

전동차 수명 주기 비용에 대한 고찰

Investigation into Life Cycle Cost of Electric Multiple Unit (EMU)

박 중 목*
Park, Jong-Mok

김 필 환**
Kim, Phil-Hwan

이 중 권***
Lee Jong-Kwon

ABSTRACT

New Electric Multiple Units that will be released in the rolling stock market are required to meet regulations of reinforced safety and conveniences for passengers. For those reasons, Vehicle purchasing cost to be increased will be unavoidable. However, The reduction of operating cost by employing effective and efficient design on the EMU at initial phase will be expected. Hence, Vehicle purchasing shall be determined to take into consideration of purchasing cost vehicle at first stage and operation cost appropriately.

In order for introducing method to presume such costs, this document will show Life Cycle Cost on vehicle and its applicability.

신규로 투입되는 전동차는 강화된 안전성과 승객 편의성 규격이 요구되며 이로 인해 차량 초기 구입 비용 증가가 불가피할 것으로 예상되나 효율적인 설계를 통한 운영비 절감 등 또한 예상된다. 따라서 차량 구입은 초기 구입 비용, 운영 비용을 고려하여 결정되어야 하며, 이러한 비용 추정의 한 방법으로써 차량 수명 주기 비용(Life Cycle)과 그 적용 가능성을 제시하고자 한다.

*로템㈜ 기본설계 팀 팀장, 정 회원

**로템㈜ 기본설계 팀 과장 비회원

***로템㈜ 기본설계 팀 팀원 비회원

1. 서론

앞으로 국내/외 적으로 철도차량의 안전성, 승객을 위한 편의성 그리고 시행 청이 차량을 운영함에 있어 들어가는 경제적인 요인이 차량을 생산하는데 매우 중요한 요소가 되고 있다. 본 장에서는 수명주기비용의 개념, 구성 등 관련 용어 및 사항들을 알아보고 현재 적용 사례를 통해서 수요자 측면에서 경쟁적인 프로젝트의 비교, 장기적인 예산기획 및 관리 과 차량 공급자를 위한 경쟁적인 입찰의 선택문제 및 현재 진행중인 프로젝트의 관리를 위해 수명주기비용분석의 의미와 중요성을 알아보려고 한다.

2. 본문

2.1 수명 주기 비용 (LCC, Life Cycle Cost)

기본개념: 철도 운영회사는 제품이 사용되는 기간동안에 운영을 하는데 신뢰 할 수 있고 유지보수가 용이한 제품을 원한다. 그래서 구입 결정시 초기 구입단가 뿐 아니라 운영 및 유지보수 비용을 고려하는데 이때 수명주기비용은 사업을 관리하고 다른 대안요소를 비교 평가하는데 이용된다. 여기서는 여러 분야 가운데 철도차량에 대한 수명주기비용 내용을 말하고 있으며 수명주기비용에 대한 기초비용을 같이 하는 RAM (Reliability Availability Maintenance)에 초점을 두고 있다.

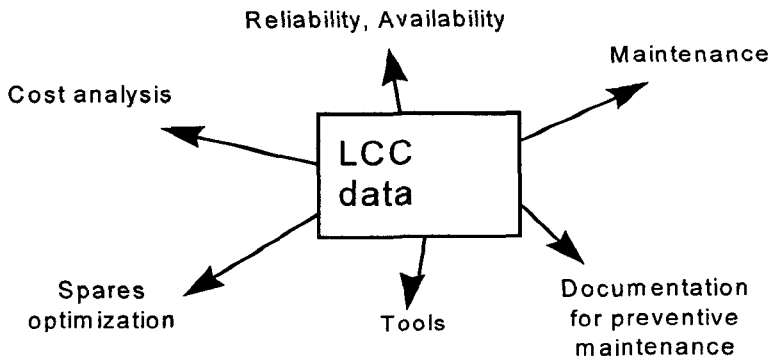


그림1
LCC
DATA

2.2 일
반구성:
수명주
기비용
은 여러
가지 측
면으로
구성되

어 있는데, 이를 알아보면 투자(Investment), 보수유지(Maintenance) 운영비용(Operating Cost) 수명종료비용(End of Life Cost) 이 요소들이 전동차 한 시스템에 대한 총 수명 비용을 구성한다.

투자(Investment)

- 차량 구입비용
- 특수 정비 공구 및 시설 구입비용
- 예비부품 및 교체 부품 (Line Replaceable Units)
- 운전자 및 정비 요원 교육비용
- 문서관리 비용

정비 (Maintenance)

- 예방정비

- 고장정비

운영비용 (Operating Costs)

- 전기료 혹은 자연 연료 비용
- 철도 사용비용
- 운영요원 인건비

수명종료차량비용 (End of Life Costs)

- 폐기처분 비용

2.3. 고장정비 (C.M, Corrective Maintenance, IEC 191-07-08)

정의: 고장 발생을 인식한 후 수행하는 정비로써 요구되는 기능을 수행하기 위한 상태로 만들어 놓은 것을 의미한다.

