บทที่ 4

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ใน โครงการอนุรักษ์พลังงาน

กรณีศึกษา : ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

การพิจารณาแผนอนุรักษ์พลังงาน ในโครงการอนุรักษ์พลังงาน ของ ศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย นั้น จะทำการแยกพิจารณาออกเป็น 2 โมดูล ด้วยกัน คือ โมดูลระบบปรับอากาศ และ โมดูลระบบส่องสว่าง โดยจะอาศัยหลักการคำนวณประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการทำงานหลักของแต่ละโมดูล (ซึ่งแสดงรายละเอียดของข้อมูล และ ภาคการคำนวณประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในการทำงานหลักประเภทต่าง ๆ ไว้ใน บทที่ 3) หลังจากนั้นจะทำการออกแบบทางเลือกของแผนอนุรักษ์พลังงานในแต่ละโมดูล โดยจะประกอบไปด้วยตัวแปรที่สำคัญในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการลงทุน , ระยะเวลาในการใช้งานของอุปกรณ์ , ค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในเรื่องของการทำการบำรุงรักษา และ อื่น ๆ แล้วทำการตัดสินทางเลือกต่าง ๆ ด้วยหลักการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐ-ศาสตร์วิศวกรรม ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)
2. การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Retum)
3. การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

4.1 โมดูลระบบปรับอากาศ

4.1.1 ระบบปรับอากาศแบบ (Water Cool Water Chiller)

เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้จ่ายอากาศสำหรับอาคารรับบริจาคโลหิต ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนรับบริจาคโลหิตและส่วนดำเนินงานแปรรูปและเก็บรักษา (อาคารชั้นเดียว) ที่มีเวลาทำการทุกวันตั้งแต่ เวลา 7.00-17.00 น. (โดยภายใน 1 ปีจะเปิดทำการ 365 วัน ยกเว้นวันขึ้นปีใหม่) จะมีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 25 : แสดงรายละเอียดของ Water Chiller

Chiller	ขนาด (ton)	ชนิดของสารทำความเย็น	Comp. Motor (kW)	Norminal Efficiency (kW/RT)	Evaporator Flowrate (kg/s)	Condenser Flowrate (kg/s)
Chiller No.1	30	R-22	43.39	1.31	6.95	89
Chiller No.2	30	R-22	41.12	1.35	6.4	90

Water Chiller ขนาด 30 ตัน จำนวน 2 ชุด กำลังส่งความเย็น 360,000 BTU/ชุด อายุการใช้งานประมาณ 10-12 ปี ซึ่งยังประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ Water Chiller Pump , Water Condenser Pump , Cooling Tower และ ท่อส่งลมไปยังจุดต่าง ๆ (Duct) ซึ่งมีอายุการใช้งานมาแล้วค่อนข้างนาน (ประมาณ 10 ปีขึ้นไป) ด้วย ซึ่งจากการคำนวณประสิทธิภาพการทำงานของระบบของอุปกรณ์ดังกล่าวจะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 70 % ดังแสดงในตารางที่ 26 (จากบทที่ 3 ใน ตารางที่ 7 และ 19)

ตารางที่ 26 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์(เดิม)
ในระบบปรับอากาศแบบ Water Cool Water Chiller

รายการ	Chilled Water Pump	Condenser Water Pump	Cooling Tower
ประสิทธิภาพ Motor (%)	75	75	-
ประสิทธิภาพ Pump (%)	35	63	-
ประสิทธิภาพของระบบ (%)	26.25	47.25	60.18

หมายเหตุ : ประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ ผลคูณระหว่าง ประสิทธิภาพของ Motor และประสิทธิภาพของ Pump ส่วนประสิทธิภาพของ Cooling Tower ได้จากการคำนวณในบทที่ 3 จากข้อมูลในตารางที่ 22

โดยถ้าหากทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าวไปเป็นชุดใหม่จะทำให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงขึ้นที่ประมาณ 90% ซึ่งการเปลี่ยนทดแทนอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ Water Cool Water Chiller นั้น จะมีค่าใช้จ่าย (เงินลงทุน, ค่าติดตั้ง และ ค่าแรง) , ประสิทธิภาพ (%) ของ (Motor,Pump และ ระบบ) ที่เพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดลงได้ในหน่วยของพลังงานไฟฟ้า (kWh/yr.) และ จำนวนเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี) ดังรายละเอียดในตารางที่ 27 และสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังวิธีการคำนวณต่อไปนี้

ตารางที่ 27 : แสดงรายละเอียดผลของการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ Water Cool Water Chiller

รายการ	เปลี่ยน Chilled Water Pump ชุดใหม่	เปลี่ยน Condenser Water Pump ชุดใหม่	เปลี่ยน Cooling Tower ชุดใหม่
เงินลงทุน, ค่าติดตั้ง และ ค่าแรง	480,000 [1] (45 kW : 2 ชุด)	350,000 [1] (30 kW : 2 ชุด)	156,400 [2] (40 kW)
ประสิทธิภาพ Motor (%)	90% (ชุดใหม่) 75% (ชุดเดิม)	90% (ชุดใหม่) 75% (ชุดเดิม)	-
ประสิทธิภาพ Pump (%)	81% (ชุดใหม่) 35% (ชุดเดิม)	79% (ชุดใหม่) 63% (ชุดเดิม)	-
ประสิทธิภาพของระบบ (%)	72.9% (ชุดใหม่) 26.25% (ชุดเดิม)	71.1% (ชุดใหม่) 47.25% (ชุดเดิม)	73% 60.18%
ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	159,207.12	54,036	75,840
จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี โดยที่อัตราค่าไฟฟ้า เท่ากับ (1.63 บาท/kWh)	259,507.60	88,078.68	123,619.20
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น บาท ต่อ ปี (ค่าบำรุงรักษา เช่น การหล่อลื่น เป็นต้น)	2,000	1,500	1,000
อายุการใช้งาน (ปี)	20	20	15

แหล่งข้อมูล : (1) PIDO International Co.,Ltd.

(2) Thai Cooling Tower Co.,Ltd.

