Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment
Vol. 13, No. 4 Aug. 2013, pp.11-19, pISSN 1598-3730, eISSN 2288-4823
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2013.13.4.011

건축물 에너지효율등급 인증현황분석을 통한 CO_2 배출량 평가 베이스라인 연구

Study of the Assessment Baseline of Carbon Dioxide Emissions based on the Analysis of Building Energy Efficiency Rating System

정 호 건* 신 성 우** 이 병 호***
Jung, Ho Gun Shin, Sung Woo Lee, Byeongho

Abstract

The purpose of this study is to establish the assessment baseline of CO_2 emissions from building operations in the view of GHG reduction policy in Korea. The assessment baseline of CO_2 emissions shall be used in GHG policy and Carbon Credits in building sectors, but the assessment baseline has not been studied enough or established yet. Also, CO_2 emissions from building operations will be variable according to the building occupancy. Therefore the baseline will be different and this study aimed at the establishment of the assessment baseline for residential apartments and office buildings firstly.

After reviews of BEER and international standards for building CO_2 emissions such as ISO and UNEP-SBCI documents, the analysis of BEER certification data has been pursued for 292 residential apartment complexes and 65 office buildings in South Korea during 2004 ~ 2012. As analysis results, the assessment baseline was set to 23.03 kg·CO_2/㎡·yr or 1.95 t·CO_2/unit·yr for residential apartment complexes, and 95.91 kg·CO_2/㎡·yr for office buildings according to the BEER certification basis. Additional assessment baselines were calculated according to year basis, region basis, public and private basis, and GHG policy basis.

Finally, the established baseline for residential apartment complexes has been applied for the pilot project in M district, Seoul, and showed 24.97% reduction rate according to the BEER certification basis.

키워드 : 베이스라인, 건축물 에너지효율등급 인증제, 온실가스 정책, CO_2 배출량 평가
Keywords : Baseline, Building Energy Efficiency Rating System, GHG Policy, CO_2 Emission Assessment

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

지속가능한 개발과 녹색성장이라는 국가 목표를 설정한 이후, 국내에서는 2011년부터 온실가스·에너지 목표관리제가 시행되어 국가단위의 온실가스 저감 노력이 이루어지고 있으며, <Table 1>[1]에서와 같이 2020년 BAU대비 건축물분야 26.9% 감축 목표, <Table 2>[2]와 같이 건물단위에 대한 온실가스 배출량을 저감하기 위한 정책마련 및 관련 연구들이 활발히 이루어지고 있다.

온실가스 배출량 저감 목표를 달성하기 위해서는 정량적인 평가 및 객관적 기준이 필요하며, 이를 위해 친환경 건축물 인증제도는 녹색건축물 인증제도로 개정, 시행예정이다.[3] 녹색건축물 인증제는 건설자재의 LCA평가 및 건물에 의한 CO_2 배출량 평가 결과를 반영하려는 연구를 진행중에 있다. 건축물의 녹색성능을 평가하기 위한 정량

Table 1. National Greenhouse Gas Reduction Target

	national	building stocks		
		total	housings	commercial
2007	588.80	138.10	70.50	67.50
2020 target	547.50	130.91	63.83	67.08
2020 BAU	782.10	178.96	87.44	91.52

unit: CO_2 ·eq·million ton

Table 2. National Green Home Plan

	2010	2012	2015	2017	2020	2025
Reduction rate with 2007	15 ~ 20%	30%	50%	60%	75%	100%

* Dept. of Sustainable Architectural Engineering at Hanyang Univ. South Korea (jhogun@hanyang.ac.kr)
** Sustainable Building Research Center at Hanyang Univ. South Korea (swshin@hanyang.ac.kr)
*** Corresponding author, Sustainable Building Research Center at Hanyang Univ. South Korea (benlee93@hanyang.ac.kr)

1) 녹색성장위원회, 2020년 저탄소 녹색사회 구현을 위한 로드맵, 2011
2) 국토해양부, 주택종합계획, 2012
3) 녹색건축물 조성 지원법, 2012

적인 기준으로써 CO_2 배출량 평가에 대한 연구가 필요한 상황이다. 평가 후 규제를 가하거나, 인센티브를 부여하기 위해서는 투명하고 정확한 평가만큼이나 객관적 기준이 필요하다.

본 연구에서는 녹색건축물 평가를 위한 베이스라인 설정에 관한 연구를 진행하였으며, 특히 운영단계 에너지 사용에 따른 CO_2 배출량 베이스라인을 설정하기 위해 기존 에너지효율등급 인증자료를 분석하였다.[4] 운영단계 CO_2 배출량의 경우, 계획 및 시공단계에서 CO_2 배출량을 예측 평가하는 것과 이미 준공된 건물에 대해 실제 사용량을 통해 평가하는 두 가지로 크게 나뉜다. 본 연구에서는 에너지 효율 등급과 같이 예측 평가된 에너지 사용량에 대한 기준을 마련하는데 목적을 두고 있다. 이를 통해 앞으로 시행될 녹색건축물 인증 제도를 보조하기 위한 기반으로 삼거나, 국가 온실가스 목표관리를 위한 정책에 활용할 수 있다.

1.2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 2004년부터 2012년 7월까지 '건축물 에너지효율 등급 인증규정'에 따라 '에너지 효율 등급 본 인증' 을 받은 공동주택 및 업무용 건축물에 대한 분석을 실시하였다. 문헌 연구로 에너지 효율등급 인증기준과 건축물 CO_2 배출량 평가관련 해외기준을 조사하였다. 그리고 에너지 효율등급 본 인증 지역별, 연도별, 세대 규모별, 업체별 현황을 분석하였다. 이를 토대로 평균 에너지 절감량, 평균 CO_2 배출량을 산출하였다. 에너지 효율등급 신청건물 데이터 분석 내용을 토대로 녹색건축물 운영단계 에너지 사용에 대한 CO_2 배출량 비교평가 베이스라인을 설정하였다. 마지막으로 서울 M지구 7단지 시범적용을 통해 베이스라인 적용 가능성을 검토하였다.

