

# 지역난방 공동주택의 에너지 성능 평가를 위한 공동주택 단지별 에너지사용량 Database 구축

정재욱<sup>1</sup> · 홍태훈\* · 지창윤<sup>1</sup> · 이승복<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 건축공학과

## Establishing a Energy Utilization Database for Energy Performance Evaluation of Multi-Family Housing using District Heating

Jeong, Jaewook<sup>1</sup>, Hong, Taehoon\*, Ji, Changyoon<sup>1</sup>, Leigh, Seung-Bok<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Architectural Engineering, Yonsei University

**Abstract :** In order to evaluate the energy performance of buildings, it is important to determine reliable information of energy utilization during operating phase. It is also required to establish the database which have the amounts of population deducted by objective filtering and analysis. In this study, all energy sources were applied to evaluate synthetically the energy performance of Multi-Family Housings(MFH) using district heating and the amounts of population were obtained sufficiently through data searching in Seoul and neighbor cities. Finally the database of source energy utilization and CO<sub>2</sub> emission in 325 MFH complexes were established through cross validation between data sources and statistical analysis. Additionally, further ideas have been proposed to improve existing MFH Management Information System.

**Keywords :** Energy Utilization Intensities, Energy Performance, CO<sub>2</sub> emission, Database, District heating, Multi-Family Housing

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

온실가스 배출량 증가로 인한 기후변화 문제는 이미 세계적인 이슈가 되었으며, 많은 국가 및 산업에서는 에너지 절감과 온실가스 배출량 감축을 위하여 다양하게 노력하고 있다. 특히, 대한민국의 경우 전체 온실가스 배출량의 약 25%가 건물부분으로부터 발생하며, 그 중 약 53%가 주거부분으로부터 발생하는 것으로 알려져 있다(MLIT 2014).

이에 따라, 대한민국 정부는 2020년까지 배출전망치(BAU) 대비 건물부문에서 26.9%를 절감한다는 목표를 수립한 상태이다. 이를 위해 친환경 건축물의 확산, 건축물 에너지효율 향상, 신재생 에너지 보급 확대, 각종 기기의 설비효

율 개선 등의 달성을 위해 2013년 3월부터 녹색건축물조성지원법을 시행하고 있다. 이와 더불어 기존 건축물의 실제 에너지사용량정보를 제공하는 건축물 에너지 소비 증명제도를 실시하고 있으며, 건축물 대장정보와 전기, 가스, 난방 등 에너지사용정보를 연계한 국가 건물에너지 통합관리 시스템 구축 작업을 진행하고 있다. 그러나 관련 제도 대부분이 시행 초기 단계에 있어, 여러 가지 측면에서 보완이 요구된다.

건축물에서 발생하는 온실가스와 소비되는 에너지를 줄이기 위해서는 무엇보다 해당 건축물이 에너지를 얼마나 사용하고 있는지를 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 건축물의 실제 사용량을 기반으로 건축물 에너지 사용량 database가 구축되어야 한다. 건축물 에너지사용량은 건축물의 유형이나 사용하는 에너지원, 지역 등에 따라 상이할 수 있기 때문에, 에너지사용량 database는 건축물의 특성 정보를 포함해야 한다. 그러나 기존의 연구는 신축단계의 에너지 절약계획서나 시뮬레이션과 같은 예측 기반의 평가에 집중되어 있을 뿐, 건축물이 완공된 후 운영단계에서의 실제 에너지사용량을 기반으로 database를 구축한 연구는 미흡한 실정이다.

\* Corresponding author: Hong, Taehoon, Department of Architectural Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

E-mail: hong7@yonsei.ac.kr

Received July 15, 2015; revised August 13, 2015

accepted August 19, 2015

따라서 본 연구는 공동주택의 난방, 급탕, 전기에너지 및 수도에 대한 실제 사용량 정보와 건축물의 특성정보를 수집하고, Data filtering과 통계적 기법을 활용하여, 지역난방 공동주택의 에너지사용량 database를 구축하고자 한다. 본 연구에서 구축된 공동주택 에너지사용량 database는 공동주택 단지의 실제 에너지사용량 데이터는 물론, 친환경 인증여부, 임대 및 분양 여부와 같은 특성 정보를 포함한다.

### 1.2 기존 연구 고찰

공동주택의 에너지 성능을 정확히 평가하기 위해서는 운영 단계의 신뢰도 높은 에너지 사용량 정보를 파악하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 객관적 분류기준과 체계에 따라 도출된 일정규모이상의 모집단을 갖는 database 구축이 필요하다. 하지만 공동주택 에너지사용량과 관련된 기존 연구에서는 몇몇 사례 건축물 또는 난방 등의 일부 에너지사용량만을 고려하였다(Lee 2012, Park 2015). 또한, 자료 수집의 한계로 개별난방 공동주택만을 고려하였다(Hong et al. 2011, Kim et al. 2014). 게다가 기존 연구들은 공통적으로 에너지사용량 데이터의 획득방법에 대해 기술할 뿐, 그 데이터의 적절성이나 신뢰도에 대한 분석은 이루어지지 않았다.

## 2. Data 분석 범위와 방법

### 2.1 Data 분석 범위

본 연구에서는 개별난방과 지역난방으로 크게 나누어지는 국내 공동주택의 유형 중 기존 연구에서 제대로 다루지 않았던 지역난방 공동주택을 대상으로 한다. 본 연구에서는 공동주택의 에너지 성능을 종합적으로 평가할 수 있도록 난방, 난방, 급탕, 수도 등 에너지원 전체에 대한 사용량 데이터를 반영하고, 폭넓은 조사를 통해 충분한 수의 모집단을 확보하고자 하였다. 또한, 데이터 출처에 따른 데이터 상호 검증과 통계적 기법을 통해 신뢰도 높은 database를 구축하고자 한다.

하지만, 자료 조사의 물리적 한계를 고려하여, 지역에 따른 기후조건 차이와 사용년수에 따른 노후화 변수를 배제할 수 있도록, 데이터 수집 범위를 다음과 같이 설정하였다. 우선, Fig. 1과 같이 기후 조건이 유사하며 가장 많은 지역난방 공동주택 에너지사용량 데이터를 수집할 수 있는, 서울 및 수도권권의 일부 도시에 위치한 공동주택에 대한 에너지사용량 데이터를 수집하였다. 즉, 서울지역은 지역난방이 공급되는 지역중심으로 조사하였으며, 경기도권역은 2000년 대 이후 택지지구 공급량이 많았던 고양시, 파주시, 광명시, 과천시, 안양시 동안구, 성남시 분당구, 수원시 장안구 및 영통구, 용인시 수지구 및 기흥구를 대상으로 공동주택 에너지사용량 데이터를 수집하였다.

