

# 농촌주택표준설계도 에너지효율등급평가 및 설계변수에 따른 에너지소요량 변화에 관한 연구

## A Study on Energy Requirement Variation According to Energy Efficiency Rating Evaluation and Design Variable of Standard Design of Rural Houses

박미란\* 류연수\*\* 최정만\*\*\* 서혜원\*\*\*\*  
Park, Mi-Lan Ryo, Yeon-Su Choi, Jeong-Man Seo, Hye-Won

### Abstract

The study analyzed the heat losses and the building energy efficiency grade by the energy simulation using the ENERGY# and ECO2 programs for the three types of Standard design of rural houses. It was calculated the energy efficiency rating by the ECO2 program for the rural housing standard design, and the energy demand and the energy consumption by each factor were compared and analyzed. And it analyzed energy consumption by element of each house by ENERGY # program. As a result, first in the evaluation of the energy efficiency grade of buildings by the ECO2 program, the rating for primary energy requirement for the housing newly built by the standard design of rural house is expected to range from 2 to 4 with 189.3 to 238.7 kWh / m<sup>2</sup>.a. Second, the energy loss of each part of standard design of rural housing occurs in the order of ventilation 39%, window 33%, outer wall 14%, roof 9%, bottom 5%, and energy loss through ventilation and window occurs more than 70%. Third, the most beneficial effects on the energy efficiency grade is obtained the lowest grade of all three types by 2 when the lowering of the window and door heat transmission rate and the lowering of the light density, and the heat exchange ventilation device is not installed. Fourth, in the standard design of rural housing, the energy demand is occupied by heating > hot water > lighting order, and the order of the weight is changed in order of heating > lighting > ventilation > hot water. Fifth, building energy efficiency assessment system needs to establish policy for fixing rural housing energy as a practical device to ensure energy performance and quality.

주요어 : 농촌주택 표준설계도, 농촌주택, 에너지효율등급, ECO2프로그램

Keywords : Standard design of rural houses, Rural houses, Energy efficiency grade, ECO2 program

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

2015년 12월 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP21)에 참가한 195개 나라에서 파리협정(Paris Agreement)을 최종 채택하였다. 파리협정은 1997년 교토의정서를 대체하여 2020년 이후 기후변화 적응을 담은 보편적 국제 협약이다. 기존 교토의정서에는 선진국만 온실가스 감축의무가 있었던 반면 파리협정은 195개 당사국 모두에게 구속력있는 기후 합의라는 점에서 의미가 있다. 협정을 통해 산업화 이전대비 지구 평균기온 상승을 1.5℃이하로 제

한·유지하기 위하여 자발적으로 국가별 온실가스 감축목표를 제출하였다. 우리나라는 온실가스 감축목표를 2030년 배출 전망치(BAU<sup>1)</sup>) 대비 37%(3억1500만톤) 감축하기로 설정하고 국제적으로 약속하였다. 우리나라에서 온실가스 배출은 산업분야가 약 50%로 가장 많으며 건축물분야가 25%로 두 번째로 많은 부분을 차지하고 있다.

건축분야에서 온실가스 감축을 위해서는 다양한 분야에서 다각적인 노력이 필요하며 이를 위해 구체적이며, 체계적인 제도·정책 마련이 필요하다. 특히 건축부분에서 녹색건축물조성지원법을 근간으로 에너지절약설계기준, 녹색건축 인증, 건축물에너지효율등급인증과 제로에너지 건축 등 다양한 제도를 시행하고 있다. 건물 단위에서 많은 에너지를 사용하는 업무시설, 아파트 등은 에너지절약 설계기준 준수, 인센티브정책 등으로 제도적 장치를 통해 통제되고 있으나, 건축 신고로 가능한 농촌주택은 에너지 관점에서 관리범위 밖에 놓여있다.

이웃집과 벽·바닥·지붕을 공유하는 아파트와 달리 단독

\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원  
\*\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원, 공학박사  
(Corresponding author : Rural Research Institute, rsoftwater@ekr.or.kr)  
\*\*\* 한국패시브건축협회 회장  
\*\*\*\* 자립ENC 팀장

이 논문은 2016년 농림축산식품부의 “농촌형 임대주택 유형개발 및 산업화방안” 으로 수행된 연구의 일부임

1) BAU(Business As Usual) : 온실가스 감축조치를 하지 않을 경우 예상되는 온실가스 총량

주택이 대부분인 농촌주택은 외피가 바로 외기에 직접 접하여 열 손실이 많으며 쾌적한 실내 환경을 유지하기 위하여 많은 에너지를 필요로 한다. 또한 농촌지역은 도시에 비하여 저렴한 난방에너지원을 선택하기 어렵다. 비교적 저렴한 난방에너지원인 지역난방, 도시가스(LNG)의 공급이 어려워 대부분 등유를 이용해 난방하고 있다. 에너지 소요량이 같더라도 도시가스에 비하여 등유는 약 1.6배의 비용을 더 지불해야한다. 이러한 이유로 농촌주택의 에너지 성능 확보가 매우 중요하다.

본 연구에서는 신축 농촌주택의 에너지효율평가 등급을 산정하고 에너지요구량 및 소요량을 분석하여 건축물 에너지효율등급 평가에 영향을 미치는 요소를 중심으로 농촌주택 에너지절감 방안을 제시하였다.

### 1.2 연구의 방법

본 연구에서 대상으로 하는 농촌주택은 농림축산식품부에서 개발 보급한 농촌주택 표준설계도로 중부지역에 신축하였을 때를 가정하여 주거용 건물에너지효율등급 평가 방법 및 프로세스 분석과 에너지평가에서 다루어지는 농촌주택의 입력·출력 조건을 분석하였다<Fig. 1>.

