

| SRI-정책-2022-15 |

녹색건축물 사업 효과성 분석 및 지원방안 연구

Analysis of effectiveness of green building projects and
Support plan research

안국진, 황원실

연구진

연구책임자 안국진 (수원시정연구원 연구위원)

참여연구원 황원실 (수원시정연구원 위촉연구원)

© 2022 수원시정연구원

발행인 김선희

발행처 수원시정연구원

경기도 수원시 권선구 수인로 126

(우편번호) 16429

전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000

<http://www.suwon.re.kr>

인쇄 2022년 12월 31일

발행 2022년 12월 31일

ISBN 979-11-6819-109-9

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

안국진·황원실. 2022. 「녹색건축물 사업 효과성 분석 및 지원방안 연구」. 수원시정연구원.

비매품

주요 내용 및 정책제안

■ 주요 내용

- 국내 사례는 녹색건축물 지원 조례를 중심으로 우리나라 전체 기초자치단체를 대상으로 조사를 시행하고, 해외 사례는 영국, 독일 미국의 사례를 중심으로 시행 프로그램 및 제도의 배경, 대상, 기준, 절차 등을 중심으로 조사·분석
- 2016년부터 2021년까지 수원시 녹색건축물 조성 지원사업의 기초데이터를 지역(구별), 공사유형, 주택용도, 주택 구조형식, 주택 층수, 연면적, 준공년도 등을 기준으로 정리하고 분석
- 녹색건축물 조성지원사업 수혜주택에 대한 에너지 사용량 증감과 경제성 분석을 추진, 이를 기초로 현 지원요소 중 효과적인 지원방안을 도출하고, 향후 노후 주택의 탄소저감을 위한 추가적인 지원방안도 마련

■ 정책제안

- 환경성을 함께 고려하는 지원 방향 정립
 - ① 지구온난화 외의 다양한 환경영향에 대한 종합적으로 고려된 지원사업 필요
 - 에너지절약 및 탄소배출량 저감과 동시에 인체건강과 지역환경, 자원순환 등 다양한 환경성을 동시에 고려
 - 예를 들어 창호 및 단열재 등의 자재는 환경성선언(EPD) 제품을 지원할 경우 다양한 환경성이 고려된 지원사업이 가능함과 같이 지원대상에 대하여 지구온난화 뿐만 아니라 종합적인 환경분야의검토가 필요
 - ② 건축물의 전생애주기 관점에서의 환경영향 검토
 - 건축물의 전생애주기는 생산단계, 시공단계, 운영단계, 폐기단계로 구분되며, 일반적으로 건축물의 전생애주기에서 에너지소비가 가장 많은 단계는 운영단계이며 다음으로 높은 단계는 자재의 생산단계
 - 건축물 운영과 관련된 건축물의 에너지절감 측면뿐만이 아니라 원료채취와 자재생산 단계의 환경영향과 내재에너지 등이 종합적으로 검토가 필요

③ 전문 심의조직 구성 또는 전문기관 협력 필요

- 제도가 실효성 있는 정책으로 지속적으로 시행될 수 있도록 녹색건축물 지원 사업의 환경성을 전생애주기 관점에서 종합적으로 심사하여 지속적인 제도 개선을 할 수 있는 전문집단을 조직하거나 전문성 있는 기관 또는 기업과 협력이 필요

■ 지원사업 대상 시공기준 제정 및 유지관리 매뉴얼 제공

① 지원사업에 적절한 시공기준 제정 및 시공기술 보유기업 선정

- 수원시 지원사업의 적절한 시공기준 제정과 그 시공기준에 적합하게 시공할 수 있는 시공기술 보유한 기업 선정이 필요
- 예를 들어 창호공사 혹은 단열공사의 경우 매립, 고정되어 한 번 시공된 후에는 수정하기가 매우 어렵다는 특징이 있고, 좋은 자재와 제품을 적용하더라도 시공자의 시공 기술에 따라 제성능을 발휘하지 못하는 경우가 발생할 수 있음
- 단열공사의 경우, 단열재와의 간격을 보강재로 충분히 충진하고 고온측에 방습층을 두지 않으면 벽체 내부결로 발생의 위험이 있다. 결로는 곰팡이의 원인이 될 수 있으며 단열재의 성능저하에 매우 큰 영향을 미친다. 창호의 경우 단열프레임과 단열재가 접촉되어있어야 하며 기밀테이프 등으로 기밀하게 시공하지 않을 경우 창호재와 벽체 사이에 열교현상에 의하여 단열효과 저하 및 결로가 발생하기 쉬움

② 사용자 유지관리 매뉴얼 제공

- 지원사업 이후 시공 기업으로부터 건물의 관리방법 및 각종 설비의 유지관리 방법 등을 의무적으로 제공하게 함으로써 지원사업을 통해 에너지절감 효과와 동시에 거주자의 편리성 및 거주성 등이 함께 향상
- 거주자로 하여금 새집증후군, 결로현상 발생시 대처방법, 냉·난방설비의 효율적인 사용 방법, 조명설비의 관리 및 교체 방법 등의 내용을 정확하게 파악하는 것은 에너지 절감과 효율적인 관리의 실현 등 주거생활에 있어서 편리성과 효율성을 지향

■ 에너지 절감효과를 고려한 녹색건축물 지원 대상자 선정 평가기준 재설정

- 분석결과 주택유형과 준공년도 별 에너지 저감율 차이가 존재하므로 이를 고려한 평가항목(안)을 제시, 기존 '건축물 노후도'를 '건축물 형태 및 노후도'로 변경
- 세부 평가항목도 '1979년 이전 단독주택', '1980년 이후 단독주택 및 공동주택', '1979년 이전 공동주택' 등으로 재편(안)을 제시

국문요약

■ 연구개요

○ 연구의 배경

- 수원시는 2013년부터 노후 주택의 온실가스 배출량 감축 및 에너지 효율화를 지원하고자 녹색건축물 조성·지원 사업을 추진 중으로,
- 사업 추진 후 10여 년간 총 96억 예산으로 2,274가구가 지원(매년 10억 이상 예산 편성)됨에 따라, 사업 추진의 에너지 절감 효과를 수치적으로 확인하고 보다 효율적인 지원방안 마련이 시급한 상황

○ 연구의 목적

- 본 연구는 다음 두 가지를 주요 목적으로 함
- 첫째, 녹색건축물 조성지원사업 수혜주택에 대한 에너지 사용량 증감과 경제성 분석을 추진하고,
- 둘째, 현 지원요소 중 효과적인 지원방안을 도출하고, 향후 노후 주택의 탄소 저감을 위한 추가적인 지원방안도 마련

○ 연구의 범위

- 본 연구에서의 공간적 범위는 수원시 전역으로, 구체적으로 수원시 내 녹색건축물 조성 지원사업의 수혜 주택을 대상으로 함
- 내용적 범위는 녹색건축물 조성 지원사업의 효과성 분석과 지원방안의 제안에 한정함. 이를 위해 녹색건축물 조성 지원 관련 국내외 사례를 조사·분석, 지원 대상 관련 기초 데이터 구축과 절감 효과를 분석하며, 주요 이슈에 대해서는 전문가 자문도 병행

○ 연구의 방법 및 주요 내용

- 사례조사·분석 : 녹색건축물 조성 지원 관련 여타 기초지자체의 조례를 검토
- 지원 대상 기초 데이터 구축·분석 : 2016년부터 2021년까지 지원 대상을 지역(구별), 공사유형, 주택용도, 주택 구조형식, 주택 층수, 연면적, 준공년도 등을 기준으로 정리·분석
- 지원 대상 현장조사 : 공동주택(다세대주택, 연립주택)과 단독주택(다가구주택, 단독주택)을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 각 공동주택과 단독주택은 단열기준이 강화된 80년을 기점으로 전 후로 현장조사를 실시
- 에너지 절감효과 분석 : 에너지 절감효과를 분석하기 위하여 지원 대상을 분석하여 평가용 모형을 구축하고 지원사업의 공사종류별로 에너지절감 효과를 분석. 분석 방법으로는 과업의 시간적 제약사항과 인적 물적 자원의 한계 및 대상주택에 사용자가 거주중임을 고려하여 에너지평가 시뮬레이션을 통한 분석을 수행
- 전문가 자문 : 에너지 절감효과 분석의 신뢰성을 높이기 위해 복수의 전문가에게 본 연구의 분석 과정과 결과에 대한 의견을 받아 교차검증 하고, 내용을 보완

■ 결론 및 향후과제

○ 결론

- **환경성을 함께 고려하는 지원 방향 정립**
 - 지구온난화 외의 다양한 환경영향에 대한 종합적으로 고려된 지원 사업 필요, 예를 들어 창호 및 단열재 등의 자재는 환경성선언(EPD) 제품을 지원할 경우 다양한 환경성이 고려된 지원 사업이 가능함. 이와 같이 지원 대상에 대하여 지구온난화 뿐만 아니라 종합적인 환경 분야의 검토가 필요
 - 일반적으로 건축물의 전생애 주기에서 에너지소비가 가장 많은 단계는 운영단계이며 다음으로 높은 단계는 자재의 생산단계로, 건축물 운영과 관련된 건축물의 에너지 절감 측면뿐만이 아니라 원료채취와 자재생산단계의 환경영향과 내재에너지 등 건축물의 전생애주기 관점에서의 환경영향 검토가 필요
 - 제도가 실효성 있는 정책으로 지속적으로 시행될 수 있도록 녹색건축물 지원 사업의 환경성을 전생애주기 관점에서 종합적으로 심사하여 지속적인 제도 개선을 할 수 있는 전문 집단을 조직하거나 전문성 있는 기관 또는 기업과 협력이 긴요

■ 지원 사업 대상 시공기준 제정 및 유지관리 매뉴얼 제공

- 수원시 지원사업의 적절한 시공기준 제정과 그 시공기준에 적합하게 시공할 수 있는 시공기술 보유한 기업 선정이 필요, 예를 들어 창호공사 혹은 단열공사의 경우 매립, 고정되어 한 번 시공된 후에는 수정하기가 매우 어렵다는 특징이 있고, 좋은 자재와 제품을 적용하더라도 시공자의 시공기술에 따라 성능을 발휘하지 못하는 경우가 발생할 수 있음
- 지원 사업 이후 시공 기업으로부터 건물의 관리방법 및 각종 설비의 유지관리 방법 등을 의무적으로 제공하게 함으로써 지원 사업을 통해 에너지절감 효과와 동시에 거주자의 편리성 및 거주성 등이 함께 향상

■ 에너지 절감효과를 고려한 녹색건축물 지원 대상자 선정 평가기준 재설정

- 분석결과 주택유형과 준공년도 별 에너지 저감율 차이가 존재하므로 이를 고려한 평가항목(안)을 제시, 기존 '건축물 노후도'를 '건축물 형태 및 노후도'로 변경
- 세부 평가항목도 '1979년 이전 단독주택', '1980년 이후 단독주택 및 공동주택', '1979년 이전 공동주택' 등으로 재편(안)을 제시

○ 향후과제

- 본 연구는 수원시가 10여 년 동안 추진한 녹색건축물 조성 지원 사업에 대한 에너지 사용량 증감과 경제성 분석을 체계적으로 제시하고 있으나, 온실가스 저감 및 노후주택 지원(집수리) 등 수원시정 내에서 유사한 정책목표 아래 분절적으로 추진 중인 정책의 통합적 추진은 고려하고 있지 못한 한계
- 장기적으로 개별 건축물의 에너지효율 저감 비율에 따른 차등 보조금 지급 등과 같이 정책효과에 기반 한 지원방안 구축도 필요

차 례

제1장 서론	3
제1절 연구의 배경 및 목적	3
제2절 연구의 범위 및 방법	4
1. 연구의 범위	4
2. 연구의 방법	4
 제2장 녹색건축물 지원·적용 사례	 9
제1절 국내 사례 : 녹색건축물 지원 조례를 중심으로	9
1. 녹색건축물 조성 지원 대상 및 지원기준 등	11
2. 녹색건축물 지원 내용	19
3. 요약 및 시사점	24
제2절 해외 사례	27
1. 영국의 그린딜(Green Deal) 프로그램	27
2. 독일의 이산화탄소 감축 건축물 개보수 지원 프로그램	29
3. 미국의 주택개선 프로그램	32
4. 요약 및 시사점	38
 제3장 수원시 녹색건축물 조성 지원 현황	 43
제1절 수원시 녹색건축물 조성 지원 사업 지원 현황	43
제2절 수원시 녹색건축물 조성 지원 사업 수혜주택 현장조사	46
 제4장 수원시 녹색건축물 지원 대상 에너지성능·경제성 분석 및 추가기술 도출 · 53	
제1절 수원시 녹색건축물 지원 대상 에너지성능 분석	53
1. 분석 개요	53
2. 건축물 에너지 성능평가 소프트웨어	54
3. 표준모델 구축	57

4. 표준모델별 에너지성능 평가결과	61
5. 녹색건축물 지원 사업에 따른 에너지 저감 성능 분석	68
제2절 지원 사업 공사유형별 공사비 회수기간 분석	103
제3절 에너지 절감을 위한 추가기술 도출	123
1. 차양 장치	123
2. 고효율 보일러	126
3. 고성능 단열재	128
제5장 결론	133
제1절 정책제언	133
1. 환경성을 함께 고려하는 지원 방향 설정	133
2. 지원 사업 대상 시공기준 제정 및 유지관리 매뉴얼 제공	134
3. 녹색건축물 지원 대상자 선정 평가기준 재설정	136
제2절 향후과제	138

표 차례

〈표 1-1〉 수원시 녹색건축물 조성 지원 사업 예산 및 지원가구	3
〈표 2-1〉 녹색건축물 조성 지원 관련 조례 제정 현황	9
〈표 2-2〉 녹색건축물 조성 지원의 주요 내용	9
〈표 2-3〉 녹색건축물 조성 지원의 주요 내용(계속)	10
〈표 2-4〉 녹색건축물 조성 시범사업의 지원 대상 유형화	11
〈표 2-5〉 기초지자체별 지원 대상 주택의 지원 대상 기준	12
〈표 2-6〉 기초지자체별 지원 대상 주택의 지원 대상 기준(계속)	13
〈표 2-7〉 녹색건축물 지원사업의 지원 대상 중 주택 형태 유형화	14
〈표 2-8〉 기초지자체별 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리	16
〈표 2-9〉 기초지자체 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리(계속)	17
〈표 2-10〉 기초지자체별 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리(계속)	18
〈표 2-11〉 녹색건축물 지원 내용	19
〈표 2-12〉 기초지자체별 건축부문 지원	20
〈표 2-13〉 기초지자체별 건축부문 지원(계속)	21
〈표 2-14〉 기초지자체별 신재생과 전기통신 부문 지원	22
〈표 2-15〉 기초지자체별 신재생과 전기통신 부문 지원(계속)	23
〈표 2-16〉 녹색건축물 지원사업의 주택유형과 기준 연한	24
〈표 2-17〉 녹색건축물 조성 지원의 구체적 내용	25
〈표 2-18〉 독일부흥은행 에너지 효율화 등급에 따른 자금지원 정도	31
〈표 2-19〉 Housing Repair & Weatherization 서비스 내용	33
〈표 2-20〉 Housing Repair & Weatherization 대출 및 보조금	34
〈표 2-21〉 Housing Repair & Weatherization 서비스 수행절차	35
〈표 2-22〉 단독주택 관련 시애틀 HomeWise 프로그램 내용	36
〈표 2-23〉 시애틀 HomeWise의 프로그램별 공공의 역할	37
〈표 2-24〉 독일부흥은행 에너지 효율화 등급에 따른 자금지원 정도	39
〈표 2-25〉 시애틀 HomeWise의 프로그램별 공공의 역할	40

〈표 3-1〉 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 지역별 지원현황	44
〈표 3-2〉 지원 사업 공사유형에 따른 공사 진행 건수	44
〈표 3-3〉 지원 사업 데이터 현황 분석결과(2016년~2021년)	45
〈표 3-4〉 지원 사업 수혜대상 건축물 현장조사	46
〈표 3-5〉 지원 사업 수혜해택 현장조사(고등동 42-118)	46
〈표 3-6〉 지원 사업 수혜해택 현장조사(우만동 511-5)	48
〈표 3-7〉 지원 사업 수혜해택 현장조사(신평동 111)	49
〈표 3-8〉 지원 사업 수혜해택 현장조사(매향동 127-21)	50
〈표 4-1〉 선정 에너지시뮬레이션 소프트웨어(ECO2)의 특징	56
〈표 4-2〉 표준모델의 형태적 특성	59
〈표 4-3〉 표준모델의 평가조건 및 열 물성치	60
〈표 4-4〉 표준모델 평가개요 - 79년 이전 준공 단독주택	62
〈표 4-5〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 79년 이전 준공 단독주택	63
〈표 4-6〉 표준모델 평가개요 - 80년 이후 준공 단독주택	63
〈표 4-7〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 80년 이후 준공 단독주택	64
〈표 4-8〉 표준모델 평가개요 - 79년 이전 준공 공동주택	65
〈표 4-9〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 79년 이전 준공 공동주택	66
〈표 4-10〉 표준모델 평가개요 - 80년 이후 준공 공동주택	66
〈표 4-11〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 80년 이후 준공 공동주택	67
〈표 4-12〉 수원시 녹색건축물 지원 사업에 따른 공종별 열물성치 변화	68
〈표 4-13〉 공종별 에너지 저감 효과 분석-79년 이전 단독주택	70
〈표 4-14〉 공종별 에너지 저감 효과 분석-80년 이후 단독주택	79
〈표 4-15〉 공종별 에너지 저감 효과 분석-79년 이전 준공 공동주택	87
〈표 4-16〉 공종별 에너지 저감 효과 분석-80년 이후 준공 공동주택	95
〈표 4-17〉 평가모델 공종별 에너지 저감 효과 분석결과	102
〈표 4-18〉 단독주택 공사유형별 기준단가 및 설치비용	104
〈표 4-19〉 공동주택 공사유형별 기준단가 및 설치비용	105
〈표 4-20〉 에너지원(전력, 가스) 원데이터	106
〈표 4-21〉 공사유형별 비용편익 (단독주택)	108
〈표 4-22〉 공사유형별 비용편익 (공동주택)	109
〈표 4-23〉 공사유형별 비용편익 (단독주택)	110

〈표 4-24〉 공사유형별 연비용 편익 (공동주택)	111
〈표 4-25〉 공사유형별 공사비 회수기간	112
〈표 4-26〉 창호공사 공사비 회수기간 (단위:원)	114
〈표 4-27〉 내단열공사 공사비 회수기간 (단위:원)	115
〈표 4-28〉 외단열공사 공사비 회수기간 (단위:원)	116
〈표 4-29〉 전등공사 공사비 회수기간 (단위:원)	117
〈표 4-30〉 보일러공사 공사비 회수기간 (단위:원)	118
〈표 4-31〉 (창호, 내단열) 공사비 회수기간 (단위:원)	119
〈표 4-32〉 (창호, 내단열, 전등, 보일러) 공사비 회수기간 (단위:원)	120
〈표 4-33〉 고정형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화	124
〈표 4-34〉 가동형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화	125
〈표 4-35〉 보일러 종류에 따른 에너지소요량 및 CO2배출량 변화	127
〈표 4-36〉 고성능 단열재 설치에 따른 에너지 성능 변화	129
〈표 4-37〉 태양광(PV, BIPV) 에너지생산량 및 CO2 저감량	130
〈표 5-1〉 수원시의 녹색건축물 지원대상자 선정 평가표	136
〈표 5-2〉 주택유형 및 준공년도 별 에너지 저감 효과 분석결과	137
〈표 5-3〉 선정 평가표의 건축물 노후도 평가항목 재편(안)	137

그림 차례

〈그림 2-1〉 독일부흥은행 에너지 효율화 등급에 따른 자금	31
〈그림 2-2〉 시애틀 시 HomeWise 의 서비스 수행절차	37
〈그림 4-1〉 평가모델 구축을 위한 평가대상 분류	57
〈그림 4-2〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 79년 이전 준공 단독주택	62
〈그림 4-3〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 80년 이후 준공 단독주택	64
〈그림 4-4〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 79년 이전 준공 공동주택	65
〈그림 4-5〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 80년 이후 준공 공동주택	67
〈그림 4-6〉 공종별 에너지소요량 비교 그래프	71
〈그림 4-7〉 공종별 1차 에너지소요량 비교 그래프	71
〈그림 4-8〉 공종별 1차 CO2배출량 비교 그래프	71
〈그림 4-9〉 에너지소요량 비교 그래프	72
〈그림 4-10〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	72
〈그림 4-11〉 CO2배출량 비교 그래프	73
〈그림 4-12〉 에너지소요량 비교 그래프	73
〈그림 4-13〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	73
〈그림 4-14〉 CO2배출량 비교 그래프	74
〈그림 4-15〉 에너지소요량 비교 그래프	74
〈그림 4-16〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	74
〈그림 4-17〉 CO2배출량 비교 그래프	75
〈그림 4-18〉 에너지소요량 비교 그래프	75
〈그림 4-19〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	75
〈그림 4-20〉 CO2배출량 비교 그래프	76
〈그림 4-21〉 에너지소요량 비교 그래프	76
〈그림 4-22〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	76
〈그림 4-23〉 CO2배출량 비교 그래프	77
〈그림 4-24〉 공종별 에너지소요량 비교 그래프	80

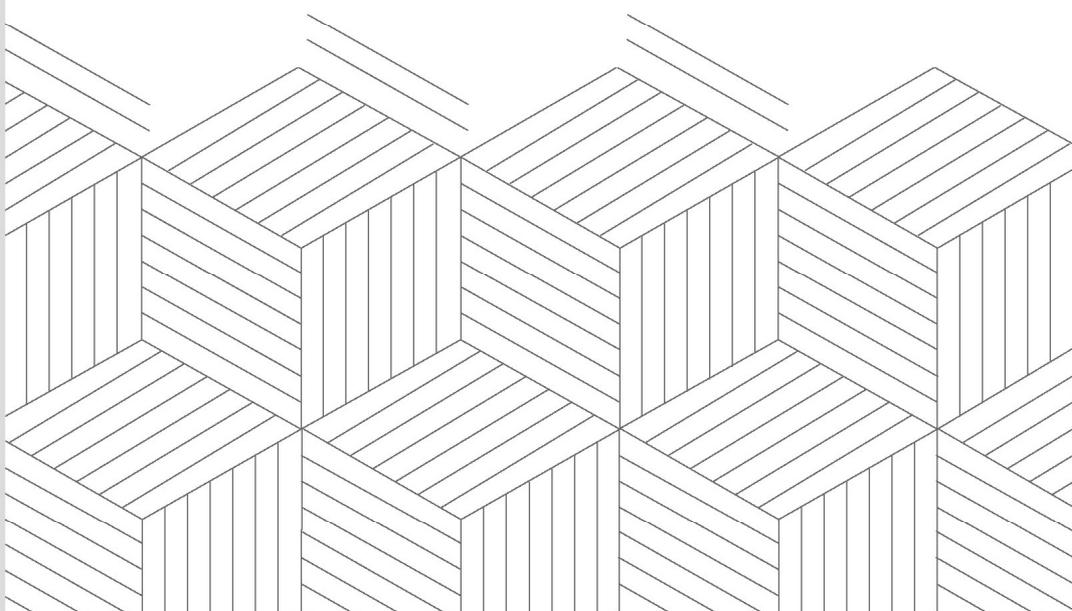
〈그림 4-25〉 공중별 1차 에너지소요량 비교 그래프	80
〈그림 4-26〉 공중별 1차 CO2배출량 비교 그래프	80
〈그림 4-27〉 에너지소요량 비교 그래프	81
〈그림 4-28〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	81
〈그림 4-29〉 CO2배출량 비교 그래프	81
〈그림 4-30〉 에너지소요량 비교 그래프	82
〈그림 4-31〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	82
〈그림 4-32〉 CO2배출량 비교 그래프	82
〈그림 4-33〉 에너지소요량 비교 그래프	83
〈그림 4-34〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	83
〈그림 4-35〉 CO2배출량 비교 그래프	83
〈그림 4-36〉 에너지소요량 비교 그래프	84
〈그림 4-37〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	84
〈그림 4-38〉 CO2배출량 비교 그래프	84
〈그림 4-39〉 에너지소요량 비교 그래프	85
〈그림 4-40〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	85
〈그림 4-41〉 CO2배출량 비교 그래프	85
〈그림 4-42〉 공중별 에너지소요량 비교 그래프	88
〈그림 4-43〉 공중별 1차 에너지소요량 비교 그래프	88
〈그림 4-44〉 공중별 1차 CO2배출량 비교 그래프	88
〈그림 4-45〉 에너지소요량 비교 그래프	89
〈그림 4-46〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	89
〈그림 4-47〉 CO2배출량 비교 그래프	89
〈그림 4-48〉 에너지소요량 비교 그래프	90
〈그림 49〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	90
〈그림 4-50〉 CO2배출량 비교 그래프	90
〈그림 4-51〉 에너지소요량 비교 그래프	91
〈그림 4-52〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	91
〈그림 4-53〉 CO2배출량 비교 그래프	91
〈그림 4-54〉 에너지소요량 비교 그래프	92
〈그림 4-55〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	92

〈그림 4-56〉 CO2배출량 비교 그래프	92
〈그림 4-57〉 에너지소요량 비교 그래프	93
〈그림 4-58〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	93
〈그림 4-59〉 CO2배출량 비교 그래프	93
〈그림 4-60〉 공종별 에너지소요량 비교 그래프	96
〈그림 4-61〉 공종별 1차 에너지소요량 비교 그래프	96
〈그림 4-62〉 공종별 1차 CO2배출량 비교 그래프	96
〈그림 4-63〉 에너지소요량 비교 그래프	97
〈그림 4-64〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	97
〈그림 4-65〉 CO2배출량 비교 그래프	97
〈그림 4-66〉 에너지소요량 비교 그래프	98
〈그림 4-67〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	98
〈그림 4-68〉 CO2배출량 비교 그래프	98
〈그림 4-69〉 에너지소요량 비교 그래프	99
〈그림 4-70〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	99
〈그림 4-71〉 CO2배출량 비교 그래프	99
〈그림 4-72〉 에너지소요량 비교 그래프	100
〈그림 4-73〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	100
〈그림 4-74〉 CO2배출량 비교 그래프	100
〈그림 4-75〉 에너지소요량 비교 그래프	101
〈그림 4-76〉 1차 에너지소요량 비교 그래프	101
〈그림 4-77〉 CO2배출량 비교 그래프	101
〈그림 4-78〉 79년 이전 단독주택의 공사유형별 회수기간 그래프	121
〈그림 4-79〉 80년 이후 단독주택의 공사유형별 회수기간 그래프	121
〈그림 4-80〉 79년 이전 공동주택의 공사유형별 회수기간 그래프	122
〈그림 4-81〉 80년 이후 공동주택의 사유형별 회수기간 그래프	122
〈그림 4-82〉 고정형차양(수직차양)	123
〈그림 4-83〉 고정형차양(수평차양)	123
〈그림 4-84〉 가동형차양(베네이안블라인드)	123
〈그림 4-85〉 가스보일러 개념도	126
〈그림 4-86〉 콘덴싱보일러 개념도	126

〈그림 4-87〉 전기온수기 개념도	126
〈그림 4-88〉 폴리스티렌 비드법 보온판 사진	128
〈그림 4-89〉 경질우레탄보온판 2종 사진	128
〈그림 4-90〉 경질우레탄보온판 시험성적서 예시	128
〈그림 4-91〉 고정형 태양광모듈(PV) 설치사례	130
〈그림 4-92〉 건물일체형 태양광모듈(BIPV) 설치사례	130
〈그림 5-1〉 지속가능성 3대 요소	133
〈그림 5-2〉 일반건축물과 리모델링 건축물의 생애주기	134

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적
제2절 연구의 범위 및 방법



제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

수원시는 2013년부터 노후한 주택의 온실가스 배출량 감축 및 에너지 효율화를 지원하고자 녹색건축물 조성을 위한 사업을 추진 중이다.

사업 추진 후 10여 년간 총 96억 예산으로 2,274가구가 지원(매년 10억 이상 예산 편성)됨에 따라, 사업 추진의 에너지 절감 효과를 수치적으로 확인하고 보다 효율적인 지원방안 마련이 시급한 상황이다.

〈표 1-1〉 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 예산 및 지원가구

구 분	전체	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
사업 예산 (천 만)	9,010	300	500	850	1,500	1,300	1,300	1,200	960	1,100
지원 가구 (비율)	2,114 (48%)	26 (50%)	38 (79%)	131 (58%)	349 (71%)	313 (45%)	344 (51%)	366 (50%)	262 (34%)	285 (47%)

본 연구는 다음 두 가지를 목적으로 한다. 첫째, 녹색건축물 조성지원사업 수혜주택에 대한 에너지 사용량 증감과 경제성 분석을 추진한다. 둘째, 체계적인 분석을 바탕으로 현 지원요소 중 효과적인 지원방안을 도출하고, 향후 노후 주택의 에너지 효율화와 탄소 저감을 위한 추가적인 지원방안도 마련한다.

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서의 공간적 범위는 수원시 전역으로, 구체적으로 수원시 내 녹색건축물 조성 지원사업의 수혜 주택을 대상으로 한다.

내용적 범위는 녹색건축물 조성 지원사업의 효과성 분석과 지원방안의 제안에 한정한다. 이를 위해 녹색건축물 조성 지원 관련 국내외 사례를 조사·분석, 지원 대상 관련 기초 데이터 구축과 절감 효과를 분석하며, 주요 이슈에 대해서는 전문가 자문도 병행한다.

2. 연구의 방법

■ 사례조사

국내 사례는 녹색건축물 지원 조례를 중심으로 우리나라 전체 기초자치단체를 대상으로 조사를 시행하여, 44개 지자체가 추진 중임을 확인하고 녹색건축물 조성 지원 대상 및 주택 부문 지원 대상, 주택부문 지원 기준, 지원 내용 등에 대해 각각의 내용을 유형화하여 정리하였다.

해외 사례는 영국, 독일 미국의 사례를 중심으로 시행 프로그램 및 제도의 배경, 대상, 기준, 절차 등을 중심으로 조사·분석하였다.

■ 지원 대상 기초 데이터 구축·분석 및 현장조사

수원시는 2013년부터 녹색건축물 조성·지원 사업을 추진하였으나, 지원내역 및 수혜 건축물 관련 현황 자료가 있는 2016년부터 2021년까지 기초데이터를 정리·분석하였다. 구체적으로 지역(구별), 공사유형, 주택용도, 주택 구조형식, 주택 층수, 연면적, 준공년도 등을 기준으로 정리하였다.

수원시 녹색건축물 지원사업 수혜대상 건축물을 대상으로 공동주택(다세대주택, 연립주택)과 단독주택(다가구주택, 단독주택)을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 각 공동주택과 단독주택은 단열기준이 강화된 80년을 기점으로 전 후로 현장조사를 실시하였다.

■ 에너지 절감효과 분석

에너지 절감효과를 분석하기 위하여 지원 대상을 분석하여 평가용 모형을 구축하고 지원사업의 공사종류별로 에너지절감 효과를 분석한다. 분석 방법으로는 과업의 시간적 제약사항과

인적 물적 자원의 한계 및 대상주택에 사용자가 거주중임을 고려하여 에너지평가 시뮬레이션을 통한 분석을 수행하였다.

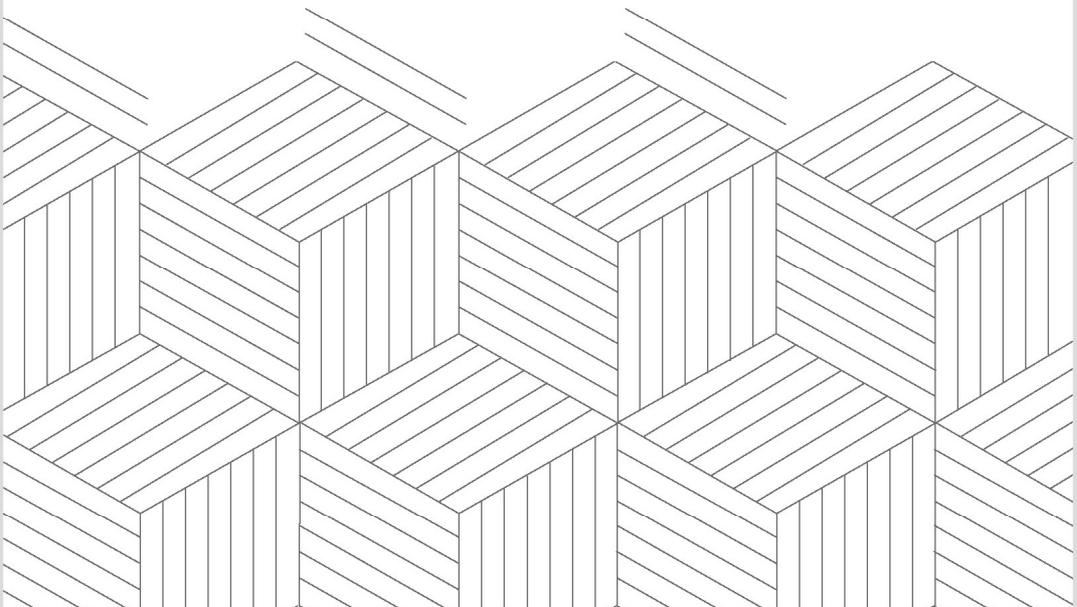
국내에서 공식적으로 건물에너지 성능평가 기법으로 활용되고 있는 소프트웨어로서 ISO13790 및 DIN V18599을 기반으로 개발되어 한국에너지공단에서 배포하고 있다. 정적 시뮬레이션(Monthly Calculation Method)을 기본 평가 로직으로 사용해 준정상상태 해석을 수행한다. 건물 형상, HVAC 시스템, 신재생에너지시스템 등의 입력이 가능하며, 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지 요구량을 산정한다. 최종적으로 계산된 에너지 요구량을 만족시키기 위한 시스템의 성능을 반영한 건물의 에너지 소요량을 계산할 수 있으며, 단위면적당 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하여 결과를 제시한다.

■ 전문가 자문

에너지 절감효과 분석의 신뢰성을 높이기 위해 복수의 전문가에게 본 연구의 분석 과정과 결과에 대한 전문가 의견을 받아 교차검증 하고, 내용을 보완한다.

제2장 녹색건축물 지원·적용 사례

제1절 국내 사례
제2절 해외 사례



제2장 녹색건축물 지원·적용 사례

제1절 국내 사례 : 녹색건축물 지원 조례를 중심으로

녹색건축물 조성 지원 제도(자치법규)를 마련하고 있는 기초자치단체는 44개이다. 2020년 기준 전국 226개 기초자치단체 중 약 20%정도가 녹색건축물 조성 지원을 위한 자치조례를 제정하고 있는 상황이다.

〈표 2-1〉 녹색건축물 조성 지원 관련 조례 제정 현황

		녹색건축물 조성 지원 관련 조례 제정 현황
기초자치단체 (44곳)	중부1지역	- 연천군, 포천시, 가평군, 남양주시, 의정부시, 양주시, 동두천시, 파주시, 춘천시, 원주시,
	중부2지역	- 고양시, 과천시, 광명시, 광주시, 구리시, 군포시, 김포시, 부천시, 성남시, 수원시, 시흥시, 안산시, 안성시, 안양시, 양평군, 여주시, 용인시, 이천시, 평택시, 하남시, 화성시, 의왕시, 동해시, 거창군, 금산군, 당진시, 안동시 - 서울특별시 도봉구, 서울특별시 양천구, 대전광역시 서구
	남부지역	- 순천시, 아산시, 양산시, 포항시

주요 내용을 살펴보면, 녹색건축물 조성 지원의 대상과 지원기준, 지원금, 지원 내용, 기본 원칙 및 사후관리 등이 포함된다.

〈표 2-2〉 녹색건축물 조성 지원의 주요 내용

		녹색건축물 조성 지원의 주요 내용
녹색건축물 조성 지원 대상 (녹색건축물 조성 시범사업)	유형①	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환
	유형②	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링
	유형③	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 신규주택 녹색건축물로 조성
	유형④	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링 + 녹색건축물 신규 조성

〈표 2-3〉 녹색건축물 조성 지원의 주요 내용(계속)

녹색건축물 조성 지원의 주요 내용		
주택부문 지원 대상	유형①	- 단독/다가구
	유형②	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하)
	유형③	- 단독/다가구 + 다세대
	유형④	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 연립주택·다세대주택(19세대 이하)
	유형⑤	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 아파트·연립주택·다세대주택(*건축법시행령 별표1에 따른)
	유형⑥	- 단독주택/주상복합건축물(연면적 500제곱미터 이하)
주택부문 지원 기준	유형①	- 10년 이상
	유형②	- 15년 이상
	유형③	- 20년 이상
	유형④	- 기존주택 외 신축 포함
지원 내용	건축	- 단열, 창호, 마감 등
	설비	- 위생, 공조, 냉·난방 등
	신재생	- 신재생에너지 설비, 빗물이용시설, 폐열회수설비 등
	전기·통신	- 전기조명시스템, 수변전 설비 등

1. 녹색건축물 조성 지원 대상 및 지원기준 등

1) 녹색건축물 조성 지원 대상

녹색건축물 조성 지원 제도(자치법규)를 마련하고 있는 전체 44개 기초자치단체 중 녹색건축물 조성 시범사업을 내용적으로 규정하고 있는 곳은 39곳이다.

녹색건축물 조성 시범사업의 구체적 내용에 있어서는 유형별로 4가지 정도로 차별화 된다. 공공기관 시행사업과 기존주택의 녹색건축물 전환을 기본으로, 기존주택 외 건축물 그린리모델링, 신규주택 녹색건축물로 조성, 기존주택 외 건축물 그린리모델링, 녹색건축물 신규 조성 등이 포함된다.

이들을 유형화 하면 ‘유형①’은 공공기관 시행사업과 기존주택 녹색건축물 전환을 내용으로 하며, 서울특별시 도봉구와 서울특별시 양천구 등 두 곳이 유형①을 내용으로 한다. ‘유형②’는 유형①에 기존주택 외 건축물 그린리모델링이 추가되며, 가평군, 고양시, 용인시, 화성시 등 22개 기초지자체가 유형②를 내용으로 한다. ‘유형③’은 유형①에 신규주택 녹색건축물로 조성을 추가하고 있으며, 광명시, 당진시, 동해시 등 9곳이 유형③을 내용으로 한다. ‘유형④’는 유형②에 녹색건축물 신규 조성을 더하고 있으며, 남양주시, 성남시, 평택시 등 6곳이 유형④를 내용으로 한다.

〈표 2-4〉 녹색건축물 조성 시범사업의 지원 대상 유형화

	녹색건축물 조성 시범사업의 내용
유형① (▽)	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환
유형② (○)	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링
유형③ (△)	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 신규주택 녹색건축물로 조성
유형④ (◎)	- 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링 + 녹색건축물 신규 조성

시범사업 중 주택부문의 녹색건축물 전환의 경우 구체적인 지원 대상을 규정하고 있는 기초지자체는 44곳 중 22곳이다. 기준 연한에 대해 ‘10년 이상’을 지정하는 곳이 7개 지자체로 의왕시, 광명시, 성남시 등이 포함된다. ‘15년 이상’은 15개 지자체로 가장 많으며, 남양주시, 안양시, 시흥시, 수원시, 화성시 등이 포함된다. ‘20년 이상’을 기준 연한으로 정한 지자체는 서울특별시 도봉구와 서울특별시 양천구 두 곳이다. 이외에도 기존주택 이외에 신축주택을 포함하는 지자체는 4곳으로 순천시, 안동시, 정읍시, 안산시 등이다.

〈표 2-5〉 기초지자체별 녹색건축물 지원 대상 주택의 지원 대상 기준

		녹색건축물 조성 시범사업	주택 지원 대상
1	가평군	○	- (해당 내용 없음)
2	거창군	○	15년 이상 ②
3	고양시	○	15년 이상 ⑤
4	과천시	○	-
5	광명시	△	10년 이상 ⑤
6	광주시	- (해당 내용 없음)	15년 이상 ②
7	구리시	○	-
8	군포시	○	-
9	금산군	○	-
10	김포시	○	-
11	남양주시	◎	15년 이상 ①
12	당진시	△	15년 이상 ③
13	대전광역시 서구	-	-
14	동두천시	○	-
15	동해시	△	10년 이상 ⑥
16	부천시	△	15년 이상 ④
17	서울특별시 도봉구	▽	20년 이상 ④
18	서울특별시 양천구	▽	20년 이상 ④
19	성남시	◎	10년 이상 ⑤
20	수원시	△	15년 이상 ④
21	순천시	△	신축+10년 이상 ⑥
22	시흥시	○	15년 이상 ②
23	아산시	△	신축+15년 이상 ⑥
24	안동시	△	신축+10년 이상 ⑥
25	안산시	○	-
26	안성시	◎	-
27	안양시	○	15년 이상 ①
28	양산시	◎	-
29	양주시	○	-
30	양평군	○	-

〈표 2-6〉 기초지자체별 녹색건축물 지원 대상 주택의 지원 대상 기준(계속)

		녹색건축물 조성 시범사업	주택 지원 대상
31	여주시	○	-
32	연천군	○	-
33	용인시	○	15년 이상 ⑤
34	의왕시	○	10년 이상 ④
35	의정부시	○	-
36	이천시	○	-
37	정읍시	-	신축+10년 이상 ⑥
38	춘천시	◎	-
39	파주시	-	-
40	평택시	◎	15년 이상 ⑤
41	포천시	○	-
42	포항시	-	15년 이상 ⑤
43	하남시	△	15년 이상 ④
44	화성시	○	15년 이상 ⑤

녹색건축물 조성 시범사업

▽ ① 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환

○ ② 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링

△ ③ 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 신규주택 녹색건축물로 조성

◎ ④ 공공기관 시행사업/기존주택 녹색건축물 전환 + 기존주택 외 건축물 그린리모델링 + 녹색건축물 신규 조성

주택 지원 대상

① 단독/다가구

② 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하)

③ 단독/다가구 + 다세대

④ 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 연립주택·다세대주택(19세대 이하)

⑤ 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 아파트·연립주택·다세대주택(건축법시행령 별표1에 따른)

⑥ 단독주택/주상복합건축물(연면적 500제곱미터 이하)

지원 대상이 되는 주택 유형은 6가지로 유형화된다. 단독·다가구를 기본으로 연면적 660 제곱미터 이하의 상가주택을 포함하는 경우, 다세대를 포함하는 경우, 건축법시행령 별표1에 따른 아파트·연립주택·다세대주택 등을 포함하는 경우 등이 있다.

‘유형①’은 단독주택과 다가구 주택을 대상으로 하며, 남양주시와 안양시가 지원 대상으로 규정하고 있다. ‘유형②’는 단독·다가구에 연면적 660제곱미터 이하 상가주택을 지원 대상으로 하며, 거창군, 광주시, 시흥시가 대상으로 규정하고 있다. ‘유형③’은 단독·다가구에 다세대 주택이 포함되며, 당진시 한 곳이 기준으로 삼고 있다. ‘유형④’는 유형②에 19세대 이하의 연립주택·다세대주택을 대상으로 하며, 부천시, 수원시, 의왕시 등 6개 지자체가 기준으로 하고 있다. ‘유형⑤’는 유형②에 건축시행령 별표1에 따른 아파트·연립주택·다세대주택을 포함하고 있으며, 고양시, 광명시, 성남시 등 7개 지자체가 기준으로 삼고 있다. ‘유형⑥’은 단독주택과 연면적 500제곱미터 이하 주상복합건축물을 대상으로 하며, 동해시, 순천시, 정읍시 등 5개 지자체가 기준으로 하고 있다.(앞선 <표 2-5>, <표 2-6> 참조)

<표 2-7> 녹색건축물 지원사업의 지원 대상 중 주택 형태 유형화

	지원 대상 주택 유형
유형①	- 단독/다가구
유형②	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하)
유형③	- 단독/다가구 + 다세대
유형④	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 연립주택·다세대주택(19세대 이하)
유형⑤	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 아파트·연립주택·다세대주택(*건축법시행령 별표1에 따른)
유형⑥	- 단독주택/주상복합건축물(연면적 500제곱미터 이하)

건축법시행령 별표1에 따른 아파트·연립주택·다세대주택

- 아파트: 주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 주택
- 연립주택: 주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적(2개 이상의 동을 지하주차장으로 연결하는 경우에는 각각의 동으로 본다) 합계가 660제곱미터를 초과하고, 층수가 4개 층 이하인 주택
- 다세대주택: 주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660제곱미터 이하이고, 층수가 4개 층 이하인 주택(2개 이상의 동을 지하주차장으로 연결하는 경우에는 각각의 동으로 본다)

2) 녹색건축물 조성 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리

녹색건축물 조성 지원금의 기준과 관련해서 44개 기초지자체 중 서울특별시 양천구를 제외하고는 기준을 설정하고 있다. ‘사업비 일부 지원’으로 규정하고 있는 곳이 가장 많은데, 거창군, 과천시, 광주시, 군포시 등 23개 지자체가 기준으로 삼고 있다. ‘전체 비용이나 사업비의 1/2 범위 내에서 1천만 원까지’로 기준을 정하는 지자체는 6개로, 가평군, 성남시, 시흥시, 의왕시, 하남시, 화성시 등이 포함된다. 이외에도 전체 비용이나 사업비의 1/2 범위 내에서 5백만 원까지는 4개 지자체(부천시, 의정부시, 포항시, 용인시), 1천5백만 원까지는 광명시, 2천만 원까지는 고양시가 지정하고 있다.

사업대상이나 지역에 따라 차등적으로 지급하는 경우도 7개 지자체가 기준으로 하고 있다. 수원시의 경우 ‘수원화성 역사문화환경보존지역, 주거환경관리사업구역 및 도시재생활성화 지역 외 지역’은 1/2범위 내 최대 1천만 원까지 지원하고, ‘수원화성 역사문화환경보존지역, 주거환경관리사업구역 및 도시재생활성화 지역’은 1/2범위 내 최대 2천만 원까지 지원을 규정하고 있다. 이외 당진시, 동해시, 순천시, 안동시, 평택시는 기존주택, 신축, 옥상녹화 등에 따라 최대 지원금을 차등화하고 있다.

이외에도 녹색건축물 조성 지원과 관련하여 기본원칙으로 온실가스 배출량 감축, 지속가능성 확보, 자원절약 및 에너지효율화, 계층·지역 간 균형성 확보 등을 위해 녹색건축물을 조성함을 가평군, 광명시, 구리시, 군포시, 당진시 등 38개 기초지자체가 명시하고 있다.

녹색건축물 조성의 사후관리와 관련해서, 연내 에너지사용량 제출을 명시하기도 하는데, 고양시, 광명시, 남양주시, 당진시, 성남시, 아산시, 양주시, 정읍시, 화성시 등이 연 1회~2회 에너지 사용량 자료 제출을 통한 사후관리 제도를 마련하고 있다.