1999년 분양가 자율화를 계기로 입면비율과 관련된 공동

주택의 공간구성(Bay)이 크게 변화였고(Ko et al. 2003), 이는 공동주택의 에너지 성능에 큰 영향을 주는 변수라고 할 수 있다(Hong et al. 2015). 이에 본 연구에서는 분양가 자율화의 영향으로 변경된 설계기준이 본격적으로 적용되어 준공된 시기인 2003년 이후의 공동주택을 고려하였다. 또한, 설비의 노후화 및 입주 후 별도의 개보수 등 공동주택의 사용년수에 따른 영향을 배제하기 위해 건설산업기본법 시행령에서 지정한 최대 하자보증기간인 10년을 고려하여, 2003년에서 2013년에 준공한 공동주택 325개 단지를 선정하였다.

325개 공동주택 단지에 대한 에너지사용량 데이터는 공동주택관리정보시스템으로부터 2014년의 난방, 급탕, 전기, 수도 사용량 데이터가 수집되었다.

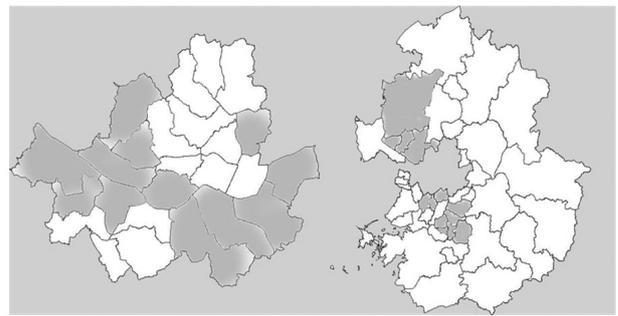


Fig. 1. Areas of data collecting

### 2.2 데이터 출처 및 활용

본 연구에서 조사된 공동주택 단지별 에너지사용량 데이터는 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 단지별 에너지사용정보를 기반으로 한다. 본 연구에서는 공동주택관리정보시스템의 운영주체인 한국감정원의 전문가와의 인터뷰 조사를 통해 정보시스템에서 제공하는 공동주택 에너지사용량 데이터의 신뢰성을 검토하였다. 그 외 공동주택 단지의 규모, 준공년도와 같은 공동주택 특성 정보는 공동주택관리정보시스템 내의 단지정보는 물론, 건축데이터 민간개방시스템의 건축물 대장 database, 에너지관리공단의 에너지효율등급 인증 실적 정보, 한국환경산업기술원의 녹색건축인증 실적 및 부동산 포털 사이트로부터 수집하였다. 다양한 데이터 출처들이 제공하는 공동주택 단지의 PK number, 단지명, 주소, 세대수 및 연면적 등의 공통정보를 상호 비교 검토함으로써, 신뢰도 있는 에너지사용량 데이터를 확보하였다.

## 3. 에너지사용량 Database 구축

### 3.1 Data Filtering

다양한 데이터 출처 간의 상호검증과정에서 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 정보 및 관리체계에 있어 몇 가지 문제점이 발견되었으며, 이를 보완하기 위하여 다음과 같이

Data filtering을 진행하였다.

### 3.1.1 에너지사용량 데이터 결측단지 확인

공동주택관리정보시스템에서는 단지별로 2012년에서 2015년 현재 시점까지의 년/월 단위의 에너지사용금액, m<sup>2</sup> 당 에너지사용금액, 에너지사용량 데이터를 제공하고 있다. 에너지 사용량 데이터는 난방, 급탕, 취사용 도시가스, 전기, 수도 총 5개 항목에 나뉘어 제공되고 있다. 그러나 일부 단지의 경우, 수개월에서 년단위의 에너지사용량 데이터가 누락되거나, 혹은 오입력된 사례가 다수 포함되어 있었다. 일례로 서울 은평구에서는 조사대상으로 확인한 37개 단지 중 16개 단지(43%)의 2014년도 에너지사용량 데이터에서 오류가 발견되었다. 본 연구에서는 일부 기간의 에너지사용량 데이터가 누락된 단지는 결측 단지로 해석하고 database 구축과정에서 제외하였다.

### 3.1.2 단위면적 기준 수립

동일 유형의 건축물이라도 단위 프로젝트마다 규모가 다르기 때문에, 공동주택을 포함한 모든 건축물의 에너지사용량 평가는 단위면적당 에너지사용량을 기준으로 평가하는 것이 타당하다. 따라서 본 연구에서는 단위면적에 따른 지역난방 공동주택 에너지사용량 database를 구축하였다.

공동주택관리정보시스템에서는 개별 단지정보에 입력된 관리비부과면적을 기반으로 단위면적(즉, m<sup>2</sup>) 당 에너지사용금액 데이터를 제공한다. 그러나 시스템 내에 관리비부과면적에 대한 기준이 명확하게 수립되어있지 않아, 입력된 단지에 따라 상이한 기준의 데이터가 입력되어 있다. 즉, 관리비 부과면적에 대한 명확한 기준이 없어, 입력자에 따라 연면적, 공급면적 또는 전용면적과 같은 다른 데이터가 입력되어 있는 실정이다. 단지 전체의 에너지사용금액을 관리비부과면적으로 나누어서 해당 단지의 m<sup>2</sup>당 에너지사용금액으로 제시하기 때문에, 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 m<sup>2</sup>당 에너지사용금액은 비교를 위한 데이터로는 적합하지 못하다.

