไป [15]

คัมบังผู้จัดส่งวัตถุดิบ หรือคัมบังสั่งซื้อชิ้นงาน (Supplier Kanban or Parts-ordering Kanban) คัมบังผู้จัดส่งวัตถุดิบ เป็นคำสั่งซื้อที่ส่งให้กับผู้จัดส่งวัตถุดิบภายนอก สำหรับชิ้นส่วนที่สายการประกอบต้องการ



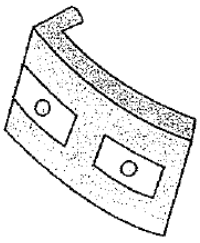
รูปที่ 2.11 คัมบังผู้จัดส่งวัตถุดิบ หรือ คัมบังสั่งซื้อชิ้นงาน [15]

คัมบังเบิก หรือ คัมบังภายในโรงงาน (Withdrawal or Infactory Kanban) คัมบังชนิดนี้จึงถูกใช้ “ระหว่างกระบวนการ” ในโรงงาน คัมบังชนิดนี้ ให้รายละเอียดที่ต้องการในการเบิกชิ้นส่วนจากกระบวนการต้นทาง คัมบังเบิก ถูกนำมาใช้ในหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับความต้องการ เช่น คัมบังหนึ่งใบสำหรับชิ้นส่วนหนึ่งชิ้น หรือสำหรับชิ้นส่วนหลายๆ ชิ้น



รูปที่ 2.12 คัมบังเบิก [15]

คัมบังสั่งผลิต (Production-ordering Kanban) นี่เป็นคัมบังสั่งผลิตจะคล้ายกับกับคำสั่งผลิตมาตรฐาน (Standard Production) ที่ใช้ในระบบผลัก ที่จะระบุว่าจะผลิตอะไร และในปริมาณเท่าไร เมื่อคัมบังเบิกสั่งให้ทำการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากสายการผลิต คัมบังสั่งผลิตก็เริ่มสั่งให้ผลิตเพื่อนำไปทดแทนชิ้นงานที่ถูกย้ายออกไปนั้น



	กระบวนการก่อนหน้า ⟷ กระบวนการปัจจุบัน
	Plating (ME-47) — Coating (TO-13)
	ชื่อชิ้นงาน
	51341 - 162600 - 00 — tail lamp rim
	จำนวนบรรจุ
	20
หมายเลขควบคุม	จำนวนที่ออก
L-2	6/10

รูปที่ 2.13 คัมบังสั่งผลิต[15]

คุณต้องการคัมบังกี่ใบ [15] ระบบคัมบังจะช่วยสนับสนุนการปรับเรียบการผลิต มันช่วยคงรักษาการปฏิบัติการให้มีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพ ถ้าโรงงานของคุณผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้การปฏิบัติการแบบซ้ำๆ กันเป็นเป็นมาตรฐานอย่างมากๆ ก็จะสามารถคำนวณหาจำนวนคัมบังโดยการใช้สูตรดังนี้

$$\text{จำนวนคัมบัง} = \frac{\text{ยอดผลิตประจำวัน x (ระยะเวลาจัดเก็บ + ระยะปลอดภัย)}}{\text{ความจุของภาชนะ}}$$

- **ยอดผลิตประจำวัน** = $\frac{\text{ยอดผลิตประจำเดือน}}{\text{จำนวนวันทำงานในหนึ่งเดือน}}$
- **ระยะเวลาจัดเก็บ** = **ระยะเวลาจัดเก็บสินค้าคงคลังในจุดที่ใช้คัมบังรวมทั้งหมด**
- **ระยะปลอดภัย** = **ศูนย์วัน หรือน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้**
- **ความจุของภาชนะ** = **ความจุของภาชนะที่ใช้คัมบัง**

2.1.6.5 การสร้างสมดุลย์สายการผลิต [15]

การสร้างสมดุลย์สายการผลิต (Line Banlancing) คือ กระบวนการกระจายงานให้กับพนักงานอย่างเท่าเทียมกันเพื่อให้เป็นไปตามค่าของเวลาแท็ค (Takt Time) ช่วยให้ใช้พนักงงานทุกคนได้ดี และมั่นใจได้ว่าไม่มีใครว่างงานนานเกินไป หรือทำงานมากเกินไป ดังรูปที่ 2.14

เวลาแท็ค (Takt Time) [15, 16] หรือ “แท็คไทม์” เป็นส่วนสำคัญ เพื่อให้ความเข้าใจในกำหนดตารางการผลิต เวลาแท็คเป็นอัตราที่ต้องผลิตผลิตภัณฑ์หรือรอบเวลาการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า
สูตรในการคำนวณเวลาแท็ค คือ

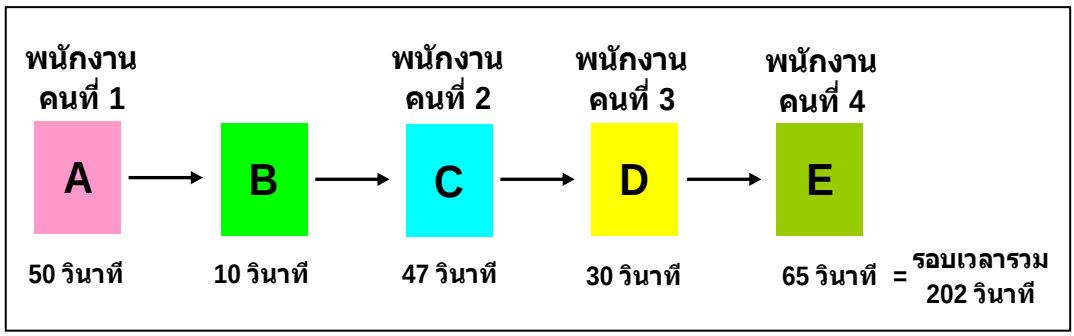
ค่าเวลาแท็ค = จำนวนเวลาทำงานต่อวัน / ยอดผลิตที่ต้องการต่อวัน

ยอดผลิตที่ต้องการต่อวัน = ยอดผลิตที่ต้องการต่อเดือน / จำนวนวันทำงานต่อเดือน

ตัวอย่าง ถ้าต้องผลิต 20,000 หน่วยต่อเดือน และมีจำนวนวันทำงาน 20 วันในเดือน ดังนั้น ในแต่ละวันต้องผลิต 1,000 หน่วย ถ้ามีเวลาทำงาน 480 นาที ใน 8 ชั่วโมงของวันทำงาน ดังนั้นชิ้นงานแต่ละหน่วยต้องถูกผลิตในทุกๆ 0.48 นาที

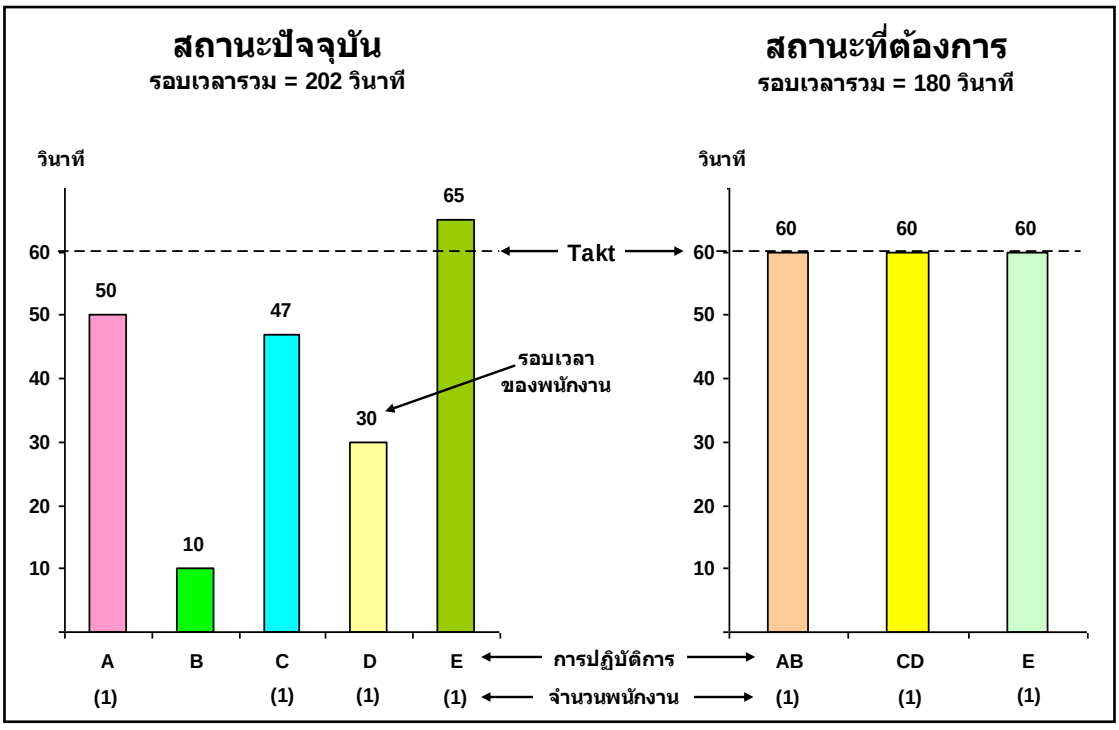
เวลาแท็ค = 480 นาที / 1,000 หน่วย = 0 .48 นาที

