บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการศึกษาระบบการบริหารงานจัดการรถไฟฟ้า

จากที่ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านต้นทุน การจัดการตารางการทำงาน ปริมาณรถและการจัดการตารางการเตรียมอุปกรณ์ สามารถอธิบายระบบการบริหารงานจัดการรถไฟฟ้าได้ โดยระบบการบริหารงานจัดการรถไฟฟ้าในปัจจุบัน เป็นการบริหารจัดการบุคลากร การควบคุมให้การทำงานเป็นไปตามตารางการเดินรถ และการดูแลรักษาและซ่อมบำรุงรถไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

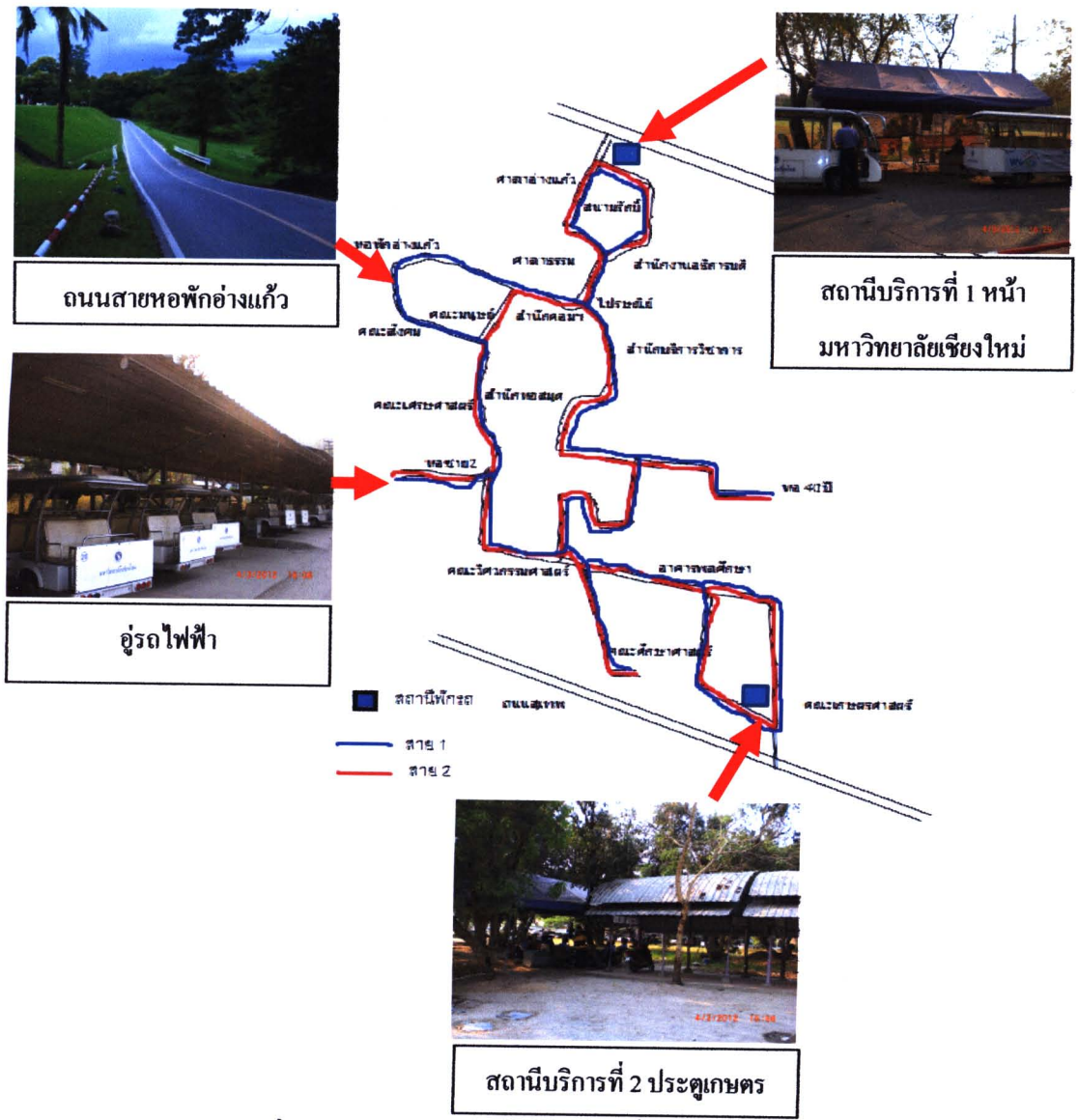
4.1.1 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้า

เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แบ่งออกเป็น 2 เส้นทาง หรือ สาย คือ

สาย 1 เริ่มต้นจากสถานีบริการด้านหน้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สาย 2 เริ่มต้นจากสถานีบริการประตูเกษตร

การเดินรถเป็นเส้นทางเดียวกัน แต่จะสวนทางกัน แต่สาย 1 จะมีระยะทางหรือเส้นทางการเดินรถที่ไกลกว่าสาย 2 คือ จะต้องผ่านคณะสังคมศาสตร์ และหอพักอ่างแก้ว และการนับรอบการเดินรถจะนับครบ 1 รอบก็ต่อเมื่อ เริ่มต้นจากสถานีบริการไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้และกลับมายังสถานีบริการ ในส่วนของการประจุแบตเตอรี่ของทั้งสองสายจะต้องขับรถไฟฟ้าจากสถานีบริการด้านหน้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หรือสถานีบริการประตูเกษตรมายังอู่รถไฟฟ้าซึ่งต้องใช้เวลาเดินทางประมาณ 7 – 8 นาที รวมระยะเวลาไปกลับแล้วเสียเวลาประมาณ 15 นาทีต่อการประจุแบตเตอรี่ 1 ครั้ง และไม่สามารถนับรอบตามเวลาการเดินรถได้ สำหรับจำนวนรอบในการเดินรถต่อการเดินทางไปประจุแบตเตอรี่ รวมถึงระยะเวลาในการประจุแบตเตอรี่จะกำหนดโดยนายท่าของแต่ละสถานีบริการเป็นผู้กำหนด



รูปที่ 4.1 แสดงเส้นทางเดินรถไฟฟ้าทั้งสาย 1 และสาย 2

4.1.2 ปริมาณรถไฟฟ้า

รถไฟฟ้าจะถูกแบ่งให้เดินรถประจำสถานีบริการในแต่ละสายจำนวนเท่ากันคือ

สาย 1	จำนวน 20 คัน
สาย 2	จำนวน 20 คัน
รวมทั้งสิ้น	จำนวน 40 คัน

4.1.3 จำนวนพนักงาน

พนักงานในโครงการขนส่งมวลชนภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แบ่งออกตามจุดประสงค์การทำงานดังนี้

1. นายท่า จำนวน 4 คน

ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและควบคุมตารางการทำงานของพนักงานขับรถให้วิ่งตามเส้นทาง ระยะเวลา และจำนวนเที่ยวตามที่กำหนด

2. พนักงานขับรถไฟฟ้า จำนวน 40 คน

ทำหน้าที่ในการขับรถไฟฟ้าตามเส้นทาง และตารางที่กำหนด โดยแบ่งตามสายการเดินรถ คือ สาย 1 จำนวน 20 คน และ สาย 2 จำนวน 20 คน

3. ช่างซ่อมรถไฟฟ้า จำนวน 2 คน

ทำหน้าที่ในการซ่อมแซมอาการเสียต่างๆ การซ่อมบำรุง และการเปลี่ยนอะไหล่ เช่น ยาง แบตเตอรี่ เป็นต้น

4. หัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้า จำนวน 1 คน

ทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลช่างซ่อมรถไฟฟ้า รายงานอุปกรณ์เสีย และรายงานขอสั่งซื้ออะไหล่ต่าง ๆ รวมถึงการควบคุมโครงการรถไฟฟ้าทั้งหมด

5. พนักงานรักษาความปลอดภัย จำนวน 1 คน

ทำหน้าที่ในการดูแลรักษาความปลอดภัย ของทรัพย์สินต่าง ๆ ในบริเวณอู่ซ่อมรถ

4,1.4 เวลาการทำงาน

1) เวลาการทำงานของช่างซ่อมรถไฟฟ้า และ พนักงานขับรถไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 1 และ 3 ของเดือน

กลุ่มที่ 1 ช่างซ่อมรถไฟฟ้า 1 คน และ พนักงานขับรถไฟฟ้า 20 คน

จันทร์ อังคาร พุธ 7:00 – 18:30 น.

พฤหัสบดี ศุกร์ เสาร์ 7:00 – 22:30 น.

หยุดทำงานวันอาทิตย์

กลุ่มที่ 2 ช่างซ่อมรถไฟฟ้า 1 คน และ พนักงานขับรถไฟฟ้า 20 คน

จันทร์ อังคาร พุธ อาทิตย์ 7:00 – 22:30 น.

พฤหัสบดี ศุกร์ 7:00 – 18:30 น.

หยุดทำงานวันเสาร์

2) เวลาการทำงานของช่างซ่อมรถไฟฟ้า และ พนักงานขับรถไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 2 และ 4 ของเดือน

กลุ่มที่ 1 ช่างซ่อมรถไฟฟ้า 1 คน และ พนักงานขับรถไฟฟ้า 20 คน

จันทร์ อังคาร พุธ อาทิตย์ 7:00 – 22:30 น.

พฤหัสบดี ศุกร์ เสาร์ 7:00 – 18:30 น.

หยุดทำงานวันอาทิตย์

กลุ่มที่ 2 ช่างซ่อมรถไฟฟ้า 1 คน และ พนักงานขับรถไฟฟ้า 20 คน

จันทร์ อังคาร พุธ 7:00 – 18:30 น.

พฤหัสบดี ศุกร์ 7:00 – 22:30 น.

หยุดทำงานวันเสาร์

3) เวลาการทำงานของนายท่า นายท่าสถานีละ 2 คน

คนที่ 1 จันทร์ - ศุกร์ 7:00 – 16:00 น.

เสาร์ 7:00 – 22:30 น.

หยุดวันเสาร์

คนที่ 2 จันทร์ - ศุกร์ 14:30 – 22:30 น.

อาทิตย์ 7:00 – 22:30 น.

หมายเหตุ ทั้ง 2 สถานีจัดการทำงานเหมือนกัน

4) เวลาการทำงานของ พนักงานรักษาความปลอดภัย

จันทร์ - เสาร์ 14:30 – 22:30 น.

หยุดวันอาทิตย์

5) เวลาการทำงานของ หัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้า

จันทร์ - เสาร์ 8:00 – 17:00 น.

หยุดวันอาทิตย์

4.1.5 การจัดตารางเวลาการเดินรถ (สายที่ 1 และ 2 วันจันทร์-วันศุกร์)

ตารางที่ 4.1 ตารางเวลาให้บริการเดินรถไฟฟ้าวันจันทร์-วันศุกร์

เวลาให้บริการ																
ชั่วโมง	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
นาที	00	43	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	05	45	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
	10	48	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	13	50	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	15	52	20	20	20	20	20	20	20	20	20	18	20	20	20	20
	17	55	25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	25	25	25	25
	20		30	30	30	30	30	30	30	30	30	23	30	30	30	30
	23		35	35	35	35	35	35	35	35	35	25	35	35	35	35
	25		40	37	37	40	40	40	37	40	40	30	40	40	40	40
	27		45	40	40	45	45	45	40	45	45	35	45	45	45	45
	30		50	45	45	50	50	50	43	50	50	40	50	50	50	50
	33		55	48	48	55	55	55	45	55	53	45	55	55	55	55
	35			50	50				48		55	50				
	37			55	55				50		58	55				
	40								55							

ตารางเวลาการให้บริการเดินรถไฟฟ้าวันจันทร์-วันศุกร์ กำหนดรอบการเดินรถที่ 200 รอบต่อวัน ช่วงเวลาส่วนใหญ่จะกำหนดไว้ที่ 12 รอบต่อชั่วโมง แต่ในช่วงเวลา 7:00 – 8:00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่รอบในการเดินรถสูงที่สุด คือ 21 รอบ และยังมีช่วงเวลาที่มีรอบการเดินรถมากกว่า 12 รอบต่อชั่วโมงอีก 4 ช่วงเวลาดังตารางที่ 4.1

4.1.6 การจัดตารางเวลาการเดินรถ (สายที่ 1 และ 2 วันเสาร์ – อาทิตย์ วันหยุดราชการ และช่วงปิดภาคการศึกษา)

ตารางที่ 4.2 ตารางเวลาการเดินรถ (วันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการ และช่วงปิดภาคการศึกษา)

เวลาให้บริการ															
ชั่วโมง	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
นาที	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
	10	10	10	10	10	10	05	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	20	15	20	20	20	10	20	20	20	20	20	20	20	20
	30	30	20	30	30	30	20	30	30	30	30	30	30	30	30
	40	40	30	40	40	40	30	40	40	40	40	40	40	40	35
	50	45	40	50	50	50	40	50	45	50	50	50	50	50	40
		50	50			55	50		50						45
		55							55						50
															55

ตารางเวลาการเดินรถในวันเสาร์-อาทิตย์ วันหยุดราชการ และช่วงปิดภาคการศึกษา จะกำหนดรอบเดินรถที่ 100 รอบต่อวัน ที่ผ่านมาสามารถทำรอบได้ 100 รอบต่อวันมาโดยตลอด

4.1.7 สรุปตารางการเดินรถไฟฟ้าที่กำหนดในแต่ละชั่วโมง

ตารางที่ 4.3 ตารางเดินรถไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมง

ชั่วโมง	วันจันทร์ – ศุกร์ (200 เที่ยวต่อวัน)	วันเสาร์-อาทิตย์, วันหยุดราชการ และวันปิดภาคเรียน (100 เที่ยวต่อวัน)
7:00 – 8:00	21	6
8:00 – 9:00	12	8
9:00 – 10:00	14	7
10:00 – 11:00	14	6
11:00 – 12:00	12	6
12:00 – 13:00	12	7
13:00 – 14:00	12	7
14:00 – 15:00	15	6
15:00 – 16:00	12	8
16:00 – 17:00	14	6
17:00 – 18:00	14	6
18:00 – 19:00	12	6
19:00 – 20:00	12	6
20:00 – 21:00	12	6
21:00 – 22:00	12	9

4.1.8 การจัดตารางการเดินรถและเตรียมอุปกรณ์

รถไฟฟ้าแต่ละคันจะออกเรียงลำดับกันตั้งแต่คันที่ 1 ไปจนถึงคันที่ 20 เรียงลำดับไปเรื่อย ๆ แล้ววนกลับมาที่คันที่ 1 ใหม่ โดยมีวงจรการทำงานดังนี้