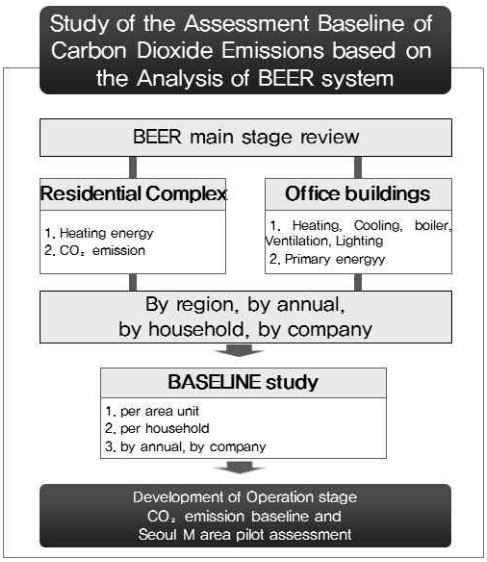


Fig. 1. Methodology and procedure of study

4) 에너지관리공단>건물에너지절약사업>건물인증제도>인증건물리스트,그린투게더>에너지효율등급인증>실적자료 참조

2. 문헌고찰

2.1. 에너지효율 등급 개요

'에너지 효율 등급 인증제도(BEER)'는 건축물의 에너지 성능에 대한 정보를 소비자, 공급자, 관리자에게 쉽게 전달하고, 합리적 에너지 사용을 통한 경제적 효과를 국가 및 국민이 누릴 수 있도록 하는데 그 의의를 두고 시작된 제도이다.

에너지 효율등급 인증은 '예비인증'과 '본 인증'으로 구분되고, '공동주택'과 '업무용건축물'이 대상에 해당된다.

"공동주택"은 난방에너지만을 그 대상으로 하고, 표준주택 대비 신청주택의 상대적인 에너지 절감율을 기준으로 등급을 평가한다. '표준주택'이라 함은 신청주택의 에너지 효율등급을 평가하기 위해 기준이 되는 주택으로서, 현재 가장 많이 설계되고 있는 일반적인 건물의 수준을 말한다. 표준주택은 신청 대상 건축물마다 다른 기준을 설정하게 된다. 인증은 표준주택대비 신청공동주택의 난방에너지소요량 절감율을 40%이상 절감하였을때 1등급 인증을 취득한다.[5]

Table 3. Standard House in BEER System

Category	Standard house
· Orientation	· East
· Regularity efficiency of boiler	· 80% (with total efficiency)
· load loss rate of boiler	· central and private heating system : 5%
· Piping heat loss coefficient	· central and regional heating system : 5%
Other details are same with applied house	

"업무용건축물"은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 시스템에서 소요되는 에너지량을 기준으로 등급을 평가한다. 에너지 소요량에 1차에너지 환산계수를 곱하여, 단위면적 1차에너지 소요량이 300 kWh/㎡·yr 미만인 경우 1등급 인증을 취득한다.[6]

2.2. 국제표준규격(ISO) 및 UNEP-SBCI 기준

Table 4. Categories and specifications in ISO/TS 21929-1

Category	ISO 21929-1
Environmental indicator	▷ Environmental Aspect - total carbon emission, carbon-equivalent, transport - adaptability, durability, accessibility, location, building site and soil sealing
Social indicator	▷ Social Aspect - quality of building, health and safety, barrier-free, user satisfaction, protection of cultural heritage
Economic indicator	▷ Economic Aspect - investment, maintenance and repair, economic value of building, revenue by the building,

5) 에너지 효율등급 인증에 관한 규칙 2013년 개정안은 단위면적 1차에너지 소요량 기준으로 변경되었음.

6) 에너지 효율등급 인증에 관한 규칙 2013년 개정안은 200이상 260미만 kWh/㎡ · yr 기준으로 변경되었음.

<Table 4>와 같이 국제표준규격(ISO)에서는 지속가능한 건물 및 건설 환경에 대한 평가의 기준을 마련하고 있다. 특히 ISO/TS 21929-1「Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part1: Frame work for the development of indicators for buildings」와 ISO/TS 21931-1 「Sustainability in building cons truction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part1: Buildings」에서 지속가능한 건물 평가의 규격을 제시하고 있으므로, 국내 녹색건축물 인증제도도 검증을 통해 국제적인 신뢰성을 갖추도록 해야 하겠다.

UNEP(United Nation Environment Programme) - SBCI (Sustainable Buildings & Climate Initiative)에서 발행한 「COMMON CARBON METRIC - for Measu ring Energy Use & Reporting Greenhouse Gas Emi ssions from Building Operations, 2010」에서는 지속가능한 건축물의 온실가스 배출량을 측정, 보고하는 기준을 제시하고 있다. 5개 부문(에너지 소비, 재료 소비, 폐기물 생산, 수자원 소비, 토지 이용)에 대해 평가하고, 이중 에너지 소비만을 2010년 보고서에서 다루었다. 에너지는 LEED와 비슷한 개념으로, Process energy와 non-process energy를 Incorporated services와 other appliances로 나눈다. 평가의 범위는 부지 내 직접 배출, 부지 내 간접배출, 기타 간접배출의 세 가지 범위로, 이는 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 온실가스 평가 범위에 근거한다.[7] 또한, CO_2 배출량 베이스라인과 관련해서는, 본 기준을 토대로 국가 기준을 설정할 것을 강조할 뿐, 구체적인 방법을 설명하고 있지는 않다. 단, 기존 건축물의 수명, 건물유형, 연면적, 세대수(가능할 경우)에 대한 특성을 파악하여 국가나 지역레벨(Top -down) 에서의 기준 마련을 유도하고 있다.

Table 5. CO_2 Emission Assessment in Common Carbon Metrics

	Common Carbon Metrics, UNEP-SBCI
Category	• Environmental footprint - energy use - material use - solid waste - water use - land use
Stage	- Operation of building - Operation of other appliance
Scope	- Direct, on-building-site or on-building- stocks, GHG emissions - Indirect on-building-site GHG emissions - Other Indirect GHG emissions

7) Emission factors: 2066 IPCC Guildelines for National GHG Inventories, Volume2, Chapters 1 and 2, 2006

3. 에너지 효율 등급 본 인증 현황 분석

공동주택은 2001년 에너지 효율등급 인증을 시작하여, 2004년 처음 본 인증을 받았다. 2012년 7월까지 예비인증 총 634개, 본 인증 296개로, 1등급(표준주택 대비 40%이상 절감) 66개, 2등급(30%이상~40%미만) 207개, 3등급(20%이상~30%미만) 16개, 4등급(10%이상~20%미만) 3개, 5등급(0%이상~10%미만) 4개가 인증을 받았다. 업무용건축물은 2010년 인증을 시작하여 예비인증 251개, 본 인증 67개로 2개를 제외하고는 모두 1등급(300kWh/㎡·yr 미만)을 받았다. 업무용건축물의 경우 67개중 65개가 공공발주 건축물로, 신축 공공청사의 경우 1등급이 의무화 되어 있기 때문이다.

