

EPIQR+를 이용한 구청사 건물에 대한 경제적, 에너지관점에서의 건물 재평가

A Study on Process for District Office Building Maintenance with EPIQR+ (on Focusing Energy and Economics Evaluation)

김 태 한*
Kim, Tae Han

Abstract

This study suggested practical application of decision aid tool on re-evaluation of current buildings with a focus on a energy and economics evaluation methodology. In Europe, over forty percent of all construction activities are for retrofit. For efficient construction, various tools for re-evaluating existing buildings have been developed and are in use. Legislations of relevant laws and studies are actively initiated.

In particular, EPIQR (Energy Performance Indoor environment Quality Retrofit), which was developed through the EU's Third and Fourth Framework Programs laid a foundation on a new concept-based decision aid tool for re-evaluation of existing buildings. As for actual applications, based on this, EPIQR+ was developed to be in line with a building maintenance guideline (SIA 469) and is actively applied to public buildings. This tool quantifies the degree of damages of existing buildings and suggests alternatives to users in energy (SIA 380/1) and economical perspectives. This study examined these preceding tools and suggested some trenchant approaching for more comprehensive and efficient use of re-evaluation tools in building maintenance.

키워드 : 의사결정도구, 재평가, 에너지효율, 건물유지

Keywords : Decision aid tool, Re-evaluation, Energy performance, Building maintenance

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

전체 건축행위의 40% 이상이 retrofit인 유럽에서는 효율적인 건물관리, 보수를 위하여 기존 건축물에 대한 다양한 재평가 틀이 개발, 사용 중에 있으며 이에 관한 관련 법규 및 부속 연구 또한 활발히 진행 중에 있다.

특히 유럽 연합의 제3차, 제4차 Framework programs 을 통하여 개발된 EPIQR (Energy Performance Indoor environment Quality Retrofit)은 기존 건물의 재평가작업을 위한 신개념 의사결정도구(decision aid tool)의 기반을 다지게 됐다. 이 틀은 건물의 물리적 손상 정도, 에너지 효율, 실내 환경의 질, 기능적 노후화에 대한 분석을 통하여 건축가와 엔지니어들이 전반적인 공정에서 가장 효율적인 건물유지보수 안에 도달할 수 있도록 도와준다. 현재 스위스에서 이를 바탕으로 건물유지보수지침 (SIA 469)에 부합하도록 개발된 EPIQR+가 공공건물에 활발히 사용되고 있다. 이 틀은 기존 건물의 손상 정도를 정량화하여 에너지 (SIA¹⁾ 380/1), 경제적 관점에서 건물을 재평

가함에 있어 이용자가 보다 객관적인 의사결정을 할 수 있도록 도와주는 실질적인 자료를 제공한다.

본 연구는 기존 건축물을 에너지, 경제적 관점에서 재평가틀로 현재 활발하게 사용 중인 EPIQR+를 이용한 공공건축물에 대한 재평가 사례를 통하여 지속 가능한 건물의 유지 및 보수방향을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 EPIQR+

기존 건축물의 경제적, 에너지적 관점에서의 재평가 의사결정 도구인 “EPIQR+”은 선행 분석 도구 MERIP²⁾을 바탕으로 개발되었다. MERIP은 EPFL(Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) 산하 연구원 LESO (Laboratoire d’Energie Solaire)과 PI EDIL 프로그램 간의 공조 하에 개발된 것으로, 1992년 스위스에서 최초로 적용된 후에 주거 건물 재평가부문에 있어 주요한 평가틀로 사용되

* 상명대학교 환경조경학과 전임강사 (taehankim@smu.ac.kr)
본 연구는 Viganello 시 연구비 지원으로 이루어 졌음.

1) SIA (Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein) 스위스 엔지니어 건축가 연합
2) MERIP: Méthode de diagnostic sommaire d’évaluation des dégradations et estimation du coût de remise en état des immeubles

어져 왔다.

MERIP은 최소한의 작업시간³⁾으로 계통적인 건물진단을 가능하게 함과 더불어 실제 시공비의 ±15% 오차율에 해당하는 견적결과를 가져옴으로써 건축물 유지보수 공사에 현실적인 비용전략을 제시할 수 있었다. 이러한 선행도구를 기반으로 학교, 공공건물에 초점을 두고 더욱 체계화 된 분석이 가능하도록 개발된 EPIQR+는 현재 남부 스위스를 중심으로 기존 건물 및 외부 공간 유지보수를 위한 의사결정도구로 사용되고 있으며 점차 사용범위를 확대해 나가고 있다.