1) ขับรถไฟฟ้าออกจากอู่ซ่อมรถไฟฟ้าไปยังสถานีแต่ละสถานี ใช้เวลาประมาณ 7 – 8 นาที

2) เซ็นต์ชื่อลงเวลาออกรถประมาณ 1 นาที

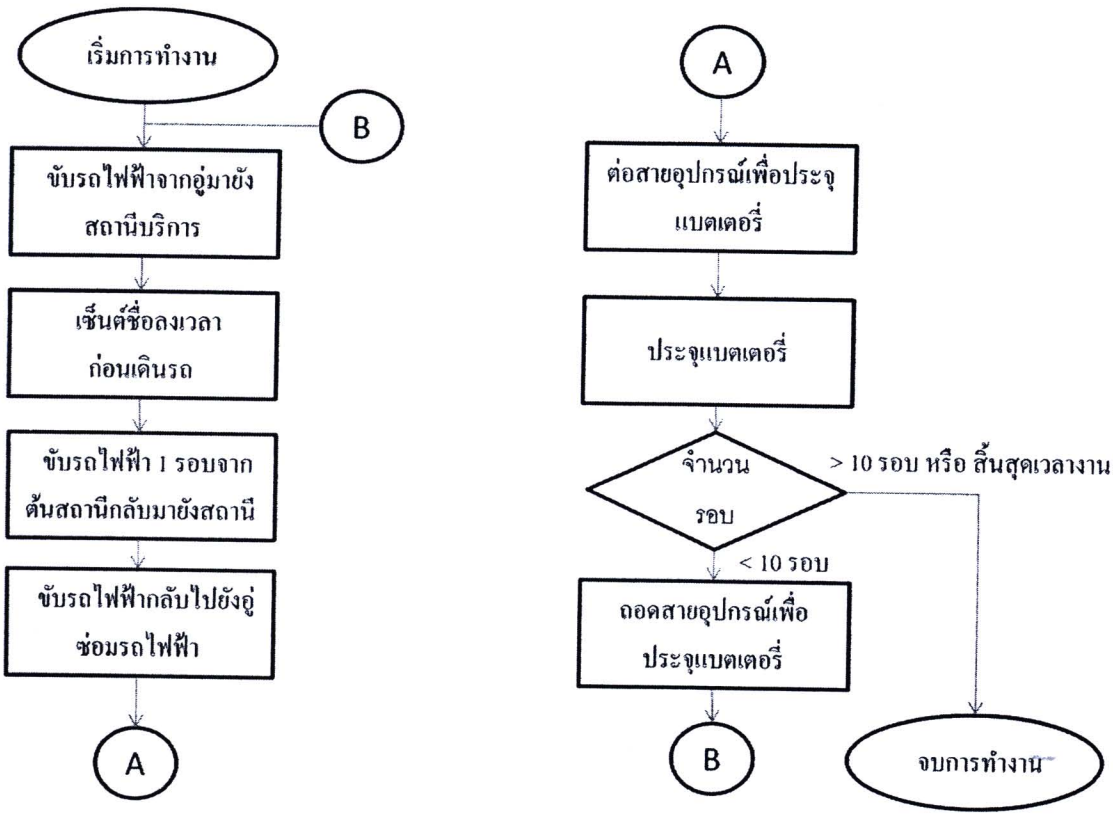
3) ขับรถออกจากสถานีวนจนครบ 1 รอบ ประมาณ 29 – 35 นาที

4) เดินทางขับรถไฟฟ้าเพื่อประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ประมาณ 7 – 8 นาที

5) ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ประมาณ 45 นาที (รวมต่อและถอดสายอุปกรณ์)

6) ขับรถกลับมายังสถานีเพื่อรอออกเดินรถตามตาราง ประมาณ 7 – 8 นาที

รวมเวลาตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3 – 6 ประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาทีสำหรับการเดินรถไฟฟ้า 1 รอบ



รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานของรถไฟฟ้า

4.1.9 ข้อมูลด้านต้นทุน

ต้นทุนเกือบทั้งหมดของโครงการขนส่งมวลชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (รถไฟฟ้า) เป็นค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการทรัพยากรมนุษย์เกือบทั้งสิ้น ส่วนค่าอะไหล่ต่างๆ ค่าไฟฟ้า ทางมหาวิทยาลัยจะเป็นผู้รับผิดชอบ แต่เพื่อศึกษาให้เข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ จึงได้ขอบเขตการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุดังนี้

ค่าจ้างพนักงาน	เป็นต้นทุนของระบบ (System Cost)	หรือ SC
ค่าไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่	เป็นต้นทุนของพลังงาน (Energy cost)	หรือ EC
แบตเตอรี่	เป็นต้นทุนของวัสดุ (Material cost) วัสดุหลัก (Main material)	หรือ MC
จาระบี	เป็นต้นทุนของวัสดุ (Material cost) วัสดุเสริม (Auxiliary material)	หรือ MC

ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ประกอบการคิดต้นทุนคิดในส่วนขอบเขตเฉพาะวันจันทร์ – วันศุกร์ที่มีการเดินรถวันละ 200 เที่ยวต่อวัน ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละด้านมีดังนี้

1) ค่าจ้างพนักงานต่อคน

- พนักงานขับรถไฟฟ้า

ค่าแรงปกติวันละ 180 บาท	22 วัน/เดือน
ค่าล่วงเวลา 1.5 เท่า (35 บาท/ชั่วโมง)	99 ชั่วโมง/เดือน

- นายท่า

ค่าแรงปกติวันละ 267 บาท	22 วัน/เดือน

- ช่างซ่อมรถไฟฟ้า

ค่าแรงปกติวันละ 267 บาท	22 วัน/เดือน
ค่าล่วงเวลา 1.5 เท่า (50 บาท/ชั่วโมง)	99 ชั่วโมง/เดือน

- หัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้า

ค่าแรงปกติเดือนละ 8,800 บาท	22 วัน/เดือน

- พนักงานรักษาความปลอดภัย

ค่าแรงปกติเดือนละ 5,133 บาท	22 วัน/เดือน

หมายเหตุ : ทุกตำแหน่งยกเว้นหัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้าและพนักงานรักษาความปลอดภัยมีค่าเบี้ยขยันหรือค่าจูงใจรายเดือน 367 บาท (คิดที่ 22 วัน)

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนด้านค่าแรงของพนักงานในโครงการรถไฟฟ้า

ตำแหน่ง	จำนวน (คน)	ค่าแรงต่อวัน (บาท)	ค่าแรงปกติ (บาท)	ค่าล่วงเวลา (บาท)	ค่าเบี้ยขยัน (บาท)	รวม (บาท)
พนักงานขับรถไฟฟ้า	40	180	158,400.00	138,600.00	14,680.00	311,680.00
นายท่า	4	267	23,496.00	-	1,468.00	24,964.00
ช่างซ่อมรถไฟฟ้า	2	267	11,748.00	9,900.00	734.00	22,382.00
หัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้า	1		8,800.00		0	8,800.00
พนักงานรักษาความปลอดภัย	1		5,133.00		0	5,133.00
					รวม	372,959.00

2) ค่าไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่

- แบตเตอรี่มีขนาด 6 V 170 Ah จำนวน 12 ตัว/คัน
- ใช้เวลาประจุแบตเตอรี่ 30 นาที/ครั้ง สูงสุดที่ 10 ครั้ง/วัน หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง
- ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการประจุตามขนาดของเครื่องประจุไฟฟ้า คือ

72 V x 25 A x 5 ชั่วโมง = 9 kWh/วัน

หมายเหตุ : คิดราคาค่าประจุไฟฟ้าหน่วยละ 4.25 บาท

3) แบตเตอรี่

- แบตเตอรี่มีราคา 12,500 บาท/ตัว
- ในรถ 1 คันจะใช้แบตเตอรี่จำนวน 12 ตัวและมีสำรองอีก 12 ตัว
- เริ่มต้นโครงการมีแบตเตอรี่ทั้งหมด 960 ตัว นับตั้งแต่ 1 กันยายน 2553

4.2 ข้อมูลเวลาการเดินรถที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลา

ผู้ศึกษาได้ใช้ข้อมูล 1 เดือนในการหาข้อมูลการเดินรถที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลา และหาข้อมูลระยะเวลาในการเดินรถในแต่ละรอบ แต่ละเส้นทาง และปริมาณผู้ด้วยสารในแต่ละช่วงเวลาซึ่งได้ข้อมูลดังนี้

4.2.1 เวลาการเดินรถที่เกิดขึ้นจริง

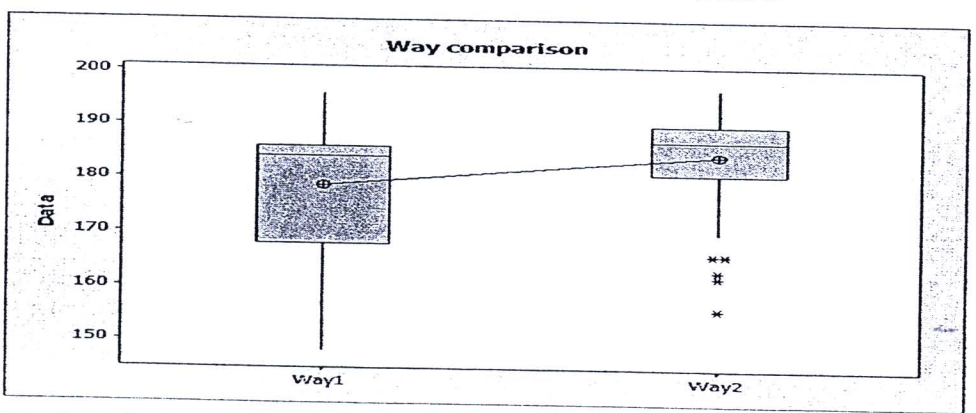
ตารางที่ 4.5 สรุปเวลาที่ใช้ในการเดินรถในแต่ละช่วงเวลาทั้งสายที่ 1 และสายที่ 2

ชั่วโมง	เป้าหมาย	Min	Average	Max
7:00 – 8:00	21	19	20.9	21
8:00 – 9:00	12	12	12.0	12
9:00 – 10:00	14	12	12.0	13
10:00 – 11:00	14	12	12.0	12
11:00 – 12:00	12	12	12.0	12
12:00 – 13:00	12	12	12.0	12
13:00 – 14:00	12	12	12.0	12
14:00 – 15:00	15	11	11.9	12
15:00 – 16:00	12	10	11.5	12
16:00 – 17:00	14	8	10.5	12
17:00 – 18:00	14	9	10.3	12
18:00 – 19:00	12	12	12.0	12
19:00 – 20:00	12	12	12.0	12
20:00 – 21:00	12	12	12.0	12
21:00 – 22:00	12	12	12.0	12
	200	180	185.1	188

สายที่ 1

ชั่วโมง	เป้าหมาย	Min	Average	Max
7:00 – 8:00	21	19	20.9	21
8:00 – 9:00	12	12	12.0	12
9:00 – 10:00	14	12	12.2	14
10:00 – 11:00	14	10	12.1	14
11:00 – 12:00	12	12	12.0	12
12:00 – 13:00	12	11	12.0	12
13:00 – 14:00	12	11	12.0	12
14:00 – 15:00	15	12	12.1	13
15:00 – 16:00	12	9	11.5	12
16:00 – 17:00	14	8	12.2	14
17:00 – 18:00	14	8	12.1	14
18:00 – 19:00	12	12	12.0	12
19:00 – 20:00	12	12	12.0	12
20:00 – 21:00	12	12	12.0	12
21:00 – 22:00	12	12	12.0	12
		180	189.0	194

สายที่ 2



Two-Sample T-Test and CI: Way1, Way2

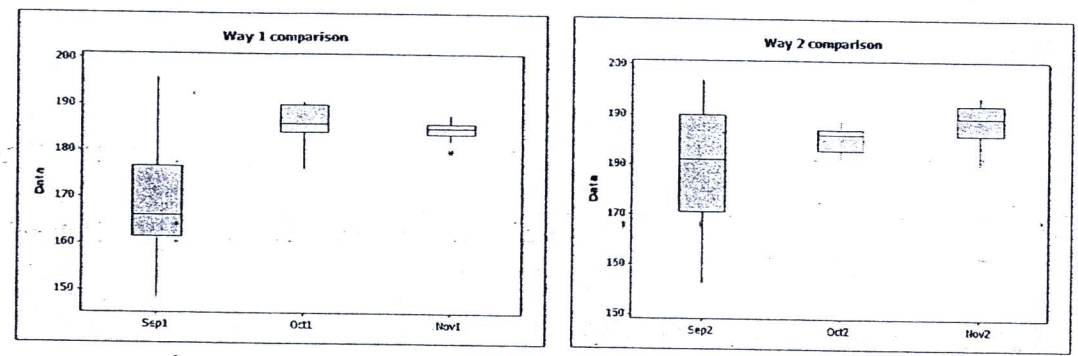
```
Two-sample T for Way1 vs Way2

        N     Mean   StDev  SE Mean
Way1   55    178.7    11.0      1.5
Way2   55   184.36    9.07      1.2

Difference = mu (Way1) - mu (Way2)
Estimate for difference:  -5.67
95% upper bound for difference:  -2.49
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -2.95  P-Value = 0.002  DF = 108
Both use Pooled StDev = 10.0676
```

รูปที่ 4.3 แสดงจำนวนรอบที่ทำได้ของสาย 1 และสาย 2

การจ่ายค่าจ้างในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน เป็นการจ่ายแบบรายเดือน (จ่ายเงินในวันหยุดด้วย) และพนักงานเข้าทำงานตั้งแต่ 6:30 – 17:00 น. กับ 6:30 – 22:30 น. แต่หลังจากเดือนตุลาคม 2554 เป็นต้นมาได้ปรับเป็นการจ่ายแบบรายวัน (ไม่จ่ายเงินในวันหยุด) จึงได้นำต้นทุนที่ได้คืนกลับมาจ่ายเป็นค่าล่วงเวลา และเปลี่ยนเวลาการทำงานใหม่เป็น 7:00 – 18:30 น. กับ 7:00 – 22:30 น. จึงสามารถเพิ่มรอบในช่วง 17:00 – 18:30 น. ได้มากขึ้นแต่ก็ยังไม่ได้เป้าหมาย



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการจำนวนรอบการเดินรถที่ทำได้ของสายที่ 1 และสายที่ 2

4.2.2 เวลาการเดินรถในแต่ละรอบแต่ละเส้นทาง

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเวลาการเดินรถในแต่ละรอบของสายที่ 1 และสายที่ 2

ข้อมูลที่	สาย 1	สาย 2
1	27	32
2	31	25
3	29	25
4	34	27
5	33	29
6	32	29
7	36	26
8	35	30
9	34	30
10	33	30
11	31	30
12	30	27
13	29	33
14	34	26
15	33	33
16	31	30
17	30	29
18	28	25
19	29	30
20	31	32
21	30	29
22	40	35
23	32	34
24	31	30
25	29	33
Min	27	25
Average	32	30
Max	40	35

จากข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบว่าสาย 1 ใช้เวลาในการเดินรถมากกว่าสาย 2 ซึ่งระยะทางของสาย 1 ก็จะมากกว่าสาย 2 เช่นกัน ดังนี้

	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	
สาย 1	27	32	40	นาที
สาย 2	25	30	35	นาที

หมายเหตุ : สาย 1 ระยะทางประมาณ 11 กม.