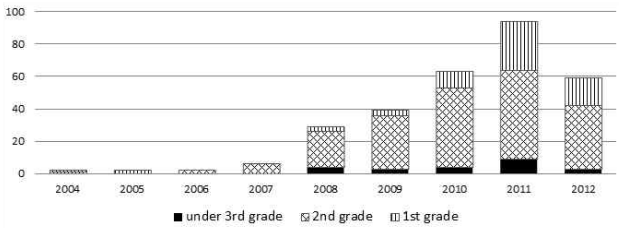


Fig. 2. Certification status in years in residential buildings (ea, from Jul.2012)

3.1. 본 인증 공동주택

본 연구에서는 에너지 효율등급을 받은 296개 공동주택 중 자료오류 및 누락으로 인한 4개를 제외한 292개 공동주택에 대해 분석을 실시하였다.

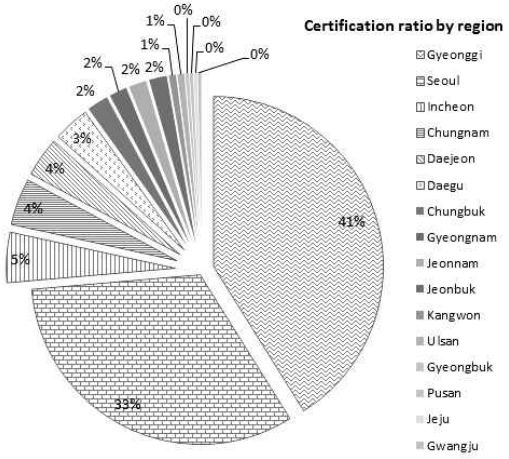


Fig. 3. Regional ratios in residential buildings in EERS

3.1.1. 지역별 인증 및 CO_2 배출량 현황

지역별 인증현황을 살펴보면 292개 공동주택 중 경기 120개(41%), 서울 95개(33%), 인천 14개(5%)로 수도권 지역이 전체 중 79%를 차지한다. 충남 13개(4%), 대전 11개(4%), 대구 10개(3%), 기타 29개(10%) 인증을 받았다.

지역별 인증현황을 운영단계(난방) 탄소배출 평가에 적용하기 위해 지역별 평균 에너지 절감율(표준주택 대

비), 지역별 평균 단위면적 CO_2 배출량, 지역별 평균 단위세대 CO_2 배출량을 분석하였다.

지역별 평균 에너지 절감율은 대구가 37.0%로 가장 높았고, 서울 32.4%, 경기 28.7%이며, 강원이 22.9%로 가장 낮은 에너지 절감율을 보였다.

지역별 단위면적 평균 CO_2 배출량은 서울이 24.0 kg·CO_2/㎡·yr로 가장 높았으며, 평균 CO_2 배출량이 가장 적은 제주의 12.7 kg·CO_2/㎡·yr보다 두 배 높은 배출량 수치를 보였다.

반면 단위세대 평균 CO_2 배출량이 가장 높은 곳은 인천 2.33 t·CO_2/세대·yr와 경북 2.17 t·CO_2/세대·yr 로, 제주의 0.53 t·CO_2/세대·yr에 비해 4.4배 높았다.

단위면적 평균과 단위세대 평균 차이가 발생하는 이유는 단위세대 면적규모의 편차에 따른 것으로 예측할 수 있으며, 이는 단위면적을 기준으로 계산한 CO_2 배출량보다 세대를 기준으로 계산한 CO_2 배출량이 민감도가 높다는 것을 의미한다.

이를 확인하기 위해 지역별 단위세대 평균면적을 비교해 본 결과 인천 103.9㎡/세대, 경북 94.8㎡/세대로 에너지 효율등급 인증을 받은 공동주택의 전체 평균인 67.3㎡/세대에 비해 1.54배가량 높았다. 서울은 83.3㎡/세대, 경기 82.9㎡/세대이며, 가장 작은 지역은 광주로 38.8㎡/세대이다. 따라서, 단위세대 평균 CO_2 배출량을 기준으로 비교분석을 실시할 경우, 단위세대 면적차이에 따른 CO_2 배출량 편차가 크기 때문에 그만큼 객관적인 결과를 도출하기가 어렵다는 것을 알 수 있다.

Table 6. Regional differences in residential buildings

	Main stage	Energy reduction ratio (%)	CO_2 Emission per area unit (kg·CO_2 /㎡·yr)	CO_2 Emission per household (t·CO_2 /unit·yr)	(㎡/unit)
Seoul	95	32.4	24.0	2.03	85.4
Gyeonggi	120	28.7	23.4	2.09	87.7
Incheon	14	27.5	23.3	2.33	101.8
Daegu	10	37.0	20.4	1.75	85.4
Gyeongbuk	1	24.6	22.9	2.17	94.8
Gyeongnam	5	33.4	22.5	1.62	68.7
Daejeon	11	31.6	22.6	1.87	79.7
Chungnam	13	34.4	22.3	1.65	71.5
Jeonbuk	5	27.7	20.4	1.27	59.8
Chungbuk	6	32.3	19.9	0.80	40.3
Gwangju	1	29.7	19.2	0.74	38.8
Ulsan	2	27.9	19.1	1.82	94.2
Kangwon	2	22.9	19.0	1.53	83.3
Jeonnam	5	30.8	18.4	0.77	41.7
Pusan	1	28.8	16.7	0.72	43.1
Jeju	1	28.9	12.7	0.53	42.0
Total	292	30.6	23.0	1.95	83.5

3.1.2. 연도별 CO_2 배출량 현황

2004년부터 2012년 7월까지 연도별 단위면적 CO_2 배출량 평균은 2005년 17.0 kg·CO_2/㎡·yr에서 2012년 24.4 kg·CO_2/㎡·yr로 증가하는 추이를 보이고 있다. 반면 평균 에너지 절감율은 2005년 41.2% 에서, 2012년 31.9%절감율을 보이며 감소하였다. 이는 <Fig. 4>에서 알 수 있듯이 인증받은 건축물이 늘어나면서 1등급을 받은 공동주택도 증가하지만, 2,3등급을 받은 건축물도 증가하여 전체 평균이 줄어들지 못했다는 것을 의미한다.