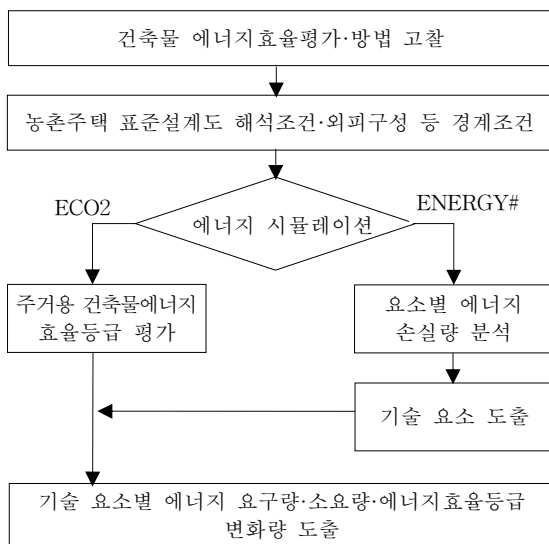


Fig. 1. Research methods and processes

또한 ECO2 프로그램을 이용하여 에너지효율등급을 산정하고 냉·난방, 급탕, 조명, 환기 에너지 소요량을 비교 분석하고, ENERGY# 프로그램으로는 각 주택의 요소별 에너지 손실량을 분석하였다. 이를 통해 농촌주택에서 효율적인 에너지관리에 필요한 설계요소를 도출하였으며, 요소의 변화에 따라 절감되는 에너지요구량, 소요량, 에너지효율등급을 도출하였다.

## 2. 건축물 에너지 효율 평가 방법 고찰

### 2.1 건축물 에너지효율 평가제도 개요

건축물 에너지 성능에 대하여 정량적이고 객관적인 정보를 제공함으로써 에너지 성능이 높은 건축물의 보급

및 효과적인 에너지 관리를 유도하기 위하여 건축물 에너지 효율 등급 인증 제도를 도입하였다. 2013년 「녹색건축물 조성지원법」이 제정되고, 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」, 「건축물 에너지효율등급 인증 기준」을 제·개정하면서 친환경 건축물인증제도, 주택성능등급표시제도 등 녹색건축물 관련하여 중복 운영되고 있던 제도를 에너지효율등급제도로 통합하였고 그 중 연면적 3,000㎡이상으로 에너지절약 계획서 제출대상 공공건축물은 녹색건축 인증까지 받도록 의무화하였다.

### 2.2 인증대상

기존에는 신축하는 공동주택, 업무시설이 인증대상이었으나 건축물 에너지효율등급 인증제도에서는 건축주의 자발적인 신청으로 신축과 기존 건축물을 포함하며 모든 용도의 건축물로 확대되었다<Fig. 2>.

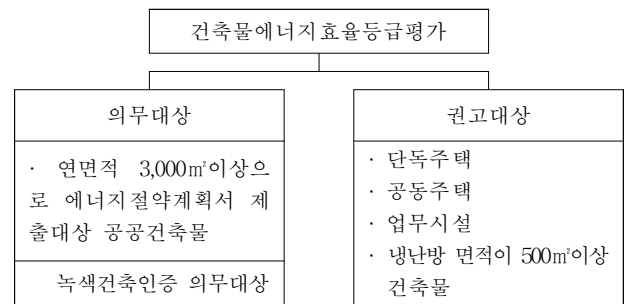


Fig. 2. Building energy efficiency rating target

### 2.3 인증기준

건축물 에너지효율등급 인증기준은 난방, 냉방(냉방설비가 설치되지 않은 주거용 건물은 제외), 급탕, 조명 및 환기에 대해 종합적으로 평가하도록 제작된 ECO2 프로그램을 이용하여 산출된 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량을 기준으로 평가한다. 에너지 계산은 ISO-13790와 DIN V 18599를 기반으로 하여 단위 면적당 에너지 요구량, 소요량 및 등급용 1차 에너지소요량을 산출한다.

에너지 요구량은 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명부분에서 표준설정 조건을 유지하기 위하여 해당 공간에서 필요로 하는 에너지량을 말하는 것으로 건축적 조건만을 고려하여 설비의 기계효율은 계산되지 않는다. 실 용도를 고려한 냉·난방 설정온도, 사용시간, 내부 발열량, 외피 열관류율, 방위 등을 고려하여 각 요소들의 건축적 대안을 통해 요구량을 줄일 수 있다.<sup>2)</sup>

에너지 소요량은 에너지 요구량을 만족시키기 위하여 건축물의 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 부분의 설비기에 사용되는 에너지량을 말하며 건물에 공급되는 에너지 설비기기의 효율, 배관손실 등을 고려하여 에너지 소요량을 다음 식 (1)으로 산출한다.

2) 김창성, ECO2프로그램을 이용한 공동주택의 단위세대 평명형태에 따른 에너지효율평가, KIEAE Journal, Vol.15, No5, 2015, p90

$$\begin{aligned}
 \text{단위 면적당 에너지 소요량} &= \frac{\text{난방에너지소요량}}{\text{난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 &+ \frac{\text{냉방에너지소요량}}{\text{냉방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 &+ \frac{\text{급탕에너지소요량}}{\text{급탕에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 &+ \frac{\text{조명에너지소요량}}{\text{조명에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\
 &+ \frac{\text{환기에너지소요량}}{\text{환기에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

건축물 에너지 효율등급 산정을 위한 단위면적당 1차 에너지 소요량은 단위면적당 에너지 소요량에 1차 에너지 환산계수<sup>3)</sup>와 용도별 보정계수를 곱하여 산출한다. 에너지 효율등급은 주거용과 비주거용으로 구분하여 1<sup>+++</sup> 등급에서 7등급까지 10개 등급으로 평가한다<Table 1>.

Table 1. Building energy efficiency level certification criteria<sup>4)</sup>  
(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

등급	주거용 건축물	비주거용 건축물
	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량
1 <sup>+++</sup>	60 미만	80 미만
1 <sup>++</sup>	60이상 90미만	80이상 140미만
1 <sup>+</sup>	90이상 120미만	140이상 200미만
1	120이상 150미만	200이상 260미만
2	150이상 190미만	260이상 320미만
3	190이상 230미만	320이상 380미만
4	230이상 270미만	380이상 450미만
5	270이상 320미만	450이상 520미만
6	320이상 370미만	520이상 610미만
7	370이상 420미만	610이상 700미만

### 3. 에너지 시뮬레이션 해석

#### 3.1 농촌주택 입력조건




농촌주택 표준설계도는 1995년부터 개발·보급되었으며 현재 32종의 표준설계도가 관리 운영되고 있다. 그 중 구조형식(목조, 조적, 철근콘크리트조)과 규모(40~85m<sup>2</sup>)를 기준으로 3종을 선정하였다<Table 2>.