산출: 보통 두 가지 단계 정비 모형이 고장정비 비용 해석에 이용이 된다.

1. 차량이 가능한 빨리 가동되기 위해서 정비기지 수준의 예비부품 보관소로부터 고장 난 부속품을 손상되지 않은 제품으로 교체하는 경우
2. 수리될 수 있는 부품이 중앙 작업 소 수준 (Central Workshop level) 에서 수리되는 경우.

참조- C W S(Central Workshop level): Component Workshop Level로도 불리 운다.

L R U(Line Replaceable Unit)란 정비기지에서 교체되는 구성단위를 말하며 LRU의 정의 와 교체될 사유는 정비와 운영성에 따라 영향을 받는다.

LRU가 수리되지 못할 시 예비 품 보관소에서 새로운 부품이 교체되며 고장 난 LRU는 규정에 의해 처리된다. 이때에 발생하는 비용은 정비공의 인건비, 새 부품에 대한 비용, 사용이 불가한 부품의 처리비용으로 나누어 진다.

반면에 수리 가능한 LRU가 수리를 위해 CWS(Central Workshop Level)로 보내진 후에는 다음과 같이 나누어진다.

- 운영기지 내에서 이루어지는 수리.
- 운전자가 소속된 CWS에서 수행되는 수리.
- 제조업자에 의한 수리.
- 특별 정비기지에서 이루어지는 수리.

이때 일어나는 비용은 인건비와 LRU 수리에 관련된 비용이다.

후자의 경우 운송비용, 보관비용, 인건비 및 정비 시에 들어가는 재료가 포함된 실제 수리비용으로 구성된다.

고장정비비용은 다음과 같이 표현된다.

고장정비비용(Corrective Maintenance Costs)=고장률*(교체시간*급여+수리에 필요한 재료비용)

실제적으로 아주 많은 정보를 부정확한 양식에 적용해야 하기 때문에 고장정비 비용산출은 대단히 어렵다. 고장률과 관련하여 유사한 시스템으로부터 비교가 가능한 현장 데이터가 필요하며 정비사의 임금, 새 부품가격, 주행거리에 대한 정보도 포함 되어야 한다.

2.4. 예방정비 (Preventive Maintenance, IEC 191-07-07)

정해진 기간 이나 정해진 기준에 따라 행해지는 정비로써 고장 발생률과 기능저하를 줄인

것을 의미한다.

예방정비 비용산출: 예방정비 비용 산출은 고장정비 비용 산출 보다 다소 간단한 편이고 이는 문제가 되는 차량에 수행되는 개별 정비를 구술 및 기재하는 간격계획 즉 운행거리나 일정에 의한 시간에 기초로 한다.

- 주간정비(Weekly Maintenance)
- 분기정비(Quarterly Maintenance)
- 연간정비(Yearly Maintenance)
- 주요 정밀검사 (5년에 한번)
- 대대적 정밀검사 (15년에 한번)

상위 정비개념이 하위에서 수행되는 개념을 포괄하는데 즉 연간정비는 일반적 주간정비나 분기정비를 포함하는 것 말한다. 그러나 만약 매 5년마다 점검하는 품목이 15년 후에 교체가 되었다면 이는 매 15년에 시행되는 정비&점검에는 해당하지 않는다. 이와 같은 사항으로 간혹 혼란을 일으키는 경우가 있다. 예방정비 비용 처리 시 개별 수행에 대한 요구된 시간, 빈도(횟수), 결정된 필요소비품목이 구분되어야 한다.

모든 간격이 전부 결정되며 요구된 행위가 포함되고 전체시스템의 최적화 및 중복된 작업이 제거가 되면 수명주기 동안 얼마나 자주 간격이 발생하였는지 또는 간격의 비용에 수치를 곱하는 일은 수월한 문제가 된다.

개별정비 행위, 기간, 인력, 재료가격은 협력업체로부터 얻어지며 이때 예방정비 인지 고장정비인지를 문의해야 한다. 또 다른 정보를 얻는 방법으로 예방정비와 관련된 운전사의 계획 및 자료를 이용하는 것으로 이때 고정비가 자료에 포함되었는지가 중요하며 그렇지 않은 경우 다른 산출과 비교 할 수 없다.

정비공수 (Maintenance man-hours)

주어진 정비수행 및 IEC 50 191-08-02의 시간 간격을 기준으로 모든 정비 인력에 의해 사용된 각 개별적 정비시간을 축적한 자료를 의미한다.