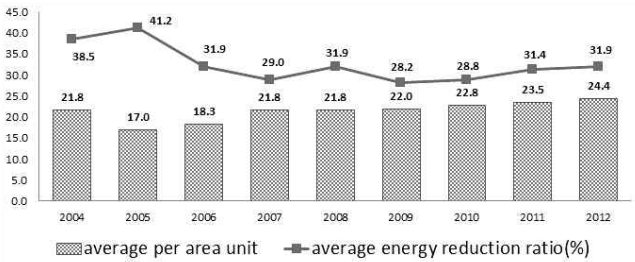


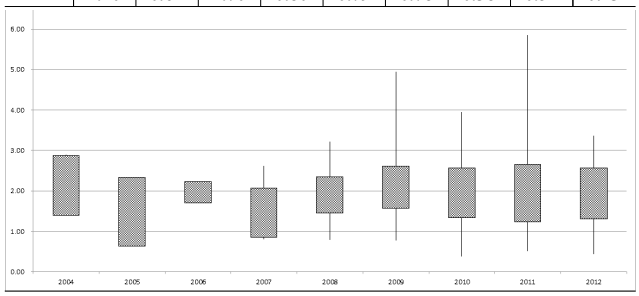
Fig. 4. CO_2 emissions per area unit in years (kg·CO_2 /㎡·yr) and average energy efficiency ratios (%)

따라서, 에너지 효율등급 인증을 받은 공동주택의 연도별 변화를 베이스라인에 반영하기 위해서는, 등급별, 지역별로 세분화된 기준이 필요하다는 것을 알 수 있다.

Table 7. High-low-variance average CO_2 emissions in years

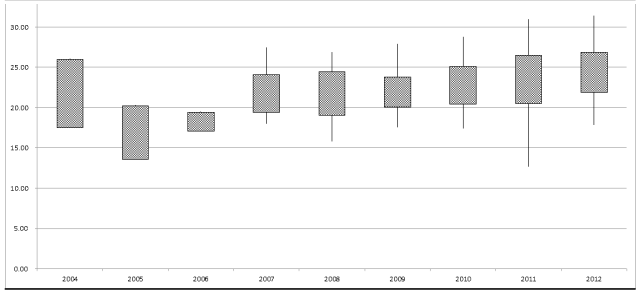
Annual CO_2 emissions per household (t·CO_2 /unit·yr)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mean	2.14	1.49	1.97	1.47	1.91	2.09	1.95	1.95	1.94
Max	2.89	2.34	2.23	2.60	3.21	4.93	3.95	5.85	3.35
Min	1.40	0.64	1.70	0.80	0.79	0.78	0.38	0.52	0.43



Annual CO_2 emissions per area unit (kg·CO_2 /㎡·yr)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mean	21.78	16.95	18.29	21.76	21.75	21.98	22.78	23.51	24.40
Max	26.02	20.26	19.46	27.40	26.85	27.87	28.76	30.96	31.40
Min	17.53	13.64	17.13	18.01	15.82	17.59	17.47	12.67	17.90



또한, 연도별 CO_2 배출량 추이를 평균 및 최대, 최소로 세분화 하여 살펴보면 단위세대 평균 배출량은 2010~2012년까지 동일하게 1.95 t·CO_2/세대·yr을 유지하고 있다. 그리고 2009년과 2011년은 최대, 최소 CO_2 배출량 차이가 크다. 이는 인증을 통해, 배출량을 줄이려는 노력만큼 최대 배출량 제한이 필요할 수 있다는 것을 말해 준다. 연도별 단위면적 평균 배출량은 2005년 이후 증가하고 있으며, 최대, 최소 배출량 역시 증가하고 있다. 한편, 단위세대에 비해 단위면적 기준이 배출량 편차가 작게 형성되고 있음을 <Table 7>을 통해 알 수 있다.

3.1.3. 업체별 CO_2 배출량 현황

에너지 효율등급 인증을 신청하여 공동주택 본 인증을 획득한 업체 중, 인증 횟수를 기준으로 11개 업체를 선별하여 업체별 CO_2 배출량 평균(단위면적)을 분석하였다. 인증횟수로는 L공사가 92회로 가장 많았고, S공사가 54회로 나타났다. 민간업체로는 H3건설이 가장 많은 12회였다. 업체별 CO_2 배출량 평균은 H1건설 및 S1건설이 27.3 kg·CO_2/㎡·yr 및 27.0 kg·CO_2/㎡·yr으로 가장 많았고, L공사 및 I공사가 20.8 kg·CO_2/㎡·yr 및 19.4 kg·CO_2/㎡·yr으로 낮게 나타났다. 이는 민간 건설회사보다는 공사가 공동주택 설계기준이 보다 엄격하며, 규제에 따른 이행을 잘하고 있음을 보여준다. 최근 민간건설업체에 의한 공동주택 건설보다는 공공에 의한 공동주택의 건설과 인증 횟수가 많아지고 있는 만큼, 공공에 의한 이산화탄소 저감 노력이 성실히 이행되는 것이 중요할 듯하다. 또한 베이스라인 설정에 있어서, 공공을 기준으로 할 경우 민간건설업체에는 부담으로 작용될 수 있음을 예상할 수 있다. 이에 따른 적절한 대응이 필요하겠다.