ขั้นแรก ศึกษาสภาพปัจจุบัน ให้วาดแผนผังกระบวนการการปฏิบัติการและจำนวนพนักงาน บันทึกรอบเวลา (Cycle Time) ของแต่ละกระบวนการ ในแต่ละกระบวนการและพนักงานแต่ละคน



รูปที่ 2.14 แผนผังกระบวนการสำหรับการปรับสมดุลย์สายการผลิต [15]

ขั้นที่สอง การสร้างแผนภูมิสมดุลย์พนักงานปฏิบัติการ (Operator Balance Chart) เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นภาพข้อมูลที่คุณรวบรวมมา เปรียบเทียบรอบเวลาของแต่ละคน กับเวลาแท็คทำให้มองเห็นแต่ละการปฏิบัติการ ว่าเวลาปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบกับรอบเวลารวม และเวลาแท็คจะแสดงให้คุณเห็นโอกาสในการปรับปรุง ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แผนภูมิสมดุลย์พนักงานปฏิบัติการ [15]

ขั้นที่สาม พิจารณาจำนวนพนักงานที่ต้องการ โดยมีสูตรดังนี้

จำนวนพนักงานที่ต้องการ = รอบเวลารวม / เวลาแท็ค

ตัวอย่าง เช่น รอบเวลารวมที่ 202 วินาที / เวลาแท็ค 60 วินาที = 3.36 คน

ในตัวอย่างแสดงให้เห็นว่า จำนวนพนักงานที่ต้องการคือ 3.36 คน ซึ่งแสดงว่ายังไม่เพียงพอที่จะให้พนักงาน 4 คน ทำงานเต็มเวลา และก็มีงานมากเกินกว่าที่พนักงาน 3 คน จะทำได้เมื่อไรก็ตามที่คุณคำนวณแล้วพบว่า จำนวนพนักงานที่ต้องใช้เป็นเลขจุดทศนิยมที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5 คน ดังในตัวอย่างของเราเศษส่วนนี้คือ 0.36 ก็เป็นข้อบ่งบอกที่ดีว่า การลดพนักงานในสายการผลิตลง 1 คนเป็นเป้าหมายที่เป็นไปได้ ในตัวอย่างของเรา เป้าหมายก็คือ การใช้พนักงาน 3 คน ร่วมกันผลิตชิ้นงานภายในเวลาแท็ค พนักงานแต่ละคนใช้เวลาในไม่เกิน 60 วินาทีในการปฏิบัติการของพวกเขา นี่หมายความว่า พวกเขาจะต้องทำงานทั้ง 5 กระบวนการให้สำเร็จภายใน 180 วินาที ซึ่งต้องลดเวลาลง 22 วินาที จากรอบเวลาทั้งหมด ทางออกอย่างหนึ่งเพื่อให้ได้ตามเป้าหมาย ในภาพที่ 2.15 ซึ่งเสนอให้รวม 4 การปฏิบัติการแรกเป็นคู่ เช่น A+B และ C+D การปฏิบัติการ C,D และ E จะถูกทำให้ง่ายขึ้นเพื่อที่จะสามารถทำให้สำเร็จภายใน 60 วินาที หรือน้อยกว่านั้น

2.1.6.6 เทคนิคในการศึกษาเวลาขั้นพื้นฐาน [17]

เครื่องมือเบื้องต้นในการวิเคราะห์ และปรับปรุงการไหลของกระบวนการทำงาน คือการศึกษาเวลาขั้นพื้นฐาน ตารางการศึกษาเวลาจะแสดงในรูปที่ 2.16 คือส่วนประกอบที่เราใช้อ้างอิงในการศึกษาเวลา โดยการจับเวลามีหลายวิธี โดยจะจับหลายๆรอบเวลา โดยการเผ้าสังเกตุการทำงาน โดยจับเวลาการทำงานของพนักงานแต่ละขั้นตอน แล้วพิจารณาเวลาที่ได้ว่าขั้นตอนใดมากกว่าเวลาที่กำหนด แสดงว่าเป็นขั้นตอนการทำงานที่ล่าช้ากว่า คือปัญหาที่ต้องทำการปรับปรุงให้เวลาใกล้เคียงกันแต่ละขั้นตอน โดยการปรับปรุงด้วยกิจกรรมไคเซ็น (Kaizen)

Process to Monitor: Rayco 43-27 Date: 3/9/2005, 2 shift

Station: Zeta Cell Done by: J. O. Bengineer

Step No	FC Id.	Work Element	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 5	Cycle 6	Cycle 7	Cycle 8	High	Low	Range	Average	Final
1	10	Cut bracket	3	4	3	2	5	11	3	11	2	9	4.4	3
2	20	Assy bushing (3)	11	10	13	12	13	19	12	19	10	9	12.9	12
3	30	Install o-ring and clip	9	6	6	8	7	8	7	9	6	3	7.3	7
4	40	Place in jig, glue	7	8	9	11	10	10	9	11	7	4	9.1	9
5	50	Press in magnets (2)	4	5	6	5	4	7	17	17	4	13	6.9	6
6	60	Insert o-rings, cap, grease	14	12	12	13	19	13	14	19	12	7	13.9	13
7	70	Install support	7	8	7	8	8	9	7	9	7	2	7.7	8
8	80	Install o-ring and clip (2)	6	7	8	9	23	7	8	23	6	17	9.7	8
9	90	Apply epoxy, 3 locations	12	13	15	14	14	14	13	15	12	3	13.6	14
10	100	Install control capacitor	7	8	9	9	8	8	7	9	7	2	8.0	8
11	110	Apply epoxy, topside	7	6	5	9	6	5	5	9	5	4	6.1	6
12	120	Install retainer ring	9	8	9	8	9	7	8	9	7	2	8.3	8
13	130	Install covercap	6	7	7	8	6	7	7	8	6	2	6.9	7
14	140	Unload/load machine (2)	2	3	3	2	12	3	3	12	2	10	4.0	3
15	150	Apply final sealant (1)	22	14	15	28	14	15	16	28	14	14	17.7	15
16	160	Final test, wrap leads	16	19	17	18	22	17	18	22	16	6	18.1	18
17	200	Package	12	10	28	12	13	11	12	28	10	18	14.0	12
18														
19														
20		Total	154	148	172	176	193	171	166	193	148	45	168.6	157

Notes 1 Gun required unplugging hence long times, place on PM program

2 Long cycle time was due to dropped parts, attention to details

3 Long cycle times were due to dropped parts, operator needs surgical gloves

4 Hard to do study, so much inventory and lots of movement plus lots of wait times

5 Numerous units dropped on the floor

6 Transportation times not taken

7

8

รูปที่ 2.16 ตารางการศึกษาเวลาการทำงานขั้นพื้นฐาน [17]

จากตารางการศึกษาเวลาขั้นพื้นฐานในควรมีข้อมูลดังนี้

1. หมายเลขของขั้นตอนการทำงาน
2. เรียงลำดับการไหลแต่ละขั้นตอน
3. จับเวลาการทำย่อยๆแต่ละขั้นตอน
4. จับเวลา 8 รอบ
5. ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการทำงาน
6. ทำเลือกขั้นตอนที่เวลาล่าช้ามาทำการปรับปรุง

จากที่กล่าวมาเป็นการหาเวลาของการทำงานเท่านั้น และยังไม่ได้รวมเวลารอคอยต่างๆ ถ้าเราต้องการหาเวลารอคอยเพิ่มการหาเวลารอคอยต่างๆ สามารถทำการปรับปรุงแบบฟอร์มได้ และในการประเมินหารอบเวลาในกรณีนี้ เราทำการจับเวลา 8 รอบ เนื่องจากจับเวลา 10 รอบก็มีเวลาซ้ำๆกันมากเกินไป ส่วน 5 รอบก็น้อยเกินไป

2.1.6.7 ไคเซ็น (Kaizen) [10]

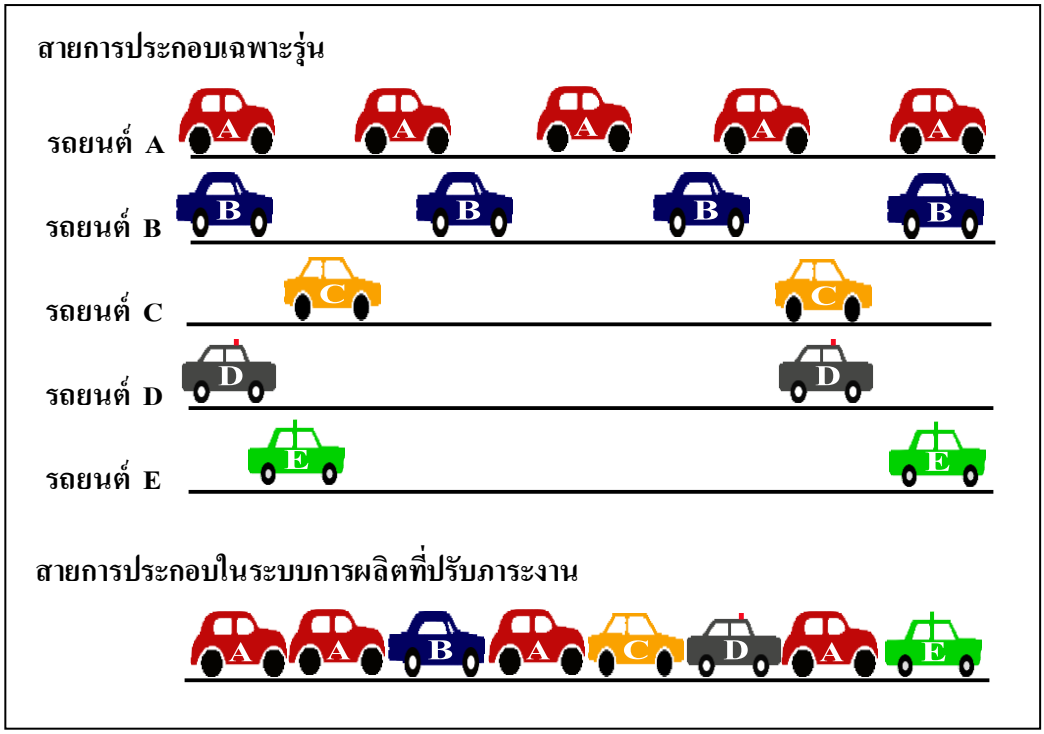
ไคเซ็น เป็นภาษาญี่ปุ่นซึ่งมีความหมายว่า การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดไป (Continual Improvement) เนื่องจากไค (Kai) มีความหมายถึงการเปลี่ยนแปลง และเซ็น (Zen) หมายถึงดี (Good) ไคเซ็นเป็นแนวคิดของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา โดยเน้นในความมีส่วนร่วมของทุกคนเป็นหลัก การทำกิจกรรมไคเซ็นอาจเป็นกลุ่ม หรือเดี่ยวก็ได้เพื่อปรับปรุงงาน โดยเรื่องที่ทำไคเซ็นอาจทำให้เกิดสิ่งเหล่านี้