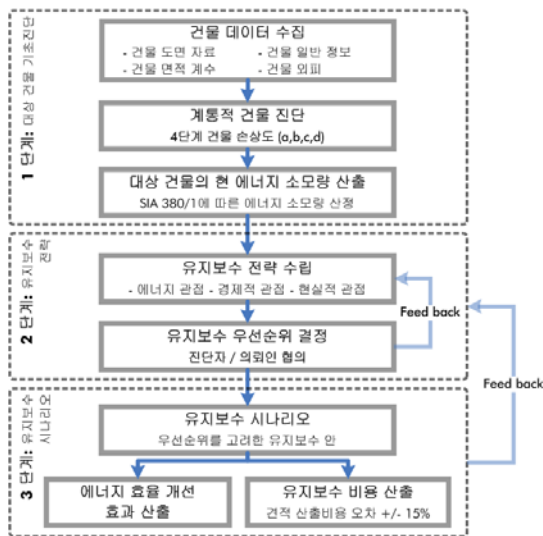


그림 1. 에너지 경제적 관점에서의 건물 재평가

2.2 대상건물 개요

본 연구는 스위스 Lugano 시 관할 자치지구인 Viganello의 대민 서비스 기능을 담당하는 구 청사⁴⁾를 대상으로 실시되었다.

Viganello 구청사는 1970년대 인근 초등학교 건물과 연계하여 증축된 연면적 890m²의 콘크리트조/조적 마감 건물로서 최근 콘크리트 노출부위 재 치장공사와 외부창호 교체 공사 등의 외부 공사와 실내 바닥 및 천정 보수 공사 등의 내부 마감공사가 이루어 졌으며 동시에 전기 배선계통의 점검이 이루어졌다.



그림 2. Viganello 구청사 전경

3) 일반적으로 2일 소요

4) via Sara Frontini 1 - 6962 - Lugano, Switzerland

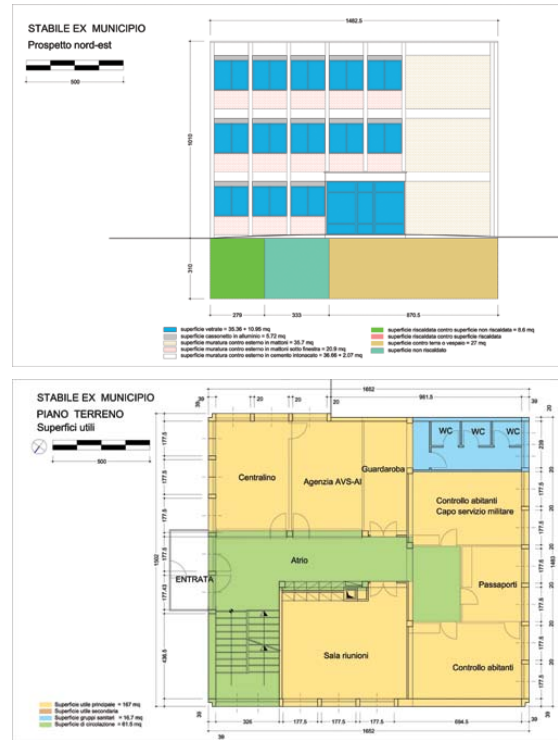


그림 3. Viganello 구청사 주입면도, 1층 평면도

2.3 계통적 건물진단

EPIQR+를 이용한 건축물 재평가 작업은 소유주 및 관리인에게 최소한의 작업시간 할어로 현재 건물의 물리적 손상도와 에너지 성능에 관한 객관적인 분석자료를 제공한다.

건물의 물리적 손상도 측정은 7개 부분의 거시적 건물구성요소를 기반으로 실시되며 이는 다음과 같이 요약된다.

- ① 입면요소 (Facciate)
- ② 지붕 및 슬래브 요소 (Tetti e Solette)
- ③ 실내 동선 및 공공공간요소 (Circolazione, Spazi comuni)
- ④ 주공간 요소 (Superficie uffici)
- ⑤ 부가용도 공간요소 (superficie utile secondaria)
- ⑥ 중앙설비 요소 (impianti RVSE⁵⁾)
- ⑦ 외부 공간 요소 (sistemazione esterna)

거시적 건물구성요소는 다시 유형별 하부구성요소로 세분화되게 되며 건물의 물리적 손상도를 측정하기 위해 4단계⁶⁾ 등급으로 구분하여 각 건물요소의 재평가 작업을 수행하게 된다.

- 5) RVSE: Riscaldamento, Ventilazione, Sanitario ed Elettrico (난방, 환기, 위생, 전기 설비)
- 6) a 등급 (codice a): 일반적인 유지보수작업이 필요 없는 물리적 상태의 등급
- b 등급 (codice b): 부분적인 손상이 있는 경우로 손쉽게 유지보수작업을 실행할 수 있는 등급
- c 등급 (codice c): 전반적인 손상이 있는 경우이나 유지보수작업을 통하여 정상적인 기능을 회복할 수 있는 상태의 등급
- d 등급 (codice d): 생애주기적 관점에서 해당부분의 물리적 상태가 회복 불가능인 경우의 등급

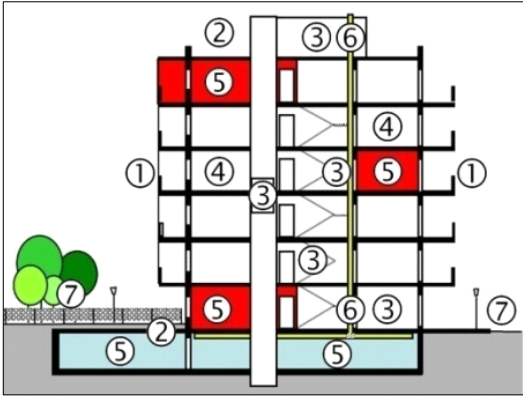


그림 4. 거시적 건물구성요소

EPIQR+ 는 계통적 건물진단 과정은 기존 건물 자료 및 실측을 바탕으로 차후 대상건물의 에너지 소모량 및 보수비용 산출의 기본 단위가 되는 면적계수(7)를 측정하게 된다.