Table 1은 본 연구에서 조사된 325개의 공동주택 단지 중 상이한 관리비부과면적 기준으로 인한 잘못된 에너지 평가 결과의 사례이다. Case 54의 경우, 연면적과 거의 유사한 면적을 관리비부과면적기준으로 적용하고 있어, 실제 단위면적당 다른 공동주택에 비해 많은 에너지를 사용함에도 불구하고, 공동주택관리정보시스템 상에서는 단위면적당 에너지사용금액이 평균대비 72%에 불과한“양호”단지로 나타나고 있다. 반대로 전용면적에 가까운 면적을 관리비부과면적기준으로 적용한 case 299의 경우에는 325개 단지의 평균대비 12% 정도 에너지를 적게 사용하고 있음에도 불구하고, 공동주택관리정보시스템 상에서는“유의”단지로 분류되어있다. 이는 단지 간 비교를 통한 입주자들의 에너지 절약 유도라는 시스템의 취지에 반하는 결과인 동시에, 벤치마크로서의 기능을 상실하

는 결과를 나타내고 있다. 더불어 기존 연구에서 단위면적 기준에 대한 검토 없이 공동주택관리정보시스템의 에너지사용량 정보를 그대로 활용한 경우 신뢰도 있는 연구결과가 도출되기는 어렵다.

이에 따라, 본 연구에서는 전체 연면적에서 지하층, 주차장, 지상 기계실 및 주민공동시설 면적을 제외한 지상 전유부 면적인 용적율산정면적을 m<sup>2</sup>당 에너지사용량을 산출하기 위한 기준 면적으로 설정하였다. 용적률산정면적을 기준 면적으로 설정한 이유는 다음과 같다: 1) Table 2와 같이 325개 단지 중 215개 단지가 용적율산정면적과 유사한 면적을 관리비 부과면적으로 사용하고 있으며, 2) 일반적으로 80m<sup>2</sup>, 110m<sup>2</sup> 등의 분양면적으로 인식되는 기준인 공급면적과 용적율산정면적이 관리사무소 면적 차이를 제외하면 거의 동일하며, 3) 건축물 대장상에서 허가시의 용적율산정면적을 확인 가능하다.

Table 1. Sample validation for reference area application

Case	Existing reference area	Proposed reference area	Energy evaluation in K-APT	Revised result
no.54	69,994m <sup>2</sup>	53,032m <sup>2</sup>	Good 72% to average	141.1kWh/m <sup>2</sup> y 122% to average
no.299	55,117m <sup>2</sup>	63,111m <sup>2</sup>	Caution 108% to average	101.7kWh/m <sup>2</sup> y 88% to average

계단, 복도, 엘리베이터 등의 공용면적을 제외한 전용면적 역시 기준 면적으로 사용될 수 있다. 하지만, 1) 건축물대장에 단지별 전용면적이 별도로 명기되지 않았고, 2) 2005년 발코니 확장 합법화로 인해 대부분의 신축 공동주택이 서비스면적까지 전유부로 확장하여 사용하고 있으며, 3) 복도 및 엘리베이터 등 공용공간에서 사용하는 공용 에너지사용량을 고려할 때, 용적율산정면적이 전용면적보다 m<sup>2</sup>당 에너지사용량을 잘 설명할 수 있다고 판단하였다.

Table 2의 87개 단지가 적용중인 연면적도 기준면적으로 고려할 수 있다. 그러나, 연면적은 에너지를 거의 사용하지 않는 지하층 면적을 포함하고 있다. 이에 따라 지하주차장 등 지하층의 유무나 규모에 따라 단위면적당 에너지사용량이 크게 영향을 받을 수 있으므로, 연면적은 기준면적으로 적용하기에 부적절하다고 판단하였다.

Table 2. Area comparison of existing and proposed reference

Group	Sample	Average	Interpretation
Under 97% proposed area	23	93.8%	Closed to exclusive use area
97% to 103% proposed area	215	99.0%	Almost same with proposed reference area
Over 103% proposed area	87	126.4%	Closed to total gross area
Sum	325		

### 3.1.3 난방 및 급탕 에너지 단위 재검토

공동주택관리정보시스템에서는 난방 및 급탕 에너지에 대해 단지별 총 사용금액과 함께 Mcal와 ton의 단위로 표시된 에너지사용량 데이터를 제공하고 있다. 2009년 이후 공동주택에 대한 사업승인을 받은 경우 시행령<sup>1)</sup>에 따라 의무적으로 열량계를 설치하게 되어있으나, 본 연구의 대상으로 선정된 2003년에서 2013년에 준공한 325개 공동주택 단지의 경우 2009년 개정된 시행령이 적용되지 않아 열량계 대신 유량계가 설치된 단지가 혼재되어있다.

Table 3에서 보듯이 유량계를 사용하는 단지의 경우 세대별로 공급된 난방수의 공급온도와 환수온도의 차이를 알 수 없어, 정확한 사용 열량을 확인하는 것이 불가능하다. 열량계가 적용된 단지의 경우에도 계량단위가 Gcal 혹은 mWh로 다를 수 있다. 계량단위가 다를 경우 환산계수가 다르므로<sup>2)</sup>, 단지별로 정확한 계량단위가 제공되지 않는다면 유량계의 경우와 마찬가지로 정확한 사용 열량을 파악하는 것을 불가능하다. 그러나 공동주택관리정보시스템에서는 단지별 계량기 조건이나 계량단위의 구분 없이 Mcal 단위의 사용량 정보를 제공하고 있어, 단지별 관리사무소를 통해 개별적으로 확인하지 않는 이상 사용 열량 정보를 그대로 활용하는 것은 불가능하다.

Table 3. Comparison of calorimeter and flowmeter

Type	unit	Advantage	Disadvantage
Calorimeter	Gcal, mWh	Precise measuring	Expensive
flowmeter	M <sup>3</sup>	Cheap and durable	Inaccuracy in calorimetry

급탕에너지 사용량의 경우에는 개별단지에서 사용한 급탕수의 유량(ton) 정보로 제공되고 있다. 하지만, 유량계와 마찬가지로 급탕수의 공급온도와 환수온도의 차이를 정확히 알 수 없기 때문에, 급탕수 유량 정보를 기반으로 에너지사용량을 파악하기 위해서는 부정확한 가정사항이 요구된다. 이에 본 연구에서는 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 2014년 난방 및 급탕에너지 사용금액을 아래 수식 (1)과 (2)에 적용함으로써, 난방 및 급탕 에너지사용량을 산출하였다. 지역 난방 공급가격 및 요금산정기준은 지역난방공사에서 제공한 정보를 이용하였다 (KDHC 2015).