〈표 2-8〉 기초지자체별 녹색건축물 조성 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리

		지원금	기본원칙 및 사후관리
1	가평군	1/2범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
2	거창군	사업비 일부 지원	-
3	고양시	1/2범위 최대 2천만 원	- 연2회 이내 에너지 사용량 자료 제출 요청
4	과천시	사업비 일부 지원	-
5	광명시	1/2범위 최대 1천5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 신축은 건물에너지관리시스템 등 설치 의무화 - 이외 매년 1회씩 3년간 에너지사용량 시장에게 제출
6	광주시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
7	구리시	예산 내 최대 1/2범위 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
8	군포시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
9	금산군	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
10	김포시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
11	남양주시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
12	당진시	- 신축 1/2범위 최대 3천만 원 - 기존주택/옥상녹화 1/2범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
13	대전광역시 서구	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
14	동두천시	사업비 일부 지원	-
15	동해시	- 신축 1/2범위 최대 3천만 원 - 기존 주택 1/2범위 최대 2천만 원 - 옥상녹화 4/5범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
16	부천시	1/2범위 최대 5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
17	서울특별시 도봉구	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
18	서울특별시 양천구	- (해당 내용 없음)	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시

〈표 2-9〉 기초지자체별 녹색건축물 조성 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리(계속)

		지원금	이외
19	성남시	1/2 범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
20	수원시	- 수원화성 역사문화환경 보존지역, 주거환경관리사업구역 및 도시재생활성화지역 외 지역 1/2범위 최대 1천만 원 - 수원화성 역사문화환경 보존지역, 주거환경관리사업구역 및 도시재생활성화지역 1/2범위 최대 2천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
21	순천시	- 신축 1/2범위 최대 3천만 원 - 기존 주택 1/2범위 최대 1천만 원 - 옥상녹화 4/5범위 최대 4천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
22	시흥시	1/2범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
23	아산시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
24	안동시	- 신축 1/2범위 최대 3천만 원 - 기존 주택 1/2범위 최대 2천만 원 - 옥상녹화 4/5범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
25	안산시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
26	안성시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
27	안양시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
28	양산시	사업비 일부 지원	
29	양주시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
30	양평군	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
31	여주시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
32	연천군	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
33	용인시	1/2범위 최대 5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시

〈표 2-10〉 기초지자체별 녹색건축물 조성 지원금(기준)과 기본원칙 및 사후관리(계속)

		지원금	이외
34	의왕시	1/2범위 최대 1천만 원	
35	의정부시	1/2범위 최대 5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
36	이천시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
37	정읍시	- 신축 1/2범위 최대 3천만 원 - 기존 주택 1/2범위 최대 2천만 원 - 옥상녹화 4/5범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출
38	춘천시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
39	파주시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
40	평택시	- 기존주택 그린리모델링 공사비 1/2범위 최대 1천만 원 - 건축물 제로에너지 건축인증 비용 1/2범위 최대 1천만 원 - 옥상녹화 1/2범위 최대 5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
41	포천시	사업비 일부 지원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
42	포항시	1/2범위 최대 5백만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
43	하남시	1/2범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시
44	화성시	1/2범위 최대 1천만 원	- 녹색건축물 조성 지원 기본원칙 제시 - 연 2회 이내 에너지 사용량 자료 제출

2. 녹색건축물 지원 내용

녹색건축물 조성과 관련해서 지원 내용을 구체적으로 명시하고 있는 기초지자체는 전체 44개 중 22개 지자체이다. 거창군, 고양시, 광명시, 구리시, 남양주시, 당진시, 동해시, 부천시, 성남시, 수원시, 순천시, 시흥시, 아산시, 안동시, 안양시, 양주시, 연천군, 용인시, 정읍시, 포항시, 하남시, 화성시 등이 포함된다.

구체적 지원내용은 크게 건축, 설비, 신재생, 전기·통신 등 네 부분으로 나뉜다. 건축에는 단열, 창호, 마감 등이 포함되고, 설비에는 위생, 공조, 냉·난방, 신재생에는 신재생에너지 설비, 빗물이용시설, 폐열회수설비 등이 포함된다. 전기·통신에는 전기조명시스템과 수변전 설비가 포함된다.

〈표 2-11〉 녹색건축물 지원 내용

	녹색건축물 조성 지원 내용
건축	- 단열, 창호, 마감 등
설비	- 위생, 공조, 냉·난방 등
신재생	- 신재생에너지 설비, 빗물이용시설, 폐열회수설비 등
전기·통신	- 전기조명시스템, 수변전 설비 등

건축부문을 먼저 살펴보면, 단열은 단열재의 교체, 단열을 위한 지붕녹화, 벽면녹화 등이 포함되며, 고양시 광명시, 수원시, 시흥시 등 22개 지자체가 지원 사업 중 하나로 삼고 있다. 창호는 단열 성능이 우수한 기밀성 창호(샷시)로 교체로, 앞선 단열재와 마찬가지로 동일한 22개 지자체가 지원사업의 내용으로 삼고 있다. 마감은 실내 마감재를 「환경기술 및 환경산업지원법」 제18조에 따른 환경성적표지의 인증을 받은 자재로 교체로, 고양시 광명시, 부천시, 수원시, 성남시 등 15개 지자체가 지원 사업으로 채택하고 있다. 이외에도 동해시와 안동시는 저탄소, 녹색건축 자재 인증품 사용, 안양시는 건축물의 에너지절약 설계기준 적합 사업 등을 추가하고 있다.

다음으로 설비부문을 살펴보면, 위생은 재래식 화장실을 절수형 수세식 화장실로 보수·개조를 내용으로 하며 고양시, 구리시, 부천시, 성남시, 수원시 등 10개 지자체가 지원 내용으로 포함하고 있다. 공조는 고효율 인버터·송풍기·전동기 등 에너지절약형 공조시스템의 설치, 환기설비 혹은 공기정화설비를 추가하는 공사, 폐열회수설비 설치 등이 포함되며, 거창군, 광명시, 수원시, 순천시 등 11개 지자체가 지원 사업 중 하나로 삼고 있다. 냉·난방은 고효율 냉·난방 기기 등 냉·난방 효율 향상 설비 설치, 일사차단 및 조절 등을 위한 외부 차양장치와 블라인드 장치 등을 포함하며, 13개 지자체에서 지원 내용 중 하나로 포함하고 있다.

〈표 2-12〉 기초지자체별 건축부문 지원

		건축				설비		
		단열	창호	마감	기타	위생	공조	냉난방
1	가평군	-	-	-	-	-	-	-
2	거창군	○	○	-	-	-	○	○
3	고양시	○+1	○	○	-	○	○	○
4	과천시	-	-	-	-	-	-	-
5	광명시	○+2	○	○	-	-	○+3	○+1
6	광주시	-	-	-	-	-	-	-
7	구리시	○+1	○	○	-	○	○	○
8	군포시	-	-	-	-	-	-	-
9	금산군	-	-	-	-	-	-	-
10	김포시	-	-	-	-	-	-	-
11	남양주시	○	○	-	-	-	-	-
12	당진시	○+1	○	-	-	-	-	-
13	대전광역시 서구	-	-	-	-	-	-	-
14	동두천시	-	-	-	-	-	-	-
15	동해시	○	○	-	○	-	-	-
16	부천시	○	○	○	-	○	-	○
17	서울특별시 도봉구	-	-	-	-	-	-	-
18	서울특별시 양천구	-	-	-	-	-	-	-
19	성남시	○+1	○	○	-	○	○	○
20	수원시	○+1	○	○	-	○	○	○
21	순천시	○+1	○	○	-	-	○	-
22	시흥시	○+1	○	○	-	○	-	○
23	아산시	○+1	○	-	-	-	-	-
24	안동시	○+1	○	-	○	-	○	-
25	안산시	-	-	-	-	-	-	-
26	안성시	-	-	-	-	-	-	-
27	안양시	○+1	○	-	○	-	-	○
28	양산시	-	-	-	-	-	-	-
29	양주시	○+1	○	○	-	○	-	○
30	양평군	-	-	-	-	-	-	-

〈표 2-13〉 기초지자체별 건축부문 지원(계속)

		건축				설비		
		단열	창호	마감	기타	위생	공조	냉난방
31	여주시	-	-	-	-	-	-	-
32	연천군	○+1	○	○	-	○	○	○
33	용인시	○+1	○	○	-	-	-	-
34	의왕시	-	-	-	-	-	-	-
35	의정부시	-	-	-	-	-	-	-
36	이천시	-	-	-	-	-	-	-
37	정읍시	○+1	○	○	-	-	○	-
38	춘천시	-	-	-	-	-	-	-
39	파주시	-	-	-	-	-	-	-
40	평택시	-	-	-	-	-	-	-
41	포천시	-	-	-	-	-	-	-
42	포항시	○+1	○	○	-	○	-	○
43	하남시	○+1	○	○	-	○	○	○
44	화성시	○+1	○	○	-	-	-	-

단열

- 단열재의 교체
- +1 단열재의 교체+지붕녹화(단열을 위한)
- +2 단열재의 교체+지붕녹화(단열을 위한)+벽면녹화시설

창호

- 단열 성능이 우수한 기밀성 창호로 교체

마감

- 실내 마감재를 「환경기술 및 환경산업지원법」 제18조에 따른 환경성적표지의 인증을 받은 자재로 교체

기타

- 저탄소, 녹색건축 자재 인증품 사용, 건축물의 에너지 설계기준에 적합한 사업

위생

- 재래식 화장실을 절수형 수세식 화장실로 보수·개조

공조

- 고효율 인버터·송풍기·전동기 등 에너지절약형 공조시스템 설치
- +3 고효율 인버터·송풍기·전동기 등 에너지절약형 공조시스템 설치+환기설비나공기정화설비가없는기존건물의 경우,환기설비혹은공기정화설비를추가하는공사+실내 공기 질 및 열적 쾌적감을 향상시키기 위하여 필요한 설비 및 제어, 센서 등의 부속 공사+열교환장치,히트펌프등폐열회수설비설치

냉난방

- 고효율 냉·난방 기기 등 냉·난방 효율 향상 설비 설치
- +1 고효율 냉·난방 기기 등 냉·난방 효율 향상 설비 설치+일사차단 및 조절 등을 위한 외부 차양장치와 블라인드 장치

신재생 부문을 살펴보면, 신재생에너지설비는 건축물의 에너지 사용량 절약 및 자립을 위한 신·재생에너지(태양열, 태양광, 지열 등) 설치에 대한 것으로, 과천시, 수원시, 순천시, 시흥시 등 21개 지자체에서 지원 사업의 내용을 하고 있다. 빗물이용시설의 설치는 15개 지자체가 제도화의 내용으로 삼고 있으며, 폐열회수설비는 11개 지자체가 적용하고 있다.

전기·조명 시스템은 전기·조명시스템 등 대기전력 저감 우수제품(에너지 관리공단 인증) 등으로 설치(대기전력자동차단 콘센트, LED, 일괄 소등 스위치 등)를 주요 내용으로 하며, 17개 지자체가 지원 내용으로 포함하고 있다. 고효율 변압기와 같은 수변전 설비의 설치 6개 지자체가 지원 내용으로 삼고 있다.

〈표 2-14〉 기초지자체별 신재생과 전기통신 부문 지원

		신재생			전기통신	
		신재생에너지 설비	빗물이용시설	폐열회수설비	전기조명 시스템	수변전 설비
1	가평군	-	-	-	-	-
2	거창군	○	-	○	○	○
3	고양시	○	○	○	○	○
4	과천시	-	-	-	-	-
5	광명시	○	○	-	○	-
6	광주시	-	-	-	-	-
7	구리시	○	-	○	○	○
8	군포시	-	-	-	-	-
9	금산군	-	-	-	-	-
10	김포시	-	-	-	-	-
11	남양주시	○	-	-	-	-
12	당진시	○	○	○	○	-
13	대전광역시 서구	-	-	-	-	-
14	동두천시	-	-	-	-	-
15	동해시	○	-	-	-	-
16	부천시	○	○	-	○	-
17	서울특별시 도봉구	-	-	-	-	-
18	서울특별시 양천구	-	-	-	-	-
19	성남시	○	○	○	○	-
20	수원시	○	○	○	○	○
21	순천시	○	○	○	○	-
22	시흥시	○	○	-	○	-
23	아산시	○	○	-	○	-
24	안동시	○	○	○	-	-
25	안산시	-	-	-	-	-

〈표 2-15〉 기초지자체별 신재생과 전기통신 부문 지원(계속)

		신재생			전기통신	
		신재생에너지 설비	빗물이용시설	폐열회수설비	전기조명 시스템	수변전 설비
26	안성시	-	-	-	-	-
27	안양시	○	-	-	○	-
28	양산시	-	-	-	-	-
29	양주시	○	○	-	○	-
30	양평군	-	-	-	-	-
31	여주시	-	-	-	-	-
32	연천군	○	○	○	○	○
33	용인시	○	-	-	-	-
34	의왕시	-	-	-	-	-
35	의정부시	-	-	-	-	-
36	이천시	-	-	-	-	-
37	정읍시	○	○	○	○	-
38	춘천시	-	-	-	-	-
39	파주시	-	-	-	-	-
40	평택시	-	-	-	-	-
41	포천시	-	-	-	-	-
42	포항시	○	○	-	○	-
43	하남시	○	○	○	○	○
44	화성시	-	-	-	-	-

신재생에너지 설비

○ 건축물의 에너지 사용량 절약 및 자립을 위한 신·재생에너지(태양열, 태양광, 지열 등) 설치

빗물이용시설

○ 빗물이용시설 설치

폐열회수설비

○ 폐열회수설비(열교환장치, 히트펌프 등) 설치

전기조명 시스템

○ 전기·조명시스템 등 대기전력 저감 우수제품(에너지 관리공단 인증) 등으로 설치(대기전력자동차단 콘센트, LED, 일괄 소등 스위치 등)

수변전 설비

○ 수변전 설비(고효율 변압기)

3. 요약 및 시사점

녹색건축물 조성 지원 제도(자치법규)를 마련하고 있는 기초자치단체는 44개이다. 2020년 기준 전국 226개 기초자치단체 중 약 5%정도가 녹색건축물 조성 지원을 위한 자치조례를 제정하고 있는 상황이다.

각 조례의 녹색건축물 사업과 관련된 주요 내용을 살펴보면, 녹색건축물 조성 지원의 대상과 지원기준, 지원금, 지원내용, 기본원칙 및 사후관리 등이 포함된다.

녹색건축물 조성 시범사업의 대상으로는 유형별로 4가지 정도로 차별화 된다. 공공기관 시행사업과 기존주택의 녹색건축물 전환을 기본으로, 기존주택 외 건축물 그린리모델링, 신규주택 녹색건축물로 조성, 기존주택 외 건축물 그린리모델링, 녹색건축물 신규 조성 등이 포함된다. 이 중 가장 많은 22개 기초지자체가 공공기관 시행사업, 기존주택 녹색건축물 전환, 기존주택의 건축물 그린리모델링을 대상으로 삼고 있다.

시범사업 중 주택부문의 녹색건축물 전환의 경우에 대해 기준 연한과 주택유형을 규정하고 있는 곳은 22개 지자체이다. 기준 연한의 경우 '15년 이상'의 주택을 지원 기준으로 삼고 있는 지자체 수는 15개로 가장 많다. 주택유형은 단독·다가구 주택을 기본으로 연립주택, 다세대주택, 상가주택, 주상복합건축물 등을 어떻게 추가하느냐에 따라 유형이 차별화 되며, 비유형별로 비교적 고른 분포를 보이고 있다.

〈표 2-16〉 녹색건축물 지원사업의 주택유형과 기준 연한

	지원 대상 주택 유형	해당 지자체 수
유형①	- 단독/다가구	2개
유형②	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하)	3개
유형③	- 단독/다가구 + 다세대	1개
유형④	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 연립주택·다세대주택(19세대 이하)	6개
유형⑤	- 단독/다가구 + 상가주택(연면적660제곱미터 이하) + 아파트·연립주택·다세대주택(*건축법시행령 별표1에 따른)	7개
유형⑥	- 단독주택/주상복합건축물(연면적 500제곱미터 이하)	5개

녹색건축물 조성 지원금을 규정하고 있는 지자체는 43개 지자체로, 이 중 '사업비 일부 지원'이 23개 지자체로 가장 많다. 다음으로 지역·사업내용의 구분 없이 일괄적으로 상한을 정하는 지자체가 12개이며, 지역·사업내용에 따라 차등적으로 상한을 정하는 경우가 6개 지자체에 해당된다. 상한은 보통 전체 비용이나 사업비의 1/2 범위 내에서 5백만 원에서 3천만 원 까지 분포한다.

녹색건축물 조성의 지원 내용을 구체적으로 명시하고 있는 곳은 전체 44개 중 22개 지자체로, 크게 건축, 설비, 신재생, 전기·통신 등 네 부문을 지원하고 있다. 각 지자체가 채택하고 있는 지원 내용은 다소 상이하다. 단열과 창호, 신재생에너지 설비를 대부분 지원 내용으로 삼고 있으며, 전기조명 시스템은 17개 지자체가, 빗물이용시설과 마감은 15개 지자체가 지원 내용으로 포함하고 있다.

〈표 2-17〉 녹색건축물 조성 지원의 구체적 내용

건축				설비		
단열	창호	마감	기타	위생	공조	냉난방
22개	22개	15개	3개	10개	11개	13개
신재생			전기통신			
신재생에너지 설비	빗물이용시설	폐열회수 설비	전기조명 시스템		수변전 설비	
21개	15개	11개	17개		6개	

- ▶ 단열 : 단열재의 교체, 단열을 위한 지붕녹화, 벽면녹화
- ▶ 창호 : 단열 성능이 우수한 기밀성 창호(샷시)로 교체
- ▶ 마감 : 실내 마감재를 「환경기술 및 환경산업지원법」 제18조에 따른 환경성적표지의 인증을 받은 자재로 교체
- ▶ 기타 : 저탄소, 녹색건축 자재 인증품 사용, 에너지절약 설계기준 적합 사업
- ▶ 위생 : 재래식 화장실을 절수형 수세식 화장실로 보수·개조
- ▶ 공조 : 고효율 인버터·송풍기·전동기 등 에너지절약형 공조시스템의 설치, 환기설비 혹은 공기정화설비를 추가하는 공사, 폐열회수설비 설치
- ▶ 냉난방 : 고효율 냉·난방 기기 등 냉·난방 효율 향상 설비 설치, 일사차단 및 조절 등을 위한 외부 차양장치와 블라이드 장치
- ▶ 신재생에너지 설비 : 건축물의 에너지 사용량 절약 및 자립을 위한 신·재생에너지(태양열, 태양광, 지열 등) 설치
- ▶ 전기조명 시스템 : 전기·조명시스템 등 대기전력 저감 우수제품(에너지 관리공단 인증) 등으로 설치(대기전력자동차단 콘센트, LED, 일괄 소등 스위치 등)
- ▶ 수변전 설비 : 고효율 변압기와 같은 수변전 설비의 설치

이러한 자치조례 상의 지원내용은 실제 사업 내용과는 차이가 있을 수 있다. 수원시의 경우를 살펴보면, 자치조례상 단열, 창호, 마감, 위생, 공조, 냉난방, 신재생에너지 설비, 빗물이용시설, 폐열회수설비, 전기조명시스템, 수변전 설비 등을 지원 내용으로 하고 있다. 실제 2022년 녹색건축물 조성 지원사업의 내용은 내외부 단열공사, 창호교체, 형광등·백열등을 엘이디(LED) 전등으로 교체, 온수난방 패널 시공을 내용으로 하고 있다. 고양시 역시 자치조례상에는 수원시 자치조례의 내용과 마찬가지로 다양한 지원 내용이 포함되나, 실제 사업은 내·외부 단열공사, 기밀성 창호 교체, 전기·조명시스템 등 전력저감 우수제품(LED등) 교체 등에 대해 지원하고 있다.

수원시 녹색건축물 조성 지원 사업

- 수원시는 녹색건축물 조성 지원사업을 2013년부터 시작해서, 2022년 1월까지 전체 2114가구를 선정해 공사비를 지원
- 2022년 동 사업 예산은 6억 8000만 원 규모
- 동 사업의 지원 대상은 사용 승인 후 15년 이상 지난 건축물 중 단독주택, 다가구주택, 상가주택(660제곱미터 이하, 주거부분만 해당), 150세대 이하 다세대·연립주택 소유자가 에너지 성능향상·주거환경개선 등을 목적으로 주택 리모델링·수선 공사를 할 때 수원시가 공사비용 일부를 지원
- 지원 내용은 내·외부 단열공사(내부 단열 공사 시 친환경 도배·장판 포함), 단열 성능이 우수한 기밀성 창호로 교체, 형광등·백열등을 엘이디(LED) 전등으로 교체, 온수난방 패널 시공 등을 할 때 공사비용 일부를 지원
- 지원금 기준은 수원화성역사문화환경 보존지역·주거환경관리사업구역 등에 포함된 지역은 순공사비의 50% 범위에서 최대 2000만 원까지 지원받을 수 있고, 그 외 지역은 최대 1000만 원까지 지원
- 건축물 소유주가 직접 신청하고, 분야별 전문가로 구성된 심의위원회가 사업의 적정성, 우선지원 내역, 건축물 노후도, 소유자 거주 여부, 주택의 규모 등을 평가해 대상자를 선정
- 지원 대상으로 선정된 경우 1개월 안에 착수신고서를 제출하고, 공사를 시작해야 함

이외에도 녹색건축물 조성 지원과 관련하여 기본원칙으로 온실가스 배출량 감축, 지속가능성 확보, 자원절약 및 에너지효율화, 계층·지역 간 균형성 확보 등을 위해 녹색건축물을 조성함을 가평군, 광명시, 구리시, 군포시, 당진시 등 38개 기초지자체가 명시하고 있다. 녹색건축물 조성의 사후관리와 관련해서, 연내 에너지사용량 제출을 명시하기도 하는데, 고양시, 광명시, 남양주시, 당진시, 성남시, 아산시, 양주시, 정읍시, 화성시 등이 연 1회~2회 에너지사용량 자료 제출을 통한 사후관리 제도를 마련하고 있다.

제2절 해외 사례

1. 영국의 그린딜(Green Deal) 프로그램

영국의 그린딜 프로그램은 2012년 10월 영국의 에너지 및 기후변화국(Departmanet of Energy and Climate Change)에서 시행하여, 2013년 1월 공식적으로 실시하였다. 동 프로그램은 주택 에너지효율개선을 도모하기 위해 에너지 절감 설비 설치 및 시공 시 투자비를 제3자가 부담하며, 건축물의 에너지 효율 개선에 따른 건물 개·보수비용을 에너지 요금 절감분으로 장기간에 걸쳐 상환한다.

초기 그린딜 프로그램¹⁾

1. 배경

- 영국에서 배출하는 온실가스 배출량의 43%가 건축물의 에너지 누출 및 비효율에서 발생
- 건축물 소유주와 사용자들은 에너지 효율을 높이기 위한 건물 개보수작업의 필요성을 인식하지만, 초기 비용부담과 작업의 신뢰성에 대한 의심이 문제
- ⇒ 이에 따라, 영국 정부는 초기 비용의 전부 또는 일부를 에너지효율 개선작업에 따른 에너지비용의 절감분으로 장기간에 걸쳐서 지불하게 함으로써 초기비용 부담문제를 해결하고, 개보수작업의 신뢰성을 보장함으로써 건물 개보수작업을 촉진하는 Green Deal제도 도입
- ※ 2013년 1월 28일 영국과 웨일즈, 2월에는 스코틀랜드에서 실시

2. 제도 개요

□ 개요

- 주거용 주택이나 사무실의 에너지효율을 개선하기 위한 건물 개보수작업을 Green Deal 사업자가 진행하고, 소요되는 비용의 전부 또는 일부를 개보수작업으로 절감되는 에너지 비용으로 장기간에 걸쳐서 변제함
- ※ 개보수 작업의 예 : 단열재(강화벽, 이중벽 등) 및 난방장치, 이중창, 신재생에너지 시설(태양광패널 등)

○ 대상 건축물

- 신축 또는 개보수 후 3년이 경과한 건물
- 단열재가 설치되지 않은 건물
- 보일러가 노후되었거나 난방장치가 없는 건물
- 신재생에너지 시설 또는 자체 발전시설을 설치하고자 하는 경우

□ 진행 절차

- 1단계(평가, assessment) : 인증받은 평가자가 주택을 방문하여, 에너지 소비상태를 체크하고, 에너지효율화 작업으로 혜택을 볼 수 있는지 평가
- 2단계(추천, recommendation) : 평가자가 건물에 적합한 개보수작업을 추천하고, 절감되는 에너지 소비비용으로 개보수 비용을 충당할 수 있는지 점검
- 3단계(견적, quotes) : Green Deal 사업자가 건물소유자 또는 임차인과 논의하여 적합한 작업내용과 그 견적을 제시. 이 견적을 Green Deal Plan이라고 하며, 작업내용과 공사대금이 포함된 계약서의 성격을 가짐
- 4단계(설치, installation) : Plan이 합의되면 사업자는 설치사업자로 하여금 작업 시작토록 함

□ 대금지불방식

○ 에너지요금 청구서에 의한 분할 납부(Green Deal Finance Plan repayment)

- 매달 납부하는 에너지(전기, 가스 등) 요금 청구서에 부과하여 납부

※ 실제로는 개보수작업 결과 에너지 효율의 상승으로 에너지요금이 절감되며, 절감되는 부분을 장기간에 걸쳐 이자비용을 포함하여 변제하게 되므로 실제 추가부담은 없음

※ 주택을 양도하거나 임차인이 변경되는 경우 신규 보유자 및 신규세입자가 비용 납부의무 부담

그린딜 프로그램은 채무자가 아닌 건물에 귀속되는 대출방식이라는 특징이 있고, 상환금이 절약한 에너지 비용보다 적다. 초기 그린딜은 높은 인증 및 평가 비용과 높은 이자율에 의해 실패한 정책으로 평가되었다. 녹색건축물의 설치로 인한 이익의 대부분은 거주자보다 오히려 투자자가 챙긴다고 평가되었고, 실제로 절감액의 8%는 건축주가 92%는 투자자에게 돌아갔다. 투자비가 20,000파운드이고 일 년에 500파운드 절감하다고 할 때, 단지 40파운드만 거주자가 챙겼고 이외 거주자가 얻는 편익은 금전적 이익보다는 건물 내 쾌적도 정도였다. 2014년부터 대출보다는 보조금으로 초기 그린딜의 틀을 보강하고 예산을 추가 확보하여 두 번째 그린딜이 시행되었고, 2017년에는 세 번째 그린딜이 시행되었다.²⁾

세 번째 그린딜 프로그램인 ‘Green Homes Grant’는 가정용 에너지 효율 개선을 위한 바우처 지원 프로그램이다. 바우처는 선택한 개선비용의 최대 3분의 2를 지원하며, 정부로부터 받을 수 있는 최대 지원금은 5,000파운드이다. 바우처 신청자는 혜택 조건에 따라 공사비용의 최대 100%를 지원받을 수 있다. 이는 RHI(Renewable Heat Incentive, 재생열 지원제도) 지원금과 동시에 신청 가능하나, 중복신청을 알려야 하며 RHI 지원금은 공제 후에 지원금을 지급받는다. Green Homes Grant는 3년 동안 받을 수 있는 주정부 지원금 총액에 포함되므로, 지원한도인 20만 유로를 초과했는지 확인해야 한다.³⁾

영국은 MEES(Minimum Energy Efficiency Standard, 최소에너지효율기준제도) 도입을 통하여 2018년 4월 이후 EPC(Energy Performance Certificate, 에너지성능인증서) 상의 F 등급 건물과 G 등급 건물에 대한 임대를 금지하여, 에너지효율이 낮으면 건물 임대를 통한 수익을 얻지 못하도록 조치했다. 주거용 건물은 2020년 4월부터, 상업용 건물은 2023년 4월부터 기존 임대계약에도 이 기준을 적용하기로 했으며 임대인이 규정을 준수하지 않고 임대하면 지자체는 규정을 준수하도록 고지하고, 위반 시 최대 5,000파운드(약 1,500만 원)에서 15만 파운드(약 2억 2,500만 원)의 벌금을 부과할 수 있다.⁴⁾

1) 대한민국시도지사협의회 홈페이지, 해외행정우수사례 <https://www.gaok.or.kr/gaok/bbs/B0000017/view.do?nttlId=5881&searchCnd=&searchWrd=&gubun=&delCode=&useAt=&replyAt=&menuNo=200029&sdate=&edate=&viewType=&ty>

2) 김민경, 남현정, 2019, 「서울시 녹색건축물 인센티브 현황과 개선방안」, P.25

3) 박기현, 2021, 「그린리모델링사업 추진을 위한 경제성 모형 구축 및 운용」, p.17. (원자료 : 영국 정부 홈페이지, Green Homes Grant: make energy improvements to your home(최종접속일: 2021.08.18.))

2. 독일의 이산화탄소 감축 건축물 개보수 지원 프로그램

독일은 기존 건축물의 에너지 효율 개선 및 이산화탄소 감축을 위한 설비 설치, 기축·신축 주택의 신재생에너지 투자 시 장기 저금리 용자 및 보조금을 지원하고 있다. 2001년부터 시행된 독일의 건축물 개보수 지원 프로그램은 정보, 상담, 지원의 3가지 원칙에 따라 탄소배출이 없는 주택, 에너지 효율화 주택(energy efficiency house) 보급을 목표로 한다. 주요 지원 대상은 에너지 효율개선을 원하는 모든 신축 및 개보수 건물이다. 총 에너지소비량의 약 40%를 차지하는 건물부문 소비에너지를 보다 열효율적인 방식으로 개선하도록 하는데, 이를 위해 단열재 보강, 이중창 설치, 난방시설 현대화 등 설치하고자 하는 소유주에게는 장기 저금리 용자나 보조금 등의 인센티브를 제공하여 지원하고 있다. 2006년부터 2012년까지 지원한 보조금 규모는 약 14조 원 규모이다. 이에 더해 관련 상담소 및 서비스 전화를 설치하여 오래된 건물의 에너지절약 관련 설비 리모델링을 하고자 할 때에는 거주지역 내에서 에너지 홍보와 상담을 제공하고 있다.⁵⁾

독일 연방정부는 기존의 열보호규정(WSchV)과 난방설비규정(HeizAnlV)을 통합하여 2002년에는 에너지절약규정(ENEV: Energieeinsparverordnung, The German Energy Saving Ordinance)을 제정했다. 또한, 2~3년 주기로 지속적인 개정을 통해 건축물 에너지 효율화를 단계적으로 확대하여 2012년에는 모든 신축 건물과 개보수 건물이 에너지소비인증서(EPC, Energy Performance Certificates)를 제출하도록 하고 있다. 독일은 건물부문의 혁신을 통한 에너지전환을 위해서도 노력하고 있다. 예를 들어 2009년에 제정된 재생에너지법(EEWärmeG)은 모든 건물에서 난방에너지의 일정 부분을 재생에너지로 사용하도록 규정하고 있다.⁶⁾

구체적으로 독일부흥은행(KfW)를 중심으로 주택의 에너지 효율에 대한 표준을 개발하고, 에너지 효율을 높이기 위한 건축물 리모델링에 관해 사업성 평가 후, 투자금액의 25% 이내 최대 3억 2,000만원까지 지원해 주고 있다. 지원금 외에도 사업성 평가를 토대로 민간 금융기관으로부터 저리금 대출(최대 7만5,000유로, 금리1%)의 대출과 보조금을 지원받을 수 있다.⁷⁾

4) 박기현, 2021, 「그린리모델링사업 추진을 위한 경제성 모형 구축 및 운용」, p.17. (원자료 : 한국에너지정보문화재단 블로그, '그린리모델링' 장려를 위한 제도적 개선책은 있나요?(최종접속일: 2021.08.10.))

5) 김민경, 2013, "주요국 건물에너지의 정책사례와 시사점", 「에너지포커스」, 제10권 제4호, p.64.

6) 김민경, 2012, 「서울시 단독주택 난방에너지 효율개선사업 활성화 방안」, P.56.

7) 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지,

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

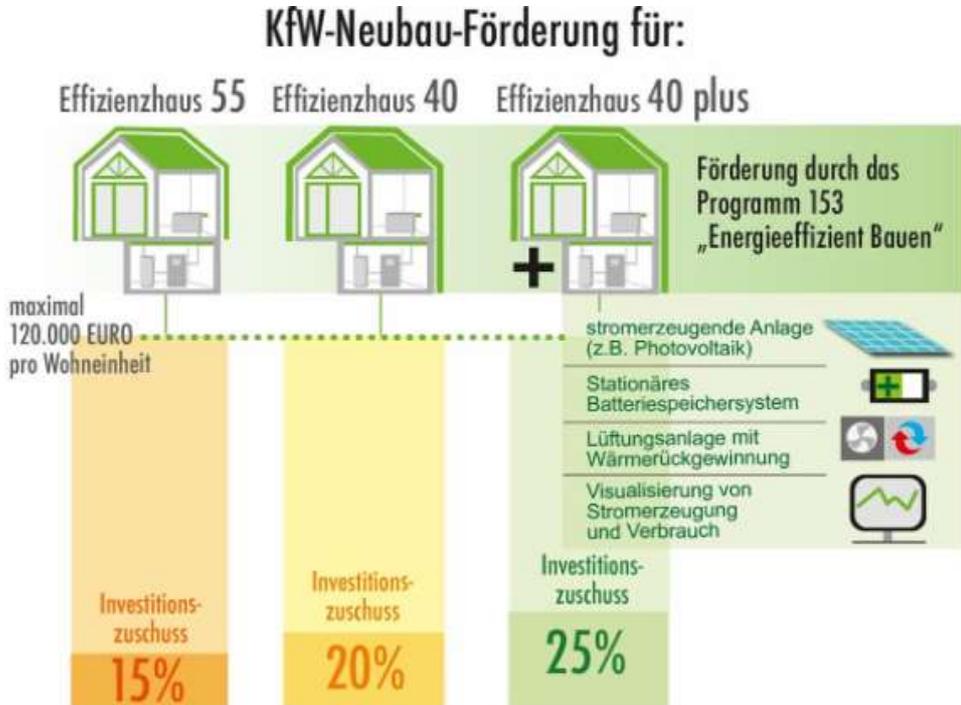
독일부흥은행은 1948년 2차 세계대전 이후 황폐화된 독일 경제를 복구하고 원조자금을 관리하기 위해 설립된 공적 금융기관이다. 연방정부가 80%, 지방정부가 20%의 지분을 소유하고 있는 정부산하 공공금융기관으로 설립 초기의 업무는 경제를 부흥시키는데 필요한 자금을 지원하는 것으로 다른 금융기관이 지급하기 힘든 자금이나 국내 기업체의 수출 관련 자금 등을 취급하였다. 현재는 지속가능발전, 국가 인프라 구축, 중소기업 지원, 국제협력 등 공공정책을 뒷받침하는 다양한 재정 지원 프로그램을 운영하고 있다. 그 중 그린리모델링과 관련하여 개인주거 시설, 기업, 공공/사회시설 등 다양한 건축물에 대한 에너지 효율화 지원 프로그램을 진행하고 있다.⁸⁾

독일부흥은행은 에너지효율화 지원 프로그램을 위해 ‘독일부흥은행 에너지 효율화 주택’(KfW Efficiency House)이라고 하는 표준화된 기준을 설정하고 있다. 에너지 효율화 주택에는 50 또는 40과 같은 숫자들이 붙는데 이는 건축물의 효율을 나타낸다. 예를 들어 에너지 효율화 주택 40은 에너지 절약 조례(EnEV)에서 규정한 기준을 100으로 잡았을 때 이에 40% 정도의 에너지만 필요하다는 것을 의미한다. 즉, 숫자가 낮을수록 에너지 효율이 높다는 것을 뜻하며 낮을수록 더 많은 자금을 지원받을 수 있다.⁹⁾

8) 출처: 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지,
(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

9) 출처: 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지,
(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

〈그림 2-1〉 독일부흥은행 에너지 효율화 주택(KfW Efficiency House) 등급에 따른 자금



자료 : 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

〈표 2-18〉 독일부흥은행 에너지 효율화 주택(KfW Efficiency House) 등급에 따른 자금지원 정도

에너지 효율 등급	1차 에너지 수요율	난방열 손실율	주거 단위당 최대 대출 or 보조금 금액
Effizienzhaus 40 Plus	40%	55%	- 150,000유로(25% 상환 보조금 또는 37,500유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 40	40%	55%	- 120,000유로(20% 상환 보조금 또는 24,000유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 40 Emeuerbare-Energien-Klasse order Nachhaltigkeits-Klasse	40%	55%	- 150,000유로(22.5% 상환 보조금 또는 33,750유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 55	55%	70%	- 120,000유로(15% 상환 보조금 또는 18,000유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 55 Emeuerbare-Energien-Klasse order Nachhaltigkeits-Klasse	55%	70%	- 150,000유로(17.5% 상환 보조금 또는 26,250유로 투자보조금 포함)

자료 : 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

주택 에너지효율화 지원 프로그램은 건축연면적당 주요에너지 사용량(전기, 난방 등)과 건축물 표면을 통한 에너지 손실 저감 등을 주요 지원 목적으로 설정하고 있다. 신축 주택일 경우, KfW가 개발한 에너지 효율 기준에 적합할 경우 10년 저리 고정금리(1.41%)로 자금 지원을 해주고 있다. 주택당 최대 5만 유로(6,900만 원)까지 용자 지원이 가능하며, 상환기간은 최대 30년까지 가능하다.¹⁰⁾

기존 주택 또한 에너지 효율 기준에 적합한 주택을 구입할 경우, 저리 고정금리 용자 또는 일부 금액 보조금 형식으로 지원을 받을 수 있다. 또 에너지 효율 기준에 맞게 기존 주택을 개보수할 경우 에너지 효율 검증, 설계 등에 소요되는 비용을 지원해준다. 주택 소유자가 지불한 비용의 50%(최대 4천 유로)를 보상해주고, 독일부흥은행 혹은 지역은행(독일부흥은행과 파트너협약 체결)을 통해 용자 혹은 보조금을 지원받을 수 있다. 지원 신청 시에는 독일부흥은행가 직접 관리하는 에너지 전문가에게 검증받고, 검증 결과를 기관에 제출하여야 한다. ¹¹⁾

지원대상은 1984년 이전에 건축된 건물을 대상으로 에너지 절약규정 3조에 제시된 1차 에너지 연간 소비량을 기준으로 비교하여 신규건물 수준을 유지하거나 신축건물보다 적을 경우 지원하며, 에너지절약조치에 대해서도 지원된다. 외벽의 단열, 창호의 교체, 현관의 교체, 열공급시스템의 교체 또는 개선 등 대상 사업 중 2개 이상의 공사를 실시해야 한다. 대상 사업은 전체 9개로, 구체적으로 외벽의 단열, 지붕 및 최상층 천장의 단열, 창호의 교체, 현관의 교체, 열공급시스템의 교체 또는 개선, 태양열·태양광 시스템의 설치, 중앙난방으로 전환, 환기시스템의 설치, 지하실 또는 지층과 접하는 외벽의 단열을 포함한다.¹²⁾

3. 미국의 주택개선 프로그램

미국의 연방 정부 차원에서의 주택개선(Home Improvement) 정책은 '주거 및 도시 개발부(Department of Housing and Urban Development)'의 주요 정책 가운데 하나로, 주로 용자금이나 보조금(loan or grant)의 형식을 통해 주거지 정비 및 개선사업을 지원한다.

미국의 주 정부 및 카운티(County)와 시(City)는 연방 정부 차원의 정책을 기본으로 연방 정부 정책보다 상세화 되어 있으며, 각 주 정부 및 카운티(County)와 시(City)별로 조금씩 다른 운영기준과 프로그램을 시행하고 있다.

10) 출처: 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지,

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

11) 출처: 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지,

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

12)에너지경제연구원, 2011, 「건물에너지 효율개선을 위한 재정지원 방안」. p.83

주요 지원 프로그램으로 킹 카운티 Housing Repair & Weaetherization와 시애틀시의 HomeWise 등이 있다.

■ 킹 카운티 Housing Repair & Weaetherization

킹 카운티의 Housing Repair & Weaetherization 은 저소득·중간소득 주택 소유자 및 세입자에게 주택수리를 제공하고 동시에 지역의 주택 제고를 유지할 수 있도록 무이자 대출과 긴급 보조금 서비스를 지원하는 주택 개선 프로그램이다.

미 연방 에너지부가 주관하여 제도와 예산을 마련하고, 각 주 정부는 할당된 보조금을 가지고 지역별 사무소를 운영하고 있다.

킹 카운티 주택·커뮤니티 개발과(Housing & Community Development)'에서 운영하는 4개 주요 프로그램 중 하나로, 전 직원 25명 중 5명이 Housing Repair를 담당하며 지역별 사무소를 통해 서비스를 제공하고 있다. 담당자들은 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(Building Performance Institute) 교육을 통해 건물성능평가에 대한 지속적인 교육을 받고 있다.

주요 서비스 내용은 지붕교체, 바닥·계단의 수리 및 교체, 낡은 구조체 수리 등의 서비스를 제공하며, 장애가 있는 세입자에게는 거실 및 현관의 접근성 개선을 위한 서비스를 제공한다. 단 담장의 교체, 부엌 리모델링 또는 차고 설치 등에는 지원하지 않는다.

〈표 2-19〉 킹 카운티 Housing Repair & Weatherization 서비스 내용

구분	Housing Repair	Weatherization
서비스 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 지붕 교체 - 부식된 바닥이나 계단의 수리 교체 - 낡은 구조체 수리 - 배관 수리 - 정화조 시스템 수리 및 설치 - 휠체어 경사로 설치 등의 접근성 개선 	<ul style="list-style-type: none"> - 에너지 평가, 진단 테스트 및 공기차단 - 창문 및 문, 단벽벽 공동부 단열 - 에어컨 및 난방 시스템, 실내 난방기, 온수기 - 단열 증명서 교부, 에너지 효율 조명

자료 : 심경미, 2013, "저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안", 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.3.

지원 대상은 소득기준에 따라 결정되며, 주택소유자가 최소 1년 동안 주택에 직접 거주해야 하며, 자산한계와 주택가치 역시 일정요건에 부합해야 한다. 60세 이상의 노인들, 장애인이 있는 가정, 자녀가 있는 가정에 우선권을 부여하여 운영하고 있다.

구체적인 용자 및 보조금 프로그램으로는 Weahterization Loans, Housing Repair Loans, Emergency Grants, Mobile Home Grants로 구분되어 있으며, 소득수준에 따라 용자금(loan) 또는 보조금(grant)의 형태로 차별화하여 지원하다. 무상보조금 지원은 재난과 같은 긴급수리가 요구되어가 이동주택에 한정된 특수한 지원으로 용자금 지원이 일반적이다.

〈표 2-20〉 킹 카운티 Housing Repair & Weatherization 대출 및 보조금

구분		대출 및 보조금 지원 내역	
Weatheriza tion Loans	Deferred Payment Loan Program	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 대출한계 내에서 서비스에 대한 총 비용을 용자지원하며, 주택가치의 100%까지 대출 가능 - 무이자 대출 최대 	<ul style="list-style-type: none"> - 주택소유주가 주택을 팔거나 새로운 소유주에게 양도할 때 또는 다른 지역으로 이사를 갈 경우 대출금은 상환됨 - 매달 납부할 필요가 없음
	Housing Repair Loans	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 대출한계 내에서 수리비용 전체를 용자지원, 무이자 대출 최대 25,000 달러까지 가능 - 수리비용이 50,000달러를 초과할 경우, 초과금액은 주택소유주가 부담 	
	Matching Funds	<ul style="list-style-type: none"> - 킹 카운티가 자금의 1/2를 제공하고, 나머지는 주택소유주가 지역 대출기관 또는 개인 펀드로부터 대출함. 무이자로 최대 25,000달러까지 가능 - 수리비용이 50,000달러를 초과할 경우, 초과금액은 주택소유주가 부담 	
Emergency Grants		<ul style="list-style-type: none"> - 자가 거주주택으로, 긴급하거나 생명을 위협하는 상황에 수리가 요구되는 주택에 지원 - 긴급수리의 경우, 보조금 승인 이후 1~3일 이내에 작업이 완료됨. 최대 보조금액 3,000달러(무상지원) 	
Mobile Home Grants		<ul style="list-style-type: none"> - 이동식 주택이 위치한 곳의 땅을소유하지 않았지만 주택환경을 개선하고자 하는 소유주에게 지원. 최대 보조금액 5,000달러(무상지원) 	

자료 : 심경미, 2013, “저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안”, 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.4.

서비스를 받기 위해서는 일단 가까운 지역 사무소에 전화로 접수를 하고, 우편 또는 방문을 통해 서비스를 신청한다. 프로그램 담당자는 서류를 검토하여 지원여부를 결정하고, 현장 방문을 통해 주택상태를 파악한 후 공사를 진행한다.

〈표 2-21〉 킹 카운티 Housing Repair & Weatherization 서비스 수행절차

구분	구체적 내용	
지역 사무소에 접수	- 각 가정에 필요한 수리 내용에 대한 상담 * 주 정부는 지역의 weatherization 사무소들의 최신 목록을 보유함	
신청서 작성	- 신청자는 우편 또는 방문을 통해 신청서를 접수함(개인 기밀 재정정보가 포함되어 있어 이메일 접수 불가)	
지원여부 결정	- 담당자는 신청자의 소득 및 세금 관련 서류 등을 검토, 자금 지원여부 및 용자 또는 무상 보조금 지원종류 결정	
현장방문을 통한 수리내용과 범위 파악	- 관계자는 수리범위 선정 및 비용견적서 마련을 위해 현장방문 일정을 전화로 정하고 서비스 종류를 결정하기 위해 담당자가 직접 현장방문 실시, 블로어 도어(Blower door)와 같은 건물에너지 성능평가를 통해 주택의 상태 파악	
수리 및 감독	〈Housing Repair〉 - 공사의 종류에 따라 3-4개 업체 입찰에 참여 - 신청자: 계약자 선정, 시 관계자: 수리과정 감독 - 공사 완료 후 감시를 통해 하자 여부를 판단, 문제가 없을 경우 해당 시는 공사업체에 공사비용을 지급	〈Weatherization〉 - 일반적으로 하루 또는 이틀 안에 작업 완료 - 신청자는 최종점검을 통해 승인

자료 : 심경미, 2013, "저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안", 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.4.

■ 시애틀 시의 HomeWise

시애틀 시의 HomeWise는 시애틀에 거주하는 시민 중 일정 소득수준에 해당하는 주택 거주자를 대상으로 무료 단열시공 및 주택수리 서비스를 제공하는 주택개선 프로그램이다.

시애틀 시 주택과(Office of Housing)에서 담당하며, 담당 직원의 과반수가 건물관련 전문 기술자로 건물의 성능을 평가하고 적절한 서비스항목을 선정하며 작업의 관리감독 및 완료된 작업을 점검하는 역할을 직접 수행한다. 이들 역시 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율 진단(BPI) 교육을 지속적으로 받고 있다.

예산은 연방정부 및 주정부, 시애틀시의 전기회사 등에서의 지원, 경기변동에 따라 규모가 변한다. 예산규모는 행정운영비를 포함하여 2011년에는 780만 달러, 2012년에는 500만 달러 정도였다.

세부 프로그램은 단독주택 및 공동주택 단열, 주택수리 등 아래 4가지 프로그램으로 구성되며, 세입자를 위한 지원프로그램도 존재한다. 벽·수도관·배선공간의 바닥 등에 대한 단열, 창문 및 덕트 단열, 욕실과 부엌의 환기구, 동파 방지를 위한 파이프 보온, 보일러 수리·조정·교체, 전열기 안전, 에너지 보존과 관련된 수리 등의 서비스를 제공한다.

〈표 2-22〉 단독주택 관련 시애틀 HomeWise 프로그램 내용

구분	구체적 내용
SFFW (Single Family Full Weatherization)	<ul style="list-style-type: none"> - 지원서비스: 벽/배선, 배관/열풍덕트, 송·배수관 절연공사, 외부로부터 공기유입 차단, (창)문설치·교체, 욕실 및 부엌 환풍기 설치, 자동온도조절장치 및 화재감지기 설치 등 - 매년 약 200가구 정도를 지원
Single Family 'Specialty'	<ul style="list-style-type: none"> - SFFW 서비스 외의 항목을 지원하며, 'Specialty' 서비스를 제공하기 위해 SFFW의 주업체가 하도급을 줄 수 있음. 하청업체 선정에 어려움이 있는 경우 입찰을 통해 업체를 선정 - 지원서비스: 난방시설, 전기설비시설, 배관, 창, 지붕, 굴뚝 배수체계, 상하수도 누수 등
Multi-family Weatherization	<ul style="list-style-type: none"> - 단독주택보다 규모가 큰 건물을 대상으로 함. 매년 약 20개의 프로젝트를 지원, 건물주가 업체 직접 신청 - 지원서비스: 벽/배선·배관/열풍덕트/송·배수관 절연공사, 외부로부터 공기유입 차단, (창)문 설치·교체, 욕실 및 부엌 환풍기 설치, 자동온도조절장치 및 화재감지기 설치, 사적·공동공간의 조명 설치, 에너지 고효율 냉장설비 등
Home Repair	<ul style="list-style-type: none"> - 주택소유주가 직접 업체 선정, 매년 대략 40개의 프로젝트를 지원함 - 지원서비스: 주택건축, 개조, 수리(보수)와 관련된 작업

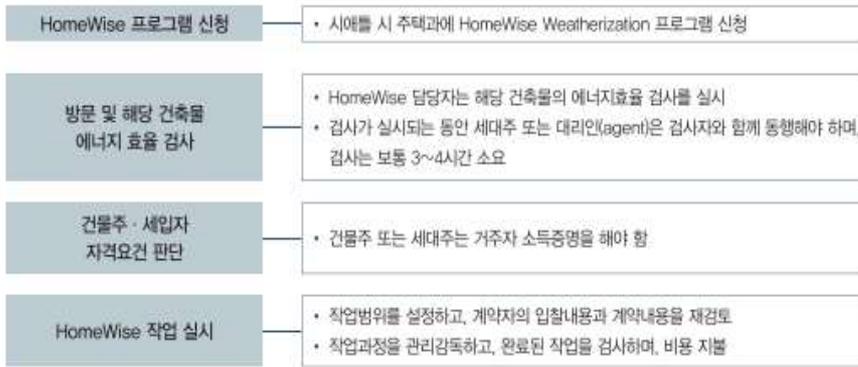
자료 : 심경미, 2013, "저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안", 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.5~6.