대상건물의 계통적 건물진단은 2명의 건축 연구원과 1명의 엔지니어가 참여하여 진행되었으며, 다음은 각 구성요소의 진단 결과이다.

(1) 입면요소

최근에 이루어진 유지보수공사로 인하여 대부분의 입면요소의 상태는 양호한 편이었다. 일부 외부창호 및 차양시설의 부분적 보수가 요구되었으며 주 출입문의 경우는 창호 및 보안장치 등의 치명적 결함 및 손상이 발견되어 교체가 요구되었다.

표 1. 입면요소의 물리적 손상도

입면 요소		비율	손상도			
하부 요소	유형		a	b	c	d
외벽	Klinker	40%	■			
외벽	콘크리트 위 도료마감	27%	■			
외벽	알미늄/PVC 창호	33%	■	■		
출입문	수동 유리문	100%	■	■	■	■
외부창호, 차양	블라인드	100%	■	■		
발코니, 난간	(콘크리트/조적)	100%	■			
구조체, 내력벽	(콘크리트)	100%	■			

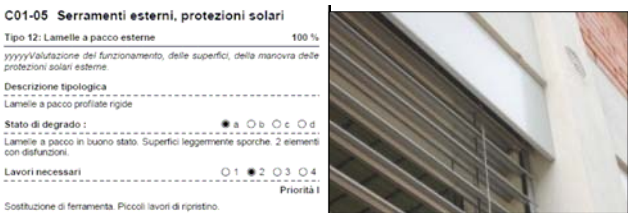


그림 5. 외부창호 및 차양시설의 물리적 손상도

(2) 지붕 및 슬래브 요소

7개의 거시적 건물구성요소 중 물리적 손상도가 가장 높은 요소로써 슬래브의 단열층 및 방수층이 노후화 되었으며, 지상층과 지하층을 구획하는 슬래브는 단열층이 존재하지 않아 전반적인 건물 단열성능 향상을 고려한

7) 면적계수: coefficienti dimensionali

조치가 요구됐다. 지붕 물딩과 피뢰시설 또한 접지시설을 제외한 모든 부분에서 노후화로 인한 교체가 요구되었다.

표 2. 지붕 및 슬래브 요소의 물리적 손상도

지붕 및 슬래브 요소		비율	손상도			
하부 요소	유형		a	b	c	d
지붕재	출입제한형	100%	■	■	■	■
지붕 물딩/우수흡통	평지붕형	100%	■	■	■	■
지붕외부 시설물	조적 배연시설	100%	■	■	■	
피뢰시설	평지붕형	100%	■	■	■	■
슬래브 단열재	비난방구역	100%	■	■	■	■
지붕 단열재	평지붕형	100%	■	■	■	■



그림 6. 지붕재의 물리적 손상도

(3) 실내 동선 및 공공공간 요소

최근 실내 보수 공사가 이루어져 대부분 해당요소들은 상태가 양호하였으나, 비상조명설비가 지침을 충족하지 않아 조속한 조치가 요구되었다.

표 3. 동선 및 공공공간의 물리적 손상도

동선 및 공공공간 요소		비율	손상도			
하부 요소	유형		a	b	c	d
바닥재	타일/석재	100%	■			
내부벽면 및 마감재	회벽	100%	■			
천정마감재	금속재	100%	■			
매입형 가구	옷장/책장	100%	■			
비상조명설비	비상전력설비	100%	■	■	■	■
전원설비	콘센트/점멸기	100%	■			
조명설비	조명기구	100%	■			
위생설비	위생도기	100%	■			
계단실	콘크리트/석재	100%	■			

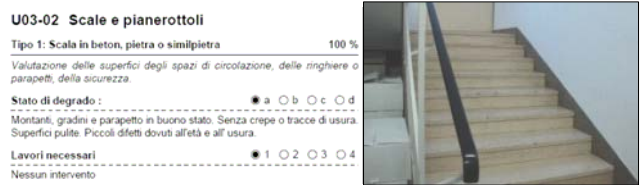


그림 7. 계단실의 물리적 손상도

(4) 주공간 요소

대상건물인 구 청사는 EPIQR+에서 제공 되는 사무용도 건물에 해당하는 하부요소 목록을 바탕으로 주공간 요소의 계통적 건물진단이 이루어 졌다.

주공간 요소 역시 대부분의 해당요소들은 양호한 상태였으며, 부분적인 대류 방열기의 파손으로 인한 교체와 전반적인 화재경보설비의 점검이 요구되었다.