3) 1차 에너지 환산계수 : 1차 에너지는 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 등의 과정에서의 손실분을 포함한 에너지를 말함 < 1차 에너지 환산계수 >

구분	1차 에너지 환산계수
연료	1.1
전력	2.75
지역난방	0.728
지역냉방	0.937

4) 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙

Table 2. Study subjects : 3 kinds of standard designs of rural houses<sup>5)</sup>

구분	농림-10-12-가-1	농림-10-20-나-1	농림-12-26-가-1
형태			
연면적	40.2m <sup>2</sup>	66.29m <sup>2</sup>	84.64m <sup>2</sup>
구조	경량목구조	조적조+목조(지붕)	철근콘크리트조
마감	목재사이딩	황토벽돌	외단열시스템

건축물 에너지 효율등급 평가는 용도별로 표준 조건을 설정한 후 에너지 성능 평가프로세스를 진행하여 상호 비교 가능하도록 구성하고 있다. 그 중 주택 용도프로파일에서 정하고 있는 사용·운전 24시간, 실내 설정온도(난방 20℃, 냉방26℃), 급탕요구량, 조명시간, 열발열원 등을 적용하였다<Table 3>.

Table 3. Simulation common condition

구분	내용	
지역	충북지역(원주)	
사용시간	24hr	
운전시간	24hr	
실내설정조건	난방	20℃
	냉방	26℃
설정요구량	최소도입외기량	1.1 m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>
	급탕요구량	84 Wh/m <sup>2</sup> ·d
	조명시간	5h/d
열발열원	사람	53 Wh/m <sup>2</sup> ·d
	작업보조기기	52 Wh/m <sup>2</sup> ·d

설계도에 계획되어 있는 부위별 단열, 창 면적 및 열관류율, 조명, 난방 보일러 등을 적용하였다. 농촌주택 표준설계도는 지역별 건축물부위의 열관류율표(건축물의 에너지절약설계기준\_국토교통부고시 제 2015-1108호, 별표1)의 기준과 비교하면 외벽, 지붕, 바닥의 열관류율을 대부분 만족하며, 「농림-12-26-가-1」의 지붕 열관류율이 0.162W/m<sup>2</sup>K로 기준인 0.15보다 높게 나타나고 있고, 창 열관류율 2.1W/m<sup>2</sup>K, 문의 열관류율 1.81W/m<sup>2</sup>K로 기준인 1.5W/m<sup>2</sup>K보다 높게 나타난다<Table 4>.

#### 3.2 에너지 소요량 및 에너지효율 등급분석

ECO2는 건축물 에너지효율등급을 평가하기 위한 시뮬레이션 프로그램으로 ISO 13790과 DIN V 18599를 기반으로 개발되었다. 국내 13개 지역에 대한 월평균 기상데이터를 바탕으로 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등 5개 항목에 대하여 단위면적당 1차 에너지 소요량을 산출한다.

5) 농촌주택 표준설계도 (<http://www.returnfarm.com>)

6) 공동주택 외 외기에 직접 면하는 경우 창 및 문의 열관류율 1.5W/m<sup>2</sup>K이하이며, 공동주택의 경우는 1.2W/m<sup>2</sup>K 이하임

Table 4. Rural housing standard design input energy performance

구분	농림-10-12-가-1	농림-10-20-나-1	농림-12-26-가-1	
항	남향	남향	남향	
창 면적	7.05	10.59	14.18	
문 면적	5.11	5.28	4.36	
남측 창호 비율	28%	31%	26%	
외피면적 대비 개구부 비율	11%	10%	8%	
A/V비 <sup>7)</sup>	1.105	0.968	1.098	
내부 면적(m <sup>2</sup> )	34.92	62.89	80.64	
천장고(m)	2.95	2.7	2.5	
실체적(m <sup>3</sup> )	103.0	169.8	201.6	
단열방식	외단열	외단열	외단열	
환기방식	-	-	-	
난방형식	바닥난방	바닥난방	바닥난방	
조명밀도(W/m <sup>2</sup> )	13.92	10.53	10.53	
침기율(1/h, 50Pa)	6	6	6	
열관류율	외벽(W/m <sup>2</sup> K)	0.169	0.184	0.162
	지붕(W/m <sup>2</sup> K)	0.142	0.142	0.16
	바닥(W/m <sup>2</sup> K)	0.147	0.147	0.157
	창(W/m <sup>2</sup> K)	2.1	2.1	2.1
	문(W/m <sup>2</sup> K)	1.8	1.8	1.8

ECO2 프로그램<sup>8)</sup>에 의한 에너지 성능 분석 결과 「농림-10-12-가-1」 주택은 난방에너지 요구량 114.1kWh/m<sup>2</sup>·a, 급탕에너지 30.7kWh/m<sup>2</sup>·a, 조명에너지 25.4kWh/m<sup>2</sup>·a로 연간 단위면적당 에너지 요구량 170.2kWh/m<sup>2</sup>·a이다. 에너지요구량은 난방에너지 67%, 급탕에너지 18%, 조명에너지 15%로 구성되고 있다<Table 5>.

Table 5. 「NongRim-10-12-Ga-1」 Annual energy demand and requirement

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	합계
에너지 요구량	114.1	30.7	25.4	170.2
	67%	18%	15%	100%
에너지 소요량	184.6	34.4	25.4	244.4
	76%	14%	10%	100%
등급용 1차에너지	143.2	25.7	69.9	238.7
소요량	60%	11%	29%	100%

「농림-10-12-가-1」의 등급용 1차 에너지 소요량은 난방에너지 60%, 급탕에너지 11%, 조명에너지 29%로 구성된다. 에너지요구량과 비교하면 등급용 1차 에너지 소요량에서 전기를 사용하는 조명에너지의 비율이 상대적으로 높아진 것을 확인할 수 있다. 냉방 및 열회수형 환기장치는 모두 적용하지 않아 냉방 및 환기부분의 에너지 소요량을 없는 것으로 계산하였다. 「농림-10-20-나-1」, 「농림-12-26-가-1」의 표에서도 유사한 패턴을 보이고 있다<Table 6, 7>.