สาย 2 ระยะทางประมาณ 9 กม.

4.2.3 ปริมาณผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลา

ตารางที่ 4.7 ปริมาณผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลาของสาย 1

ชั่วโมง	จำนวนรอบ	Min	Average	Max	จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยต่อรอบ	ปรับเป็น 12 รอบต่อชั่วโมง	ปรับเป็น 13 รอบ (5 ชั่วโมง)
7:00 – 8:00	21	88	223	283	11	24	11
8:00 – 9:00	12	158	174	188	14	16	14
9:00 – 10:00	14	136	209	250	15	21	19
10:00 – 11:00	14	147	224	258	16	22	20
11:00 – 12:00	12	197	221	237	18	20	18
12:00 – 13:00	12	191	271	300	23	25	23
13:00 – 14:00	12	186	218	256	18	21	18
14:00 – 15:00	15	245	271	290	18	24	22
15:00 – 16:00	12	170	233	275	19	23	19
16:00 – 17:00	14	161	214	270	15	23	21
17:00 – 18:00	14	213	244	279	17	23	21
18:00 – 19:00	12	221	248	289	21	24	21
19:00 – 20:00	12	209	223	263	19	22	19
20:00 – 21:00	12	148	207	288	17	24	17
21:00 – 22:00	12	80	119	145	10	12	10
	Total	2823	3296	3653			

จากข้อมูลปริมาณผู้โดยสารที่ได้เมื่อเทียบกับจำนวนรอบที่กำหนดแต่ไม่สามารถทำได้ หากลดเหลือ 12 รอบต่อชั่วโมงแล้วน่าจะเพียงพอที่จะรองรับปริมาณผู้โดยสารได้หากพิจารณาจากรอบ 12:00 – 13:00 น. ที่รองรับผู้โดยสารถึง 23 คน แต่ใช้แค่ 12 รอบเท่านั้น

ตารางที่ 4.8 ปริมาณผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลาของสาย 2

ชั่วโมง	จำนวนรอบ	Min	Average	Max	จำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยต่อรอบ	ปรับเป็น 12 รอบต่อชั่วโมง	ปรับเป็น 13 รอบ (5 ชั่วโมง)
7:00 – 8:00	21	86	224	286	14	24	14
8:00 – 9:00	12	120	149	184	15	15	15
9:00 – 10:00	14	135	211	261	19	22	20
10:00 – 11:00	14	153	204	235	17	20	18
11:00 – 12:00	12	160	192	244	20	20	20
12:00 – 13:00	12	209	246	278	23	23	23
13:00 – 14:00	12	185	218	263	22	22	22
14:00 – 15:00	15	180	261	311	21	26	24
15:00 – 16:00	12	180	223	261	22	22	22
16:00 – 17:00	14	214	245	288	21	24	22
17:00 – 18:00	14	237	266	298	21	25	23
18:00 – 19:00	12	178	224	248	21	21	21
19:00 – 20:00	12	204	220	234	20	20	20
20:00 – 21:00	12	158	182	217	18	18	18
21:00 – 22:00	12	82	109	153	13	13	13
	Total	2567	3174	3422			

จากข้อมูลปริมาณผู้โดยสารที่ได้เมื่อเทียบกับจำนวนรอบที่กำหนดแต่ไม่สามารถทำได้ หากลดเหลือ 12 รอบต่อชั่วโมงแล้วน่าจะเพียงพอที่จะรองรับปริมาณผู้โดยสารได้หากพิจารณาจากรอบ 12:00 – 13:00 น. ที่รองรับผู้โดยสารถึง 23 คน แต่ใช้แค่ 12 รอบเท่านั้น

4.3 ข้อมูลการวิเคราะห์หาเวลาที่มีคุณค่า และเวลาที่ไม่มีคุณค่าในระบบการเดินรถ

จากการทำงานทั้งหมดได้กำหนดหัวข้อของเวลาที่มีคุณค่า และเวลาที่ไม่มีคุณค่า ก่อนจึงจะไปทำการหาเวลาที่เกิดจริงจริง

ตารางที่ 4.9 แสดงเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า

เวลาที่มีคุณค่า (Value added)	เวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-Value added)
1. การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	1. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่
	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ
	3. การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุจะมุ่งเน้นในการแยกผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product) และผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) โดยจะพยายามลดหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวกมากที่สุด ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตจะมองว่าผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวกคือผลผลิตที่ได้เป็นชิ้นงานดี (Yield) และผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบคือของเสียที่เกิดขึ้นรวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่สูญเสียไประหว่างการผลิต รวมทั้งแบ่งส่วนของต้นทุนด้านพลังงาน (Energy cost) และต้นทุนด้านระบบ (System cost) ออกเป็น 2 ส่วนเข้าไปรวมกับผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวกและผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบตามสัดส่วนของงานดีและของเสียที่เกิดขึ้น

สำหรับการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้หลักการบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุกับงานบริการขนส่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ศึกษาได้โดยต้องกำหนดกรอบแนวคิดว่า จะกำหนดผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวกและผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรมการผลิตที่มองว่างานดีคือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก และของเสียคือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ แต่สำหรับการบริการขนส่งรถไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ การขับรถไฟฟ้าได้ 200 รอบต่อวันคือเป้าหมายที่ 100% ดังนั้นการขับรถได้น้อยกว่าเป้าหมาย เช่น 180 รอบต่อวันก็คือ การทำได้ที่ 90% ((180 รอบ/200 รอบ) x 100) ซึ่งเปรียบได้กับงานดี (Yield) ในการผลิตนั่นเอง ดังนั้น

จึงกำหนดให้เวลาที่ใช้ไปทั้งหมดในการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถตามสัญญาที่กำหนดไว้อยู่ในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product) และของเสียที่เกิดขึ้นก็คือจำนวนรอบที่ไม่สามารถวิ่งได้ แม้ว่าไม่สามาถวิ่งได้ตามที่กำหนดไว้ แต่ก็ต้องจ่ายค่าจ้างให้กับพนักงาน ไม่ว่าจะเป็นเวลาที่รอคอยก่อนออกเดินรถ การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ และการรอคอยระหว่างประจุแบตเตอรี่ เวลาทั้งหมดนี้จะกำหนดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) ดังนั้นการหาเวลาที่มีคุณค่า (Value added) กับเวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) ในระบบที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นการหาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก และผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบนั่นเอง

เวลาที่มีคุณค่า (Value added) = ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product)

เวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) = ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product)

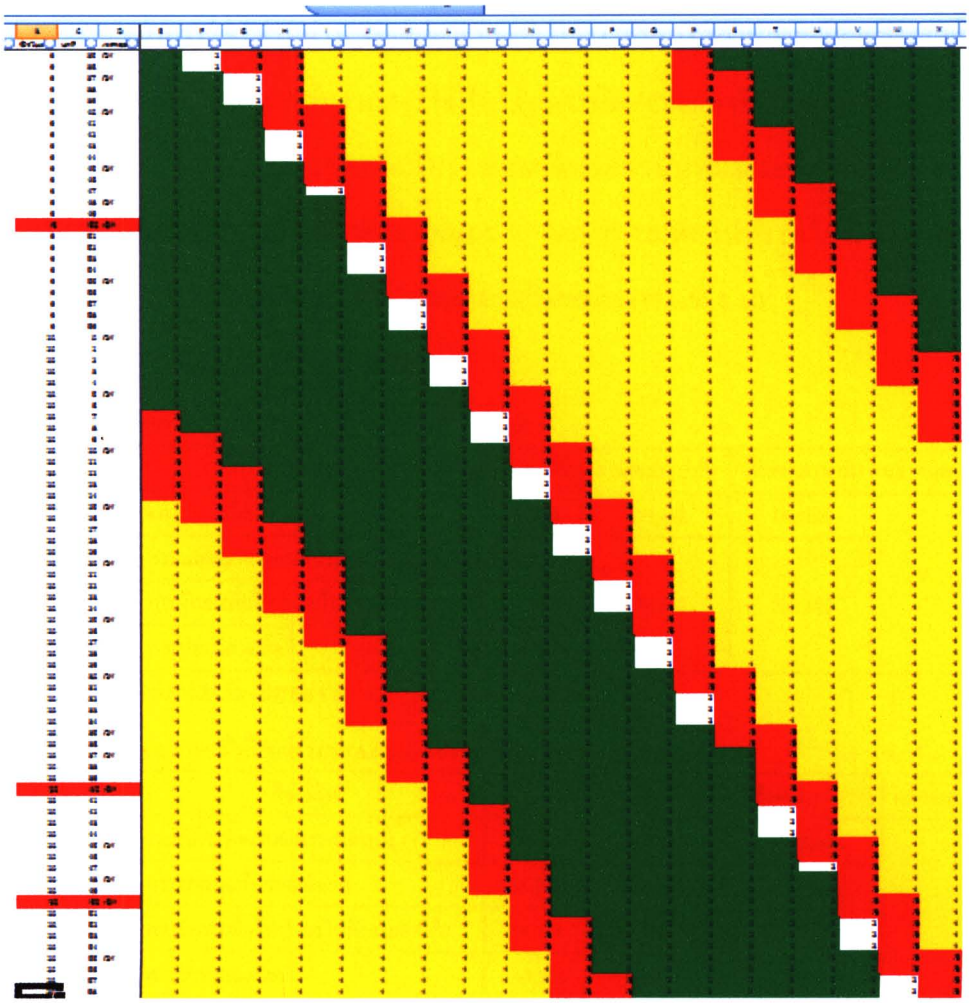
ส่วนต้นทุนด้านวัสดุจะใช้กรอบแนวความคิดจากการใช้งานแบตเตอรี่ในแต่ละเดือนว่ามีแบตเตอรี่ที่เสียจากการใช้งานเท่าไหร่ รวมถึงการใช้งานวัสดุเสริมหรือจารบีที่ใช้แล้วหมดไปก็จะถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) และเหลือแบตเตอรี่ที่ดีที่ยังสามารถใช้งานได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product)

4.3.1 หลักการจำลองสถานการณ์

ผู้ศึกษาได้ทดลองใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจำลองสถานการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้มาจำลองการเดินรถจริง ๆ ด้วยรถ 20 คันในแต่ละสายโดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาการเดินรถ และใช้สีประกอบ คือ

1. สีเขียว คือ เวลาที่ใช้ในการขับรถวนรอบตามตารางการเดินรถ
2. สีแดง คือ เวลาที่ใช้ในการขับรถไปกลับระหว่างสถานีและอู่รถไฟฟ้า
3. สีเหลือง คือ เวลาที่ใช้ในการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่
4. สีขาว คือ เวลาในการรอคอย

ในการจำลองสถานการณ์ได้ใช้ค่าเฉลี่ยในการเดินรถแต่ละรอบคือ สายที่ 1 เวลา 32 นาที และสายที่ 2 เวลา 30 นาที เวลาที่ใช้ในการขับรถไปกลับระหว่างสถานีบริการกับอู่รถไฟฟ้าคือ 15 นาที และเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่เป็นเวลา 45 นาที โดยในความเป็นจริงเวลาต่าง ๆ อาจจะน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารและสภาพการจราจรด้วยซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยให้จำนวนรอบที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไม่ตรงกับผลที่เกิดขึ้นจริงมากนักแต่ก็ถือว่าได้ค่าใกล้เคียง



รูปที่ 4.5 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ในโปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล

4.3.2 สรุปเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า

เวลาทั้งหมดที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าจากการทำงาน 1 เดือน (22 วัน) คำนวณได้จาก

สายที่ 1

เวลาทั้งหมด 22 วัน x 15.5 ชั่วโมง x 20 คัน = 6,820 ชั่วโมง หรือ 409,200 นาที

เวลาที่มีคุณค่าที่ต้องการสูงสุดจริง ๆ คือ 32 นาที x 200 รอบ x 22 วัน = 140,800 นาที

สายที่ 2

เวลาทั้งหมด 22 วัน x 15.5 ชั่วโมง x 20 คัน = 6,820 ชั่วโมง หรือ 409,200 นาที

เวลาที่มีคุณค่าที่ต้องการสูงสุดจริงๆ คือ 30 นาที x 200 รอบ x 22 วัน = 132,000 นาที

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

จากการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจำลองสถานการณ์สามารถแยกเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าออกจากกันจากการใช้ฟังก์ชั่นการนับ (Count) นับเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า โดย เวลาที่มีคุณค่าหรือการขับเพื่อนับรอบการเดินรถจะนับหมายเลข 1 ส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า คือ การรอคอยเพื่อออกเดินรถนับหมายเลข 2 การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่นับหมายเลข 3 และการประจุแบตเตอรี่นับหมายเลข 4 ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 1

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	135,168	135,168	140,800	-5,632
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	54,780	274,032	268,400	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	54,912			
	4. การประจุแบตเตอรี่	164,340			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 2

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	128,700	128,700	132,000	-3,300
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	56,760	280,500	277,200	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	56,034			
	4. การประจุแบตเตอรี่	167,706			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้ารวมทั้งสาย 1 และสาย 2

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	263,868	263,868	272,800	-8,932
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	111,540	554,532	545,600	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	110,946			
	4. การประจุแบตเตอรี่	332,046			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

4.4 ผลการวิเคราะห์หาต้นทุนความสูญเสียจากการดำเนินงาน

4.4.1 ตารางแสดงรายการวัสดุ (Material Balance Table) สำหรับวัสดุหลักที่ใช้ คือ แบตเตอรี่ขนาด 32 kg จำนวน 960 ลูกและวัสดุเสริมที่ใช้คือจารบีเดือนละ 44 kg

ตั้งแต่ที่เริ่มใช้แบตเตอรี่จนถึงช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลคือเดือนพฤศจิกายน 2554 เป็นระยะเวลา 17 เดือน มีแบตเตอรี่เสียไปแล้วจำนวน 272 ลูก ดังนั้นเพื่อให้ทำความเข้าใจได้ง่ายในการทำตารางแสดงรายการวัสดุ (Material balance table) จึงใช้ข้อมูลที่ 17 เดือนในการคำนวณจารบี

เพื่อหาร้อยละของปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product) และ ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงรายการวัสดุ (Material balance table)

Material Balance Table

Estimating the around and value of "Electric bus " from material balance data					
Input materials used		Output : waste		Output : company balance data	
Major materials	Quantity (kg)	Waste (negative product)	Quantity (kg)	Company products (postitive product)	Quantity (kg)
Battery HOPPECKE 6V 170Ah	30,720.00	Battery	8,704.00	Battery	22,016.00
Grease	748.00	Grease	748.00		
Total (kg)	31,468.00	Total (kg)	9,452.00	Total (kg)	22,016.00
Quantity percentage	100%	Quantity percentage	30.04%	Quantity percentage	69.96%
Cost of input materials		Cost of wasted materials (negative product)		Cost of materials used for positive product	
Total (THB)	12,034,000.00	Total (THB)	3,434,000.00	Total (THB)	8,600,000.00

Remark : ข้อมูล 17 เดือน กันยายน 2553 - มกราคม 2555

วัสดุที่นำเข้าไปทั้งหมด คือ แบตเตอรี่ 960 ลูก แต่ละลูกหนัก 32 kg ดังนั้นจึงมีน้ำหนักทั้งหมดเท่ากับ 30,720 kg เมื่อใช้งานมา 17 เดือน แบตเตอรี่เสียไปจำนวน 272 ลูก คิดเป็นน้ำหนักรวม 8,704 kg และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ โดยเหลือแบตเตอรี่ที่ดีอยู่ 22,016 kg เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product).