지원대상은 소득기준에 따라 무상 보조금 지원과 저금리 융자지원이 있으며, 주택형태 및 점유형태, 난방방식, 가구 구성원 수 등에 따라 다른 소득기준을 적용한다. 세입자를 위한 지원프로그램은 단독주택부터 아파트까지 다양하게 지원하고 있는데, 지원항목에 따라 가구당 2,000달러에서 4,000달러의 보조금이 지원되며, 신청절차도 보다 간단하다.

시애틀시의 HomeWise 서비스를 받기 위해서는 일단 시애틀 주택가에 프로그램을 신청해야 하며, 신청이 접수되면 프로그램 담당자는 해당 주택의 에너지효율 검사를 실시하고, 세입자 및 건물주의 자격요건을 판단한 후 사업계약자를 통해 관련 공사를 진행한다. 공사는 통상 2~3주 정도 소요되며, 공사완료 후 최종 점검 확인후 공사비를 지급한다.

시애틀시의 HomeWise는 사업계약자 운영방식에 있어 필요업무를 선정하면 적정업체를 검색하는 시스템을 갖추고 있으며, 회사의 규모·시공능력에 따라 등급을 결정하여 최종 선정한다. 단독주택의 전체 단열은 경쟁입찰 방식 통해 업체를 선정하고, 독점방지를 위해 한 업체가 연간 10회 이상 선정되지 않도록 사전에 방지하고 있다. 주택수리는 이전에 주택수리 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 주택소유자가 직접 업체를 선정한다.

〈그림 2-2〉 시애틀 시 HomeWise 의 서비스 수행절차



시애틀 시 HomeWise의 서비스 수행절차

자료 : 심경미, 2013, “저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안”, 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.7.

세부 프로그램별로 공통된 공공의 역할은 작업범위 설정과 작업관리감독 및 완료 후 검사, 계약자 선정이나 계약자 정보제공 등을 실시한다.

〈표 2-23〉 시애틀 HomeWise의 프로그램별 공공의 역할

	공공의 주요 역할	계약방법(선정방식)
SFFW (Single Family Full Weaetherization)	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 가구·건축물에 대한 에너지효율 검사 실시 - 작업범위 설정 계약자(업체) 선정 - 작업 관리감독 및 완료 후 검사, 계약자(업체)에게 작업비용 지불 	<ul style="list-style-type: none"> - SFFW 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 경쟁입찰방식으로 업체 선정 - 독점방지를 위해 업체당 연간 최대 10회 이하로 계약 제한
Single Family 'Specialty'	<ul style="list-style-type: none"> - 작업범위 설정 및 견적 산출 - 계약자(하청업체)는 HomeWise(주계약자)에 의해 선택되거나 추천됨 - 작업 관리감독 및 완료 후 검사, 계약자(업체)에게 작업비용 지불 	<ul style="list-style-type: none"> - SFFW에 선정된 업체는 하도급을 통해 'Specialty' 수행 가능, 이때 SFFW 선정업체가 하청업체의 관리감독과 비요지불 담당·책임 - 하청업체 선정이 어려운 경우 HomeWise에서 직접 계약자를 선정
Multi-family Multi-family Weatherization	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 건축물 에너지 효율검사 실시 - 건물주에게 작업항목 및 범위 제안, 지역 계약자(업체) 정보 제공 - 작업완료 후 검사 및 비용지불 허가 	<ul style="list-style-type: none"> - 공공주택 단열 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 주택 소유자가 직접 업체를 선정
Home Repari	<ul style="list-style-type: none"> - 건물주에게 작업항목 및 범위 제안, 지역 계약자(업체) 정보 제공 - 관리감독, 소유주와 계약자(업체)간 의사소통 제공 - 작업완료 후 검사 및 비용지불 허가 	<ul style="list-style-type: none"> - 주택수리 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 주택 소유자가 직접 업체를 선정

자료 : 심경미, 2013, “저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안”, 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.7.

4. 요약 및 시사점

■ 지원형태는 보조금을 기초로 용자와 복합 설계로 추진하되, 구체적 지원 기준 마련

영국사례의 경우, 그린딜 프로그램은 채무자가 아닌 건물에 귀속되는 대출방식이라는 특징이 있고, 상환금이 절약한 에너지 비용보다 적다. 초기 그린딜은 높은 인증 및 평가 비용과 높은 이자율에 의해 실패한 정책으로 평가되었다. 녹색건축물의 설치로 인한 이익의 대부분은 거주자보다 오히려 투자자가 챙긴다고 평가되었고, 실제로 절감액의 8%는 건축주가 92%는 투자자에게 돌아갔다. 투자비가 20,000파운드이고 일 년에 500파운드 절감하다고 할 때, 단지 40파운드만 거주자가 챙겼고 이외 거주자가 얻는 편익은 금전적 이익보다는 건물 내 쾌적도 정도였다. 2014년부터 대출보다는 보조금으로 초기 그린딜의 틀을 보강하고 예산을 추가 확보하여 두 번째 그린딜이 시행되었고, 2017년에는 세 번째 그린딜이 시행되었다.

독일의 경우, 독일부흥은행(KfW)를 중심으로 주택의 에너지 효율에 대한 표준을 개발하고, 에너지 효율을 높이기 위한 건축물 리모델링에 관해 사업성 평가 후, 투자금액의 25% 이내 최대 3억 2,000만원까지 지원해 주고 있다. 지원금 외에도 사업성 평가를 토대로 민간 금융기관으로부터 저리금 대출(최대 7만5,000유로, 금리1%)의 대출과 보조금을 지원받을 수 있다. 독일부흥은행은 에너지효율화 지원 프로그램을 위해 '독일부흥은행 에너지 효율화 주택'(KfW Efficiency House)이라고 하는 표준화된 기준을 설정하고 있다. 에너지 효율화 주택에는 50 또는 40과 같은 숫자들이 붙는데 이는 건축물의 효율을 나타낸다. 예를 들어 에너지 효율화 주택 40은 에너지 절약 조례(EnEV)에서 규정한 기준을 100으로 잡았을 때 이에 40% 정도의 에너지만 필요하다는 것을 의미한다. 즉, 숫자가 낮을수록 에너지 효율이 높다는 것을 뜻하며 낮을수록 더 많은 자금을 지원받을 수 있다.

〈표 2-24〉 독일부흥은행 에너지 효율화 주택(KfW Efficiency House) 등급에 따른 자금지원 정도

에너지 효율 등급	1차 에너지 수요율	난방열 손실율	주거 단위당 최대 대출 or 보조금 금액
Effizienzhaus 40 Plus	40%	55%	- 150,000유로(25% 상환 보조금 또는 37,500유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 40	40%	55%	- 120,000유로(20% 상환 보조금 또는 24,000유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 40 Eneuerbare-Energien-Klasse order Nachhaltigkeits-Klasse	40%	55%	- 150,000유로(22.5% 상환 보조금 또는 33,750유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 55	55%	70%	- 120,000유로(15% 상환 보조금 또는 18,000유로 투자보조금 포함)
Effizienzhaus 55 Eneuerbare-Energien-Klasse order Nachhaltigkeits-Klasse	55%	70%	- 150,000유로(17.5% 상환 보조금 또는 26,250유로 투자보조금 포함)

자료 : 그린리모델링창조센터 한국토지주택공사 홈페이지

(<http://www.greenremodeling.or.kr/report/boardView.asp?bid=report&nSeq=3075>)

■ 전담부서 및 지역별 전문지원센터 운영

미국의 경우, 전문적이고 체계적인 프로그램 추진을 위해 별도의 전담부서를 설치하고 지역별 전문지원센터를 설치·운영한다. 물론, 에너지효율만을 추진하 것은 아니고 전체 주택수 리 맥락 내에서 에너지효율까지 함께 추진하고 있다.

킹 카운티 주택·커뮤니티 개발과(Housing & Community Development)에서 운영하는 4개 주요 프로그램 중 하나로, 전 직원 25명 중 5명이 Housing Repair를 담당하며 지역별 사무소를 통해 서비스를 제공하고 있다. 담당자들은 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(Building Performance Institute) 교육을 통해 건물성능평가에 대한 지속적인 교육을 받고 있다.

킹 카운티 주택·커뮤니티 개발과(Housing & Community Development)에서 운영하는 4개 주요 프로그램 중 하나로, 전 직원 25명 중 5명이 Housing Repair를 담당하며 지역별 사무소를 통해 서비스를 제공하고 있다. 담당자들은 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(Building Performance Institute) 교육을 통해 건물성능평가에 대한 지속적인 교육을 받고 있다.

시애틀 시 주택과(Office of Housing)에서 담당하며, 담당 직원의 과반수가 건물관련 전문 기술자로 건물의 성능을 평가하고 적절한 서비스항목을 선정하며 작업의 관리감독 및 완료된 작업을 점검하는 역할을 직접 수행한다. 이들 역시 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율 진단(BPI) 교육을 지속적으로 받고 있다.

■ 다양한 간접서비스도 제공

독일의 경우, 상담소 및 서비스 전화를 설치하여 오래된 건물의 에너지절약 관련 설비 리모델링을 하고자 할 때에는 거주지역 내에서 에너지 홍보와 상담을 제공하고 있다.

미국의 시애틀시의 경우, 작업범위 설정과 작업관리감독 및 완료 후 검사뿐 아니라, 계약자 선정이나 계약자 정보제공 등을 실시한다.

〈표 2-25〉 시애틀 HomeWise의 프로그램별 공공의 역할

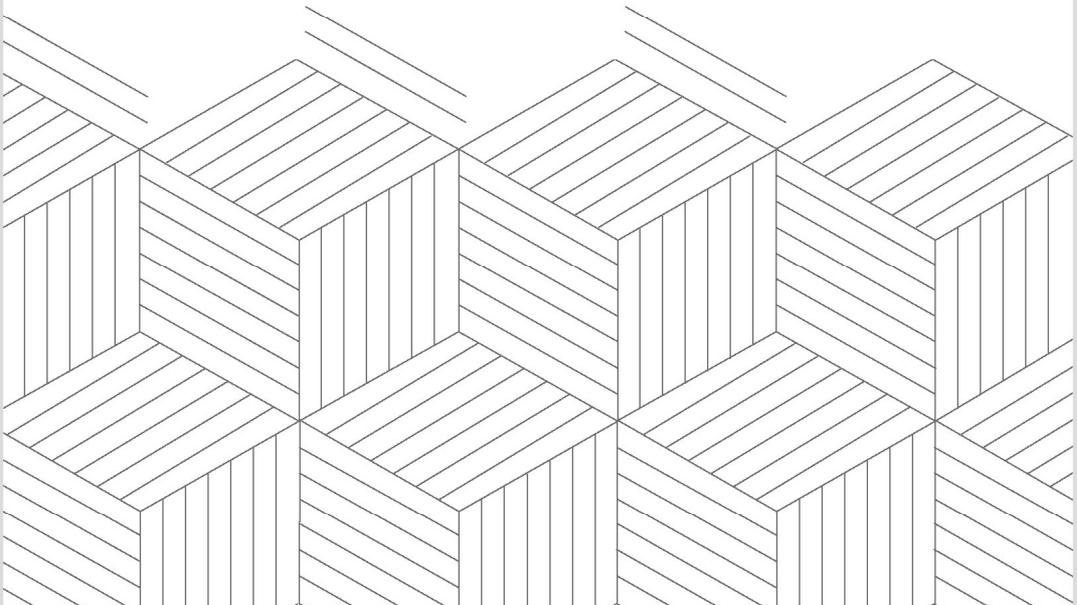
	공공의 주요 역할	계약방법(선정방식)
SFFW (Single Family Full Weatherization)	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 가구·건축물에 대한 에너지효율 검사 실시 - 작업범위 설정 계약자(업체) 선정 - 작업 관리감독 및 완료 후 검사, 계약자(업체)에게 작업비용 지불 	<ul style="list-style-type: none"> - SFFW 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 경쟁입찰방식으로 업체 선정 - 독점방지를 위해 업체당 연간 최대 10회 이하로 계약 제한
Single Family 'Specialty'	<ul style="list-style-type: none"> - 작업범위 설정 및 견적 산출 - 계약자(하청업체)는 HomeWise(주계약자)에 의해 선택되거나 추천됨 - 작업 관리감독 및 완료 후 검사, 계약자(업체)에게 작업비용 지불 	<ul style="list-style-type: none"> - SFFW에 선정된 업체는 하도급을 통해 'Specialty' 수행 가능, 이때 SFFW 선정업체가 하청업체의 관리감독과 비요지불 담당·책임 - 하청업체 선정이 어려운 경우 HomeWise에서 직접 계약자를 선정
Multi-family Multi-family Weatherization	<ul style="list-style-type: none"> - 해당 건축물 에너지 효율검사 실시 - 건물주에게 작업항목 및 범위 제안, 지역 계약자(업체) 정보 제공 - 작업완료 후 검사 및 비용지불 허가 	<ul style="list-style-type: none"> - 공공주택 단일 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 주택 소유자가 직접 업체를 선정
Home Repair	<ul style="list-style-type: none"> - 건물주에게 작업항목 및 범위 제안, 지역 계약자(업체) 정보 제공 - 관리감독, 소유주와 계약자(업체)간 의사소통 제공 - 작업완료 후 검사 및 비용지불 허가 	<ul style="list-style-type: none"> - 주택수리 프로그램에 참여한 업체를 대상으로 함 - 주택 소유자가 직접 업체를 선정

자료 : 심경미, 2013, "저층주택 개보수 지원을 위한 주택정책 개선 방안", 「AURI BRIEF」, 80호, 건축도시공간연구소, p.7.

제3장

수원시 녹색건축물 조성 지원 현황

제1절 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 지원 현황
제2절 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 수혜주택 현장조사



제3장 수원시 녹색건축물 조성 지원 현황

제1절 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 현황

수원시는 매년 10억 이상의 예산을 편성하여 2013년부터 총 96억의 예산을 통해 수원시 내 노후건축물의 녹색건축물 조성 지원사업(이하 지원사업)을 수행하였다. 수원시에서 2016년부터 2021년까지 진행한 지원사업은 1,951건¹³⁾이며, 장안구 719건, 권선구 549건, 팔달구 477건, 영통구 206건으로 나타났다. 지역별 지원사업 대상 건수는 <표 3-1>과 같다.

지원사업을 통해 수행된 5개 공사유형은 창호공사, 내단열공사, 외단열공사, 전등(LED)공사, 보일러공사이며, 공사유형별 1개를 진행한 건은 1,165건(60%), 2개를 진행한 건은 392건(20%), 3개를 진행한 건은 294건(15%), 4개를 진행한 건은 74건(5%)로 나타났다. 수원시에서 2016년부터 2021년까지 6개년간 진행한 지원사업 1,951건 중 공사유형 미상 26건을 제외한 1,925건 중 창호공사가 포함된 건은 총 1,765건으로 약 92%가 해당되는 것으로 나타났다. 지원사업 공사유형에 따른 공사 진행 건 수는 <표 3-2>와 같다.

지원사업을 진행한 수혜 건축물의 지역·건축물 용도·구조형식·층수·연면적·준공년도에 따른 분석결과, 지역의 경우 건축물 용도의 경우 다세대주택 및 연립주택에 해당되는 공동주택과 단독주택, 다가구주택에 해당하는 단독주택으로 구분되었다. 구조형식에는 데이터가 기록되지 않은 미상 646건 외 조적조 984건(70.99%), 철근콘크리트조 301건(21.72%), 가구조 101건(7.29%) 순으로 나타났다. 층수 및 연면적은 평균 2.5층 및 141.63㎡로 나타났으며, 준공년도는 1980년대 이전 건축물은 128건(6.56%), 1980년대 건축물은 905건(46.39%), 1990년 이후 건축물은 918건(47.05%)로 나타났다. 수원시에서 6개년간 진행한 지원사업의 데이터 현황 분석결과는 <표 3-3>과 같다.

13) 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 관리 전산화 시스템의 대상자 리스트 내 2016년부터 2021년까지의 수혜주택은 총 1,951건에 해당되며, 공사유형은 창호공사, 내단열공사, 외단열공사, 전등공사, 보일러공사를 지원하였다.

〈표 3-1〉 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 지역별 지원현황

구	동	지원현황	구	동	지원현황	
영통구	매탄동	196	권선구	세류동	288	
	영통동	2		고색동	21	
	원천동	4		탑동	24	
	망포동	4		평동	1	
	소계	206		서둔동	90	
팔달구	남수동	7		구운동	49	
	남창동	5		권선동	47	
	구천동	1		입북동	1	
	매교동	2		금곡동	7	
	교동	1		호매실동	21	
	매산동	19		소계	549	
	매향동	24		장안구	파장동	67
	복수동	18			율천동	11
	인계동	36	정자동		125	
	고등동	63	영화동		107	
	신평동	22	송죽동		85	
	장안동	11	조원동		94	
	팔달로3가	2	연무동		227	
	지동	39	이목동		1	
	우만동	110	장지동		1	
화서동	117	천천동	1			
소계	477	소계	719			
소 계					1,951건	

자료 : 수원시(2022년 3월) 회계과 내부자료 재정리

〈표 3-2〉 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 공사유형에 따른 공사 진행 건수

공사 건수	공사유형	지원현황	비율
1개	창호	1,110	1,165건 (60%)
	단열	21	
	전등	4	
	보일러	30	
2개	창호+단열	105	392건 (20%)
	창호+전등	208	
	창호+보일러	53	
	단열+전등	16	
	단열+보일러	4	
	전등+보일러	6	
3개	창호+단열+전등	243	294건 (15%)
	창호+전등+보일러	31	
	창호+단열+보일러	15	
	단열+전등+보일러	5	
4개	창호+단열+전등+보일러	74	74건 (5%)
소 계		1,925건	100%

자료 : 수원시(2022년 3월) 회계과 내부자료 재정리

〈표 3-3〉 수원시 녹색건축물 지원사업 데이터 현황 분석결과(2016년~2021년)

		16년	17년	18년	19년	20년	21년	비고	
유형	공동주택 (다세대, 연립)	32	64	131	182	96	103	계 : 608건 비율: 31.16%	
	단독주택 (단독, 다가구, 상가)	243	307	271	173	166	183	계 : 1343건 비율: 68.84%	
	합계	275	371	402	355	262	286	계: 1,951건	
구조형식	RC조	라멘조	-	-	47	87	68	72	계: 301건 비율 21.72%
		벽식구조	-	-	27	-	-	-	
	조적조	조적조	-	-	327	268	183	206	계 : 984건 비율 70.99%
	가구조	목조	-	-	-	-	2	1	계: 101건 비율 7.29%
		철골조	-	-	1	-	90	7	
	미상		275	371	-	-	-	-	미상 : 646건
	합계		275	371	402	355	262	286	계: 1,305건 (미상제외)
층수	최대	지상	미상	미상	4층	4층	4층	5층	평균: 2.51층 평균: 0.88층 (18년~21년)
		지하	미상	미상	1층	1층	1층	1층	
	최소	지상	미상	미상	1층	1층	1층	1층	
		지하	미상	미상	0층	0층	0층	0층	
면적적	최대(㎡)		519.6	385.8	574.25	24.79	491.31	646.53	평균 141.63㎡
	평균(㎡)		172.50	151.18	148.18	127.72	139.86	132.76	
	최소(㎡)		33.07	27.7	30.25	649.46	32.52	29.65	
건립연도	1980년 이전		23 건	34 건	27 건	23 건	11 건	10 건	계 : 128건 비율 : 6.56%
	1980년대		126 건	220 건	198 건	143 건	107 건	111 건	계 : 905건 비율 : 46.39%
	1990년 이후		126 건	117 건	177 건	189 건	144 건	165 건	계 : 918건 비율 : 47.05%
공사내역		1. 창호	2. 내단열	3. 외단열	4. LED	5. 보일러			

자료 : 수원시(2022년 3월) 회계과 내부자료 재정리

제2절 수원시 녹색건축물 조성 지원사업 수혜주택 현장조사

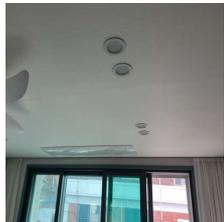
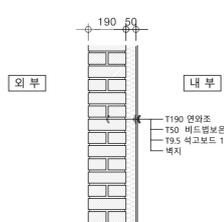
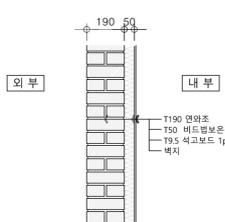
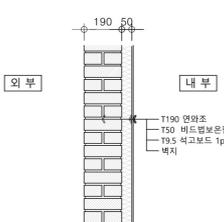
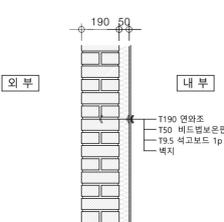
수원시 녹색건축물 지원사업 수혜대상 건축물을 대상으로 공동주택(다세대주택, 연립주택) 및 단독주택(다가구주택, 단독주택)을 대상으로 현장조사를 실시하였다. 지원사업 공사유형별 현장조사 결과, 창호의 경우 PVC 이중창으로 22mm 복층유리가 적용된 것으로 나타났고, 단열재의 경우 THK50 비드법보온판이 적용된 것으로 나타났다.

수원시 녹색건축물 지원사업의 지원여부와 무관하게 많은 주택에서 전등(LED) 교체 및 보일러 교체를 진행한 것으로 확인되었으며, 거주자 인터뷰 결과 전등 및 보일러의 노후·고장 등으로 인해 자체적으로 교체한 것으로 확인되었다. 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜대상 건축물의 현장조사 결과는 <표 3-5>~<표 3-8>와 같다.

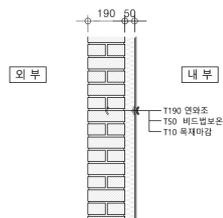
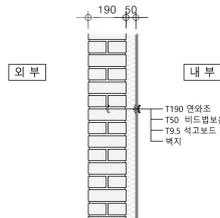
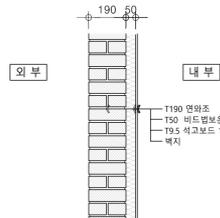
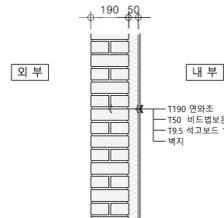
<표 3-4> 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜대상 건축물 현장조사

<p>단독주택(단독주택) 79년도 이전(고등동 42-118)</p>	<p>단독주택(다가구주택) 80년도 이후(우만동 478-19)</p>
	
<p>공동주택(연립주택) 79년도 이전(신평동 111)</p>	<p>공동주택(다세대주택) 80년도 이후(매향동 127-21)</p>
	

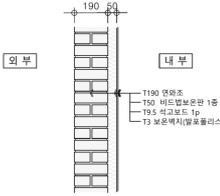
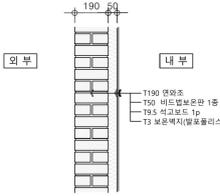
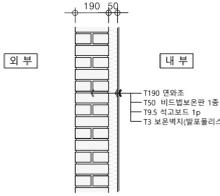
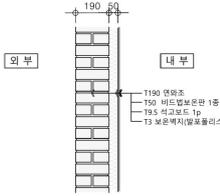
〈표 3-5〉 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜해택 현장조사(고등동 42-118)

	거실	안방	방	주방
창호				
	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창
전등				
	LED 다운라이트	LED 방등	LED 방등	LED다운라이트
단면제				
	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세
보일러			-	-
	콘덴싱가스보일러 효율 92%	보일러 사양	-	-

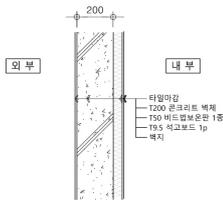
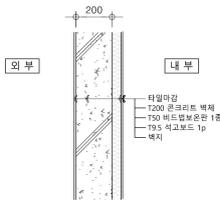
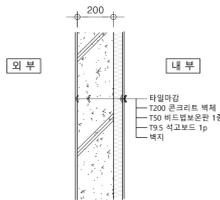
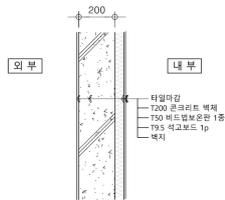
〈표 3-6〉 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜주택 현장조사(우만동 511-5)

	거실	안방	방	주방
창호				
	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창
전등				
	LED 거실등	LED 주방등	LED 방등	LED 방등
단면재				
	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세
보일러				
	가스보일러 효율 83.7%	보일러 사양명판		

〈표 3-7〉 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜해택 현장조사(신풍동 111)

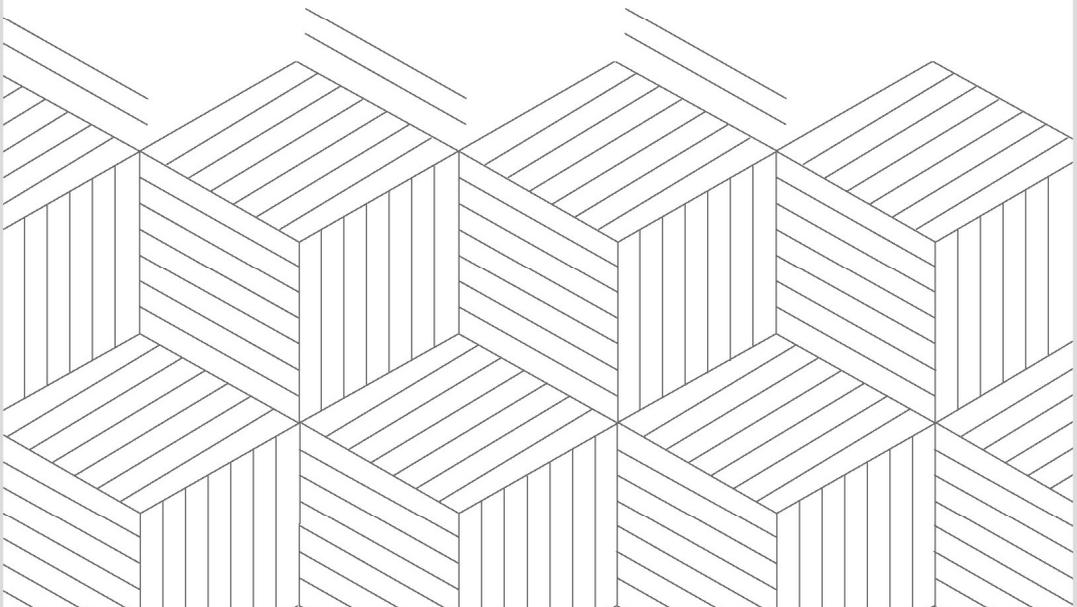
	거실	안방	방	주방
창호				
	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창
전등				
	LED 거실등	LED 주방등	LED 방등	LED 방등
단면재				
	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세
보일러				
	가스보일러(순간식) 효율 83.6%	보일러 사양명판		

〈표 3-8〉 수원시 녹색건축물 지원사업 수혜주택 현장조사(매향동 127-21)

	거실	안방	방	주방
창호				
	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	22mm 복층유리 PVC 이중창	3mm 일반유리 알루미늄 이중창
전등				
	거실등 LED	주방등 LED	방등 LED	방등 LED
단면재				
	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세	예상 단면 상세
보일러				
	일반 가스보일러 효율 83%			

제4장 수원시 녹색건축물 지원 대상 에너지성능·경제성 분석 및 추가기술 도출

- 제1절 수원시 녹색건축물 지원대상 에너지성능 분석
- 제2절 지원사업 공사유형별 공사비 회수기간 분석
- 제3절 에너지 절감을 위한 추가기술 도출



제4장

수원시 녹색건축물 지원 대상 에너지성능·
경제성 분석 및 추가기술 도출

제1절 수원시 녹색건축물 지원대상 에너지성능 분석

1. 분석 개요

평가의 범위로는 수원시 녹색건축물 지원사업의 지원대상 주택을 대상으로 에너지절감 효과를 분석한다. 본 지원사업의 에너지 절감효과를 분석하기 위하여 지원대상을 분석하여 평가용 모형을 구축하고 지원사업의 공사종류별로 에너지절감 효과를 분석한다. 분석 방법으로는 과업의 시간적 제약사항과 인적 물적자원의 한계 및 대상주택에 사용자가 거주중임을 고려하여 에너지평가 시뮬레이션을 통한 분석을 수행하였다.

에너지절감효과는 에너지소요량과 1차에너지소요량을 지표로 나타내며 온실가스 배출량에 대해서는 kg-CO_{2eq}를 지표로 나타내며 주요 용어는 다음과 같이 정의된다.

- 에너지요구량 : 건축물 냉방, 난방, 급탕, 조명에서 거주자가 요구하는 일정한 환경을 유지하기 위해 요구되는 에너지량

$$\text{에너지요구량}(kWh) = \int_1^{365} \text{부하}(\text{난방} + \text{냉방} + \text{급탕} + \text{조명})\Delta t \quad (\text{식1})$$

- 에너지소요량 : 에너지 요구량을 만족시키기 위하여 설비를 가동할 때 소요되는 에너지양
에너지소요량(kWh) = 에너지요구량(kWh) × 설비시스템의 효율 (식2)

- 1차 에너지소요량 : 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정에서의 손실을 포함하며 에너지양.

$$1\text{차 에너지소요량}(kWh) = \text{에너지소요량}(kWh) \times 1\text{차 에너지 환산계수} \quad (\text{식3})$$

2. 건축물 에너지 성능평가 소프트웨어

(1) 국내외 건축물 에너지 성능평가 소프트웨어의 종류

온실가스 배출에 건물에너지가 높은 기여를 함에 따라 각 국가 및 기관에서는 건축물의 에너지성능을 평가하고 관리하기 위하여 에너지성능평가를 위한 툴을 개발하였으며, 각국에서 개발된 소프트웨어별로 평가의 방법 및 특성이 각각 다르다.

건축물 에너지성능평가 소프트웨어는 크게 정적 시뮬레이션 툴과 동적 시뮬레이션 툴로 구분되며 주요 소프트웨어로는 미국의 TRNSYS, EnergyPlus 독일의 PHPP, 한국의 ECO2 등이 있다.

① TRNSYS(미국)

TRNSYS는 ARSRAE(미국공조냉동설비전문가회)의 전달함수법을 기반한 동적 시뮬레이션(Dynamic Energy Simulation) 및 설계를 위하여 미국 위스콘신 대학에서 개발되었다. TRNSYS의 가장 큰 특징은 매우 숙련도 높은 전문가의 사용을 목적으로 개발이 되었고, 새로운 구성요소의 개발 및 변경이 가능하며, 기계적인 해석의 정확도가 매우 높은 소프트웨어라는 점, 새로 개발된 설비기기의 모델을 적용이 용이하다는 장점이 있다.¹⁴⁾

최근에는 사용성을 높이기 위해 인터페이스의 편리성을 높였지만 전반적으로 사용환경이 개선된 것은 사실이나 사용이 매우 어렵고 많은 양에 데이터를 입력해야함에 따라 평가기간이 늘어나고 평가자의 주관적인 판단과 숙련도에 따라 결과값에 편차가 크다는 단점이 있음. 공조설비를 설계하는 기업 또는 연구소에서 주요 이용되고 있다.

② EnergyPlus(미국)

미 에너지부(DOE)가 개발한 EnergyPlus는 구축된 에너지 시뮬레이션 중에 가장 평판이 높은 소프트웨어이며 만든 건물 동적 에너지분석 및 열부하 시뮬레이션 프로그램이다. ASHRAE 전달함수법과 유한차분법을 선택하여 건물 열전달을 계산할 수 있으며, 건물, 시스템, 플랜트 간의 피드백을 통해 에너지 사용량을 계산한다. 모듈구조로 유연성을 제공하며, Open Source 형식으로 모듈과 인터페이스의 확장성을 확보하고 있다. TRNSYS와 마찬가지로 정확도가 높지만 많은 양에 데이터를 입력해야 함에 따라 평가자의 주관적 판단과 숙련도에 따라 결과값에 편차가 크다는 단점이 있다.

14) 조정훈, 국내외 건축물 에너지 성능평가 기준 및 평가툴에 관한 고찰, 2017, 특집 : 국내외 제로에너지건축물 정책 및 동향

③ PHPP(독일)

독일 패시브하우스연구소에서 ISO13790 및 DIN V18599기반으로 개발된 PHPP(Passive House Planning Package)는 독일 및 유럽의 패시브하우스건축을 위한 설계 또는 인증을 위해 개발된 정적(Monthly Method)시물레이션 프로그램이다.

앞선 TRNSYS와 EnergyPlus와 비교하였을 때 상대적으로 가볍고 단순한 프로그램으로 전 세계적 추세인 제로에너지빌딩의 여러 환경정책에 맞는 간편하고 효율적인 에너지 소요량 측정 시물레이션이다. 이에 반해 엑셀 기반으로 미주 및 유럽의 몇몇 지역에 대한 기후데이터를 제공하고 있으며, 아시아의 기후데이터는 부재하고 동적 시물레이션 대비 디테일이 떨어지는 단점이 있다.

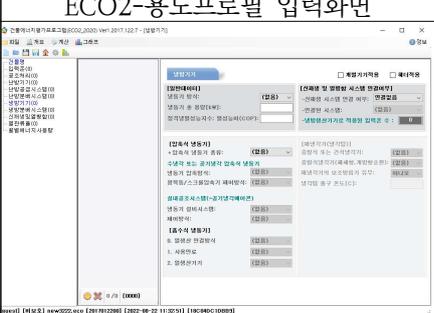
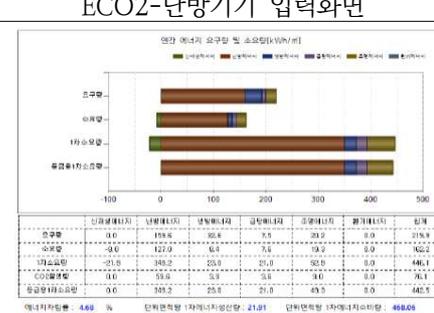
④ 선정 에너지 성능평가 소프트웨어의 소개 - ECO2

국내에서 공식적으로 건물에너지 성능평가 기법으로 활용되고 있는 소프트웨어로서 ISO13790 및 DIN V18599을 기반으로 개발되어 한국에너지공단에서 배포하고 있다. 정적 시물레이션(Monthly Calculation Method)을 기본 평가 로직으로 사용해 준정상상태 해석을 수행한다. 건물 형상, HVAC 시스템, 신재생에너지시스템 등의 입력이 가능하며, 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지 요구량을 산정한다. 최종적으로 계산된 에너지 요구량을 만족시키기 위한 시스템의 성능을 반영한 건물의 에너지 소요량을 계산할 수 있으며, 단위면적당 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하여 결과를 제시한다.

PHPP와 마찬가지로 해석에 디테일은 동적시물레이션에 비해 단순한 수준이지만 기존 연구에 따르면 동적 시물레이션과의 해석 패턴은 유사한 것으로 확인되었다. 입력변수가 많지 않고 편리한 인터페이스로 비교적 단기간에 평가가 가능하다는 장점이 있다. 국내의 건축물 에너지성능 인증제도인 “건축물 에너지효율등급 인증” 및 “제로에너지건축물 인증” 제도와 노후건축물 에너지성능 개선 지원사업인 “그린리모델링 지원사업”등에서 활용되고 있다.¹⁵⁾

15) 권장혁 외 4인, 건물에너지평가도구와 동적해석프로그램의 연간냉난방요구량해석 및 비교, 2012, 대한설비공학회

〈표 4-1〉 선정 에너지시뮬레이션 소프트웨어(ECO2)의 특징

		내 용																																			
소 개	배포 기관	한국에너지공단																																			
	방법론	ISO13790과 DIN V18599를 기반으로 월별(Monthly) 기상데이터 및 유사정상상태 해석에의한 월간분석법																																			
	활용도	민간건축물 그린리모델링 이차지원사업, 공공건축물 그린리모델링 공사비 지원사업, 건축물에너지효율등급 인증, 제로에너지건축물인증등에 활용																																			
	특징	건축물 에너지소비의 5가지 용도(냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기)별 에너지를 단위면적당 연간 에너지 요구량, 소요량, 1차에너지소요량으로 평가																																			
장 단 점	장점	<ul style="list-style-type: none"> 공신력있는 배포기관(한국에너지공단)으로 결과데이터의 신뢰도가 높음 국가 건축물에너지 관련 제도(그린리모델링, 에너지효율등급인증, 제로에너지인증) 등에서 폭 넓게 활용되는 소프트웨어로서 평가데이터의 폭 넓은 활용이 가능 표준화된 기후데이터 및 평가 가정사항을 소프트웨어 내 자체 내장되어 있어 평가결과의 평가자의 숙련도에 따른 편차가 적고 소요기간이 짧아 다량의 데이터를 처리에 용이함 																																			
	단점	<ul style="list-style-type: none"> 재실시간, 실내설정온도 등을 사용자가 수정할 수 없어 평가의 자유도가 떨어짐 → 본 연구용역은 모든 각각의 주택을 평가하는 용역이 아니므로 무관함 기후데이터가 시계열에 따른 동적데이터가 아니므로 미시적인 시간변화에 따른 평가결과를 얻기 어려움 → 권장³⁾의 연구에 따르면 동적시뮬레이션과 ECO2간의 설계변수 증감에 따른 변화 경향은 일치하며 결과의 차이가 평균 13%로 높지 않은 것으로 나타남 																																			
화면에서		 <p>ECO2-용도프로필 입력화면</p>																																			
		 <p>ECO2-난방기기 입력화면</p>																																			
		 <p>ECO2-냉방기기 입력화면</p>																																			
		 <p>ECO2 평가결과 출력화면</p> <p>연간 에너지 요구량 및 소요량 (kWh/㎡)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>난방(난방기)</th> <th>냉방(냉방기)</th> <th>급탕(급탕기)</th> <th>조명(조명기)</th> <th>환기(환기기)</th> <th>합계</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1차에너지</td> <td>188.0</td> <td>95.0</td> <td>7.0</td> <td>23.0</td> <td>216.0</td> <td>529.0</td> </tr> <tr> <td>2차에너지</td> <td>127.0</td> <td>64.0</td> <td>7.0</td> <td>18.0</td> <td>156.0</td> <td>362.0</td> </tr> <tr> <td>에너지효율</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>에너지효율등급</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> <td>3.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>에너지 효율률: 4.6% 단위면적당 1차에너지소요량: 529.0 단위면적당 2차에너지소요량: 362.0</p>	구분	난방(난방기)	냉방(냉방기)	급탕(급탕기)	조명(조명기)	환기(환기기)	합계	1차에너지	188.0	95.0	7.0	23.0	216.0	529.0	2차에너지	127.0	64.0	7.0	18.0	156.0	362.0	에너지효율	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	에너지효율등급	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
구분	난방(난방기)	냉방(냉방기)	급탕(급탕기)	조명(조명기)	환기(환기기)	합계																															
1차에너지	188.0	95.0	7.0	23.0	216.0	529.0																															
2차에너지	127.0	64.0	7.0	18.0	156.0	362.0																															
에너지효율	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0																															
에너지효율등급	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0																															

3. 표준모델 구축

2016년부터 2021년의 수원시의 녹색건축물 지원대상은 총 1,925건으로 지원대상을 에너지사용량을 각각의 주택별로 분석하려면 상당한 인적자원과 시간이 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 수원시 녹색건축물 지원대상을 특성에 따라 분류하고 분류체계별로 형태 및 열물 성치, 설비사양등을 반영한 평가용모형(이하 표준모델)을 구축하여 수원시 녹색건축물 지원 대상의 에너지사용량을 분석하였다.

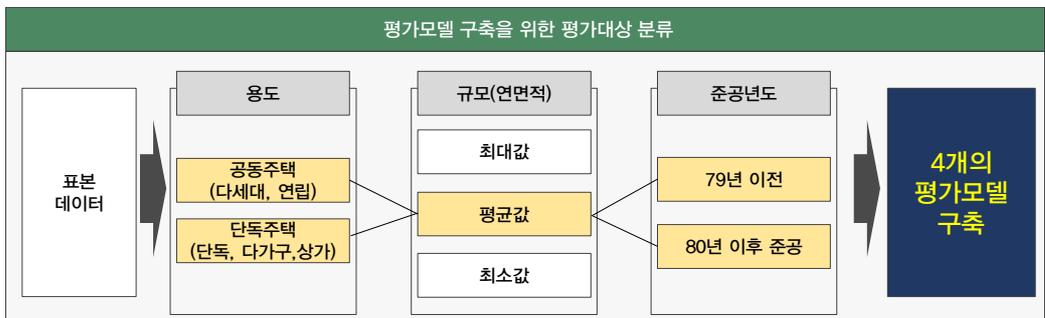
1) 평가주택의 분류체계 구축

지원대상의 에너지사용량 분석을 위하여 수원시의 통계자료를 바탕으로 평가주택을 분류하였다. 수원시의 통계자료에는 지원대상별로 지원년도, 신청자 인적사항, 소재지, 주택의 건축법상 용도, 층수, 구조체, 면적, 준공년도 등의 데이터가 수록 되어있다. 전체 표본데이터를 대표하면서 합리적인 에너지사용량에 대한 분석을 하기 위해서 건축물의 용도와 건축시기(준공년도), 규모를 기준으로 분류체계를 구축하였다.

건축물의 용도는 공동주택(다세대, 연립주택) 및 단독주택(단독, 다가구주택)으로 구분하였으며, 이는 평면 및 형태가 비교적 일반화 되기 어려우며, 세대간 공유되는 세대간벽이 없거나 비교적 적은 단독주택(단독, 다가구)와 평면 및 형태가 비교적 획일화 되어있고 세대간 공유벽면이 많은 공동주택으로 구분하였다.

에너지사용량 평가결과는 단위면적으로 일반화 된 지표로 분석될 예정으로 면적을 기준으로 분류하지는 않았지만 통계자료의 평균적인 값 수준의 규모의 평면형태를 표준모델에 반영하기 위하여 분석내용에는 포함하였다. 준공년도의 경우 국내 건축법상 단열성능에 대한 기준이 제정 시점인 1979년 기준¹⁶⁾으로 79년 이전, 80년 이후 준공으로 구분하였다.

〈그림 4-1〉 평가모델 구축을 위한 평가대상 분류



16) 건설기술연구원, 건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준 모델 DB 구축, 2016

에너지의 분석결과에 전혀 영향을 미치지 않는 신청자의 인적사항과 분석결과에 그 영향이 상대적으로 미미한 구조체의 종류는 분류방법에서 제외하였으며, 소재지는 모두 수원으로 수원시 기상데이터를 동일하게 사용하기 때문에 제외하였다.

에너지절약 및 경제성 분석을 위하여 79년 이전 준공 단독주택, 80년 이후 준공 단독주택, 79년 이전준공 공동주택, 80년 이후 준공 공동주택, 총 4개의 평가모델로 분류하였다.

2) 지원사업 표준모델 구축

에너지사용량 분석을 위한 표준모델의 경우 평가의 목적이 고려되어야 하며, 건축물의 기능과 지역적 특성을 대표할 수 있는 건축물 모형으로 건물 집단의 평균적인 특성을 표현하고 일반적인 사용조건에서 건축물의 집단의 평균적인 에너지 효율을 파악하기 위해 사용되며, 건축물의 평균적인 운영조건, 형태, 시스템 외피 열물성치 등이 반영되어야 한다.(corgnati et al. 2013)¹⁷⁾. 에너지사용량 분석을 위한 시뮬레이션시 고려되어야 하는 내용은 다음과 같다.

- 1) 형 태 : 건축물의 용도, 규모, 향, 장단변비, 차양
- 2) 외 피 : 창면적비, 외벽의 열적 물성치(열관류율), 창호의 열적 물성치
(일사투과율, 열관류율, 기밀성)
- 3) 설비시스템 : 냉난방, 환기, 조명설비의 기기종류, 기기 효율 등
- 4) 운 영 : 건물 사용과 관련된 변수(재실시간, 설비가동시간, 조명가동시간 등)

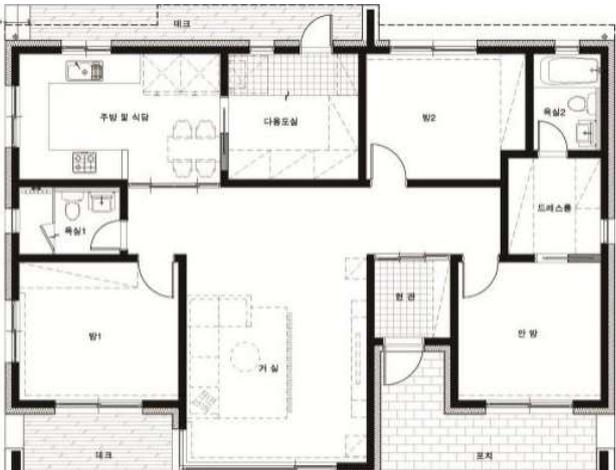
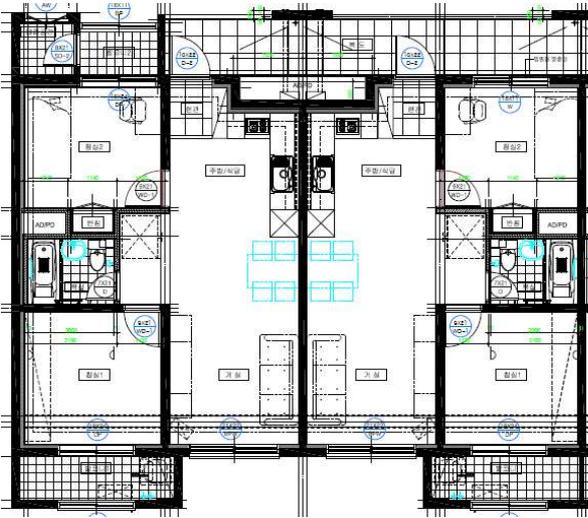
본 연구의 표준모델은 지원사업에 따른 에너지 절감효과를 분석하고 추후 제도의 개선 방안을 위한 보조 자료로 활용되기 위함을 목적으로, 수원시에서 제공받은 녹색건축물 지원 지출내역 (2016~2021) 데이터를 기반으로 구축하였다.

표준모델 구축을 위한 개별건축물에 대한 연면적, 규모, 구조체 종류 등 활용 가능한 데이터는 통계자료의 평균값을 기준으로 작성하였으며. 그 외의 개별건축물 특성을 일반화하기 어려운 사항(단열성능, 설비효율 등)은 기존 문헌조사 및 현장조사를 통한 자료를 합성하여 작성하였다. 분류체계별로 구축한 표준모델의 형태적 특성과 표준모델의 평가조건 및 열물성치는 <표 4-2> 및 <표 4-3>과 같다.

17) Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M., Monetti, V. (2013), Reference buildings for cost optimal analysis : Method of definition and application., Applied Energy, 102, 983-993.