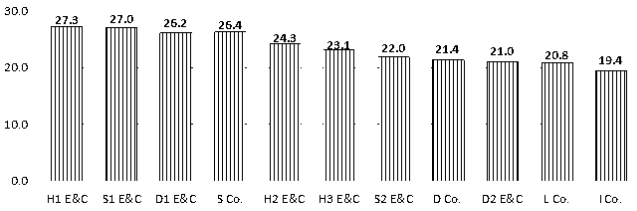


Fig. 5. Average CO_2 emissions per area unit by company (kg·CO_2 /m^2yr)

3.2. 본 인증 업무용건축물

본 연구에서는 에너지 효율등급을 받은 67개 업무용 건축물 중 1등급을 받은 65개 건축물에 대해 분석을 실시하였다(2등급 1개, 4등급 1개 제외). 업무용건축물의 경우 에너지 소요량을 기준으로 인증을 획득하기 때문에, CO_2 배출량 대신 단위면적 1차 에너지 소요량을 기준으로 지역별 현황, 시설 규모별 현황을 살펴보았다.

3.2.1. 지역별 인증 및 1차 에너지 소요량현황

지역별 인증현황을 살펴보면 경기 14개(22%), 충남 13개(20%), 서울 11개(17%)의 순이며, 수도권 및 충남지역의 인증 획득비율이 높다는 것을 알 수 있다.

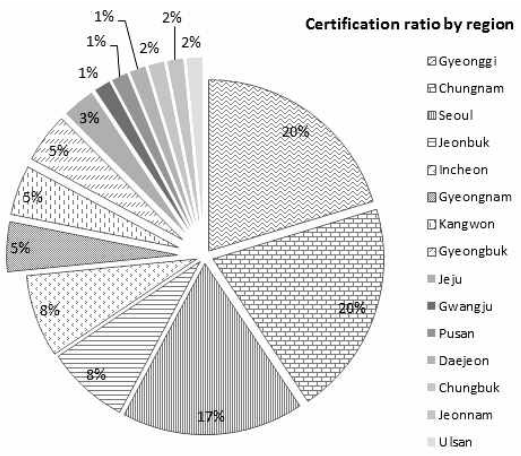


Fig. 6. Regional ratios in office buildings in EERS

에너지 효율등급 본 인증 1등급을 받은 업무용건축물의 단위면적 1차 에너지 소요량 전체 평균은 232.5 kWh/㎡·yr이다. 지역별로는 대전 298.0 kWh/㎡·yr로 가장 높으며, 전남 118.8 kWh/㎡·yr로 가장 낮다. 서울, 경기 지역은 226.2 kWh/㎡·yr, 충남은 220.8 kWh/㎡·yr로 나타났다.

업무용건축물의 1차 에너지 소요량은 전기, 지역냉난방 사용 비율에 따라 CO_2 배출량이 달라진다. 따라서, 에너지 사용량 실측자료를 토대로 비율을 추정하거나 국가통계를 활용하여 추정해야한다.

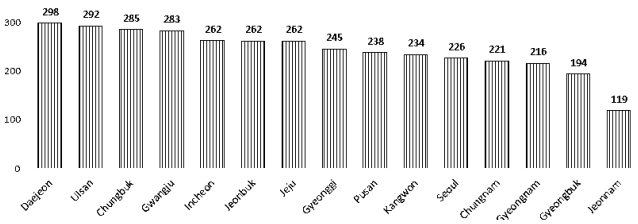


Fig. 7. Regional primary energy consumptions in office buildings (kWh/m^2yr)

3.2.2. 시설 규모별 1차 에너지 소요량 현황

업무용건축물의 연면적 구간별 1차 에너지 소요량 변화를 분석하였다. 그 결과, 연면적 3,000㎡이하는 인증 받은 곳이 36개로 평균 228.8 kWh/㎡·yr, 3,000㎡이상~5,000㎡미만은 6개로 평균 213.2 kWh/㎡·yr, 5,000㎡이상~10,000㎡미만은 12개로 평균 246.62 kWh/㎡·yr, 10,000㎡이상~20,000㎡미만은 4개로 평균 257.5 kWh/㎡·yr, 20,000㎡이상~30,000㎡미만은 1개로 264.6 kWh/㎡·yr, 30,000㎡이상은 5개로 평균 273.6 kWh/㎡·yr로 나타났다. 업무용 건축물의 경우 데이터가 상대적으로 부족하다는 한계를 가지고 있지만, 3,000㎡이하에서는 신뢰할 수 있는 결과를 보여주고 있다.

4. 베이스라인 연구

건축물 CO_2 배출량 베이스라인을 설정하기 전에, 국내에서 시행중인 '에너지·온실가스 목표관리제'에서의 기준배출량 설정을 살펴보면 다음과 같다.

○ 최근 3년 배출량 평균
○ 신·증설, 폐쇄, 기타 불가피한 경우 1년 또는 2년 배출량 평균으로 설정
○ 감축노력을 통해 절감한 경우, 절감 이전 배출량

목표관리제의 경우, 산업분야 뿐 아니라 시설에 대한 관리도 진행중에 있다. 따라서, 연도별 배출량 변화에 대해서는 목표관리제에서 제시하고 있는 기준에 따라 검토하였다. 하지만, 본 연구에서는 최대도수분포를 통한 베이스라인 기준, 지역 평균에 따른 베이스라인 기준등도 함께 검토하였다. 건축물 CO_2 배출량 베이스라인을 선정하는 방법론은 여러 가지가 있을 수 있다. 최종 선정을 위해서는 다양한 방법론을 검토하여야 하며, 이해관계자들의 의견을 수렴하여 신중하게 결정되어야 할 것이다.