ส่วนจารบีจะใช้เดือนละ 1 ถังหรือ 44 kg เมื่อคิดที่ 17 เดือนจะใช้จารบีไปทั้งหมดเท่ากับ 748 kg ซึ่งเป็นวัสดุเสริมใช้แล้วหมดไปดังนั้นจะถือเป็นของเสียทั้งหมดหรือผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ

โดยสามารถคำนวณหาต้นทุนที่มีมูลค่าเป็นบวกและมีมูลค่าเป็นลบดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก = แบตเตอรี่ 22,016 kg x 390.625 บาท (ราคาต่อกิโลกรัม)
   = 8,600,000 บาท
2. ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ = แบตเตอรี่ 8,704 kg x 390.625 บาท (ราคาต่อกิโลกรัม) +
   จารบี 748 kg x 45.45 บาท (ราคาต่อกิโลกรัม)
   = 3,434,000 บาท

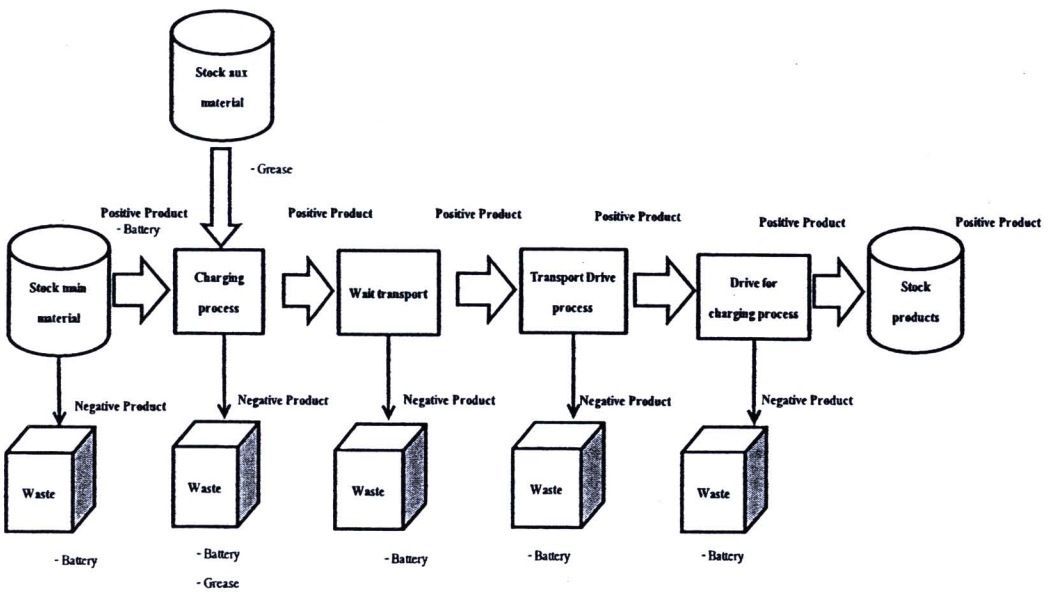
รวมต้นทุนที่เกิดขึ้นทั้งหมด = 12,034,000 บาท

4.4.2 รูปแบบการไหลของวัสดุ (Visualize the Material Flow Model)

กระบวนการที่นำมาใช้ในการใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุของรถไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 4 กระบวนการหลัก คือ

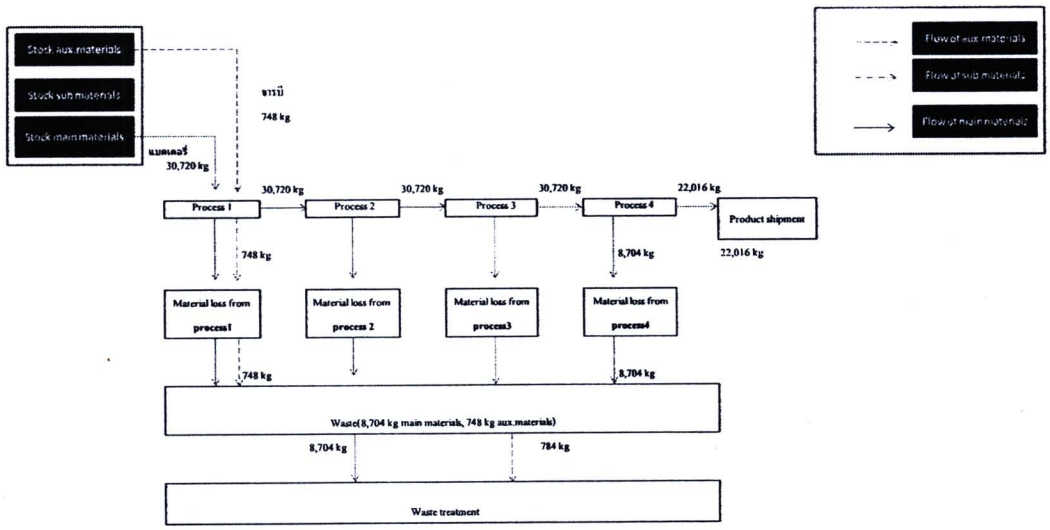
1) กระบวนการประจุแบตเตอรี่
2) การรอคอยเพื่อออกเดินรถ
3) กระบวนการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ
4) กระบวนการขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงภาพการไหลของวัสดุ

4.4.3 แสดงรายละเอียดด้านปริมาณของวัสดุ (Identify the Q'ty)



	Unit	Main material	Aux. material	Material Total
Input quantity (material purchased)	kg	30,720.00	748.00	31,468.00
Positive product quantity (product shipped)	kg	22,016.00	0	22,016.00
Negative product quantity (material loss)	kg	8,704.00	748.00	9,452.00
Material purchasing unit price	THB/kg	390.625	45.45	
Material purchasing cost	THB	12,000,000.00	34,000.00	12,034,000.00
Positive product cost (material cost)	THB	8,600,000.00	-	8,600,000.00
Negative product cost (material cost)	THB	3,400,000.00	34,000.00	3,434,000.00

รูปที่ 4.7 แสดงรายละเอียดด้านปริมาณของวัสดุ

4.4.4 แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ

จากรูปที่ 4.6 ได้กำหนดกระบวนการที่นำมาใช้ในการใช้เทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุของรถไฟฟ้า 4 กระบวนการ คือ

กระบวนการที่ 1 การประจุแบตเตอรี่

กระบวนการที่ 2 การรอคอยเพื่อออกเดินรถ

กระบวนการที่ 3 การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ

กระบวนการที่ 4 การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

สำหรับรายละเอียดการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุคิดจากระยะเวลา 1 เดือนหรือเท่ากับ 1 งวดการจ่ายค่าแรง ซึ่งได้ทำการคิดเทียบย้อนกลับไปจากตารางที่ 4.11 จากข้อมูล 17 เดือน แล้วจะได้แบตเตอรี่ที่ถือเป็นต้นทุนวัสดุหลัก (Main material cost) ได้เท่ากับจำนวนแบตเตอรี่ทั้งหมดหารด้วย 17 เดือน (แบตเตอรี่ทั้งหมด 960 ลูก และเสียไป 272 ลูกภายใน 17 เดือน)

1) การคำนวณต้นทุนด้านวัสดุ (Material cost)

ต้นทุนด้านวัสดุของกระบวนการที่ 1 เป็นกระบวนการนำเข้า และเป็นวัสดุหลักหรือแบตเตอรี่ คำนวณได้ คือ แบตเตอรี่ทั้งหมด 960 ลูก/17 เดือน x 12,500 บาทต่อลูก = 700,000 บาท เมื่อผ่านกระบวนการที่ 4 แล้ว แบตเตอรี่ที่เสียไป หรือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นลบ (Negative product) เกิดขึ้นคือ 272 ลูก/17 เดือน x 12,500 = 200,000 บาท รวมกับวัสดุเสริมหรือจารบีซึ่งต่อเดือนจะมีการใช้เท่ากับ 44 kg หรือ 1 ถัง ต้นทุน 2,000 บาทต่อเดือนซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่เป็นบวก (Positive product) คือมูลค่าของแบตเตอรี่ที่ดีและเหลืออยู่ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 700,000 – 200,000 = 500,000 บาท

2) การคำนวณต้นทุนด้านพลังงาน (Energy cost)

คำนวณร่วมกับการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Microsoft Excel จากการนับเวลาที่มีคุณค่า (Value added) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ด้วยคำสั่งนับ (Count)

เวลาทั้งหมดในการทำงาน 1 เดือน = 818,400 นาที (15.5 ชม/วัน x 22 วัน x 40 คัน x 60 นาที)

เวลาที่มีคุณค่า = เวลาที่ใช้ในการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ 263,868 นาที

เวลาที่ไม่มีคุณค่า

1. เวลาจากการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ 110,946 นาที
2. เวลาในการรอคอยเพื่อออกเดินรถ 111,540 นาที
3. เวลาในการรอคอยประจุแบตเตอรี่ 332,046 นาที

รวมเวลาที่ไม่มีมูลค่า = 554,532 นาที

อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า = 263,868 นาที/818,400 นาที = 0.3224

อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า

1. การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 110,946 นาที/818,400 นาที = 0.1356
2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 111,540 นาที/818,400 นาที = 0.1363
3. การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 332,046 นาที/818,400 นาที = 0.4057

ต้นทุนด้านพลังงานสามารถคำนวณได้จากเวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในการประจุแบตเตอรี่ ซึ่งนับได้ทั้งหมด 332,046 นาที สามารถคำนวณเป็นทุนได้ คือ

ต้นทุนด้านพลังงาน = (((332,046 นาที / 60 นาที) x (72 V x 25 A))/ 1000) x 4.25 บาท

= 42,336 บาท

ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นบวก = อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านพลังงาน

= 0.3224 x 42,336 บาท = 13,650 บาท

ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบ = อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านพลังงาน

- ต้นทุนด้านพลังงาน การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 0.1356 x 42,336 บาท = 5,739 บาท
- ต้นทุนด้านพลังงาน การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 0.1363 x 42,336 บาท = 5,770 บาท
- ต้นทุนด้านพลังงาน การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 0.4057 x 42,336 บาท = 17,177 บาท

ดังนั้นต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นบวกที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 3 คือ 13,650 บาท ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 1 คือ 17,177 บาท กระบวนการที่ 2 คือ 5,770 บาท และกระบวนการที่ 4 คือ 5,739 บาท รวมเป็นต้นทุนพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบ คือ 28,686 บาท

3) การคำนวณต้นทุนด้านระบบ (System cost)

คำนวณร่วมกับการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Microsoft Excel เวลาในแต่ละกระบวนการ จากการนับเวลาที่มีคุณค่า (Value added) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ด้วยคำสั่งนับ (Count) โดยใช้ค่าอัตราส่วนของเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าเหมือนกับการคำนวณต้นทุนด้านพลังงาน

จากค่าแรงหรือต้นทุนด้านระบบทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทำงาน 1 เดือนจากตารางที่ 4.4 คือ 372,959 บาท สามารถคำนวนหาต้นทุนด้านระบบ (System cost) ได้ดังนี้

ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นบวก = อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านระบบ

= 0.3224 x 372,959 บาท = 120,249 บาท

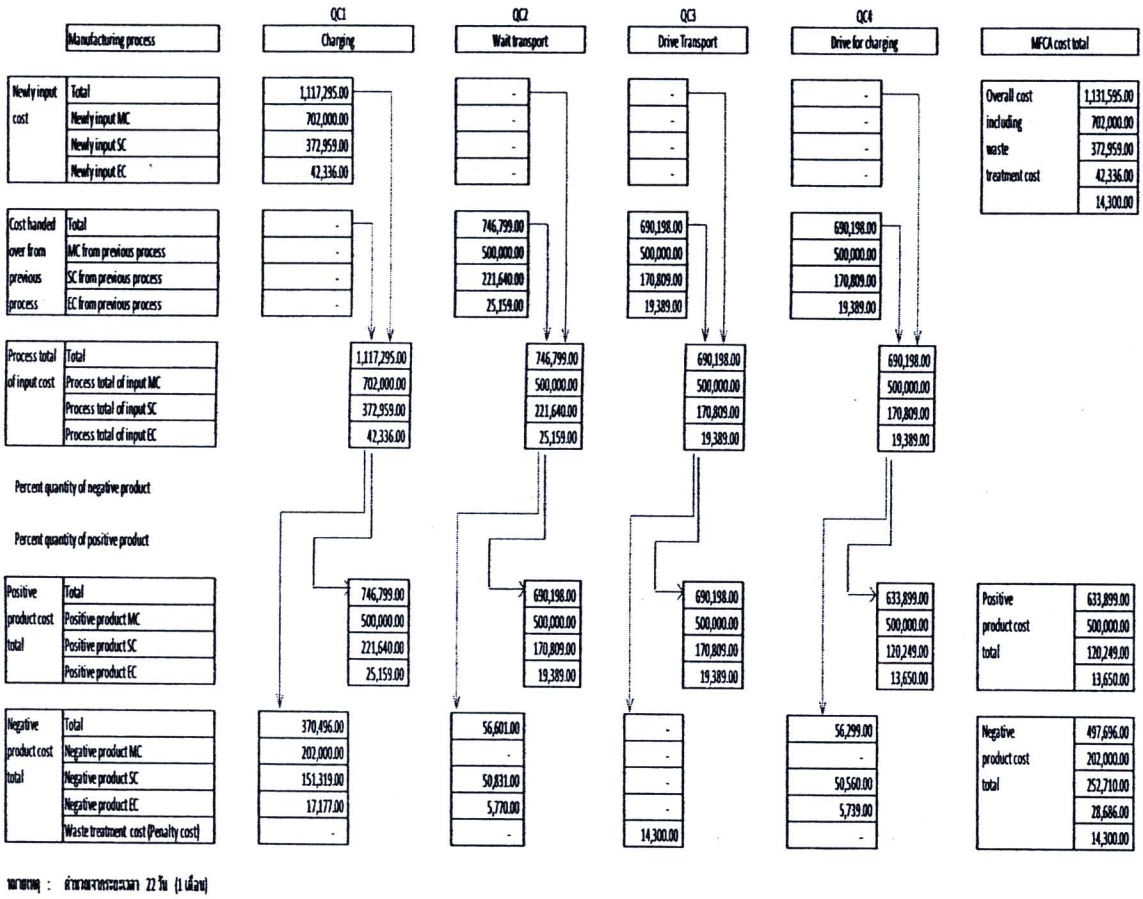
ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นลบ = อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านระบบ