18) 국토교통부, 친환경주택의 건설기준 및 성능평가 지침, 2015

〈표 4-2〉표준모델의 형태적 특성

		평면도		형태적 특성	
단독주택	 <p>단독주택 표준모델 평면도</p>	길이(L)	7,500 mm	폭(W)	12,700 mm
		장단변비	1:1.693	규모	2가구 (자상2층)
		창면적비	34.2%		
공동주택	 <p>단독주택 표준모델 평면도 ⁶⁾</p>	길이(L)	7,820 mm	폭(W)	14,580 mm
		장단변비	1:1.864	규모	6가구 (자상3층)
		창면적비	30.7%		

〈표 4-3〉 표준모델의 평가조건 및 열 물성치

	단위	단독주택		공동주택		데이터 근거	
		79년 이전	80년 이후	79년 이전	80년 이후		
형태	세대 바닥면적	m ²	94.92		52.47		통계자료 ¹⁹⁾
	층수	-	지상2층		지상 3층		통계자료 ³⁾
	주향	-	남향		남향		가정사항
	차양여부	-	미설치				가정사항
	구조	-	조적조	조적조	조적조	조적조	통계자료 ³⁾
외피	외벽단열	W/m ² K	1.113	0.615	1.113	0.615	기준문헌 ²⁰⁾²¹⁾
	지붕단열	W/m ² K	1.113	0.435	1.113	0.435	기준문헌 ⁴⁾⁵⁾
	바닥단열	W/m ² K	1.113	0.615	1.113	0.615	기준문헌 ⁴⁾⁵⁾
	창문단열	W/m ² K	5.00	4.19	5.00	4.19	기준문헌 ⁴⁾
설비 시스 템	난방설비	-	가정용 가스보일러				실측값
	난방효율	(%)	82%				기준문헌
	냉방설비	-	가정용 에어컨				실측값
	냉방효율	COP	2.5				가정사항 ²²⁾
	조명설비	-	형광등	형광등	형광등	형광등	가정사항
	최소외기도입량	m ³ /h	104.41		57.72		기준문헌 ²³⁾
	급탕요구량	Wh/day	7,973.28		4,407.48		기준문헌 ⁷⁾
	인체발열	Wh/day	5,030.76		2,780.91		기준문헌 ⁷⁾
	기기발열(가전)	Wh/day	4,935.84		2,728.44		기준문헌 ⁷⁾
	난방설정온도	℃	20				기준문헌 ⁷⁾
냉방설정온도	℃	26				기준문헌 ⁷⁾	
운영	사용시간	hour	24	24	24	24	기준문헌 ⁷⁾
	설비운전시간	hour	24	24	24	24	기준문헌 ⁷⁾
	조명시간	hour	5	5	5	5	기준문헌 ⁷⁾

19) 수원시, 녹색건축물조성사업 관리 전산화 시스템 지원대상자 리스트, 2016~2021

20) 건설기술연구원, 건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준 모델 DB 구축, 2016

21) 김현진, 건축물 준공년수 경과에 따른 단열재의 물성변화에 관한 연구, 2018, 한국건축시공학회

22) 한국에너지공단, 건축물 에너지효율등급인증 운영규정, 2020

23) 가정용 에어컨의 경우 교체주기를 고려하여 최근 성능을 갖춘 설비의 효율로 가정

4. 표준모델별 에너지성능 평가결과

지원사업에 따른 에너지사용량 절감량을 분석하기 위하여 지원사업전 건축물의 에너지성능을 확인하기 위하여 앞서 구축한 4가지의 평가모델의 에너지성능을 평가하였다. 또한, 현재 시점에 준공되고 있는 다른 건축물과 상대적인 비교를 위하여 건축물에너지효율등급 인증기준에 따른 등급으로 이를 나타내었다.

평가모델의 에너지성능을 나타내는 지표로는 단위면적당 에너지요구량, 단위면적당 에너지소요량, 단위면적당 1차에너지소요량, 단위면적당 CO2배출량으로 나타내며 모든 지표는 세대 바닥면적 1제곱미터를 기준으로 일반화된 값으로 표현하였다.

에너지요구량은 거주자가 요구하는 일정한 환경을 유지하기 위해 요구되는 에너지량으로 외피의 단열성능 및 기밀성능, 투광부의 일사투과율에 따라 난방 및 냉방에 요구되는 에너지량과 거주자의 급탕(온수) 이용에 요구되는 에너지량, 그리고 실내를 적절한 조도를 유지하기 위해 조명기기에서 요구되는 에너지량을 나타낸다.

환기설비, 전열설비 및 취사설비의 에너지사용량의 경우 본 지원사업의 지원내용이 결과에 영향을 미치지 않으므로 평가에서 제외하였다.

에너지소요량은 건축물에서 필요로하는 에너지요구량만큼 공급하기 위하여 각 용도별 설비가 가동될 때 설비에서 소비되는 전력 또는 연료의 에너지량이다.

1차에너지소요량 및 CO2배출량의 경우 에너지소요량을 최종 소비단까지 공급하기 위해서 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정에서 손실되는 에너지량을 포함한 값이며 이때 CO2배출량을 환산한 값이다.

건축물 에너지효율등급인증은 건축물의 에너지성능이나 주거환경의 질 등과 같은 객관적인 정보를 등급 부여하는 인증제도이며 에너지효율등급 1+++등급부터 7등급까지 총 10가지의 등급으로 구분이 되며 1차에너지소요량을 기준으로 등급을 구분한다.

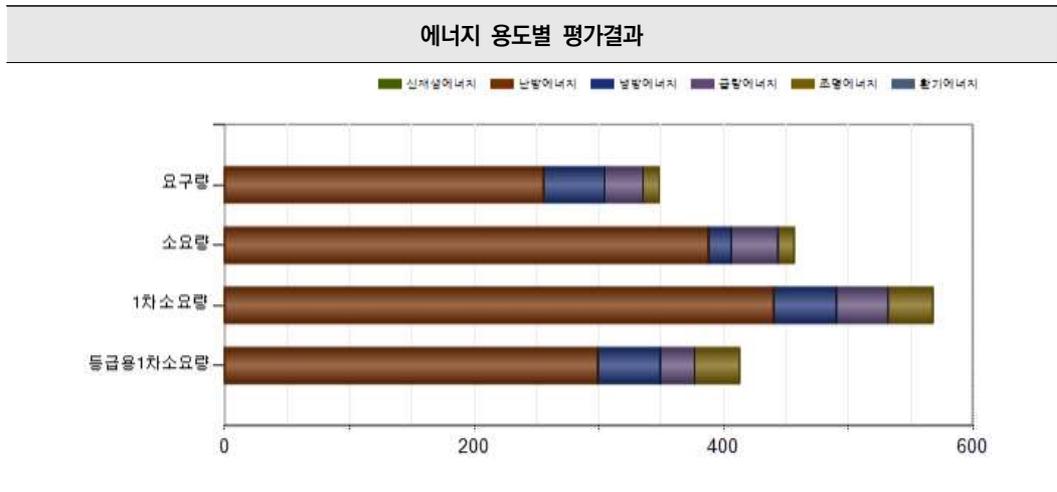
지원사업에 따른 에너지성능 개선전 표준모델별 에너지성능은 다음과 같다.

■ 79년 이전 단독주택 에너지사용량 분석결과

〈표 4-4〉 표준모델 평가개요 - 79년 이전 준공 단독주택

	표준모델 개요	에너지효율등급	
		단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급
용도	단독주택	에너지효율 높음 60미만 1+++등급 60이상90미만 1++등급 90이상120미만 1+등급 120이상150미만 1등급 150이상190미만 2등급 190이상230미만 3등급 230이상270미만 4등급 270이상320미만 5등급 320이상370미만 6등급 370이상420미만 7등급 에너지효율 낮음	등급 외
구조형식	조적조		
연면적	189.84㎡		
준공년도	1979년 이전		
단열성능 (W/㎡·K)	외벽 1.113 지붕 1.113		
	바닥 1.113 창호 5.00		
설비시스템	내단열 형광등		
	가스보일러 에어컨		

〈그림 4-2〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 79년 이전 준공 단독주택



〈표 4-5〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 79년 이전 준공 단독주택

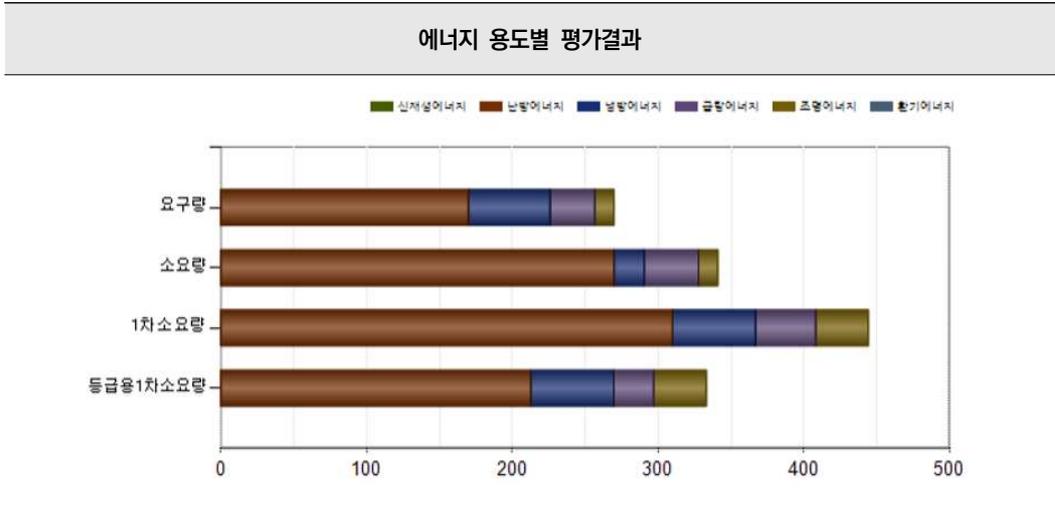
에너지 용도별 평가결과				
	단위면적당 에너지요구량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)
난 방	255.6	387.7	299.0	80.5
냉 방	48.9	18.3	50.2	8.6
급 탕	30.7	37.4	27.4	7.6
조 명	13.1	13.1	36.1	6.2
합 계	348.3	456.5	412.7	102.9

■ 80년 이후 단독주택 에너지사용량 분석결과

〈표 4-6〉 표준모델 평가개요 - 80년 이후 준공 단독주택

	표준모델 개요	에너지효율등급	
		단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급
용도	단독주택	<p>에너지효율 높음</p> <p>60미만 1+++등급</p> <p>60이상90미만 1++등급</p> <p>90이상120미만 1+등급</p> <p>120이상150미만 1등급</p> <p>150이상190미만 2등급</p> <p>190이상230미만 3등급</p> <p>230이상270미만 4등급</p> <p>270이상320미만 5등급</p> <p>320이상370미만 6등급</p> <p>370이상420미만 7등급</p> <p>에너지효율 낮음</p>	6등급
구조형식	조적조		
연면적	189.84㎡		
준공년도	1980년 이후		
단열성능 (W/㎡·K)	외벽 0.615 지붕 0.615		
	바닥 0.435 창호 4.19		
설비시스템	내단열 형광등		
	가스보일러 에어컨		

〈그림 4-3〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 80년 이후 준공 단독주택



〈표 4-7〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 80년 이후 준공 단독주택

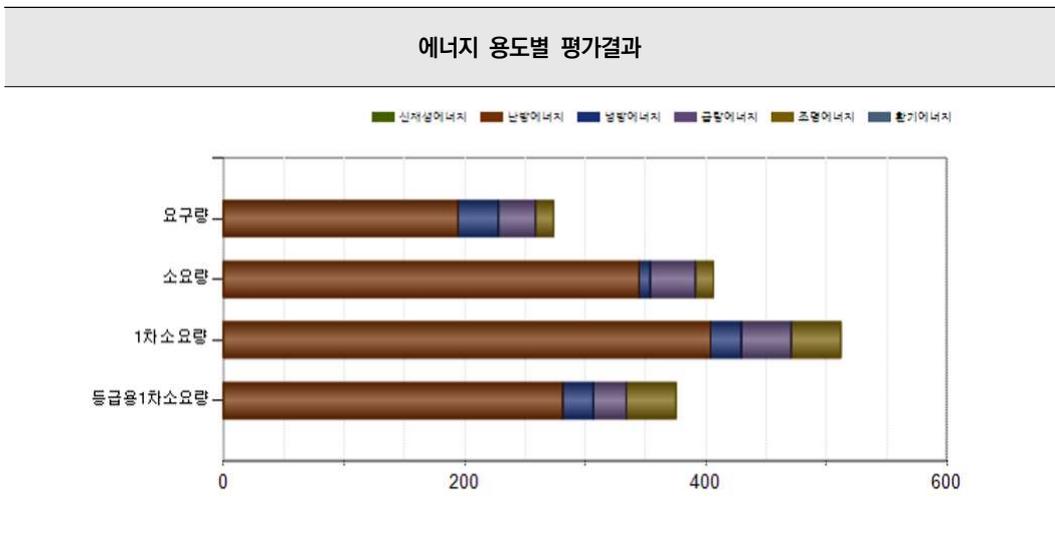
에너지 용도별 평가결과				
	단위면적당 에너지요구량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)
난 방	169.8	269.6	212.5	56.6
냉 방	56.0	20.7	57.0	9.7
급 탕	30.7	37.4	27.4	7.6
조 명	13.1	13.1	36.1	6.2
합 계	269.6	340.8	333.0	80.1

■ 79년 이전 공동주택 에너지사용량 분석결과

〈표 4-8〉 표준모델 평가개요 - 79년 이전 준공 공동주택

	표준모델 개요	에너지효율등급	
		단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급
용도	공동주택(다세대주택)	<p>에너지효율 높음</p> <p>60미만 1+++등급</p> <p>60이상90미만 1++등급</p> <p>90이상120미만 1+등급</p> <p>120이상150미만 1등급</p> <p>150이상190미만 2등급</p> <p>190이상230미만 3등급</p> <p>230이상270미만 4등급</p> <p>270이상320미만 5등급</p> <p>320이상370미만 6등급</p> <p>370이상420미만 7등급</p> <p>에너지효율 낮음</p>	
구조형식	조적조		
연면적	314.82㎡		
준공년도	1979년 이전		
단열성능 (W/㎡·K)	외벽 1.113 지붕 1.113		
	바닥 1.113 창호 5.00		
설비시스템	내단열 형광등		
	가스보일러 에어컨		

〈그림 4-4〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 79년 이전 준공 공동주택



〈표4-9〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 79년 이전 준공 공동주택

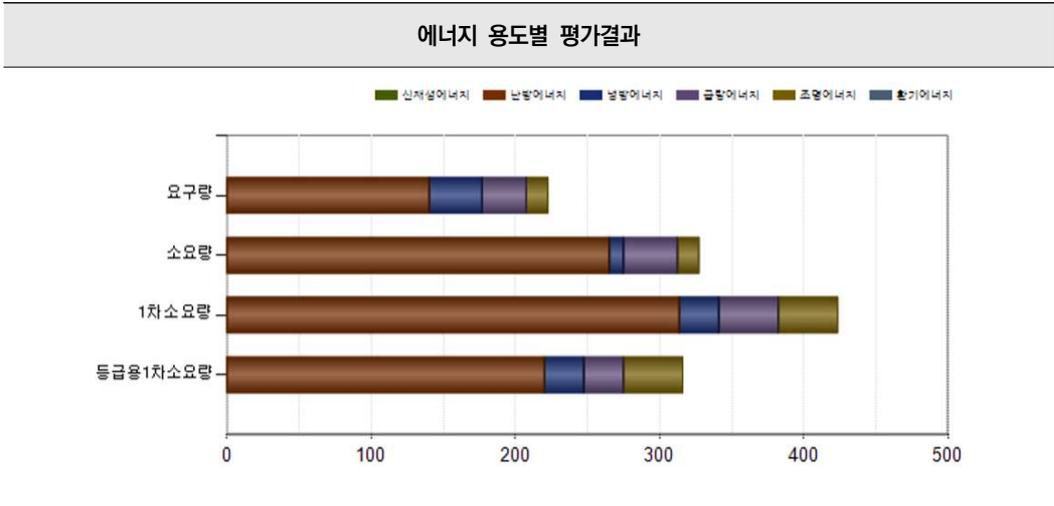
에너지 용도별 평가결과				
	단위면적당 에너지요구량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)
난 방	194.4	344.6	281.2	73.6
냉 방	33.5	12.9	35.8	6.1
급 탕	30.7	37.4	27.4	7.6
조 명	15.0	15.0	41.2	7.0
합 계	273.6	409.9	385.6	94.3

■ 80년 이후 공동주택 에너지사용량 분석결과

〈표 4-10〉 표준모델 평가개요 - 80년 이후 준공 공동주택

	표준모델 개요	에너지효율등급	
		단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급
용도	공동주택(다세대주택)	<p>에너지효율 높음</p> <p>60미만 1+++등급</p> <p>60이상90미만 1++등급</p> <p>90이상120미만 1+등급</p> <p>120이상150미만 1등급</p> <p>150이상190미만 2등급</p> <p>190이상230미만 3등급</p> <p>230이상270미만 4등급</p> <p>270이상320미만 5등급</p> <p>320이상370미만 6등급</p> <p>370이상420미만 7등급</p> <p>에너지효율 낮음</p>	6등급
구조형식	조적조		
연면적	314.82㎡		
준공년도	1980년 이후		
단열성능 (W/㎡·K)	외벽 0.615 지붕 0.615		
	바닥 0.435 창호 4.19		
설비시스템	내단열 형광등		
	가스보일러 에어컨		

〈그림 4-5〉 월별 냉난방 에너지 요구량 - 80년 이후 준공 공동주택



〈표 4-11〉 연간 에너지 요구량 및 소요량 - 80년 이후 준공 공동주택

에너지 용도별 평가결과

	단위면적당 에너지요구량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)	단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)
난 방	140.1	264.8	220.0	57.1
냉 방	36.6	19.6	38.5	9.5
급 탕	30.7	37.4	27.4	7.6
조 명	15.0	15.0	41.2	7.0
합 계	222.4	336.8	327.1	81.2

5. 녹색건축물 지원사업에 따른 에너지 저감성능 분석

각 공사에 사용된 건축자재 및 설비의 종류는 수원시 녹색건축물 지원사업의 ‘공종별 기준 단가 적용내역’에 해당되는 자재로 설정하였으며 자재 및 설비의 성능은 효율관리기자재의 평균데이터와 KS인증 기준에 준하는 성능으로 가정하여 평가하였다. 다음은 각 공사내용별 열물성치와 평가 가정사항이다.

창호공사의 경우 PVC이중창+T22복층유리가 적용되었으며 열관류율(U-value)는 한국에너지공단 효율관리기자재에 신고된 201개의 동일구성 창호의 열관류율의 평균값으로 가정하였다. 또한 투광부의 일사획득률(SHGC)는 국토교통부 고시 [건축물의 에너지절약설계기준] 별지서식 1호의 유리두께별 일사획득률을 기준으로 설정하였다.

내단열공사의 경우 비드법보온판 1종과 석고보드가 적용되었으며 지원사업으로 설치된 단열재는 KS기준을 만족하는 수준이라고 가정하였으며 KS M 3808의 열전도율 기준인 0.036 W/mk으로 설정. 외단열공사의 단열재는 PF보드가 적용이 되었으며 시중의 페놀폼보드의 평균적인 수준인 0.020 W/mk으로 가정

전등공사 LED 등기구의 경우 거실의 36W 3구 형광등은 50W LED로, 침실의 32W 2구 형광등 경우 25W LED로 대응된 것으로 가정하였으며, 가스보일러의 경우 노후된 일반가스 보일러를 새로운 기기로 교체하였다고 가정하였다. 지원사업 공사내용별 열물성치는 변화는 <표 4-12>과 같다.

<표 4-12> 수원시 녹색건축물 지원사업에 따른 공종별 열물성치 변화

공종	품명	열물성치	단위	단독주택				공동주택			
				79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
				개선전	개선후	개선전	개선후	개선전	개선후	개선전	개선후
창호공사	PVC이중창+T22복층유리	열관류율	W/m ² K	5.00	1.29	4.19	1.29	5.00	1.29	4.19	1.29
		일사투과율	-	0.86	0.563	0.86	0.563	0.86	0.563	0.86	0.563
내단열	T50 비드법보온판+T9.5 석고보드	열관류율	W/m ² K	1.113	0.437	0.615	0.332	1.113	0.437	0.615	0.332
외단열	T75 PF보드	열관류율	W/m ² K	1.113	0.215	0.615	0.186	1.113	0.215	0.615	0.186
전등공사	LED등기구	조명 소비전력	W	7.02	2.65	7.02	2.65	8.08	3.43	8.08	3.43
보일러	가스보일러	효율	%	82	84	82	84	82	84	82	84

1) 79년 이전 단독주택 공종별 에너지 저감효과 분석

■ 창호공사

창호공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂배출량은 난방부문에서 약 31.42%, 냉방부문에서 약 20.77% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 이는 창호성능 개선에 따른 열관류율 감소, 일사투과량 감소 및 주택의 기밀성 향상에 의한 것으로 판단되며 난방에너지와 냉방에너지용도에서 에너지소요량이 크게 절감되는 것으로 확인되었다.

■ 내단열 및 외단열공사

단열공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 내단열공사의 경우 13% 이상, 외단열공사의 경우 18% 이상 개선되는 것으로 확인되었다, 냉방에너지의 경우 내단열공사의 경우 6% 이상, 외단열공사의 경우 8% 이상 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 단열재의 보온효과로 난방기간(겨울철)은 난방에너지가 절감되지만, 냉방기간(여름철) 인체·기기·조명발열 등의 실내 온도가 외부로 배출되지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

■ 전등공사

에너지소요량, 1차 소요량 및 CO₂ 배출량은 냉방부문에서 6% 이상, 조명부문에서 62% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방에너지의 경우 약 1.5% 수준 증가하는 것으로 나타났는데, 기존형광등의 발열량 감소에 따라서 난방에너지가 증가되는 것으로 판단되나 그 영향은 미미한 것으로 판단된다.

■ 보일러

보일러공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 4~8% 수준, 급탕부문에서 2% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방 1차 에너지소요량의 경우 약 8.31% 수준 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 보일러의 효율이 증가함에 따라 난방에너지를 공급하는데 투입되는 가스소비량 감소가 기인한 것으로 분석된다.

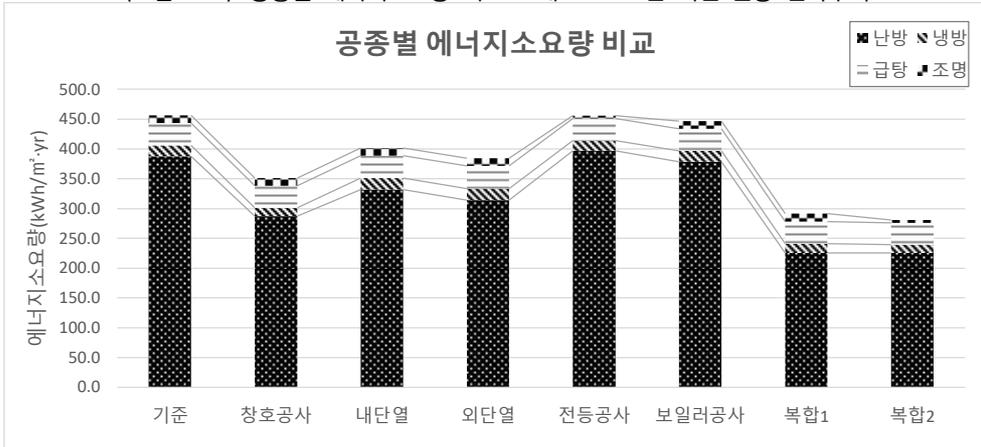
■ 공종별 에너지 성능개선 효과

공종별로 에너지 성능개선 효과는 에너지소요량, 1차에너지소요량, CO₂배출량 모두 창호공사, 외단열공사, 내단열공사, 보일러교체, 전등공사 순으로 높은 것으로 나타났다. 에너지 개선효과가 가장 큰 창호공사의 경우 연간 단위면적당 CO₂배출량이 23.5 kg-CO₂eq/m²yr 감축 되는 것으로 기대되며, 개선효과가 가장 적은 전등공사의 경우에도 3.1 kg-CO₂eq/m²yr 가량 감축되는 것으로 확인이 되었다.

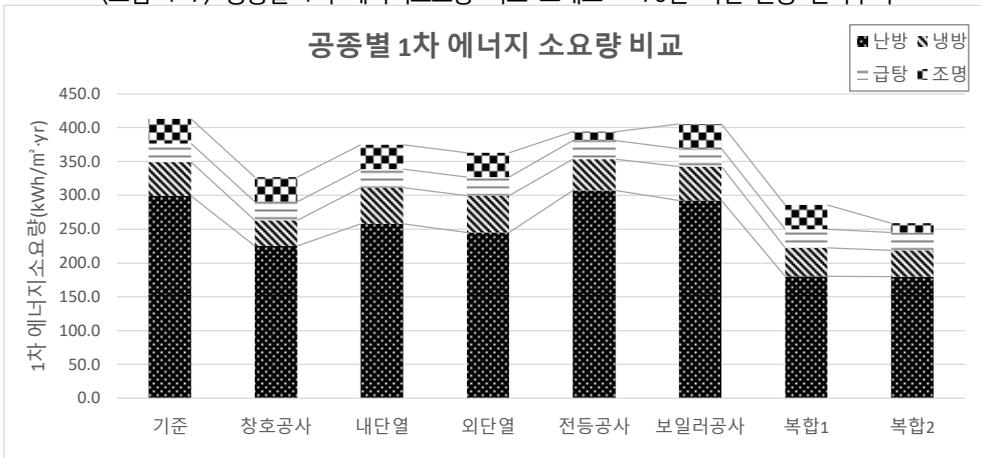
〈표 4-13〉 공종별 에너지 저감효과 분석 - 79년 이전 단독주택

		단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)		
		개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율
창호공사	난방	387.7	287.2	-25.92%	299	225.5	-24.58%	80.5	60.2	-25.22%
	냉방	18.3	13.7	-25.14%	50.2	37.6	-25.10%	8.6	6.4	-25.58%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	456.5	351.4	-23.02%	412.7	326.6	-20.86%	102.9	80.4	-21.87%
내단열공사	난방	387.7	331.9	-14.39%	299	258.1	-13.68%	80.5	69.2	-14.04%
	냉방	18.3	19.4	6.01%	50.2	53.4	6.37%	8.6	9.1	5.81%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	456.5	401.8	-11.98%	412.7	375	-9.13%	102.9	92.1	-10.50%
외단열공사	난방	387.7	313.8	-19.06%	299	244.9	-18.09%	80.5	65.6	-18.51%
	냉방	18.3	19.9	8.74%	50.2	54.6	8.76%	8.6	9.3	8.14%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	456.5	384.2	-15.84%	412.7	363	-12.04%	102.9	88.7	-13.80%
전등공사	난방	387.7	396.7	2.32%	299	306.8	2.61%	80.5	82.5	2.48%
	냉방	18.3	17	-7.10%	50.2	46.7	-6.97%	8.6	8	-6.98%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	4.8	-63.36%	36.1	13.3	-63.16%	6.2	2.3	-62.90%
	합계	456.5	455.9	-0.13%	412.7	394.2	-4.48%	102.9	100.4	-2.43%
보일러	난방	387.7	378.7	-2.32%	299	292.4	-2.21%	80.5	78.7	-2.24%
	냉방	18.3	18.3	0.00%	50.2	50.2	0.00%	8.6	8.6	0.00%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	456.5	446.7	-2.15%	412.7	405.4	-1.77%	102.9	100.9	-1.94%
복합 1	난방	387.7	225.7	-41.78%	299	180.4	-39.67%	80.5	47.7	-40.75%
	냉방	18.3	15.2	-16.94%	50.2	41.9	-16.53%	8.6	7.1	-17.44%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	456.5	291.4	-36.17%	412.7	285.8	-30.75%	102.9	68.6	-33.33%
복합 2	난방	387.7	225.4	-41.86%	299	180.2	-39.73%	80.5	47.7	-40.75%
	냉방	18.3	14	-23.50%	50.2	38.5	-23.31%	8.6	6.6	-23.26%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	13.1	4.8	-63.36%	36.1	13.3	-63.16%	6.2	2.3	-62.90%
	합계	456.5	280.8	-38.49%	412.7	258.7	-37.32%	102.9	64	-37.80%

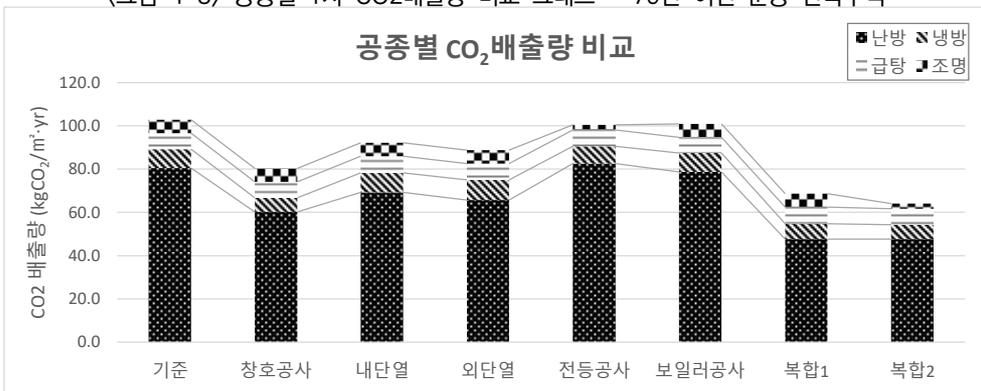
〈그림 4-6〉 공중별 에너지소요량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 단독주택



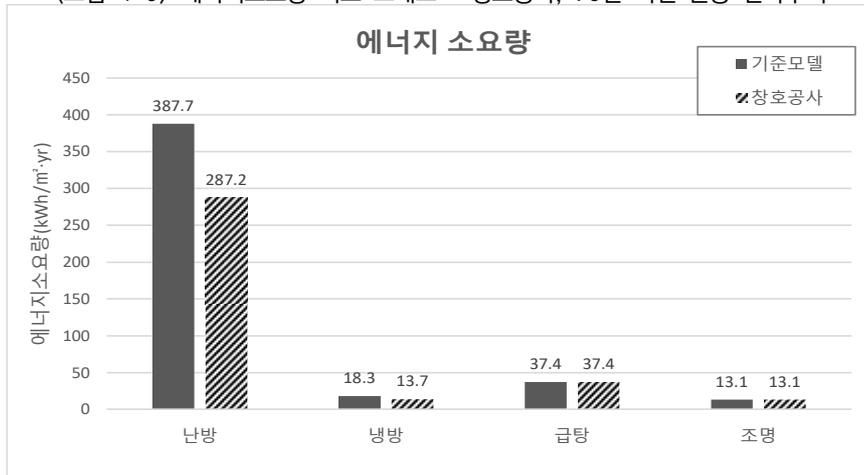
〈그림 4-7〉 공중별 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 단독주택



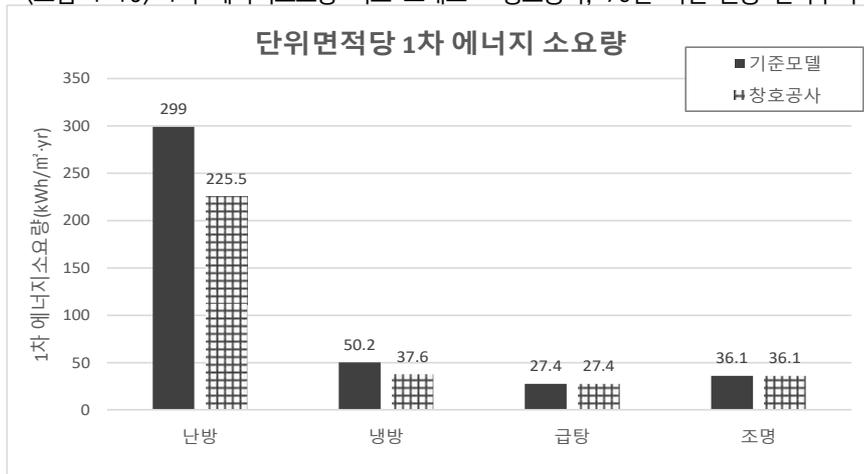
〈그림 4-8〉 공중별 1차 CO2배출량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 단독주택



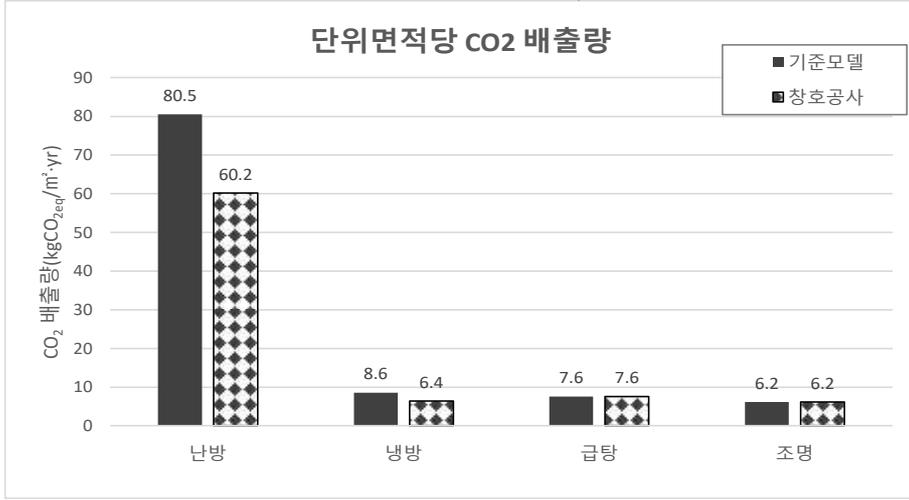
〈그림 4-9〉 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 단독주택



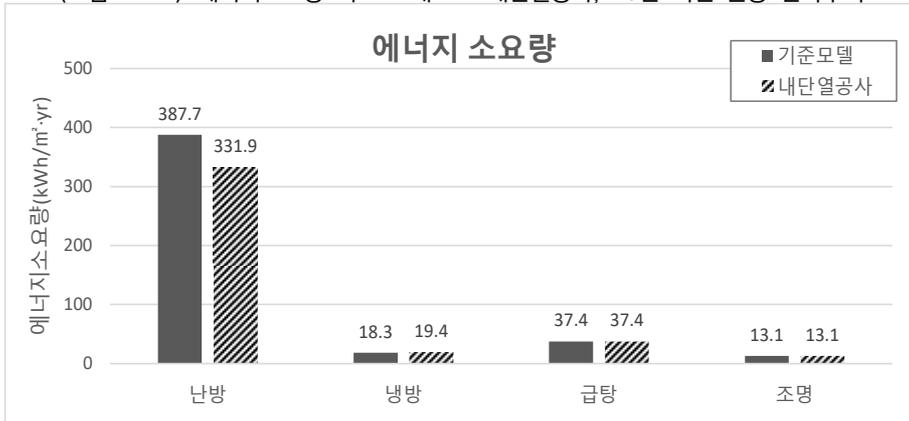
〈그림 4-10〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 단독주택



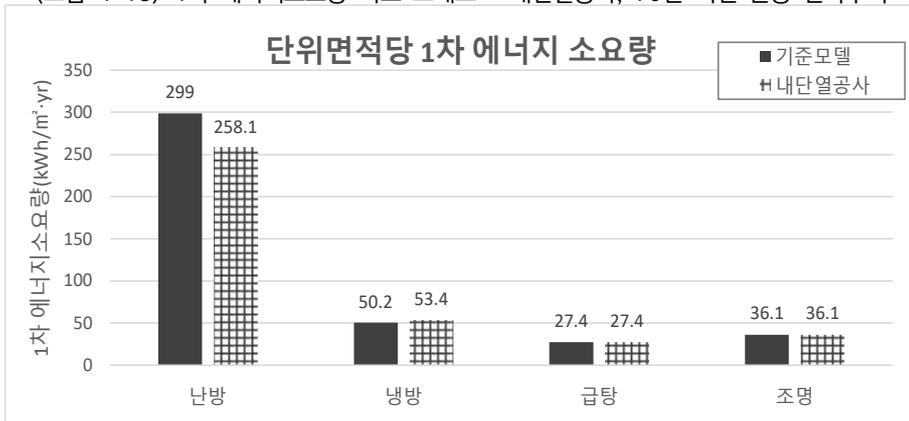
〈그림 4-11〉 CO2배출량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 단독주택



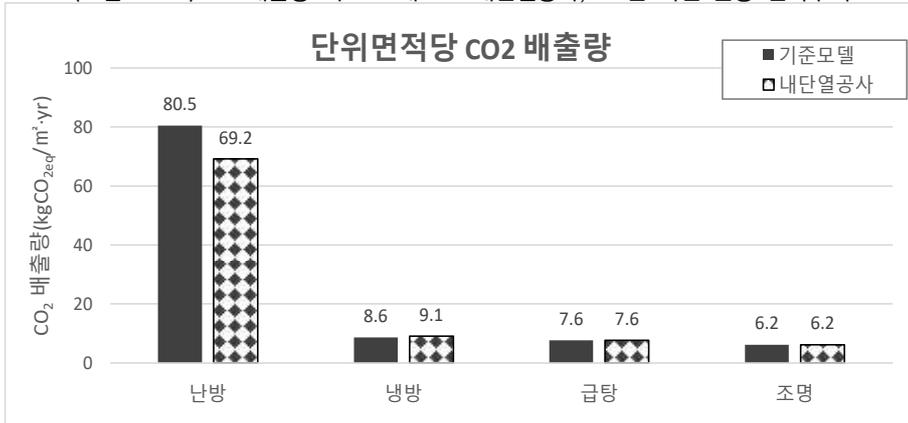
〈그림 4-12〉 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



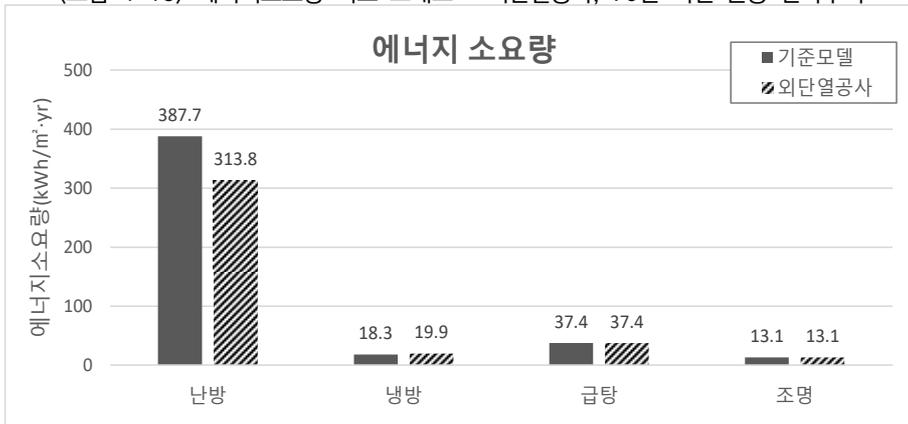
〈그림 4-13〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



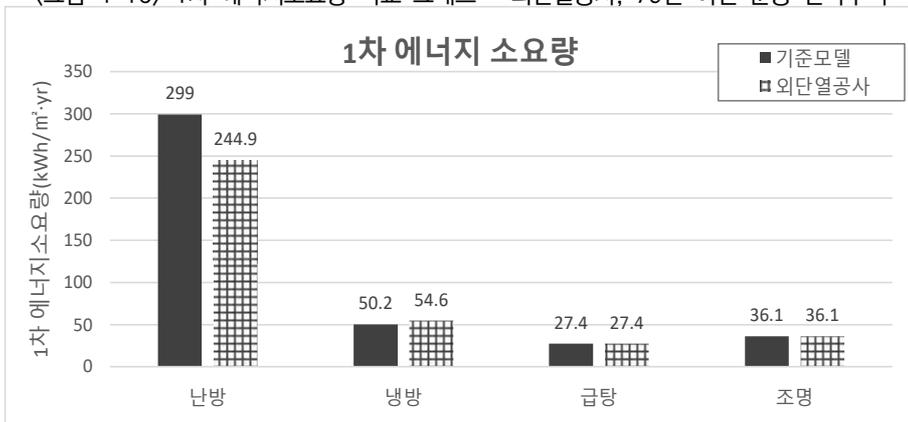
〈그림 4-14〉CO2배출량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



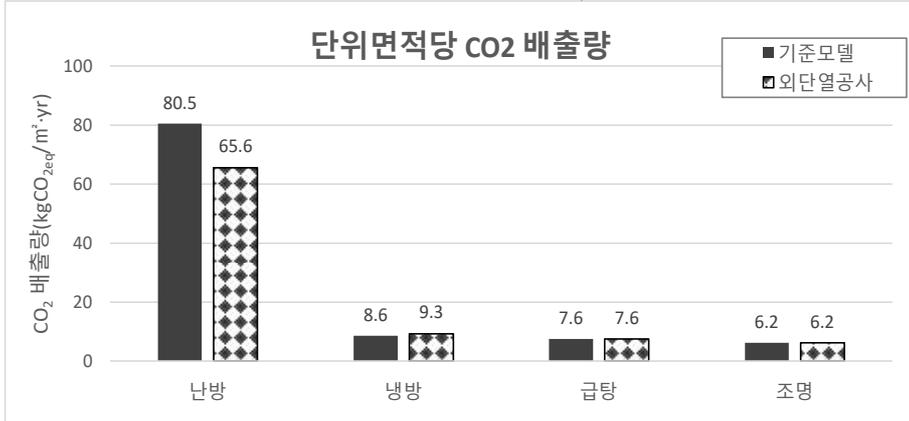
〈그림 4-15〉에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



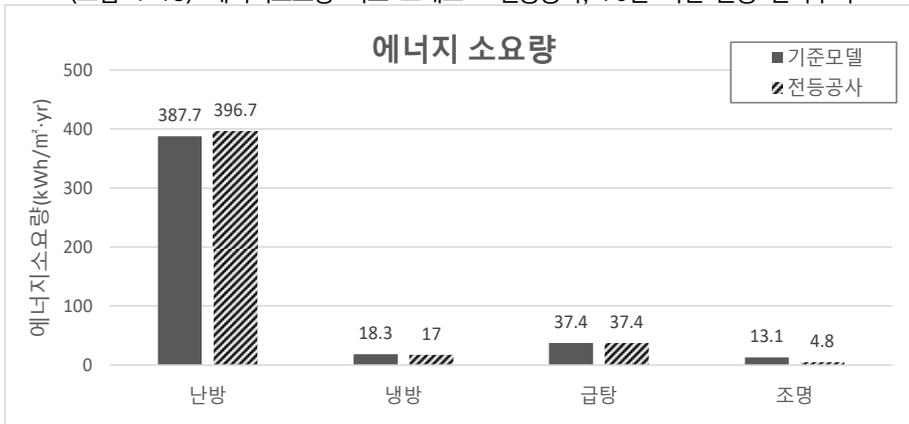
〈그림 4-16〉1차 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



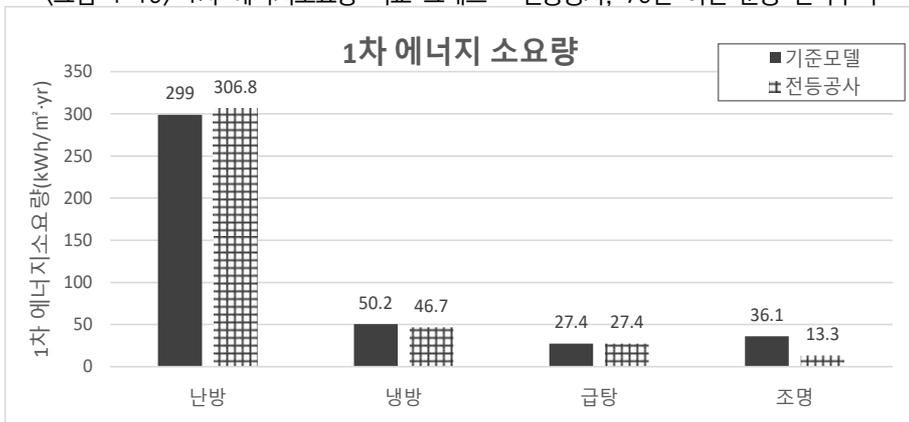
〈그림 4-17〉CO2배출량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 단독주택



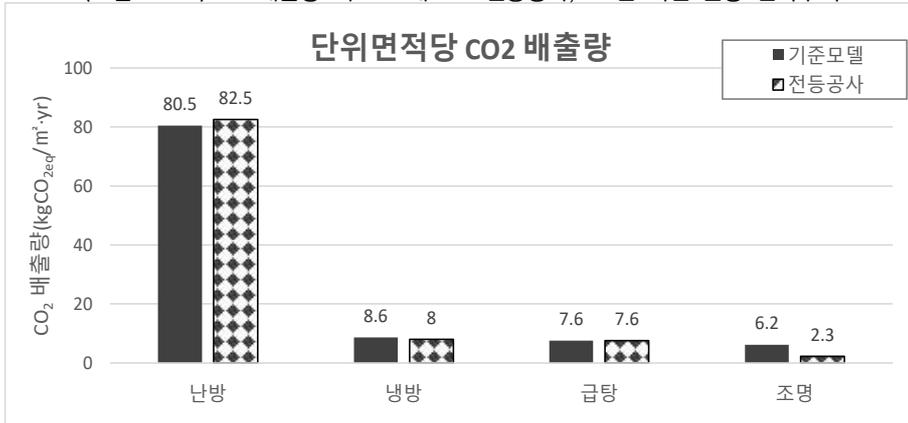
〈그림 4-18〉 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 단독주택



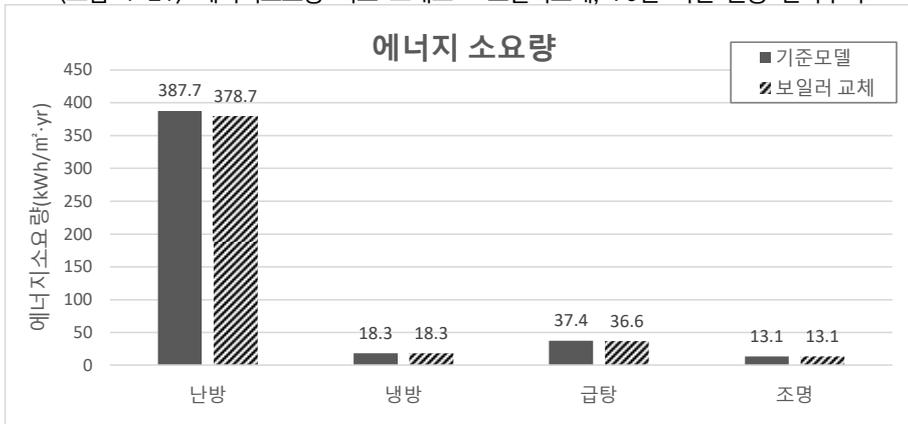
〈그림 4-19〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 단독주택



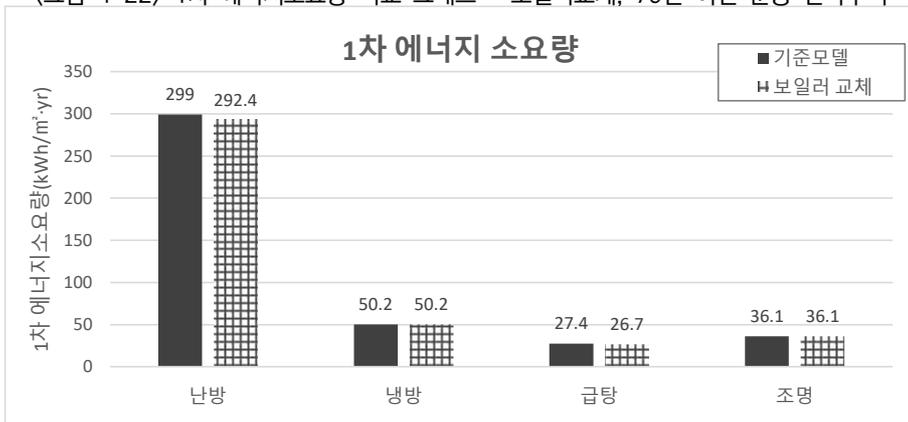
〈그림 4-20〉CO2배출량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 단독주택



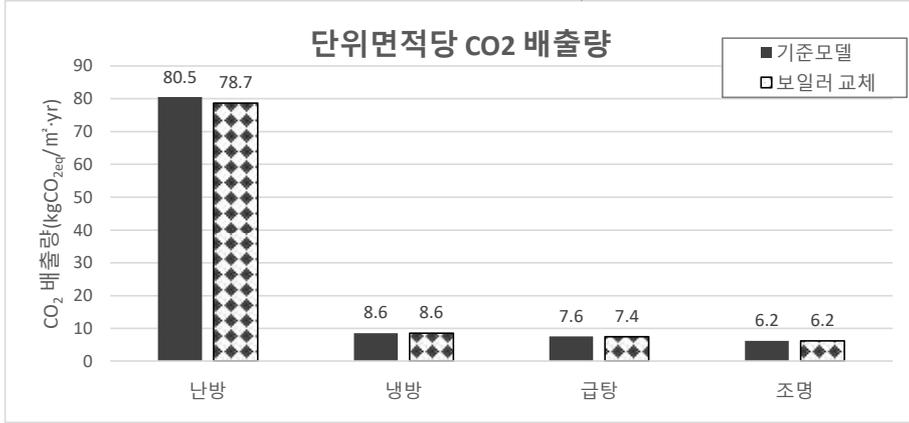
〈그림 4-21〉에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 79년 이전 준공 단독주택



〈그림 4-22〉1차 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 79년 이전 준공 단독주택



〈그림 4-23〉CO2배출량 비교 그래프 - 보일러교체, 79년 이전 준공 단독주택



2) 80년 이후 단독주택 공종별 에너지 저감효과 분석

■ 창호공사

창호공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 약 24~26%, 냉방 부문에서 약 25% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 이는 단독주택(79년 이전)과 동일하게 창호성능 개선에 따른 열관류율 감소, 일사투과량 감소 및 주택의 기밀성 향상 기인한 것으로 분석되며 난방에너지와 냉방에너지 용도에서 에너지소요량이 크게 절감되는 것으로 확인되었다.