$$He_q^i = ((He_m^i / tax) - RA^i \times C_{basic}) / C_{rate} \quad (1)$$

$He_q^i$ : i단지의 난방에너지 사용량  
 $He_m^i$ : i단지의 난방에너지 총 사용금액  
 $tax$ : 부가가치세  
 $RA^i$ : i단지의 계약면적  
 $C_{basic}$ : 지역난방 기본요금  
 $C_{rate}$ : 지역난방 온수의 단위 kcal당 요금

1) 주택건설기준 등에 관한 시행령 37조 3항 (2009.10.19. 개정)  
 2) 1kWh=860kcal

$$HW_q^i = HW_m^i / (tax \times C_{rate}) \quad (2)$$

$HW_q^i$ : i단지의 급탕에너지 사용량  
 $HW_m^i$ : i단지의 급탕에너지 총 사용금액  
 $tax$ : 부가가치세  
 $C_{rate}$ : 지역난방 온수의 단위 kcal당 요금

Table 4는 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 난방, 급탕, 전기, 수도에 대한 m<sup>2</sup>당 사용량 데이터와 수식 (1)과 (2)를 통해 산출된 m<sup>2</sup>당 에너지사용량을 비교한 결과이다. 난방의 경우 단지별로 입력된 정보의 계량단위를 알 수 없기 때문에 총 사용량에서 관리비기준 면적을 나누었을 경우, 최대 769 Mcal/m<sup>2</sup>·yr에서 최소 0.0189 Mcal/m<sup>2</sup>·yr로 표준편차가 평균의 3배가 넘는 활용 불가능한 데이터인 것으로 나타났다. 그러나 수식 (1)에 따라 산출된 결과의 표준편차는 평균 대비 22% 수준으로 전기와 수도 사용량 데이터의 표준편차와 거의 유사한 수준인 것으로 나타났다. 급탕의 경우 수식 (2)에 따라 산출된 결과의 표준편차는 사용량 기준 정보보다 약간 증가하였으나, 온수온도와 같은 부정확한 가정이 반영되지 않는 결과이다.

Table 4. Energy Utilization of each energy sources

Energy	Calculation criteria	Mean (A)	SD (B)	B / A
Heating	Amount based	13.71 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	46.33 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	338%
	Rate based	40.84 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	8.82 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	22%
Hot Water	Amount based	0.615 Ton/m <sup>2</sup> ·yr	0.124 Ton/m <sup>2</sup> ·yr	20%
	Rate based	28.83 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	6.70 Mcal/m <sup>2</sup> ·yr	23%
Elec.	Amount based	34.22 kWh/m <sup>2</sup> ·yr	6.82 kWh/m <sup>2</sup> ·yr	20%
Water	Amount based	1.99 M <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·yr	0.42 M <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·yr	21%

### 3.1.4 장기 미분양단지 검토

장기미분양은 전체 공동주택 단지의 에너지사용량에 영향을 줄 수 있기 때문에, 공동주택 단지에 대한 에너지사용량 데이터를 구축하기에 앞서 장기미분양 역시 고려되어야 한다. 국토교통부에서 제공하는 공사완료 후 미분양정보에 따르면, 2014년 12월 기준으로 서울 지역의 경우 총 107세대, 경기지역(수원, 성남, 안양, 광명, 고양, 과천, 용인, 파주)의 경우 총 5,371세대가 준공 후 미분양으로 남아있었다(MLIT 2015). 이중 대부분인 4,597세대는 전용면적 85m<sup>2</sup>를 초과하는 대형평형으로, 대부분은 용인시(2,868세대)와 고양시(1,012세대)에 집중되어 있었다.

준공 후 미분양세대가 집중된 단지의 경우, 높은 공실률로 인해 단지 전체의 에너지사용량은 낮게 나타날 수 있다. 본 연구에서는 2014년 에너지사용량을 대상으로 하는 연구 범위에 맞춰, 2013년 준공단지의 경우 민간단지 전체 및 2010년 이후 준공단지의 경우 용인시와 고양시의 대형평형 중심 단지를 대상으로 부동산 포털 및 현지 부동산 중개사무소 조

사를 통해 2014년 미분양 현황을 파악하였으며, 일산 00지구, 00지구, 용인 00지구 등의 장기미분양 단지의 정보는 database에서 제외하였다.

### 3.1.5 단위 세대별 면적정보 기준 검토

최근까지 대부분의 공동주택이 60m<sup>2</sup> 이하, 80~85m<sup>2</sup>(전용면적 59m<sup>2</sup>) 100~115m<sup>2</sup>(전용면적 85m<sup>2</sup>), 135m<sup>2</sup> 이상의 표준적인 면적 유형에 나누어 공급되어 왔다. 기존 연구에 따르면, 단지의 단위세대별 면적구성과 평균 단위세대 면적은 공동주택 단지의 에너지사용량에 영향을 주는 요인이 될 수 있다(Hong et al, 2011). 따라서 본 연구에서 구축하고자 하는 database에서도 단위세대별 면적정보는 60m<sup>2</sup>이하, 60~85m<sup>2</sup>, 85~135m<sup>2</sup>, 135m<sup>2</sup> 이상으로 구분하였으며, 3.1.2 절에서 언급한 바와 같은 기준면적을 공급면적과 유사한 용적률산정면적으로 적용하였기 때문에, 면적별 분류기준도 전용면적이 아닌 공급면적으로 설정하였다.

공동주택관리정보시스템은 전용면적별 세대현황 정보를 제공하고 있다. 그러나 일부 단지는 전용면적 기준으로, 일부 단지는 공급면적 기준으로 세대현황 정보를 제공한다는 문제점이 발견되었다. 이에 본 연구에서는 부동산 포털 서비스에 제공하는 정보를 바탕으로, 각 단지의 세대별 면적정보를 재구성하였다.

### 3.1.6 친환경 인증 Data 검토

친환경 인증 여부는 공동주택의 에너지사용량에 영향을 줄 수 있는 요인이기 때문에, 공동주택 단지에 대한 친환경 인증 여부에 관한 데이터 역시 함께 고려되어야 한다. 대한민국에서는 공동주택의 친환경 인증을 위해 녹색건축인증과 에너지효율등급이 주로 활용되어 왔다. 공동주택관리정보시스템에서는 공동주택 단지에 대한 녹색건축인증과 에너지효율등급에 관한 인증 획득 여부 및 세부 등급에 관한 페이지를 구성하고 있지만, 실제 인증획득 여부와 무관하게 대부분의 단지에 대한 인증 관련 정보가 제공되지 않는다. 본 연구에서는 에너지관리공단에서 제공하는 2014년 4분기 기준의 에너지효율등급 인증실적 정보와 한국환경산업기술원에서 제공하는 2014년 10월 기준의 녹색건축인증 실적 정보를 이용하여 조사대상 325개 단지 중 85개의 녹색건축 인증단지와 81개의 에너지효율등급 인증단지의 정보를 database에 포함하였다(KEMC 2015, KEITI 2015).