2.5. 가정 (Assumption)

초기투자 비용 즉 LRU (Line Replaceable Unit) 구입비용, 정비 시설, 특수 장비&도구 등의 요소가 LRU전체 비용에 영향을 미치고 입찰단계에서 이러한 자료를 예측하기란 무리가 있으며 초기 투자비용을 계산하기 위해서 몇 가지 조건을 가지고 추측을 하게 된다.

수명주기비용 분석상의 정비 비용은 고장 발견, 수리와 더불어 고장정비 및 예방정비에 대한 기능확인을 토대로 한 시간을 기초로 한다. 한 품목의 고장정비비용은 고장률(Failure rate)과 수리에 걸리는 총시간에 따라 달라지는데 각 품목에 대한 고장률은 LRU의 수명을 토대로 일정하다. 실제 정비시간은 다소 수명주기비용 정비시간과는 다르며 정비조직의 효율성, 정비공들의 정비수행능력, 정비 창 내의 설치된 정비시설 및 특수 장비 & 공구에 따라 좌우되며 그러한 요소들은 본 수명주기비용분석에 고려되지 않는다.

에너지 소비비율은 운영조건 즉 승객이 얼마나 승차하는가의 정도, 보조동력의 사양, 운영시간등에 의해 좌우된다.

연간 정비비용과 에너지 소비비용은 LRU 을 통해 일정하며 한편으로는 이 비용들이 향후 운영 중에 발생하게 될 비용이기 때문에 미래예상비용이 된다. 이 미래예상비용은 재화의 시간에 대한 가치로 인하여 할인 되어야 하며 이를 위해서는 에너지 소비비용 및 정비비용 등과 같은 매년 발생하는 비용이 고려된 할인율로부터 얻어진 Uniform Present Worth Factor이 사용된다.

3. 실제적용 사례

본 사례는 영국의 한 컨설팅 회사에 의해 만들어진 것으로 수명주기비용의 해석에서 필수요

건 인 데이터를 제공하며 UNLIFE 즉 구조, 신뢰성, 정비, 정비도구 및 예비부품의 데이터를 통합시킬 수 있는 프로그램을 사용하고 있다.

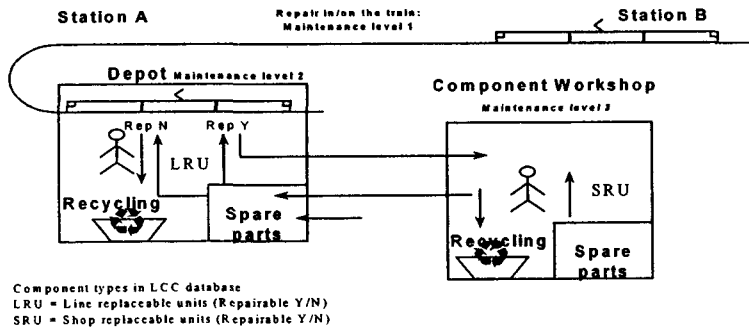


그림2 정비 조직도

UNILIFE STRUCTURE

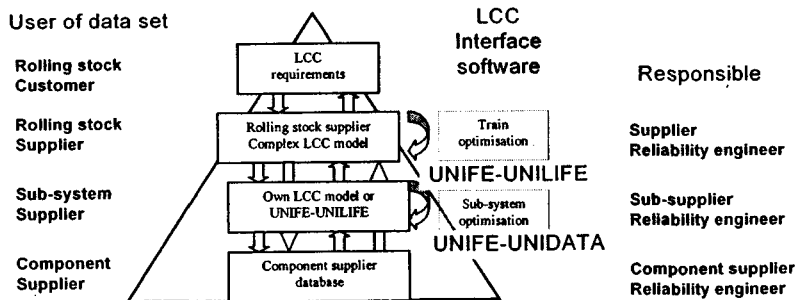


그림3 Management of LCC data during tender

도표 1. GLOBAL DATA

UNIFE-UNILIFE

Revision 0
Global data

Project: Rotem LCC
Sub-syst. Supplier: 0
Equipment: 00-01-00

| Parameter | Value | Unit, comments |
|---|------------|-----------------------|
| Personnel Costs | | |
| Original manhour cost | 35 | Cost |
| Manhour cost unit | Pounds/h | Unit |
| Life cycle and economy | | |
| Number of trains/plants/lines | 83 | |
| Operating distance | 1,200,000 | km/y |
| Discount rate (interest rate - inflation) | 4% | Percentage |
| Life Cycle length (used in calcs) | 25 | Years |
| Product Life Cycle (for info only) | | Years |
| Present value factor (calculated) | 15.62 | |
| Covered distance during life (calculated) | 39,000,000 | km |
| Revenue operating time per year | | h (not incl in calcs) |
| Powered time per year this system | 4,000 | h (used in calcs) |
| Remarks: other syst with powered time (h) | | |