<u>วิธีการคำนวณ : (Chilled Water Pump)</u>

ประสิทธิภาพของระบบ = ประสิทธิภาพของ (Motor) x ประสิทธิภาพของ (Pump)

ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดใหม่) = 90% x 81% = 72.9%

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = [(ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดใหม่) - ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดเดิม)) x Capacity (kW) x ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี]

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = [(72.9% - 26.25%) x (45 x 2) x 3,792]

= 159,207.12 kWh/yr

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = [ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) x อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย(kWh)[1]]

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 159,207.12 x 1.63 = 259,507.60 บาท

วิธีการคำนวณ : (Condenser Water Pump)

ประสิทธิภาพของระบบ = ประสิทธิภาพของ (Motor) x ประสิทธิภาพของ (Pump)

ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดใหม่) = 90% x 79% = 71.1%

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = [(ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดใหม่) - ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดเดิม)) x Capacity (kW) x ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี]

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = [(71.1% -47.25%) x (30 x 2) x 3,792]

= 54,036 kWh/yr

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = [ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) x อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย(kWh)]

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 54,036 x 1.63 = 88,078.68 บาท

วิธีการคำนวณ : (Cooling Tower)

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = (อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW)(ชุดใหม่) -อัตราความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW) (ชุดเดิม) x ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = (40 - 20) x 3,792

= 75,840 kWh/yr

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = [ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) x อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย (kWh)]

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 75,840 x 1.63 = 123,619.20 บาท

การทำการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ Water Cool Water Chiller โดยการทำการล้างชุด Condenser , Cooling Tower และ Ducts (ท่อส่งลม) เป็นประจำปีละ 2 ครั้ง จะสามารถช่วย

---

[1] อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย(kWh) คิดที่ 1.63 บาท ต่อ หน่วย จากอัตราค่าไฟฟ้า (พ.ศ.2534) การไฟฟ้านครหลวง (ประเภทที่ 6 : ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร)

เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยรวมขึ้นได้ อีกประมาณ 7% (ข้อมูลอ้างอิงจาก York Air Conditioning Manual) จะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังรายละเอียดในวิธีการคำนวณต่อไปนี้

วิธีการคำนวณ : การบำรุงรักษา ชุด Condenser , Cooling Tower และ Ducts (ปีละ 2 ครั้ง)

เงินลงทุน (ค่าวัสดุอุปกรณ์ และ ค่าแรงงาน) = 8,000 บาท (รวม 2ครั้ง)

สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ประมาณ = 7 % (จาก York Air Conditioning - Manual)

คิดเป็น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = (ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดเดิม) + 7%) -ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดเดิม)) x Capacity (kW) x ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี

= (((26.25%+7%)-26.25%) x 90 x 3,792) + (((47.25%+7%)-47.25%) x 60 x 3,792) + (((60.18%+7%)-60.18%) x 20 x 3,792)

= 23,889.6 + 15,926.4 + 5,308.8

= 45,124.8 kWh/yr

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 45,124.8 x 1.63 = 73,553.424 บาท

การ สลับการทำงานของ Chiller ในวันหยุดสุดสัปดาห์และวันหยุดราชการ โดยเดินเครื่องทำงาน Chiller เพียงเครื่องเดียว ซึ่งในวันหยุดสุดสัปดาห์และวันหยุดราชการนั้นทางอาคารรับบริจาคโลหิตจะมีการปฏิบัติงานส่วนใหญ่ในฝ่ายรับบริจาคโลหิต (เจาะเก็บโลหิต) โดยที่บุคลากรบางฝ่ายจะไม่ต้องมาปฏิบัติงาน เช่น ฝ่ายประชาสัมพันธ์ , ฝ่ายธุรการ เป็นต้น จะสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ (เนื่องจากการมีภาระในการทำความเย็นน้อย) ดังวิธีการคำนวณต่อไปนี้

วิธีการคำนวณ : สลับการทำงานของ Chiller ในวันหยุดสุดสัปดาห์และวันหยุดราชการ โดยเดินเครื่องทำงาน Chiller เพียงเครื่องเดียว

คิดเป็น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr) = ประสิทธิภาพของระบบ (ชุดเดิม) x Capacity (kW)/2 x ชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยต่อปี (kW/2 เฉพาะที่ Chilled Water Pump และ Condenser Water Pump)

= (26.25% x (90/2) x 3,792) + (47.25% x (60/2) x 3,792) +(60.18% x 20 x 3,792)

= 44,793 + 53,751.6 + 45,640.51 = 144,185.11 kWh/hr

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 144,185.11 x 1.63 = 235,021.72 บาท

จากวิธีการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Water Cool Water Chiller ทั้ง 5 วิธีนั้น สามารถสรุปเป็นแผนอนุรักษ์พลังงานได้ ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 : แผนอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศแบบ Water Cool Water Chiller

แผนอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (รวมค่าใช้จ่าย) (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)
1. เปลี่ยน Water Chiller Pump ชุดใหม่ (2 ชุด) รวมค่าแรงงาน	480,000	159,207.12	259,507.60
2. เปลี่ยน Water Condenser Pump ชุดใหม่ (2 ชุด) รวมค่าแรงงาน	350,000	54,263.52	88,078.68
3. เปลี่ยน Cooling Tower ชุดใหม่ รวมค่าแรงงาน	156,400	75,840	123,619.20
4. ทำการบำรุงรักษา ชุด Condenser , Cooling Tower และ Ducts (ปีละ 2 ครั้ง)	8,000	45,124.8	73,553.424
5.สลับการทำงานของ Chillers ในวันหยุดสุดสัปดาห์และวันหยุดราชการ โดยเดินเครื่องทำงาน Chiller เพียงเครื่องเดียว	-	144,185.11	235,021.72

4.1.1.1 <u>การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของ แผนอนุรักษ์พลังงาน ใน โมดูลระบบปรับอากาศแบบ (Water Cool Water Chiller)</u>

<u>การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)</u>

โดยวิธี Discounted Cash Flow

กรณีการเปลี่ยน Chilled Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Chilled Water Pump (45 kW/2 ชุด) = 480,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 2,000 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Chilled Water Pump ชุดใหม่) = 259,507.60 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ Chilled Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$259,507.60\ SPWF_{n,20\%} = 480,000 + 2,000\ SPWF_{n=20,20\%}$

$= [480,000 + (2,000 \times 4.870)]/259,507.60$

$= 1.887$ (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

$= 2.621$ ปี

กรณีการเปลี่ยน Condenser Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Condenser Water Pump (30 kW/2 ชุด) = 350,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,500 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Condenser Water Pump ชุดใหม่) = 88,078.68 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ Condenser Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$88,078.68\ SPWF_{n,20\%} = 350,000 + 1,500\ SPWF_{n=20,20\%}$