## 3.2 지역난방 공동주택 에너지사용량 Database

### 3.2.1 Database 요약

앞서 언급한 data filtering 과정을 통해 지역난방 공동주택 에너지 사용량 database가 구축되었다. Table 5는 구축된 database에 대한 개략적인 구성 정보를 보여준다.

난방수 공급을 위한 기반시설의 구축이 선행되어야 하는 지역난방 시스템의 특성상 기존의 구도심보다는 신도시나 택지지구에 조사대상인 지역난방 공동주택 단지가 많이 포함되어 있었다. 특히, 택지지구에 공공주택이 다수 공급되는 특성상 전체의 42%가 공공주택이었다. 2007년부터 공급된 장기전세주택 “시프트”와 2009년부터 공급된 보급자리 주택 제도 등으로 인해 임대주택이 분양주택과 동일 조건의 평면 및 크기를 갖춘 사례가 많아졌으며(Kim 2010), 재개발/재건축에 따른 용적률 증가의 일부를 임대주택으로 공급해야 하는 임대주택 의무비율 제도의 영향으로 공공에서 공급하는 순수 임대주택(43 cases)보다 분양과 임대가 혼합된 단지(48 cases)가 더 많은 것으로 나타났다. 그리고 총 임대주택단지가 43 cases 중 복도식 단지는 14 cases에 불과하여, 2000년대 이후 지어진 임대주택에서 계단식과 복도식이 혼합된 형태가 많은 것으로 나타났다. 앞서 언급했던 바와 같이 99년 시행된 분양가 자율화와 2000년대 이후 본격적으로 진행된 재건축/재개발의 영향으로 소형/복도식으로 인식되던 임대주택의 공급형태가 변화했음을 확인할 수 있다. 준공시점과 관련하여서는 대체로 고른 분포를 나타내었으나, 2010년 이후 cases는 다소 감소하는 형태를 보였다. 이는 2000~2007년까지 서울과 경기지역에 평균 520,000세대의 인허가가 이루어진 반면 2008~2010년의 인허가 평균 380,000세대로 감소된 것은 물론, 본 연구에서 장기 미분양 단지를 제외하였기 때문인 것으로 판단된다(KOSIS 2015). 단위 세대에 대한 면적정보는 세대 전용면적이 아닌 공급면적을 적용하여 구축되었으며, 면적별 가구 분포는 통계청에서 제시하는 주택면적분포와 유사하게 나타났다<sup>3)</sup>. 단위면적의 기준으로 적용한 용적률산정면적을 세대수로 나눈 세대당 평균면적은 114m<sup>2</sup>로 나타나 전용면적 85m<sup>2</sup>의 통상적인 공급면적인 110m<sup>2</sup>에 근접한 수준으로 나타났다. 더불어 조사대상 325개 단지 중 녹색건축인증 단지는 85개, 에너지효율등급 인증단지는 81개이며 2개의 인증을 모두 확보한 단지는 54개로 나타났다.

Table 5. Summary of Energy Utilization Database

Category	Description	Note
Area	Seoul : 96 cases / Kyoungki : 229 cases	
Developer	Public : 138 cases / Private : 187 cases	
Completion year	'03y : 24 cases / '04y : 36 cases '05y : 18 cases / '06y : 46 cases '07y : 21 cases / '08y : 32 cases '09y : 64 cases / '10y : 36 cases '11y : 24 cases / '12y : 16 cases '13y : 8 cases	unsold project excluded

3) 표본수 1,112 / 66m<sup>2</sup> 이하 17%, 67~100m<sup>2</sup> 47.2%, 101~132m<sup>2</sup> 31.5% / 133m<sup>2</sup> 이상 4.3%

Category	Description	Note
Sales type	Sell : 234 cases / rent : 43 cases / mixed : 48 cases	
Corridor type	stair 256 cases / corridor 14 cases / mixed 55 cases	
No. of House	241,235 houses	
Size type	under 60m <sup>2</sup> : 14,384 houses 60 to 85m <sup>2</sup> : 46,033 houses 85 to 135m <sup>2</sup> : 125,120 houses over 135m <sup>2</sup> : 55,698 houses	Supply area based
Gross Area (per house)	37,921,827m <sup>2</sup> (157.20m <sup>2</sup> )	
Ref. Area (per house)	27,531,784m <sup>2</sup> (114.13m <sup>2</sup> )	
G-Seed Certificate	85 cases (Best 10 / Excellent 74 / Good 1)	
Energy Efficiency Certificate	81 cases (1 <sup>st</sup> grade 21 / 2 <sup>nd</sup> grade 59 / 3 <sup>rd</sup> grade 1)	

### 3.2.2 에너지사용량 분석

수집된 에너지사용량 data를 수식 (3)과 (4)에 적용함으로써, 1차 에너지사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하였으며, 그 결과는 Table 6과 같다. 이때, 1차 에너지사용량을 산출하기 위하여, 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정에 명시된 1차 에너지 환산계수를 적용하였다. CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하기 위하여, 지역난방공사, 에너지관리공단, 환경부에서 제공하는 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출계수를 사용하였다(KDHC 2015, KEMCO 2015, ME 2015). 다만, 수도사용량에 대한 1차 에너지 환산계수는 조사되지 않아, 1차 에너지사용량 산출에는 난방, 급탕과 전력사용량만이 반영되었다.

$$SE_i = (He_i + HW_i) \times 1000/860 \times Coef_{dh}^{fse} + Elec_i \times Coef_{elec}^{fse} \quad (3)$$

$$CO_{2i} = (He_i + HW_i) \times Coef_{dh}^{fco_2} + Elec_i \times Coef_{elec}^{fco_2} + Wa_i \times Coef_{wa}^{fco_2} \quad (4)$$

Se<sub>i</sub> : i단지의 단위면적당 1차에너지 사용량 (kWh/m<sup>2</sup>)