1. ระยะทางการขนย้ายลดลง
2. รอบเวลาการผลิต (Cycle Time) ลดลง
3. ผลิตภาพเพิ่มขึ้น
4. ใช้พื้นที่น้อยลง
5. ผลิตงานออกดีขึ้น
6. งานในกระบวนการลดลง (Work In Process)
7. คุณภาพดีขึ้น
8. กระบวนการผลิตสั้นลง
9. ใช้เวลาการตั้งเครื่องจักรลดลง
10. เพิ่มความปลอดภัย และขวัญกำลังใจดีขึ้น

2.1.6.8 การปรับเรียบการผลิต (Smooth Production) [18]

การปรับเรียบการผลิตจะทำให้เกิดการไหลของงานอย่างราบเรียบ และสม่ำเสมอ ซึ่งจะทำให้การควบคุมการผลิตเป็นไปได้โดยง่าย การปรับเรียบการผลิต คือ การผลิตงานที่มีปริมาณสม่ำเสมอคงที่ตลอดช่วงเวลาในการผลิตโดยผลิตทุกรุ่นทุกวันตามความต้องการของลูกค้า หรือเรียกตามภาษาญี่ปุ่นว่าเฮจุงกะ (Heijunka)

การปรับเรียบการผลิตเป็นสิ่งที่ต้องทำก่อนการติดตั้งระบบคัมบัง เนื่องจากระบบคัมบังจะใช้งานได้ดีเมื่อการผลิตมีการไหลของงานอย่างราบ เรียบสม่ำเสมอก่อน ไม่มีภาวะสูงสุด และต่ำสุด กำจัดการผลิตส่วนเกินออกไป เครื่องมือที่จะนำมาช่วยในการปรับเรียบการผลิต เป็นลักษณะตู้เสียบคัมบัง โดยแบ่งเป็นช่วงเวลาการทำงานในหนึ่งวัน เช่นแบ่งเป็นช่องละชั่วโมง การทำงาน 1 วันมีแปดชั่วโมง ก็มีแปดช่องก็ทำการเสียบคัมบังเรียงลำดับแต่ละรุ่นไม่ให้เกิดการผลิตรุ่นใดรุ่นหนึ่งมากเกินไป ก็จะสามารถช่วยให้ควบคุมการปรับเรียบการผลิตได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าในหนึ่งสัปดาห์ลูกค้าสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ A 250 ชิ้น B 500 ชิ้น และผลิตภัณฑ์ C 250 ชิ้น การปรับภาระงานจะเรียงลำดับได้ดังนี้ A, B, C, B, A, B, C, B….และไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 2.17



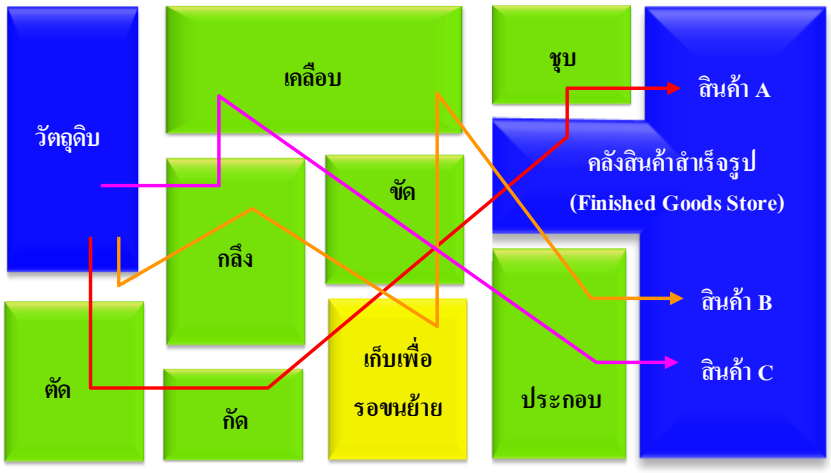
รูปที่ 2.17 ลักษณะการปรับเรียบการผลิต [18]

2.1.6.9 การจัดสายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular Manufacturing) [10]

สายการผลิตแบบเซลล์เป็นผังของโรงงานชนิดหนึ่ง ซึ่งนำเครื่องจักรมาวางไว้ใกล้กันตาม ลำดับการผลิต (Process Sequence) หรือตามทิศทางเดินของชิ้นงาน (Material Flow) โดยจะมีคน เครื่องมือและอุปกรณ์ ถูกจัดรวมกันในหนึ่งเซลล์ และจะถูกกำหนดไว้แน่นอนว่าเซลล์นี้จะต้องผลิตสินค้าอะไรหรือรุ่น (Mode) ไหน แต่สามารถเปลี่ยนชนิดของสินค้าในการผลิตได้

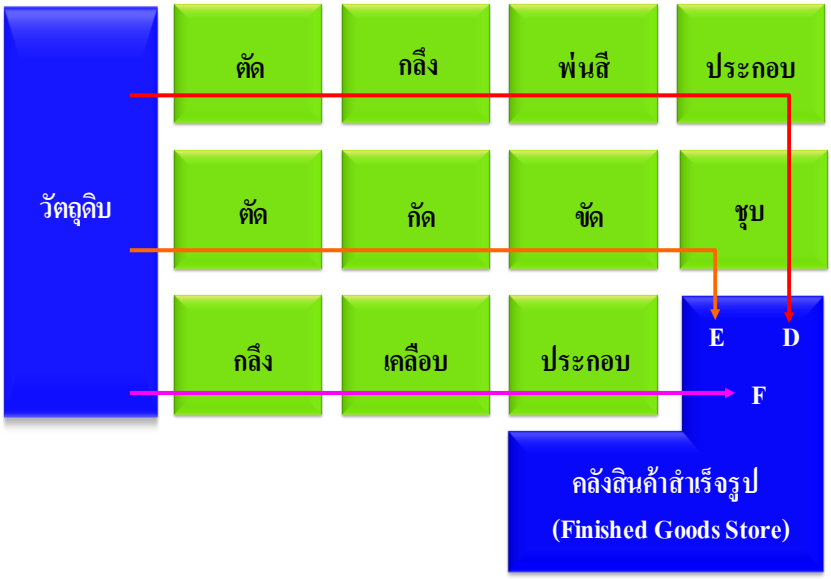
การวางผังโรงงาน คือ การจัดคน เครื่องจักร และวัสดุให้อยู่ในตำแหน่งต่างๆ เพื่อการผลิต ซึ่งทั่วไปในโรงงาน สามารถแบ่งผังออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ผังโรงงานแบบกระบวนการ (Process Layout/Functional layout/Job Shop) เป็นการจัดให้เครื่องจักรชนิดเดียวกันอยู่ในบริเวณเดียวกัน ผังแบบนี้จะทำให้โรงงานถูกแบ่งออกเป็นแผนกต่างๆ จะมีการผลิตสินค้าได้หลายชนิดในแผนก (Shop) ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.18

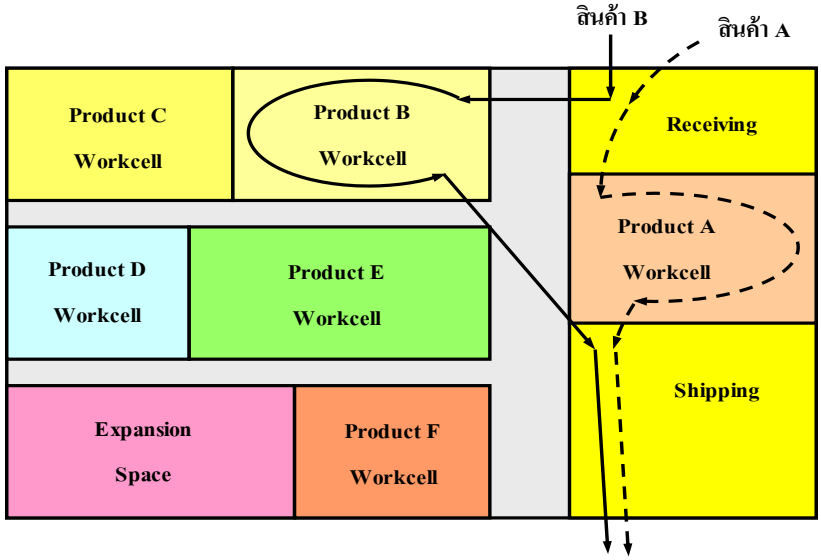


รูปที่ 2.18 ผังโรงงานแบบกระบวนการ (Process Layout) [10]