$= [350,000 + (1,500 \times 4.870)]/88,078.68$

$= 4.056$ (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

$= 9.028$ ปี

กรณีการเปลี่ยน Cooling Tower มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Cooling Tower (1 ชุด) = 156,400 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,000 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Cooling Tower ชุดใหม่) = 123,619.20 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ Cooling Tower ที่มีอายุการใช้งาน 15 ปี โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$123{,}619.20\ SPWF_{n,20\%} = 156{,}400 + 1{,}000\ SPWF_{n=15,20\%}$

$= [156{,}400 + (1{,}000 \times 4.675)]/123{,}619.20$

$= 1.426$ (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

$= 1.853$ ปี

การวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Retum)

กรณีการเปลี่ยน Chilled Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Chilled Water Pump (45 kW/2 ชุด) = 480,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 2,000 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Chilled Water Pump ชุดใหม่) = 259,507.60 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของ Chilled Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

$259{,}507.60\ (SPWF,I,20) = 480{,}000 + (2000 \times 20)$

$(SPWF,I,20) = [480{,}000 + (2{,}000 \times 20)]/259{,}507.60$

$= 2.003$

จากสูตร $SPWF = \dfrac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=20

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 49.925%

กรณีการเปลี่ยน Condenser Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Condenser Water Pump (30 kW/2 ชุด) = 350,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,500 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Chilled Water Pump ชุดใหม่) = 88,078.68 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของ Condenser Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

88,078.68 (SPWF,I,20) = 350,000 + (1,500 x20)

(SPWF,I,20) = [350,000 + (1,500 x20)]/ 88,078.68

= 4.3143

จากสูตร $SPWF = \frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=20

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 23.178%

กรณีการเปลี่ยน Cooling Tower มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Cooling Tower (1 ชุด) = 156,400 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,000 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยน Cooling Tower ชุดใหม่) = 123,619.20 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของ Cooling Tower ที่มีอายุการใช้งาน 15 ปี สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

123,619.20 (SPWF,I,15) = 156,400 + (1,000 x15)

(SPWF,I,15) = [156,400 + (1,000 x15)]/ 123,619.20

= 1.3865

จากสูตร $SPWF = \frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=15

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 72.123%

<u>การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)</u>

กรณีการเปลี่ยน (ทดแทน) Chilled Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Chilled Water Pump (45 kW/2 ชุด) = 480,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 2,000 บาท
- ประสิทธิภาพของระบบ (ใหม่) = 72.9%
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 45 kW

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของ Chilled Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด มูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานที่ 10% ของเงินลงทุน มีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 3,792 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = [(480,000 – (480,000 x0.10)] (CRF,20%,20) +
(480,000 x0.10)x0.20
= 98,315.52 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = [(45 kW x2 x0.729) x 3,792 hr/yr] x 1.63 B/kW
= 248,793 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 2,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (98,315.52 + 248,793 + 2,000)
= 349,108.52 บาท

กรณีการเปลี่ยน (ทดแทน) Condenser Water Pump มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Condenser Water Pump (30 kW/2 ชุด) = 350,000 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,500 บาท
- ประสิทธิภาพของระบบ (ใหม่) = 71.1%
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 30 kW

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของ Condenser Water Pump ที่มีอายุการใช้งาน 20 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด มูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานที่ 10% ของเงินลงทุน มีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 3,792 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = [(350,000 – (350,000 x0.10)] (CRF,20%,20) +
(350,000 x0.10)x0.20
= 71,688.4 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = [(30 kW x2 x0.711) x 3,792 hr/yr] x 1.63 B/kW
= 263,679.75 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 1,500 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (71,668.4 + 263,679.75 + 1,500)
= 336,848.15 บาท

กรณีการเปลี่ยน (ทดแทน) Cooling Tower มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา Cooling Tower (1 ชุด) = 156,400 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 1,000 บาท
- ประสิทธิภาพของระบบ (ใหม่) = 73%
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 40 kW

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของ Cooling Tower ที่มีอายุการใช้งาน 15 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด มูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานที่ 10% ของเงินลงทุน มีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 3,792 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = [(156,400 – (156,400 x0.10)] (CRF,20%,15) +
(156,400 x0.10)x0.20
= 33,233.74 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = [(40 kW x1 x0.73) x 3,792 hr/yr] x 1.63 B/kW
= 180,484.03 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 1,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (33,233.74 + 180,484.03 + 1,000)
= 214,717.77 บาท

จากผลของการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Water Cool Water Chiller ด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ทั้ง 3 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)
2. การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Return)
3. การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

สามารถสรุปแผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Water Cool Water Chiller ได้ดังตารางที่ 29

แผนอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (รวมค่าใช้จ่าย) (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (%)	การทดแทนทรัพย์สิน (บาท/ปี)
1. เปลี่ยน Water Chiller Pump ชุดใหม่ (2 ชุด) รวมค่าแรงงาน	480,000	159,207.12	259,507.60	2.621	49.925	349,108.52
2. เปลี่ยน Water Condenser Pump ชุดใหม่ (2 ชุด) รวมค่าแรงงาน	350,000	54,263.52	88,078.68	9.028	23.178	336,848.15
3. เปลี่ยน Cooling Tower ชุดใหม่ รวมค่าแรงงาน	156,400	75,840	123,619.20	1.853	72.123	214,717.77
4. ทำการบำรุงรักษา ชุด Condenser , Cooling Tower และ Ducts (ปีละ 2 ครั้ง)	8,000	45,124.8	73,553.424	-	-	-
5.สลับการทำงานของ Chiller ในวันหยุดสุดสัปดาห์และวันหยุดราชการ โดยเดินเครื่องทำงาน Chiller เพียงเครื่องเดียว	-	144,185.11	235,021.72	-	-	-

ตารางที่ 29 : ผลการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Water Cool Water Chiller