Train/project configuration

| Car/unit/type | Number | Name |
|----------------|--------|------|
| CAR/UNIT/TYP 1 | 2 | Tc |
| CAR/UNIT/TYP 2 | 3 | M1 |
| CAR/UNIT/TYP 3 | 2 | M2 |
| CAR/UNIT/TYP 4 | 1 | T1 |
| CAR/UNIT/TYP 5 | 1 | T2 |
| CAR/UNIT/TYP 6 | 1 | T1' |

Skill categories

| Skill cat no | Code | Description |
|--------------|------|-------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |

Failure categories

| Failure category number | Code | Description | Penalty cost per fail | Unit |
|-------------------------|----------|---------------------------------|-----------------------|--------|
| 1 | Sif | Example: Stopping fault >10 min | 0 | Pounds |
| 2 | UWV | Example: Unpl Workshop visit | 0 | Pounds |
| 3 | The rest | Example: The rest | 0 | Pounds |
| 4 | | | | Pounds |
| 5 | | | | Pounds |
| 6 | | | | Pounds |
| 7 | | | | Pounds |
| 8 | | | | Pounds |
| 9 | | | | Pounds |
| 10 | | | | Pounds |

PM Fixed intervals

| PM number | PM Name | Description | Interval | Unit [km/d/m/y] |
|-----------|----------|----------------------|----------|-----------------|
| 1 | Daily | Service Check | 3 | d |
| 2 | Monthly | Balanced Examination | 3 | m |
| 3 | 2 Yearly | Heavy Maintenance | 2 | y |
| 4 | 4 Yearly | Heavy Maintenance | 4 | y |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |

도표 2-1. Equipment data Corrective Maintenance

UNIFE-UNILIFE

Revision 0

Project: Rotem LCC

Sub-syst.: 00-01-00

Equipment 0

| Identity | | STRUCTURE, SCOPE OF SUPPLY | | | | | | CORRECTIVE MAINTENANCE | | | | | | Skill Category | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|----------------|-------|-------|----------------|------------------|------------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------------------------|------------|----------------|--------------|----------|------|------|-----------|
| | | Qty.(no.) in superior identity | Cart/unit/type | | | Total in train | Spare Part Price | Exch-able | Fraction by exchange | Repair-able | Failure rate | F/R unit [FPMKM, H, FPMH, FIT] | MMH [manh] | | MTTR [h] | | | | |
| Identity | Name | QTY.1 | QTY.2 | QTY.3 | QTY.4 | QTY.5 | QTY.6 | QTY.7 | QTY.8 | QTY.9 | PRICE | Y/N | EXCH. FRAZ | REPAIRABLE | FAILURE RATE | F/R UNIT | MMH | MTTR | SKILL CAT |
| This row shall not be used for data entry | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Bogie Frame | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 10 | 2000 | Y | 1.00 | Y | 0.0001 | FPMKM | 4 | 4 | |
| 3.01 | Wheelset | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 6 | 6 | |
| 3.01.01 | Axle | 3.1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 250 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 6 | 6 | |
| 3.01.02 | Axle Bearing & Seal | 3.1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 40 | 150 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 2 | 2 | |
| 3.01.03 | Axle Box | 3.1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 40 | 150 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 2 | 2 | |
| 3.01.04 | Wheel | 3.1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 40 | 150 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 6 | 6 | |
| 3.02 | Primary Suspension | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 1 | 1 | |
| 3.02.01 | Axle Spring (Rubber Chevron) | 3.2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80 | 100 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | | | |
| 3.03 | Secondary Suspension | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | | | |
| 3.03.01 | Air Spring (Bag) | 3.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 350 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 1.5 | 1.5 | |
| 3.03.02 | Levelling Valve | 3.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 60 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.25 | 0.25 | |
| 3.03.03 | Levelling Valve Rod | 3.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 30 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.25 | 0.25 | |
| 3.03.04 | Differential Pressure Valve | 3.3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 20 | 120 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.25 | 0.25 | |
| 3.04 | Centre Pivot (Steel Structure) | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 300 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 5 | 5 | |
| 3.04.01 | Centre Pivot Support Rubber | 3.4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 40 | 120 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 2 | 2 | |
| 3.04.02 | Centre Plate Bush | 3.4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 100 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 2 | 2 | |
| 3.04.03 | Lateral Damper | 3.4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 200 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.25 | 0.25 | |
| 3.04.04 | Lateral Buffer | 3.4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | 100 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 0.5 | 0.5 | |
| 3.05 | Brakes | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | | | |
| 3.05.01 | Disk Brake Assembly (Front) | 3.5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | 300 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 0.6 | 0.6 | |
| 3.05.02 | Disk Brake Assembly (Rear) | 3.5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 20 | 300 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 0.6 | 0.6 | |
| 3.05.03 | Brake Cylinder (WOPB) | 3.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 30 | 600 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.5 | 0.5 | |
| 3.05.04 | Brake Cylinder (WPB) | 3.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 700 | Y | 1.00 | Y | 0.015 | FPMKM | 0.5 | 0.5 | |
| 3.05.05 | Brake Lining Head Assembly | 3.5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 80 | 100 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 0.5 | 0.5 | |
| 3.05.06 | Brake Pad | 3.5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 80 | 30 | Y | 1.00 | Y | 0.005 | FPMKM | 0.12 | 0.12 | |