CO<sub>2i</sub> : i단지의 단위면적당 CO<sub>2</sub> 배출량 (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)

He<sub>i</sub> : i단지의 단위 면적당 난방사용량 (Mcal/m<sup>2</sup>)

HW<sub>i</sub> : i단지의 단위 면적당 급탕사용량 (Mcal/m<sup>2</sup>)

Elec<sub>i</sub> : i단지의 단위 면적당 전기사용량 (kWh/m<sup>2</sup>)

Wa<sub>i</sub> : i단지의 단위면적당 수도사용량 (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>)

Coef<sub>dh</sub><sup>fse</sup> : 지역난방 1차에너지 환산 계수

Coef<sub>elec</sub><sup>fse</sup> : 전기 1차에너지 환산계수

Coef<sub>dh</sub><sup>fco\_2</sup> : 지역난방 CO<sub>2</sub>배출계수

Coef<sub>elec</sub><sup>fco\_2</sup> : 전기 CO<sub>2</sub>배출계수

Coef<sub>wa</sub><sup>fco\_2</sup> : 수도 CO<sub>2</sub>배출계수

325개 지역난방 공동주택 단지의 에너지사용량 database를 구축한 결과, 단위면적 당 최종 에너지사용량은 용적율 산정면적 기준으로 115.22kWh/m<sup>2</sup> · 년으로 나타났다. 이중 전체 난방에너지 사용량은 47,48kWh/m<sup>2</sup> · 년으로 총 에너지 사용량의 41.2%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 전기에너지는 34,22kWh/m<sup>2</sup> · 년으로 총 29.7%의 비중을 나타내었

다. 그리고 산출된 결과를 325개 단지 241,235세대의 평균 면적인 114m<sup>2</sup>에 적용하면, 지역난방 공동주택 1세대는 연간 13,150kWh의 에너지를 소비하는 것으로 나타났다. 건축물 에너지효율등급제도는 사용자가 사용하는 최종 에너지사용량을 평가기준으로 사용하는 것이 아니라 해당 에너지를 생산하는 과정의 손실을 포함하는 1차 에너지사용량이 사용된다. 수식 (3)에 따라 에너지사용량을 1차 에너지사용량으로 환산한 결과, 지역난방 공동주택은 단위면적 당 153.07kWh/m<sup>2</sup> · 년의 1차 에너지를 사용하는 것으로 나타났다.

에너지 사용량과 달리 CO<sub>2</sub>배출량은 난방, 급탕, 전력 및 수도 사용량 전체를 반영하여 산출하였고, 그 결과는 평균 24.634kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> · 년으로 나타났다. 세대당 평균면적(즉, 114m<sup>2</sup>)을 고려할 때 지역난방 공동주택 1세대에서는 연간 평균 2,811.44 kgCO<sub>2</sub>를 배출하는 것으로 조사되었다. 에너지사용량 산출에는 반영되지 못했던 수도사용량이 CO<sub>2</sub>배출량 산출에 포함하였으나, 그 영향도가 2.7%로 크지 않았다.

에너지사용량을 살펴보면, 난방에너지가 41.2%로 가장 많은 부분을 차지하였고, 급탕과 전기는 각각 29.1%와 29.7%로 비슷한 수준으로 영향을 주는 것으로 나타났다. 에너지 사용량과 달리 1차 에너지사용량과 CO<sub>2</sub>배출량에서는 전기사용량이 60% 이상의 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 이는 전기의 1차 에너지 환산계수와 CO<sub>2</sub>배출계수가 지역난방이나 수도에 비해서 상대적으로 높기 때문이다. 예를 들어, 전기의 1차 에너지 환산계수는 2.75인데 반해, 열병합발전시스템으로 전기를 생산하는 과정에서 발생된 열을 이용하는 지역난방의 1차 에너지 환산계수는 0.728이다. 친환경 인증과 건축물에너지효율등급 제도는 1차 에너지사용량을 기준으로하기 때문에, 이러한 차이는 최종 사용자가 체감하는 에너지사용량 저감량과 친환경인증에서 제시하는 에너지사용량 저감량을 다르게 인식하게 만드는 원인이 된다.

Table 6. Energy Utilization Intensities (EUI) results

Category	Mean	SD	Proportion	
Site EUI (kWh/m <sup>2</sup> )	Total	115.22	16.95	100%
	Heating	47.48	10.26	41.2%
	Hot water	33.52	7.79	29.1%
	Elec.	34.22	6.82	29.7%
Source EUI (kWh/m <sup>2</sup> )	Total	153.07	23.79	100%
	Heating	34.57	7.47	22.6%
	Hot water	24.40	5.67	15.9%
	Elec.	94.10	18.76	61.5%
CO <sub>2</sub> Emission (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Total	24.634	3.915	100%
	Heating	4.615	0.997	18.7%
	Hot water	3.258	0.757	13.2%
	Elec.	16.100	3.210	65.4%
	Water	0.661	0.140	2.7%

모수통계(parametric statistics)의 기본가정은 관측된 모집단이 정규성이 갖고 있다는 것이므로, 구축된 database의 신뢰성을 검증하기 위해서는 모집단이 정규분포를 따르는지 확인해야 할 필요가 있다. 이를 위해 SPSS 21을 이용하여 조사된 단위면적당 난방, 급탕, 전기, 수도 에너지 사용량과 이를 통해 도출된 1차 에너지사용량, CO<sub>2</sub>배출량에 대한 기술통계량 분석을 실시하였다. 분석 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2와 같이, 수집된 데이터는 정규분포를 따르기 때문에, 구축된 database는 신뢰성 있는 데이터를 포함하고 있는 것으로 확인되었다.

## 4. 논의

### 4.1 에너지사용량 database의 특징

본 연구에서는 공동주택관리정보 시스템, 에너지관리공단, 한국환경산업기술원, 및 건축데이터 민간개방 시스템으로부터 에너지사용량 및 공동주택 특성 정보를 수집하고, 2003년 이후 수도권 지역에 준공된 325개 지역난방 공동주택 단지에 대한 database를 구축하였다.