4.1.2 <u>ระบบปรับอากาศแบบ แยกส่วน (Split Type)</u>

เป็นระบบปรับอากาศที่ใช้จ่ายอากาศสำหรับอาคารรับบริจาคโลหิต , อาคารพลาสม่า และ อาคาร 4 ชั้น (อาคารบริหาร) ซึ่งมีทั้งประเภทแยกส่วน และ ประเภทติดหน้าต่าง จำนวน 78 เครื่อง (รวมภาระทำความเย็น 181.37 ตันความเย็น) แบ่งเป็น ประเภทแยกส่วน จำนวน 77 เครื่อง และ ประเภทติดหน้าต่าง จำนวน 1 เครื่อง โดยมีขนาดทำความเย็น ตั้งแต่ 12,000 - 56,250 BTU ซึ่งอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องไม่ทราบแน่ชัด และขาดการทำการบำรุงรักษา อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งพบว่า แผงกรองอากาศของชุดคอยล์เย็นมีฝุ่นจับตัวอยู่มาก รวมทั้งชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) ก็อยู่ในสภาพสกปรก มีฝุ่นจับที่ครีบระบายความร้อน แต่จากการทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง (ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio : EER) การคำนวณแสดงในบทที่ 3 และตารางแสดงค่า ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy Efficiency Ratio : EER) แสดงในตารางที่ 15 , 16 และ 17) พบว่าเครื่องปรับอากาศที่มีใช้อยู่ในแต่ละหน่วยงานที่มีค่า kW/TON เกินกว่า 2.5 ขึ้นไป มีจำนวนทั้งสิ้น 26 เครื่อง (เครื่องปรับอากาศดังกล่าวมีประสิทธิภาพต่ำและอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 30) โดยหากทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศทั้ง 26 เครื่อง เป็นเครื่องปรับอากาศชุดใหม่จะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 40 % หรือ ทำการบำรุงรักษาโดยจัดทำความสะอาดประจำปี (2 ครั้ง/ปี : 6 เดือน/ครั้ง)

ตารางที่ 30 : แสดงรายละเอียดของเครื่องปรับอากาศที่มีค่า kW/TON (เกิน 2.5 ขึ้นไป)

ลำดับที่	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (BTU)	ประเภทเครื่องปรับอากาศ	จำนวน	รวม (BTU)
1	12,000	แยกส่วน	3	36,000
2	20,500	แยกส่วน	2	41,000
3	22,300	แยกส่วน	1	22,300
4	24,000	แยกส่วน	2	48,000
5	25,300	แยกส่วน	1	25,300
6	26,000	แยกส่วน	2	52,000
7	30,000	แยกส่วน	5	150,000
8	30,400	แยกส่วน	1	30,400
9	33,000	แยกส่วน	2	66,000
10	36,000	แยกส่วน	1	36,000
11	37,500	แยกส่วน	2	75,000
12	39,500	แยกส่วน	2	79,000
13	41,300	แยกส่วน	2	82,600
		รวม	26	743,600

การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER และ ค่า kW/TON ต่ำ ด้วยเครื่องปรับอากาศชุดใหม่ ซึ่งจากการสำรวจพบว่ามีเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจำนวน 26 เครื่องตามจุดต่าง ๆ ของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ มีค่า KW/TON ต่ำกว่า 2.5 ซึ่งคิดเป็นภาระการทำความเย็นทั้งหมด 743,600 BTU/hr เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่แล้วจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ เท่ากับ

วิธีการคำนวณ = ((จำนวน BTU/12,000) x kW/TON เครื่องเดิม)) -
((จำนวน BTU/12,000) x kW/TON เครื่องใหม่[2]))

= ((22,300/12,000) x 4.12 + (24,000/12,000) x 7.06
+ (24,000/12,000) x 11.08 + (39,000/12,000) x 4.26
+ (39,500/12,000) x 3.1 + (41,300/12,000) x 4.72
+ (41,300/12,000) x 3.82 + (30,400/12,000) x 2.51
+ (25,300/12,000) x 3.73 + (20,500/12,000) x 5.98
+ (20,500/12,000) x 6.41 + (36,000/12,000) x 11.93
+ (30,000/12,000) x 6.04 + (12,000/12,000) x 3.31
+ (30,000/12,000) x 3.24 + (33,000/12,000) x 3.67
+ (33,000/12,000) x 3.26 + (30,000/12,000) x 3.41
+ (12,000/12,000) x 9.73 + (37,500/12,000) x 5.97
+ (26,000/12,000) x 3.13 + (37,500/12,000) x 3.36
+ (30,000/12,000) x 2.83 + (37,500/12,000) x 5.22
+ (12,000/12,000) x 2.65 + (26,000/12,000) x 2.96)
- ((743,600/12,000) x 1.25)

คิดเป็น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)

= 219.15 kW

= 219.15 x 8 x 280 x 1 (1 ปี เท่ากับ 2,240 ชั่วโมงทำงาน)

= 490,897.12 kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี

= 490,897.12 x 1.63 = 800,162.30 บาท

---

[2] ค่า kW/TON ของเครื่องปรับอากาศเดิม ได้จากตารางที่ 19 ,20 และ 21 ส่วน ค่า kW/TON ของเครื่องปรับอากาศใหม่ ได้จาก York Air Conditioning Systems Manual

(เงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ 26 เครื่อง)[3]

= 1,352,416 บาท (รวมค่าติดตั้ง)

การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนและแบบติดผนัง จำนวนทั้งหมดที่ติดตั้ง 78 เครื่อง คิดเป็นภาระในการทำความเย็นทั้งหมด เท่ากับ 181.37 ตันความเย็น คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ประมาณ 589,078.93 kWh/yr โดยปกติเครื่องปรับอากาศจะไม่มีการบำรุงรักษาทำความสะอาดชุดคอยล์ระบายความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอจะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 31 : แสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

รายละเอียด	สภาพเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษา	สภาพเครื่องปรับอากาศที่มีการบำรุงรักษาสม่ำเสมอ	ผลต่าง
Evap Temp	7.2 °C	7.2 °C	-
Cond Temp	54.5 °C	51 °C	3.4
Ambient	35 °C	35 °C	-
Power (W)	3,700	3,590	110
BTU	27,900	29,340	1,440
BTU/Watt	7.54	8.71	0.63

(ข้อมูลจาก Technical Data ของ Compressor Energy Efficiency)

ผลต่างที่ประหยัดได้ = (0.63) x (100) / 8.17

= 7.7%

ดังนั้น หลังจากทำการบำรุงรักษาโดยการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทั้งหมดแล้ว คาดว่าจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

= 589,078.93 x 0.77 kWh/yr

= 45,359.08 kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 45,359.08 x 1.63 บาท

= 73,935.30 บาท

โดยที่ เงินลงทุนในการทำการทำความสะอาดของเครื่องปรับอากาศจะใช้ค่าใช้จ่ายประมาณ 800 บาท/เครื่อง/ปี ซึ่งคิดเป็นเงินลงทุนทั้งหมด

---

[3] แหล่งข้อมูลของราคาเครื่องปรับอากาศได้จาก York Air Conditioning & Refriguration Inc Co.,Ltd.