2. ผังโรงงานผลิตภัณฑ์ (Product Layout/Flow Shop) เป็นการจัดเครื่องจักรให้วางเรียงตามลำดับของขั้นตอนการผลิตหรือตามทิศทางการไหลของชิ้นงาน (Material Flow) นั่นเอง ในบริเวณหนึ่งจะผลิตสินค้าเพียงอย่างเดียว ถ้ามี สินค้าหลายชนิดก็จะมีหลายบริเวณ ดังแสดงในรูปที่ 2.19 การจัดสายการผลิตแบบเซลล์จัดอยู่ในผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ตัวอย่างสายการผลิตแบบเซลล์แสดงในรูปที่ 2.20 จากรูปจะเห็นได้ว่าในหนึ่งห้องจะมีอยู่หนึ่งเซลล์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเช่นนี้เสมอ ในหนึ่งห้องอาจมีหลายเซลล์ก็ได้ ขึ้นกับพื้นที่ที่มีอยู่และความต้องการ (Demand) เป็นสำคัญ



รูปที่ 2.19 ผังโรงงานแบบผลิตภัณฑ์ (Product Layout) [10]



รูปที่ 2.20 ผังโรงงานแบบเซลล์ (Cellular Layout) [10]

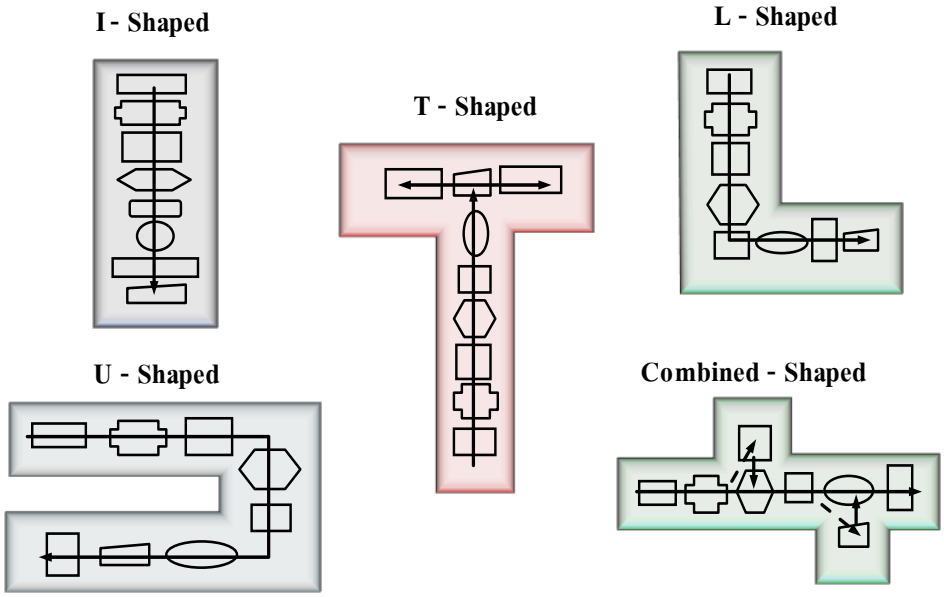
ข้อดีของการจัดสายการผลิตแบบเซลล์ มีดังนี้คือ

1. ใช้เวลาในการผลิต (Lead Time) น้อย เนื่องจากระยะทางในการขนย้ายวัสดุสั้น
2. ควบคุมการผลิตได้ง่าย
3. การสื่อสารเป็นไปได้ดี
4. ส่งเสริมการทำงานเป็นทีม
5. การไหลของงานดีขึ้น

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบชนิดของผังโรงงาน [10]

ชนิดแผนผังโรงงาน	Functional Layout	Cellular Layout
การเดินทางระหว่างแผนก	มาก	น้อย
เส้นทาง	วกวน	แน่นอน เป็นระเบียบ
งานรอคิวผลิต	12-30	3-5
การตอบสนองลูกค้า	สัปดาห์	ชั่วโมง
รอบสินค้าคงคลัง	3-10	15-60
การควบคุมการผลิต	ยาก	ง่าย
การทำงานเป็นทีม	ไม่ส่งเสริม	ส่งเสริม
Quality Feedback	วัน	นาที
ทักษะ (Skill)	แคบ	กว้าง
การใช้งานเครื่องจักร	85-95%	70-80%

ผังโรงงานมีได้หลายรูปแบบ แล้วแต่ความเหมาะสมของพื้นที่ ขนาดของเครื่องจักร และลักษณะของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แผนผังโรงงานแบบต่างๆ [10]

2.2 การผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.1 สิ่งแวดล้อม [4] หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเรา ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น นับตั่งแต่ คน สัตว์ ดิน น้ำ ต้นไม้ ภูเขา อาคารบ้านเรือน ถนนหนทาง รวมถึงขนบธรรมเนียม ประเพณี ความเชื่อ และวัฒนธรรม ซึ่งสิ่งแวดล้อมเหล่านั้นมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของเราไม่มากก็น้อย

สิ่งแวดล้อมแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ

1. สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ คือ สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นเองหรือมีอยู่ตามธรรมชาติ มี 2 ชนิด คือ
   - สิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น อากาศ พลังงาน แร่ธาตุ ป่าไม้ ธารน้ำ ฯลฯ
   - สิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ คน สัตว์ และ พืช สิ่งที่มีชีวิตต่างๆ
2. สิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้น โดยการกระทำของมนุษย์ เช่น บ้านเรือน โต๊ะ เก้าอี้ ตลอดจนศิลปวัฒนธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณีต่างๆ

2.2.2 การร้อนขึ้นของอุณหภูมิโลก

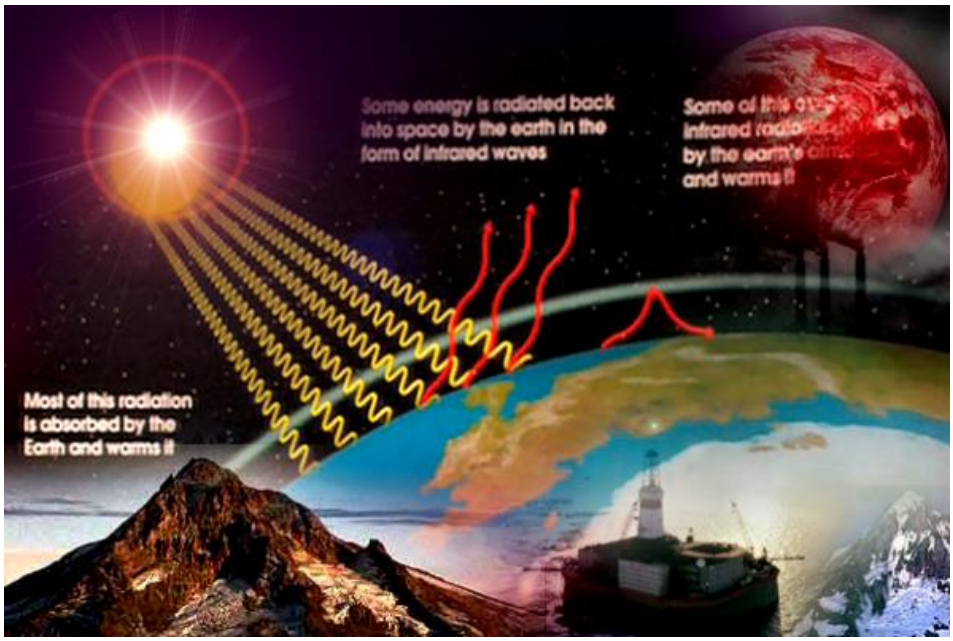
อุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น [4] อาจจะเรียกปรากฏการณ์นี้อีกอย่างว่า “เรือนกระจก” ซึ่งแม้จะไม่เกิดโดยตรงต่อประเทศไทยแต่ก็ทำให้ร้อนขึ้น บางประเทศทำให้คนมีอาการทางร่างกายคือ ช็อคก็มีทำให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลายเกิดน้ำท่วมทำลายพื้นที่เพาะปลูก ทำลายดินที่อุดมสมบูรณ์ ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น การเกิดเรือนกระจกเกิดจากการเผาผลาญพวกสารฟอสซิส พวกสารที่มีคาร์บอน เช่น พวกพืช ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซ CO_2 (คาร์บอนไดออกไซด์) แม้ว่าในธรรมชาติพืชจะเป็นตัวเปลี่ยน CO_2 มาเป็นออกซิเจน แต่มนุษย์ก็มีการตัดไม้ทำลายป่ามีกิจกรรมการผลิตที่เพิ่ม CO_2 ออกสู่บรรยากาศเกินกว่าความสามารถของพืชจะเปลี่ยน CO_2 ได้ ทำให้มี CO_2 ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากเกิดเป็นชั้นเรือนกระจกที่สะท้อนความร้อนกลับมาสู่มนุษย์ เหมือนมนุษย์อยู่ในภาชนะที่ปิด ทำให้โลกร้อนยิ่งขึ้นตามลำดับ ดังรูปที่ 2.22