본 연구에서 구축한 Database는 다음과 같은 특징을 갖는다. 1) 전기나 가스와 같은 일부 에너지에 집중된 기존 연구와 달리 공동주택의 에너지 성능을 종합적으로 평가할 수 있도록 난방, 급탕, 전기, 수도 등의 공동주택에서 사용하는 모든 에너지사용량 데이터를 포함한다. 2) 몇몇의 소규모 사례만을 분석 대상으로 한정된 기존 연구와 달리 서울 및 수도권 도시에 대한 폭넓은 조사로 충분한 수의 모집단을 확보하였다. 3) 공동주택관리정보 시스템, 에너지관리공단 및 한국환경산업기술원의 공개 데이터, 건축데이터 민간개방 시스템의 건축물대장으로부터 수집한 데이터를 비교 검토함으로써, 데이터의 신뢰도를 향상시켰다. 4) 에너지사용량뿐만 아니라, 1차 에너지사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량 데이터를 포함하였다. 5) 통계적 검증 방법을 통해, 수집된 데이터의 정규성을 검증함으로써, database의 신뢰도를 확보하였다. 특히, 본 연구에서 구축한 지역난방 공동주택의 에너지사용량 data를 분석한 결과, 난방, 급탕, 전력 및 수도 사용량 모두 평균대비 20~23% 수준의 일정한 표준오차를 가지며, 정규분포에 따르는 것으로 나타났다. 이에 따라, 지역난방 공동주택 에너지사용량 database는 신뢰성 있는 데이터를 기반으로 구축된 것으로 확인된다. 본 연구에서 구축한 database는 공동주택의 에너지사용량에 대한 영향변수 도출, 기존 공동주택의 에너지 성능 평가 및 신규 공동주택 에너지 성능예측, 그리고 친환경 인증의 유효성 평가 등 다양한 연구에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

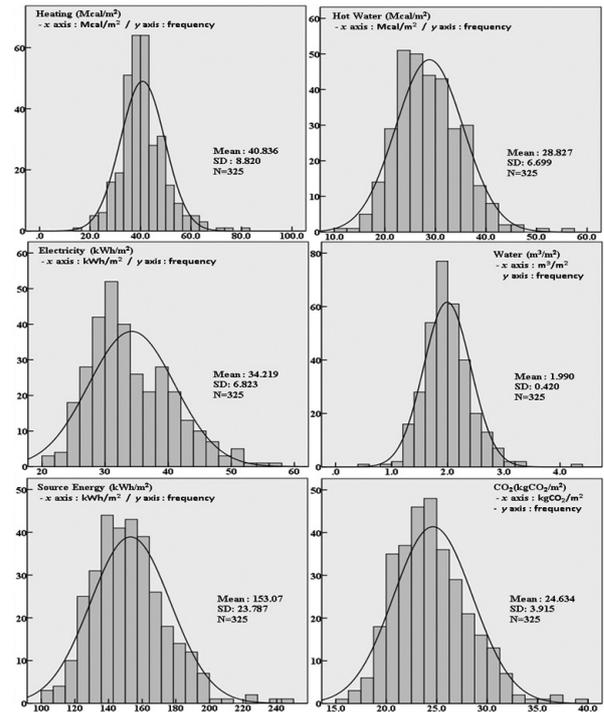


Fig. 2. Energy Utilization histograms for databases

### 4.2 공동주택관리정보시스템의 개선 필요사항

국토교통부에서는 공동주택관리비의 투명한 운영과 유사 단지 비교를 통한 에너지비용 절감 등을 위하여, 공동주택관리정보시스템을 운영하고 있다. 하지만, 본 연구에서 공동주택관리정보시스템에서 제공하는 공동주택 관련 데이터를 확인한 결과, 몇 가지 문제점들이 확인되었다.

따라서 공동주택관리정보시스템이 보다 효율적으로 활용되기 위해서는 다음과 같은 사항들이 개선되어야 할 것이다. 1) 일부 에너지사용량 정보가 누락된 단지에 대해서는 정보 수정 전까지 평균 산출에 미반영하거나 결측 단지임을 사용자가 쉽게 인식할 수 있도록 하는 조치가 필요하다. 2) 단지별로 조건이 다른 난방 계량기 조건 및 단위에 대한 보정 기준이 필요하다. 3) 공동주택 에너지사용량의 기준을 수립하는데 착시효과를 일으킬 수 있는 장기 미분양 단지를 별도로 구분할 수 있는 방안이 고려되어야 한다. 4) 단지에 따라 면적기준이 상이하게 적용되어, 세대별 면적정보에 대한 일관성 및 신뢰성이 부족한 실정이다. 또한, 단지별로 관리비부과 면적의 기준이 상이하게 적용되어, 단위면적당 에너지사용량 데이터를 평가기준으로 사용하기에는 적합하지 못하다. 따라서 시스템 내의 관리비부과면적과 세대별 면적정보 기준에 대한 통일이 필요하다.

위와 같은 문제의 원인은 공동주택 단지에 관한 데이터를 입력하는 주체가 각 관리사무소 또는 위탁전산회사이기 때문이다. 전국의 14,397개 단지의 데이터를 관리하고 운영하

기 위해서는 최종 사용자인 개별 단지의 관리주체가 관련 정보를 입력하는 것이 바람직하다. 하지만, 주요 정보가 명확한 기준에 따라 입력되지 않는다면, 시스템에서 제공하는 정보를 활용하는 것이 불가능할 수 있다. 따라서 관리 및 운영과정에서 최종 사용자가 잘못 입력한 정보에 대해 검증 및 수정할 수 있는 체계가 구축되어야 할 것이다.

## 5. 결론

건축물의 에너지 성능을 정확히 평가하기 위해서는 운영단계의 신뢰도 높은 에너지 사용량 정보를 파악하는 것이 중요하며, 신뢰도를 높이기 위해서는 객관적 분류기준과 체계에 따라 도출된, 일정규모이상의 모집단을 갖는 database의 구축이 필요하다. 본 연구에서는 지역난방 공동주택 단지를 대상으로, 에너지사용량 데이터베이스를 구축하고자 하였다. 이를 위하여, 공동주택관리정보시스템, 에너지관리공단 및 한국환경산업기술원의 공개 데이터, 건축데이터 민간개방 시스템의 건축물대장에서 제공하는 공동주택 단지 관련 데이터를 수집하였다. 그리고 data filtering 과정을 거쳐, 오류를 포함하거나 데이터가 누락된 공동주택 단지를 제외하고, 2003년 이후 수도권 지역에 준공된 325개 지역난방 공동주택 단지에 대한 database를 구축하였다. 구축된 database는 공동주택 단지의 특성정보는 물론, 난방, 급탕, 전력, 및 수도 사용량과 같은 에너지사용량 데이터를 포함하고 있다.