■ 내단열 및 외단열공사

단열공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 내단열공사의 경우 7~8% 이상, 외단열공사의 경우 약 12% 이상 개선되는 것으로 확인되었다,

단열재의 보온효과로 냉방기간(여름철) 인체·기기·조명발열 등의 실내 온도가 외부로 배출되지 못하여 냉방에너지의 경우 내단열공사의 경우 3% 가량, 외단열공사의 경우 5% 이상 증가하는 것으로 나타났다. 이는 난방에너지에 감축량에 비하여 매우 적은 수치로 에너지소비 상승에는 영향이 미미할 것으로 판단된다

■ 전등공사

전등공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 냉방부문에서 6% 이상, 조명부에서 62% 이상 개선되는 것으로 확인되었으며, 난방에너지의 경우 약 2% 수준 증가하는 것으로 나타났다. 기존 형광등의 발열량 감소에 따라서 난방에너지가 증가되는 것으로 판단되나 그 영향은 미미한 것으로 판단된다.

■ 보일러

보일러공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 4~8% 수준, 급탕 부문에서 2% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방 1차 에너지소요량의 경우 약 8.31% 수준 증가하는 것으로 나타났다. 이는 보일러의 효율이 증가함에 따라 난방에너지를 공급하는데 투입되는 가스소비량 감소가 기인한 것으로 분석된다.

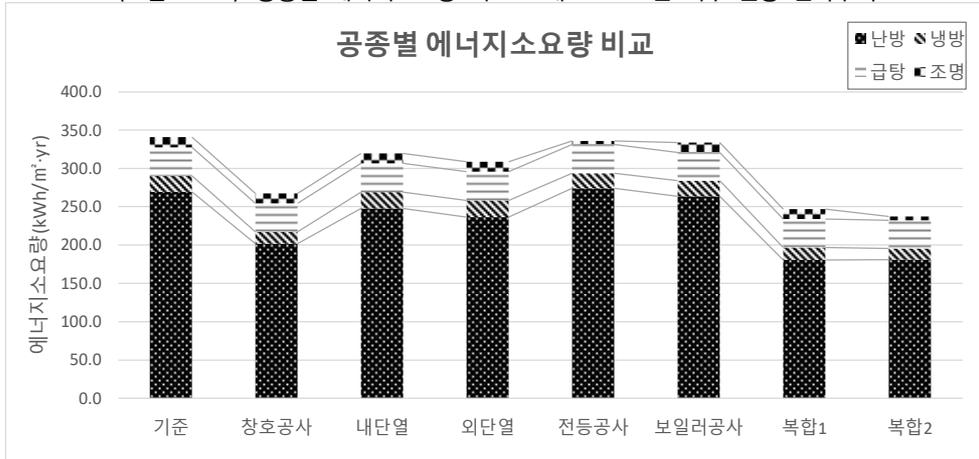
■ 공종별 에너지 성능개선 효과

공종별로 에너지 성능개선 효과는 에너지소요량, 1차에너지소요량, CO₂배출량 모두 창호공사, 외단열공사, 보일러교체, 내단열공사, 전등공사 순으로 높은 것으로 나타났다. 창호공사 및 외단열공사를 제외한 부분의 감소율은 유사한 것으로 분석되었다. 에너지 개선효과가 가장 큰 창호공사의 경우 연간 단위면적당 CO₂배출량이 14.9 kg-CO_{2eq}/m²yr 감축 되는 것으로 기대되며, 개선효과가 가장 적은 전등공사의 경우에도 3.4 kg-CO_{2eq}/m²yr 가량 감축되는 것으로 확인이 되었다.

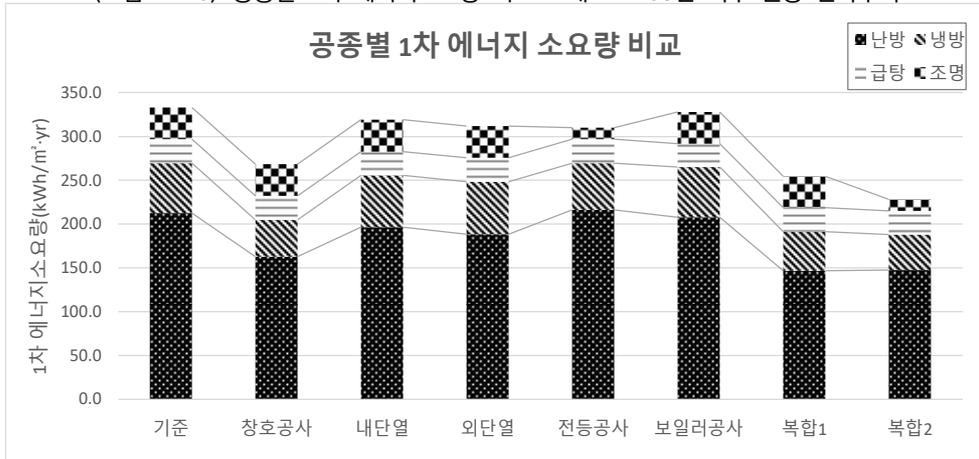
〈표 4-14〉 공종별 에너지 저감효과 분석 - 80년 이후 단독주택

		단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)		
		개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율
창호공사	난방	269.6	201.9	-25.11%	212.5	162.8	-23.39%	56.6	42.9	-24.20%
	냉방	20.7	15.3	-26.09%	57.0	42.1	-26.14%	9.7	7.2	-25.77%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	340.8	267.7	-21.45%	333.0	268.4	-19.40%	80.1	63.9	-20.22%
내단열공사	난방	269.6	247.6	-8.16%	212.5	196.4	-7.58%	56.6	52.1	-7.95%
	냉방	20.7	21.4	3.38%	57.0	58.9	3.33%	9.7	10.1	4.12%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	340.8	319.5	-6.25%	333.0	318.8	-4.26%	80.1	76	-5.12%
외단열공사	난방	269.6	236.5	-12.28%	212.5	188.2	-11.44%	56.6	49.9	-11.84%
	냉방	20.7	21.8	5.31%	57.0	60	5.26%	9.7	10.2	5.15%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	340.8	308.8	-9.39%	333.0	311.7	-6.40%	80.1	73.9	-7.74%
전등공사	난방	269.6	274.2	1.71%	212.5	215.9	1.60%	56.6	57.5	1.59%
	냉방	20.7	19.5	-5.80%	57.0	53.5	-6.14%	9.7	9.1	-6.19%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	4.8	-63.36%	36.1	13.3	-63.16%	6.2	2.3	-62.90%
	합계	340.8	335.9	-1.44%	333.0	310.1	-6.88%	80.1	76.5	-4.49%
보일러	난방	269.6	263.4	-2.30%	212.5	208	-2.12%	56.6	55.3	-2.30%
	냉방	20.7	20.7	0.00%	57	57	0.00%	9.7	9.7	0.00%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	340.8	333.8	-2.05%	333	327.8	-1.56%	80.1	78.6	-1.87%
복합 1	난방	269.6	180.5	-33.05%	212.5	147	-30.82%	56.6	38.5	-31.98%
	냉방	20.7	16.1	-22.22%	57	44.1	-22.63%	9.7	7.5	-22.68%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	13.1	13.1	0.00%	36.1	36.1	0.00%	6.2	6.2	0.00%
	합계	340.8	247.1	-27.49%	333	254.6	-23.54%	80.1	59.8	-25.34%
복합 2	난방	269.6	181.1	-32.83%	212.5	147.5	-30.59%	56.6	38.6	-31.80%
	냉방	20.7	14.7	-28.99%	57	40.6	-28.77%	9.7	6.9	-28.87%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	13.1	4.8	-63.36%	36.1	13.3	-63.16%	6.2	2.3	-62.90%
	합계	340.8	237.2	-30.40%	333	228.1	-31.50%	80.1	55.2	-31.09%

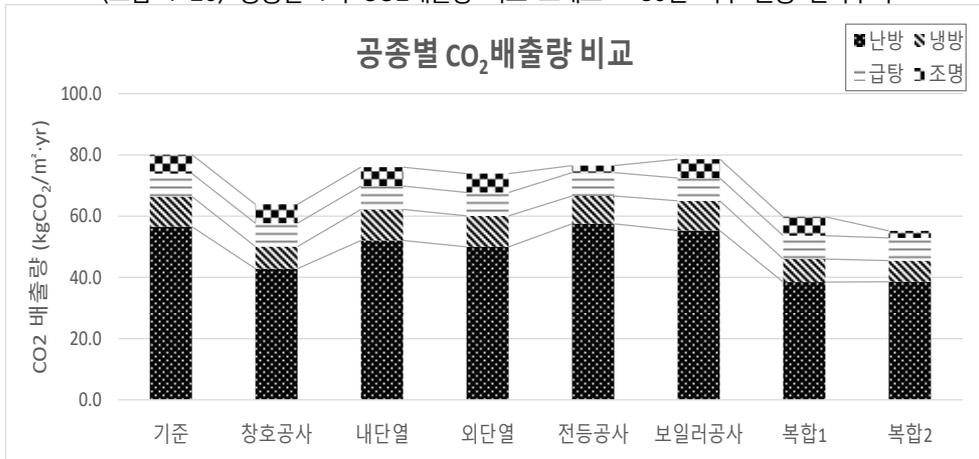
〈그림 4-24〉 공종별 에너지소요량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 단독주택



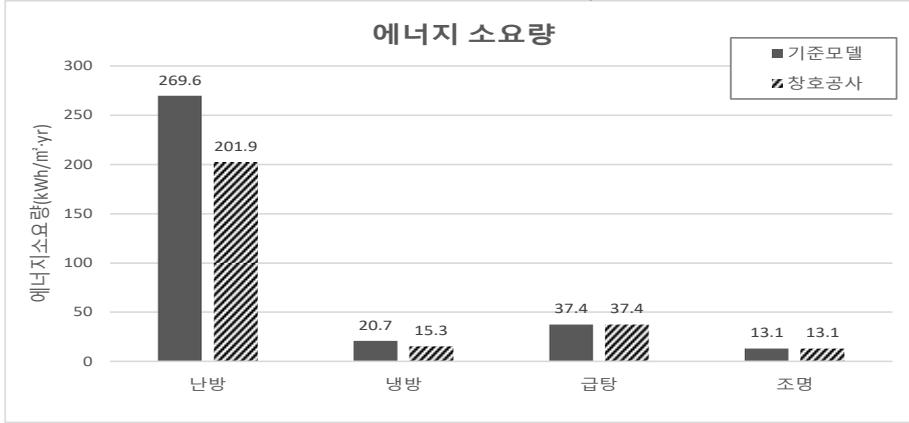
〈그림 4-25〉 공종별 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 단독주택



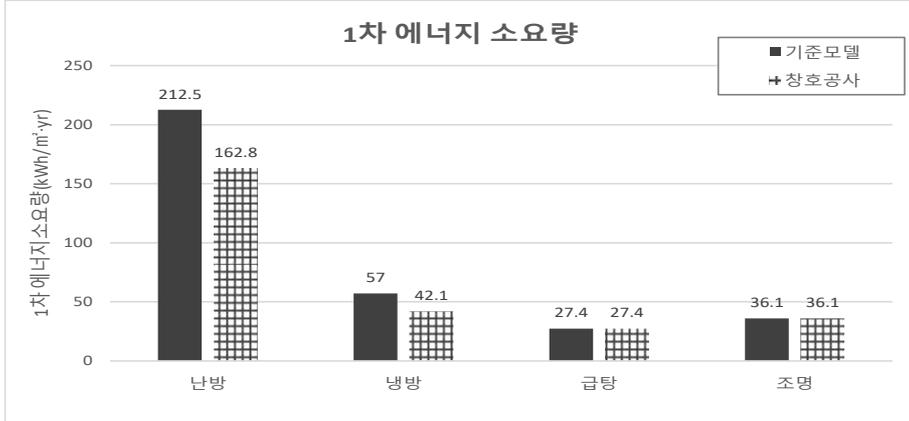
〈그림 4-26〉 공종별 1차 CO2배출량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 단독주택



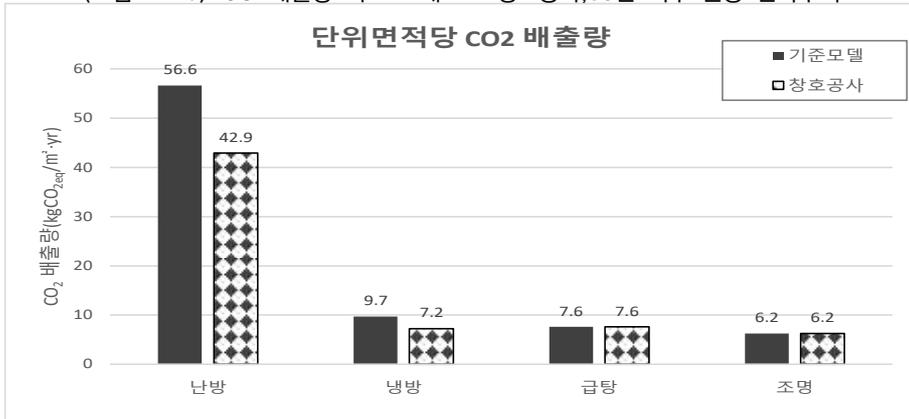
〈그림 4-27〉 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사,80년 이후 준공 단독주택



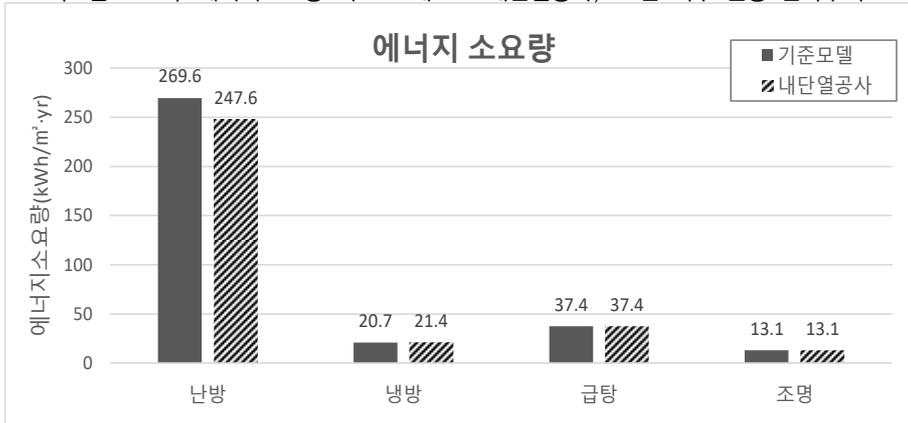
〈그림 4-28〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사,80년 이후 준공 단독주택



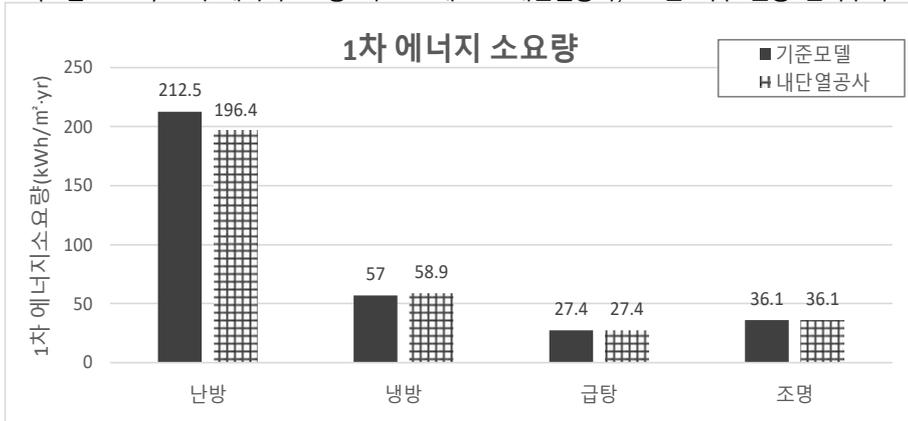
〈그림 4-29〉 CO2배출량 비교 그래프 - 창호공사,80년 이후 준공 단독주택



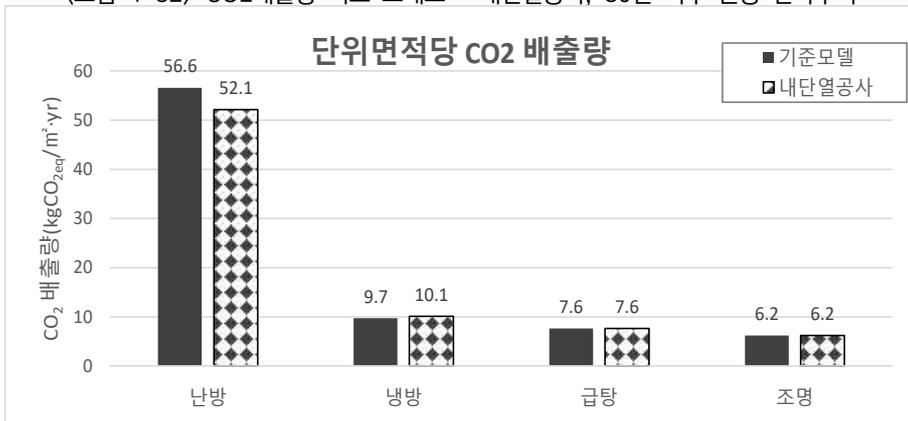
〈그림 4-30〉 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



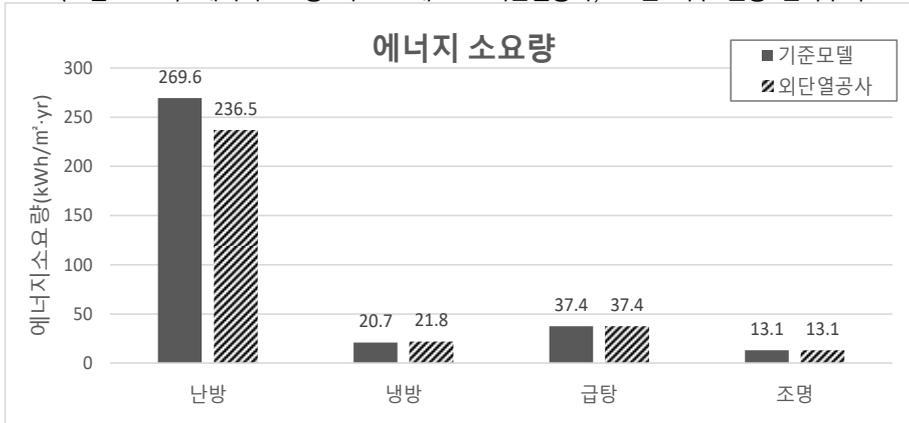
〈그림 4-31〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



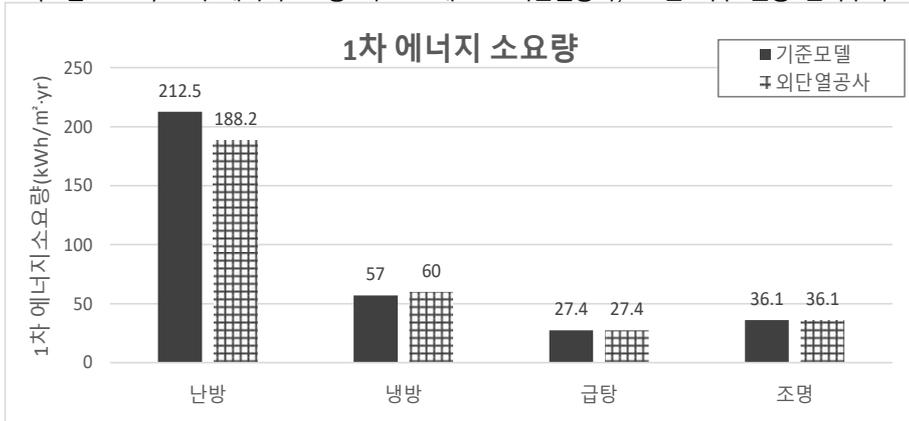
〈그림 4-32〉 CO2배출량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



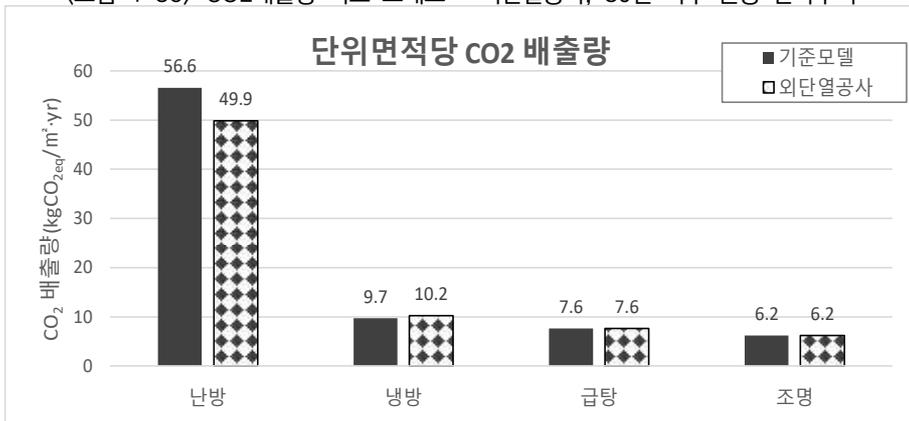
〈그림 4-33〉 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



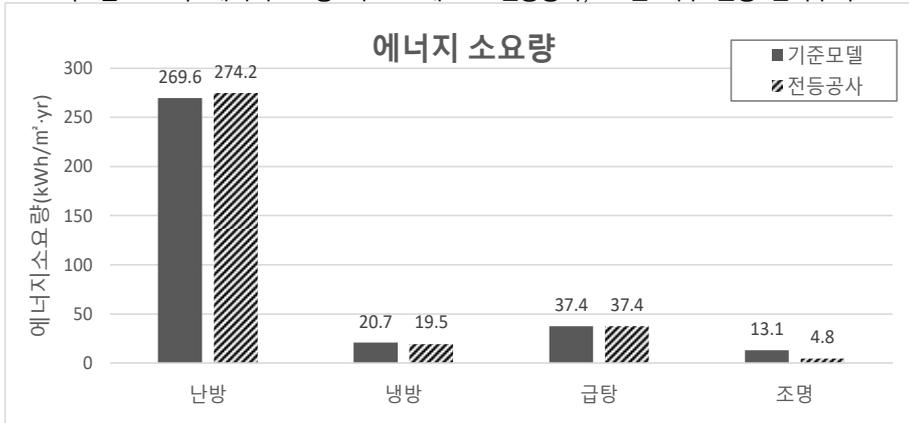
〈그림 4-34〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



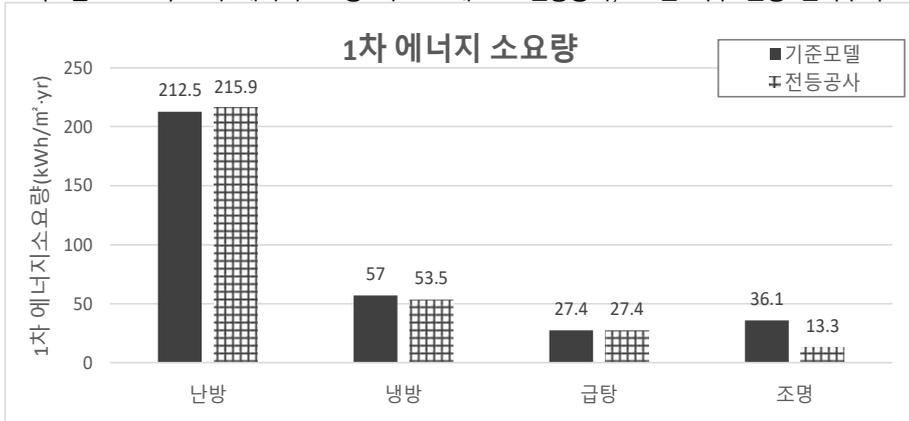
〈그림 4-35〉 CO2배출량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 단독주택



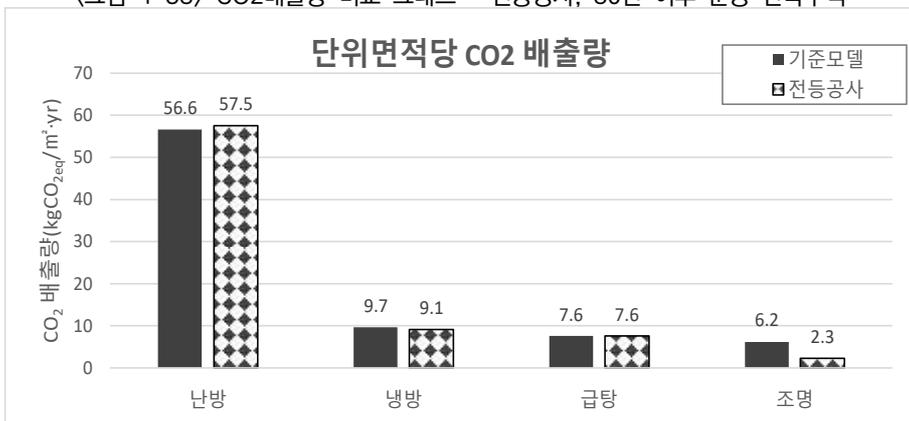
〈그림 4-36〉 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 단독주택



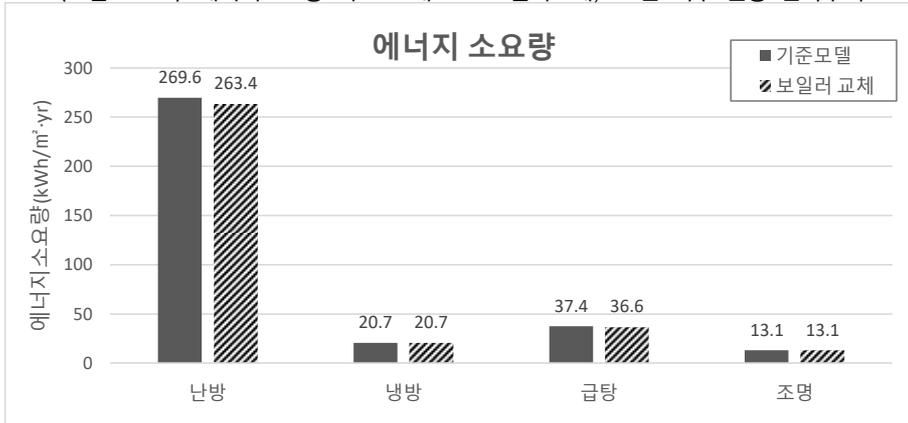
〈그림 4-37〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 단독주택



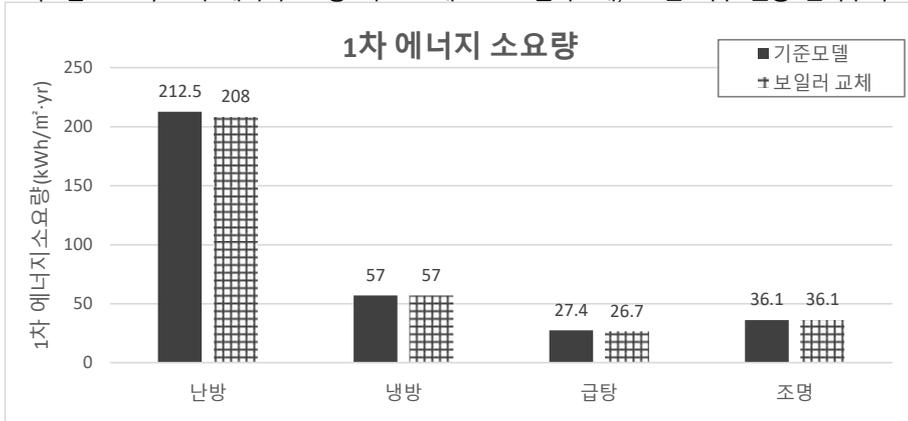
〈그림 4-38〉 CO2배출량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 단독주택



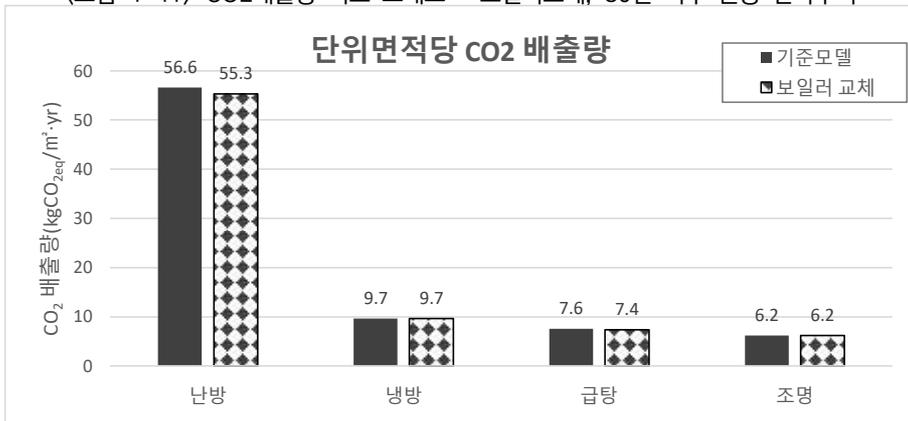
〈그림 4-39〉 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 단독주택



〈그림 4-40〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 단독주택



〈그림 4-41〉 CO2배출량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 단독주택



3) 79년 이전 공동주택 공종별 에너지 저감효과 분석

■ 창호공사

창호공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 약 17~19%, 냉방 부문에서 약 20% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 단독주택(79년 이전)의 창호공사 대비 적은 수치의 감소율이며 이는 단독주택 대비 창면적비가 낮은 건물의 형태적 특성이 기인한 것으로 판단된다.

■ 내단열 및 외단열공사

단열공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 내단열공사의 경우 12~13% 이상, 외단열공사의 경우 17~18% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 냉방에너지의 경우 내 단열공사의 경우 7% 이상, 외단열공사의 경우 10% 이상 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 단열재의 보온효과로 난방기간(겨울철)은 난방에너지가 절감되지만, 냉방기간(여름철) 인체·기가·조명발열 등의 실내 온도가 외부로 배출되지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

■ 전등공사

전등공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 냉방부문에서 9% 이상, 조명부문에서 58% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방에너지의 경우 약 1.68% 수준 증가하는 것으로 나타났는데, 기존형광등의 발열량 감소에 따라서 난방에너지가 증가되는 것으로 판단되나 그 영향은 미미한 것으로 판단된다.

■ 보일러

보일러공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 4~8% 수준, 급탕부문에서 2% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 이는 보일러의 효율이 증가함에 따라 난방에너지를 공급하는데 투입되는 가스소비량 감소가 기인한 것으로 분석된다.

■ 공종별 에너지 성능개선 효과

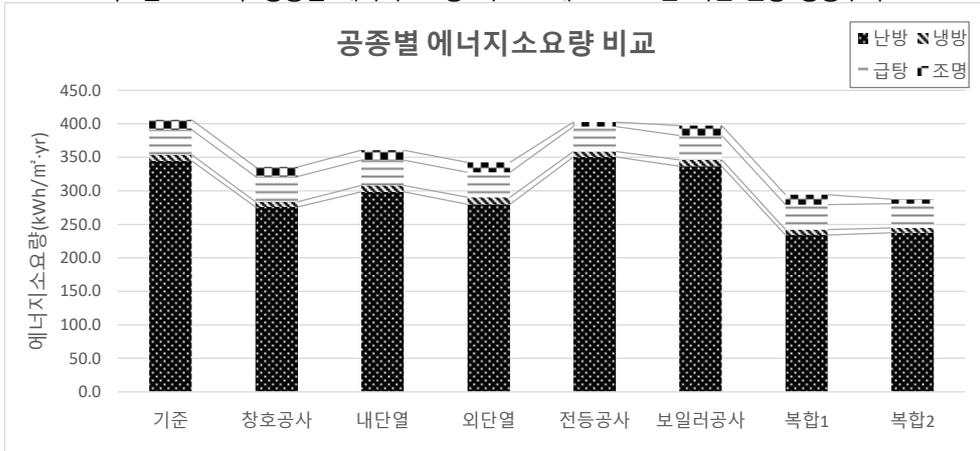
공종별로 에너지 성능개선 효과는 에너지소요량, 1차에너지소요량, CO₂배출량 모두 창호공사, 외단열공사, 내단열공사, 보일러교체, 전등공사 순으로 높은 것으로 나타났다.

에너지 개선효과가 가장 큰 창호공사의 경우 연간 단위면적당 CO₂배출량이 14.7 kg-CO_{2eq}/m²yr 감축 되는 것으로 기대되며, 개선효과가 가장 적은 전등공사의 경우에도 3.3 kg-CO_{2eq}/m²yr 가량 감축되는 것으로 확인이 되었다.

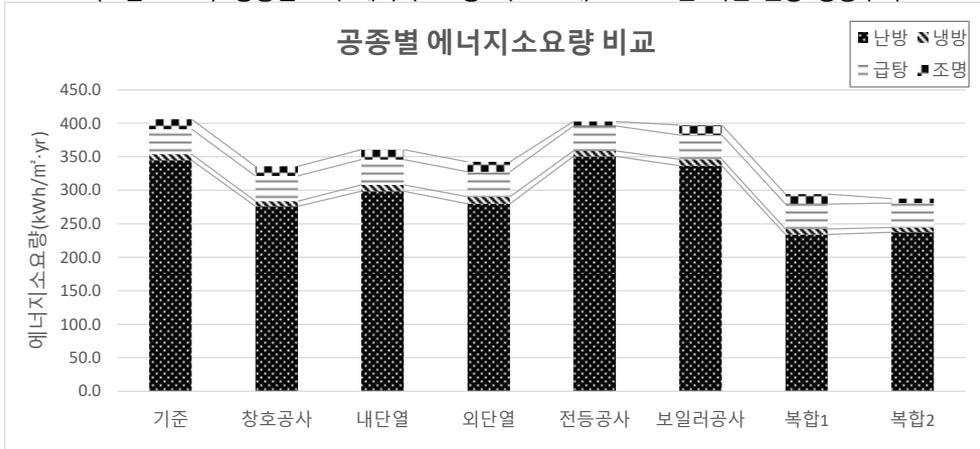
〈표 4-15〉 공종별 에너지 저감효과 분석 - 79년 이전 준공 공동주택

		단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)		
		개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율
창호공사	난방	344.6	276.4	-19.79%	281.2	231.2	-17.78%	73.6	59.8	-18.75%
	냉방	12.9	10.3	-20.65%	35.8	28.3	-20.87%	6.1	4.8	-20.93%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	409.9	339.1	-17.29%	385.6	328.1	-14.90%	94.3	79.2	-15.99%
내단열공사	난방	344.6	298.5	-13.38%	281.2	247.3	-12.06%	73.6	64.3	-12.64%
	냉방	12.9	13.9	7.61%	35.8	38.4	7.09%	6.1	6.5	6.98%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	409.9	364.8	-11.01%	385.6	354.3	-8.13%	94.3	85.4	-9.41%
외단열공사	난방	344.6	280.0	-18.75%	281.2	232.7	-17.25%	73.6	60.4	-17.93%
	냉방	12.9	14.3	10.87%	35.8	39.5	10.24%	6.1	6.8	11.63%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	409.9	346.7	-15.42%	385.6	340.8	-11.63%	94.3	81.8	-13.25%
전등공사	난방	344.6	350.4	1.68%	281.2	285.5	1.53%	73.6	74.8	1.63%
	냉방	12.9	11.7	-9.78%	35.8	32.3	-9.84%	6.1	5.5	-9.30%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	6.3	-58.00%	41.2	17.2	-58.25%	7.0	2.9	-58.57%
	합계	409.9	405.8	-1.02%	385.6	362.4	-6.02%	94.3	90.8	-3.68%
보일러	난방	344.6	336.8	-2.26%	281.2	275.5	-2.03%	73.6	72.0	-2.17%
	냉방	12.9	12.9	0.00%	35.8	35.8	0.00%	6.1	6.1	0.00%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	409.9	401.3	-2.10%	385.6	379.2	-1.66%	94.3	92.5	-1.91%
복합 1	난방	344.6	234.0	-32.10%	281.2	198.9	-29.27%	73.6	51.0	-30.71%
	냉방	12.9	11.2	-13.04%	35.8	30.9	-13.78%	6.1	5.2	-13.95%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	409.9	297.6	-27.39%	385.6	298.4	-22.62%	94.3	70.8	-24.87%
복합 2	난방	344.6	237.5	-31.08%	281.2	202.5	-27.99%	73.6	51.9	-29.48%
	냉방	12.9	9.8	-23.91%	35.8	27.4	-23.62%	6.1	4.7	-23.26%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	15.0	6.3	-58.00%	41.2	17.2	-58.25%	7.0	2.9	-58.57%
	합계	409.9	290.2	-29.20%	385.6	273.8	-29.01%	94.3	66.9	-29.08%

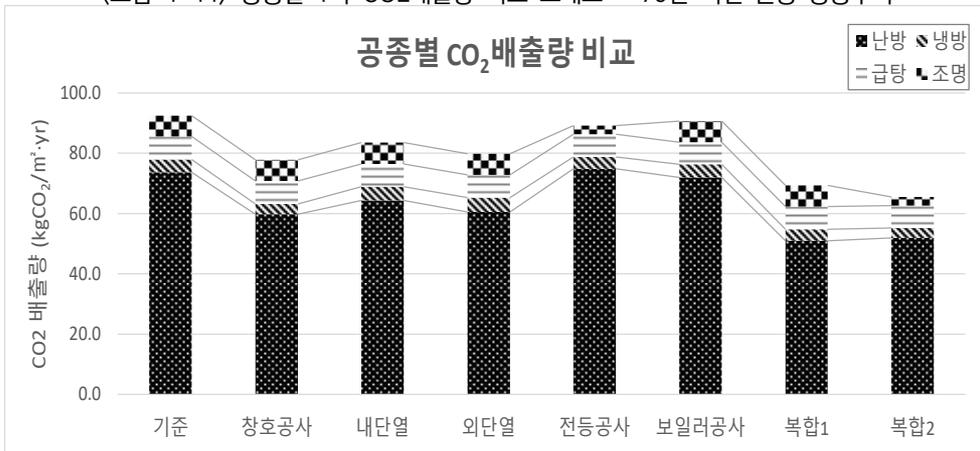
〈그림 4-42〉 공중별 에너지소요량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 공동주택



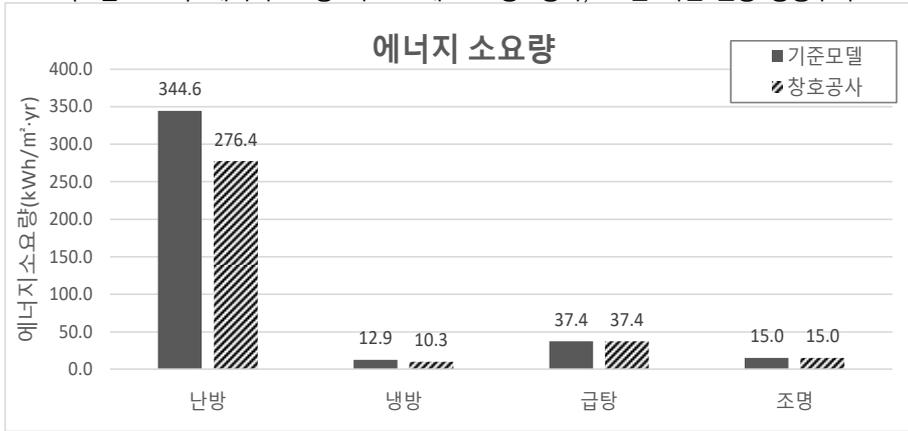
〈그림 4-43〉 공중별 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 공동주택



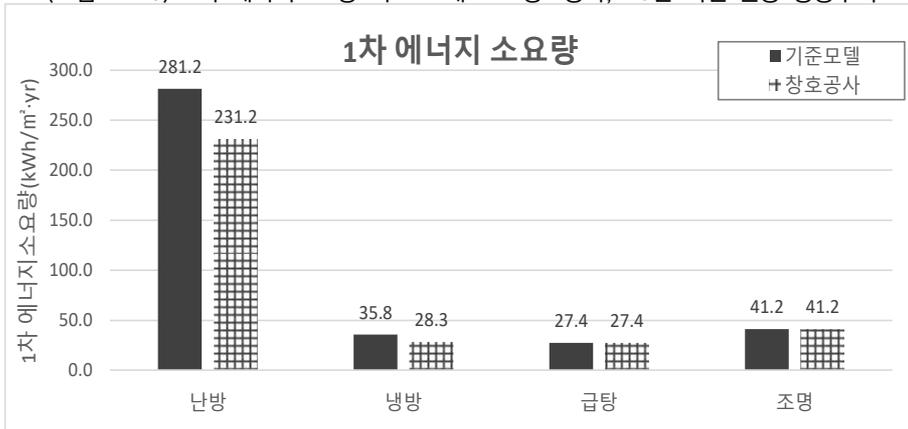
〈그림 4-44〉 공중별 1차 CO2배출량 비교 그래프 - 79년 이전 준공 공동주택



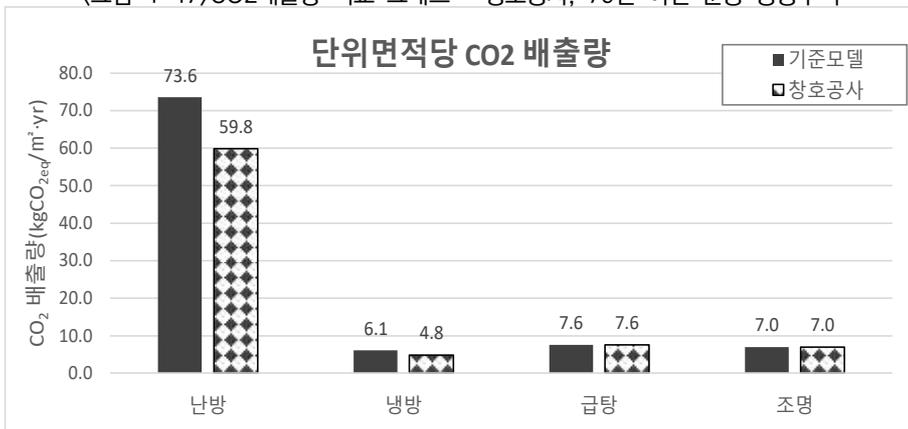
〈그림 4-45〉 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 공동주택



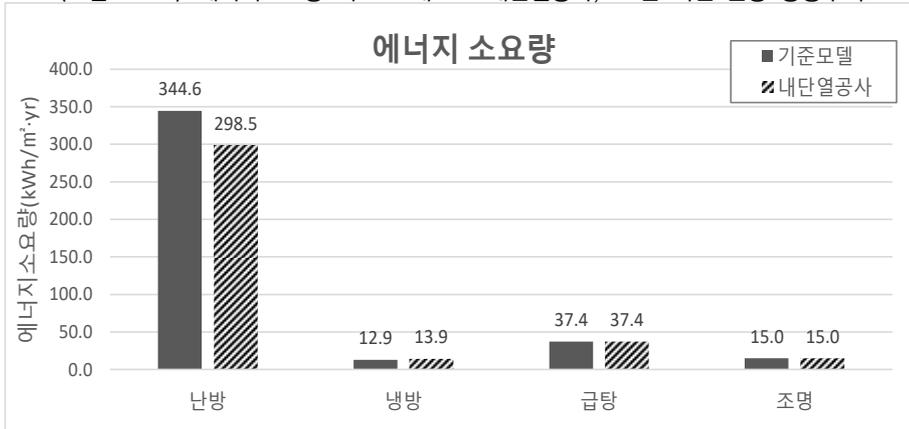
〈그림 4-46〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 공동주택



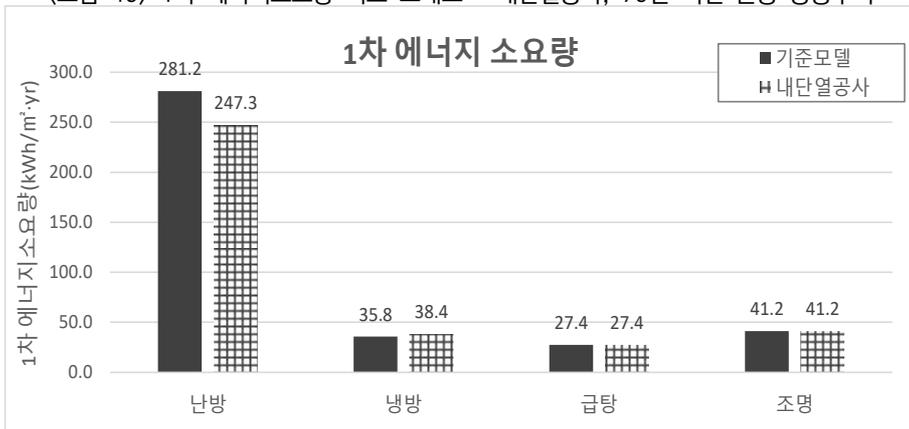
〈그림 4-47〉 CO₂배출량 비교 그래프 - 창호공사, 79년 이전 준공 공동주택



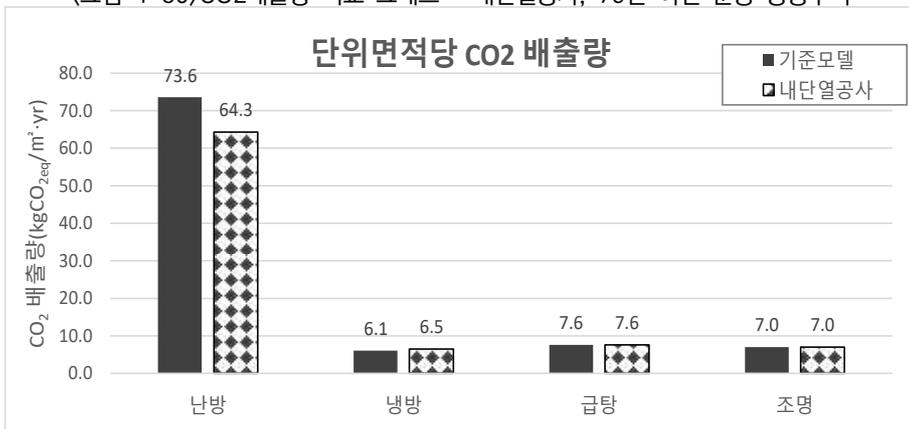
〈그림 4-48〉 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