도표 2-2 Equipment data Corrective Maintenance

UNIFE-UNILIFE

Revision 0
 Project: Rotem LCC
 Sub-syst.:00-01-00

| Equipment ID | Name | Sum Failrate | CM Manth Cost | CM Mtrl Cost | CM Cost | Failure Penalty Cost | PM Cost | Maintenance Cost | Maintenance Cost % |
|---|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|------------------|--------------------|
| Identity | | Fpmh | Pounds All Tr | Pounds All Tr | Pounds All Tr | Pounds All Tr | Pounds All Tr | Pounds All Tr | Percent |
| UNIT | NAME | FAILURE/F | CM MANTH COST | CM MTRL COST | CM COST | FAIL PEN | PM COST | M.COST | M.COST % |
| This row shall not be used for data entry | | | | | | | | | |
| 3 | Bogie Frame | 0.30 | 349 | 4,980 | 5,329 | 0 | 4,731,000 | 4,736,329 | 9% |
| 3.01 | Wheelset | 30.00 | 52,290 | 0 | 52,290 | 0 | 0 | 52,290 | 0% |
| 3.01.01 | Axle | 30.00 | 52,290 | 62,250 | 114,540 | 0 | 2,838,600 | 2,953,140 | 6% |
| 3.01.02 | Axle Bearing & Seal | 60.00 | 34,860 | 74,700 | 109,560 | 0 | 2,290,800 | 2,400,360 | 5% |
| 3.01.03 | Axle Box | 60.00 | 34,860 | 74,700 | 109,560 | 0 | 2,290,800 | 2,400,360 | 5% |
| 3.01.04 | Wheel | 60.00 | 104,580 | 74,700 | 179,280 | 0 | 896,400 | 1,075,680 | 2% |
| 3.02 | Primary Suspension | 60.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| 3.02.01 | Axle Spring (Rubber, Chevron) | 120.00 | 34,860 | 99,600 | 134,460 | 0 | 3,984,000 | 4,118,460 | 8% |
| 3.03 | Secondary Suspension | 30.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| 3.03.01 | Air Spring (Bag) | 90.00 | 39,218 | 261,450 | 300,668 | 0 | 2,440,200 | 2,740,868 | 5% |
| 3.03.02 | Levelling Valve | 90.00 | 6,536 | 44,820 | 51,356 | 0 | 876,480 | 927,836 | 2% |
| 3.03.03 | Levelling Valve Rod | 90.00 | 6,536 | 22,410 | 28,946 | 0 | 263,940 | 292,886 | 1% |
| 3.03.04 | Differential Pressure Valve | 15.00 | 21,788 | 37,350 | 59,138 | 0 | 1,404,360 | 1,500,536 | 3% |
| 3.04 | Centre Pivot (Steel Structure) | 60.00 | 34,860 | 59,760 | 94,620 | 0 | 796,800 | 855,936 | 2% |
| 3.04.01 | Centre Pivot Support Rubber | 15.00 | 8,715 | 12,450 | 21,165 | 0 | 2,111,520 | 2,206,140 | 4% |
| 3.04.02 | Centre Plate Bush | 45.00 | 3,268 | 74,700 | 77,968 | 0 | 498,000 | 519,165 | 1% |
| 3.04.03 | Lateral Damper | 30.00 | 4,358 | 24,900 | 29,258 | 0 | 821,700 | 895,668 | 2% |
| 3.04.04 | Lateral Buffer | 15.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 647,400 | 676,658 | 1% |
| 3.05 | Brakes | 30.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| 3.05.01 | Disk Brake Assembly (Front) | 30.00 | 5,229 | 74,700 | 79,929 | 0 | 2,290,800 | 2,370,729 | 4% |
| 3.05.02 | Disk Brake Assembly (Rear) | 30.00 | 5,229 | 74,700 | 79,929 | 0 | 2,290,800 | 2,370,729 | 4% |
| 3.05.03 | Brake Cylinder (WOPB) | 135.00 | 19,609 | 672,300 | 691,909 | 0 | 5,826,600 | 6,518,509 | 12% |
| 3.05.04 | Brake Cylinder (WPB) | 45.00 | 6,536 | 261,450 | 267,986 | 0 | 2,091,600 | 2,359,586 | 4% |
| 3.05.05 | Brake Lining Head Assembly | 120.00 | 17,430 | 99,600 | 117,030 | 0 | 5,378,400 | 5,495,430 | 10% |
| 3.05.06 | Brake Pad | 120.00 | 4,183 | 29,880 | 34,063 | 0 | 5,719,032 | 5,753,095 | 11% |
| SUM | | | 504,119 | 2,231,040 | 2,735,159 | 0 | 50,489,232 | 53,224,391 | 100% |