4.1. 공동주택 단위세대 CO_2 배출량 기준

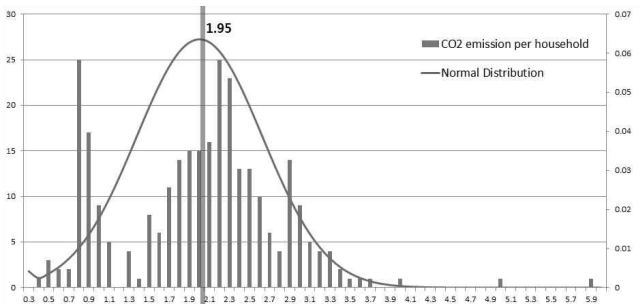


Fig. 8. Frequency distribution of annual CO_2 emissions per household

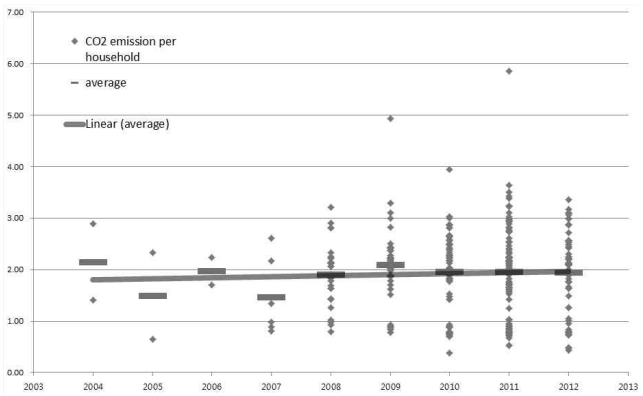


Fig. 9. Trend line of average CO_2 emissions per household in years

2004년부터 2012년 7월까지 에너지 효율등급 본 인증을 받은 공동주택의 단위세대 평균 CO_2 배출량은 1.95 t·CO_2/세대·yr이다. 최소값 0.38 최대값 5.85를 0.1간격 구간으로 나누어 구간별 분포를 살펴보면, 0.8~0.9t·CO_2/세대·yr 구간에서 높은 분포를 보이며, 그 외의 구간은 대체로 정규분포 함수를 따르고 있음을 알 수 있다. 0.8~0.9 t·CO_2/세대·yr 구간은 L공사에서 발주한 공동주택으로, 민간업체와 큰 차이를 보인다. 따라서, 민간발주 공동주택과 공공발주 공동주택을 나누면, 민간발주 공동주택 평균 2.40 t·CO_2/세대·yr, 공공발주 공동주택 평균 1.63 t·CO_2/세대·yr을 베이스라인으로 설정할 수 있다.

<Fig. 9>는, 인증 연도별 단위세대 CO_2배출량 변화 추이를 나타낸다. 연도별 추이는 거의 변화가 없으며, 소폭 상승하고 있다. 특히 2010~2012(3년) 평균은 1.95 t·CO_2/세대·yr로 3년간 동일하게 유지되고 있다.

4.2. 공동주택 단위면적 CO_2배출량 기준

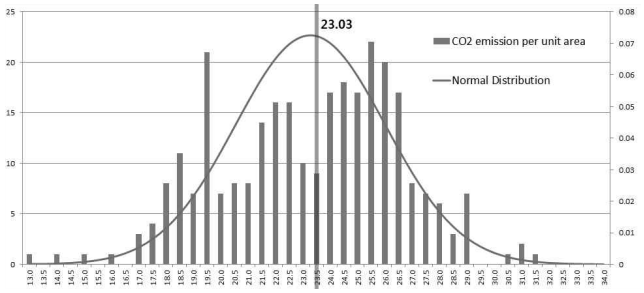


Fig. 10. Frequency distribution of annual CO_2 emissions per area unit

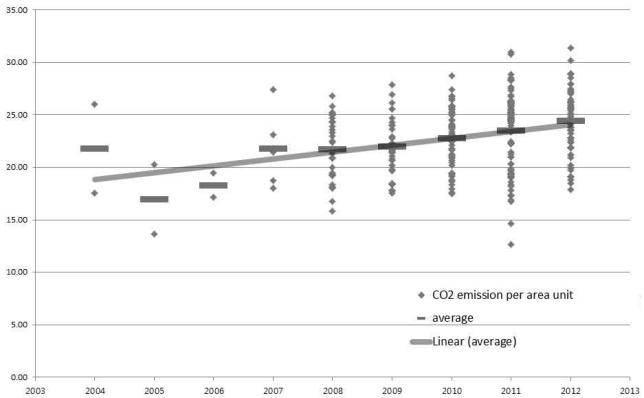


Fig. 11. Trend line of average CO_2 emissions per area unit in years

공동주택의 단위면적 평균 CO_2 배출량은 23.03 kg·CO_2/㎡·yr이다. 최소값 12.67, 최대값 31.40을 0.5간격 구간으로 나누어 구간별 분포를 살펴보면, 19.5 kg·CO_2/㎡·yr 구간에서 높은 분포를 보이며, 그 외의 구간은 대체로 정규분포 함수를 따르고 있음을 알 수 있다. 민간발주 공동주택과 공공발주 공동주택을 나누면, 민간발주 공동주택 평균 24.13 kg·CO_2/㎡·yr, 공공발주 공동주택 평균 22.23 kg·CO_2/㎡·yr을 베이스라인으로 설정할 수 있다.

<Fig. 11>은 인증 연도별 단위면적 CO_2 배출량 변화 추이를 나타낸다. 2010~2012(3년) 평균인 23.56 kg·CO_2/㎡·yr을 2013년 베이스라인으로 설정할 수 있다(목표관리제 기준배출량 설정기준 반영). 하지만, 2012년까지 단위면적 CO_2 배출량 평균은 증가추세를 보이고 있으며, 최대 및 최소도 증가하는 추세에 있다. 이러한 추이를 그대

로 반영할 경우, 2013년 평균은 24.83 kg·CO_2/㎡·yr이 된다. 녹색건축물 확산 및 CO_2 배출량저감 노력이 국가적인 차원에서 이루어지고 있음에도 불구하고, 실질적인 배출량 저감 효과가 미미한 이유가 될 수 있다. 제도 개선 등을 통해 등급 기준을 강화하고 있지만, 민간에서는 최소 기준을 간신히 넘는 선에서 기준을 이용하고 있는 셈이다. 신축 공동주택에 의한 CO_2 배출량이 위와 같이 증가할 경우, 2013년 신축면적이 2012와 동일하더라도 7만 t·CO_2/yr의 CO_2 배출량이 증가하게 된다. 기존의 등급방식의 제도보다 절대적인 기준의 CO_2배출량 규제가 이루어져야 2020년 국가 온실가스 배출 저감 목표 달성이 가능해 질것이라 판단된다.

따라서, 국가 온실가스 배출 저감 목표 달성을 위한 신축 공동주택의 CO_2 배출량 기준을 설정하기 위한 추가적인 분석이 필요하다. <Fig. 11>의 단위면적 CO_2 배출량 추이 와 2020 그린홈 계획 CO_2 배출량을 산정해 보면 <Table 8>과 같다. 국가 목표달성을 위한 신축 공동주택의 난방에너지 절감율이 75%에 이르러도 건축물 전체 에너지 사용량의 26.9%에 미치는 영향은 상당히 작다는 점[8]을 감안하면 5.5 kg·CO_2/㎡·yr 까지 배출량을 저감시키는 것은 반드시 필요하다.