표 4. 주공간 요소의 물리적 손상도

주공간 요소			손상도			
하부 요소	유형	비율	a	b	c	d
실내 출입문	수동문	100%	■			
바닥재	목재	4%	■			
바닥재	합성수지계열	80%	■			
바닥재	타일	16%	■			
내부벽면 및 마감재	회벽	100%	■			
천정마감재	금속재	100%	■			
매입형 가구	옷장/책장	100%	■			
전원설비	콘센트/점멸기	100%	■			
조명설비	조명기구	100%	■			
화재경보설비	화재경보	100%	■	■	■	■
냉,난방 설비	난방기구	100%	■	■		

C01-02 Porte esterne e portoni

Tipo 1: Porte manuali in legno o in metallo 10 %
 Valutazione dello stato delle superfici, del funzionamento e della sicurezza delle porte esterne
 La porta d'entrata non risponde più alle esigenze: Telaio ed anta molto danneggiata. La porta non è più sicura.
 Stato di degrado : ○ a ○ b ○ c ○ d
 Lavori necessari ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4
 Priorità III
 Smontaggio ed allontanamento della porta esistente. Fornitura e posa di una nuova porta d'entrata con pannello di chiusura. Lavori da pittore sugli elementi adiacenti.



그림 9. 실외 출입문의 물리적 손상도

(6) 중앙설비요소 (RVSE)

중앙 설비요소는 대체적으로 양호한 상태를 유지하고 있었고 보다 지속 가능한 유지 및 관리를 위해 기록 보관소에 위치한 맨홀 악취에 대한 보다 심층적인 점검, 식수관에 석회질 제거 필터 설치, 중앙 분전반 하부의 침기 현상에 대한 보다 자세한 점검이 요구 되었다.

표 6. 중앙설비요소의 물리적 손상도

중앙설비요소			손상도			
하부 요소	유형	비율	a	b	c	d
배전반	무효전류 비고려형	100%	■	■		
분전반	분전반	100%	■			
예비전원설비	UPS	100%	■			
전화설비	다중연결형	100%	■			
인터넷 망 설비	다중연결형	100%	■			
난방설비	석유/가스 ~1,500 m ²	100%	■			
급탕설비	개별전기온수	100%	■			
난방공급배관설비	외부 노출형	100%	■			
난방조절설비	중앙 집중형	100%	■			
연료저장시설	실내 저장탱크	100%	■			
배연설비	배연설비	100%	■			
공기조화설비	지역 조절형	100%	■			
냉방설비	R134A 냉매사용	100%	■			
수도직결급수설비	직결급수설비	100%	■	■		
배수설비	배수설비	100%	■	■		
냉온급수배관설비	냉온급수관	100%	■			
강제배기설비	기계환기설비	100%	■			
저 전압설비	통신,보안설비	100%	■			

I02-04 Erogazione del calore

Tipo 1: Corpi riscaldanti (radiatori, piastre, convettori, ecc.) 100 %
 Valutazione dell'erogazione del calore in tutti i locali riscaldati secondo la funzione, potenza, stato, corrosione, possibilità di regolazione, ermeticità, ecc. Verifica del sistema di conteggio del calore se presente.

Descrizione tipologica
 alcuni convettori nuovi.

Stato di degrado : ○ a ○ b ○ c ○ d

Corpi riscaldanti in buono stato ma obsoleti, puliti, pochi segni di corrosione, perdite. Lievi problemi di scorrevolezza, depositi, aria, rumore. Dimensioni, taratura corretti nella maggior parte. Accessibilità garantita. Attacchi obsoleti ma regolabili.

Lavori necessari ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4

Priorità III

Riparazione o sostituzione delle parti corrose, con perdite. Pulizia, spurgo taratura dei corpi riscaldanti. Nuova taratura. Nuovi corpi riscaldanti provvisti di valvola termostatica.

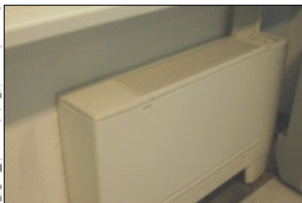


그림 8. 냉난방 설비의 물리적 손상도

(5) 부가용도 공간요소

주공간을 제외한 부가적인 성격의 공간 요소로서, 주로 설비실 및 창고시설이 위치한 지하층이 이에 해당한다.

이 부분은 최근 이루어진 전반적인 실내 보수공사에서 제외되어 전기배선계통을 제외한 여러 부문에서 노후화에 따른 조치가 필요했다. 특히 실외 출입문은 보안기능을 상실한 상태로서 전반적인 교체가 요구됐다.