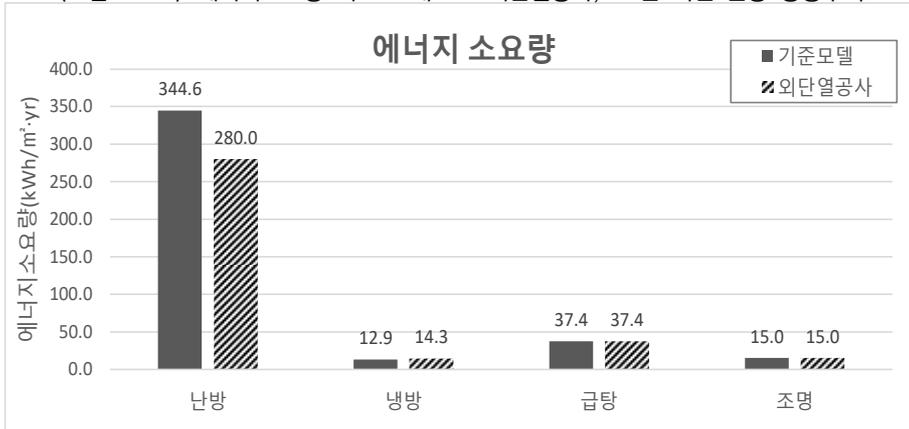
〈그림 49〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



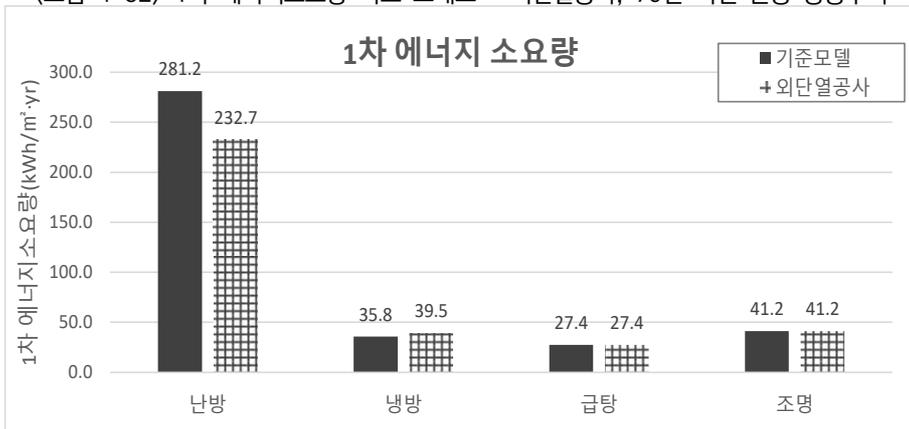
〈그림 4-50〉 CO2배출량 비교 그래프 - 내단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



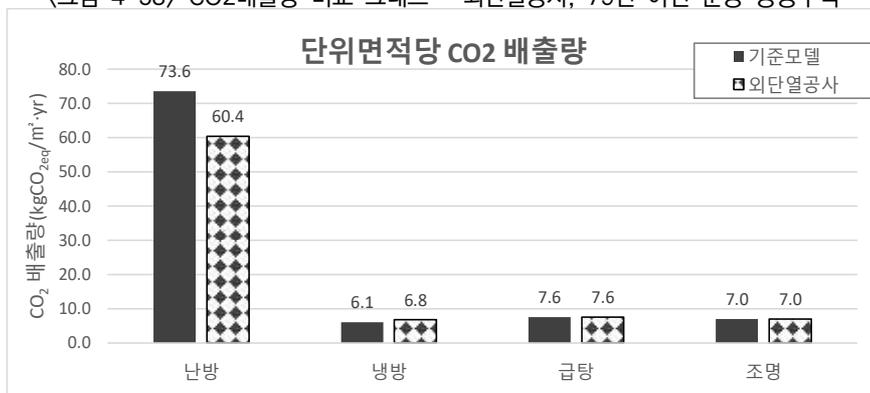
〈그림 4-51〉 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



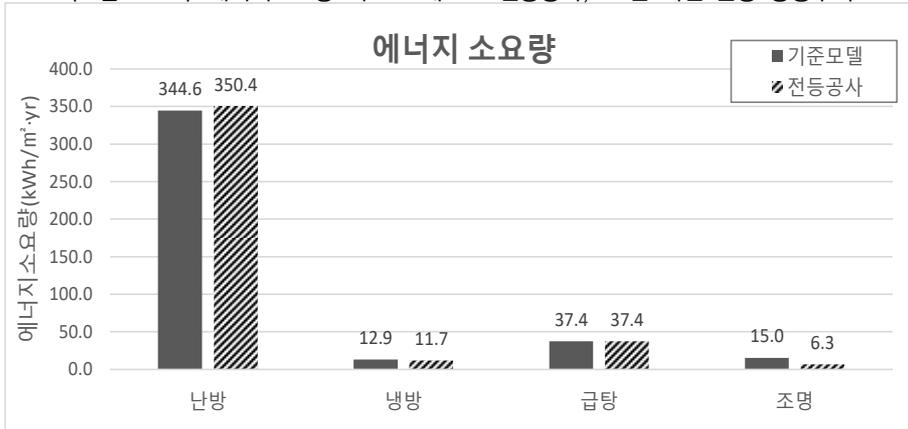
〈그림 4-52〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



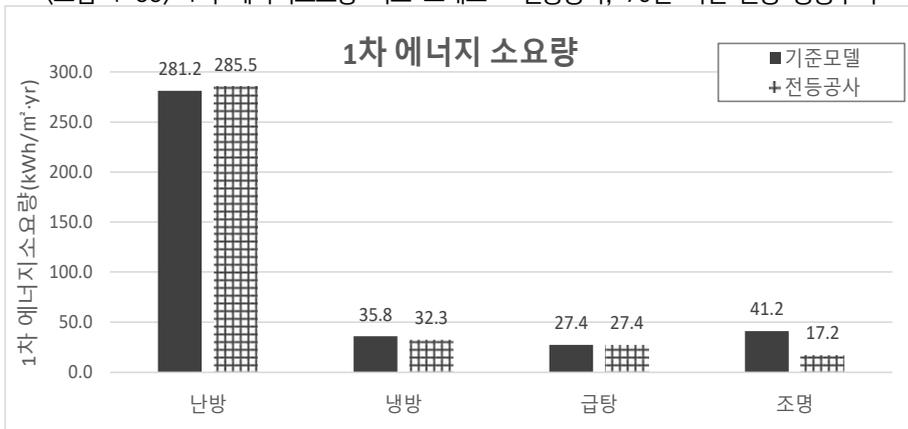
〈그림 4-53〉 CO2배출량 비교 그래프 - 외단열공사, 79년 이전 준공 공동주택



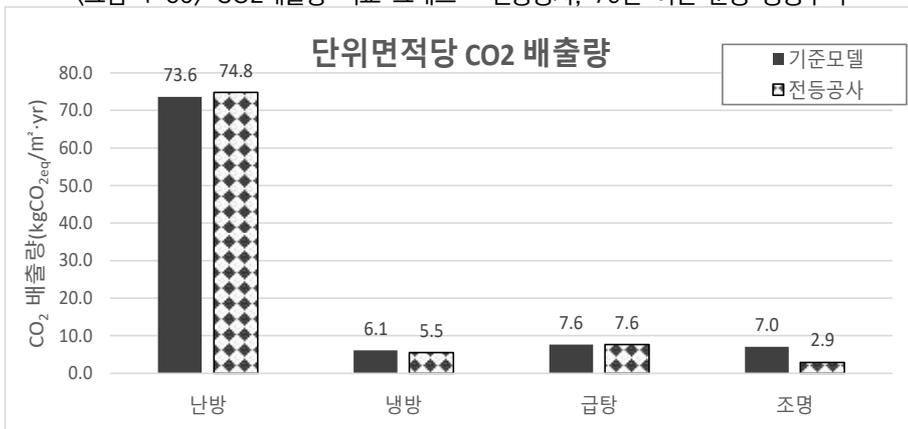
〈그림 4-54〉 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 공동주택



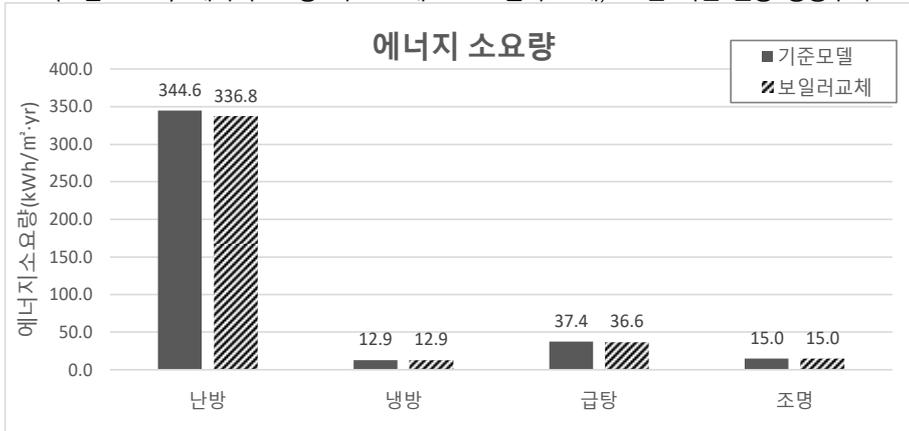
〈그림 4-55〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 공동주택



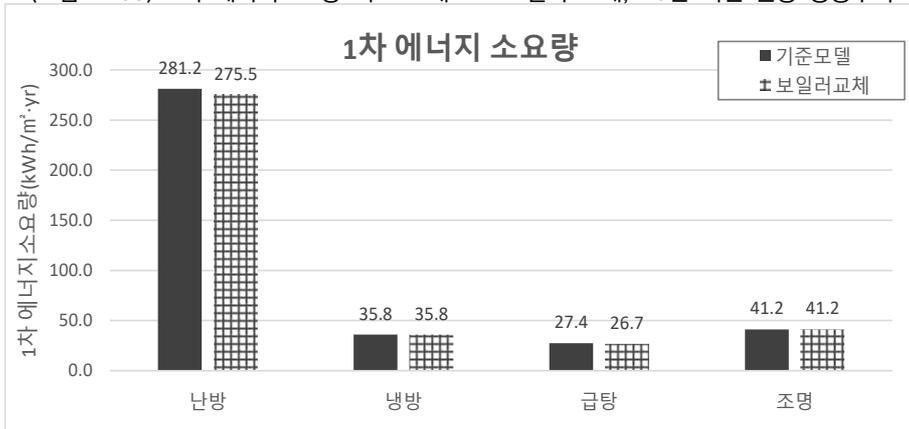
〈그림 4-56〉 CO₂배출량 비교 그래프 - 전등공사, 79년 이전 준공 공동주택



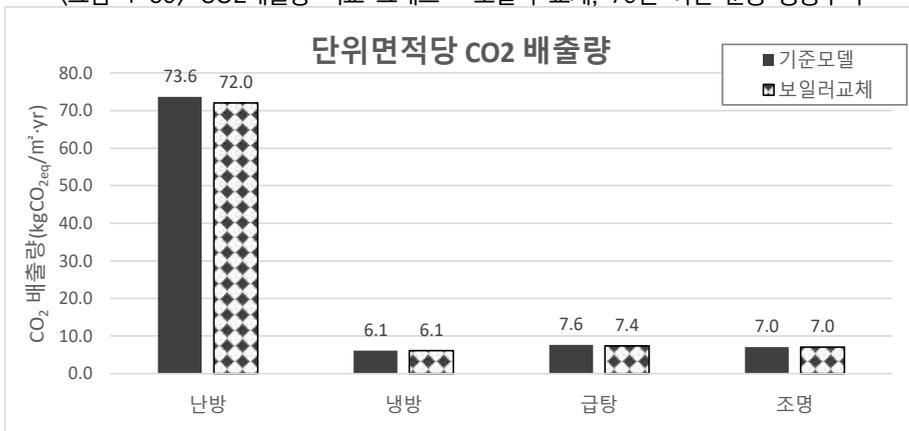
〈그림 4-57〉 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러 교체, 79년 이전 준공 공동주택



〈그림 4-58〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러 교체, 79년 이전 준공 공동주택



〈그림 4-59〉 CO2배출량 비교 그래프 - 보일러 교체, 79년 이전 준공 공동주택



4) 80년 이후 공동주택 공종별 에너지 저감효과 분석

■ 창호공사

창호공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 약 20~23%, 냉방 부문에서 약 19% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 이는 창호성능 개선에 따른 열관류율 감소, 일사투과량 감소 및 주택의 기밀성 향상에 의한 것으로 판단되며 난방에너지와 냉방에너지용도에서 에너지소요량이 크게 절감되는 것으로 확인되었다.

■ 내단열 및 외단열공사

단열공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 내단열공사의 경우 6~7% 이상, 외단열공사의 경우 9~10% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 냉방에너지의 경우 내단열공사의 경우 2~4% 이상, 외단열공사의 경우 4~6% 이상 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 단열재의 보온효과로 난방기간(겨울철)은 난방에너지가 절감되지만, 냉방기간(여름철) 인체·기기·조명발열 등의 실내 온도가 외부로 배출되지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

■ 전등공사

전등공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 냉방부문에서 6% 이상, 조명부문에서 62% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방에너지의 경우 약 1.5% 수준 증가하는 것으로 나타났는데, 기존형광등의 발열량 감소에 따라서 난방에너지가 증가되는 것으로 판단되나 그 영향은 미미한 것으로 판단된다.

■ 보일러

보일러공사 전·후 에너지소요량, 1차에너지소요량 및 CO₂ 배출량은 난방부문에서 6~15% 수준, 급탕부문에서 2% 이상 개선되는 것으로 확인되었다. 난방 1차 에너지소요량의 경우 약 8.31% 수준 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 보일러의 효율이 증가함에 따라 난방에너지를 공급하는데 투입되는 가스 소비량 감소가 기인한 것으로 분석된다.

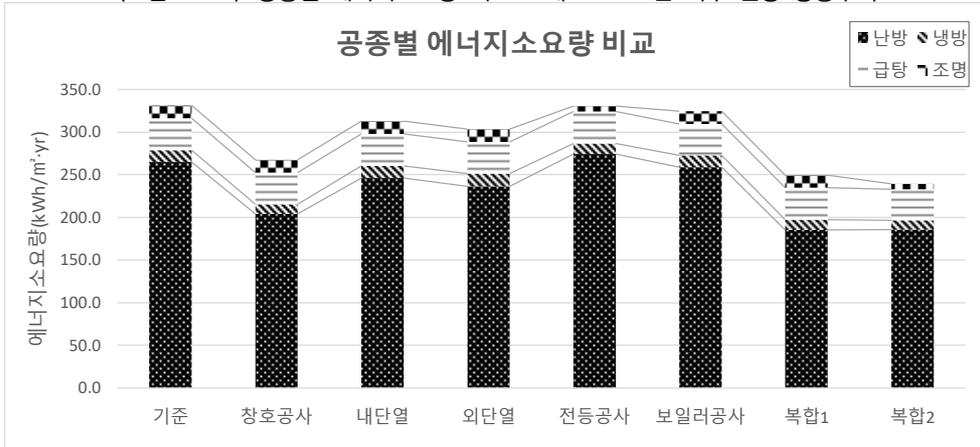
■ 공종별 에너지 성능개선 효과 비교

공종별로 에너지 성능개선 효과는 에너지소요량, CO₂배출량은 창호공사, 외단열공사, 내단열공사, 보일러교체, 전등공사 순으로 높은 것으로 나타났다. 에너지 개선효과가 가장 큰 창호공사의 경우 연간 단위면적당 CO₂배출량이 13.3 kg-CO₂eq/m²yr 감축 되는 것으로 기대되며, 개선효과가 가장 적은 전등공사의 경우에도 2.5 kg-CO₂eq/m²yr 가량 감축되는 것으로 확인이 되었다.

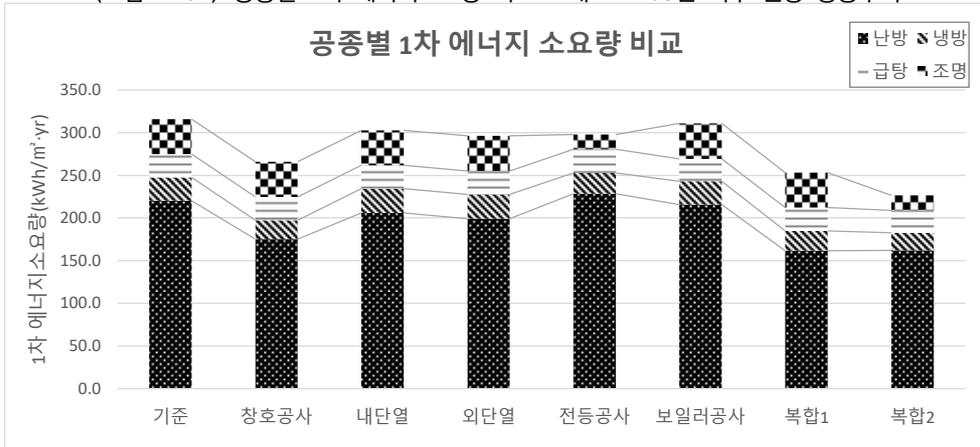
〈표 4-16〉 공종별 에너지 저감효과 분석 - 80년 이후 준공 공동주택

		단위면적당 에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 1차에너지소요량 (KWh/㎡·년)			단위면적당 CO2 배출량 (kg/㎡·년)		
		개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율	개선전	개선후	변화율
창호공사	난방	264.8	203.9	-23.00%	220.0	175.2	-20.36%	57.1	44.7	-21.72%
	냉방	13.9	11.2	-19.19%	27.3	22.0	-19.41%	6.7	5.4	-19.15%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	331.1	267.5	-19.20%	315.9	265.8	-15.86%	78.4	64.7	-17.45%
내단열공사	난방	264.8	245.8	-7.18%	220.0	206.0	-6.36%	57.1	53.2	-6.83%
	냉방	13.9	14.5	4.04%	27.3	28.3	3.66%	6.7	6.8	2.13%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	331.1	312.7	-5.57%	315.9	302.9	-4.12%	78.4	74.6	-4.80%
외단열공사	난방	264.8	236.4	-10.73%	220.0	199.0	-9.55%	57.1	51.3	-10.16%
	냉방	13.9	14.8	6.06%	27.3	28.8	5.49%	6.7	6.9	4.26%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	331.1	303.6	-8.32%	315.9	296.4	-6.17%	78.4	72.8	-7.04%
전등공사	난방	264.8	274.1	3.51%	220.0	228.4	3.82%	57.1	59.2	3.68%
	냉방	13.9	12.7	-9.09%	27.3	24.7	-9.52%	6.7	6.0	-10.64%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	6.3	-58.00%	41.2	17.3	-58.01%	7.0	2.9	-58.57%
	합계	331.1	330.5	-0.20%	315.9	297.8	-5.73%	78.4	75.7	-3.46%
보일러	난방	264.8	258.9	-2.23%	220.0	215.6	-2.00%	57.1	55.9	-2.10%
	냉방	13.9	13.9	0.00%	27.3	27.3	0.00%	6.7	6.7	0.00%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	331.1	324.4	-2.02%	315.9	310.8	-1.61%	78.4	77.0	-1.79%
복합 1	난방	264.8	185.4	-29.98%	220.0	161.6	-26.55%	57.1	41.0	-28.20%
	냉방	13.9	11.8	-15.15%	27.3	23.2	-15.02%	6.7	5.7	-14.89%
	급탕	37.4	37.4	0.00%	27.4	27.4	0.00%	7.6	7.6	0.00%
	조명	15.0	15.0	0.00%	41.2	41.2	0.00%	7.0	7.0	0.00%
	합계	331.1	249.6	-24.62%	315.9	253.4	-19.78%	78.4	61.3	-21.81%
복합 2	난방	264.8	185.9	-29.80%	220.0	162.0	-26.36%	57.1	41.1	-28.02%
	냉방	13.9	10.5	-24.24%	27.3	20.5	-24.91%	6.7	5.0	-25.53%
	급탕	37.4	36.6	-2.14%	27.4	26.7	-2.55%	7.6	7.4	-2.63%
	조명	15.0	6.3	-58.00%	41.2	17.2	-58.25%	7.0	2.9	-58.57%
	합계	331.1	239.3	-27.72%	315.9	226.4	-28.33%	78.4	56.4	-28.08%

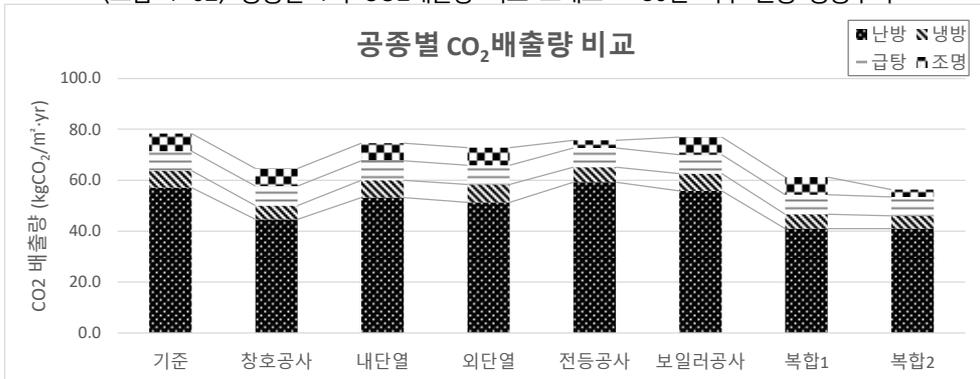
〈그림 4-60〉 공중별 에너지소요량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 공동주택



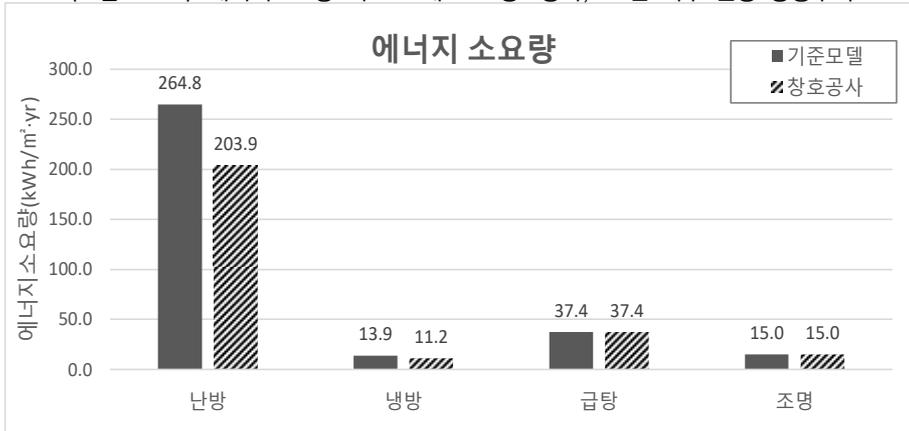
〈그림 4-61〉 공중별 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 공동주택



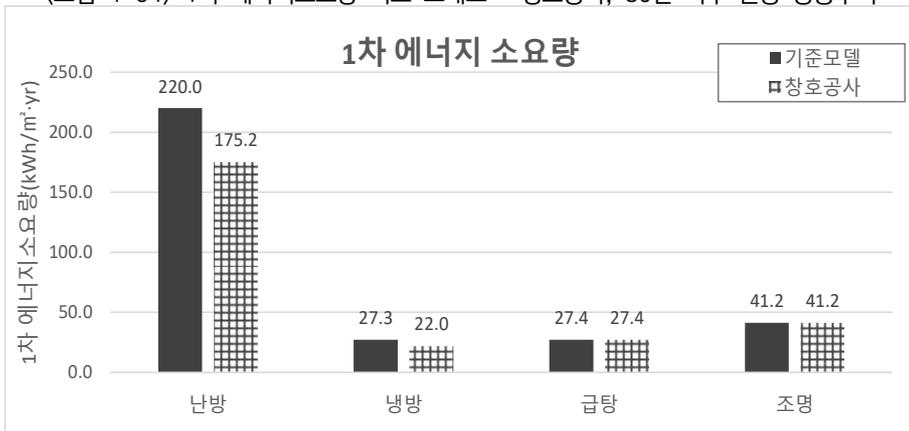
〈그림 4-62〉 공중별 1차 CO2배출량 비교 그래프 - 80년 이후 준공 공동주택



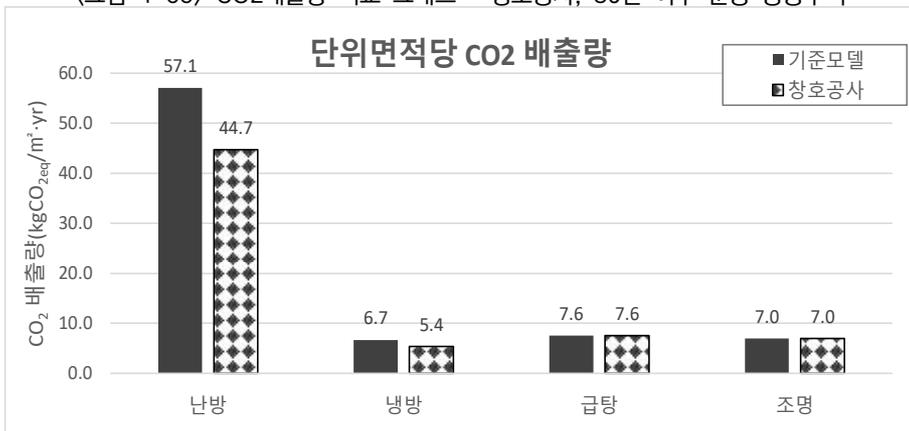
〈그림 4-63〉 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 80년 이후 준공 공동주택



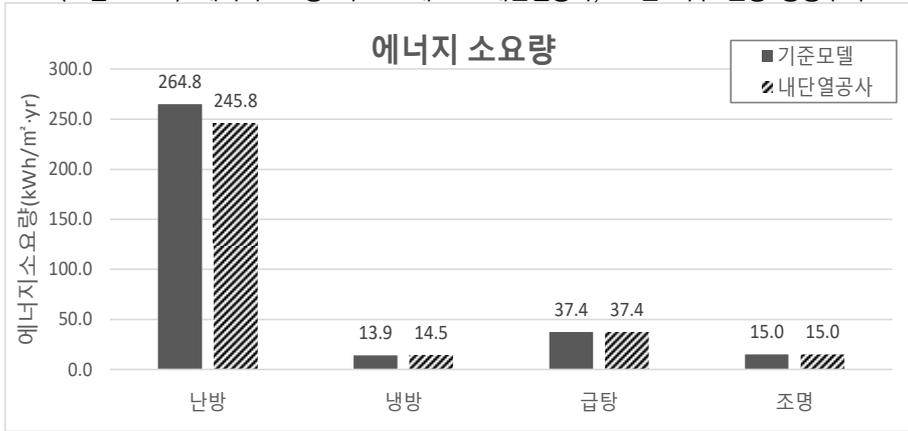
〈그림 4-64〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 창호공사, 80년 이후 준공 공동주택



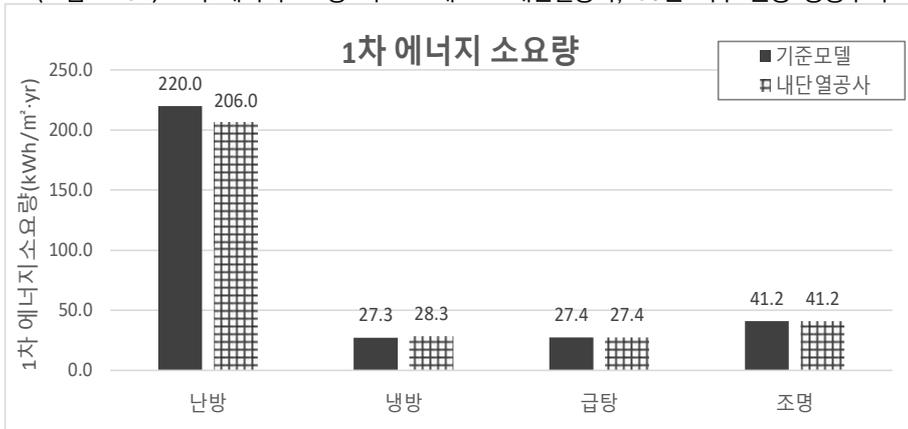
〈그림 4-65〉 CO2배출량 비교 그래프 - 창호공사, 80년 이후 준공 공동주택



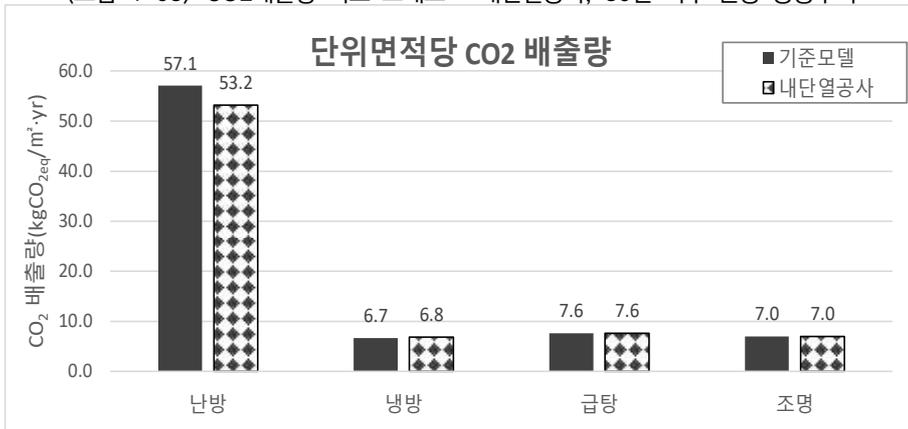
〈그림 4-66〉 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



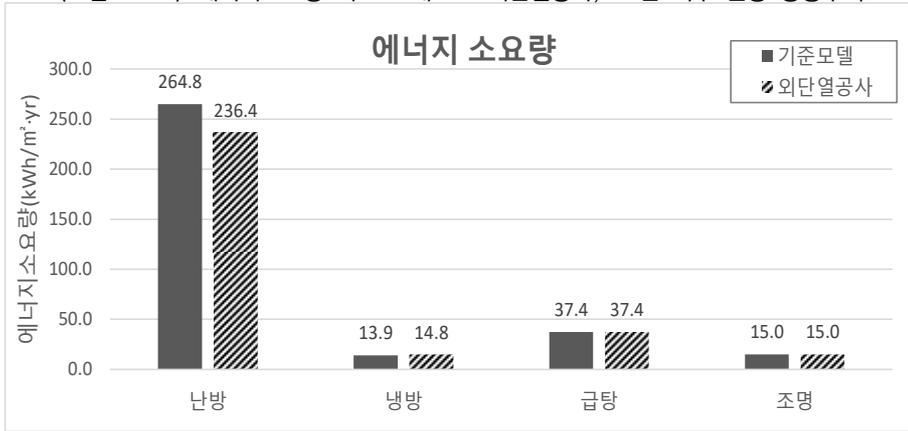
〈그림 4-67〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



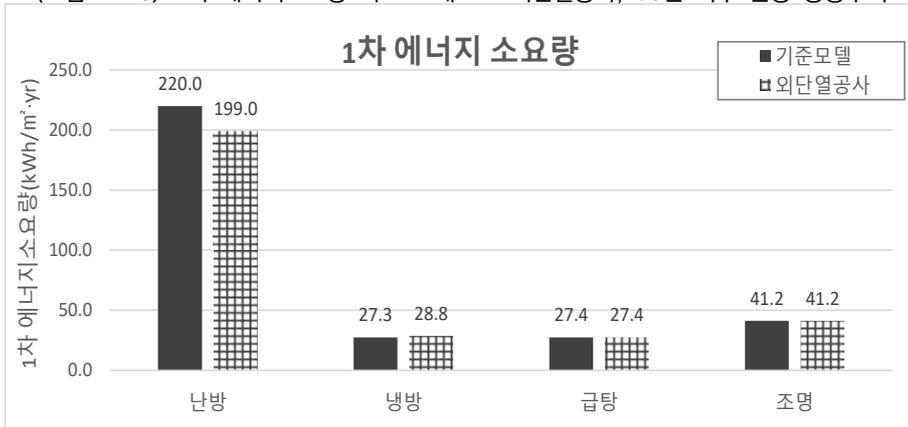
〈그림 4-68〉 CO2배출량 비교 그래프 - 내단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



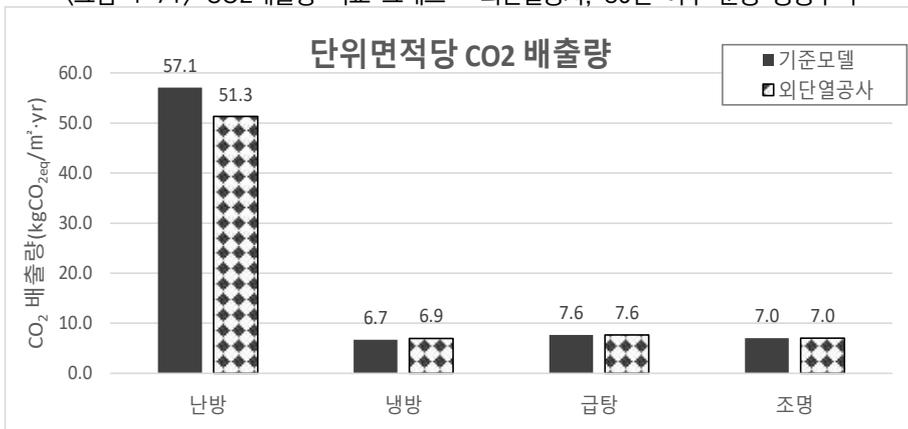
〈그림 4-69〉 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



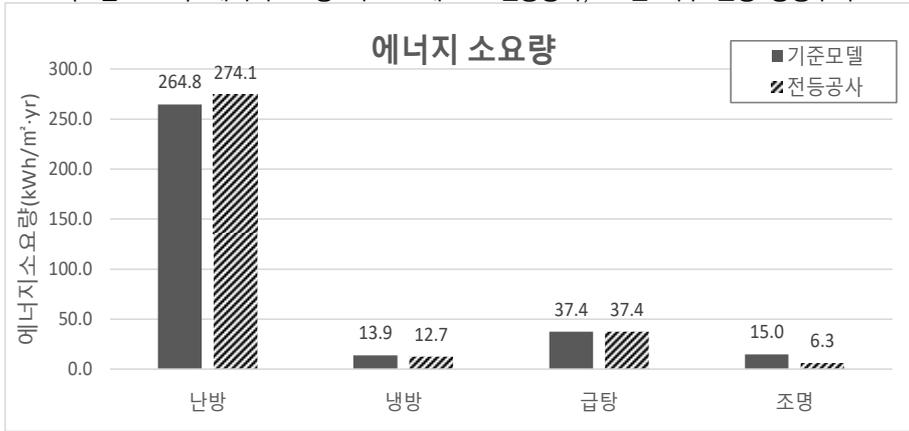
〈그림 4-70〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



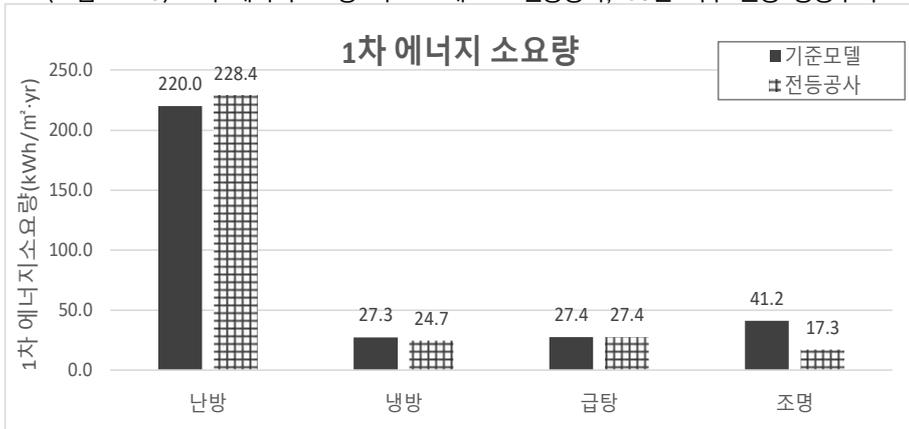
〈그림 4-71〉 CO₂배출량 비교 그래프 - 외단열공사, 80년 이후 준공 공동주택



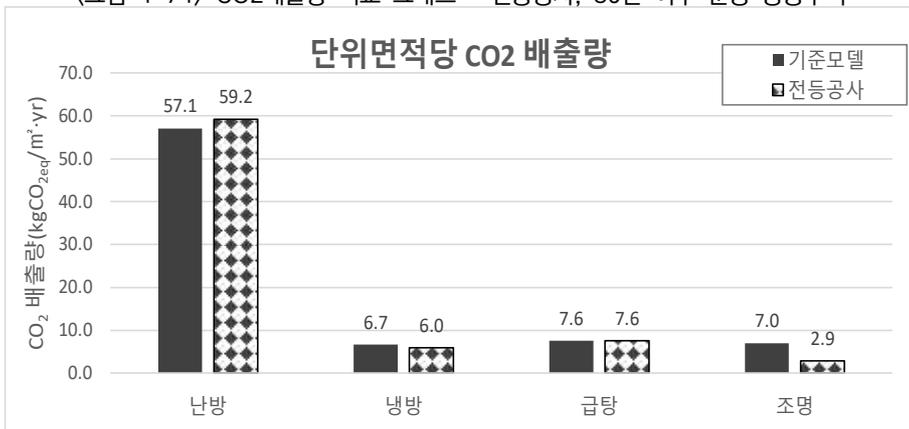
〈그림 4-72〉 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 공동주택



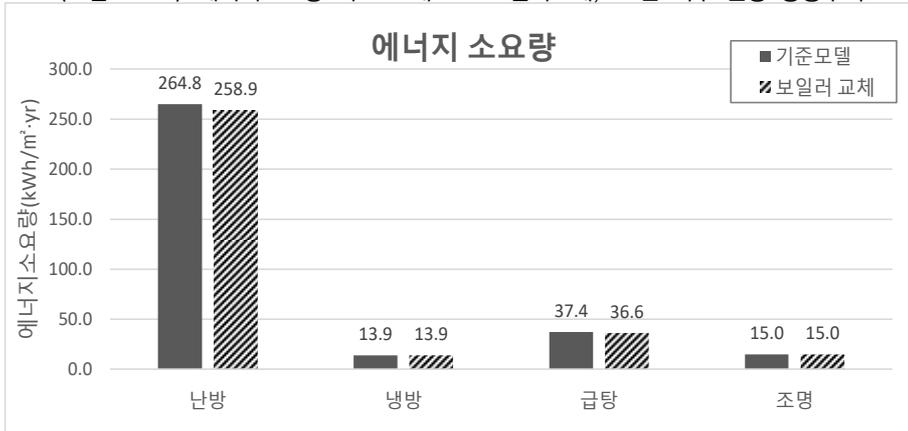
〈그림 4-73〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 공동주택



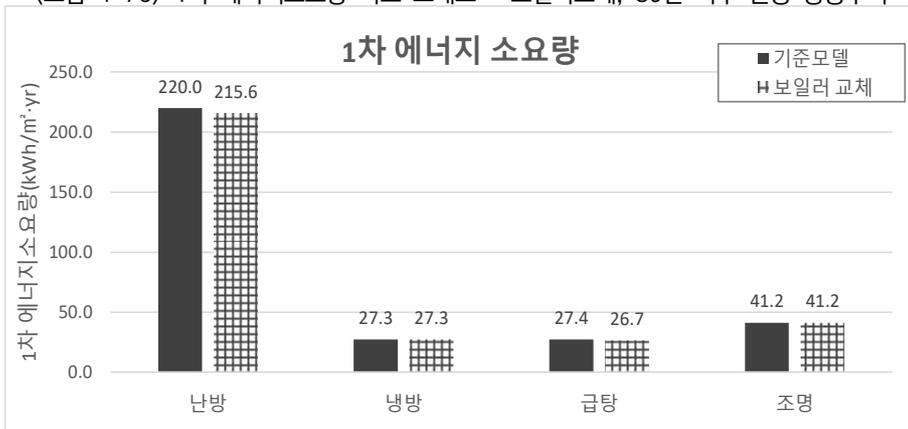
〈그림 4-74〉 CO2배출량 비교 그래프 - 전등공사, 80년 이후 준공 공동주택



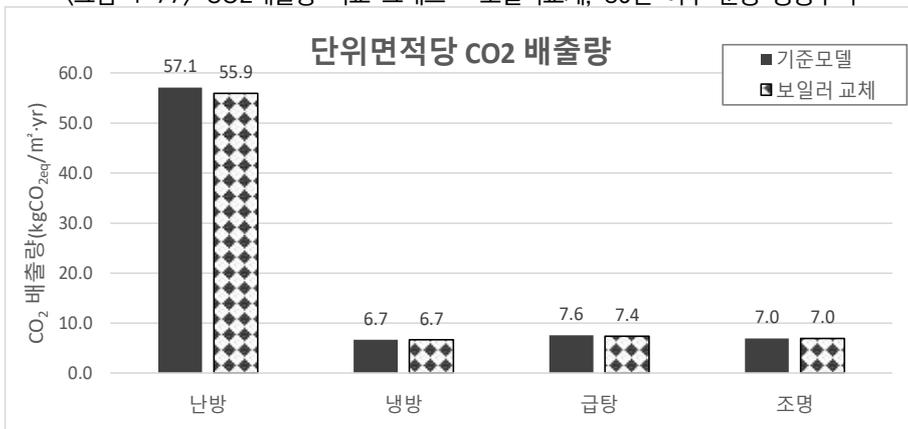
〈그림 4-75〉 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 공동주택



〈그림 4-76〉 1차 에너지소요량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 공동주택



〈그림 4-77〉 CO₂배출량 비교 그래프 - 보일러교체, 80년 이후 준공 공동주택



5) 평가모델별 개선사업에 따른 에너지 저감효과 분석

공사유형별 에너지 및 CO2 배출량은 분석결과, 창호공사 > 외단열공사 > 내단열공사 > 보일러 > 전등공사 순으로 나타났다.

주거유형별 에너지 및 CO2 배출량 분석결과, 단독주택이 공동주택보다 개선 효율이 높은 것으로 나타났다.

연도별 에너지 및 CO2 배출량 분석결과, 79년 이전의 건축물이 80년 이후 건축물보다 단독주택의 경우 약 15% 수준 개선효율이 높은 것으로 나타났고, 공동주택의 경우 약 10% 수준 개선효율이 높은 것으로 나타났다.

〈표 4-17〉 평가모델 공종별 에너지 저감효과 분석결과

			창호공사	내단열공사	외단열공사	전등공사	보일러	
단 독 주 택	79년 이전	에너지 소요량	-27.44%	-12.17%	-16.06%	-0.81%	-3.64%	
		1차 에너지소요량	-24.04%	-9.57%	-12.66%	-5.47%	-6.35%	
		CO2 배출량	-25.59%	-10.73%	-14.24%	-3.20%	-5.06%	
		평균	-25.69%	-10.82%	-14.32%	-3.16%	-5.02%	
	80년 이후	에너지 소요량	-21.89%	-6.48%	-9.79%	-1.41%	-4.08%	
		1차 에너지소요량	-19.26%	-4.63%	-6.96%	-7.23%	-7.36%	
		CO2 배출량	-20.50%	-5.50%	-8.25%	-4.68%	-5.91%	
		평균	-20.55%	-5.54%	-8.33%	-4.44%	-5.78%	
	공 동 주 택	79년 이전	에너지 소요량	-17.26%	-11.18%	-15.66%	-0.94%	-5.07%
			1차 에너지소요량	-14.74%	-8.56%	-12.23%	-5.92%	-10.53%
CO2 배출량			-15.89%	-9.73%	-13.73%	-3.57%	-8.00%	
평균			-17.49%	-4.93%	-7.33%	-3.03%	-8.40%	
80년 이후		에너지 소요량	-19.20%	-5.69%	-8.50%	-0.09%	-5.41%	
		1차 에너지소요량	-15.86%	-4.12%	-6.17%	-5.73%	-11.14%	
		CO2 배출량	-17.41%	-4.97%	-7.33%	-3.27%	-8.64%	
		평균	-15.96%	-9.82%	-13.87%	-3.48%	-7.87%	

제2절 지원사업 공사유형별 공사비 회수기간 분석

수원시 녹색건축물 조성 지원사업의 공사유형별(창호공사, 내단열공사, 외단열공사, 전등공사, 보일러공사) 투입 공사비에 따른 에너지절감량 및 투자 회수기간 분석을 수행을 목적으로 수원시의 공종별 기준단가 적용내역²⁴⁾을 통해 지원사업의 각 공사유형 품목별 단가를 적용하였다.

공사유형별 투입 공사비는 평가대상 모델 분류체계에 따른 80년도 이전·이후와 무관하게 동등 수준이 적용됨에 따라 총 공사비 투입비용은 준공년도에 따른 분류체계는 제외하고 주거유형에 따른 분류체계인 단독주택 및 공동주택으로 구분하였다.

■ 공사유형별 공사비 분석

○ 단독주택

- 창호공사 : 알루미늄 PVC창 철거, PVC 샷시창 설치, 22mm투명복층유리 설치 비용을 적용하였으며, 단위면적당 공사비는 306,200원/m²으로 나타나 창호면적 35.838m² 적용시, 총공사비는 약 1,300만원으로 나타났다.
- 내단열공사 : 발포폴리스티렌(비드법1종, 50mm) 설치, 석고판(접착제) 9.5mm 설치, 벽지(친환경) 설치 비용을 적용하였으며, 단위면적당 공사비는 39,000원/m²으로 나타나 단열면적 79.416m² 적용시, 총공사비는 약 310만원으로 나타났다.
- 외단열공사 : PF보드 75mm 설치 비용을 적용하였으며, 총 공사비는 88,000원/m²으로 나타나, 단열면적 79.416m² 적용시, 총공사비는 약 699만원으로 나타났다.
- 전등공사 : 거실, 방등(50W) 5개, 주방등(50W) 1개, 욕실등(25W) 1개, 현관, 신발장, 발코니 센서등(10W) 4개를 적용하였으며, 총공사비는 약 93만원으로 나타났다.
- 보일러공사 : 가스온수보일러(20,000kcal/h) 1개를 적용하였으며, 총공사비는 약 78만원으로 나타났다.

24) 수원시의 공종별 기준단가 적용내역에 따라 공사유형별 품명, 규격, 단위, 단가(원)를 적용하였다.

〈표 4-18〉 단독주택 공사유형별 기준단가 및 설치비용

		공사유형별 기준단가			세대 면적 (C)	설치 규모	세대당 설치용	면적당 설치비용
		품명	단가(원) (A)	공사비 B=Σ(A)			설치비용 (D)=BXC	설치비용 (D÷C)
단 독 주 택	창 호	AL창 철거	40,800	306,200 (원/㎡)	94.92㎡	35.838㎡	세대당 12,973,356원	㎡당 136,676원
		22mm 복층유리	55,800					
		PVC 샷시	209,600					
	내 단 열	발포폴리 스티렌	18,000	39,000 (원/㎡)		79.416㎡	세대당 3,097,224원	㎡당 32,629원
		석고판 (접착제)	10,600					
		벽지 (친환경)	10,400					
	외 단 열	PF보드	88,000(원/㎡)			세대당 6,988,608원	㎡당 73,626원	
	전 등	50W (거실,방)	120,000(원/개)			5개	세대당 930,000원	㎡당 9,797원
		50W (주방)	110,000(원/개)			1개		
		25W (욕실)	84,000(원/개)			1개		
		10W (센서등)	34,000(원/개)			4개		
	보 일러	20,000 (kcal/h)	775,000(원/개)			1개	세대당 775,000원	㎡당 8,164원

○ 공동주택

- 창호공사 : 알루미늄 PVC창 철거, PVC 샷시창 설치, 22mm투명복층유리 설치 비용을 적용하였으며, 단위면적당 공사비는 306,200원/㎡으로 나타나 창호면적 15.6㎡ 적용 시, 총공사비는 약 565만원으로 나타났다.
- 내단열공사 : 발포폴리스티렌(비드법1종, 50mm) 설치, 석고판(접착제) 9.5mm 설치, 벽지(친환경) 설치 비용을 적용하였으며, 단위면적당 공사비는 39,000원/㎡으로 나타나 단열면적 39.96㎡ 적용시, 총공사비는 약 156만원으로 나타났다.
- 외단열공사 : PF보드 75mm 설치 비용을 적용하였으며, 총 공사비는 88,000원/㎡으로

나타나, 단열면적 39.96㎡ 적용시, 총공사비는 약 352만원으로 나타났다.