7) A/V비 : 체적(Volume)에 대한 외피면적(Area)의 비  
8) 냉방설비가 없는 주거용 건축물의 경우 냉방 평가 항목 제외

Table 6. 「NongRim-10-20-Na-1」 Annual energy demand and requirement

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	합계
에너지 요구량	97.4	30.7	19.2	147.2
	66%	21%	13%	100%
에너지 소요량	144.6	34.4	19.2	198.2
	73%	17%	10%	100%
등급용 1차에너지	110.7	25.7	52.8	189.3
소요량	59%	14%	28%	100%

Table 7. 「NongRim-12-26-Ga-1」 Annual energy demand and requirement

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	합계
에너지 요구량	80.6	30.7	19.2	130.5
	62%	24%	15%	100%
에너지 소요량	135.8	36.3	19.2	191.3
	71%	19%	10%	100%
등급용 1차에너지	103	26.9	52.8	182.7
소요량	56%	15%	29%	100%

농촌주택표준설계도 3개 유형에 대한 에너지 성능에 대한 평가는 등급용 1차 에너지 소요량이 189.3~238.7 kWh/m<sup>2</sup>·a로 2등급에서 4등급으로 예상된다. 주택의 규모가 작을수록 단위면적당 에너지 요구량 및 소요량이 커지는 경향이 있다<Table 8>.

Table 8. Rural house annual energy demand and requirement

구분	농림-10-12-가-1	농림-10-20-나-1	농림-12-26-가-1
내부 면적(m <sup>2</sup> )	34.92	62.89	80.64
에너지 요구량	170.2	147.2	130.5
에너지 소요량	244.4	198.2	191.3
등급용 1차 에너지	238.7	189.3	182.7
인증 예상 등급	4등급	2등급	2등급

### 3.3 부위별 에너지 손실량 분석

ENERGY#은 정적 에너지 해석 프로그램으로 ISO 13790을 기반으로 하고 있는 점에서 ECO2프로그램과 구동원리는 동일하다. 단일 존(Zone)을 대상으로 하며, 우리나라 16개 지역의 기후, 일사데이터를 반영하고 있어 단독주택 에너지 해석에 적합하며, 부위별 에너지 손실량을 산출할 수 있다.

동일한 입력조건으로 ENERGY# 프로그램을 구동하여 부위별 에너지 손실량을 분석하였다. ENERGY# 프로그램은 열손실량에서 열획득량을 삭감하여 난방에너지요구량을 산정한다.

「농림-10-12-가-1」는 전체 구조체, 창호 환기 등을 통한 열손실량이 160.2kWh/m<sup>2</sup>·a이며 일사와 내부발열에 의해 획득되는 열량이 43.6kWh/m<sup>2</sup>·a로 최종적인 난방

요구량은 116.64kWh/m<sup>2</sup>·a이다. 열 손실 부위를 보면 지붕, 외벽, 바닥 등의 구조체를 통한 열손실이 26.73%, 창호(출입문 포함)를 통한 열손실이 34.6%, 환기 및 틈새를 통한 열손실이 38.7%를 차지하고 있다. 「농림-10-20-나-1」, 「농림-12-26-가-1」의 표에서도 유사한 패턴을 보이고 있다<Table 9, 10, 11>.

Table 9. 「NongRim-10-12-Ga-1」 Heat loss per element

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a, %)

열손실	지붕	외벽 등	바닥 등	출입문	창호	환기
	12.3	22.7	7.9	20.7	34.6	62.0
열획득	창호	외피	발열	난방에너지 요구량(kWh/m <sup>2</sup> ·a)		
	22.2	-0.7	22.1	116.64		

Table 10. 「NongRim-10-20-Na-1」 Heat loss per element

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a, %)

열손실	지붕	외벽 등	바닥 등	출입문	창호	환기
	12.1	18.8	7.1	11.8	35.2	47.7
열획득	창호	외피	발열	난방에너지 요구량(kWh/m <sup>2</sup> ·a)		
	18.8	-0.7	22.0	92.71		

Table 11. 「NongRim-12-26-Ga-1」 Heat loss per element

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a, %)

열손실	지붕	외벽 등	바닥 등	출입문	창호	환기
	14.0	17.7	7.2	8.0	28.8	52.1
열획득	창호	외피	발열	난방에너지 요구량(kWh/m <sup>2</sup> ·a)		
	19.7	-1.0	22.2	86.74		

표준설계도 주택의 부위별 에너지손실은 환기 39%, 창호 33%, 외벽 14%, 지붕 9%, 바닥 5% 순으로 발생한다. 환기로 인한 손실이 33%로 가장 열 손실이 많으며, 이는 단열과 창호의 성능이 향상되어 환기에 의한 열손실 비율이 커진 것이 원인이다. 환기는 신선한 공기의 공급을 통해 실내 공기질(IAQ)을 쾌적하게 유지하는 역할을 하며, 공기 교체로 인한 열과 습기의 이동을 통해 실내 온열 환경을 조절한다. 대부분 주택에서는 창과 개구부 개폐를 통한 자연환기를 채택하며, 주방이나 화장실 등 용도에 따른 국부 강제 환기를 적용한다. 또한 풍압과 온도차에 의한 침기 현상이 일어나는데 창호와 벽체접합 부위, 구조체 접합부 등의 부위에서 일어나는 열손실을 최소화하기 위해 기밀성 확보가 필요하다. 두번째로 창호부위의 손실량이 33%를 차지하는데 창호는 열관류율에 의한 열손실과 일사에너지의 획득이 동시에 일어나는 부위로 열관류율이 낮은 창호를 선택하는 것이 필요하다. 특히 출입문을 통한 열손실이 많은데, 이는 농촌주택에서 마당을 통한 외부작업 활동 연계를 위한 출입구가 많이 계획되어 있기 때문이다. 「농림-10-12-가-1」, 「농림-10-20-나-1」는 남, 동, 북측의 3개의 출입구가 있으며, 「농림-12-26-가-1」 남, 북측에 2개의 출입구가 있고,

방풍을 위한 이중문 구조는 모두 채택되지 않았다. 외벽, 지붕, 바닥 등 구조체를 통해 손실되는 양이 28%이다. 건축물 에너지절약설계기준의 개정으로 외피의 단열기준이 강화되어 구조체를 통해 손실되는 비율이 줄고 상대적으로 창호와 환기 부위의 손실의 비율이 커졌다<Table 12>.