표 5. 부가용도 공간 요소의 물리적 손상도

부가용도 공간 요소			손상도			
하부 요소	유형	비율	a	b	c	d
실외 출입문	목재/철재 수동문	10%	■	■	■	■
실외 출입문	차고문	90%	■	■	■	■
지하층 창호	채광구-창호	100%	■	■		
바닥재	시멘트	100%	■			
내부벽면 및 마감재	회벽	100%	■	■		
천정마감재	도료	100%	■	■		
매입형 가구	옷장/책장	95%	■			
매입형 가구	수납장	5%	■			
전원설비	콘센트/점멸기	100%	■			
조명설비	조명기구	100%	■	■	■	
냉,난방 설비	난방기구	100%	■	■		
위생설비	위생도기	100%	■	■		

I04-03 Condotte di scarico dall'attacco fino a soffitto piano cantina

Tipo 1: Condotte di scarico 100 %
 Valutazione delle condotte di scarico in base alla funzione, portata, corrosione, ermeticità, protezioni foniche, accessibilità, fissaggi, schema, prescrizioni di legge.
 Stato di degrado : ○ a ○ b ○ c ○ d
 Condotte obsolete ma in buono stato, pochi danni visibili. Rari casi di ritorno o intasamenti. Rumori in parte fastidiosi. Fissaggi ed isolamento sostanzialmente intatti. Schema presente. Prescrizioni di legge in gran parte rispettate.
 Lavori necessari ○ 1 ○ 2 ○ 3 ○ 4
 Priorità I



그림 10. 배수설비의 물리적 손상도

(7) 외부공간 요소

외부공간 요소는 조경, 외부 시설물 등을 포괄하는 부분으로써 외벽에서 돌출된 캔틸레버 보와 같은 외부 구조체 또한 이 범주에 속한다. 전반적인 외부공간 요소는 양호한 관리상태를 유지하였으며 외부 경계 울담, 건물 후면부 차고상부에 위치한 캔틸레버 지붕에 대한 정비작업이 요했다.

표 7. 외부공간 요소의 물리적 손상도

외부공간 요소		비율	손상도			
하부 요소	유형		a	b	c	d
옥외 포장	아스팔트	70%	■			
옥외 포장	녹지	30%	■			
구내배수설비	우수배출설비	100%	■			
외부구조체	건물 외부노출구조체	100%	■	■		
외부경계 울담	금속 경계웬스	100%	■	■		
옥외 전력설비	옥외 조명기구	100%	■			
옥외가구	고정형	100%	■			
옥외계단	옥외석재	100%	■			

V01-04 Opere da capomastro esterne

Tipo 3: Costruzioni massicce aperte 100 %
 Valutazione delle opere accessorie esterne riguardo allo stato di conservazione, alla funzionalità, adeguatezza, sicurezza, ecc.
 Descrizione tipologica
 Pensilina
 Stato di degrado: ○ a ● b ○ c ○ d
 Struttura in buono stato. Presenza di erba. Perdite localizzate.
 Lavori necessari ○ 1 ● 2 ○ 3 ○ 4
 Priorità II
 Controllo e pulizia della copertura. Riparazione dei danni locali.



그림 11. 외부 구조체의 물리적 손상도

2.4 현 에너지 소모량 산출

EPIQR+는 에너지 부문의 유지보수 시나리오를 위하여 난방 및 급탕에 필요한 에너지 산출을 EN 832와 SIA 380/1에 근거하여 진행한다.

이를 위해 대상건물의 내부 복사 축열 면적 (SRE⁸⁾), 열전도율, 급탕 및 냉, 난방 설비 시설에 대한 기본 정보를 바탕으로 산출한 에너지 소모량과 LEne⁹⁾에서 규정하고 있는 최소 건물 에너지 소모량과 비교함으로써 보다 객관적인 에너지 절감 유지보수 시나리오를 구축할 수 있게 된다.

다음은 대상 건물의 현 에너지 효율에 관한 도표로서 총 SRE 892 m²의 실측면적을 바탕으로 실내온도 20 °C, 중앙 난방설비 83 kW, CoP 75%¹⁰⁾, SIA380/1의 사무용도 건물에 해당하는 급탕 에너지 25 MJ/m²a 등의 기본 정보를 통해 산출되었다.

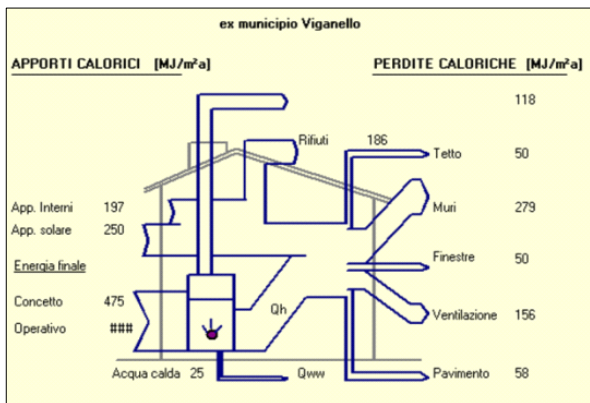


그림 12. 대상건물 현 난방 에너지 효율

SRE 를 기준으로 한 난방 및 급탕에 필요한 이론적 에너지 요구량은 475 MJ/ (m²a)으로 산출되었으며 설비 시설의 유실계수를 감안한 실질적 난방 에너지 소모량은 331 MJ/ (m²a)으로 산출식은 수식1과 같다. 이는 LEne에서 규정하는 최대 난방 에너지 소모량 231 MJ/ (m²a)를 초과하는 수치로서 이에 대한 개선이 요구되었다.

$$Q_h = E_{hww} * r - Q_{ww}$$

$$= 475 * 0.75 - 25 = 331 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{a})$$