- 전등공사 : 거실, 방등(50W) 3개, 주방등(50W) 1개, 욕실등(25W) 1개, 현관, 신발장 센서등(10W) 2개를 적용하였으며, 총공사비는 약 62만원으로 나타났다.
- 보일러공사 : 가스온수보일러(16,000kcal/h) 1개를 적용하였으며, 총공사비는 약 73만원으로 나타났다.

단독주택의 경우 표준모델의 세대 면적이 약 94.92㎡로, 공동주택 세대면적 약 52.47㎡ 대비 약 1.8배 필요면적이 큼에 따라 공사유형별 투입물량 및 설치면적이 많아 공사비가 높은 것으로 판단된다.

〈표 4-19〉 공동주택 공사유형별 기준단가 및 설치비용

	공사유형별 기준단가			세대 면적 (C)	설치 규모	세대당 설치용	면적당 설치비용
	세부유형	단가(원) (A)	공사비 B=Σ(A)			설치비용 (D)=BXC	설치비용 (D÷C)
공동주택	창호	AL창 철거	40,800	306,200 (원/㎡)	15.6㎡	세대당 5,647,200원	㎡당 107,627원
		22mm 복층유리	55,800				
		PVC 샷시	209,600				
	내단열	발포폴리스티렌	18,000	39,000 (원/㎡)	39.96㎡	세대당 1,558,440원	㎡당 29,701원
		석고판 (접착제)	10,600				
		벽지 (친환경)	10,400				
	외단열	PF보드	88,000(원/㎡)		52.47㎡	세대당 3,516,480원	㎡당 67,018원
	전등	50W (거실,방)	120,000(원/개)		3개	세대당 622,000원	㎡당 11,854원
		50W (주방)	110,000(원/개)		1개		
		25W (욕실)	84,000(원/개)		1개		
10W (센서등)		34,000(원/개)		2개			
보일러	16,000 (kcal/h)	725,000(원/개)		1개	세대당 725,000원	㎡당 13,817원	

■ 공사유형별 에너지이용 편익 분석

녹색건축물 조성 지원사업 전·후 에너지소요량 절감효과에 따른 에너지비용의 편익분석을 목적으로, 개선된 에너지소요량에 에너지원(전력,가스)의 에너지비용을 통해 각 공사유형별 연간 단위면적당 에너지비용 편익을 분석하였다. 에너지원(전력,가스)의 원데이터는 한국전력공사²⁵⁾ 및 주식회사²⁶⁾ 삼천리의 원데이터를 참조하였으며, 각 에너지원의 원데이터 및 단위환산 결과는 <표 4-20>와 같다.

<표 4-20> 에너지원(전력, 가스) 원데이터

	원데이터		단위환산*	
	비용	단위	비용	단위
전력	195.2	원/kWh	195.2	원/kWh
가스	19.9455	원/MJ	71.8038	원/kWh

*1kWh=3,600KJ=3.6MJ

지원사업을 통한 표준모델의 공사유형별 연간 단위면적당 에너지비용 편익을 분석결과 <창호공사>외단열공사>내단열공사>전등공사>보일러공사 순으로 연간 단위면적당 에너지비용 편익이 높은 것으로 나타났다. 하지만 투입된 공사비 대비 연간 단위면적당 에너지비용 편익 비율 분석결과 <전등공사>내단열공사>보일러공사>창호공사>외단열공사로 나타났다.

지원사업 공사유형에 따른 모든 공사는 에너지절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 내단열공사 및 외단열공사의 경우 지원사업 후 냉방에너지 부하는 증가하고, 전등공사의 경우 난방 에너지 부하가 증가하는 것으로 나타났으나, 증가하는 에너지 부하 대비 그 외 에너지의 절감 효과가 우수하여 전체 에너지절감 효과 및 에너지비용 편익은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 단열공사의 경우 기밀성능 확보로 인체발열·기기발열 등의 실내의 온열이 외부로 반출되지 못하여 냉방기기 요구량이 높아짐에 따른 것과 전등공사의 경우 전등기기 성능이 우수해 집에 따라 전등기기 발열이 낮아짐에 따른 난방기기의 요구량이 높아짐에 따른 것으로 판단된다.

연간 단위면적당 에너지소요량 및 1차에너지소요량에 따른 공사유형별 에너지 비용편익 분석 결과는 <표 4-21>~<표 4-24>와 같다.

25) 한국전력 홈페이지 내 최신기준(2022년 4월 1일 이후 적용) 주택용전력(저압)의 2구간 전력량 요금을 기준으로 산정하였다. (<https://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/E/E/CYEEHP00101.jsp>)

26) 삼천리 홈페이지 내 주택 난방용 요금단가표(경기) 최신기준(2022년 10월 1일 이후 적용)을 기준으로 산정하였다. (<https://www.samchully.co.kr/customer/gas/info/fee/system.do?region=0001&useTypeCod=LRH1&priceDate=20221001#priceTab>)

○ 창호공사

- 79년 이전 단독주택 : 연간 단위면적당 770,200원(투입공사비의 5.94%) 절감
- 80년 이후 단독주택 : 연간 단위면적당 561,471원(투입공사비의 4.33%) 절감
- 79년 이전 공동주택 : 연간 단위면적당 284,307원(투입공사비의 5.03%) 절감
- 80년 이후 공동주택 : 연간 단위면적당 256,804원(투입공사비의 4.55%) 절감

○ 내단열공사

- 79년 이전 단독주택 : 연간 단위면적당 359,930원(투입공사비의 11.62%) 절감
- 80년 이후 단독주택 : 연간 단위면적당 136,974원(투입공사비의 4.42%) 절감
- 79년 이전 공동주택 : 연간 단위면적당 163,604원(투입공사비의 10.50%) 절감
- 80년 이후 공동주택 : 연간 단위면적당 65,823원(투입공사비의 4.22%) 절감

○ 외단열공사

- 79년 이전 단독주택 : 연간 단위면적당 474,029원(투입공사비의 6.78%) 절감
- 80년 이후 단독주택 : 연간 단위면적당 205,216원(투입공사비의 2.94%) 절감
- 79년 이전 공동주택 : 연간 단위면적당 228,983원(투입공사비의 6.51%) 절감
- 80년 이후 공동주택 : 연간 단위면적당 98,358원(투입공사비의 2.80%) 절감

○ 전등공사

- 79년 이전 단독주택 : 연간 단위면적당 116,532원(투입공사비의 12.53%) 절감
- 80년 이후 단독주택 : 연간 단위면적당 144,668원(투입공사비의 15.56%) 절감
- 79년 이전 공동주택 : 연간 단위면적당 80,215원(투입공사비의 12.90%) 절감
- 80년 이후 공동주택 : 연간 단위면적당 67,029원(투입공사비의 10.78%) 절감

○ 보일러공사

- 79년 이전 단독주택 : 연간 단위면적당 66,793원(투입공사비의 8.62%) 절감
- 80년 이후 단독주택 : 연간 단위면적당 47,709원(투입공사비의 6.16%) 절감
- 79년 이전 공동주택 : 연간 단위면적당 32,401원(투입공사비의 4.47%) 절감
- 80년 이후 공동주택 : 연간 단위면적당 25,243원(투입공사비의 3.48%) 절감

〈표 4-21〉 공사유형별 연간 단위면적당 에너지소요량에 따른 비용편익 (단독주택)

		79년 이전 단독주택				80년 이후 단독주택			
		개선전	개선후	증감	비용편익	개선전	개선후	증감	비용편익
		kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	원/yr	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	원/yr
		(A)	(B)	(C)=B-A	(C)X 에너지비용	(A)	(B)	(C)=B-A	(C)X 에너지비용
에너지 상	난방	36,800	27,261	-9,539	-684,969	25,590	19,164	-6,426	-461,417
	냉방	1,737	1,300	-437	-85,231	1,965	1,452	-513	-100,053
	급탕	3,550	3,550	0	0	3,550	3,550	0	0
	조명	1,243	1,243	0	0	1,243	1,243	0	0
	합계	43,331	33,355	-9,976	-770,200	32,349	25,410	-6,939	-561,471
내 단 품	난방	36,800	31,504	-5,297	-380,311	25,590	23,502	-2,088	-149,944
	냉방	1,737	1,841	104	20,381	1,965	2,031	66	12,970
	급탕	3,550	3,550	0	0	3,550	3,550	0	0
	조명	1,243	1,243	0	0	1,243	1,243	0	0
	합계	43,331	38,139	-5,192	-359,930	32,349	30,327	-2,022	-136,974
외 단 품	난방	36,800	29,786	-7,015	-503,674	25,590	22,449	-3,142	-225,597
	냉방	1,737	1,889	152	29,645	1,965	2,069	104	20,381
	급탕	3,550	3,550	0	0	3,550	3,550	0	0
	조명	1,243	1,243	0	0	1,243	1,243	0	0
	합계	43,331	36,468	-6,863	-474,029	32,349	29,311	-3,037	-205,216
전 비 품	난방	36,800	37,655	854	61,341	25,590	26,027	437	31,352
	냉방	1,737	1,614	-123	-24,087	1,965	1,851	-114	-22,234
	급탕	3,550	3,550	0	0	3,550	3,550	0	0
	조명	1,243	456	-788	-153,786	1,243	456	-788	-153,786
	합계	43,331	43,274	-57	-116,532	32,349	31,884	-465	-144,668
보 일 리	난방	36,800	35,946	-854	-61,341	25,590	25,002	-589	-42,257
	냉방	1,737	1,737	0	0	1,965	1,965	0	0
	급탕	3,550	3,474	-76	-5,452	3,550	3,474	-76	-5,452
	조명	1,243	1,243	0	0	1,243	1,243	0	0
	합계	43,331	42,401	-930	-66,793	32,349	31,684	-664	-47,709
복 합 1	난방	36,800	21,423	-15,377	-1,104,130	25,590	17,133	-8,457	-607,271
	냉방	1,737	1,443	-294	-57,438	1,965	1,528	-437	-85,231
	급탕	3,550	3,550	0	0	3,550	3,550	0	0
	조명	1,243	1,243	0	0	1,243	1,243	0	0
	합계	43,331	27,660	-15,671	-1,161,568	32,349	23,455	-8,894	-692,502
복 합 2	난방	36,800	21,395	-15,406	-1,106,175	25,590	17,190	-8,400	-603,182
	냉방	1,737	1,329	-408	-79,672	1,965	1,395	-570	-111,170
	급탕	3,550	3,474	-76	-5,452	3,550	3,474	-76	-5,452
	조명	1,243	456	-788	-153,786	1,243	456	-788	-153,786
	합계	43,331	26,654	-16,677	-1,345,085	32,349	22,515	-9,834	-873,590

〈표 4-22〉 공사유형별 연간 단위면적당 에너지소요량에 따른 비용편익 (공동주택)

		79년 이전 공동주택				80년 이후 공동주택			
		개선전	개선후	증감	비용편익	개선전	개선후	증감	비용편익
		kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	원/yr	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	원/yr
		(A)	(B)	(C)=B-A	(C)X 에너지비용	(A)	(B)	(C)=B-A	(C)X 에너지비용
외 차	난방	18,081	14,503	-3,578	-256,947	13,894	10,699	-3,195	-229,444
	냉방	679	539	-140	-27,361	730	590	-140	-27,361
	급탕	1,962	1,962	0	0	1,962	1,962	0	0
	조명	787	787	0	0	787	787	0	0
	합계	21,509	17,791	-3,719	-284,307	17,374	14,038	-3,336	-256,804
내 단 편	난방	18,081	15,662	-2,419	-173,684	13,894	12,897	-997	-71,583
	냉방	679	730	52	10,080	730	760	30	5,760
	급탕	1,962	1,962	0	0	1,962	1,962	0	0
	조명	787	787	0	0	787	787	0	0
	합계	21,509	19,142	-2,367	-163,604	17,374	16,406	-967	-65,823
외 단 편	난방	18,081	14,692	-3,390	-243,383	13,894	12,404	-1,490	-106,998
	냉방	679	752	74	14,400	730	775	44	8,640
	급탕	1,962	1,962	0	0	1,962	1,962	0	0
	조명	787	787	0	0	787	787	0	0
	합계	21,509	18,194	-3,316	-228,983	17,374	15,928	-1,446	-98,358
전 편	난방	18,081	18,385	304	21,852	13,894	14,382	488	35,038
	냉방	679	612	-66	-12,960	730	664	-66	-12,960
	급탕	1,962	1,962	0	0	1,962	1,962	0	0
	조명	787	331	-456	-89,107	787	331	-456	-89,107
	합계	21,509	21,291	-219	-80,215	17,374	17,339	-35	-67,029
보 일 러	난방	18,081	17,672	-409	-29,387	13,894	13,584	-310	-22,229
	냉방	679	679	0	0	730	730	0	0
	급탕	1,962	1,920	-42	-3,014	1,962	1,920	-42	-3,014
	조명	787	787	0	0	787	787	0	0
	합계	21,509	21,058	-451	-32,401	17,374	17,022	-352	-25,243
복 합 1	난방	18,081	12,278	-5,803	-416,691	13,894	9,728	-4,166	-299,143
	냉방	679	420	-259	-50,547	730	441	-290	-56,530
	급탕	1,962	1,962	0	0	1,962	1,962	0	0
	조명	787	787	0	0	787	787	0	0
	합계	21,509	15,447	-6,062	-467,238	17,374	12,918	-4,456	-355,674
복 합 2	난방	18,081	12,462	-5,620	-403,504	13,894	9,754	-4,140	-297,259
	냉방	679	367	-311	-60,789	730	394	-337	-65,748
	급탕	1,962	1,920	-42	-3,014	1,962	1,920	-42	-3,014
	조명	787	331	-456	-89,107	787	331	-456	-89,107
	합계	21,509	15,080	-6,429	-556,414	17,374	12,399	-4,975	-455,128

〈표 4-23〉 공사유형별 연간 단위면적당 1차 에너지소요량에 따른 비용편익 (단독주택)

		79년 이전 단독주택				80년 이후 단독주택			
		개선전	개선후	증감	비용효율	개선전	개선후	증감	비용효율
		kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/만원	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/만원
		(A)	(B)	(C)=B-A	$\frac{\Sigma(CX)}{\text{공사비(만원)}}$	(A)	(B)	(C)=B-A	$\frac{\Sigma(CX)}{\text{공사비(만원)}}$
외 차	난방	28,381	21,404	-6,977	6.30	20,171	15,453	-4,718	4.73
	냉방	4,765	3,569	-1,196		5,410	3,996	-1,414	
	급탕	2,601	2,601	0		2,601	2,601	0	
	조명	3,427	3,427	0		3,427	3,427	0	
	합계	39,173	31,001	-8,173		31,608	25,477	-6,132	
내 단 편	난방	28,381	24,499	-3,882	11.55	20,171	18,642	-1,528	4.35
	냉방	4,765	5,069	304		5,410	5,591	180	
	급탕	2,601	2,601	0		2,601	2,601	0	
	조명	3,427	3,427	0		3,427	3,427	0	
	합계	39,173	35,595	-3,578		31,608	30,260	-1,348	
외 단 편	난방	28,381	23,246	-5,135	6.75	20,171	17,864	-2,307	2.89
	냉방	4,765	5,183	418		5,410	5,695	285	
	급탕	2,601	2,601	0		2,601	2,601	0	
	조명	3,427	3,427	0		3,427	3,427	0	
	합계	39,173	34,456	-4,718		31,608	29,587	-2,022	
전 비 편	난방	28,381	29,121	740	18.88	20,171	20,493	323	23.37
	냉방	4,765	4,433	-332		5,410	5,078	-332	
	급탕	2,601	2,601	0		2,601	2,601	0	
	조명	3,427	1,262	-2,164		3,427	1,262	-2,164	
	합계	39,173	37,417	-1,756		31,608	29,435	-2,174	
보 일 러	난방	28,381	27,755	-626	9.56	20,171	19,743	-427	6.81
	냉방	4,765	4,765	0		5,410	5,410	0	
	급탕	2,601	2,534	-66		2,601	2,534	-66	
	조명	3,427	3,427	0		3,427	3,427	0	
	합계	39,173	38,481	-693		31,608	31,115	-494	
복 합 1	난방	28,381	17,124	-11,258	7.50	20,171	13,953	-6,217	4.63
	냉방	4,765	3,977	-788		5,410	4,186	-1,224	
	급탕	2,601	2,601	0		2,601	2,601	0	
	조명	3,427	3,427	0		3,427	3,427	0	
	합계	39,173	27,128	-12,045		31,608	24,167	-7,442	
복 합 2	난방	28,381	17,105	-11,276	8.25	20,171	14,001	-6,170	5.62
	냉방	4,765	3,654	-1,111		5,410	3,854	-1,557	
	급탕	2,601	2,534	-66		2,601	2,534	-66	
	조명	3,427	1,262	-2,164		3,427	1,262	-2,164	
	합계	39,173	24,556	-14,618		31,608	21,651	-9,957	

〈표 4-24〉 공유형별 연간 단위면적당 1차 에너지소요량에 따른 비용편익 (공동주택)

		79년 이전 공동주택				80년 이후 공동주택			
		개선전	개선후	증감	비용편익	개선전	개선후	증감	비용편익
		kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/만원	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/m ² y	kWh/만원
		(A)	(B)	(C=B-A)	$\frac{\Sigma(C)}{\text{공비(만원)}}$	(A)	(B)	(C=B-A)	$\frac{\Sigma(C)}{\text{공비(만원)}}$
내 차	난방	14,755	12,131	-2,624	5.34	11,543	9,193	-2,351	4.65
	냉방	1,879	1,487	-392		1,432	1,154	-278	
	급탕	1,438	1,438	0		1,438	1,438	0	
	조명	2,162	2,162	0		2,162	2,162	0	
	합계	20,233	17,218	-3,016		16,575	13,947	-2,629	
내 단 편	난방	14,755	12,976	-1,779	10.56	11,543	10,809	-735	4.38
	냉방	1,879	2,012	133		1,432	1,485	52	
	급탕	1,438	1,438	0		1,438	1,438	0	
	조명	2,162	2,162	0		2,162	2,162	0	
	합계	20,233	18,588	-1,646		16,575	15,893	-682	
외 단 편	난방	14,755	12,210	-2,545	6.69	11,543	10,442	-1,102	2.91
	냉방	1,879	2,072	192		1,432	1,511	79	
	급탕	1,438	1,438	0		1,438	1,438	0	
	조명	2,162	2,162	0		2,162	2,162	0	
	합계	20,233	17,881	-2,352		16,575	15,552	-1,023	
전 비 편	난방	14,755	14,980	226	19.59	11,543	11,984	441	15.27
	냉방	1,879	1,694	-185		1,432	1,296	-136	
	급탕	1,438	1,438	0		1,438	1,438	0	
	조명	2,162	902	-1,259		2,162	908	-1,254	
	합계	20,233	19,015	-1,219		16,575	15,626	-950	
보 일 러	난방	14,755	14,455	-299	4.63	11,543	11,313	-231	3.69
	냉방	1,879	1,879	0		1,432	1,432	0	
	급탕	1,438	1,401	-37		1,438	1,401	-37	
	조명	2,162	2,162	0		2,162	2,162	0	
	합계	20,233	19,897	-336		16,575	16,308	-268	
복 합 1	난방	14,755	10,436	-4,318	7.01	11,543	8,479	-3,064	4.55
	냉방	1,879	1,149	-730		1,432	1,217	-215	
	급탕	1,438	1,438	0		1,438	1,438	0	
	조명	2,162	2,162	0		2,162	2,162	0	
	합계	20,233	15,185	-5,048		16,575	13,296	-3,279	
복 합 2	난방	14,755	10,625	-4,129	7.35	11,543	8,500	-3,043	5.49
	냉방	1,879	1,018	-861		1,432	1,076	-357	
	급탕	1,438	1,401	-37		1,438	1,401	-37	
	조명	2,162	902	-1,259		2,162	902	-1,259	
	합계	20,233	13,947	-6,287		16,575	11,879	-4,696	

2. 지원사업 공사유형별 공사비 회수기간

수원시의 녹색건축물 조성 지원사업 후 에너지 절감효과에 따른 에너지비용 이익에 따른 투입된 공사비의 회수기간 분석을 목적으로, 공사유형별 투자된 공사비와 연간 에너지비용 이익을 분석하였다.

각 공사유형별 에너지소요량과 에너지원의 비용의 계산과 함께, 물가상승률²⁷⁾ 1.8%을 고려하였으며, 각 공사유형별 회수기간 및 그래프는 <표 4-25> 와 같다.

<표 4-25> 공사유형별 공사비 회수기간

	단독주택					공동주택				
	투자비용	79년 이전		80년 이후		투자비용	79년 이전		80년 이후	
	공사비	연간 E수익*	회수 기간	연간 E수익*	회수 기간	공사비	연간 E수익*	회수 기간	연간 E수익*	회수 기간
창호	12,973 천원	770 천원	16년	561 천원	23년	5,647 천원	284 천원	19년	257 천원	20년
내단열	3,097 천원	360 천원	10년	137 천원	21년	1,558 천원	163 천원	10년	66 천원	21년
외단열	6,988 천원	474 천원	15년	205 천원	29년	3,516 천원	229 천원	15년	98 천원	29년
전등	930 천원	116 천원	9년	114 천원	8년	622 천원	80 천원	9년	67 천원	10년
보일러	775 천원	67 천원	12년	48 천원	16년	725 천원	32 천원	20년	25 천원	24년
복합1	16,070 천원	1161 천원	14년	692 천원	21년	7,205 천원	467 천원	15년	355 천원	19년
복합2	17725 천원	1345 천원	13년	873 천원	19년	8,552 천원	556 천원	15년	455 천원	18년

*연간 물가상승률 1.8% 반영

단열기준 제정 이전인 79년 이전 준공 건축물의 경우 지원사업을 통한 에너지 절감효과가 크게 나타나는 만큼, 연간 에너지 수익이 높아 회수기간이 상대적으로 짧은 것으로 나타났다. 회수기간이 가장 긴 공사유형은 외단열공사로 나타났는데, 이는 기존 마감재 철거 등을 위한 초기 투자되는 공사비가 높게 설정되기 때문인 것으로 판단된다.

27) 통계청 국가지표체계 홈페이지 내 2011년부터 2021년까지의 주요 품목별 소비자물가상승률 중 주택·수도·전기 및 원료 11개년 평균 물가상승률 1.8%를 적용하였다. (2011년 4.5%, 2012년 4.6%, 2013년 3.5%, 2014년 2.9%, 2015년 -0.6%, 2016년 -0.8%, 2017년 1.7%, 2018년 0.7%, 2019년 1.2% 2020년 0.5%, 2021년 1.6%) (<https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4226>)

○ 창호공사

- 79년 이전 단독주택 : 약 16년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 단독주택 : 약 23년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 79년 이전 공동주택 : 약 19년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 공동주택 : 약 20년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.

○ 내단열공사

- 79년 이전 단독주택 : 약 10년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 단독주택 : 약 21년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 79년 이전 공동주택 : 약 10년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 공동주택 : 약 21년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.

○ 외단열공사

- 79년 이전 단독주택 : 약 15년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 단독주택 : 약 29년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 79년 이전 공동주택 : 약 15년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 공동주택 : 약 29년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.

○ 전등공사

- 79년 이전 단독주택 : 약 9년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 단독주택 : 약 8년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 79년 이전 공동주택 : 약 9년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 공동주택 : 약 10년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.

○ 보일러공사

- 79년 이전 단독주택 : 약 12년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 단독주택 : 약 16년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 79년 이전 공동주택 : 약 20년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.
- 80년 이후 공동주택 : 약 24년의 회수기간이 필요한 것으로 나타났다.

〈표 4-26〉 창호공사 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

공사비 (A)	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
	12,973,356				5,647,200			
1yr	0	-12,973,356	0	-12,973,356	0	-5,647,200	0	-5,647,200
2yr	770,200	-12,203,156	561,471	-12,411,885	284,307	-5,362,893	256,804	-5,390,396
3yr	784,064	-11,419,092	571,577	-11,840,308	289,425	-5,073,468	261,427	-5,128,969
4yr	798,177	-10,620,916	581,865	-11,258,443	294,635	-4,778,833	266,133	-4,862,836
5yr	812,544	-9,808,372	592,339	-10,666,104	299,938	-4,478,895	270,923	-4,591,913
6yr	827,170	-8,981,202	603,001	-10,063,103	305,337	-4,173,558	275,800	-4,316,114
7yr	842,059	-8,139,143	613,855	-9,449,248	310,833	-3,862,725	280,764	-4,035,350
8yr	857,216	-7,281,927	624,904	-8,824,344	316,428	-3,546,297	285,818	-3,749,532
9yr	872,646	-6,409,281	636,153	-8,188,191	322,124	-3,224,173	290,962	-3,458,570
10yr	888,353	-5,520,928	647,603	-7,540,587	327,922	-2,896,251	296,200	-3,162,370
11yr	904,344	-4,616,584	659,260	-6,881,327	333,825	-2,562,427	301,531	-2,860,839
12yr	920,622	-3,695,962	671,127	-6,210,200	339,833	-2,222,593	306,959	-2,553,880
13yr	937,193	-2,758,769	683,207	-5,526,993	345,950	-1,876,643	312,484	-2,241,396
14yr	954,063	-1,804,707	695,505	-4,831,487	352,177	-1,524,465	318,109	-1,923,287
15yr	971,236	-833,471	708,024	-4,123,463	358,517	-1,165,949	323,835	-1,599,452
16yr	988,718	155,247	720,769	-3,402,695	364,970	-800,979	329,664	-1,269,788
17yr	1,006,515	1,161,762	733,742	-2,668,952	371,539	-429,439	335,598	-934,190
18yr	1,024,632	2,186,394	746,950	-1,922,003	378,227	-51,212	341,639	-592,552
19yr	1,043,076	3,229,470	760,395	-1,161,608	385,035	333,823	347,788	-244,764
20yr	1,061,851	4,291,321	774,082	-387,526	391,966	725,789	354,048	109,284
21yr	1,080,964	5,372,285	788,015	400,490	399,021	1,124,810	360,421	469,706
22yr	1,100,422	6,472,707	802,200	1,202,690	406,204	1,531,014	366,909	836,614
23yr	1,120,229	7,592,936	816,639	2,019,329	413,515	1,944,529	373,513	1,210,127
24yr	1,140,393	8,733,329	831,339	2,850,668	420,959	2,365,488	380,236	1,590,364
25yr	1,160,920	9,894,249	846,303	3,696,971	428,536	2,794,024	387,081	1,977,444
26yr	1,181,817	11,076,066	861,536	4,558,507	436,249	3,230,273	394,048	2,371,492
27yr	1,203,090	12,279,156	877,044	5,435,551	444,102	3,674,375	401,141	2,772,633
28yr	1,224,745	13,503,901	892,831	6,328,382	452,096	4,126,471	408,361	3,180,994
29yr	1,246,791	14,750,692	908,902	7,237,284	460,234	4,586,704	415,712	3,596,706
30yr	1,269,233	16,019,925	925,262	8,162,546	468,518	5,055,222	423,195	4,019,901

〈표 4-27〉 내달열공사 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	3,097,224				1,558,440			
1yr	0	-3,097,224	0	-3,097,224	0	-1,558,440	0	-1,558,440
2yr	359,930	-2,737,294	136,974	-2,960,250	163,604	-1,394,836	65,823	-1,492,617
3yr	366,409	-2,370,885	139,439	-2,820,811	166,548	-1,228,288	67,008	-1,425,609
4yr	373,004	-1,997,881	141,949	-2,678,862	169,546	-1,058,742	68,214	-1,357,395
5yr	379,718	-1,618,162	144,504	-2,534,358	172,598	-886,144	69,442	-1,287,953
6yr	386,553	-1,231,609	147,105	-2,387,252	175,705	-710,439	70,692	-1,217,261
7yr	393,511	-838,098	149,753	-2,237,499	178,868	-531,571	71,964	-1,145,296
8yr	400,594	-437,503	152,449	-2,085,051	182,087	-349,484	73,260	-1,072,037
9yr	407,805	-29,698	155,193	-1,929,858	185,365	-164,119	74,578	-997,458
10yr	415,146	385,448	157,986	-1,771,871	188,701	24,582	75,921	-921,537
11yr	422,618	808,066	160,830	-1,611,041	192,098	216,680	77,287	-844,250
12yr	430,225	1,238,291	163,725	-1,447,316	195,556	412,235	78,679	-765,571
13yr	437,969	1,676,261	166,672	-1,280,644	199,076	611,311	80,095	-685,476
14yr	445,853	2,122,114	169,672	-1,110,972	202,659	813,970	81,537	-603,940
15yr	453,878	2,575,992	172,726	-938,246	206,307	1,020,277	83,004	-520,936
16yr	462,048	3,038,040	175,835	-762,411	210,020	1,230,298	84,498	-436,437
17yr	470,365	3,508,405	179,000	-583,410	213,801	1,444,098	86,019	-350,418
18yr	478,832	3,987,236	182,222	-401,188	217,649	1,661,748	87,568	-262,851
19yr	487,450	4,474,687	185,502	-215,686	221,567	1,883,314	89,144	-173,707
20yr	496,225	4,970,912	188,841	-26,844	225,555	2,108,870	90,748	-82,958
21yr	505,157	5,476,068	192,241	165,396	229,615	2,338,485	92,382	9,423
22yr	514,249	5,990,318	195,701	361,097	233,748	2,572,233	94,045	103,468
23yr	523,506	6,513,824	199,223	560,321	237,956	2,810,188	95,738	199,206
24yr	532,929	7,046,753	202,810	763,130	242,239	3,052,427	97,461	296,666
25yr	542,522	7,589,274	206,460	969,590	246,599	3,299,026	99,215	395,882
26yr	552,287	8,141,562	210,176	1,179,767	251,038	3,550,064	101,001	496,882
27yr	562,228	8,703,790	213,960	1,393,726	255,557	3,805,621	102,819	599,701
28yr	572,348	9,276,138	217,811	1,611,537	260,157	4,065,778	104,670	704,371
29yr	582,651	9,858,789	221,731	1,833,268	264,839	4,330,617	106,554	810,925
30yr	593,138	10,451,927	225,723	2,058,991	269,607	4,600,224	108,472	919,397

〈표 4-28〉 외단열공사 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	6,988,608				3,516,480			
1yr	0	-6,988,608	0	-6,988,608	0	-3,516,480	0	-3,516,480
2yr	474,029	-6,514,579	205,216	-6,783,392	228,983	-3,287,497	98,358	-3,418,122
3yr	482,561	-6,032,018	208,910	-6,574,483	233,105	-3,054,392	100,128	-3,317,994
4yr	491,247	-5,540,771	212,670	-6,361,813	237,301	-2,817,092	101,931	-3,216,063
5yr	500,090	-5,040,681	216,498	-6,145,315	241,572	-2,575,520	103,766	-3,112,297
6yr	509,091	-4,531,590	220,395	-5,924,920	245,920	-2,329,600	105,633	-3,006,664
7yr	518,255	-4,013,335	224,362	-5,700,558	250,347	-2,079,253	107,535	-2,899,129
8yr	527,584	-3,485,751	228,401	-5,472,157	254,853	-1,824,400	109,470	-2,789,659
9yr	537,080	-2,948,671	232,512	-5,239,645	259,440	-1,564,959	111,441	-2,678,218
10yr	546,748	-2,401,924	236,697	-5,002,948	264,110	-1,300,849	113,447	-2,564,771
11yr	556,589	-1,845,335	240,958	-4,761,991	268,864	-1,031,985	115,489	-2,449,283
12yr	566,608	-1,278,727	245,295	-4,516,696	273,704	-758,281	117,568	-2,331,715
13yr	576,807	-701,921	249,710	-4,266,986	278,631	-479,650	119,684	-2,212,031
14yr	587,189	-114,732	254,205	-4,012,781	283,646	-196,004	121,838	-2,090,193
15yr	597,758	483,027	258,781	-3,754,000	288,752	92,747	124,031	-1,966,162
16yr	608,518	1,091,545	263,439	-3,490,562	293,949	386,696	126,264	-1,839,898
17yr	619,471	1,711,016	268,181	-3,222,381	299,240	685,937	128,536	-1,711,362
18yr	630,622	2,341,638	273,008	-2,949,373	304,626	990,563	130,850	-1,580,512
19yr	641,973	2,983,611	277,922	-2,671,452	310,110	1,300,673	133,205	-1,447,306
20yr	653,529	3,637,140	282,925	-2,388,527	315,692	1,616,365	135,603	-1,311,703
21yr	665,292	4,302,432	288,017	-2,100,510	321,374	1,937,739	138,044	-1,173,659
22yr	677,267	4,979,699	293,201	-1,807,308	327,159	2,264,898	140,529	-1,033,130
23yr	689,458	5,669,158	298,479	-1,508,829	333,048	2,597,945	143,058	-890,072
24yr	701,868	6,371,026	303,852	-1,204,978	339,043	2,936,988	145,633	-744,439
25yr	714,502	7,085,528	309,321	-895,657	345,145	3,282,133	148,255	-596,184
26yr	727,363	7,812,891	314,889	-580,768	351,358	3,633,491	150,923	-445,260
27yr	740,456	8,553,347	320,557	-260,211	357,682	3,991,174	153,640	-291,620
28yr	753,784	9,307,131	326,327	66,116	364,121	4,355,295	156,405	-135,215
29yr	767,352	10,074,483	332,201	398,317	370,675	4,725,970	159,221	24,006
30yr	781,164	10,855,647	338,180	736,497	377,347	5,103,317	162,087	186,093

〈표 4-29〉 전등공사 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	930,000				622,000			
1yr	0	-930,000	0	-930,000	0	-622,000	0	-622,000
2yr	116,532	-813,468	144,668	-785,332	80,215	-541,785	67,029	-554,971
3yr	118,630	-694,839	147,272	-638,060	81,659	-460,126	68,235	-486,736
4yr	120,765	-574,074	149,923	-488,138	83,129	-376,996	69,464	-417,272
5yr	122,939	-451,135	152,621	-335,516	84,625	-292,371	70,714	-346,558
6yr	125,152	-325,984	155,369	-180,148	86,149	-206,223	71,987	-274,571
7yr	127,404	-198,579	158,165	-21,983	87,699	-118,523	73,283	-201,289
8yr	129,698	-68,882	161,012	139,029	89,278	-29,245	74,602	-126,687
9yr	132,032	63,150	163,910	302,940	90,885	61,640	75,945	-50,742
10yr	134,409	197,559	166,861	469,801	92,521	154,160	77,312	26,569
11yr	136,828	334,387	169,864	639,665	94,186	248,347	78,703	105,272
12yr	139,291	473,678	172,922	812,587	95,882	344,228	80,120	185,392
13yr	141,798	615,476	176,034	988,621	97,607	441,835	81,562	266,954
14yr	144,351	759,826	179,203	1,167,824	99,364	541,200	83,030	349,984
15yr	146,949	906,775	182,429	1,350,253	101,153	642,353	84,525	434,509
16yr	149,594	1,056,369	185,712	1,535,965	102,974	745,326	86,046	520,555
17yr	152,287	1,208,656	189,055	1,725,020	104,827	850,154	87,595	608,150
18yr	155,028	1,363,683	192,458	1,917,478	106,714	956,868	89,172	697,321
19yr	157,818	1,521,502	195,922	2,113,401	108,635	1,065,503	90,777	788,098
20yr	160,659	1,682,161	199,449	2,312,850	110,590	1,176,093	92,411	880,509
21yr	163,551	1,845,711	203,039	2,515,889	112,581	1,288,674	94,074	974,583
22yr	166,495	2,012,206	206,694	2,722,583	114,607	1,403,281	95,767	1,070,350
23yr	169,492	2,181,698	210,414	2,932,997	116,670	1,519,952	97,491	1,167,841
24yr	172,542	2,354,240	214,202	3,147,199	118,770	1,638,722	99,246	1,267,087
25yr	175,648	2,529,889	218,057	3,365,256	120,908	1,759,630	101,032	1,368,120
26yr	178,810	2,708,699	221,982	3,587,238	123,085	1,882,715	102,851	1,470,971
27yr	182,029	2,890,727	225,978	3,813,217	125,300	2,008,015	104,702	1,575,673
28yr	185,305	3,076,032	230,046	4,043,262	127,556	2,135,571	106,587	1,682,260
29yr	188,641	3,264,673	234,187	4,277,449	129,852	2,265,422	108,506	1,790,766
30yr	192,036	3,456,709	238,402	4,515,851	132,189	2,397,611	110,459	1,901,224

〈표 4-30〉 보일러공사 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	775,000				725,000			
1yr	0	-775,000	0	-775,000	0	-725,000	0	-725,000
2yr	66,793	-708,207	47,709	-727,291	32,401	-692,599	25,243	-699,757
3yr	67,995	-640,212	48,568	-678,723	32,984	-659,615	25,697	-674,061
4yr	69,219	-570,992	49,442	-629,280	33,578	-626,037	26,159	-647,901
5yr	70,465	-500,527	50,332	-578,948	34,182	-591,855	26,630	-621,271
6yr	71,734	-428,794	51,238	-527,710	34,798	-557,057	27,110	-594,161
7yr	73,025	-355,769	52,161	-475,549	35,424	-521,634	27,598	-566,563
8yr	74,339	-281,430	53,099	-422,450	36,061	-485,572	28,094	-538,469
9yr	75,677	-205,752	54,055	-368,395	36,711	-448,862	28,600	-509,869
10yr	77,040	-128,713	55,028	-313,366	37,371	-411,490	29,115	-480,754
11yr	78,426	-50,287	56,019	-257,348	38,044	-373,446	29,639	-451,115
12yr	79,838	29,551	57,027	-200,321	38,729	-334,717	30,172	-420,942
13yr	81,275	110,826	58,054	-142,267	39,426	-295,291	30,716	-390,227
14yr	82,738	193,564	59,099	-83,169	40,136	-255,156	31,268	-358,958
15yr	84,227	277,791	60,162	-23,006	40,858	-214,297	31,831	-327,127
16yr	85,743	363,535	61,245	38,239	41,594	-172,704	32,404	-294,723
17yr	87,287	450,821	62,348	100,587	42,342	-130,362	32,988	-261,735
18yr	88,858	539,679	63,470	164,056	43,104	-87,257	33,581	-228,154
19yr	90,457	630,136	64,612	228,669	43,880	-43,377	34,186	-193,968
20yr	92,085	722,222	65,775	294,444	44,670	1,293	34,801	-159,167
21yr	93,743	815,965	66,959	361,403	45,474	46,767	35,428	-123,740
22yr	95,430	911,395	68,165	429,568	46,293	93,060	36,065	-87,674
23yr	97,148	1,008,543	69,392	498,960	47,126	140,186	36,714	-50,960
24yr	98,897	1,107,440	70,641	569,600	47,974	188,160	37,375	-13,585
25yr	100,677	1,208,117	71,912	641,512	48,838	236,998	38,048	24,463
26yr	102,489	1,310,606	73,207	714,719	49,717	286,715	38,733	63,196
27yr	104,334	1,414,940	74,524	789,243	50,612	337,326	39,430	102,626
28yr	106,212	1,521,152	75,866	865,109	51,523	388,849	40,140	142,766
29yr	108,124	1,629,276	77,231	942,340	52,450	441,299	40,862	183,629
30yr	110,070	1,739,346	78,621	1,020,961	53,394	494,694	41,598	225,226

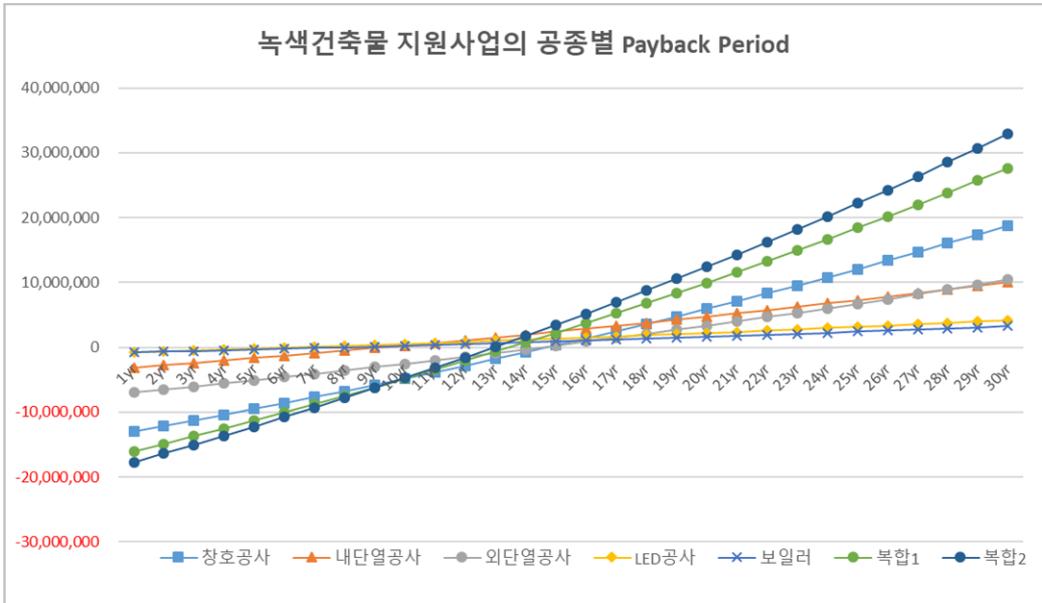
〈표 4-31〉 복합공사-1(창호, 내단열) 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	16,070,580				7,205,640			
1yr	0	-16,070,580	0	-16,070,580	0	-7,205,640	0	-7,205,640
2yr	1,161,568	-14,909,012	692,502	-15,378,078	467,238	-6,738,402	355,674	-6,849,966
3yr	1,182,476	-13,726,536	704,967	-14,673,111	475,648	-6,262,755	362,076	-6,487,891
4yr	1,203,761	-12,522,775	717,656	-13,955,454	484,209	-5,778,545	368,593	-6,119,298
yr	1,225,428	-11,297,347	730,574	-13,224,880	492,925	-5,285,620	375,228	-5,744,070
6yr	1,247,486	-10,049,861	743,725	-12,481,156	501,798	-4,783,822	381,982	-5,362,088
7yr	1,269,941	-8,779,920	757,112	-11,724,044	510,830	-4,272,992	388,858	-4,973,230
8yr	1,292,800	-7,487,120	770,740	-10,953,304	520,025	-3,752,966	395,857	-4,577,374
9yr	1,316,070	-6,171,050	784,613	-10,168,691	529,386	-3,223,581	402,982	-4,174,391
10yr	1,339,759	-4,831,291	798,736	-9,369,955	538,915	-2,684,666	410,236	-3,764,155
11yr	1,363,875	-3,467,416	813,113	-8,556,842	548,615	-2,136,051	417,620	-3,346,535
12yr	1,388,425	-2,078,991	827,749	-7,729,093	558,490	-1,577,561	425,137	-2,921,397
13yr	1,413,417	-665,574	842,649	-6,886,444	568,543	-1,009,018	432,790	-2,488,607
14yr	1,438,858	773,284	857,816	-6,028,627	578,777	-430,241	440,580	-2,048,027
15yr	1,464,757	2,238,041	873,257	-5,155,370	589,195	158,953	448,511	-1,599,516
16yr	1,491,123	3,729,164	888,976	-4,266,395	599,800	758,754	456,584	-1,142,933
17yr	1,517,963	5,247,128	904,977	-3,361,417	610,597	1,369,350	464,802	-678,130
18yr	1,545,287	6,792,414	921,267	-2,440,150	621,587	1,990,938	473,169	-204,962
19yr	1,573,102	8,365,516	937,850	-1,502,300	632,776	2,623,714	481,686	276,724
20yr	1,601,418	9,966,934	954,731	-547,569	644,166	3,267,880	490,356	767,080
21yr	1,630,243	11,597,177	971,916	424,347	655,761	3,923,640	499,183	1,266,263
22yr	1,659,588	13,256,764	989,411	1,413,757	667,565	4,591,205	508,168	1,774,431
23yr	1,689,460	14,946,224	1,007,220	2,420,978	679,581	5,270,786	517,315	2,291,746
24yr	1,719,870	16,666,095	1,025,350	3,446,328	691,813	5,962,599	526,627	2,818,372
25yr	1,750,828	18,416,923	1,043,806	4,490,134	704,266	6,666,865	536,106	3,354,478
26yr	1,782,343	20,199,266	1,062,595	5,552,729	716,943	7,383,808	545,756	3,900,234
27yr	1,814,425	22,013,691	1,081,722	6,634,450	729,848	8,113,655	555,579	4,455,813
28yr	1,847,085	23,860,776	1,101,193	7,735,643	742,985	8,856,640	565,580	5,021,393
29yr	1,880,332	25,741,108	1,121,014	8,856,657	756,359	9,612,999	575,760	5,597,153
30yr	1,914,178	27,655,286	1,141,192	9,997,849	769,973	10,382,972	586,124	6,183,277

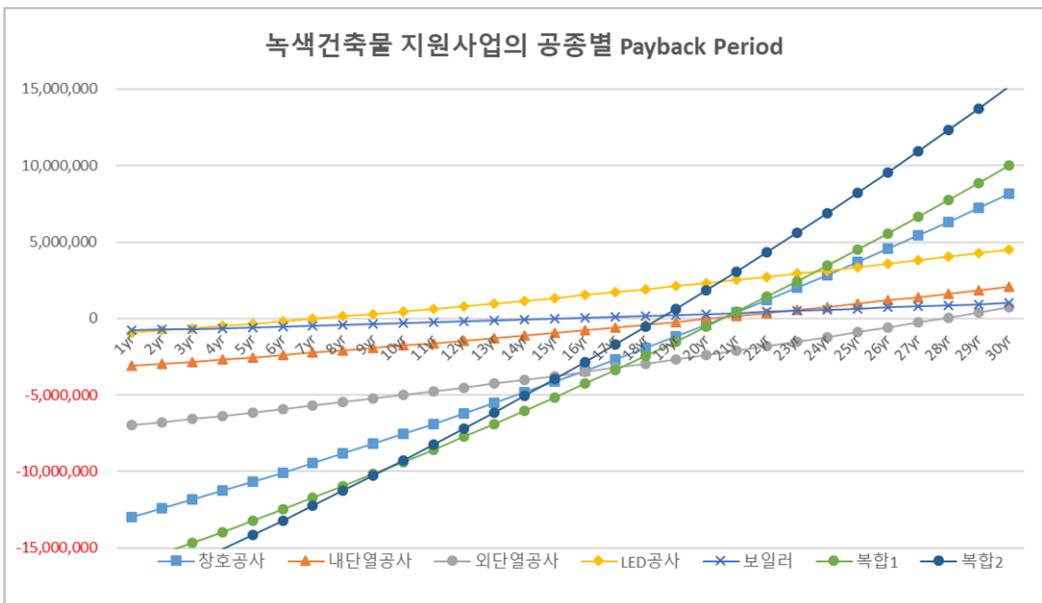
〈표 4-32〉 복합공사-2(창호, 내단열, 전등, 보일러) 연간 에너지 절감이익에 따른 공사비 회수기간 (단위:원)