= 78 x 800 บาท

= 62,400 บาท

จากวิธีการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโมดูลระบบปรับอากาศแบบ Split Type ทั้งสองวิธีนั้น สามารถสรุปเป็นแผนอนุรักษ์พลังงานได้ ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 : แผนอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศแบบ Split Type

แผนอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (รวมค่าใช้จ่าย) (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)
1. เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง (ที่มีค่า kW มากกว่า 2.5) รวมค่าแรงงาน	1,352,416	490,897.12	800,162.30
2. ทำการบำรุงรักษา ชุด คอยล์ร้อน/เย็น (ล้างทำความสะอาดปีละ 2 ครั้ง) อัตราค่าจ้าง (800 บาท/ชุด/ปี)	62,400	45,359.08	73,935.30

4.1.2.1 <u>การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของ แผนอนุรักษ์พลังงาน ในโมดูลระบบปรับอากาศแบบ (Split Type)</u>

<u>การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)</u>

โดยวิธี Discounted Cash Flow

กรณีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง (ที่มีค่า kW/Ton มากกว่า 2.5)

- ราคาเครื่องปรับอากาศรวม 26 เครื่อง = 1,352,416 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาดคอยล์ร้อน และ คอยล์เย็น) = 800 บาท/ชุด/ปี

= 800 x 26 = 20,800 บาท

- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี (หากทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง)

= 800,162.30 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type ที่มีอายุการใช้งาน 10 ปี โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$800,162.30\ SPWF_{n,20\%} = 1,352,416 + 20,800\ SPWF_{n=10,20\%}$

$= [1,352,416 + (20,800 \times 4.192)]/\ 800,162.30$

= 1.799 (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

= 2.468 ปี

การวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Return)

กรณีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง (ที่มีค่า kW/Ton มากกว่า 2.5) มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

ราคาเครื่องปรับอากาศรวม 26 เครื่อง = 1,352,416 บาท (รวมค่าติดตั้ง)

- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาดคอยล์ร้อน และ คอยล์เย็น) = 800 บาท/ชุด/ปี

= 800 x 26 = 20,800 บาท

- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี (หากทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง)

= 800,162.30 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของ เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type ที่มีอายุการใช้งาน 10 ปี สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

$800,162.30\ (SPWF,I,20) = 1,352,416 + (20,800 \times 20)$

$(SPWF,I,20) = [1,352,416 + (20,800 \times 20)]/\ 800,162.30$

= 2.210

จากสูตร $SPWF = \frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=10

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 45.247%

การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

กรณีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง (ที่มีค่า kW/Ton มากกว่า 2.5) มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคา เครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง = 1,352,416 บาท (รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าบำรุงรักษาประจำปี (ทำความสะอาด,หล่อลื่น ฯลฯ) = 28,000 บาท
- ประสิทธิภาพของระบบ (ใหม่) = 70%
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 219.15 kW

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของ เครื่องปรับอากาศแบบ Split Type ที่มีอายุการใช้งาน 10 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด มูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานที่ 10% ของเงินลงทุน มีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 2,240 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = [(1,352,416 – (1,352,416 x0.10)] (CRF,20%,10)
+ (1,352,416 x0.10)x0.20
= 317,368.75 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = [(219.15 kW x0.70) x 2,240 hr/yr] x 1.63 B/kW
= 560,112.33 บาท

ค่าบำรุงรักษา (ค่าทำความสะอาดประจำปี) = 28,000 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (317,368.75 + 560.112.33 + 28,000)
= 905,481.08 บาท

จากผลของการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Split Type ด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ทั้ง 3 วิธี คือ

4. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)
5. การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Retum)
6. การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

สามารถสรุปแผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Split Type ได้ดังตารางที่ 33

4.1.2.2 สรุปแผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Split Type

แผนอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (รวมค่าใช้จ่าย) (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (%)	การทดแทนทรัพย์สิน (บาท/ปี)
1. เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 26 เครื่อง (ที่มีค่า kW มากกว่า 2.5) รวมค่าแรงงาน	1,352,416	490,897.12	800,162.30	2.468	45.247	905,481.08
2. ทำการบำรุงรักษา ชุด คอยล์ร้อน/เย็น (ล้างทำความสะอาด ปีละ 2 ครั้ง) อัตราค่าจ้าง (800 บาท/ชุด/ปี)	62,400	45,359.08	73,935.30	-	-	-

ตารางที่ 33 : ผลการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในโมดูลระบบปรับอากาศ แบบ Split Type

4.2 โมดูลระบบส่องสว่าง

การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงาน

การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดา ขนาด 40 วัตต์ ที่มีใช้อยู่จำนวน 420 หลอด และ 20 วัตต์ ที่มีใช้อยู่จำนวน 77 หลอด เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน คือ 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ (โดยจากเดิมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ เปลี่ยนมาใช้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน ขนาด 36 วัตต์ และ จากเดิมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์ เปลี่ยนมาใช้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน ขนาด 18 วัตต์) จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 10% คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

$= ((420 \times 40) + (77 \times 22)) \times 0.1 \times 0.9 \times 2{,}240 \times 10^{-3}$

$= 3{,}697.34$ kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี $= 3{,}697.34 \times 1.63$ บาท

$= 6{,}026.66$ บาท

การลงทุนราคาของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน ขนาด 36 วัตต์ ราคา 47 บาท/หลอด และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน ขนาด 18 วัตต์ ราคา 40 บาท/หลอด (โดยมีอายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง)

คิดเป็นเงินลงทุนทั้งหมด $= [(420 \times 47) + (77 \times 40)]$ บาท

$= 22{,}820$ บาท

การเปลี่ยนหลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)

เมื่อหลอดไส้ที่มีใช้อยู่เสีย ควรเปลี่ยนมาใช้หลอดชนิดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน ดังรายละเอียดในตารางที่ 34

ตารางที่ 34: แสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบ หลอดไส้ และ หลอด SL

ขนาดหลอดไส้ (เดิม) (วัตต์)	ขนาดหลอดไส้ SL (ใช้ทดแทน) (วัตต์)	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (%)	ราคาของหลอดไส้ SL (บาท)	จำนวนหลอดไส้ที่ต้องเปลี่ยน (หลอด)
40	9	77.55	425	72
60	13	78.30	430	16
100	25	75.00	490	-