도표 3-1 Equipment data Preventive Maintenance

UNIFE-JUNILIFE

Revision 0

Project: Rotem LOC

Sub-syst. Suppl: 00-01-00

Equipment: 0

Identity: Name

PREVENTIVE MAINTENANCE

| PL_CODE | Name | PL_QTY_TOTAL | Spare Part Price Pounds | Preventive Maintenance | | | Interval unit [km/d/m/y] | PM/MMH [manh] | Time per task [h] | Mtr-cost [Cos] |
|---------|--------------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|--------------------------|---------------|-------------------|----------------|
| | | | | Task Number | PM Interval | PM Interval Exception | | | | |
| PL_CODE | PL_NAME | PL_QTY_TOTAL | PL_PRICE | TASK_NO | PL_INT | PL_INT_EXC | PL_UNIT | PL_MMH | PL_TIME | PL_COST |
| 3 | Bogie Frame | 10 | 2,000 | 1 | 2 | | Y | 5 | | 300 |
| 3.01 | Wheelset | 20 | 0 | 1 | | | Y | | | 0 |
| 3.01.01 | Axle | 20 | 250 | 1 | 2 | | Y | 3 | | 37.5 |
| 3.01.02 | Axle Bearing & Seal | 40 | 150 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 22.5 |
| 3.01.03 | Axle Box | 40 | 150 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 22.5 |
| 3.01.04 | Wheel | 40 | 150 | 1 | 2 | | Y | 0 | | 22.5 |
| 3.02 | Primary Suspension | 40 | 0 | 1 | | | Y | | | 0 |
| 3.02.01 | Axle Spring (Rubber Chevron) | 80 | 100 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 15 |
| 3.03 | Secondary Suspension | 20 | 0 | 1 | | | Y | | | 0 |
| 3.03.01 | Air Spring (Bag) | 20 | 350 | 1 | 2 | | Y | 2 | | 52.5 |
| 3.03.02 | Levelling Valve | 20 | 60 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 9 |
| 3.03.03 | Differential Pressure Valve | 20 | 30 | 1 | 2 | | Y | 0.25 | | 4.5 |
| 3.03.04 | Centre Pivot (Steel Structure) | 10 | 120 | 1 | 2 | | Y | 1.5 | | 18 |
| 3.04 | Centre Pivot Support Rubber | 40 | 300 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 45 |
| 3.04.01 | Centre Pivot Support Rubber | 40 | 120 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 18 |
| 3.04.02 | Centre Plate Bush | 10 | 100 | 1 | 2 | | Y | 1 | | 15 |
| 3.04.03 | Lateral Damper | 10 | 200 | 1 | 2 | | Y | 1.5 | | 30 |
| 3.04.04 | Lateral Buffer | 20 | 100 | 1 | 2 | | Y | 0.5 | | 15 |
| 3.05 | Brakes | 10 | 0 | 1 | | | Y | | | 0 |
| 3.05.01 | Disk Brake Assembly (Front) | 20 | 300 | 1 | 2 | | Y | 2 | | 45 |
| 3.05.02 | Disk Brake Assembly (Rear) | 20 | 300 | 1 | 2 | | Y | 2 | | 45 |
| 3.05.03 | Brake Cylinder (MOPB) | 30 | 600 | 1 | 2 | | Y | 3 | | 90 |
| 3.05.04 | Brake Cylinder (MPB) | 10 | 700 | 1 | 2 | | Y | 3 | | 105 |
| 3.05.05 | Brake Lining Head Assembly | 80 | 100 | 1 | 2 | | Y | 1.5 | | 15 |
| 3.05.06 | Brake Pad | 80 | 30 | 1 | 3 | | m | 0.12 | | 4.5 |
| | SUM | | | | | | | | | |