2.2.3 ลักษณะประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (Environmental Aspects)

ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม [4] หมายถึง ประเด็นปัญหาอันเกิดจากส่วนของกิจกรรมผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม

คำว่า “กระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางตรง” หมายถึง ลักษณะปัญหาอันเกิดจากกิจกรรม หรือบริการเมื่อถูกปล่อยออกมาจากกิจกรรมขององค์กร และของพนักงานในองค์กรเองจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น การปล่อยอากาศเสีย น้ำเสีย ขยะ และเสียงดัง

คำว่า “กระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางอ้อม” หมายถึง ลักษณะปัญหาอันเกิดจากกิจกรรม หรือบริการที่เมื่อมีการกระทำจากบุคคลภายนอกองค์กร เช่น ผู้รับจ้างช่วง,ผู้ส่งมอบ ชุมชนข้างเคียง แล้วจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน เช่น การใช้กระดาษ ใช้น้ำ การใช้ไฟฟ้า การใช้ผลิตภัณฑ์หลายๆอย่าง ซึ่งหากมีการใช้มากก็จะส่งผลกระทบทางอ้อมมาก กล่าวคือ กว่าจะได้เป็นกระดาษ น้ำสะอาด ไฟฟ้า และผลิตภัณฑ์ต่างๆของกระบวนการที่ได้มา ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น



รูปที่ 2.22 ปรากฏการณ์เรือนกระจก [19]

ตัวอย่างของลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

- ประเภทของเหลวที่ปล่อยออกมา เช่น น้ำเสีย, น้ำมัน, สารเคมีต่างๆ ผลกระทบที่จะเกิดต่อสิ่งแวดล้อม คือ เป็นพิษต่อสิ่งที่มีชีวิตในน้ำ เป็นพิษต่อคน
- ประเภทของเสียที่ปล่อยออกสู่อากาศ เช่น ฝุ่น ความร้อน ควัน เขม่า รังสี กลิ่นต่างๆ ผลกระทบคือ เป็นพิษต่อพืช สัตว์ คน เกิดฝนกรด ทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน ทำให้อุณหภูมิโลกร้อนขึ้น ก่อให้เกิดกลิ่น และภาพปรากฏทางสายตาที่ไม่ดี
- ประเภทของแข็ง ได้แก่ ขยะ เศษเหลือจากการผลิตซึ่งส่งผลกระทบ เช่น หากฝังกลบก็จะมีผลต่อกาใช้พื้นดิน ทำให้ใช้เวลาในการกลับคืนสู่สภาพ หรือย่อยสลายนาน ส่งผลกระทบในระยะยาว
- การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การใช้น้ำมัน, ถ่านหิน, ต้นไม้ ผลกระทบ คือเป็นการทำลายทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดไป ทำให้อนุชนรุ่นถัดไปไม่มีใช้เป็นผลต่อการพัฒนาแบบยั่งยืน

- เสียง เช่น เสียงดัง และระยะที่วัดความดังของเสียง ผลกระทบ คือ สร้างความรำคาญต่อมนุษย์ที่อยู่รอบๆโรงงาน

- ประเภทการปนเปื้อนของดิน เช่น น้ำมันที่ถูกปล่อยลงสู่ดิน สารเคมีต่างๆ ที่ถูกปล่อยลงสู่ผิวดิน และในที่สุดก็จะชะล้างสู่ที่ต่ำกว่า คือ น้ำก็จะมีผลกระทบต่อสิ่งที่มีชีวิตต่างๆ ที่ใช้น้ำรวมทั้งคนด้วย มีผลระยะยาวต่อการใช้พื้นดิน ยากที่จะทำให้อยู่ในสภาพเดิม

- ประเภทการใช้พลังงาน เช่น การใช้น้ำมัน เชื้อเพลิง ถ่านหิน ผลกระทบ คือ ทำให้มีการปล่อยของเสียออกสู่อากาศมาก เช่น ฝุ่น, เขม่า, ควัน ซึ่งจะเป็นผลกระทบทางอ้อม

2.2.4 ความหมาย และหลักการของเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด [20] หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้ วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้ รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบการใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมกัน

คำว่า “เทคโนยีสะอาด” (Cleaner Technology: CT) เป็นคำที่มีความหมายนัยเดียวกับคำว่า

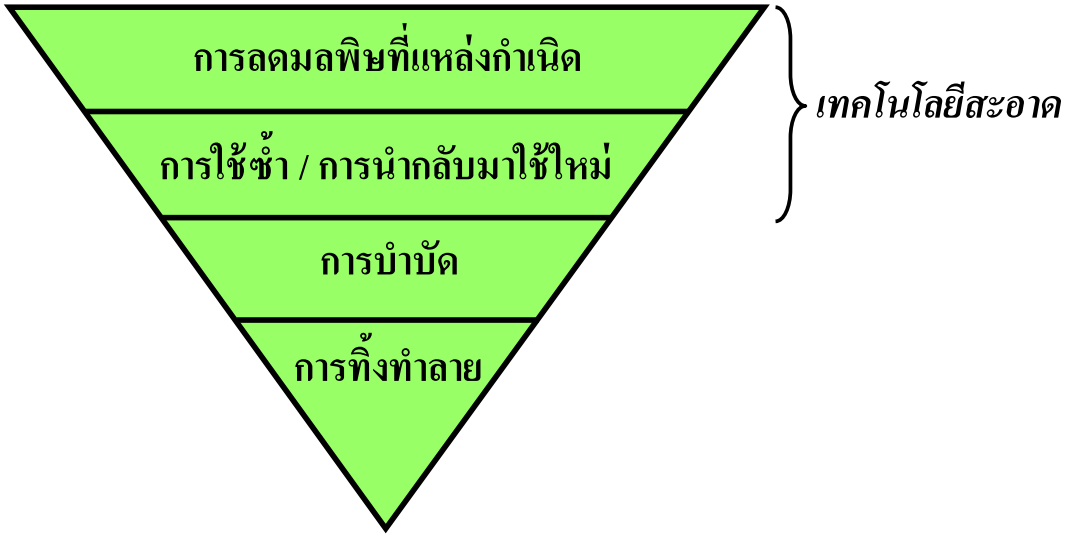
1. การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) เป็นคำจำกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีสะอาดในประเทศสหรัฐอเมริกา
2. การผลิตที่สะอาด (Cleaner Production) เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิต
3. การลดของเสีย (Waste Minimization) เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีสะอาด
4. การผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green Productivity) เป็นคำจำกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีสะอาดในประเทศญี่ปุ่น

คำจำกัดความนี้เน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด โดยการคำนึงถึงมวลที่เติมเข้าสู่กระบวนการผลิต (Inputs) มากกว่ามวลที่ออกจากกระบวนการผลิต (Outputs) เพื่อหาวิธีที่จะเพิ่มผลิตผล ให้มีของเสีย หรือมีการปล่อยมลพิษน้อยลง การใช้มวลเข้าอันได้แก่ วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ และทรัพยากรมนุษย์ให้ได้ประโยชน์สูงสุด คือวิถีทางของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

2.2.5 หลักการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด

หลักการของเทคโนโลยีสะอาด [20] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการใช้ทรัพยากรและลดการเกิดมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดเพื่อขจัดปัญหาการสูญเสียและ

การเกิดมลพิษที่ต้นตอ และหากยังมีของเสียเกิดขึ้นต้องพยายามนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้มีของเสียที่ต้องทำการบำบัดหรือฝังทิ้งเหลืออยู่น้อยที่สุด หรือไม่มีเลย โดยหลักสามารถเขียนเป็นรูปลักษณะปริมาณที่ต้องดำเนินการจัดการดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ลำดับด้านการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม [20]

วิธีการของเทคโนโลยีสะอาด คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด
ต้องมีการค้นหาแหล่งกำเนิดของเสียหรือมลพิษ และวิเคราะห์หาสาเหตุว่าของเสียหรือมลพิษเหล่านั้นเกิดอย่างไร การลดมลพิษสามารถทำได้โดย

1. การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ เป็นการปรับปรุงรายละเอียดผลิตภัณฑ์ เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการเกิดสารมลพิษ ให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด เช่น ทำให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นเพื่อลดจำนวนบรรจุภัณฑ์
2. การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ หรือการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุดิบเองหรือสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ เช่น การยกเลิกหรือลดการใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตรายหรือสารที่ก่อมลพิษสูง
- การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการ กลไกในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการสูญเสีย การออกแบบใหม่ เพิ่มระบบอัตโนมัติ
- การปรับปรุงกระบวนการดำเนินงาน โดยการปรับปรุงการบริหารระบบการวางแผนและควบคุมการผลิตเพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการผลิตให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและ

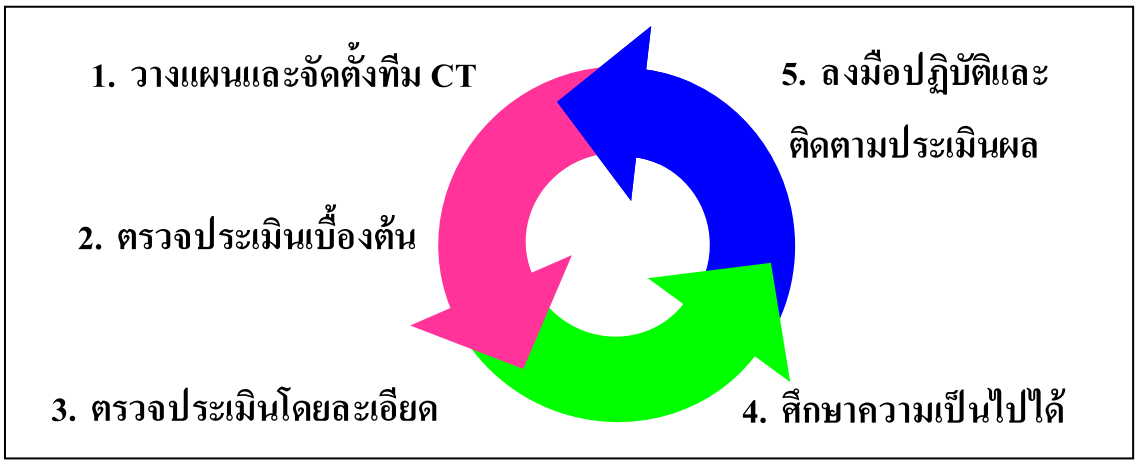
ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล เช่น มีกระบวนการทำงานและขั้นตอนการบำรุงรักษาที่ชัดเจน ใช้ระบบการผลิตตามลำดับก่อนหลัง (First In First Out: FIFO)

3. การใช้ซ้ำ / การนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ อย่างเหมาะสมโดยอาศัยหลักการของเสียที่เกิด ขึ้นจากจุดหนึ่งอาจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอีกจุดหนึ่งแม้แต่กับจุดเดิม

- การใช้ซ้ำ เป็นการนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ซ้ำโดยนำกลับมาใช้ใหม่โดยตรง เพื่อใช้ในการผลิตเดิม หรือใช้กระบวนการอื่น เช่น การนำขวดที่ใช้แล้วมาล้างเพื่อนำกลับมาใช่ใหม่ การนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่
- การนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการนำของเสียไปผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้อีก เช่น การนำพลาสติกมาหลอมใหม่

2.2.6 ขั้นตอนดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology: CT)

วิธีการทำงานของเทคโนโลยีสะอาด [21] ให้ประสบสำเร็จประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การวางแผนและจัดตั้งทีมเทคโนโลยีสะอาดการตรวจประเมินเบื้องต้น การตรวจประเมินโดยละเอียด การศึกษาความเป็นไปได้ การลงมือปฏิบัติและติดตามประเมินผล ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ขั้นตอนดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด [21]

1. การวางแผนและจัดตั้งทีมเทคโนโลยีสะอาด (Planning & Organization) มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดนโยบายสำหรับเป็นแนวทางในการปฏิบัติ และเพื่อให้ทีมเทคโนโลยีสะอาด เป็นแกนหลักในการดำเนินงาน

2. การตรวจประเมินเบื้องต้น (Pre-Assessment) เป็นการประเมินหาความสูญเสียและบริเวณที่มีศักยภาพในการทำเทคโนโลยีสะอาดโดยรวม

3. การตรวจประเมินโดยละเอียด (Detailed Audit) วัตถุประสงค์ของการตรวจประเมินโดยละเอียดนี้ เพื่อหาทางเลือกด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การตรวจประเมินหาสาเหตุการสูญเสีย

3.1 หาแหล่งกำเนิด และหาสาเหตุของการสูญเสียจาก 5 แหล่งสำคัญ ดังนี้

- วัตถุดิบ เช่น ใช้วัตถุดิบคุณภาพต่ำ การจัดเก็บไม่เหมาะสม เป็นต้น
- เทคโนโลยีด้านการออกแบบอุปกรณ์ และกระบวนการไม่เหมาะสม วัสดุคุณภาพต่ำ ด้านเทคโนโลยี เช่น ใช้เทคโนโลยีล้าสมัย สิ้นเปลือง ใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสม เป็นต้น
- ด้านการวางผัง เช่น ขยายการผลิตโดยขาดแผนการวางผังไม่เหมาะสม การขนถ่ายไม่เป็นระบบ เป็นต้น
- วิธีปฏิบัติการ เช่น คนงานด้อยคุณภาพ ทำงานตามใจชอบ ขาดการฝึกอบรม ผู้บริหารสนใจแต่การผลิตไม่ในใจคนงาน เป็นต้น
- ของเสีย เช่น ไม่มีการแยกของเสียแต่ละชนิด ไม่มีการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

3.2 สร้างทางเลือกด้านเทคโนโลยีสะอาด เมื่อได้ข้อมูลสมดุลย์มวลและทราบแหล่งกำเนิดและสาเหตุของการสูญเสีย ก็จะเข้าสู่การระดมความคิดของทีมเทคโนโลยีสะอาด และผู้เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การลดการสูญเสีย

แนวทางในการสร้างทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด สำหรับใช้เพื่อลดการสูญเสียมีดังนี้

- ปรับปรุงการทำงานและการจัดการ
- การใช้ประโยชน์ของเสียในกระบวนการผลิต
- หมุนเวียนมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต
- หมุนเวียนมาใช้ภายนอกกระบวนการผลิต
- ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงบางส่วนและ/หรือ เปลี่ยนใหม่ทั้งหมด
- ลดหรือเลิกใช้สารที่มีอันตรายในกระบวนการผลิต
- ใช้วัตถุดิบที่สะอาดขึ้นฯ
- เปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบอื่นที่มีอันตรายหรือทำให้เกิดของเสียน้อยลง
- การเปลี่ยน / ปรับปรุงเทคโนโลยี
    - การปรับปรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ
    - การปรับเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต
    - การใช้ระบบอัตโนมัติ
    - การปรับภาวการณ์ผลิตให้เหมาะสม
    - การปรับปรุงระบบท่อสายพาน

- พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
  - การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่
  - การปรับเปลี่ยนระดับมาตรฐานด้านคุณภาพ

3.3 คัดเลือกทางเลือกด้านเทคโนโลยีสะอาด เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการตรวจประเมินโดยละเอียด โดยงานในชั้นนี้จะเป็นการจัดกลุ่มทางเลือกด้านเทคโนโลยีสะอาด ที่มีหลากหลายวิธีว่าทางเลือกใดเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้

การจัดลำดับความสำคัญ จะใช้วิธีการให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละทางเลือกในประเด็นสำคัญ 4 เรื่อง คือ

- ความเป็นไปได้เบื้องต้น เช่น มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติหรือไม่
- ความเหมาะสม พิจารณาว่ามีความเหมาะสมกับการผลิตและผลิตภัณฑ์ของหน่วยผลิตเหมาะกับวัฒนธรรมขององค์กรหรือไม่
- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พิจารณาว่าเป็นทางเลือกที่ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้มากน้อยเพียงไร
- ความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์ พิจารณาค่าใช้จ่ายและผลกำไรมากน้อยเพียงใด

4. การศึกษาความเป็นไปได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษาความเป็นไปได้ของทางเลือกเพื่อเลือกทางเลือกด้านเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถปฏิบัติและมีผลคุ้มค่าการลงทุน
กิจกรรมที่ต้องดำเนินการในขั้นตอนนี้ คือ

4.1 การประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น

4.2 การประเมินความเป็นได้ทางเทคนิค

4.3 การประเมินความเป็นได้ทางเศษฐศาสตร์

4.4 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

4.5 การคัดเลือกทางเทคโนโลยีสะอาดที่เป็นไปได้

5. การลงมือปฏิบัติและติดตามประเมินผล (Implementation and Evalution) การลงมือปฏิบัติและติดตามประเมินผล มีขั้นตอนในการทำงาน ดังนี้

5.1 จัดทำแผนปฏิบัติ ระยะเวลา เงินทุน กำลังคน

5.2 ดำเนินงานตามแผนงาน คือ วางแผน ออกแบบ จัดหาอุปกรณ์ ลงมือดำเนินการ

5.3 การติดตาม และประเมินผลปฏิบัติงาน

2.2.7 ประโยชน์ของเทคโนโลยีสะอาด

1. ลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ลดลง ได้แก่ น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน (ไฟฟ้าน้ำมัน เชื้อเพลิง) เป็นผลให้มีการลดของเสีย (น้ำเสีย กากของแข็ง อากาศเสีย) รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

2. เพิ่มศักยภาพการผลิต หมายถึง เพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตเพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้าที่ออกจำหน่ายและบริการ

3. พัฒนาองค์กร เกิดการบริหารงานอย่างเป็นระบบ ภาพพจน์ภายในโรงงานดีขึ้น

4. เพิ่มความสัมพันธ์ของพนักงาน หน่วยงานราชการ และชุมนุมใกล้เคียง

5. แบ่งเบาภาระภาครัฐในการตรวจสอบติดตาม

6. เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจาการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

7. พัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

8. เพิ่มคุณภาพชีวิตให้กับคนในชุมชน น่าอยู่อาศัยมีสุขภาพที่ดีขึ้น

9. ลดการเกิดภัยธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม, พายุ, ฝนกรด หรือการร้อนขึ้นของโลก

2.2.8 ตัวอย่างการทำเทคโนโลยีสะอาด

บริษัท E ตั้งอยู่ที่อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการดำเนินกิจการประกอบเครื่องปรับอากาศหลากหลายรูปแบบ และหลายเครื่องหมายการค้า จำหน่ายทั้งใน และต่างประเทศ บริษัทมีความต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตด้านการใช้วัตถุดิบและพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน โดยนำแนวคิดเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาประยุกต์ใช้