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ((40 x 72 x 0.775) + (60 x 16 x 0.783)) x 0.9 x 2,290 x 10^{-3}

= 6,015.10 kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 6,015.10 x 1.63 บาท

= 9,804.61 บาท

การลงทุน จากการเปลี่ยนจากหลอดไส้ (เดิม) เป็น หลอดประหยัดพลังงาน (คอมแพคบัลลาสต์ภายใน หรือ SL) เมื่อหลอดไส้เดิม เสียจะมีการลงทุนเพิ่มขึ้นดังนี้

หลอด SL ขนาด 9 วัตต์ จำนวน 72 หลอด คิดเป็นเงิน = 30,600 บาท

หลอด SL ขนาด 13 วัตต์ จำนวน 16 หลอด คิดเป็นเงิน = 6,880 บาท

รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น = 37,480 บาท

<u>การเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน</u>

การสำรวจพบว่าในอาคารศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ มีบัลลาสต์ชนิดธรรมดาที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 420 ตัว , 36 วัตต์ จำนวน 1,023 ตัว และ ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 77 ตัว โดยเฉลี่ยบัลลาสต์จะมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้า 10 วัตต์ต่อ 1 ตัว ดังนั้นเมื่อทำการเปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานทั้งหมด จะสามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้ 50 %

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ((420 x 10) + (1,023 x 10) x (77 x 10)) x 0.5 x 0.9 x 2,290 x 10^{-3}

= 15,321.60 kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 15,321.60 x 1.63 บาท

= 24,974.208 บาท

การลงทุน ราคาบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน จะมีราคาที่เพิ่มขึ้นจาก ราคาของบัลลาสต์ชนิดธรรมดา ชุดละประมาณ 50 บาท ในกรณีที่ทำการเปลี่ยนเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานทั้งหมด จำนวน 1,520 ตัว จะรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 76,000 บาท (1,520 X 50)

<u>การปรับปรุงโคมไฟโดยการติดตั้งแผ่น Reflector ประสิทธิภาพสูง และ ทำการลดจำนวนหลอดไฟฟ้า</u>

จากการสำรวจพบว่า อาคารศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ มีการใช้โคมไฟ ชนิด และ ขนาด ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 35

ตารางที่ 35 : แสดงรายละเอียดจำนวนหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง และ ลดจำนวนหลอดไฟ

ลำดับที่	ชนิดของหลอด	ชนิดฝาครอบ (ชุด)						รวมจำนวนโคม (ชุด)	รวม (หลอด)
		ไม่มี	สีนม	ผิวส้ม	ปริซมาติก	ตะแกรง	ก้างปลา		
1	FL40 x 4	4	-	-	-	-	-	4	16
2	FL40 x 2	18	89	-	-	-	-	107	214
3	FL36 x 4	-	236	-	-	-	-	236	944
4	FL36 x 2	8	13	-	-	-	10	31	62
5	FL20 x 4	-	18	-	-	-	-	18	72
รวม		30	356	-	-	-	10	396	1,306

จากการทดสอบและปรับปรุงโคมไฟฟ้าชนิดฝาครอบพลาสติกสีนมขนาด FL40 x 2 วัตต์ จำนวน 4 โคม โดยใส่แผ่นสะท้อนแสง Extra light และ เปลี่ยนฝาครอบจากเดิม เป็นแบบ ปริสมาติก ผลปรากฏว่า โคมไฟชนิดเดิม FL40 x 2 วัตต์ ให้ความสว่างเฉลี่ย 194 LUX เมื่อลดจำนวนหลอดลงเหลือ 1 หลอด แล้วใช้แผ่นสะท้อนแสงแทน ความสว่างเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเป็น 384 LUX และ เมื่อใส่แผ่นปริสมาติก แทนเข้าไป จะให้ความสว่างเฉลี่ยประมาณ 313 LUX (ค่ามาตรฐานบริเวณทำงานไม่ต่ำกว่า 300 LUX) จึงทำให้สามารถลดจำนวนหลอดไฟฟ้าได้ 1 หลอด แต่ยังคงให้แสงสว่างที่มากกว่าเดิม

สำหรับโคมไฟชนิดที่ไม่มีฝาครอบ หรือ ชนิดก้างปลาที่อยู่ในสภาพเก่า การสะท้อนแสงน้อยมาก ถ้าทำการปรับปรุงโดยการลดจำนวนหลอดไฟลง 1 หลอด (สำหรับโคมไฟ ชนิด หลอดคู่ หรือ FL x2) หรือ ลดจำนวนหลอดไฟลง 2 หลอด (สำหรับโคมไฟ ชนิด 4 หลอด หรือ FL x4) แล้วใส่แผ่นสะท้อนแสง จะให้แสงได้ใกล้เคียงกันกับของเดิม ดังนั้นหากทำการปรับปรุงโคมตามแนวทางนี้ จะสามารถลดการใช้หลอดไฟได้ ดังแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 : แสดงรายละเอียดจำนวนหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่ลดลงจากการเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง

ลำดับที่	ชนิดของหลอด	ชนิดฝาครอบ (ชุด)						รวมจำนวนโคม (ชุด)	รวม (หลอด)
		ไม่มี	สีนม	ผิวส้ม	ปรีสมาติก	ตะแกรง	ก้างปลา		
1	FL40 x 4	4	-	-	-	-	-	4	8
2	FL40 x 2	18	89	-	-	-	-	107	107
3	FL36 x 4	-	236	-	-	-	-	236	472
4	FL36 x 2	8	13	-	-	-	10	31	31
5	FL20 x 4	-	18	-	-	-	-	18	36
รวม		30	356	-	-	-	10	396	654

คิดเป็นจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งอาคารที่สามารถลดการใช้งานลงได้

= 1,308 - 654 หลอด

= 654 หลอด

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ((115 x 50) + (503 x 46) x (36 x 30)) x $0.9 \times 2{,}290 \times 10^{-3}$

= 60,415.49 kWh/yr

คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี = 60,415.49 x 1.63 บาท

= 98,037.148 บาท

การลงทุน การปรับปรุงโคมไฟฟ้าชนิดผิวสะท้อนแสงธรรมดาจากเดิม เป็นชนิดผิวสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง โดยการเปลี่ยนใส่แผ่นสะท้อนแสง หรือ เปลี่ยนจากโคมสีขาวเป็นแผ่นปรีสมาติกแทน จะต้องมีการลงทุนดัง ตารางที่ 37