Q_h: m²당 연간 난방 에너지 소모량
 r: 배관을 통한 열손실을/ 고려한 중앙난방설비 효율
 Q_{ww}: 급탕을 위한 에너지 소모량
 E_{hww}: 난방과 급탕을 위한 에너지 소모량

수식 1. 연간 난방에너지 소모량 (m² 단위)

$$Q_{h,li} = [Q_{h,li,0} + \Delta Q_{h,li} * x (A/SRE)] * 1.4 * x (1-0.13^{**})$$

$$= [75 + 90 * x (1137 / 892)] * 1.4 * x 0.87$$

$$= 231 \text{ MJ}/(\text{m}^2\text{a})$$

Q_{h,li,0}, ΔQ_{h,li} : SIA 380/1하의 최소 에너지 (참고, 표8)

$$A = \sum_j A_j + \sum_k B_{uk} \cdot \sum_j A_{uk} + \sum_j b_{Gi} \cdot A_{Gi}$$

A: 건물 외피 면적

A_j: 직접 외기접촉 면적

B_{uk}: 난방 되지 않는 공간으로의 유실 계수

A_{uk}: 난방 되지 않는 공간과 면한 면적

b_{Gi}: 대지면으로의 유실 계수

A_{Gi}: 대지면 직접 접촉 면적

*: 개보수 시 신축에 대비한 수정계수 (140%) SIA 380/1 2.2.9

** : 해발 800m 이하 지역에 대한 수정계수 (-13%) 2002년 2월 5일 건축물 에너지 절약 시행령

수식 2. Lene 규정 연간 난방에너지 소모량 (m² 단위)

표 8. 신축 건물의 연간 난방 에너지 소모량 산출을 위한 최소 에너지 기준¹¹⁾ (연평균 기온 8.5 °C)

건물 유형	최소 에너지 (MJ/m ²)	
	Q _{h,li,0}	ΔQ _{h,li}
공동주택	80	90
단독주택	90	90
사무용도건물	75	90
학교	90	90
상점	60	90
음식점	95	90
공공건물	105	90
병원	100	100
산업	75	80
창고	80	80
운동시설	95	80
실내수영장	70	130

2.5 유지보수 시나리오

전반적인 계통적 건물 진단 결과 대상 건물의 EPIQR+ 진단계수¹²⁾는 0.12로 약 10%에 해당하는 건물 구성요소의 교체작업이 필요한 것으로 나타났다.

의뢰인과의 의견교환을 거쳐 교체 건물요소는 주로 에너지 성능 향상을 목적으로 건물의 현 에너지 소모량 산

8) SRE : La Superficie di Riferimento Energetico

9) LEne: Legge federale sull'energia (에너지 연방법규)

10) 배관을 통한 열손실을 고려한 중앙난방설비 효율

11) SIA 380/1

12) d 진단등급과 a, b, c 등급간의 비례관계

출 시 가장 손실이 큰 외벽 (279 MJ/m²a), 지붕 및 슬래브 (108 MJ/m²a)를 중심으로 이루어 졌다. 주요 교체 요소들은 다음과 같다.

- 건물 외피에 대한 전반적인 단열 성능 향상
- 지붕의 단열, 방수층과 지붕 몰딩, 우수 흡통, 피뢰시설의 교체
- 차고 출입문 교체를 중심으로 한 지하층 보수작업
- 전반적인 건물 방재시스템 점검 및 보완

2.6 에너지효율 개선 효과산출

SIA 380/1에 근거한 최소 건물 에너지 소모량을 충족하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 바탕으로 하여 난방 에너지 효율 개선 효과가 산출됐다.

- 지붕 단열층 개선 (12cm, U=0.27 W/m²K)
- 외벽 단열층 개선 (12cm 외단열, U=0.29 W/m²K)
- 지하층과 면한 슬래브의 단열층 개선 (5cm, U=0.48 W/m²K)

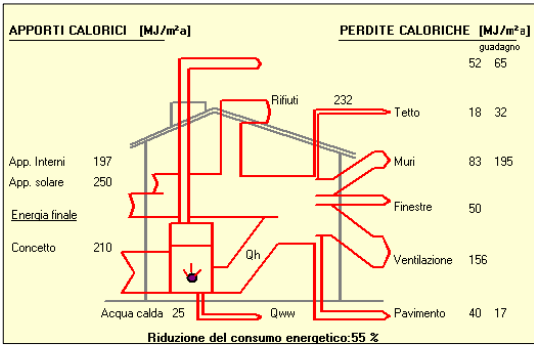


그림 13. 대상건물 난방 에너지 개선 효율

이로 인하여 보수 전과 비교하여 약 55%의 에너지 절감 효과가 기대되며 특히 외단열을 통한 단열층 보강으로 약 195 MJ/(m²a)에 해당하는 외벽요소의 에너지 절감 효과가 기대 됐다.

$$Q_h = E_{hw} * r - Q_{ww}$$

$$= 210 * 0.95 - 25 = 174 \text{ MJ/(m}^2\text{a)}$$

수식 3. 건물 보수후 연간 난방에너지 소모량 (m² 단위)

따라서 개선된 대상건물의 난방과 급탕을 위해 이론상 총 210 MJ/(m²a)의 에너지가 공급되며 난방을 위한 에너지 소모량은 약 174 MJ/(m²a)에 이르러 앞서 유추한 LEne 규정 최대 에너지 소모량 231 MJ/(m²a)을 충족하게 된다.