- ต้นทุนด้านระบบ การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 0.1356 x 372,959 บาท = 50,560 บาท
- ต้นทุนด้านระบบ การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 0.1363 x 372,959 บาท = 50,831 บาท
- ต้นทุนด้านระบบ การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 0.4057 x 372,959 บาท = 151,319 บาท

ดังนั้นต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นบวกที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 3 คือ 120,249 บาท ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นลบที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 1 คือ 151,319 บาท

กระบวนการที่ 2 คือ 50,831 บาท และกระบวนการที่ 4 คือ 50,560 บาท รวมเป็นต้นทุนระบบที่มีมูลค่าเป็นลบ คือ 252,710 บาท

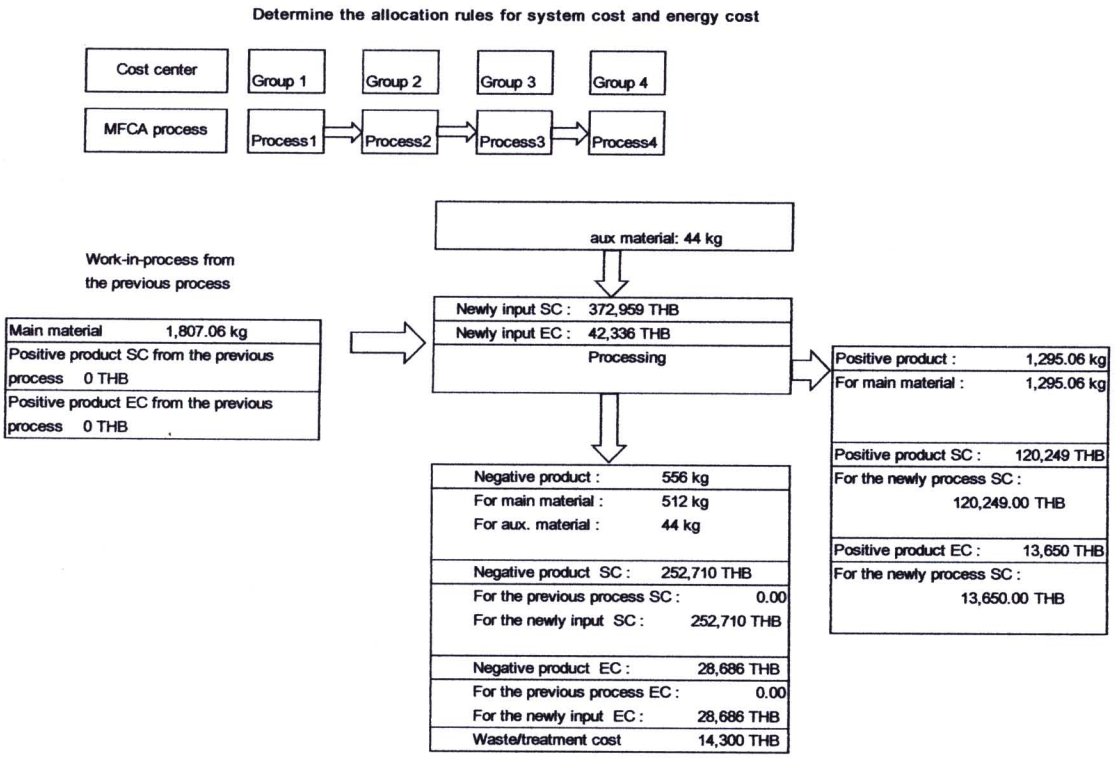
จากข้อมูลต้นทุนทั้งหมดนำมาลงรายละเอียดเพื่อวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ

4.4.5 แสดงต้นทุนการไหลของวัสดุด้านต้นทุนระบบและพลังงาน

ต้นทุนด้านวัสดุจะคิดจากแบตเตอรี่ที่ใช้งานไปทั้งหมด 17 เดือน เป็นแบตเตอรี่นำเข้าต่อเดือน 1,807.06 kg ((960 ลูก/17 เดือน) x 32 kg) คงเหลือแบตเตอรี่ที่ดี 1295.06 kg ((688 ลูก/17 เดือน) x 32 kg) คิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก และมีแบตเตอรี่ที่เสียไป 512 kg ((272 ลูก/17 เดือน) x 32 kg) กับจารบีที่ใช้แล้วทิ้งเลยในแต่ละเดือนอีก 44 kg รวมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ 556 kg สำหรับการคิดต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นบวก (Positive product) จะคิดเฉพาะต้นทุนในกระบวนการที่ 1 หรือกระบวนการขับรถเพื่อนับรอบเดินรถเท่านั้น ส่วนของเสียที่เกิดขึ้น (Waste) คือ ค่าปรับที่เกิดจากการปรับในกรณีที่ไม่สามารถทำรอบได้ตามสัญญารอบละ 50 บาท

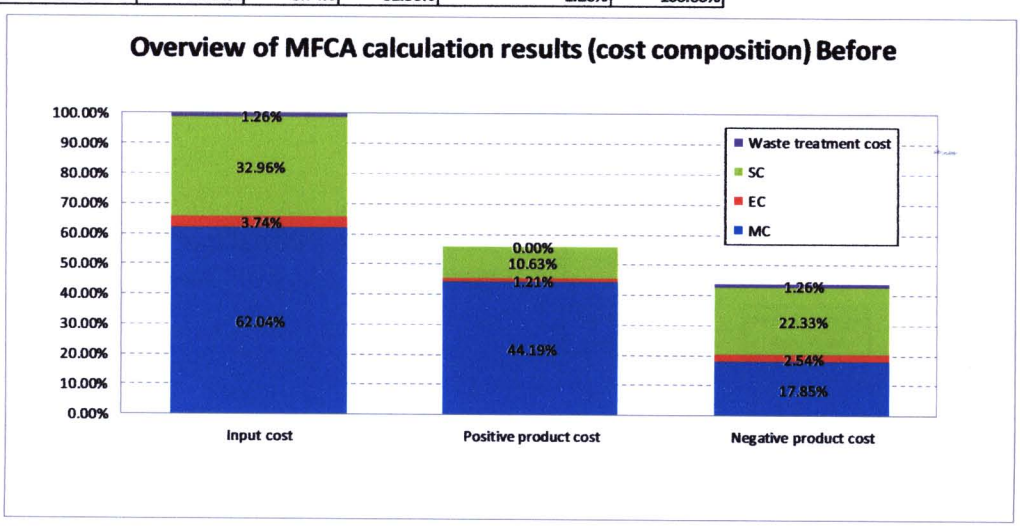


รูปที่ 4.9 แสดงต้นทุนการไหลของวัสดุด้านต้นทุนระบบและพลังงาน

4.4.6 สรุปต้นทุนการไหลของวัสดุ

Material Flow Cost Matrix

	Material cost	Energy cost	System cost	Waste treatment cost	Total
Conforming products	500,000.00	13,650.00	120,249.00	-	633,899.00
(Positive products)	44.19%	1.21%	10.63%	0.00%	56.02%
Material loss	202,000.00	28,686.00	252,710.00	-	483,396.00
(Negative products)	17.85%	2.54%	22.33%	0.00%	42.72%
Wastes/recycled products	-	-	-	14,300.00	14,300.00
	0.00%	0.00%	0.00%	1.26%	1.26%
Subtotal	702,000.00	42,336.00	372,959.00	14,300.00	1,131,595.00
	62.04%	3.74%	32.96%	1.26%	100.00%

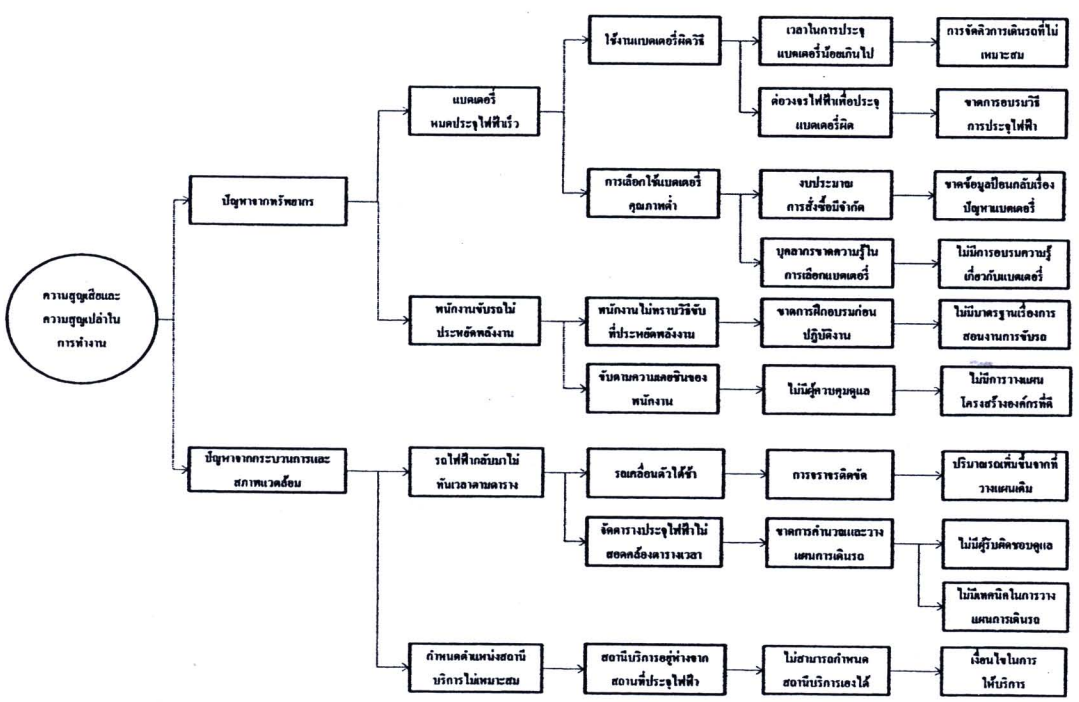


รูปที่ 4.10 แสดงสรุปต้นทุนการไหลของวัสดุ

จากผลสรุปที่ได้พบว่าต้นทุนที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) ส่วนใหญ่มาจาก ต้นทุนด้านระบบ (System cost) 22.33% เป็นเวลาที่ไม่มีคุณค่าและต้องจ่ายค่าแรงพนักงานในการใช้รถไฟฟ้า เพื่อเดินทางไปประจุแบตเตอรี่ ที่ต้องชาร์ตแบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อการเดินรถโดยสาร 1 รอบ ซึ่งมีระยะทางประมาณ 7 – 8 กิโลเมตร หรือประมาณ 15 นาทีในการเดินทางไปกลับระหว่างท่าสถานีกับอู่รถไฟฟ้า การรอคอยเพื่อประจุแบตเตอรี่ และการรอคอยเพื่อออกเดินรถ ส่วนต้นทุนด้านวัสดุ (Material cost) เกิดจากการที่แบตเตอรี่เสียจากการใช้งานในแต่ละเดือน 17.85% และต้นทุนด้านพลังงาน (Energy cost) 2.54% การแก้ไขเพื่อลดต้นทุนที่มีมูลค่าเป็นลบและเพิ่มต้นทุนที่มีมูลค่าเป็นบวก ในการศึกษานี้ยังไม่สามารถแก้ไขด้านการสูญเสียต้นทุนด้านวัสดุได้ จึงมุ่งเน้นไปที่ต้นทุนด้านพลังงานและระบบที่สามารถปรับปรุงเวลาที่มีคุณค่าให้เพิ่มมากขึ้นและลดเวลาที่ไม่มีคุณค่าลงจากหลักการจำลองสถานการณ์

4.5 ผลวิเคราะห์หาสาเหตุของความสูญเสียและความสูญเปล่าในกระบวนการทำงาน

เครื่องมือที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุและความสูญเสียและความสูญเปล่าในกระบวนการทำงานจากการจัดตารางการทำงาน การบริหารงานบุคคลและทรัพยากร คือเครื่องมือวิเคราะห์ ทำไม ทำไม หรือ Why – Why Analysis



รูปที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทำไม – ทำไม

จากการใช้หลักการบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุพบว่าต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบส่วนใหญ่เป็นต้นทุนด้านระบบถึง 22.33% ซึ่งเกิดจากเวลาที่ไม่มีคุณค่าจากการรอคอยเพื่อออกเดินรถ การรอคอยระหว่างประจุแบตเตอรี่ และการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ ซึ่งถือเป็นความสูญเสียและสูญเปล่าในการทำงาน ซึ่งการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่มีการสูญเสียทั้งพลังงานในการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ และไม่มีความพร้อมในการออกเดินรถจึงได้นำปัญหาดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ทำไม-ทำไม

จากตัวแปร X (สาเหตุ) ทั้ง 10 ตัวแปร ผู้ศึกษาเลือกตัวแปรที่สามารถปรับปรุงแก้ไขได้นำมาทดสอบสมมติฐานดังนี้ คือ

1. การจัดคิวการเดินรถที่ไม่เหมาะสมและไม่มีเทคนิคในการวางแผนเดินรถ
2. ไม่มีการวางแผนโครงสร้างองค์กรที่ดีและไม่มีรับผิดชอบผู้ดูแล
3. ขาดการอบรมวิธีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่และเทคนิคการขับที่ประหยัดพลังงาน
4. เงื่อนไขในการให้บริการถูกกำหนดสถานีบริการไว้แต่ไม่เหมาะสมในการทำงาน

4.5.1 วิธีการแก้ไขปัญหา

1) การจัดคิวการเดินรถที่ไม่เหมาะสมและไม่มีเทคนิคในการวางแผนเดินรถ

นำเสนอวิธีการจำลองสถานการณ์เพื่อการจัดคิวและตารางการเดินรถจากวิธีการที่เพิ่มประสิทธิภาพและลดความสูญเสียได้มากที่สุดจากเทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ให้กับผู้รับผิดชอบดูแล

2) ไม่มีการวางแผนโครงสร้างองค์กรที่ดีและไม่มีรับผิดชอบผู้ดูแล

กำหนดเพิ่มหน้าที่งานให้กับหัวหน้าช่างซ่อมรถไฟฟ้าเป็นผู้รับผิดชอบดูแลการบริหารโครงการรถไฟฟ้า

3) ขาดการอบรมวิธีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่และเทคนิคการขับที่ประหยัดพลังงาน

เนื่องจากที่ผ่านมาเคยมีการอบรมแต่ไม่ต่อเนื่องและไม่ได้กำหนดมาตรฐานไว้ชัดเจน จึงขอให้ทางบริษัทกรีนรูทจัดทำมาตรฐานการสอนงานและอบรมให้พนักงานใหม่ทุกคน

4) เงื่อนไขในการให้บริการถูกกำหนดสถานีบริการไว้แต่ไม่เหมาะสมในการทำงาน

ขอเข้าพบกับผู้รับผิดชอบและอธิบายเหตุผลและแสดงแนวคิดการจำลองสถานการณ์เพื่อขอทดลองเปลี่ยนตำแหน่งหรือเพิ่มสถานีบริการที่เหมาะสม

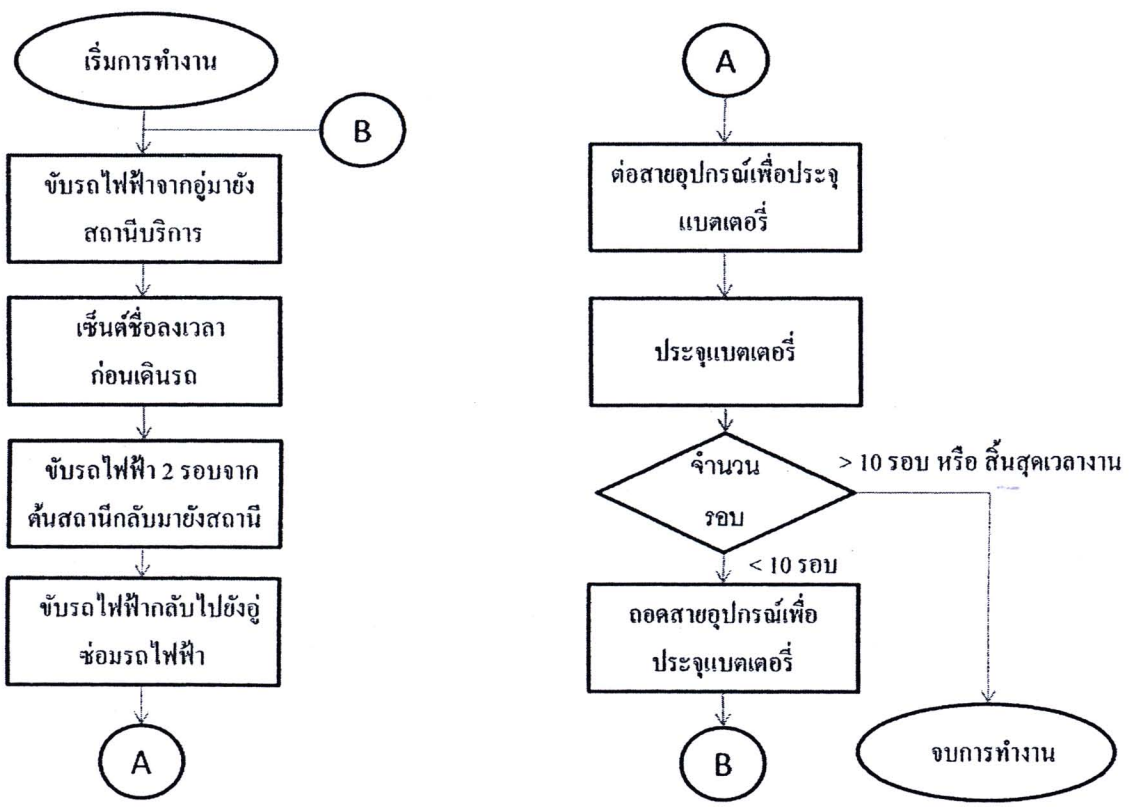
4.6 ผลการออกแบบระบบการจัดตารางการเดินรถ

จากการจำลองสถานการณ์ปัจจุบันโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel แล้วนั้น ผู้ศึกษาได้ใช้เทคนิคนี้ในการออกแบบระบบการจัดตารางการเดินรถ และบุคคลรวมถึงระบบการจัดตารางเตรียมอุปกรณ์แบตเตอรี่ใหม่ 2 สถานการณ์ คือ

1) ลดจำนวนครั้งในการขับรถไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยการให้พนักงานขับรถไฟฟ้า 2 รอบ และประจุไฟฟ้า 1 ชั่วโมง 45 นาทีโดยใช้สถานีบริการเดิม

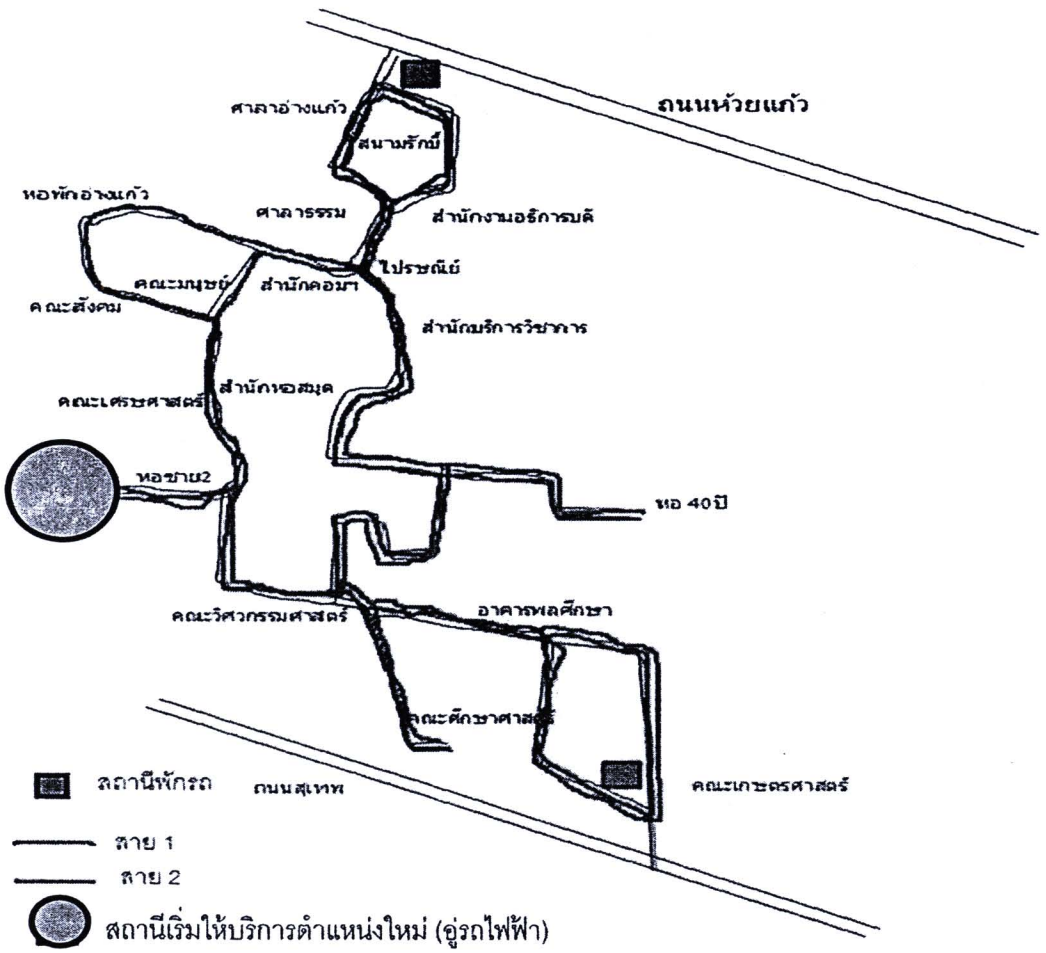
2) กำหนดจุดสถานีบริการให้เริ่มจากอู่รถไฟฟ้า ประจุแบตเตอรี่ 45 นาที แต่เพิ่มเวลาเดินรถอีกรอบละ 3 นาทีเพื่อเพิ่มเส้นทางเข้าอู่ไฟฟ้า

4.6.1 ลดจำนวนครั้งในการขับรถไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยการให้พนักงานขับรถไฟฟ้า 2 รอบ และประจุไฟฟ้า 2 ชั่วโมงโดยใช้สถานีบริการเดิม



รูปที่ 4.12 แสดงผังการดำเนินงานจากการออกแบบรูปแบบที่ 1

4.6.2 กำหนดจุดสถานีบริการให้เริ่มจากอู่รถไฟฟ้า ประจุแบตเตอรี่ 45 นาทีแต่เพิ่มเวลาเดินรถอีกรอบละ 3 นาทีเพื่อเพิ่มเส้นทางเข้าอู่รถไฟฟ้า



รูปที่ 4.13 แสดงภาพการย้ายสถานีเริ่มและสิ้นสุดการเดินรถมาที่อู่รถไฟฟ้า

4.7 ผลทดลองประเมินผลการดำเนินงานโดยใช้หลักการจำลองสถานการณ์

ศึกษาได้ใช้โปรแกรมไมโครซอฟเอ็กเซล (Microsoft Excel) ในการทดลองประเมินผลการดำเนินงานทั้งสองสถานการณ์จำลอง ได้ผลดังนี้

4.7.1 ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1

เวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าโดยรวมของสถานการณ์จำลองที่ 1 เท่ากับก่อนปรับปรุงแก้ไข เพียงแต่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้นานขึ้นหรือ 1 ชั่วโมง 45 นาที ทำให้เดินรถได้ 2 รอบและลดเวลาในการขับรถที่สูญเปล่าลงได้ แต่ไม่เพิ่มจำนวนรอบ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 4.12 แสดงเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าของรูปแบบที่ 1 จากการออกแบบ

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 1

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	135,168	135,168	140,800	-5,632
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	64,878	274,032	268,400	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	30,074			
	4. การประจุแบตเตอรี่	179,080			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 2

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	128,700	128,700	132,000	-3,300
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	68,200	280,500	277,200	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	30,668			
	4. การประจุแบตเตอรี่	181,632			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้ารวมทั้งสาย 1 และสาย 2

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	263,868	263,868	272,800	-8,932
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	133,078	554,532	545,600	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	60,742			
	4. การประจุแบตเตอรี่	360,712			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

จากตารางที่ 4.12 แม้ว่าเวลาในการขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ลดลงจาก 110,946 นาที เป็น 60,742 นาที แต่เวลาในการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถยังคงเท่าเดิมไม่สามารถเพิ่มจำนวนรอบให้ได้ตามสัญญาที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่เลือกสถานการณ์จำลองที่ 1 ในการพิจารณาต่อในส่วนของ MFCA

4.7.2 ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 2

เมื่อย้ายสถานีบริการเริ่มต้นมาอยู่ที่อู่ไฟฟ้า แม้ว่าต้องใช้เวลาเพิ่มในการเดินรถในแต่ละรอบอีก 3 นาที แต่ทำให้ตัดเวลาสูญเสียในการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ให้เป็นศูนย์ แต่ประจุแบตเตอรี่ได้แค่ 45 นาที สำหรับการเดินรถได้ 1 รอบ แต่สามารถทำรอบได้ตามเป้าหมาย

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกสถานการณ์ที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุหลังการปรับปรุง และนำไปทดลองใช้

ในการจำลองสถานการณ์ได้ใช้ค่าเฉลี่ยในการเดินรถแต่ละรอบคือ สายที่ 1 เวลา 35 นาที และสายที่ 2 เวลา 33 นาที เวลาที่ใช้ในการขับรถไปกลับระหว่างสถานีบริการกับอู่รถไฟฟ้าคือ 15 นาที และเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่เป็นเวลา 45 นาที โดยในความเป็นจริงเวลาต่าง ๆ อาจจะน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับจำนวนผู้โดยสารและสภาพการจราจรด้วยซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยให้จำนวนรอบที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ไม่ตรงกับผลที่เกิดขึ้นจริงมากนักแต่ก็ถือว่าได้ค่าใกล้เคียง

จากการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการจำลองสถานการณ์สามารถแยกเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าออกจากกันจากการใช้ฟังก์ชั่นการนับ (Count) นับเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่า โดย เวลาที่มีคุณค่าหรือการขับเพื่อนับรอบการเดินรถจะนับหมายเลข 1 ส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า คือ การรอคอยเพื่อออกเดินรถนับหมายเลข 2 การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่นับหมายเลข 3 และการประจุแบตเตอรี่นับหมายเลข 4 ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าของรูปแบบที่ 2 จากการออกแบบ

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 1

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	154,000	154,000	154,000	0
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	81,950	255,200	255,200	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	0			
	4. การประจุแบตเตอรี่	173,250			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้าสาย 2

ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	145,200	145,200	145,200	0
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	90,354	264,000	264,000	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	0			
	4. การประจุแบตเตอรี่	173,646			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

เวลาที่มีคุณค่า (VA time) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (NVA time) ของรถไฟฟ้ารวมทั้งสาย 1 และสาย 2

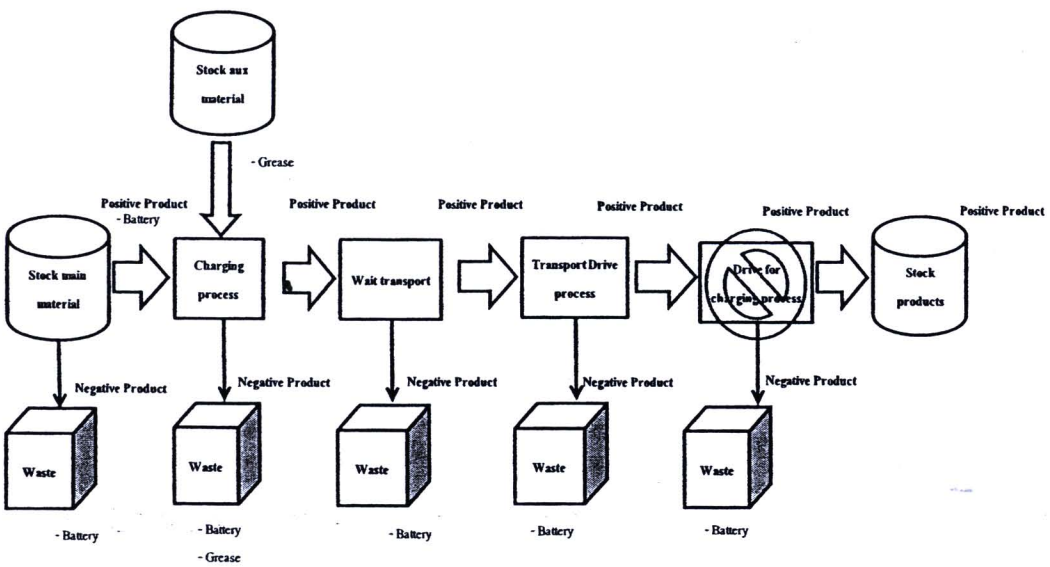
ชนิดของเวลา	กิจกรรม	เวลา (นาที)	รวมเวลา (นาที)	เป้าหมาย (นาที)	ความแตกต่าง (นาที)
มีคุณค่า (VA)	1.การขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ	299,200	299,200	299,200	0
ไม่มีคุณค่า (NVA)	2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ	172,304	519,200	519,200	
	3. การขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่	0			
	4. การประจุแบตเตอรี่	346,896			