The row shall not be used for data

도표 3-2 Equipment data Preventive Maintenance

UNIFE-UNILIFE

Revision 0

Project: Rotern.LCC

Sub-syst Suppli: 00-01-00

Equipment: 0

| Identity: | Name <small>PM_ID,NAME</small> | No. PM Source data [No] <small>NO,PM,14</small> | PM Manth Cost <small>PM,MANH,COST</small> | | PM Mirli Cost <small>PM,MIRL,COST</small> | | PM Cost <small>PM,COST</small> | | No PM Fix Int [No] <small>NO,PM,14</small> | PM Manth Cost <small>PM,MANH,COST</small> | | PM Mirli Cost <small>PM,MIRL,COST</small> | |
|-----------|-----------------------------------|--|--|------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---|--|------------------------------|--|------------------------------|
| | | | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr | Source data Pounds All Tr |
| 3 | Bogie Frame | 12 | 1,743,000 | 1,743,000 | 2,988,000 | 2,988,000 | 4,731,000 | 4,731,000 | 12 | 1,743,000 | 1,743,000 | 2,988,000 | 2,988,000 |
| 3.01 | Wheelset | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.01.01 | Axle | 12 | 2,091,600 | 2,091,600 | 747,000 | 747,000 | 2,838,600 | 2,838,600 | 12 | 2,091,600 | 2,091,600 | 747,000 | 747,000 |
| 3.01.02 | Axle Bearing & Seal | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 | 2,290,800 | 2,290,800 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 |
| 3.01.03 | Axle Box | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 | 2,290,800 | 2,290,800 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 |
| 3.01.04 | Wheel | 12 | 0 | 0 | 896,400 | 896,400 | 896,400 | 896,400 | 12 | 0 | 0 | 896,400 | 896,400 |
| 3.02 | Primary Suspension | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.02.01 | Axle Spring (Rubber Chevron) | 12 | 2,788,800 | 2,788,800 | 1,195,200 | 1,195,200 | 3,984,000 | 3,984,000 | 12 | 2,788,800 | 2,788,800 | 1,195,200 | 1,195,200 |
| 3.03 | Secondary Suspension | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.03.01 | Air Spring (Bag) | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 1,045,800 | 1,045,800 | 2,440,200 | 2,440,200 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 1,045,800 | 1,045,800 |
| 3.03.02 | Levelling Valve | 12 | 697,200 | 697,200 | 179,280 | 179,280 | 876,480 | 876,480 | 12 | 697,200 | 697,200 | 179,280 | 179,280 |
| 3.03.03 | Levelling Valve Rod | 12 | 174,300 | 174,300 | 89,640 | 89,640 | 263,940 | 263,940 | 12 | 174,300 | 174,300 | 89,640 | 89,640 |
| 3.03.04 | Differential Pressure Valve | 12 | 1,045,800 | 1,045,800 | 358,560 | 358,560 | 1,404,360 | 1,404,360 | 12 | 1,045,800 | 1,045,800 | 358,560 | 358,560 |
| 3.04 | Centre Pivot (Steel Structure) | 12 | 348,600 | 348,600 | 448,200 | 448,200 | 796,800 | 796,800 | 12 | 348,600 | 348,600 | 448,200 | 448,200 |
| 3.04.01 | Centre Pivot Support Rubber | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 717,120 | 717,120 | 2,111,520 | 2,111,520 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 717,120 | 717,120 |
| 3.04.02 | Centre Plate Bush | 12 | 348,600 | 348,600 | 149,400 | 149,400 | 498,000 | 498,000 | 12 | 348,600 | 348,600 | 149,400 | 149,400 |
| 3.04.03 | Lateral Damper | 12 | 522,900 | 522,900 | 298,800 | 298,800 | 821,700 | 821,700 | 12 | 522,900 | 522,900 | 298,800 | 298,800 |
| 3.04.04 | Lateral Buffer | 12 | 348,600 | 348,600 | 298,800 | 298,800 | 647,400 | 647,400 | 12 | 348,600 | 348,600 | 298,800 | 298,800 |
| 3.05 | Brakes | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.05.01 | Disk Brake Assembly (Front) | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 | 2,290,800 | 2,290,800 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 |
| 3.05.02 | Disk Brake Assembly (Rear) | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 | 2,290,800 | 2,290,800 | 12 | 1,394,400 | 1,394,400 | 896,400 | 896,400 |
| 3.05.03 | Brake Cylinder (WOPB) | 12 | 3,137,400 | 3,137,400 | 2,689,200 | 2,689,200 | 5,826,600 | 5,826,600 | 12 | 3,137,400 | 3,137,400 | 2,689,200 | 2,689,200 |
| 3.05.04 | Brake Cylinder (WPB) | 12 | 1,045,800 | 1,045,800 | 2,091,600 | 2,091,600 | 2,091,600 | 2,091,600 | 12 | 1,045,800 | 1,045,800 | 2,091,600 | 2,091,600 |
| 3.05.05 | Brake Lining Head Assembly | 12 | 4,183,200 | 4,183,200 | 1,195,200 | 1,195,200 | 5,378,400 | 5,378,400 | 12 | 4,183,200 | 4,183,200 | 1,195,200 | 1,195,200 |
| 3.05.06 | Brake Pad | 99 | 2,760,912 | 2,760,912 | 2,958,120 | 2,958,120 | 5,719,032 | 5,719,032 | 99 | 2,760,912 | 2,760,912 | 2,958,120 | 2,958,120 |
| SUM | | | 29,603,112 | 29,603,112 | 20,886,120 | 20,886,120 | 50,489,232 | 50,489,232 | | 29,603,112 | 29,603,112 | 20,886,120 | 20,886,120 |