Table 8. CO_2 emissions per area unit in residential buildings for national GHG emission reduction target (kg·CO_2 /㎡·yr)

Category	2010	2012	2015	2017	2020
<Fig.11.> Trend of average CO_2 emissions per area unit in years	22.9	24.2	26.1	27.5	29.4
Green Home plan	18.9	15.5	11.1	8.9	5.6

4.3. 업무용 건축물 CO_2 배출량 기준

업무용 건축물의 단위면적 평균 1차에너지 소요량은 236.5kWh/㎡·yr이다. 최소값 53.5 최대값 298.0을 10간격 구간으로 나누어 구간별 분포를 살펴보면, 300kWh/㎡·yr 구간에서 높은 분포를 보이며, 정규분포를 따르지 못하고 편중된 분포를 나타낸다. 본 인증 대부분의 건축물이 1등급 기준인 300kWh/㎡·yr에 근접하여 인증을 받았으며, 추가적인 에너지 저감 노력은 많이 부족했다는 것을 알 수 있다. 이에 대한 보완으로 2013년 개정된 인증기준에서는 1등급뿐 아니라 1+등급 (140이상~200미만kWh/㎡·yr), 1++등급(80이상~140kWh/㎡·yr미만), 1+++등급(80미만kWh/㎡·yr)을 두었다.

업무용 건축물의 사용에너지원별 원단위를 통해 단위면적 평균 탄소배출량을 계산해 보면, 95.91 kg·CO_2/㎡·yr로 추정할 수 있다[9]. 하지만, 보다 정확한 Baseline을 위해서는 추가연구가 필요하다.

8) 정창헌, 김지영, 김석기, 김태연, 이승복, 서울 주거부문 에너지 소비량 저감 전략에 따른 효과 분석, 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제11호, 2009

9) 행정안전부/지식경제부 통계자료를 이용하여 추정. 난방(도시가스) 14%, 난방(전력) 16.4%, 냉방(도시가스) 6.4%, 냉방(전력) 11.7%, 급탕 3.6%, 일반동력 18.3%, 조명 16.6%, 기타 13.1%

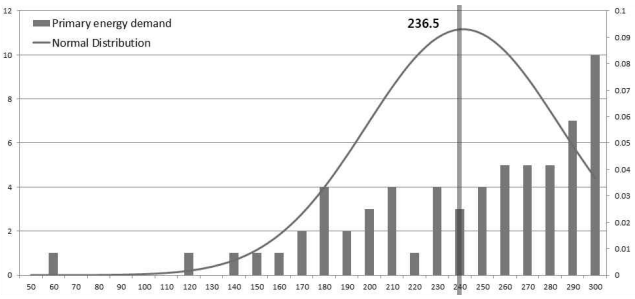


Fig. 12. Frequency distribution of primary energy consumptions in office buildings

5. 서울 M지구 7단지 평가

2013년 준공예정인 서울 M지구 7단지(2011년 예비 인증 1등급)를 대상으로, M지구 7단지 CO_2 배출량과 위에서 언급된 베이스라인들과 비교해 보았다. M지구 7단지는 표준주택 대비 총 에너지 49.52%를 절감해 1등급을 받았으며, 연간 단위면적 이산화탄소 배출량 17.28kg으로 나타났다.

Table 9. Assessment result of 7th housing complex in M area in Seoul

Category	Standard Housings	Applied Housings
Heating energy demands(GJ/yr)	51,489.213	29,267.117
Heating energy demands per unit area (MJ/yr·㎡)	541.98	308.07
Carbon dioxide emissions (heating, kg/yr·㎡)	30.41	17.28
Total energy reduction ratio (%)	-	49.52

Table 10. Compare with baseline and 7th housing complex in M area in Seoul

	Emissions (kg·CO_2 /㎡·yr)	Comparison ratio of Baseline and M area 7th (%)
Standard Housing Baseline	30.41	43.18
Annual Baseline	23.56	26.66
Main stage Baseline	23.03	24.97
Regional Baseline	22.60	23.54
Public order Baseline	22.23	22.27
M area 7th	17.28	-
Green Home plan 2012	15.5	-11.45

M지구 7단지의 CO_2 배출량을 비교를 통해, 본 연구에서 설정한 베이스라인들의 효율성 및 적합성을 검토하였다. <Table 10>에서와 같이 에너지 효율등급에서 제시하는 표준주택에 비해, 분석 결과 선정된 Baseline들은 7~8kg· CO_2/㎡·yr 가량 적게 나타났다. 따라서 배출 절감률 역시 17~20% 낮게 나타난다. 건축물의 탄소배출량 절감

성능을 평가하는 기준지표로 표준주택기준은 한계가 있어 보인다. 실제 지어지고 있는 건축물들에 비해, 너무 높게 설정되어 등급을 위한 기준으로만 유효하다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 바와 같이, 실제 계획되고 있는 건축물 자료를 통한 통계적 baseline 평가가 현실적이라고 판단된다. 건축물의 default 설정을 통한 상대적 기준의 에너지효율등급 표준건축물은, 국가 온실가스 절감 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 계획지표로는 불명확하다.

또한, 2012 그린 홈 계획 15.5 kg·CO_2/㎡·yr 과 비교해보면, 50%에 가까운 M지구의 탄소배출량 절감도 11%정도 더 감축해야함을 알 수 있다. 현재 추진중인 건축물들이 앞으로 더 강화된 기준과 대안을 통해, 탄소배출량 절감에 보다 강화된 노력이 이루어져야 함을 입증하였다. 이렇게 baseline 과의 비교검토를 통해 건축물의 현 상황을 파악하고, 진행계획을 세움에 있어 효율성 있는 정책추진이 가능해진다.

6. 결 론

녹색건축물에 대한 관심은, 국가나 지역에서의 정책적인 문제를 넘어 민간에서도 새로운 시장을 형성할 수 있는 기회로 적극적인 모습을 보인다. 하지만, 녹색건축물에 대한 평가가 객관적이지 못하고, 특정 등급을 받기위한 형식적인 부분에 치우치고 있지 않은지 비판의 목소리가 높다.