หมายเหตุ : คำนวณจากจำนวนวัน 22 วัน (ในรอบ 1 เดือน)

จากการจำลองสถานการณ์ที่ 2 ทำให้ได้เวลาการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ 299,200 นาที ตามเป้าหมายที่กำหนด หรือ 200 รอบต่อวันตามที่กำหนดไว้ในสัญญา และเมื่อสถานีบริการอยู่ที่อู่รถไฟฟ้าจึงไม่ต้องขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ทำให้เวลาในกระบวนการนี้กลายเป็น 0 นาที แต่สถานการณ์ที่ 2 นี้อาจไม่สามารถเป็นไปได้เนื่องจากระหว่างการทดลองเดินรถได้สุ่มสอบถามนักศึกษาผู้ใช้บริการพบว่านักศึกษาบางส่วนรู้สึกลำบากในการที่ต้องลงจากรถที่อู่รถไฟฟ้าแล้วขึ้นรถอีกคันหนึ่งเพื่อไปยังบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่หรือประตูคณะเกษตรศาสตร์ และการตั้งสถานีบริการบริเวณอู่รถไฟฟ้า 2 จุดยังต้องมีค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและเดินระบบไฟฟ้าในช่วงแรก

4.8 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการดำเนินงานก่อนและหลังการปรับปรุง

จากการจำลองสถานการณ์ที่ 2 นั้นส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือการไหลของแบตเตอรี่และจารบี เพราะยังเลือกใช้วิธีการประจุไฟฟ้าแบบเร็ว แต่สถานการณ์ใหม่นั้นกระบวนการทำงานลดลง 1 กระบวนการนั่นคือ กระบวนการที่ 2 หรือการขับรถไฟฟ้าเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ดังนั้นแผนผังการไหล และตารางบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุจึงมีค่าเปลี่ยนไป



รูปที่ 4.14 แสดงภาพการไหลของวัสดุหลังการปรับปรุง

สำหรับรายละเอียดการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุหลังปรับปรุงจากสถานการณ์จำลองที่ 2 คิดจากระยะเวลา 1 เดือนหรือเท่ากับ 1 งวดการจ่ายค่าแรงเช่นกัน ซึ่งได้ทำการคิดเทียบย้อนกลับไปจากตารางที่ 4.11 จากข้อมูล 17 เดือน แล้วจะได้แบตเตอรี่ที่ถือเป็นต้นทุน

วัสดุหลัก (Main material cost) ได้เท่ากับจำนวนแบตเตอรี่ทั้งหมดหารด้วย 17 เดือน (แบตเตอรี่ทั้งหมด 960 ลูก และเสียไป 272 ลูกภายใน 17 เดือน)

1) การคำนวณต้นทุนด้านวัสดุ (Material cost)

ต้นทุนด้านวัสดุของกระบวนการที่ 1 เป็นกระบวนการนำเข้า และเป็นวัสดุหลักหรือแบตเตอรี่ คำนวณได้ คือ แบตเตอรี่ทั้งหมด 960 ลูก/17 เดือน x 12,500 บาทต่อลูก = 700,000 บาท เมื่อผ่านกระบวนการที่ 4 แล้ว แบตเตอรี่ที่เสียไป หรือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นลบ (Negative product) เกิดขึ้นคือ 272 ลูก/17 เดือน x 12,500 = 200,000 บาท รวมกับวัสดุเสริมหรือจารบีซึ่งต่อเดือนจะมีการใช้เท่ากับ 44 kg หรือ 1 ถัง ต้นทุน 2,000 บาทต่อเดือนซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่เป็นบวก (Positive product) คือมูลค่าของแบตเตอรี่ที่ดีและเหลืออยู่ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 700,000 – 200,000 = 500,000 บาท

2) การคำนวณต้นทุนด้านพลังงาน (Energy cost)

คำนวณร่วมกับการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Microsoft Excel จากการนับเวลาที่มีคุณค่า (Value added) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ด้วยคำสั่งนับ (Count)

เวลาทั้งหมดในการทำงาน 1 เดือน = 818,400 นาที

เวลาที่มีคุณค่า = เวลาที่ใช้ในการขับรถเพื่อนับรอบการเดินรถ 299,200 นาที

เวลาที่ไม่มีคุณค่า

1. เวลาจากการขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ 0 นาที
2. เวลาในการรอคอยเพื่อออกเดินรถ 172,304 นาที
3. เวลาในการรอคอยประจุแบตเตอรี่ 346,896 นาที

รวมเวลาที่ไม่มีมูลค่า = 519,200 นาที

อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า = 299,200 นาที/818,400 นาที = 0.3656

อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า

1. การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 0 นาที/818,400 นาที = 0
2. การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 172,304 นาที/818,400 นาที = 0.2105
3. การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 346,896 นาที/818,400 นาที = 0.4239

ต้นทุนด้านพลังงานสามารถคำนวณได้จากเวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในการประจุแบตเตอรี่ ซึ่งนับได้ทั้งหมด 346,896 นาที สามารถคำนวณเป็นทุนได้ คือ

ต้นทุนด้านพลังงาน = (((346,896 นาที / 60 นาที) x (72 V x 25 A)) / 1000) x 4.25 บาท

= 44,229 บาท

ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นบวก = อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านพลังงาน

= 0.3656 x 44,229 บาท = 16,170 บาท

ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบ = อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านพลังงาน

- ต้นทุนด้านพลังงาน การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 0 x 44,229 บาท = 0 บาท
- ต้นทุนด้านพลังงาน การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 0.2105 x 44,229 บาท = 9,312 บาท
- ต้นทุนด้านพลังงาน การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 0.4239 x 44,229 บาท = 18,747 บาท

ดังนั้นต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นบวกที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 3 คือ 16,170 บาท ต้นทุนด้านพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 1 คือ 18,747 บาท กระบวนการที่ 2 คือ 9,312 บาท และกระบวนการที่ 4 หายไปเหลือ 0 บาท รวมเป็นต้นทุนพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบ คือ 28,059 บาท

3) การคำนวณต้นทุนด้านระบบ (System cost)

คำนวณร่วมกับการจำลองสถานการณ์จากโปรแกรม Microsoft Excel เวลาในแต่ละกระบวนการ จากการนับเวลาที่มีคุณค่า (Value added) และเวลาที่ไม่มีคุณค่า (Non-value added) ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ด้วยคำสั่งนับ (Count) โดยใช้ค่าอัตราส่วนของเวลาที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าเหมือนกับการคำนวณต้นทุนด้านพลังงาน

จากค่าแรงหรือต้นทุนด้านระบบทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทำงาน 1 เดือนจากตารางที่ 4.4 คือ 372,959 บาท สามารถคำนวนหาต้นทุนด้านระบบ (System cost) ได้ดังนี้

ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นบวก = อัตราส่วนเวลาที่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านระบบ

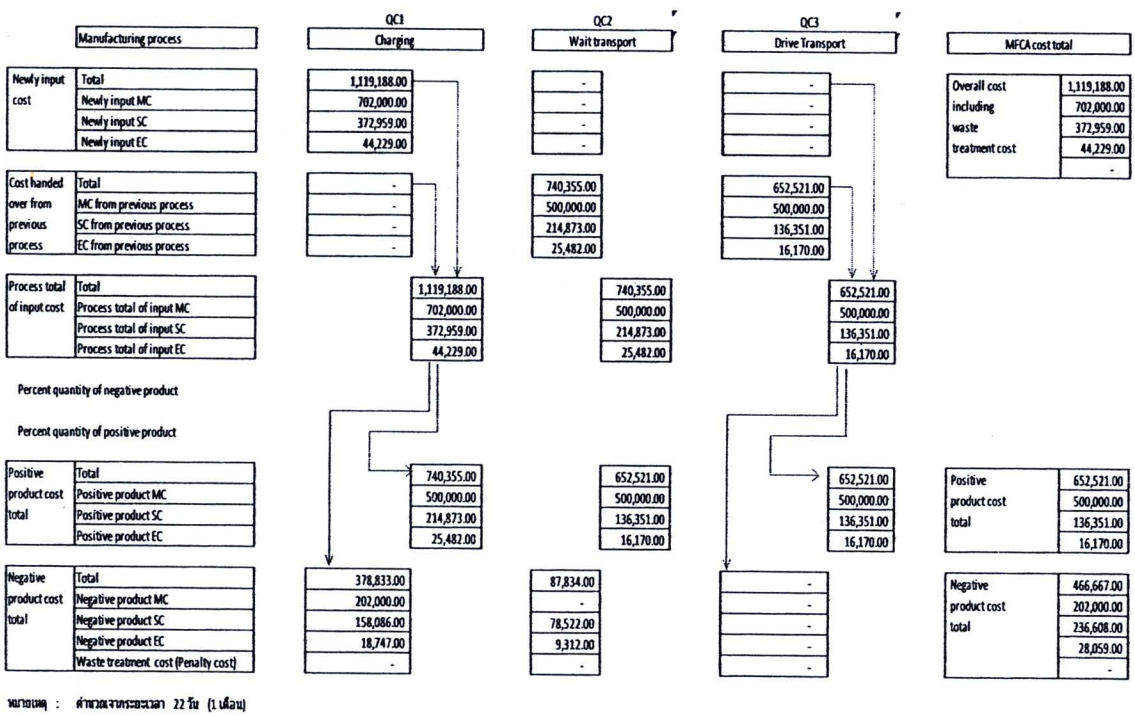
= 0.3656 x 372,959 บาท = 136,351 บาท

ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นลบ = อัตราส่วนเวลาที่ไม่มีคุณค่า x ต้นทุนด้านระบบ

- ต้นทุนด้านระบบ การขับรถเพื่อไปประจุแบตเตอรี่ = 0 x 372,959 บาท = 0 บาท
- ต้นทุนด้านระบบ การรอคอยเพื่อออกเดินรถ = 0.2105 x 372,959 บาท = 78,522 บาท
- ต้นทุนด้านระบบ การรอคอยประจุแบตเตอรี่ = 0.4239 x 372,959 บาท = 158,086 บาท

ดังนั้นต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นบวกที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 3 คือ 136,351 บาท ต้นทุนด้านระบบที่มีมูลค่าเป็นลบที่เกิดขึ้นในกระบวนการที่ 1 คือ 158,086 บาท กระบวนการที่ 2 คือ 78,522 บาท และกระบวนการที่ 4 หายไปเหลือ 0 บาท รวมเป็นต้นทุนระบบที่มีมูลค่าเป็นลบ คือ 236,608 บาท

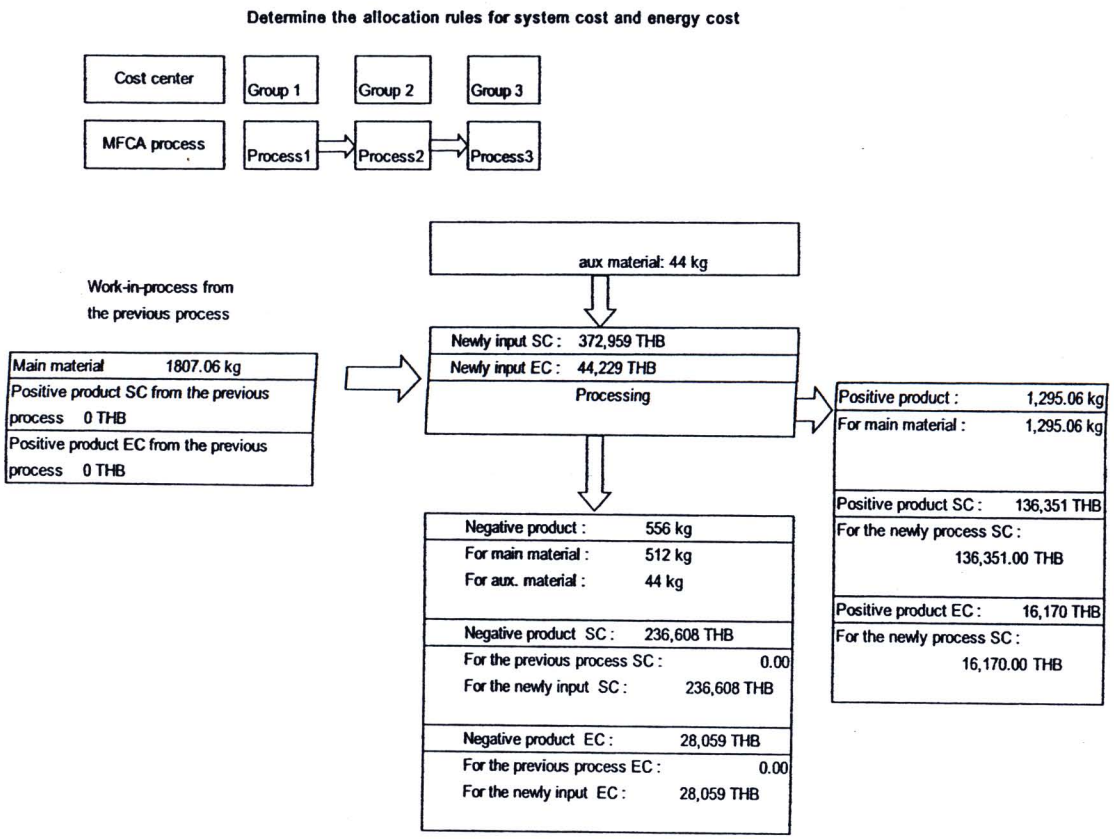
จากข้อมูลต้นทุนทั้งหมดนำมาลงรายละเอียดเพื่อวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงรายละเอียดการวิเคราะห์บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าเมื่อตัดกระบวนการที่ 4 หรือกระบวนการในการขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดเวลาที่ไม่มีคุณค่าในระบบหายไป ทำให้ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบโดยรวมลดลง เป็นเพราะว่าได้ย้ายสถานีบริการทั้ง 2 สถานีมาไว้ยังอู่รถไฟฟ้า ทำให้ไม่จำเป็นต้องขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ และจากการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel พบว่าสถานการณ์จำลองที่ 2 สามารถทำรอบเดินรถไฟฟ้าได้ 200 รอบ/