2.7 유지보수 비용 산출

건물 재평가 프로세스의 마지막 단계로써 최종 유지보수 시나리오를 통하여 결정된 교체작업을 면적계수를 바탕으로 시공비용을 산출한다.

EPIQR+의 비용산출시스템은 CCC¹³⁾ (Classificazione dei Costi della Costruzione)와 CCE¹⁴⁾ (Classificazione

13) CCC: 건설비용 분류시스템

dei Costi per Elemento)로 구성되어 있으며 연간 1회 이상으로 공중 및 표준품셈이 갱신된다. 이는 의뢰인으로 하여금 경제적 관점에서 의사결정을 할 수 있도록 도와주는 약±15% 오차율에 해당하는 객관적인 자료로 활용된다.

아래 그래프는 각 거시적 건물 구성요소의 물리적 손상도를 한눈에 살펴볼 수 있는 시각 자료로써 특히 지붕 및 슬래브 요소의 물리적 손상도가 가장 심각¹⁵⁾하며 부가용도 공간요소, 주공간 요소, 실내동성 및 공공공간 요소의 순으로 심각한 손상 정도를 쉽게 파악할 수 있다.

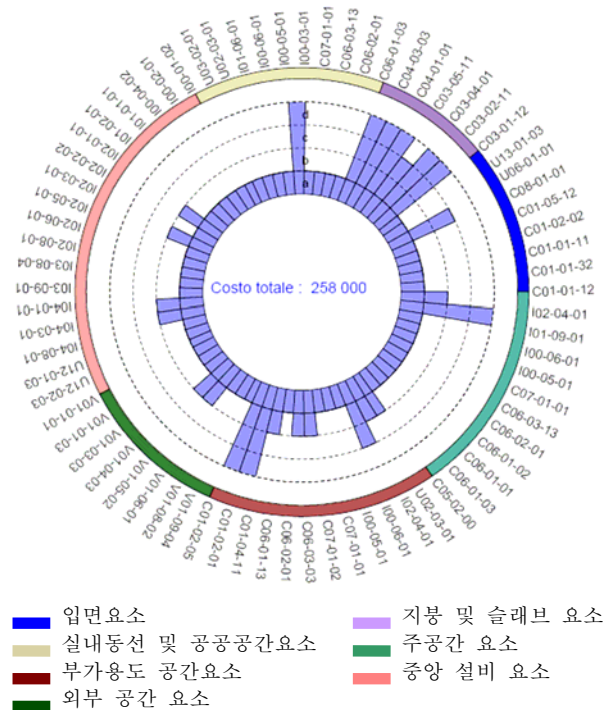


그림 14. 거시적 건물 구성요소 별 물리적 손상도

건물 외피의 단열층 보강을 중심으로 한 유지보수 비용은 다음과 같다.

표 9. 유지보수 시나리오에 따른 비용산출

(1) 입면 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr ¹⁶⁾)
외벽	Klinker부분 외단열	I	38,900
외벽	콘크리트 부분 외단열	I	43,700
외벽	알미늄/PVC 창호 보수작업	I	7,900
출입문	수동 유리문 교체작업	II	13,700
외부창호, 차양	블라인드 보수작업	I	3,100
비계	비계설치작업	I	16,500
입면요소 총비용			123,800
I 순위 총비용			115,900
II 순위 총비용			7,900

14) CCE: 요소비용 코드시스템

15) C03-01,02,05, C04-01,03은 특히 물리적 손상등급 d로 즉각적이 해당요소의 교체작업이 필요함.

16) SFr: 스위스 프랑

(2) 지붕 및 슬래브 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
지붕재	지붕교체작업	I	34,200
지붕 몰딩/우수흡통	몰딩/우수흡통 교체작업	I	8,600
지붕외부 시설물	조적 배연시설	II	700
피피시설	평지붕형	I	13,000
슬래브 단열재	비난방구역	I	15,200
지붕 단열재	평지붕형	I	12,200
지붕 및 슬래브 요소 총비용			83,900
I 순위 총비용			83,200
II 순위 총비용			700

(3) 동선 및 공공공간 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
비상조명설비	비상전력설비 설치작업	II	3,900
동선 및 공공공간 요소 총비용(II 순위)			3,900

(4) 주공간 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
화재경보설비	화재경보시설 설치작업	II	1,400
냉,난방 설비	난방기구 보수작업	III	11,400
주공간 요소 총비용 (II, III 순위)			12,800

(5) 부가용도 공간 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
실의 출입문	철재 수동문 교체작업	III	1,400
실의 출입문	차고문 교체작업	III	7,400
지하층 창호	채광구-창호	I	1,200
내부벽면 및 마감재	벽면마감 보수작업	III	2,600
천정마감재	천정마감 보수작업	III	2,600
조명설비	조명기구 교체작업	I	1,700
냉, 난방 설비	난방기구 보수작업	III	3,800
위생설비	위생도기 보수작업	III	1,000
부가용도 공간 요소 총비용			21,700
I 순위 총비용			2,900
III 순위 총비용			18,800