1. การตรวจประเมินผลเบื้องต้น ดำเนินการโดยนำข้อมูลการผลิตย้อนหลังมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกประเด็นปัญหาโดยมุ่ง เน้นที่การใช้ทรัพยากร 6 ปัจจัยการผลิตหลัก คือไฟฟ้า น้ำ ก๊าซหุงต้ม สีผง เหล็กเคลือบสังกะสี และเหล็กขาว เพื่อประเมินความเป็นไปได้ด้านเทคนิคทางเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้ได้ประเด็นปัญหาหลักที่ควรดำเนินการปรับปรุงดังรายละเอียดต่อไปนี้ [22]

1.1 การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค แนวทางประเมินจะใช้ข้อมูลดัชนีการใช้ทรัพยากรรายเดือน โดยทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างดัชนีเฉลี่ยกับค่าดัชนีที่ดีที่สุด ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้สามารถในการลดปริมาณการใช้ทรัพยากร จากนั้นนำมาจัดลำดับความสำคัญดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของบริษัท E [22]

ประเด็นปัญหา	หน่วยต่อหน่วยผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ดีที่สุด	ค่าเปอร์เซ็นต์ความเป็นไปได้	คะแนน
ไฟฟ้า	kWh ต่อเครื่อง	20.274	19.129	5.984	1
น้ำ	ลบ.ม. ต่อเครื่อง	0.038	0.035	7.405	1
สีผง	กิโลกรัมต่อเครื่อง	0.488	0.439	11.133	2
LPG	กิโลกรัมต่อเครื่อง	0.650	0.535	21.546	2
เหล็กเคลือบ Zn	กิโลกรัมต่อเครื่อง	10.884	10.069	8.100	1
เหล็กขาว	กิโลกรัมต่อเครื่อง	24.182	20.695	16.847	2

หมายเหตุ : ค่าเปอร์ความเป็นไปได้ระหว่าง 0%-10% คะแนน เท่ากับ 1
ค่าเปอร์ความเป็นไปได้ระหว่าง 11%-30% คะแนน เท่ากับ 2
ค่าเปอร์ความเป็นไปได้มากกว่า 30% คะแนน เท่ากับ 3

เมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค พบว่า การให้ LPG มีความสำคัญเป็นอันดับแรก และมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการใช้ได้ง่าย

1.2 การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ แนวทางในการประเมินจะใช้ข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านทรัพยากรมาวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดลงได้ จากนั้นนำมาจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของบริษัท E [22]

ประเด็นปัญหา	หน่วย	ราคา (บาทต่อหน่วย)	ความเป็นไปได้	ค่าเปอร์เซ็นต์	คะแนน
ไฟฟ้า	kWh	3.9	14.772	4.94	1
น้ำ	ลบ.ม.	14	120	0.04	1
สีผง	กก.	112	18.133	6.06	1
LPG	กก.	15.50	5.910	1.98	1
เหล็กเคลือบ Zn	กก.	27.87	75.214	25.14	2
เหล็กขาว	กก.	24.74	184.979	61.84	3

หมายเหตุ : ค่าเปอร์ความเป็นไปได้ระหว่าง 0%-10% คะแนน เท่ากับ 1
ค่าเปอร์ความเป็นไปได้ระหว่าง 11%-30% คะแนน เท่ากับ 2
ค่าเปอร์ความเป็นไปได้มากกว่า 30% คะแนน เท่ากับ 3

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่าเหล็กขาวมีความสำคัญเป็นอันดับแรก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าทำการปรับปรุงในประเด็นนี้ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายได้มากที่สุด

1.3 การประเมินความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อมC แนวทางประเมินจะวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้รายปีโดยวิเคราะห์แยกเป็น 3 ประเด็นย่อย คือ ปริมาณผลกระทบ และการแพร่กระจาย โดยใช้การเกณฑ์การวิเคราะห์ที่คณะทำงานได้กำหนดขึ้นซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และนำมาจัดลำดับความสำคัญและให้คะแนนดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ผลการประเมินความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อมของบริษัท E [22]

รายการ	Q	E	D	ผลรวม	คะแนน
ไฟฟ้า	1	3	3	9	3
น้ำ	1	1	2	2	1
สีผง	2	2	1	4	1
LPG	3	1	3	9	3
เหล็กเคลือบ Zn	3	1	1	3	1
เหล็กขาว	3	1	1	3	1

หมายเหตุ : ผลรวม Q*E*D อยู่ระหว่าง 1-4 คะแนน เท่ากับ 1
ผลรวม Q*E*D อยู่ระหว่าง 5-8 คะแนน เท่ากับ 2
ผลรวม Q*E*D อยู่ระหว่าง 9-12 คะแนน เท่ากับ 3

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ไฟฟ้าและ LPG มีความสำคัญเป็นลำดับแรก ดังนั้น หากทำการปรับปรุงในประเด็นดังกล่าวจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด

เมื่อนำการวิเคราะห์ทั้ง 3 ประเด็นมาพิจารณารวมกันพร้อมทั้งให้คะแนน ความสำคัญของแต่ละประเด็น โดยให้ความสำคัญต่อความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์มากที่สุด ส่วนด้านเทคนิค และด้านสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญรองลงมา ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 สรุปการคัดเลือกปัญหาของบริษัท E [22]

ประเด็นปัญหา	เทคนิค		เศรษฐศาสตร์		สิ่งแวดล้อม		ผลรวม	ลำดับ
	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก	คะแนน	ถ่วงน้ำหนัก		
ไฟฟ้า	1	2	1	3	3	1	8	4
น้ำ	1	2	1	3	1	1	6	6
สีผง	2	2	1	3	1	1	8	4
LPG	2	2	1	3	3	1	10	2
เหล็กเคลือบ Zn	1	2	2	3	1	1	9	3
เหล็กขาว	2	2	3	3	1	1	14	1

จากตารางที่ 2.8 จะพบว่า เหล็กขาว เป็นประเด็นปัญหาที่ต้องทำการปรับปรุงเป็นลำดับแรกแต่เนื่องจากการจัดการด้านการใช้โลหะของโรงงานที่มีการออกแบบเป็นอย่างดี จึงทำให้ไม่สามารถปรับปรุงในส่วนนี้ได้ อย่างไรก็ตามปัญหาหลักที่พบอีกประเด็นหนึ่งคือ ปัญหาการประกอบเครื่องปรับอากาศล่าช้าและเวลาที่ไม่แน่นอนในการประกอบแต่ละเครื่อง ดังนั้นจึงเลือกประเด็นดังกล่าวในการปรับปรุง [22]

2. ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด การจัดสมดุลการทำงานใหม่และลดเวลาบริเวณคอขวดเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน เนื่องจากปฏิบัติงานแบบเดิมนั้นไม่สามารถวางแผนในการผลิตที่แน่นอน และไม่สามารถปรับการทำงานที่ไม่เป็นไปตามแผนได้ จากการจับเวลาและจัดสมดุลในสายการผลิต พบว่า สามารถลดเวลาการว่างงานของคนงานและลดเวลาคอขวดได้ ทำให้เวลาการผลิตเครื่องต่อเครื่องเร็วขึ้น โดยรอบเวลาการทำงานของรุ่นที่สุ่มตัวอย่าง Fan coil และ Condensing coil อยู่ที่ 4.42 และ 3.44 (นาที.วินาที) ตามลำดับ ซึ่งจะพบเวลาคอขวดในช่วงการทดสอบเครื่องและงานเชื่อม หาดลดเวลาคอขวดโดยการเพิ่มสถานีทดสอบและเชื่อมขึ้นอีกจะช่วยลดเวลาได้ 5 วินาที และ 7 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเดิมนั้นหากทำงานโดยไม่หยุดสายการผลิตจะสามารถผลิตเครื่องปรับอากาศได้ 90 เครื่อง / วัน และ 116 เครื่องต่อวัน ตามลำดับ แต่หลังจากปรับปรุงสมดุลการทำงานใหม่ ซึ่งจะสามารถผลิตเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น 91 เครื่อง / วัน และ 119 เครื่อง / วัน ตามลำดับ โดยสร้างสถานีเพิ่มจะต้องลงทุนประมาณ 10,000 บาท และสามารถประหยัดไฟฟ้าและค่าแรงได้ 91,500 บาท / ปี [22]

ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดสำหรับโครงการในอนาคต

1. ควรมีการลงบันทึกสาเหตุการหยุดสายการผลิตซึ่งเป็นปัญหาหลัก เพื่อหาแนวทางแก้ไขที่เป็นรูปธรรมโดยประสานกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และให้ผู้บริหารมีส่วนช่วยในการแก้ไขปัญหา
2. ควรกำหนดเป้าหมายที่เป็นรูปแบบให้กับพนักงานและกระตุ้นให้ทุกฝ่ายตั้งแต่ระดับบริหารจนถึงระดับปฏิบัติการมีส่วนร่วมในการพัฒนาศักยภาพในการผลิต เป็นต้น