ตารางที่ 37 : แสดงรายละเอียดการลงทุนปรับปรุงโคมไฟ โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง และ แผ่นปรีสมาติก

ลำดับที่	ชนิดของหลอด	จำนวน (ชุด)	การปรับปรุงโคมไฟฟ้า		รวมเงินลงทุน (บาท)
			ใส่แผ่นสะท้อนแสง	ใส่แผ่นปรีสมาติค	
1	FL40 x 4	4	4 x 1,152	-	4,608
2	FL40 x 2	107	107 x 576	89 x 128	73,024
3	FL36 x 4	236	236 x 1,152	236 x 240	328,512
4	FL36 x 2	31	31 x 576	31 x 128	19,520
5	FL20 x 4	18	18 x 630	18 x 128	13,644
	รวม	396	367,308	72,000	439,306

รวมเป็นจำนวนแผ่นสะท้อนแสงที่โคมที่ติดตั้ง = 396 ชุด

รวมเป็นจำนวนแผ่นปรีสมาติกที่โคมที่ติดตั้ง = 396 ชุด

จากวิธีการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโมดูลระบบส่องสว่าง ทั้ง 4 วิธี นั้นสามารถสรุปเป็นแผนอนุรักษ์พลังงานได้ดังแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 : แผนอนุรักษ์พลังงานของระบบส่องสว่าง

แผนการอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)
1. เปลี่ยนการใช้หลอดไฟฟ้าชนิดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาเป็น หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน	22,820	3,697.34	6,026.66
2. เปลี่ยนการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)	37,480	6,015.10	9,804.61
3. เปลี่ยนการใช้บัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน	76,000	15,321.60	24,974.208
4. ปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรีสมาติคแทนโคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า	439,306	60,415.49	98,037.148

4.2.1 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ของแผนอนุรักษ์พลังงาน ใน โมดูลระบบส่องสว่าง

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)

โดยวิธี Discounted Cash Flow

กรณีการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงาน

- ราคาหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน รวม = 22,820 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงาน)

= 6,026.66 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงานที่มีอายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) และคิดค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 5% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น) โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$$6{,}026.66\ SPWF_{n,20\%} = 22{,}820 + (22{,}820 \times 0.05)\ SPWF_{n=3,20\%}$$

$$= [22{,}820 + (22{,}820 \times 0.05 \times 2.106)] / 6{,}026.66$$

$$= 4.185$$ (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

$$= 9.957$$ ปี

กรณีการเปลี่ยนการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)

- ราคาหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) รวม = 37,480 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนใส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL))

= 9,804.61 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ หลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) ที่มีอายุการใช้งาน 8,000 ชั่วโมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) และคิดค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 1% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจากการชำรุดของ หลอดไฟฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นน้อยกว่า หลอดไฟฟ้าประเภทอื่น) โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$9{,}804.61\ SPWF_{n,20\%}$ = 37,480 + (37,480 x 0.05) $SPWF_{n=3,20\%}$

= [37,480 + (37,480 x 0.01x2.106)]/ 9,804.61

= 3.903 (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

= 8.34 ปี

กรณีการเปลี่ยนการใช้บัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน

- ราคาบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานรวม = 76,000 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน)

= 24,974.208 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ บัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานที่มีอายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) และคิดค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 5% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น) โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$24{,}974.208\ SPWF_{n,20\%}$ = 76,000+ (76,000x 0.05) $SPWF_{n=3,20\%}$

= [76,000+ (76,000x 0.05x2.106)]/ 24,974.208

= 3.363 (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

= 5.132 ปี

กรณีปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรีสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า

- เงินลงทุนรวม (ค่า Reflector และ Prismatic) = 439,306 บาท
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรีสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า)

= 98,037.148 บาท

การคิดระยะเวลาคืนทุนของ Reflector และ Prismatic ที่มีอายุการใช้งาน 10 ปี และคิดค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 5% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมด

อายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น) โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย เท่ากับ 20% โดยวิธี Discounted Cash Flow จะสามารถคืนทุนภายในระยะเวลาเท่ากับ

$98{,}037.148 SPWF_{n,20\%}$ = 439,306+ (439,306x 0.05) $SPWF_{n=10,20\%}$

= [439,306+ (439,306x 0.05x4.192)]/ 98,037.148

= 5.420 (นำค่าที่ได้เทียบหาค่า n จากตารางดอกเบี้ย)

= มากกว่า 20 ปี

<u>การวิเคราะห์หาอัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Retum)</u>

กรณีการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงานมีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคาหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน รวม = 22,820 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 5% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงาน)

= 6,026.66 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงานที่มีอายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

6,026.66 (SPWF,i,3) = 22,820+ (22,820x0.05 x3)

(SPWF,i,3) = [22,820+ (22,820x0.05 x3)]/ 6,026.66

= 4.354

จากสูตร $SPWF = \frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=3

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 22.964%

กรณีการเปลี่ยนการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคาหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) รวม = 37,480 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 1% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจากการเปลี่ยน หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL))

= 9,804.61 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) ที่มีอายุการใช้งาน 8,000 ชั่ว-โมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

$9,804.61\ (SPWF,i,3) = 37,480 + (37,480 \times 0.01 \times 3)$

$(SPWF,i,3) = [37,480 + (37,480 \times 0.01 \times 3)] / 9,804.61$

$= 3.937$

จากสูตร $SPWF = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$ โดย n=3

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 25.397%

กรณีการเปลี่ยนการใช้บัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน

- ราคาบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานรวม = 76,000 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 5% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจากการเปลี่ยน อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น)
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการเปลี่ยนบัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน)

= 24,974.208 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน ที่มีอายุการใช้งาน 7,500 ชั่วโมง คิดเป็น 3 ปี โดยประมาณ (จากชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 2,240 ชั่วโมง/ปี) สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

24,974.208 (SPWF,i,3) = 76,000+ (76,000x0.05 x3)

(SPWF,i,3) = [76,000+ (76,000x0.05 x3)]/ 24,974.208

= 3.499

จากสูตร SPWF = $\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=3

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 28.574%

กรณีปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรีสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า

- เงินลงทุนรวม (ค่า Reflector และ Prismatic) = 439,306 บาท
- ค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 5% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- จำนวนเงินที่คิดว่าจะสามารถประหยัดได้ต่อปี

(หากทำการปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรีสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า)

= 98,037.148 บาท

การคิดอัตราผลตอบแทนของบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน ที่มีอายุการใช้งาน 10ปี สามารถหาอัตราผลตอบแทนได้เท่ากับ

98,037.148 (SPWF,i,10) = 439,306+ (439,306x0.05 x10)

(SPWF,i,10) = [439,306+ (439,306x0.05 x10)]/ 98,037.148

= 6.712

จากสูตร SPWF = $\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$ โดย n=3

(หมายเหตุ: เนื่องจาก ค่า SPWF ไม่สามารถหาค่าได้ จากตารางดอกเบี้ย จึงใช้วิธีแทนค่าสูตร ดังกล่าวด้วย ค่า n)

ดังนั้นอัตราผลตอบแทนของการลงทุน = 14.877%

การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

กรณีการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดธรรมดาเป็นชนิดประหยัดพลังงานมีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคาหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน รวม = 22,820 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 5% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 90%ของโหลดเดิม (หลอดธรรมดา)

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน ที่มีอายุการใช้งาน 3 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด ไม่มีมูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานมีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 2,240 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = (22,820) (CRF,20%,3)

= 10,833.33 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = $[((420 \times 40) + (77 \times 22)) \times 0.1 \times 0.9 \times 2,240 \times 10^{-3}] \times 1.63$ B/kW

= 6,026.66 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 28,000 x 0.05 = 1,400 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (10,833.33 + 6,026.66+ 1,400)

= 18,259.99 บาท

กรณีการเปลี่ยนการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)มีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคาหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) รวม = 37,480 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 1% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจากการเปลี่ยน หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 70%ของโหลดเดิม (หลอดไส้)

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL) ที่มีอายุการใช้งาน 3 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด ไม่มีมูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานมีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 2,240 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = (37,480) (CRF,20%,3)

= 17,792.88 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี = $[((40 \times 72 \times 0.775) + (60 \times 16 \times 0.783)) \times 0.9 \times 2,290 \times 10^{-3}]$

x 1.63 B/kW = 9,804.61 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 37,480x 0.05 = 1,740 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (17,792.88+ 9,804.61+ 1,740)

= 29,337.49 บาท

กรณีการเปลี่ยนการใช้บัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานมีค่าใช้จ่าย ดังนี้

- ราคาบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงานรวม = 76,000 บาท
- ค่าบำรุงรักษาคิดที่ 5% มูลค่าการลงทุน (เนื่องมาจากการเปลี่ยน อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น)
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 50%ของโหลดเดิม (บัลลาสต์ธรรมดา)

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน ที่มีอายุการใช้งาน 3 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด ไม่มีมูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานมีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 2,240 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = (76,000) (CRF,20%,3)

= 36,079.48 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี= $[((420 \times 10) + (1,023 \times 10) \times (77 \times 10)) \times 0.5 \times 0.9 \times 2,290 \times 10^{-3}]$ x 1.63 B/kW = 24,974.208 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 76,000x 0.05 = 3,800 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (36,079.48 + 24,974.208+ 3,800)

= 64,853.68 บาท

กรณีปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปริสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า

- เงินลงทุนรวม (ค่า Reflector และ Prismatic) = 439,306 บาท
- ค่าบำรุงรักษาประจำปีที่ 5% ของมูลค่าเงินลงทุน (เนื่องมาจาก การเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างที่อาจจะหมดอายุการใช้งาน เช่น สตาร์ตเตอร์ , บัลลาสต์ หรือ หลอดไฟฟ้า เป็นต้น)
- อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า = 70%ของโหลดเดิม

การคิดค่าใช้จ่ายต่อปี ของค่า Reflector และ Prismatic ที่มีอายุการใช้งาน 3 ปี สามารถหาได้เท่ากับ (หมายเหตุ : คิด ไม่มีมูลค่าสุดท้ายเมื่อหมดอายุการใช้งานมีชั่วโมงในการทำงานเฉลี่ย เท่ากับ 2,240 ชั่วโมง ต่อ ปี)

ค่าเสื่อมราคารวมดอกเบี้ยต่อปี = (439,306) (CRF,20%,3)

= 208,551.73 บาท

ค่าไฟฟ้าต่อปี= $[((115 \times 50) + (503 \times 46) \times (36 \times 30)) \times 0.9 \times 2,290 \times 10^{-3}]$ x 1.63 B/kW = 98,037.148 บาท

ค่าบำรุงรักษา = 439,306x 0.05 = 21,965.3 บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปี = (208,551.73 + 98,037.148+ 21,965.3)

= 328,554.178 บาท

จากผลของการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบส่องสว่าง ด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ทั้ง 3 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period Analysis)
2. การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน (Determination of Rate of Return)
3. การวิเคราะห์การทดแทนของทรัพย์สิน (Evaluate of Replacement)

สามารถสรุปแผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบส่องสว่างได้ดังตารางที่ 39

4.2.1.2 สรุปแผนการอนุรักษ์พลังงานในโมดูลระบบส่องสว่าง

แผนอนุรักษ์พลังงาน	เงินลงทุน (รวมค่าใช้จ่าย) (บาท)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kWh/yr)	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ต่อปี (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (%)	การทดแทนทรัพย์สิน (บาท/ปี)
1. เปลี่ยนการใช้หลอดไฟฟ้าชนิดฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาเป็น หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดประหยัดพลังงาน	22,820	3,697.34	6,026.66	9.957	22.964	18,259.99
2. เปลี่ยนการใช้หลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคบัลลาสต์ภายใน (SL)	37,480	6,015.10	9,804.61	8.340	25.397	29,337.49
3. เปลี่ยนการใช้บัลลาสต์ชนิดธรรมดาเป็นบัลลาสต์ชนิดประหยัดพลังงาน	76,000	15,321.60	24,974.208	5.132	28.574	64,853.68
4. ปรับปรุงโคมไฟฟ้าโดยติดตั้งแผ่น Reflector ชนิดประสิทธิภาพสูง และทำการใส่แผ่นปรับสมาติคแทน โคมสีขาว และลดจำนวนการใช้หลอดไฟฟ้า	439,306	60,415.49	98,037.148	>20	14.877	328,554.178

ตารางที่ 39 : ผลการวิเคราะห์แผนการอนุรักษ์พลังงานโดยวิธีทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในโมดูลระบบส่องสว่าง