Table 12. Rural house energy loss per element

구분	지붕	외벽	바닥	창호	환기
비율	9%	14%	5%	33%	39%

에너지원별 사용량을 살펴보면 에너지원은 전기와 등유를 사용하고 있다. 에너지 소요량은 전기가 약 35%, 등유가 65%인데 에너지 비용은 50%씩을 차지하고 있다. 전기에너지의 경우 소요량은 적지만 가격이 비싸 비용 측면에서 비슷한 비율을 차지하고 있어 전기로 구동되는 열원의 채택을 지양하며, 태양광 발전시스템 도입 시 전기에너지에 대한 비용을 상쇄하는데 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 농촌은 도시가스, 혹은 지역난방 시스템을 적용하는 것이 불가능하여 주로 채택하는 것이 등유보일러이다. 등유보일러를 적용 시 도시가스를 이용하는 지역에 비하여 난방비를 약 130%이상 추가 지불하고 있기 때문에 농촌주택의 에너지성능 확보가 더욱 필요하다<Table 13, 14>.

Table 13. Estimated energy requirement and cost by energy source

(단위 : 원, %)

구분		농림-10-12-가-1	농림-10-20-나-1	농림-12-26-가-1
에너지 소요량 (kWh)	전기	4,580 (38%)	4,911 (36%)	4,996(30%)
	등유	7,466 (62%)	8,883 (64%)	11,465 (70%)
	합계	12,046 (100%)	13,794 (100%)	16,461(100%)
에너지 비용 (원)	전기	904,100 (54%)	1,075,190 (54%)	1,159,040 (49%)
	등유	778,667 (46%)	926,515 (46%)	1,195,828 (51%)
	합계	1,682,800 (100%)	2,001,705 (100%)	2,354,868 (100%)

Table 14. Estimation of heating energy cost per energy source per year (central region)

(단위:원)

구분	도시가스	등유	차액
농림-10-12-가-1	512,089	778,667	266,578
농림-10-20-나-1	596,290	926,515	330,225
농림-12-26-가-1	749,666	1,195,828	446,162

#### 4. 설계변수에 따른 에너지 소요량 및 에너지효율등급 분석

##### 4.1 설계변수에 따른 요소별 에너지 소요량 및 에너지 효율등급 분석

농촌주택 에너지효율등급용 1차 에너지 소요량은 난방 에너지 급탕에너지, 조명에너지로 구성되며, 난방에너지 60%, 조명에너지 29% 급탕에너지가 11%를 차지한다. 난방용 에너지의 열손실은 환기, 창호 및 외벽 등 구조체

단열 부분이며, 전기에너지는 1차 에너지 환산계수가 크기 때문에 조명밀도가 에너지효율등급 평가에 영향을 크게 미치는 것으로 분석되었다. 급탕에너지는 ECO2 프로그램의 주거용 급탕요구량 84Wh/m<sup>2</sup>·d를 적용하여 세 개 모델에서 비슷한 결과를 보였다.

본 연구에서는 국토교통부 고시 제2015-1108호의 건축물의 에너지절약설계기준 별표1의 외벽 등 구조체의 열관류율을 공통적으로 적용하고 환기를 위한 열회수형 환기장치 적용, 창 및 문의 열관류율, 조명밀도의 세 개의 변수에 따라 에너지효율등급에 미치는 영향을 분석하였다.

열회수형 환기장치가 적용된 경우와 적용되지 않은 경우를 비교하며, 열회수형 환기장치를 적용하는 경우에는 전열교환을 기준으로 하며, 공조기 최대풍량 250CMH, 난방 열회수율 75%, 급배기 팬 동력 67.5W를 기준으로 한다.

창 및 문의 열관류율은 농촌주택 표준설계도에 계획되어 있는 규격과 국토교통부 고시 제2015-1108호의 건축물의 에너지절약설계기준 별표1의 창 및 문의 열관류율(1.5W/m<sup>2</sup>K이하)을 적용하여 비교 분석하였다. 농촌주택 표준설계도는 기준이 개정되기 전 표준설계도 심의를 받은 것으로써 외벽, 지붕, 바닥의 열관류율의 경우 현재의 기준에 만족하고 있으나, 창호부분은 충족되지 못하고 있다.

조명밀도는 표준도에서 계획되어 있는 10.53~13.92W/m<sup>2</sup>와 LED 등을 적용하는 에너지성능지표 전기부분 조명밀도 배점 1점 기준인 8W/m<sup>2</sup>로 적용하는 경우에 대하여 비교하였다. 세 개의 기준을 매트릭스로 구성하여 가장 높은 에너지효율등급을 획득할 수 있는 조합을 분석하였다<Table 15>.

Table 15. Energy performance improvement design variables

구분	기존 적용 내용	변경 적용 내용
창 및 문 열관류율	창 : 2.1(W/m <sup>2</sup> K)	창 : 1.5(W/m <sup>2</sup> K)
	문 : 1.8(W/m <sup>2</sup> K)	문 : 1.5(W/m <sup>2</sup> K)
열회수형 환기장치	미적용	적용
조명밀도	설계치 (평균 11.6W/m <sup>2</sup> )	8W/m <sup>2</sup>

농촌주택 표준설계도에 계획되어 있는 규격을 CASE 1로 하여 기준 모델로 적용하였다. CASE 5는 현행 건축물에너지절약설계기준을 적용하였을 때의 모델로써 에너지효율 예상등급을 확인할 수 있다<Table 16>.