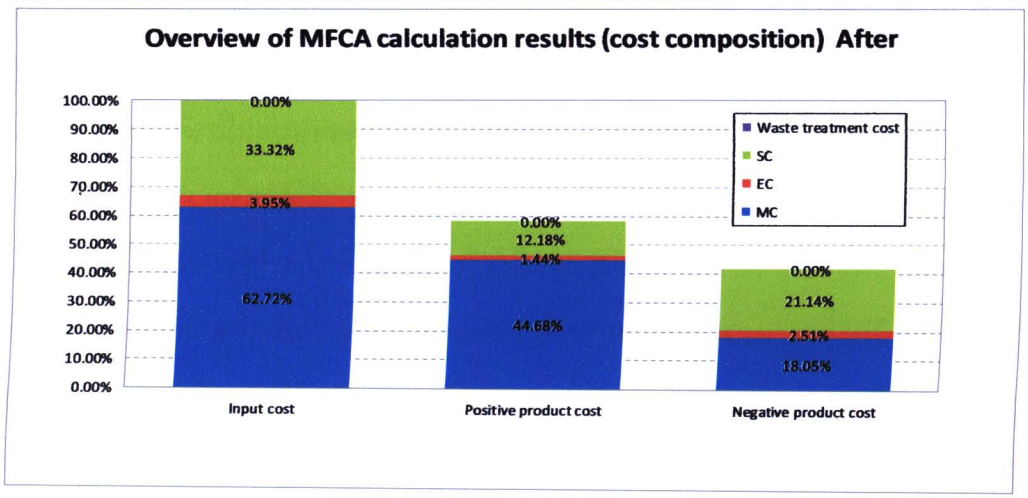
วัน ตามที่กำหนดไว้ในสัญญา ดังนั้นบริษัทฯ ไม่ต้องจ่ายค่าปรับในกรณีไม่สามารถเดินรถไฟฟ้าได้ตามสัญญา 50 บาทต่อรอบ ทำให้ของเสีย (Waste) หายไป หรือไม่ต้องจ่ายค่าปรับเป็นจำนวนเงิน 14,300 บาท



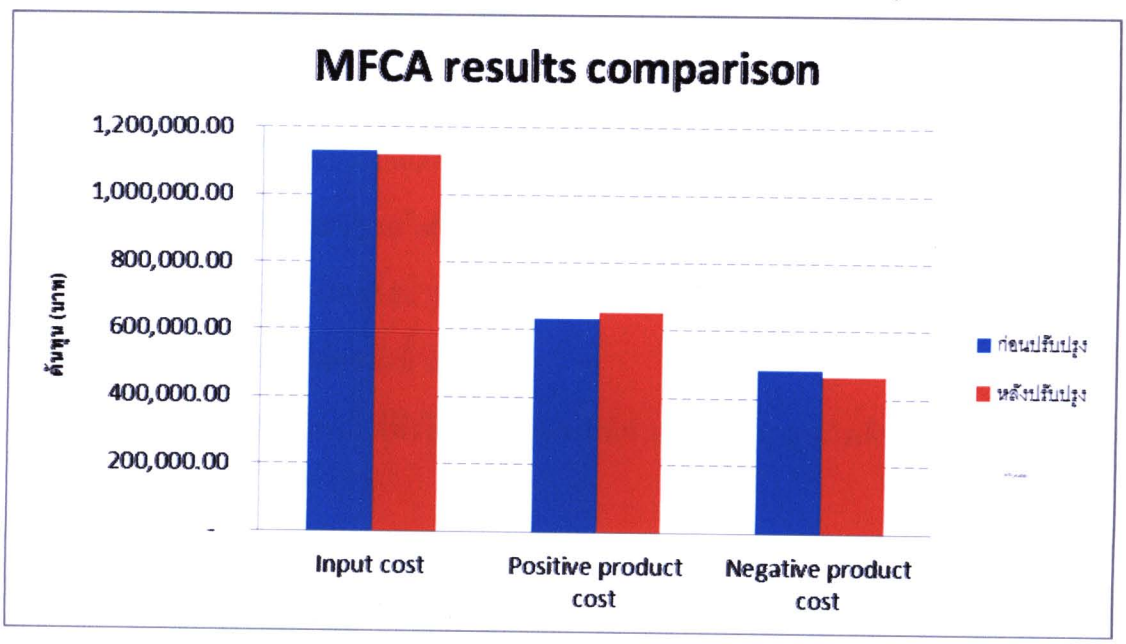
รูปที่ 4.16 แสดงต้นทุนการไหลของวัสดุด้านต้นทุนระบบและพลังงานหลังการปรับปรุง

Material Flow Cost Matrix

	Material cost	Energy cost	System cost	Waste treatment cost	Total
Conforming products	500,000.00	16,170.00	136,351.00	-	652,521.00
(Positive products)	44.68%	1.44%	12.18%	0.00%	58.30%
Material loss	202,000.00	28,059.00	236,608.00	-	466,667.00
(Negative products)	18.05%	2.51%	21.14%	0.00%	41.70%
Wastes/recycled products	-	-	-	-	-
	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Subtotal	702,000.00	44,229.00	372,959.00	-	1,119,188.00
	62.72%	3.95%	33.32%	0.00%	100.00%



รูปที่ 4.17 แสดงสรุปต้นทุนการไหลของวัสดุหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบบัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุก่อนและหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงตามสถานการณ์จำลองที่ 2 บัญชีต้นทุนการไหลของวัสดุที่เป็นมูลค่าบวก (Positive cost) เพิ่มขึ้นจาก 56.02% เป็น 58.30% (ดีขึ้น 2.28%) คิดเป็นต้นทุนดีขึ้น 18,622 บาท

ต่อเดือน และต้นทุนโดยรวมลดลงจาก 1,131,595 บาท เหลือ 1,119,188 บาท เพราะไม่ต้องจ่ายค่าปรับ เนื่องจากทำรอบการเดินรถได้ตามที่กำหนด

หากดูในส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบ (Negative product) ต้นทุนด้านพลังงานลดลงจาก 2.54% เหลือ 2.51% (ลดลง 0.03%) คิดเป็นต้นทุนลดลง 627 บาท และต้นทุนด้านระบบลดลงจาก 22.33% เหลือ 21.14% (ลดลง 1.19% หรือ ลดลง 5.33% หากคิดเฉพาะในส่วนของต้นทุนด้านระบบที่ลดลง) คิดเป็นต้นทุนลดลง 16,102 บาท

แม้ว่าเมื่อดูจากเวลาที่รอคอยจากการรอคอยเพื่อประจุแบตเตอรี่จะสูงขึ้น แต่การประจุแบตเตอรี่นานขึ้นจะช่วยให้รถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ยาวนานขึ้นและน่าจะช่วยให้มีอายุการใช้งานดีขึ้น ส่วนการรอคอยเพื่อออกเดินรถก็สูงขึ้นเช่นกัน แต่ต้นทุนโดยรวมจากเวลาที่ไม่มีคุณค่าและเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเป็นลบก็ลดลงเพราะได้ตัดกระบวนการในการขับรถเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ออกไป หากจะให้คุ้มค่ากับค่าแรงที่จ่ายไปมากขึ้นอาจมอบหมายงานให้ทำความสะอาดรถและทำการซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในระหว่างรอคอยได้

4.9 ทดลองดำเนินงาน วิเคราะห์และสรุปผล

จากการทดลองการเดินรถไฟฟ้าตามที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ที่ 2 นั้นส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือการไหลของแบตเตอรี่ และจารบี กระบวนการทำงานลดลง 1 กระบวนการนั่นคือกระบวนการที่ 2 หรือการขับรถไฟฟ้าเพื่อไปประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ที่ทำการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อพิสูจน์สมมุติฐานจากการจำลองสถานการณ์และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดเพื่อป้องกันปัญหาจากการทดลองเพื่อยืนยันผลได้ผลดังนี้ คือ

4.9.1 สามารถเดินรถไฟฟ้าได้ 200 รอบตามที่กำหนดในสัญญาการเดินรถและไม่พบปัญหาใด ๆ

4.9.2 จากข้อมูลที่ทำการเก็บพบว่าความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากการเดินรถเป็นดังนี้คือ

1) เวลาต่ำสุด 29 นาที

2) เวลาสูงสุด 38 นาที

3) เวลาเฉลี่ย 32 นาที

พบว่าความเร็วที่ได้เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 32 นาทีไม่แตกต่างจากค่าที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ อาจเป็นเพราะว่าจำนวนของผู้โดยสารมีจำนวนน้อย เพราะเป็นช่วงปิดภาคการศึกษา

ตารางที่ 4.14 แสดงเวลาจำนวนผู้โดยสารแต่ละช่วงเวลาในการทดลองเดินรถในช่วงปิดภาคการศึกษา

ชั่วโมง	จำนวนรอบ	จำนวนผู้โดยสารปกติ	จำนวนผู้โดยสารจากการทดลอง
7 :00 – 8:00	21	223	20
8:00 – 9:00	12	174	25
9:00 – 10:00	14	209	24
10:00 – 11:00	14	224	33
11:00 – 12:00	12	221	33
12:00 – 13:00	12	271	29
13:00 – 14:00	12	218	26
14:00 – 15:00	15	271	40
15:00 – 16:00	12	233	19
16:00 – 17:00	14	214	53
17:00 – 18:00	14	244	53
18:00 – 19:00	12	248	104
19:00 – 20:00	12	223	57
20:00 – 21:00	12	207	30
21:00 – 22:00	12	119	23
	Total	3299	569

ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดวันในการทดลองเดินรถอีกครั้งคือในช่วงวันที่ 2 – 5 เมษายน 2555 ที่มีนักศึกษามาเรียนในช่วงการศึกษาภาคฤดูร้อน ซึ่งมีปริมาณของนักศึกษาใกล้เคียงกับในช่วงภาคการศึกษาภาคปกติ เพื่อยืนยันผลอีกครั้งหนึ่งก่อนจะสรุปว่าผลวิจัยเป็นไปตามที่จำลองสถานการณ์ไว้

ผลการทดลองในวันที่ 2 – 5 เมษายน 2555 นั้นมีปริมาณนักศึกษาในการขึ้นรถมากพอเท่า ๆ กับการเดินรถในช่วงภาคการศึกษาปกติ

ตารางที่ 4.15 แสดงเวลาจำนวนผู้โดยสารแต่ละช่วงเวลาในการทดลองเดินรถ 2 – 5 เมษายน 2555

ชั่วโมง	จำนวนรอบ	จำนวนผู้โดยสารปกติ	จำนวนผู้โดยสารช่วงทดลอง
7:00 – 8:00	21	223	188
8:00 – 9:00	12	174	236
9:00 – 10:00	14	209	246
10:00 – 11:00	14	224	261
11:00 – 12:00	12	221	276
12:00 – 13:00	12	271	280
13:00 – 14:00	12	218	242
14:00 – 15:00	15	271	241
15:00 – 16:00	12	233	199
16:00 – 17:00	14	214	227
17:00 – 18:00	14	244	172
18:00 – 19:00	12	248	232
19:00 – 20:00	12	223	224
20:00 – 21:00	12	207	201
21:00 – 22:00	12	119	60
	Total	3299	3285

ผลการทดลองทั้ง 2 สายในการทดลองเดินรถจริงไม่สามารถทำได้ 200 รอบ ตามที่จำลองสถานการณ์ได้เนื่องจากเหตุผลหลาย ๆ อย่าง เช่น พนักงานลากิจ ลาป่วย และรถเสีย แต่ก็สามารถทำรอบได้ใกล้เคียงกับ 200 รอบ ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองช่วงการเดินรถตามหลักการจำลองสถานการณ์

	สายที่ 1		สายที่ 2	
วันที่	จำนวนรอบ	หมายเหตุ	จำนวนรอบ	หมายเหตุ
24-มี.ค.-55	200	คนครบ รถไม่เสีย	200	คนครบ รถไม่เสีย
2-เม.ย.-55	198	ลากิจ 1 คน รถเสีย 2 คัน	199	รถเสีย 1 คัน
3-เม.ย.-55	199	ลากิจ 1 คน รถเสีย 1 คัน	200	ลาป่วย 1 คน รถเสีย 1 คัน
4-เม.ย.-55	198	ลากิจ 1 คน รถเสีย 2 คัน	198	ลากิจ 1 คน รถเสีย 1 คัน
5-เม.ย.-55	197	ลากิจ 2 คน รถเสีย 3 คัน	197	รถเสีย 3 คัน
ค่าเฉลี่ย	198		199	

จากผลการทดลองจริงพบว่าปัญหารถเสียเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลต่อการทำรอบไม่ได้เป้าหมาย ส่วนจำนวนพนักงานนั้นหากควบคุมงานอย่างใกล้ชิดสามารถแจ้งให้พนักงานขับรถแทน

พนักงานที่ลาได้ แต่หากไม่มีผู้ควบคุมงานอาจจะเกิดปัญหาเช่นในวันที่ 4 เมษายน 2555 พนักงานไม่ยอมขับรถเกินเป้าหมาย (10 รอบ/คน) ซึ่งปัญหานี้ต้องแก้ในด้านการทำความเข้าใจกับพนักงานว่าการจ้างงานไม่ได้จ้างเป็นจำนวนรอบ แต่จ้างเป็นชั่วโมง ซึ่งหากยังไม่สามารถแก้ได้ อาจจะเสนอให้ทางบริษัทฯ เพิ่มค่าแรงจูงใจกรณีที่พนักงานขับรถเกินกว่า 10 รอบต่อวันในกรณีที่มีพนักงานลากิจ หรือลาป่วยต่อไป แต่โดยหลักการวิเคราะห์แล้ว หากไม่มีปัญหาด้านอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง จะสามารถเดินรถได้ตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้

ผู้ศึกษาได้จำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel เพิ่มเติมโดยการลดจำนวนรถไฟฟ้าลงเหลือสายละ 19 คัน จาก 20 คัน ปรากฏว่าสามารถทำรอบได้ที่ 198 รอบทั้งสองสาย สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการทดลองเดินจริง แต่ก็สามารถรอบให้เป็น 200 รอบได้โดยต้องยอมลดเวลาในการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ลงจาก 45 นาที เหลือ 42 นาทีสำหรับ 2 รอบที่ไม่สามารถทำได้แต่ก็อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้แบตเตอรี่ในแต่ละรอบไม่เพียงพอได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเห็นควรว่าให้คงจำนวนของรถไฟฟ้าไว้ที่ 20 คันต่อสาย โดยหากมีพนักงานลา หรือรถไฟฟ้าเสียจำนวน 1 คันต่อสายก็ยังสามารถทำรอบได้ 200 รอบแต่ต้องยอมลดเวลาในการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ลงตามที่ได้กล่าวไปแล้ว เพราะการลากิจ ลาพักร้อน หรือลาป่วยเป็นสิทธิของพนักงานขับรถไฟฟ้าเป็นเรื่องที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และรถไฟฟ้าก็สามารถเกิดเหตุเสียหายได้เช่นกัน