Database 구축 결과, 지역난방 공동주택의 단위면적당 평균 최종 에너지사용량은  $115.22\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 이었으며, 난방 에너지 사용량이 전체의 41.2%로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 1차 에너지사용량 측면에서는, 단위면적당 평균  $153.07\text{kWh/m}^2 \cdot \text{년}$ 의 1차 에너지가 사용되는 것으로 나타났다. 또한, 수도권 지역난방 공동주택은 단위면적당  $24.63\text{kgCO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{년}$ 의  $\text{CO}_2$ 를 배출하는 것으로 나타났다. 에너지사용량과 달리 1차 에너지사용량과  $\text{CO}_2$ 배출량에서는 전기사용량이 60% 이상의 큰 비중을 차지하였다. 본 연구에서 구축한 지역난방 공동주택의 에너지사용량 data를 분석한 결과, 난방, 급탕, 전력 및 수도 사용량 모두 평균대비 20~23% 수준의 일정한 표준오차를 가지며, 정규분포에 따르는 것으로 나타났다. 이에 따라, database는 신뢰성 있는 데이터를 기반으로 구축된 것으로 확인된다.

본 연구에서 구축한 database는 향후 공동주택의 에너지사용량 영향변수 도출, 기존 공동주택의 에너지 성능 비교평가, 친환경인증의 유효성 평가 및 신규 공동주택 에너지 성능예측 등 다양한 분석 및 연구에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 하지만, 본 연구에서는 시간적 한계로 인하여, 공동주택 단지의 범위를 서울 및 수도권 일부지역으로 한정하였다. 따라서 향후 연구에서는 보다 폭넓은 범위에 대한 database 구

축이 필요하다. 특히, 효율적인 공동주택 에너지사용량 데이터의 수집과 분석을 위하여, 앞서 언급한 것과 같이 공동주택 관리정보시스템이 개선되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 첨단도시개발 연구개발사업의 연구비지원(11첨단도시G03)에 의해 수행되었습니다.

## References

- Hong, T., Koo, C., Kim, D., Lee, M., and Kim, J. (2015). "An estimation methodology for the dynamic operational rating of a new residential building using the advanced case-based reasoning and stochastic approaches." *Applied Energy*, 150, pp. 308-322.
- Hong, T., Kim, H., Koo, C., and Park, S. (2011). "Multi-family Housing Complex Breakdown Structure for Decision Making on Rehabilitation." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 12(6), pp. 101-109.
- Kim, Y., and Song, S. (2014). "Energy Consumption status of Apartment Buildings and Influence of Various Factors on Energy Consumption" *Journal of the Korean Solar Society*, 34(6), pp. 93-102.
- Kim Y. (2010). "Policy flow of Public rental housing in South Korea" *Korean journal of Housing*, 5(1), pp. 6-11.
- Korea District Heating Corp, (KDHC). (2015). Informations of heat supply. South Korea. Accessed on 10 June 2015 <<https://www.kdhc.co.kr/content.do?sgrp=S11&siteCmsCd=CM3651&topCmsCd=CM3800&cmsCd=CM3856&pnum=2&num=5>>
- Korea Energy Management Corporation, (KEMCO). (2015). Certification project information of Building Energy Efficiency Rating. Accessed on 10 May 2015. <<http://kempia.kemco.or.kr/HERS/Custom/CustFirstPage.aspx>>
- Korea Environmental Industry and Technology Institute, (KEITI). (2015). Certification project information of G-SEED. Accessed on 18 May 2015. <<http://www.gbc.re.kr/app/data/authStatus/list.do>>
- Korea Statistical Information Service, (KOSIS). (2015). Records of housing permission by district, 1990~2013. Accessed on 7 June 2015.

- 〈[http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList\\_01List.jsp?vwcd=MT\\_ZTITLE&parentId=H#SubCont](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=H#SubCont)〉
- Ko, Y., Kweon, Y., and Kim, Y. (2003). “A Study of Transformation tendency of an Apartment Unit Plan after The Enforcement of Price Deregulation” *Journal of the Korean Interior Desing Society*, 5(5), pp. 74–77.
- Lee, G. (2010). “An analysis on the Factors Affecting the Level of Resident’s Satisfaction in Environment Friendly Apartment”, Master’s Thesis, Hanyang Univ.
- Ministry of Environment, (ME). (2015). Carbon point project for reducing carbon gas. Accessed on 10 may 2015.
- 〈<https://cpoint.or.kr/user/index.do>〉
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (MLIT). (2014). The 1<sup>st</sup> Master Plan of Green building. South Korea. Accessed on 1 March 2015. 〈[http://www.molit.go.kr/USR/BORD0201/m\\_69/DTL.jsp?mode=view&idx=221898](http://www.molit.go.kr/USR/BORD0201/m_69/DTL.jsp?mode=view&idx=221898)〉
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (MLIT). (2015). Statistics information about unsold housing after built. South Korea. Accessed on 5 June 2015. 〈<http://stat.molit.go.kr/portal/cate/statView.do>〉
- Park, S. (2015). “A Study on Changes of the Energy Efficiency Rating according to the Revised Building Efficiency Rating Certification System”, Master’s Thesis, Hanyang Univ.

---

**요약 :** 건축물의 에너지성능을 평가하기 위해서는 운영단계의 신뢰도 높은 에너지 사용량 정보를 파악하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 객관적 분류체계에 따라 도출된 일정규모이상의 모집단을 갖는 database의 구축이 필요하다. 본 연구에서는 지역난방 공동주택의 에너지 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 에너지원을 반영하고, 서울 및 수도권 도시에 대한 폭넓은 조사로 충분한 수의 모집단을 확보하며, 다양한 Data source를 이용한 상호검증과 통계적 기법을 통해 1차 에너지사용량과 CO<sub>2</sub> 배출량을 포함한 325개 단지의 database를 구축하였다. 추가적으로 향후 관련 연구의 발전을 위해 국토교통부에서 구축한 공동주택정보관리시스템의 개선 필요사항을 제안하였다.

**키워드 :** 단위면적당 에너지사용량, 에너지성능, 탄소배출량, 데이터베이스, 지역난방, 공동주택

---