Table 16. Application of energy performance improvement design parameters case

구분	창 및 문 열관류율	열교환 환기장치	조명밀도
CASE 1	2.1/1.8(W/m <sup>2</sup> K)	미적용	설계치(평균11.6W/m <sup>2</sup> )
CASE 2	2.1/1.8(W/m <sup>2</sup> K)	미적용	8(W/m <sup>2</sup> )
CASE 3	2.1/1.8(W/m <sup>2</sup> K)	적용	설계치(평균11.6W/m <sup>2</sup> )
CASE 4	2.1/1.8(W/m <sup>2</sup> K)	적용	8(W/m <sup>2</sup> )
CASE 5	1.5/1.5(W/m <sup>2</sup> K)	미적용	설계치(평균11.6W/m <sup>2</sup> )
CASE 6	1.5/1.5(W/m <sup>2</sup> K)	미적용	8(W/m <sup>2</sup> )
CASE 7	1.5/1.5(W/m <sup>2</sup> K)	적용	설계치(평균11.6W/m <sup>2</sup> )
CASE 8	1.5/1.5(W/m <sup>2</sup> K)	적용	8(W/m <sup>2</sup> )

「농림-10-12-가-1」는 건축물 에너지효율등급에 있어 4등급에서 2등급까지 변화를 보이며, 등급용 1차 에너지 소요량은 245.6kWh/m<sup>2</sup>·a에서 188.7Wh/m<sup>2</sup>·a까지 56.9Wh/m<sup>2</sup>·a 만큼 줄어든다. CASE에 따라 에너지요구량과 소요량은 비슷한 변화의 패턴을 보이나, 전기에너지를 사용하는 열회수형 환기장치와 조명밀도 적용 정도에 따라 등급용 1차 에너지 소요량의 증감량이 달라지고 있다.

조명밀도를 8W/m<sup>2</sup>로 변화시켰을 때 요구량은 3% 절감되었으며, 등급용 1차 에너지 소요량은 11% 절감되었다.

CASE3은 창 및 문 열관류율과 조명밀도를 표준설계도대로 적용하되 열회수형 환기장치만 설치한 경우로 에너지 요구량은 18% 절감되었으나 전기 사용에 따라 등급용 1차 에너지 소요량이 3% 증가하여 등급산정에서 가장 불리한 것으로 나타났다. 창 열관류율을 2.1W/m<sup>2</sup>K를 1.5W/m<sup>2</sup>K로 변화했을 때 에너지 요구량 15.7%, 에너지 소요량 13.6% 절감되었다. 에너지 요구량 절감량이 가장 많은 것은 창 및 문 열관류율 1.5W/m<sup>2</sup>K, 조명밀도 8W/m<sup>2</sup>, 열회수형 환기장치 설치하였을 때 36.2% 절감 가능하다. 등급용 1차 에너지 소요량이 가장 많이 절감되는 것은 열회수형 환기장치를 설치하지 않고, 창 열관류율 1.5W/m<sup>2</sup>K, 조명밀도 8W/m<sup>2</sup>의 경우이다. 이러한 경우에 에너지 효율등급은 4등급에서 2등급으로 2개 등급 상향되었다.

「농림-10-20-나-1」은 건축물 에너지효율등급에 있어 3등급에서 2등급까지 변화를 보이며, 등급용 1차 에너지 소요량은 193.5kWh/m<sup>2</sup>·a에서 154.2Wh/m<sup>2</sup>·a까지 39.3Wh/m<sup>2</sup>·a 만큼 줄어든다. CASE별 분석에서 「농림-10-12-가-1」와 유사한 패턴을 보이고 있다<Table 17, 18>.

Table 17. 「NongRim-10-12-Ga-1」 Energy demand and grade primary energy requirements

(단위 : kWh/m <sup>2</sup> ·a)						
구분	요구량	변화율	소요량	변화율	등급용 1차 에너지 소요량	예상 인증 등급
CASE 1	170.2	100%	244.4	100%	238.7	4
CASE 2	164.5	96.7%	239.8	98.1%	213.6	3
CASE 3	139.8	82.1%	219.4	89.8%	245.6	4
CASE 4	133.6	78.5%	214.3	87.7%	220.2	3
CASE 5	143.4	84.3%	211.2	86.4%	214.1	3
CASE 6	137.3	80.7%	206.2	84.4%	188.7	2
CASE 7	115.5	67.9%	183.8	75.2%	218.4	3
CASE 8	108.6	63.8%	177.8	72.7%	192.3	3

Table 18. 「NongRim-10-20-Na-1」 Energy demand and grade primary energy requirements

(단위 : kWh/m <sup>2</sup> ·a)						
구분	요구량	변화율	소요량	변화율	등급용 1차 에너지 소요량	예상 인증 등급
CASE 1	147.2	100%	198.2	100%	189.3	2
CASE 2	144.8	98.4%	196.2	99.0%	178.5	2
CASE 3	116.9	79.4%	170.2	85.9%	193.5	3
CASE 4	114.3	77.6%	171.1	86.3%	185.4	2
CASE 5	120.9	82.1%	165.6	83.6%	165.1	2
CASE 6	118.3	80.4%	163.4	82.4%	154.2	2
CASE 7	99.6	67.7%	148.8	75.1%	177.7	2
CASE 8	96.7	65.7%	148.2	74.8%	166.5	2

「농림-12-26-가-1」는 건축물 에너지 효율등급 추정 2등급에 해당한다. 등급용 1차 에너지 소요량은 153.4kWh/m<sup>2</sup>·a에서 182.8Wh/m<sup>2</sup>·a까지 29.4Wh/m<sup>2</sup>·a 만큼 줄어든다. CASE별 분석에서 「농림-10-12-가-1」와 유사한 패턴을 보이고 있다. 다만 CASE 3에서 앞의 두 개 모델에서는 등급용 1차 에너지 소요량이 증가하였으나, 「농림-12-26-가-1」는 0.2%에 불과하지만 감소하는 패턴을 보이고 있다<Table 19>.