본 연구에서는 객관적인 건축물 평가의 측정도구로 CO_2 배출량을 설정해, 녹색건축물 확산이 2020년 국가 온실가스 배출 저감 목표와 연계될 수 있는 객관적 기준을 마련하고자 하였다.

1) 국제적인 기준을 검토하여, CO_2 배출량이 국제적으로도 합당한 건축물 환경성 측정도구로 요구되고 있음을 확인하였다.

2) 에너지 효율등급 본 인증 결과를 UNEP-SBCI, Common Carbon Metric에서 제시하고 있는 바와 같이 세대기준, 면적기준, 민간/공공 기준, 연도별 기준, 용도별 기준으로 나누어 분석하였다. 이를 통해, 건축물 특성을 반영한 Baseline이 될 수 있도록 연구를 진행하였다.

3) 본 연구에서 연구된, 공동주택 CO_2 배출량 Baseline은 다음과 같다.

① 에너지 효율등급 본 인증 Baseline
= 23.03 kg·CO_2/㎡·yr, 1.95 t·CO_2 /세대·yr

② 민간, 공공 Baseline
= 24.13 kg·CO_2/㎡·yr(민간), 22.23 kg·CO_2/㎡·yr(공공)
= 2.40 t·CO_2/세대·yr(민간), 1.63 t·CO_2/세대·yr(공공)

③ 연도 기준 Baseline (3년평균)
= 23.56 kg·CO_2/㎡·yr, 1.95 t·CO_2/세대·yr (2013)

④ 지역 기준 Baseline
= 22.6 kg·CO_2/㎡·yr (중부)
= 19.1 kg·CO_2/㎡·yr (남부)

⑤ 2020 그린 홈 Baseline
= 5.6 kg·CO_2/㎡·yr

4) 본 연구에서 연구된, 업무용건축물의 CO_2 배출량 Baseline은 95.91 kg·CO_2/㎡·yr로, 통계자료를 활용하여 평균 1차 에너지 소요량을 에너지원별 비율에 따라 계산하였다. 보다 정확한 계산을 위해서는 에너지소요량-에너지원의 관계에 대한 신뢰성 있는 연구가 추가되어야 한다.

5) 서울 M지구 1개단지 시범적용을 통해, 본 연구에서 제시한 Baseline이 에너지 효율등급의 표준주택에 비해서 보다 현실적이고, 국토부 그린 홈 계획에 근접하게 접근할 수 있는 효과적인 기준이 될 수 있음을 검증하였다.

본 연구에서 설정된 CO_2 배출량 베이스라인은 신축 공동주택에 한정해서 결론 내릴 수 있었다. 따라서, 언급된 공동주택 뿐 아니라 기존 공동주택을 포함하여 단독주택, 교육시설, 공공시설 등 용도별 베이스라인이 필요하다. 각각의 용도에 따른 연구가 다양하게 진행되어야 한다. 특히 업무용 건축물의 경우, 대상건축물이 한정되어 있어 일반적인 기준으로 삼기 어려운 한계를 보였다. 따라서 업무용 건축물에 대한 자료 확보가 이루어 져야 객관적인 결과를 취득할 수 있을 것이라 생각된다. 또한 추후 연구를 통해, 계획 설계 단계와 실제운영과정에서의 CO_2 배출량에 대한 비교 연구와 건축물 전 과정 베이스라인 설정을 위한 연구가 반드시 필요하다.

Acknowledgement

"이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2005-0049719)(No.2011-0028794)."

"This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MEST)(No.2005-0049719)(No.2011-0028794)."

References

[1] Presidential Committee on Green Growth, A 2020 roadmap for the implementation of low-carbon green society, 2011
[2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2012 Housing Mater Plan, 2012
[3] Hanyang University, The study of the development of integrated green building certification and support system, 2013
[4] Ministry of Commerce, Industry and Energy, The Study of Development of Energy Performance Assessment Method and Policy in Buildings, 2007
[5] Kim JY, The review of Building Energy Efficiency Rating System, Magazine of the SAREK, Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, Vol. 39, No. 10, 2010

[6] ISO/TS 21929-1, Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part1: Framework for the development of indicators for buildings, 2006
[7] ISO/TS 21931-1, Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part1: Buildings, 2006
[8] UNEP - SBCI, COMMON CARBON METRIC - for Measuring Energy Use & Reporting Greenhouse Gas Emissions from Building Operations, 2010
[9] IPCC, Emission factors: 2066 IPCC Guidelines for National GHG Inventories, Volume2, Chapters 1 and 2, 2006
[10] Ministry of Environment, Greenhouse Gas and Energy Target Management Guideline in Public sector, 2012
[11] Jung HG, Lee BH, Shin SW, A Study on Developing the Green Building Assessment System by TBL concept, Architectural Institute of Korea Conference Proceeding, 2012
[12] Cheong CH, Kim JY, Kim SG, Kim TY, Leigh SB, Evaluation on the Energy Reduction Strategy of Residential Buildings in Seoul, Korea, The Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 25, No. 11, 2009
[13] Park JS, Jang HK, Yu KH, A Study on the Design Level through the Certification Analysis of Building Energy Efficiency Rating in Apartment House, Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea Conference Proceeding, 2012
[14] Kim SA, Jeong SH, Park HS, Hong WH, A Comparative Analysis on Energy Demand of Certified Office Building Energy Efficiency Rating, Architectural Institute of Korea Conference Proceeding, 2011
[15] Cho SH, Choi CH, Shin YJ, The Study on Main Design Variables for Predicting Energy Efficiency Rating for Apartment Housing, The Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System, Vol.6, No.4, 2012
[16] Thomas Lu¨tzkendorf, Petr Ha´jek, Antonı´n Lupı´s˘ek, Andrea Immendo¨rfer, Sylviane Nibel and Tarja Ha¨kkinen, New trends in sustainability assessment system – based on top down approach and stakeholders needs , International Journal of Sustainable Building Technology & Urban Development, Vol3. No4. 2012

투고(접수)일자: 2013년 5월 6일
수정일자: (1차) 2013년 6월 20일
수정일자: (2차) 2013년 8월 19일
게재확정일자: 2013년 8월 21일