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พฤทธิ์พงศ์ โพธิวราพรรณ [23] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้การผลิตแบบลีนในอุตสาหกรรมที่มีทั้งการผลิตแบบต่อเนื่อง และแบบช่วง กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กรูปพรรณ” ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ของการผลิตแบบลีน คือ แผนภูมิสายธารคุณค่า ที่จะช่วยจำแนกคุณค่าของกระบวนการผลิต และการจำลองสถานการณ์ โดยการวิเคราะห์ 3 ปัจจัย ได้แก่ ระบบการผลิต, การบำรุงรักษาแบบทุกคนมีส่วนร่วม และการลดเวลาปรับเปลี่ยนเครื่องจักร จากผลของการจำลองสามารถลดความสูญเปล่าได้ดังนี้ คือ ลดระยะเวลาการผลิตรวมจาก 16.24 วัน มาเป็น 8.56 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 47.30 และลดสินค้าคงคลังระหว่างกระบวนการจาก 96.35 ตันต่อวัน เหลือ 10.62 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 88.98

วัชรพงศ์ ฤกษนันทน์ [24] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การปรับปรุงกระบวนการกระจายสินค้าด้วยแนวคิดแบบลีนโดยแบบจำลองเครื่องหมายกระบวนการธุรกิจ กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้า” โดยงานวิจัยนี้เป็นการนำแนวความคิดแบบลีนมาใช้โดยมุ่งเป้าหมายเพื่อการปรับปรุง การลดระยะเวลา การลดต้นทุน การเพิ่มความสามารถในการทำกำไร และการปรับปรุงคุณภาพ ในเรื่องคุณค่าของงานที่กระทำในรูปแบบการจำลองกระบวนการทางธุรกิจ จากการวิเคราะห์กระบวนการกระจายสินค้าด้วยการจำลองสถานการณ์ โดยดำเนินการในระยะเวลา 1 ปี จากระยะเวลารอบของคำสั่งซื้อและระดับสินค้าคงคลังเปรียบเทียบระหว่างสถานะในปัจจุบันกับสถานะในอนาคตในการประเมินพบว่าเวลานำในการเติมเต็มคำสั่งซื้อสามารถลดลงได้ถึง 29.82 %, เวลานำสามารถลดลง 29.82 %, เวลาการทำงานสามารถลดลง19.38 % เวลารอคอยสามารถลดลง 89.17 % และต้นทุนสามารถลดลง 45.34 %

ศิรศักย เทพจิต [25] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การประเมินการนำ Lean Six Sigma ไปใช้งานด้วยการสร้างแบบจำลองพลวัตของระบบกรณีศึกษา: โรงพยาบาล” วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือศึกษาพฤติกรรมของระบบของกระบวนการให้บริการตรวจรักษาของโรงพยาบาล โดยใช้ Lean Six Sigma ในการปรับปรุงกระบวนการ วิธีการวิจัย คือ จำลองสถานการณ์เพื่อศึกษากระบวนการให้บริการตรวจรักษาของโรงพยาบาล และนำการบูรณาการระบบการผลิตแบบลีน และการจัดการคุณภาพแบบ

Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการของโรงพยาบาล โดยผลจากการจำลองสถานการณ์สามารถลดความสูญเสียได้ดังนี้ คือระยะรอบการทำงานลดลง 57.4% ประสิทธิภาพของพนักงานเพิ่มขึ้น 30.4 % คุณภาพของการให้บริการเพิ่มขึ้น 120.7%

พัชรินทร์ อุ่มเอมใจ [2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การบูรณาการลีนซิกซ์ซิกมา และซีเอ็มเอ็มไอเข้าสู่วิสาหกิจโดยใช้แบบจำลองพลวัต กรณีศึกษา: บริษัท สแปนชั่น (ไทยแลนด์) จำกัด” งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์รวมแนวคิดลีนซิกซ์ซิกม่าเข้ากับมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอ เพื่อทำการตรวจประเมินวัดระดับความสามารถขององค์กรจากมาตรฐานซีเอ็มเอ็มไอที่มี 5 ระดับ และการวัดสำหรับการผลิตแบบลีน โดยใช้การจำลองระบบการผลิตขององค์กรอุตสาหกรรม ผลจากการวิจัยพบว่าองค์กรมีระดับความ สามารถขององค์กรตามมาตรฐานCMMI อยู่ที่ระดับ3 และเวลาสูญเปล่าที่ควรจะมีการปรับปรุงมากที่สุดคือ เวลาสูญเปล่าอันเนื่องมาจากเครื่องจักร ถึง30.6% รองลงมาคือเวลาสูญเปล่าอันเนื่องมาจากพนักงานคิดเป็น 29.98%

มนัส ศรีสวัส, วัฒนชัย ประสงค์, ณฐา คุปตัษเทียร [26] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ระบบการผลิตแบบดึง มาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหัวแก๊ส โดยหลักการ Toyota Production System (TPS)” โดยมุ่งเน้นที่จะลดปริมาณสินค้าคงคลังโดยการใช้ระบบคัมบังมาช่วยในการควบคุมการผลิต เป็นการประยุกต์ระบบการผลิตแบบดึงมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตหัวแก๊ส โดยใช้หลักการของ TOYOTA PRODUCTION SYSTEM เป็นหลัก ซึ่งมุ่งเน้นที่จะลดปริมาณสินค้าคงคลังโดยการใช้ระบบคัมบังมาช่วย และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ตู้สะสมล็อตการผลิต ,KANBAN SHOOTER เป็นต้น จากผลของการศึกษาสามารถลดปริมาณสินค้าคงคลังลงได้ร้อยละ 38.90 และลดปริมาณล็อตการผลิตสินค้าโดยเฉลี่ยร้อยละ 61.83 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสามารถระบบการผลิตแบบดึงสามารถช่วยลดความสูญเปล่าในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง และล็อตในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการผลิตหัวแก๊ส และสามารถขยายผลไปยังอุตสาหกรรมอื่นๆได้เช่นกัน

Riezebos J., Klingenberg W., & Hicks C. [27] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Lean Production and information technology: Connection or contradiction?” งานวิจัยนี้กล่าวถึงความสามารถลีนที่สามารถพัฒนาให้ฝ่ายผลิตสินค้าและ บริการเกิดจุดแข็งในการแข่งขัน โดย TPS เป็นระบบที่หลายๆองค์กรนำไปพัฒนากระบวนการผลิต, คุณภาพ, และการบริการลูกค้า โดยประโยชน์ของลีนยังสามารถนำไปพัฒนาได้ด้วยระบบ IT งานวิจัยฉบับนี้เสนอบทบาทของ IT ในการพัฒนาแบบลีน โดยแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้ 1) การใช้ IT ในกระบวนการการขนส่ง และการผลิต 2) กระบวนการการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ 3) การวางแผนล่วงหน้าในการซ่อมบำรุงโรงงาน

Bruun P., & Mefford R.N. [28] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Lean Production and Internet” งานวิจัยนี้ศึกษาถึงลีน และ Just In Time ว่ามีการใช้ใน Internet หรือไม่ โดยผลลัพธ์เป็นไปได้ว่ามีการนำลีนมาใช้ในโซ่อุปทาน การวางแผน การสต๊อก การควบคุมด้สนจัดซื้อ และหารพัฒนาคุณภาพ

Houshmand M. & Jamshidnezhad B. [29] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “An extended model of design process of lean production systems by means of process variables” งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาการบริหารงานโดยนำโปรแกรมการจำลองมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อพัฒนาการออกแบบกระบวนการแบบลีน ตั้งแต่เครื่องมือ, วัตถุดิบ, วิธีการ โดยการทดลองพิจารณาดูตามลำดับความสำคัญของลีน

Sullivan W.G., McDonald T.N., & Aken E.M.V. [30] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Equipment replacement decisions and lean manufacturing” งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงการผลิตสมัยก่อนที่เน้นการผลิตจำนวนมากโดยที่มักจะทำให้เกิดการลงทุนสูง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการหารเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจการใช้ลีน และการใช้ VSM ให้เหมาะสมกับรูปแบบการผลิต เพื่อจะได้ใช้วิเคราะห์ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในกระบวนการการผลิตแบบลีน

Pool A., Wijingaard J., & Van Der Zee D. [31] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Lean planning in the semi-process industry,a case study” งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลีนที่มีผลต่อการจัดการในหลายส่วน โดยธุรกิจยานยนต์เริ่มจากการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยการวิจัยนี้ต้องการศึกษาถึงกระบวนการ และการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ในการผลิต ด้วยวิธีการปรับปรุงการไหล Flow และระบบ Pull โดยแยกการศึกษาออกเป็น 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ศึกษากระบวนการการพัฒนาด้วยลีน แบบที่ 2 ศึกษาพัฒนาคุณภาพการผลิตของทั้งระบบ และแบบที่ 3 ศึกษาโดยการใช้การเพิ่มคุณค่า

Holweg M. [32] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “The genealogy of lean production” งานวิจัยนี้กล่าวถึงการผลิตแบบลีนที่ไม่ได้สำเร็จแค่ในธุรกิจยานยนต์ แต่ลีนคือการแลกเปลี่ยนข้อมูล ระหว่างปริมาณ และคุณภาพ และลีนยังสามารถพัฒนาไปยังธุรกิจขนาดใหญ่ ทั้งด้านสินค้า และการบริการ Just In Time จึงเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ได้รับความนิยมมากในทศวรรษที่ผ่านมา โดยงานวิจัยนี้ เป็นการรวบรวมถึงเนื่อหา เพื่อหาประโยชน์ที่ใช้ JIT มาพัฒนาควบคู่กับลีน