Table 19. 「NongRim-12-26-Ga-1」 Energy demand and grade primary energy requirements

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구분	요구량	변화율	소요량	변화율	등급용 1차 에너지 소요량	변화율	예상 인증 등급
CASE 1	130.5	100%	191.3	100%	182.8	100%	2
CASE 2	128.1	98.2%	189.7	99.2%	172.3	94.3%	2
CASE 3	104.7	80.2%	156.8	82.0%	182.4	99.8%	2
CASE 4	101.8	78.0%	154.1	80.6%	171.2	93.7%	2
CASE 5	119.9	91.9%	162.8	85.1%	161.5	88.3%	2
CASE 6	117.3	89.9%	163.9	85.7%	153.4	83.9%	2
CASE 7	96.7	74.1%	146.5	76.6%	174.9	95.7%	2
CASE 8	89.7	68.7%	139	72.7%	160	87.5%	2

지금까지의 내용을 정리하면 첫째, 주택면적이 적을수록 A/V비가 상대적으로 커 단위면적당 연간 에너지 요구량, 소요량이 크며 효율등급이 낮다. 둘째, 환기에너지를 절약하기 위하여 열회수형 환기장치를 설치하는 경우 에너지 요구량이 평균 19.4% 절감되지만 등급용 1차 에너지 소요량은 1.6%로 증가한다. 전기로 운전함에 따라 1차 에너지 소요량이 증가하여 에너지효율등급에는 큰 영향을 미치지 못하고 있으며 일부의 경우 에너지효율등급에 불리하게 작용하고 있다. 셋째, 창 및 문의 열관류율을 1.5W/m<sup>2</sup>K로 적용하였을 때 요구량은 평균 13.9% 절감되며, 등급용 1차 에너지 소요량은 평균 11.6% 절감된다. 넷째, 조명밀도는 에너지 요구량에서 2.3%절감의 효과를 보이지만 등급용 1차 에너지 소요량은 7.3%까지 절감되는 효과를 보인다.

#### 4.2 요소별 에너지 소요량 분석

CASE1(기본 모델)과 등급용 1차 에너지 소요량이 증가한 CASE3(열회수형 환기장치만 적용), CASE8(열회수형 환기장치, 창 및 문 열관류율, 조명밀도 3요소 적용)에 대한 세부 에너지 요구량을 비교하였다. 농촌주택 표준설계도에서 에너지 요구량은 난방 > 급탕 > 조명순으로 비중을 차지하고 있으며, 에너지소요량은 난방 > 급탕 > 조명 > 환기 순으로 비중을 차지하고 있다. 등급용 1차 에너지 소요량에서는 난방 > 조명 > 환기 > 급탕 순으로 비중의 순서가 바뀌게 된다. CASE1(기본 모델)에서는 열회수형 환기장치가 적용되지 않았기 때문에 환기부분의 에너지 요구량, 소요량 등급용 1차 에너지 소요량은 0이다. CASE3은 창 및 문 열관류율과 조명밀도를 표준설계도 대로 적용, 열회수형 환기장치만 설치하는 것으로 CASE1과 비교할 때 급탕과 조명은 정량적으로 동일하여

소요량에서 CASE3이 감소하지만, 전기 사용에 따른 등급용 1차 에너지 소요량이 증가하여 환기에 의한 에너지 요구량은 줄었지만, 등급용 1차 에너지 소요량이 증가한다. CASE8은 환기에너지가 증가하는 것 이상으로 난방 에너지와 조명에너지의 절감량이 커 전체적으로 등급용 1차 에너지 소요량이 감소하였다. 다른 두 개 유형에서도 비슷한 패턴을 보이고 있으며, 단위면적당 등급용 1차 에너지 소요량이 작을수록 상대적으로 전기를 사용하는 조명과 환기에너지의 비율이 커지는(39%→46.9%) 경향이 있다. 전기사용에 따른 등급용 1차 에너지 소요량을 줄이기 위하여 태양광 패널을 설치하는 것이 등급산정에 유리하게 작용한다. 세 개 유형의 CASE3에 태양광패널 3kW를 설치하면 「농림-10-12-가-1」는 등급용 1차 에너지 소요량이 40.7kWh/m<sup>2</sup>·a, 「농림-10-20-나-1」는 79.8kWh/m<sup>2</sup>·a, 「농림-12-26-가-1」는 9.37kWh/m<sup>2</sup>·a로 예상 등급이 1<sup>+++</sup> ~ 1<sup>+</sup>으로 상향된다<Table 20, 21, 22>.

Table 20. 「NongRim-10-12-Ga-1」 Changes in annual energy requirements and requirements

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계	
CASE 1	에너지 요구량	114.1	30.7	25.4	170.2	
		67.0%	18.0%	14.9%	100.0%	
	에너지 소요량	184.6	34.4	25.4	244.4	
	75.5%	14.1%	10.4%	100.0%		
	등급용 1차 에너지 소요량	143.2	25.7	69.9	238.7	
		60.0%	10.8%	29.3%	100.0%	
CASE 3	에너지 요구량	83.7	30.7	25.4	139.8	
		59.9%	22.0%	18.2%	100.0%	
	에너지 소요량	146.9	34.4	25.4	12.7	219.4
	67.0%	15.7%	11.6%	5.8%	100.0%	
	등급용 1차 에너지 소요량	115.2	25.7	69.9	34.9	245.6
		46.9%	10.5%	28.5%	14.2%	100.0%
CASE 8	에너지 요구량	63.3	30.7	14.6	108.6	
		58.3%	28.3%	13.4%	100.0%	
	에너지 소요량	116.1	34.4	14.6	12.7	177.8
	65.3%	19.3%	8.2%	7.1%	100.0%	
	등급용 1차 에너지 소요량	91.6	25.7	40.2	34.9	192.4
		47.6%	13.4%	20.9%	18.1%	100.0%

Table 21. 「NongRim-10-20-Na-1」 Changes in annual energy requirements and requirements

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계	
CASE 1	에너지 요구량	97.4	30.7	19.2	147.3	
		66.1%	20.8%	13.0%	100.0%	
	에너지 소요량	144.6	34.4	19.2	198.2	
	73.0%	17.4%	9.7%	100.0%		
	등급용 1차 에너지 소요량	110.7	25.7	52.8	189.3	
		58.5%	13.6%	27.9%	100.0%	
CASE 3	에너지 요구량	67	30.7	19.2	116.9	
		57.3%	26.3%	16.4%	100.0%	
	에너지 소요량	130.9	34.4	19.2	12.7	197.2
	66.4%	17.4%	9.7%	6.4%	100.0%	
	등급용 1차 에너지 소요량	80.1	25.7	52.8	34.9	193.5
		41.4%	13.3%	27.3%	18.0%	100.0%
CASE 8	에너지 요구량	51.4	30.7	14.6	96.7	
		53.2%	31.7%	15.1%	100.0%	
	에너지 소요량	84.6	34.4	14.6	12.7	146.2
	57.9%	23.5%	10.0%	8.7%	100.0%	
	등급용 1차 에너지 소요량	65.8	25.7	40.2	34.9	166.5
		39.5%	15.4%	24.1%	21.0%	100.0%