	단독주택				공동주택			
	79년 이전		80년 이후		79년 이전		80년 이후	
	E절감이익 (B)	누적이익 (B)-(A)	E절감이익 (C)	누적이익 (C)-(A)	E절감이익 (D)	누적이익 (D)-(A)	E절감이익 (E)	누적이익 (E)-(A)
공사비 (A)	17,725,580				8,552,640			
1yr	0	-17,725,580	0	-17,725,580	0	-8,552,640	0	-8,552,640
2yr	1,345,085	-16,380,495	873,590	-16,851,990	556,414	-7,996,226	455,128	-8,097,512
3yr	1,369,296	-15,011,199	889,315	-15,962,674	566,429	-7,429,797	463,321	-7,634,191
4yr	1,393,944	-13,617,255	905,323	-15,057,352	576,625	-6,853,171	471,661	-7,162,530
5yr	1,419,035	-12,198,221	921,619	-14,135,733	587,004	-6,266,167	480,150	-6,682,380
6yr	1,444,577	-10,753,644	938,208	-13,197,525	597,570	-5,668,597	488,793	-6,193,587
7yr	1,470,580	-9,283,064	955,095	-12,242,430	608,327	-5,060,270	497,591	-5,695,995
8yr	1,497,050	-7,786,014	972,287	-11,270,143	619,277	-4,440,993	506,548	-5,189,447
9yr	1,523,997	-6,262,017	989,788	-10,280,354	630,424	-3,810,570	515,666	-4,673,781
10yr	1,551,429	-4,710,588	1,007,605	-9,272,750	641,771	-3,168,798	524,948	-4,148,834
11yr	1,579,355	-3,131,234	1,025,741	-8,247,009	653,323	-2,515,475	534,397	-3,614,437
12yr	1,607,783	-1,523,451	1,044,205	-7,202,804	665,083	-1,850,392	544,016	-3,070,420
13yr	1,636,723	113,272	1,063,000	-6,139,803	677,054	-1,173,338	553,808	-2,516,612
14yr	1,666,184	1,779,456	1,082,134	-5,057,669	689,241	-484,096	563,777	-1,952,835
15yr	1,696,175	3,475,632	1,101,613	-3,956,056	701,648	217,551	573,925	-1,378,910
16yr	1,726,707	5,202,338	1,121,442	-2,834,614	714,277	931,829	584,256	-794,655
17yr	1,757,787	6,960,125	1,141,628	-1,692,986	727,134	1,658,963	594,772	-199,882
18yr	1,789,427	8,749,553	1,162,177	-530,809	740,223	2,399,186	605,478	405,596
19yr	1,821,637	10,571,190	1,183,096	652,287	753,547	3,152,733	616,377	1,021,972
20yr	1,854,427	12,425,617	1,204,392	1,856,679	767,111	3,919,844	627,471	1,649,444
21yr	1,887,806	14,313,423	1,226,071	3,082,750	780,919	4,700,762	638,766	2,288,210
22yr	1,921,787	16,235,210	1,248,140	4,330,891	794,975	5,495,737	650,264	2,938,473
23yr	1,956,379	18,191,589	1,270,607	5,601,498	809,285	6,305,022	661,968	3,600,442
24yr	1,991,594	20,183,182	1,293,478	6,894,976	823,852	7,128,874	673,884	4,274,326
25yr	2,027,442	22,210,625	1,316,760	8,211,736	838,681	7,967,555	686,014	4,960,340
26yr	2,063,936	24,274,561	1,340,462	9,552,198	853,777	8,821,333	698,362	5,658,702
27yr	2,101,087	26,375,648	1,364,590	10,916,789	869,145	9,690,478	710,933	6,369,634
28yr	2,138,907	28,514,555	1,389,153	12,305,942	884,790	10,575,268	723,729	7,093,364
29yr	2,177,407	30,691,962	1,414,158	13,720,100	900,716	11,475,985	736,757	7,830,120
30yr	2,216,600	32,908,563	1,439,613	15,159,712	916,929	12,392,914	750,018	8,580,138

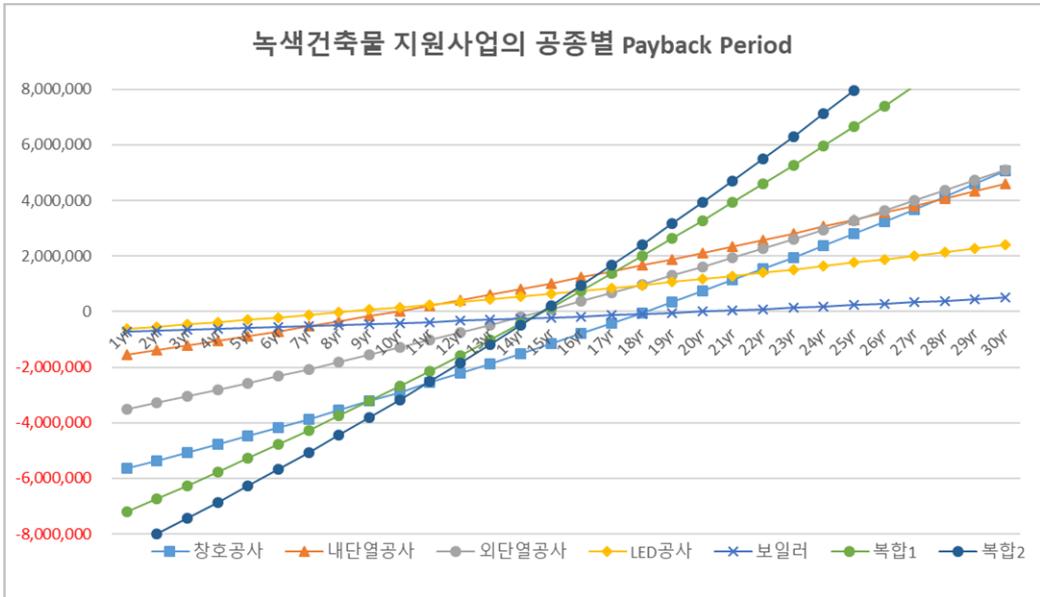
〈그림 4-78〉 79년 이전 단독주택의 녹색건축물 조성 지원사업 공사유형별 회수기간 그래프



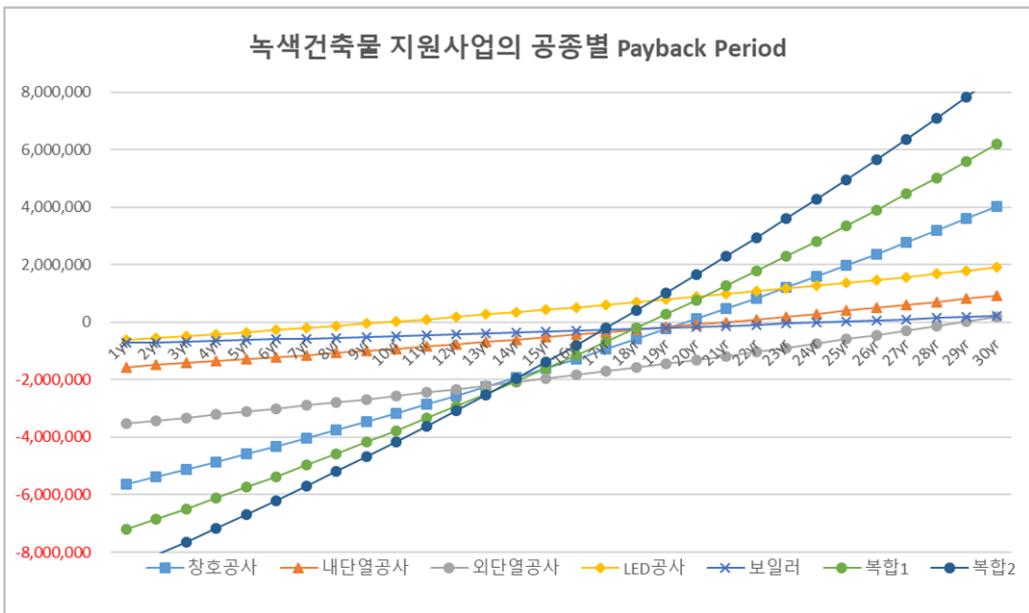
〈그림 4-79〉 80년 이후 단독주택의 녹색건축물 조성 지원사업 공사유형별 회수기간 그래프



〈그림 4-80〉 79년 이전 공동주택의 녹색건축물 조성 지원사업 공사유형별 회수기간 그래프



〈그림 4-81〉 80년 이후 공동주택의 녹색건축물 조성 지원사업 공사유형별 회수기간 그래프



제3절 에너지 절감을 위한 추가기술 도출

수원시 녹색건축물 조성 지원사업에서 지원하는 5개 공사유형(창호공사, 내단열공사, 외단열공사, 전등공사, 보일러공사) 외 효과적인 에너지절감을 4가지 추가기술(차양장치, 고효율 보일러, 고성능단열재, 신재생에너지)를 도출하였다.

1. 차양장치

차양장치는 건축물의 창이나 문 등의 투광부에 일사에 의한 복사열 획득을 저감시켜 하절기 냉방부하 저감과 재실자의 눈부심현상(glare) 저감 효과로 에너지절감과 재실환경향상을 모두 개선할수있는 효과적인 기술²⁸⁾이다.

건축물의 에너지절약설계기준(국토교통부고시 제2022-52호) 의거, 연면적 3,000㎡ 이상 공공건축물의 경우 차양을 의무적으로 설치하도록 제도화하고 있으며, 민간건축물의 경우 커튼월 등으로 창면적비가 크고 재실밀도가 높아 냉방부하가 높은 업무용 건축물에서 효과적으로 적용되고 있다.

차양장치는 가동여부에 따라 가동형 차양과 고정형 차양으로 구분하고, 설치위치에 따라 외부차양과 내부차양으로 구분하며, 설치 형태에 따라 수직차양, 수평차양 및 수직·수평차양으로 구분한다. 고정형 차양의 경우 여름철의 일사를 효과적으로 차단하여 냉방부하 저감 효과가 있으나, 겨울철의 태양열 열획득 또한 저감시킴에 따라 난방부하가 증가하는 단점이 발생한다. 차양의 종류에 따른 예시 이미지는 <그림4-82>,<그림4-83>,<그림4-84>과 같다.

<그림 4-82>
고정형차양(수직차양)



<그림 4-83>
고정형차양(수평차양)



<그림 4-84>
가동형차양(베네이안블라인드)



28) 건축물의 에너지절약 설계기준(국토교통부고시 제2022-52호)에 따른 한국에너지공단에서 배포한 에너지절약계획서 실무 길라잡이 등을 참고하였다.

■ 고정형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 분석

고정형 차양의 경우 수직 및 수평 차양을 함께 설치하는 것이 가장 효율이 좋은 것으로 나타났으며, 창의 중심선에서 차양장치까지의 거리의 각을 나타내는 차양각²⁹⁾이 커질수록 차양의 크기가 커짐에 따라 일사를 효과적으로 차단하여 냉방부하를 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 고정형 차양의 경우 겨울철 따뜻한 태양열 일사 또한 차단함에 따라 난방에너지가 오히려 증가하는 것으로 나타났으며, 여름철 감소된 냉방에너지 대비 겨울철 증가하는 난방에너지의 총량이 더 클에 따라 고정형 차양을 설치할 경우 전체 에너지요구량에서는 오히려 불리한 것으로 나타났다. 79년 이전 준공된 주택에서는 80년 이후 주택에서보다 더욱 불리한 것으로 나타나며, 80년 이후 준공된 주택유형의 고정형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화는 <표 4-33>과 같다.

<표 4-33> 고정형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화

	차양각	설치형태	난방에너지		냉방에너지		합계		
			요구량	변화율	요구량	변화율	요구량	변화율	
단 독 주 택	기준		169.8	-	56	-	269.6	-	
	α=15°	수직	173.3	2.06%	52.5	-6.25%	269.6	0.00%	
		수직+수평	176.7	4.06%	49.8	-11.07%	270.3	0.26%	
		수평	173.3	2.06%	52.8	-5.71%	269.9	0.11%	
	α=30°	수직	176.2	3.77%	50.2	-10.36%	270.2	0.22%	
		수직+수평	185.7	9.36%	42	-25.00%	271.5	0.70%	
		수평	187.4	10.37%	40.9	-26.96%	272.1	0.93%	
	α=45°	수직	180.1	6.07%	46.8	-16.43%	270.7	0.41%	
		수직+수평	213.7	25.85%	24.5	-56.25%	282	4.60%	
		수평	205.9	21.26%	29.2	-47.86%	278.9	3.45%	
	공 동 주 택	기준		140.1	-	36.6	-	222.4	-
		α=15°	수직	143.3	2.28%	34.6	-5.46%	223.6	0.54%
수직+수평			145.4	3.78%	33.3	-9.02%	224.4	0.90%	
수평			142.8	1.93%	35	-4.37%	223.5	0.49%	
α=30°		수직	145	3.50%	33.5	-8.47%	224.2	0.81%	
		수직+수평	155.3	10.85%	27.8	-24.04%	228.8	2.88%	
		수평	151.5	8.14%	29.9	-18.31%	227.1	2.11%	
α=45°		수직	150.8	7.64%	30.2	-17.49%	226.7	1.93%	
		수직+수평	169.4	20.91%	21.1	-42.35%	236.2	6.21%	
		수평	163.2	16.49%	23.9	-34.70%	232.8	4.68%	

29) 건축물의 에너지절약 설계기준(국토교통부고시 제2022-52호) 및 녹색건축인증기준(환경부고시 제2021-66호)에 따라 차양각이란 차양이 설치되는 창 높이의 중심선에서 차양장치까지의 거리의 각을 말한다. 같은 크기의 창에서 차양각이 커질 경우 차양장치의 크기가 증가하는 것을 의미한다.

■ 가동형 차양장치 설치에 따른 에너지 및 탄소배출량 분석

가동형 차양장치 설치 시 에너지성능 향상을 확인하기 위하여 평가모델을 대상으로 가동형 차양의 설치위치에 따른 내부차양 및 외부차양을 구분하여 분석하였다.

가동형 차양장치의 운용특성에 따라 난방시기에는 차양을 걷어 일사를 획득하고, 냉방시기에는 일사를 차단하여 냉방부하를 최소화하는 것으로 가정하여, 설치여부에 따라 난방에너지에는 영향이 없을 것으로 가정하였다.

분석결과, 외부차양을 설치하는 경우 평가모델에서 냉방 1차 에너지소요량이 59%에서 70%까지 크게 절감되는 것으로 나타나고, 내부차양을 설치하는 경우 냉방 1차 에너지소요량이 13%에서 16%가량 절감되는 것을 나타냈으나, 에너지 및 탄소배출량 총량에서는 외부차양의 경우 약 3%에서 6% 수준의 절감효과가 있는 것으로 나타났고, 내부차양의 경우 약 0.6%에서 2% 수준의 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 각 주택유형의 가동형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화는 <표 4-34>와 같다.

<표 4-34> 가동형 차양장치 설치에 따른 에너지요구량 변화

	보일러 유형	연간 에너지소요량 (kWh/m ² ·yr)				연간 1차 에너지소요량 (kWh/m ² ·yr)				연간 CO2배출량 (kgCO2eq/m ² ·yr)				
		냉방E	증감률 (%)	전체 합계	증감률 (%)	냉방E	증감률 (%)	전체 합계	증감률 (%)	냉방E	증감률 (%)	전체 합계	증감률 (%)	
단독주택	79년 이전	개선전	18.3	-	466.5	-	50.2	-	412.7	-	8.6	-	102.9	-
		내부 차양	15.2	-16.9	463.4	-0.6	41.8	-16.7	404.3	-2.0	7.1	-17.4	101.4	-1.4
		외부 차양	5.4	-70.4	443.6	-2.8	14.9	-70.3	377.4	-8.5	2.5	-70.9	96.8	-5.9
	80년 이후	개선전	20.7	-	340.8	-	57.0	-	333.0	-	9.7	-	80.1	-
		내부 차양	17.5	-15.4	337.6	-0.9	48.1	-15.6	324.1	-2.6	8.2	-15.4	78.6	-1.8
		외부 차양	8.4	-59.4	330.4	-3.0	23.2	-59.3	304.3	-8.6	4.0	-58.7	75.2	-6.1
공동주택	79년 이전	개선전	9.2	-	406.2	-	25.4	-	375.2	-	4.3	-	92.5	-
		내부 차양	7.9	-14.1	404.9	-0.3	21.6	-14.9	371.4	-1.0	3.7	-13.9	91.9	-0.6
		외부 차양	3.2	-65.2	400.2	-1.4	8.7	-65.7	368.5	-4.4	1.5	-65.1	89.7	-3.0
	80년 이후	개선전	9.9	-	327.1	-	27.3	-	315.9	-	4.7	-	76.4	-
		내부 차양	8.4	-15.1	325.6	-0.4	23.2	-15.0	311.8	-1.3	4.0	-14.8	75.7	-0.9
		외부 차양	3.3	-66.6	320.5	-2.0	9.2	-66.3	297.8	-5.7	1.6	-65.9	73.3	-4.0

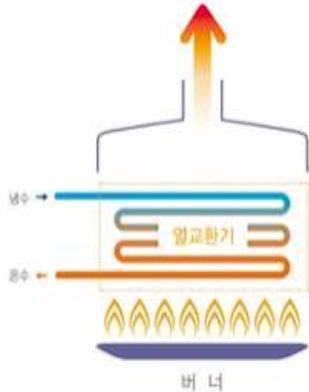
2. 고효율 보일러

■ 바닥난방용 난방 열원설비의 종류와 효율

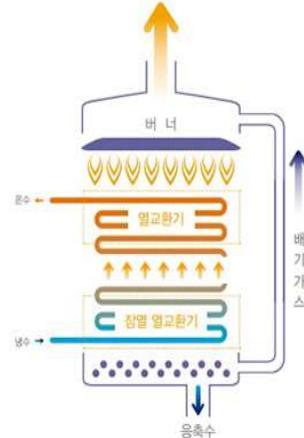
국내의 주택은 온수를 바닥에 순환시켜 실내를 구조체와 공기를 데우는 바닥복사 난방방식이 일반적이다. 바닥을 순환하는 온수를 데우기 위한 설비열원으로는 가스보일러, 전기보일러, 지역난방 열원설비, 히트펌프 등이 있으나, 현장조사 결과 수원시의 노후주택의 경우 가스보일러를 적용하고 있는 것으로 확인된다. 지역난방 및 히트펌프의 경우 설비공사 및 펌프의 크기 및 용량 등에 따라 노후주택의 수선공사에 적용이 어려울 것으로 판단됨에 따라 추가 기술 분석에서 제외하였다.

추가기술로서 콘덴싱보일러와 전기보일러를 적용하여 분석하였다. 콘덴싱보일러는 보일러 내부에 잠열 열교환기(Condenser)가 설치되어 배기가스의 열을 이용하여 온수를 재가열해 효율이 일반보일러에 비하여 매우 높다. 또한, 전기보일러는 배기가스를 통한 열손실과 얇고 소음 및 유해가스가 발생하지 않는 장점이 있다. .전기보일러를 콘덴싱보일러³⁰⁾의 경우 효율 92%, 전기보일러³¹⁾의 경우 효율 100% 가정하여 분석하였다. 보일러 종류별 개념도 및 고효율보일러 설치에 따른 난방 및 급탕에너지 변화는 아래 그림과 같다.

〈그림 4-85〉 가스보일러 개념도



〈그림 4-86〉 콘덴싱보일러 개념도



〈그림 4-87〉 전기온수기 개념도



30) 콘덴싱보일러는 고온의 배기가스를 다시 이용하는 보일러로, 일반보일러의 열 교환기에 배기가스가 가진 잠열을 다시 사용할 수 있도록 해주는 잠열 교환기를 하나 더 장착하고 있다. 고온의 배기가스를 재활용하기 때문에 에너지 효율이 일반보일러 대비 높으며, 유해가스 배출을 줄이고 안전성이 높은 장점이 있다.

31) 전기보일러는 전기의 열교환을 통한 난방 및 급탕을 이용하는 보일러로, 가장 높은 효율을 나타내고 냄새와 소음이 없는 등의 장점이 있으나, 초기 설치비용이 비싸고 누진세 적용시 유지비가 높아 산업용으로 많이 사용되고 있다.

▪ **고효율보일러 설치에 따른 난방 및 급탕에너지 성능 변화 분석**

콘덴싱보일러의 경우 난방 1차 에너지소요량이 10%에서 16% 수준 감소되는 것으로 확인되었으며, 급탕 에너지소요량은 10% 수준 감소되는 것으로 나타났다.

전기보일러의 경우 난방 에너지소요량이 20%에서 33%가량 감소되는 것으로 확인되었으나, 난방 및 급탕부문 모두에서 1차 에너지소요량은 140%에서 240% 수준 증가하여, 에너지 및 탄소배출량 측면에서 개선하지 않는 것보다도 크게 불리한 것으로 나타났다. 이는 가스와 전력의 1차 에너지 환산계수³²⁾의 차이로, 전력의 송전 등에서 발생하는 에너지손실을 반영된 평가결과인 것으로 판단된다. 고효율보일러 설치에 따른 난방 및 급탕에너지 성능 변화는 <표 4-35>과 같다.

<표 4-35> 보일러 종류에 따른 에너지소요량 및 CO₂배출량 변화

	보일러 유형	연간 에너지소요량 (kWh/㎡·yr)				연간 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·yr)				연간 CO ₂ 배출량 (kgCO ₂ eq/㎡·yr)				
		난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	
단독주택	79년 이전	개선전	387.7	-	37.4	-	299.0	-	27.4	-	80.5	-	7.6	-
		콘덴싱 보일러	342.3	-11.7	33.6	-10.1	268.5	-10.2	25.0	-8.7	71.7	-10.93	6.9	-9.2
		전기 보일러	307.9	-20.5	33.4	-10.7	921.4	208.1	91.9	235.4	157.2	95.28	15.7	106.5
	80년 이후	개선전	269.6	-	37.4	-	212.5	-	27.4	-	56.6	-	7.6	-
		콘덴싱 보일러	233.8	-13.2	33.6	-10.1	187.9	-11.5	25.0	-8.7	49.6	-12.37	6.9	-9.2
		전기 보일러	206.7	-23.3	33.4	-10.7	618.0	190.8	91.9	235.4	105.4	86.22	15.7	106.5
공동주택	79년 이전	개선전	355.2	-	37.4	-	289.0	-	27.4	-	75.8	-	7.6	-
		콘덴싱 보일러	286.1	-19.4	33.6	-10.1	240.2	-16.8	25.0	-8.7	62.0	-18.21	6.9	-9.2
		전기 보일러	241.4	-32.0	33.4	-10.7	720.7	149.3	91.9	235.4	122.9	62.14	15.7	106.5
	80년 이후	개선전	264.8	-	37.4	-	220.0	-	27.4	-	57.1	-	7.6	-
		콘덴싱 보일러	214.6	-18.9	33.6	-10.1	184.6	-16.0	25.0	-8.7	47.1	-17.51	6.9	-9.2
		전기 보일러	176.3	-33.4	33.4	-10.7	525.8	139.0	91.9	235.4	89.7	57.09	15.7	106.5

32) 한국에너지공단의 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정(2020년 8월 4일 7차 개정) [별표 3] 1차에너지 환산계수에 따르면 에너지원의 1차에너지 환산계수는 연료 1.1, 전력 2.75, 지역난방 0.728, 지역냉방 0.937이다. 연료(가스) 대비 전력은 2.5배 높은 에너지를 사용하는 것으로 나타난다.

3. 고성능 단열재

▪ 바닥난방용 난방 열원설비의 종류와 효율

구조체를 기준으로 단열재의 설치위치에 따라 내단열과 외단열로 구분한다. 열교발생 최소화 측면에서는 외부 전체를 단열재로 둘러싸는 외단열이 우수하지만, 외단열은 외부 마감재를 함께 교체하여야 한다는 부담과 공동주택의 경우 단독세대 공사를 하기 곤란하다는 단점이 있다. 내단열의 경우 구조체의 형상에 의하여 불가피하게 열교부위가 발생되지만 공사가 비교적 간단하다는 장점이 있으나, 단열효과 상향을 위해 단열재의 두께를 증가할 경우 실내 공간의 면적이 협소해질 수 있으므로 단열재를 무한정 두껍게 설치할 수 없다는 한계가 있다.

이에 따라 동일 두께에서 단열성능을 최대한 확보하기 위하여 열전도율이 낮은 단열재를 적용하는 것이 필요가 있다고 판단된다. 수원시 지원사업을 통해 6개년(2016년에서 2021년) 내단열공사로 지원되었던 비드법보온판(열전도율 0.036W/mK)를 적용한 경우와 열전도 저항 성능이 우수한 경질우레탄보온판(열전도율 0.020W/mK)를 적용한 경우를 비교 분석하였다. 단열재 종류별 형태와 및 시험성적서는 아래와 같다.

〈그림 4-88〉 폴리스티렌 비드법 보온판 사진



〈그림 4-89〉 경질우레탄보온판 2종 사진



〈그림 4-90〉 경질우레탄보온판 시험성적서 예시 (열전도율 0.020W/mK)



TEST REPORT



우 13810 경기도 과천시 교육원로 98(중앙동) TEL (02)2164-0011 FAX (02)2634-1008

성적서번호 : TAK-2018-133871 접수 일자 : 2018년 08월 28일

대표자 : 김지우 시험완료일자 : 2018년 09월 12일

업체명 : (주)이넥스월

주소 : 서울특별시 영등포구 국제금융로 106 (여의도동, 행정빌딩305호)

시료명 : INEX 패널용 경질우레탄폼

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
열전도율[평균온도 (20 ± 5) °C]	W/m · K	-	0.020	KS M 3809 : 2006(평판열류계법)
겉보기밀도	kg/m ³	-	43	KS M 3809 : 2006

- 용도 : 품질관리용

▪ 고성능 단열재 설치에 따른 난방 및 냉방 에너지 성능 변화

79년 이전 준공된 주택에 경질우레탄보온판(열전도율 0.020W/mK)을 적용하는 경우 난방 에너지소요량이 약 16.7% 수준 저감되는 것으로 확인되었으며, 이는 지원사업을 통해 지원되었던 비드법보온판(열전도율 0.036W/mK)을 적용하는 것보다 약 2%에서 3% 수준 추가로 절감이 가능한 것으로 나타났다.

80년 이후 준공된 주택에 경질우레탄보온판(열전도율 0.020W/mK)을 적용하는 경우 난방 에너지소요량이 약 10% 수준 저감되는 것으로 확인되었으며, 이는 지원사업을 통해 지원되었던 비드법보온판(열전도율 0.036W/mK)을 적용하는 것보다 약 2%에서 3% 수준 추가로 절감이 가능한 것으로 나타났다. 고성능 단열재 설치에 따른 난방 및 냉방 에너지 성능 변화는 <표 4-36>와 같다.

<표 4-36> 고성능 단열재 설치에 따른 난방 및 냉방 에너지 성능 변화

	보일러 유형	연간 에너지소요량 (kWh/㎡·yr)				연간 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·yr)				연간 CO2배출량 (kgCO2eq/㎡·yr)				
		난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	난방E	증감률 (%)	급탕E	증감률 (%)	
단 독 주 택	79년 이전	개선전	387.7	-	18.3	-	299.0	-	50.2	-	80.5	-	8.6	-
		비드법 보온판	331.9	-14.3	19.4	-6.0	258.1	-13.6	53.4	-6.3	69.2	-14.0	9.1	-5.8
		경질 우레탄	322.7	-16.7	19.6	-7.1	251.5	-15.8	54.0	-7.5	67.4	-16.2	9.2	-6.9
	80년 이후	개선전	269.6	-	20.7	-	212.5	-	57.0	-	56.6	-	9.7	-
		비드법 보온판	247.6	-8.1	21.4	-3.3	196.4	-7.5	58.9	-3.3	52.1	-7.9	10.1	-4.1
		경질 우레탄	242.3	-10.1	21.6	-4.3	192.5	-9.4	59.4	-4.2	51.1	-9.7	10.1	-4.1
냉 방 주 택	79년 이전	개선전	344.6	-	12.9	-	281.2	-	35.5	-	73.6	-	6.1	-
		비드법 보온판	298.5	-13.3	13.8	-6.9	247.3	-12.0	38.0	-7.0	64.3	-12.6	6.5	-6.5
		경질 우레탄	287.1	-16.6	14.0	-8.5	237.9	-15.4	38.5	-8.4	61.8	-16.0	6.6	-8.2
	80년 이후	개선전	264.8	-	13.9	-	220.0	-	38.2	-	57.1	-	6.5	-
		비드법 보온판	245.8	-7.1	14.4	-3.6	238.3	8.3	39.6	-3.6	53.2	-6.8	6.7	-3.0
		경질 우레탄	236.0	-10.8	14.5	-4.3	198.8	-9.6	39.9	-4.4	51.2	-10.3	6.8	-4.6

4. 신재생에너지 설비

신재생에너지는 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소·산소등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 신에너지와 햇빛·물·지열·강수 등을 포함하는 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 재생에너지의 합성어이다.

건축물에 적용 가능한 신재생에너지설비는 태양광발전설비, 태양열이용설비, 지열히트펌프, 수열히트펌프, 소수력발전, 소풍력발전설비 등이 있으며, 태양광발전설비의 경우 옥상층에 여유공간 확보시 설치가 용이하고 신재생에너지의 생산을 위해 소비되는 에너지가 없는 점 및 유지관리가 용이한 점 등의 장점이 있어 주택 설치에 적합³³⁾하다.

태양광 발전설비는 지붕층에 구조체를 세워서 고정을 시키는 고정형 모듈(PV, Photovoltaic)와 태양광 모듈 자체가 건축물의 마감재 역할을 하는 건물일체형 태양광모듈(BIPV, Building Integrated Photovoltaic)로 구분된다. 고정형 모듈 및 건물일체형 태양광모듈의 설치 예시 및 1㎡를 설치할 경우 기대되는 에너지생산량, 1차에너지 생산량 및 CO2 저감량은 <표 4-37>와 같다.

<그림 4-91> 고정형 태양광모듈(PV) 설치사례



<그림 4-92> 건물일체형 태양광모듈(BIPV) 설치사례



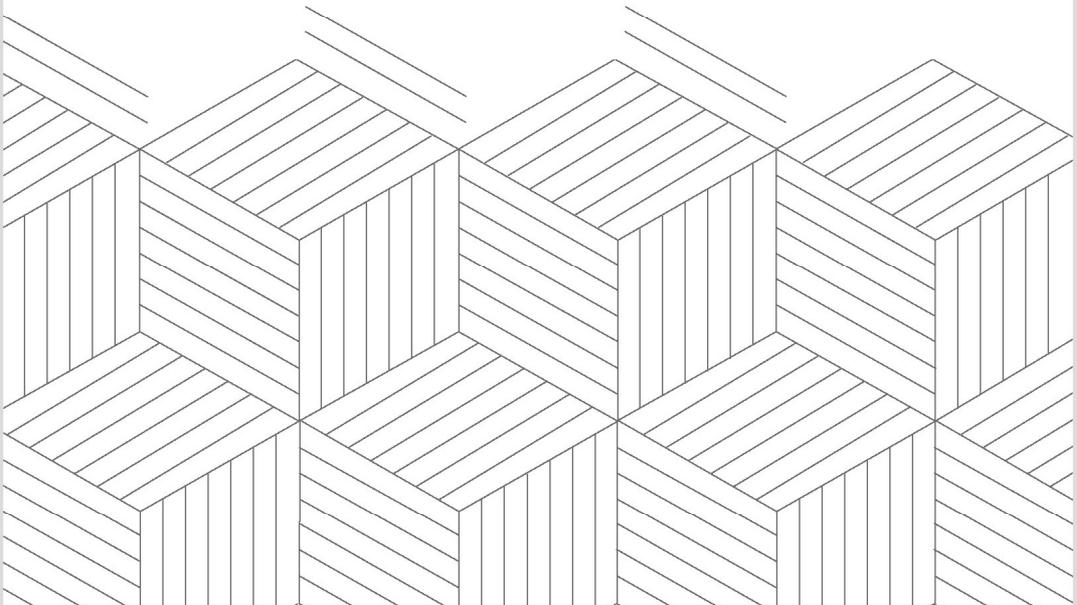
<표 4-37> 태양광(PV, BIPV) 유형별 설치에 따른 에너지생산량 및 CO2 저감량

	유형	태양광 1㎡ 당 연간 에너지생산량 (kWh/㎡·yr)	태양광 1㎡ 당 연간 1차 에너지생산량 (kWh/㎡·yr)	태양광 1㎡ 당 연간 CO2배출량 (kgCO _{2eq} /㎡·yr)
태양광	PV	205.9	566.1	96.5
	BIPV	117.4	323	55.1

33) 태양광 설비는 모듈과 인버터를 이용하므로 옥상층 또는 입면부 등에 설치가 용이하여 주택설치에 적합하다. 그 외 신재생에너지 설비의 경우 대형 구조물 및 히트펌프 등의 설비기기 설치가 필요하여 주택설치에 적합하다고 보기 어렵다.

제5장 결론

제1절 정책제언
제2절 향후 연구과제



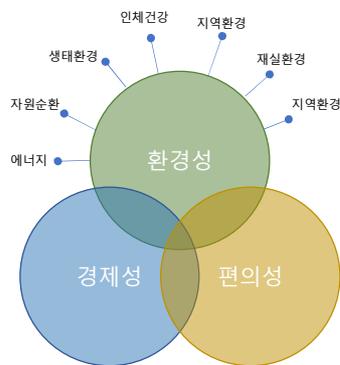
제5장 결론

제1절 정책제언

1. 환경성을 함께 고려하는 지원 방향 설정

1) 지구온난화 외의 다양한 환경영향에 대한 종합적으로 고려된 지원사업 필요

〈그림 5-1〉 지속가능성 3대 요소



환경성에는 지구환경 외에도 다양한 분야의 환경성이 존재하며 에너지절약 및 탄소배출량 저감과 동시에 인체건강과 지역환경, 자원순환 등 다양한 환경성을 동시에 고려해야 한다. 예를 들면 보일러 지원사업시 저녹스보일러를 지원할 경우 대기오염(지역환경)까지 개선할 수 있고, 창호 및 단열재 등의 자재는 환경성선언(EPD) 제품을 지원할 경우 다양한 환경성이 고려된 지원사업이 가능하다. 이와 같이 지원대상에 대하여 지구온난화 뿐만 아니라 종합적인 환경분야의 검토가 필요할 것이다.

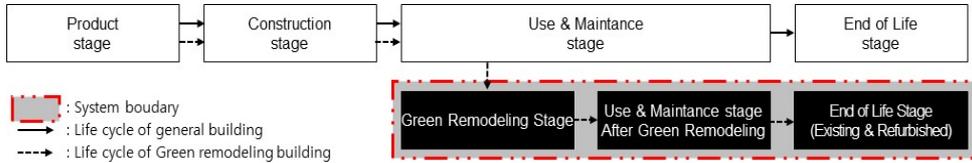
2) 건축물의 전생애주기 관점에서의 환경영향 검토

건축물의 전생애주기는 생산단계, 시공단계, 운영단계, 폐기단계로 구분된다. 일반적으로 건축물의 전생애주기에서 에너지소비가 가장 많은 단계는 운영단계이며 다음으로 높은 단계는 자재의 생산단계이다. 하지만 수원시의 지원사업은 노후주택을 대상으로 수선공사를 하는 것이므로 신축공사와 비교하여 내용수명이 비교적 짧다.³⁴⁾ 이에 자재 생산단계의 환경영향

34) D Kim, H Jang, *Evaluation of environmental impact change due to building envelopment retrofit by parts: green remodeling*, International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development(2019)

비중이 신축공사에 비하여 보다 높을 것으로 예상된다. 이에 건축물의 에너지절감 측면뿐만 아니라 원료채취와 자재생산단계의 환경영향과 내재에너지 등이 종합적으로 검토되는 것이 바람직할 것이다.

〈그림 5-2〉일반건축물과 리모델링 건축물의 생애주기(12)



3) 전문지원센터 운영 및 전문기관 협력 필요

제도가 실효성 있는 정책으로 지속적으로 시행될 수 있도록 녹색건축물 지원 사업의 환경성을 전생애주기 관점에서 종합적으로 심사하여 지속적인 제도 개선을 할 수 있는 전문집단을 조직하거나 전문성 있는 기관 또는 기업과 협력이 필요할 것이다.

이를 위해 수원시도 체계적인 프로그램 추진을 위해 현재 전담부서와 연계된 전문지원센터의 설치를 추진한다. 차지구별 전담인력의 배치하되, 인력은 건물관련 전문기술자로 구성하여 프로그램의 관리감독과 완료된 사업의 점검 역할을 수행한다.

전문지원센터 및 전문기관 관련 미국 사례

미국의 경우, 전문적이고 체계적인 프로그램 추진을 위해 별도의 전담부서를 설치하고 지역별 전문지원센터를 설치·운영한다. 물론, 에너지효율만을 추진하는 것은 아니고 전체 주택수리 맥락 내에서 에너지효율까지 함께 추진하고 있다.

킹 카운티 주택·커뮤니티 개발과(Housing & Community Development)에서 운영하는 4개 주요 프로그램 중 하나로, 전 직원 25명 중 5명이 Housing Repair를 담당하며 지역별 사무소를 통해 서비스를 제공하고 있다. 담당자들은 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(Building Performance Institute) 교육을 통해 건물성능평가에 대한 지속적인 교육을 받고 있다.

킹 카운티 주택·커뮤니티 개발과(Housing & Community Development)에서 운영하는 4개 주요 프로그램 중 하나로, 전 직원 25명 중 5명이 Housing Repair를 담당하며 지역별 사무소를 통해 서비스를 제공하고 있다. 담당자들은 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(Building Performance Institute) 교육을 통해 건물성능평가에 대한 지속적인 교육을 받고 있다.

시애틀 시 주택과(Office of Housing)에서 담당하며, 담당 직원의 과반수가 건물관련 전문 기술자로 건물의 성능을 평가하고 적절한 서비스항목을 선정하며 작업의 관리감독 및 완료된 작업을 점검하는 역할을 직접 수행한다. 이들 역시 국가에서 시행하고 있는 에너지 효율진단(BPI) 교육을 지속적으로 받고 있다.

2. 지원사업 대상 시공기준 제정 및 유지관리 매뉴얼 제공

1) 지원사업에 적정한 시공기준 제정 및 시공기술 보유기업 선정

창호공사 혹은 단열공사의 경우 매립, 고정되어 한 번 시공된 후에는 수정하기가 매우 어렵다는 특징이 있고, 좋은 자재와 제품을 적용하더라도 시공자의 시공기술에 따라 제성능을 발휘하지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

단열공사의 경우, 단열재와의 간격을 보강재로 충분히 충전하고 고온측에 방습층을 두지 않으면 벽체 내부결로 발생의 위험이 있다. 결로는 곰팡이의 원인이 될 수 있으며 단열재의 성능저하에 매우 큰 영향을 미친다. 창호의 경우 단열프레임과 단열재가 접촉되어있어야 하며 기밀테이프 등으로 기밀하게 시공하지 않을 경우 창호재와 벽체 사이에 열교현상에 의하여 단열효과 저하 및 결로가 발생하기 쉽다.

이를 예방하기 위해서는 수원시 지원사업의 적절한 시공기준 제정과 그 시공기준에 적합하게 시공할 수 있는 시공기술 보유한 기업 선정이 필요할 것으로 판단된다.

2) 사용자 유지관리 매뉴얼 제공

건축물은 생산된 후 오랜기간 사용되는 내구제품이다. 이는 생애비용 측면에서 초기비용보다 장기수선 또는 부품교체 등을 위한 유지관리, 에너지비용 등의 비용이 크다는 것을 의미한다. 따라서 적절한 유지관리는 경제성 측면 뿐만 아니라 건축물의 기능과 수명을 적정수준으로 유지시켜 환경부하를 저감시키는 환경성 측면에서도 중요하다.

거주자로 하여금 새집증후군, 결로현상 발생시 대처방법, 냉·난방설비의 효율적인 사용 방법, 조명설비의 관리 및 교체 방법 등의 내용을 정확하게 파악하는 것은 에너지절감과 효율적인 관리의 실현 등 주거생활에 있어서 편리성과 효율성을 지향할 수 있다.

따라서 지원사업 이후 시공 기업으로부터 건물의 관리방법 및 각종 설비의 유지관리 방법 등을 의무적으로 제공하게 함으로써 지원사업을 통해 에너지절감 효과와 동시에 거주자의 편리성 및 거주성 등이 함께 향상될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 녹색건축물 지원 대상자 선정 평가기준 재설정

2022년 현재 수원시의 녹색건축물 지원대상자 선정 평가는 1차 정량평가와 2차 정성평가를 거쳐 전체 합계 점수로 선정한다. 이러한 종합점수가 동점일 경우는 노후도(준공년도), 우선지원지역, 건축물 규모, 소유자 거주 여부 순으로 선정한다.

〈표 5-1〉 수원시의 녹색건축물 지원대상자 선정 평가표

평가항목		배점	최고	
1차 (정량 평가)	1. 건축물 노후도	• 사용승인 후 40년 이상	40	40
		• 사용승인 후 16년 이상 39년 이하 (15점에서 노후도 1년 마다 1점씩 가점)	16~39	
		• 사용승인 후 15년	15	
	2. 우선 지원 지역 범위	• 수원화성 역사문화환경 보존지역 • 주거환경 관리사업 구역 • 도시재생활성화지역	5	5
		• 그 외 지역	1	
	3. 건축물 규모(연면적)	• 50㎡ 미만	20	20
		• 50㎡ 이상 400㎡ 미만 (20점에서 연면적 50㎡ 증가시마다 2점씩 감점)	6~18	
		• 400㎡ 이상	4	
	4. 소유자 거주 여부 (주민등록상)	• 소유자 거주	13	13
		• 소유자 미거주	1	
5. 소유자 성별	• 여성	2	2	
	• 남성&여성	1.5		
	• 남성	1		
소 계		80		
가 점	• 장애인	3	6	
	• 2회 이상 신청자	3		
2차 (정성 평가)	6. 사업의 적정성	• 에너지성능개선 효과	0~10	10
		• 주거환경개선 효과 등	0~10	10
소 계		20		
감 점		• 지원 부적정 건축물 등	-10~0	-10

자료 : 수원시(2022년 11월) 녹색건축팀 내부자료

앞선 에너지 효율 분석결과, 단일공정 내에서도 주택유형 및 준공년도 별로 차이를 나타냈다. 2016년부터 2021년까지 공사유형 중 창호가 1,839건으로 가장 많았고 다음으로 단열이 483건으로, 이 두 가지 공사유형을 우선 고려할 때 79년 이전 단독주택의 에너지 저감율이 36.51%로 가장 크고, 다음으로 80년 이후 단독주택, 80년 이후 공동주택, 79년 이전 공동주택 순으로 나타났다.

〈표 5-2〉 주택유형 및 준공년도 별 에너지 저감효과 분석결과

구분		창호공사	내단열공사	에너지 저감율 합계
단독주택	79년 이전 평균	-25.69%	-10.82%	-36.51%
	80년 이후 평균	-20.55%	-5.54%	-26.09%
공동주택	79년 이전 평균	-17.49%	-4.93%	-22.42%
	80년 이후 평균	-15.96%	-9.82%	-25.78%

이러한 분석결과를 고려하여, ‘건축물 노후도’ 부문의 평가항목을 ‘건축물 형태 및 노후도’로 개편을 제안한다. 구체적으로 ‘1979년 이전 단독주택’, ‘1980년 이후 단독주택 및 공동주택’, ‘1979년 이전 공동주택’ 등 세 가지로 평가항목을 재편하고, 저감율을 고려하여 배점을 차등화 한다.

〈표 5-3〉 수원시의 녹색건축물 지원대상자 선정 평가표의 건축물 노후도 평가항목 재편(안)

변경 전 평가항목				변경 후 평가항목 재편 (안)			
건축물 노후도	- 사용승인 후 40년 이상	40	40	건축물 형태 및 노후도	- 1979년 이전 단독주택	40	40
	- 사용승인 후 16년 이상 39년 이하(15점에서 노후도 1년 마다 1점씩 가점)	16~39			- 1980년 이후 단독주택 및 공동주택	30	
	- 사용승인 후 15년	15			- 1979년 이전 공동주택	25	

제2절 향후과제

본 연구는 수원시가 10여 년 동안 추진한 녹색건축물 조성 지원사업에 대한 에너지 사용량 증감과 경제성 분석을 체계적으로 제시하고 있으나, 온실가스 저감 및 노후주택 지원(집수리) 등 수원시정 내에서 유사한 정책목표 아래 분절적으로 추진 중인 정책의 통합적 추진은 고려하고 있지 못한 한계가 있다.

지원방식과 관련해서도 장기적으로 개별 건축물의 에너지효율 저감 비율에 따른 차등 보조금 지급 등과 같이 정책효과에 기반 한 지원방안 구축도 필요할 것이다.

| 참고문헌 |

〈국문 자료〉

- 건설기술연구원. (2016). 건물부문 온실가스 감축 잠재량 모형분석을 위한 표준 모델 DB 구축
- 조정훈, (2017). 국내외 건축물 에너지 성능평가 기준 및 평가틀에 관한 고찰. 「쌍용건설 기술연구소」
- 심정일, 조 수. 허정호. (2001). 창문의 열성능 개선에 관한 연구 - 알루미늄 창틀을 중심으로, 대한건축학회 학술발표논문집 제21권 2호
- 권장혁, 장향인, 김민규, 박효순, 서승직. 2012. 건물에너지평가도구와 동적해석프로그램의 연간냉난방 요구량해석 및 비교. 「대한설비공학회 2012 하계학술발표대회 논문집 pp.363-366」.
- 김현진, 최세진 . (2018). 건축물 준공년수 경과에 따른 단열재의 물성변화에 관한 연구. 「한국건축시공학회 2018년 추계학술발표대회 논문집 제18권 2호 pp. 92-93」
- 김길태, 유정현, 황하진, 김경식. (2013). 기존 단독주택의 침기량 산정법에 관한 연구, 「한국공조냉동공학회 Vol. 25, No. 9 (2013), pp.493-498」
- 한동익. (2021) 녹색건축물 조성을 위한 노후 단독주택의 그린리모델링 효과 분석, 부산대학교 석사학위 논문
- 김철진, 2015. 단독주택의 리모델링시 에너지성능 개선 방안에 관한 연구. 가천대학교 석사학위 논문
- 조원형 (2014), 고효율 조명기기의 경제성 비교분석, 서울과학기술대학교 석사학위 논문
- 국토교통부, 한국에너지공단. (2021). 「건축물의 에너지절약 설계기준 해설서」.
- 한국에너지공단. (2017). 「에너지절약계획서 실무 길라잡이」.
- 국토교통부.(2015.03). 「친환경주택의 건설기준 및 성능평가 지침」.
- 한국에너지공단. (2020). 「건축물 에너지효율등급인증 운영규정」.
- 통계청, (2011~2022), 「소비자물가상승률」(<https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4226>)
- 수원시 건축과, 「공종별 기준단가 적용내역」.

〈국외 자료〉

- Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M., Monetti, V. (2013), *Reference buildings for cost optimal analysis : Method of definition and application.*, Applied Energy, 102, 983-993.
- D Kim, H Jang. (2019). *Evaluation of environmental impact change due to building envelopment retrofit by parts: green remodeling*, International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. <https://doi.org/10.22712/susb.20190025>.
- S Wang, S Tae, H Jang. (2021). *Prediction of the Energy Self-Sufficiency Rate of Major New Renewable Energy Types Based on Zero-Energy Building Certification Cases in South Korea*.

Sustainability 2021, 13, 11552. <https://doi.org/10.3390/su132011552>

〈홈페이지〉

한국에너지공단 효율관리제도. <https://eep.energy.or.kr/main/main.aspx> .

한국전력, 전력단가표(2022.04.01.). <https://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/E/E/CYE/EHP00101.jsp>

㈜삼천리 주택난방용 도시가스 요금단가표. (2022. 10. 1.). <https://www.samchully.co.kr/customer/gas/info/fee/system.do?region=0001&useTypeCod=LRH1&priceDate=20221001#priceTab>

| 저자 약력 |

안국진

동경대 건축학 박사, 건축사

수원시정연구원 도시공간연구실 연구위원(현)

금성종합건축사사무소 근무

나이토히로시건축사무소 근무

E-mail : ahn@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서

「일제강점기 수원관립건축 훼손과정에 관한 연구」 (2019, 수원시정연구원)

「일제강점기 수원의 도시공간구조에 관한 연구」 (2018, 수원시정연구원)

「우화관 복원에 따른 근대건축자산 존치여부에 관한연구」 (2018, 수원시정연구원)

「일제강점기 수원 권업모범장 건축술에 관한 연구」 (2017, 수원시정연구원)

「수원농림학교 공간 변화에 관한 연구」 (2016, 수원시정연구원)

「수원화성 옛 물길 수변시설 복원계획」 (2015, 수원시정연구원)

「수원 권업모범장 공간변화에 관한 연구」 (2015, 수원시정연구원)