This row shall not be used for data

도표 4 LCC RESULTS

| UNIFE-UNILIFE | | Project: Rotem LCC | |
|---|---------------------|---------------------------------------|-------|
| Revision 0 | | Sub-syst. Supplier: 0 | |
| LCC Calculation Result | | Equipment: 00-01-00 | |
| Revision Date | | 02-08-06 | |
| Global data | | | |
| | Value | Unit | |
| Original manhour cost | 35 | Pounds/h | |
| Number of trains/plants/lines | 83 | No | |
| Mean production | 1,200,000 | km/y | |
| Discount rate | 4% | Percentage | |
| Life cycle | 25 | years | |
| Revenue operating time (info) | 0 | h | |
| Operating time this system | 4,000 | h | |
| Covered dist during life | 30,000,000 | km | |
| PM Type | Source data PM | | |
| Investments | | | |
| | Value | Unit | |
| Acquisition Cost | 5,000,000 | Pounds | |
| Maintenance equipment | 0 | Pounds | |
| Spare parts | 50,000 | Pounds | |
| Training | 2,000 | Pounds | |
| Documentation | 2,000 | Pounds | |
| Misc. Inv 1 | 0 | Pounds | |
| Misc Inv 2. | 0 | Pounds | |
| Sum Investments | 5,054,000 | Pounds | |
| Yearly costs | | | |
| | Total cost | Discounted cost Unit | |
| Spec on Misc worksh | 62,500 | 39,055 Pounds | |
| Sum yearly costs | 62,500 | 39,055 Pounds | |
| LSC (all trains) | | | |
| | Total cost | Discounted cost Unit | |
| Energy cost | 100,000 | 62,488 Pounds | |
| PM | 50,489,232 | 31,549,873 Pounds | |
| CM | 2,735,159 | 1,709,155 Pounds | |
| Failure penalty | 0 | 0 Pounds | |
| Sum LSC | 53,324,391 | 33,321,516 Pounds | |
| Sum LCC (all trains) | 58,440,891 | 38,414,571 Pounds | |
| Reliability Analysis (per train) | | | |
| | Failure rate | Description | |
| | | F/R Unit (FPMKM, H, FPMH, FIT) | |
| Fault cat 1 | 0.00 | Example: Stopping fault >10 min FPMKM | |
| Fault cat 2 | 0 | Example: Unpl Workshop visit FPMKM | |
| Fault cat 3 | 0 | Example: The rest FPMKM | |
| Fault cat 4 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 5 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 6 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 7 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 8 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 9 | 0 | 0 | FPMKM |
| Fault cat 10 | 0 | 0 | FPMKM |
| Sum Failure Rate (per train) | 0 | | FPMKM |

맺음말.

위의 적용사례를 통해서 수요자의 요구와 국제 규격에 대응 할 수 있고 서론에서 말하는 최종 수요자인 승객의 편의성과 편리를 제공할 수 있다. 수요자 측면에서 비용-효율적인 차량체계의 구입전략을 세우고 운영 전 후에 발생하는 비용유발 요인의 선정 및 측정으로 불 필요한 요소를 제거함으로써 경제적인 효과를 볼 수 있을 뿐 아니라 향후 예산의 예측으로 효율성을 극대화 하고 신기술 또는 신제품이 현 시장상황에 어떻게 부합하는가 등의 평가를 내릴 수 있는 근간이 될 수 있다. 또한 공급자 입장에서선 설계 및 생산의 최적화와 효율 극대화를 통해서 이윤을 최대한 많이 창출하고 신기술 또는 신제품이 철도차량 시장에 어떠한 장점과 단점을 가지는지 평가하고 차량을 설계 생산하는 동안에 일어나는 비용 유발요인의 선정할 수 있다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. Guidelines for Life Cycle Cost by the UNIFE LCC GROUP