(6) 중앙설비요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
배전반	배전반 보수작업	II	400
수도직결급수설비	직결급수설비 보수작업	I	2,500
배수설비	배수설비 보수작업	I	200
중앙설비 요소 총비용			3,100
I 순위 총비용			2,700
II 순위 총비용			400

(7) 외부공간 요소			
하부 요소	유형	순위	비용(SFr)
외부구조체	건물 외부노출구조체 보수작업	II	2,000
외부경계 울담	금속 경계웬스 보수작업	II	7,100
외부공간 요소 총비용 (II 순위)			9,100

우선순위별 총 보수비용	
순위	비용(SFr)
I	204,700
II	23,400
III	30,200
총 보수비용	258,300

건물 안전도, 의뢰인의 요구, 평가자의 의견을 종합한 보수작업에 관한 우선순위에 따르면 가장 시급히 이루어져야 할 I 순위 총비용의 경우 SFr. 204,700, II 순위 SFr. 23,400, III 순위 SFr. 30,200의 순으로 예상되었으며 총 SFr. 258,300의 비용이 소요되는 것으로 산출¹⁷⁾되었다.

3. 결론

대상건물의 최근 이루어진 외부 및 실내 보수공사로 인하여 EPIQR+ 진단계수 12의 대체적으로 양호한 상태를 보였다.

의뢰인과의 의견교환 하에 에너지 성능 향상을 목적으로 한 유지 보수 시나리오를 통하여 기존 대비 약 47%에 해당하는 157 MJ/(m²a)의 에너지 절감효과가 기대되었다. 보수작업의 우선순위를 배제한 총 보수비용은 SFr. 308,900으로 총 보수작업면적 836 m²에 관련한 면적당 평균 비용은 SFr. 370/ m²로 예상되었다.

표 10. 유지보수 시나리오에 따른 총 보수비용

	거시적 건물 구성요소	비용 (SFr)
1	입면요소	123,800
2	지붕 및 슬래브 요소	83,900
3	실내 동선 및 공공 공간요소	3,900
4	주공간 요소	12,800
5	부가용도 공간요소	21,700
6	중앙 설비 요소	3,100
7	외부 공간 요소	9,100
	위탁금 (12%)	31,000
	부가가치세 (7.6%)	19,600
	총계 (반올림 ¹⁸⁾)	308,900

본 연구에서 스위스를 중심으로 활발하게 사용되고 있는 건물 재평가 의사결정 툴인 EPIQR+를 사용하여 에너지 절감 유지보수 프로그램을 구성해 보았다. 이는 건축물을 건전한 물리적 상태를 유지하며 변화하는 사회적 요구에 대응할 수 있도록 건물 소유주가 합리적 판단을 도와주는 구체적인 자료로 활용되었다.

이와 같은 재평가 툴을 바탕으로 앞으로 건물 및 외부 공간 재평가 작업에서 두 가지 방향의 연구가 기대된다.

첫 번째로 건물 유지보수에 재생 에너지 시스템을 적용함으로써 단순한 에너지 소모량 감소뿐 아니라 궁극적인 저탄소 리모델링 (Low Carbon Retrofit)이 가능한 시나리오 도출을 도와주는 재평가 의사결정도구의 개발과 보다 효율적인 건물진단을 위해 PI (Process Innovation)에 입각한 건물구성요소의 분류방법과 능동적인 표준품셈 갱신 시스템을 통하여 보다 체계적인 유지보수프로그램을 위한 연구가 예상된다.

두 번째로 세계적으로 전반적인 생태적 상황 제고를 위해 재생적 경관에 대한 필요성이 크게 부각되고 있다. 이러한 흐름에 맞추어 기존의 건물 재평가 툴을 바탕으

17) 위탁금, 부가가치세 제외 비용

18) 위탁금과 부가가치세는 100 SFr단위 반올림값을 적용하였음.

로 LEED, BREEAM등과 같은 그린빌딩 평가 및 인증시스템에서 결여되어 있는 외부환경 및 조경에 대한 평가 기준시스템 연구가 기대된다.

참고문헌

1. V. Di Battista, M. Fianchini, MAPP(Metodo per Attività Prediagnostiche a Punteggio), versione “Residenza plurifamigliare” - UdR MI
2. SIA 380/1, L'energia termica nell'edilizia, Switzerland
3. SUPSI-DACD-ISAAC, Rapporto di sintesi sullo stato di conservazione - Analisi edifici scolastici, Lugano, Switzerland.
4. SUPSI-DACD-ISAAC, Rappresentazione: Progetto AES 2 Formazione tecnici di settore principi del metodo EPIQR+, Lugano, Switzerland
5. UNI 11156-1 Valutazione della durabilità dei componenti edilizi, Italy.

투고(접수)일자: 2009년 7월 3일

심사일자: 2009년 7월 7일

게재확정일자: 2009년 10월 20일