Table 22. 「NongRim-12-26-Ga-1」 Changes in annual energy requirements and requirements

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·a)

구분	난방 에너지	급탕 에너지	조명 에너지	환기 에너지	합계	
CASE 1	에너지 요구량	80.6	30.7	19.2	130.5	
		61.8%	23.5%	14.7%	100.0%	
	에너지 소요량	135.8	36.3	19.2	191.3	
		71.0%	19.0%	10.0%	100.0%	
	등급용 1차 에너지 소요량	103	26.9	52.8	182.7	
		56.4%	14.7%	28.9%	100.0%	
CASE 3	에너지 요구량	54.9	30.7	19.2	104.8	
		52.4%	29.3%	18.3%	100.0%	
	에너지 소요량	90.4	34.3	19.2	127	
		57.7%	21.9%	12.3%	8.1%	100.0%
	등급용 1차 에너지 소요량	69.2	25.5	52.8	34.9	182.4
		37.9%	14.0%	28.9%	19.1%	100.0%
CASE 8	에너지 요구량	44.4	30.7	14.6	89.7	
		49.5%	34.2%	16.3%	100.0%	
	에너지 소요량	77.4	34.4	14.6	12.7	139.0
		55.7%	24.7%	10.5%	9.1%	100.0%
	등급용 1차 에너지 소요량	59.6	25.5	40.2	34.9	160.0
		37.3%	15.9%	25.1%	21.8%	100.0%

## 5. 결론

본 논문에서는 농촌주택 표준설계도 3종에 대하여 ECO2와 ENERGY#프로그램을 이용한 에너지 시뮬레이션을 통하여 건축물에너지 효율등급과 요소별 열손실량을 분석하였다.

1) ECO2 프로그램이 의한 건축물 에너지 효율등급 평가 시 농촌주택 표준설계도에 의해 신축한 주택은 등급용 1차 에너지 소요량이 189.3~238.7 kWh/m<sup>2</sup>·a로 2등급에서 4등급으로 예상된다. 주택의 규모가 작을수록 단위면적당 에너지 요구량 및 소요량이 커지는 경향이 있으며, 난방에너지 약 59%, 급탕에너지 14%, 조명에너지 28%로 구성된다.

2) 표준설계도 주택의 부위별 에너지손실은 환기 39%, 창호 33%, 외벽 14%, 지붕 9%, 바닥 5%순으로 발생하여 환기와 창호를 통한 에너지 손실이 70%이상 발생한다.

3) 건축물의 에너지절약설계기준 별표1의 외벽 등 구조체의 열관류율을 기준으로 환기를 위한 열회수형 환기장치 적용, 창 및 문의 열관류율, 조명밀도의 세 개의 분류에 따라 에너지효율등급에 미치는 영향을 분석하였다. 창 및 문의 열관류율을 1.5W/m<sup>2</sup>K로 적용하였을 때 요구량은 평균 13.9% 절감되며, 등급용 1차 에너지 소요량은 평균 11.6% 절감된다. 조명밀도를 8W/m<sup>2</sup> 적용할 때 에너지 요구량은 2.3%절감의 효과를 보이지만 등급용 1차 에너지 소요량은 7.3%까지 절감되는 효과를 보인다. 열교환 환기장치를 설치하는 경우 에너지요구량이 평균 19.4% 절감되지만 등급용 1차 에너지 소요량은 1.6%로 증가한다. 전기를 사용함에 따라 1차 에너지 소요량이 증가하여 에너지 효율등급에는 큰 영향을 미치지 못하고 있으며 일부의 경우 에너지 효율등급에 불리하게 작용하고 있다. 에너지효율등급에 가장 유리하게 작용하는 것은 창 및 문의 열관류율을 낮추고 조명밀도를 작게 하며, 열회수형 환기장치를 설치하지 않았을 때 3개 유형 모두 2등급으

로 가장 낮은 등급을 확보하였다.

4) 농촌주택 표준설계도에서 에너지 요구량은 난방 > 급탕 > 조명순으로 비중을 차지하고 있으며, 에너지 소요량은 난방 > 급탕 > 조명 > 환기 순으로 비중을 차지하고 있다. 등급용 1차 에너지 소요량에서는 난방 > 조명 > 환기 > 급탕 순으로 비중의 순서가 바뀌게 된다. 에너지 효율등급 평가에 있어서는 난방에너지와 함께 조명, 환기와 같이 전기 에너지를 사용하는 설비의 효율이 중요하다. 고효율 LED조명, 고효율 열회수형 환기장치 등을 적용할 경우 에너지 요구량과 등급용 1차 에너지 소요량을 절감할 수 있다.

5) 건축물 에너지효율평가제도가 농촌주택 에너지성능 및 품질확보를 위한 실질적인 장치로 정착화 되기 위한 정책 마련이 필요하다. 농촌주택 개량유자금으로 연간 1만동의 주택이 신축되고 있다. 정부 예산이 지원되는 신축 농촌주택일 경우 건축물 에너지 효율등급평가를 의무화하는 제도 도입이 필요하다. 이를 통해 농촌주택 에너지성능 향상, 난방비 절감하고 농촌주택 에너지성능 자료를 DB화하고 이를 체계적 합리적으로 관리하여 농촌주택 에너지관리 및 기후변화 적응 농촌분야 정책목표 및 방향 수립의 근간으로 활용할 수 있다.

## 참고문헌

1. 농촌주택 표준설계도 (<http://www.returnfarm.com>)
2. 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙
3. 김창성, ECO2프로그램을 이용한 공동주택의 단위세대 평형형태에 따른 에너지효율평가, KIEAE Journal, Vol.15, No5, 2015, p90

접수일자 : 2017. 03. 10  
수정일자 1차 : 2017. 04. 28  
게재확정일자 : 2017. 05. 22