

제로에너지주택 입주단지 성능검증 및 기술요소 개선 제안

제로에너지주택 입주단지 성능검증 및 기술요소 개선 제안

Nearly Zero Energy Houses Verification with Measuring Data, and Proposal of the Improvement of Monitoring System including Applied Zero Energy Technologies

이종성·안현희·황인태

연구관리 2024-061호

제로에너지주택 입주단지 성능검증 및 기술요소 개선 제안

지은이 이종성, 안현희, 황인태
발행인 정창무
발행처 한국토지주택공사 토지주택연구원
주 소 (34047) 대전 유성구 엑스포로 539번길 99
홈페이지 <http://lhri.lh.or.kr>

전화번호 042-866-8454
이메일 jslee1@lh.or.kr

이 출판물은 우리 공사의 업무상 필요에 의하여 연구 검토한 기초자료로서 공사나 정부의 공식적인 견해와 관계가 없습니다.

우리 공사의 승인 없이 연구내용의 일부 또는 전부를 다른 목적으로 이용할 수 없습니다.

LH 토지주택연구원

참여연구진

연구책임

이종성 LH 토지주택연구원 연구위원

연구진

안현희 LH 공공주택사업처 대리

황인태 LH 토지주택연구원 연구원

연구심의위원 (가나다순)

김기수 LH 공공주택설비처

김종훈 한국에너지기술연구원 책임

김태호 LH 토지주택연구원 수석연구원

윤종호 한밭대학교 교수

이유경 LH 스마트주택기술처 차장

진규남 LH 토지주택연구원 선임연구위원

최승영 LH 주택기술단 부장

최 현 LH 공공주택시설처 차장

자문위원 (가나다순)

이태원 오송대학교 교수

연구요약 Summary

1. 연구 목표 및 내용

■ 연구목표

- 제로에너지등급주택의 에너지절감효과 검증이 가능한 모니터링시스템을 제안하고, 실제 에너지사용량을 조사하여 정부의 주택분야 에너지절감정책 추진효과를 검증하는 기반데이터를 구축하며, 제로에너지주택의 주요 에너지절감 기술요소에 대한 사용실태 조사 및 유지관리 방안을 제안하는 것임

■ 연구내용

- 제로에너지단지 에너지 모니터링 기술 및 실측방법, 실측결과 조사
- 에너지성능의 평가(설계) 값과 실측(사용) 값 비교 분석
- 제로에너지주택단지의 에너지모니터링 시스템 제안
- 에너지절감기술의 사용현황 조사 및 유지관리 방안 제안

2. 연구결과

1) 제로에너지주택 등급 취득을 모니터링 방안 검토

- 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」에 따라 설치되는 건물에너지관리시스템(BEMS)의 설치 취지와 같은 맥락으로 세대 외에 부대복리시설만을 대상으로 3가지 이상 용도를 구분하여 계측하면 제로에너지등급 취득이 가능함
- 에너지원별 분리계측은 지역난방과 개별난방 지구 모두 현재의 원격검침으로 충분하며, 부대복리시설의 3가지 이상 용도 계측 항목으로는 계량기 설치가 비교적 쉽고 계측이 용이한 난방, 냉방, 급탕을 대상으로 계측하는 것이 바람직하며, 만약 이들 용도분리 설치가 곤란할 경우에는 에너지사용 비중이 높은 순서인 운송(엘리베이터), 펌프, 환기, 조명으로 대체하여 계측하는 것을 제안함

2) 제로에너지주택 성능검증을 위한 모니터링 방안 제안

■ 계측항목 및 계측방법

- IEA의 제로에너지주택 M&V 의 규정 및 ISO 12655의 에너지원 경계 규정, 그리고 LH의 설계내용들을 분석하여 지역난방과 개별난방 단지에 대해서 제로에너지주택 성능검증을 위한 계측항목과 설치할 계측기 및 계측방법 등을 제안하고, 용도별 에너지사용량 분리 표시를 위한 계측값의 처리방법을 도출함

〈제로에너지주택 성능검증을 위한 계측 항목 및 방법(bold처리 항목 설치 필요)〉

용도분류		계측항목	계측기	계측방법 및 고려사항	현행
세대	난방(지역)	온수열량	열량계	배관손실 고려 필요(ECO2 평가항목)	△
	난방(개별)	가스량	가스유량계	열량환산필요, 급탕, 취사와 구분 필요	×
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	세대 분전반 전열, 조명, 에어컨으로 분리되어 있어 설치 용이	×
	급탕(지역)	온수유량	유량계	입출구 온도차 측정 곤란 배관손실 고려 필요	○
	급탕(개별)	가스량	가스유량계	열량환산필요, 난방, 취사와 구분 필요	×
	조명	조명전력량	전력량계	세대 분전반 전열, 조명, 에어컨으로 분리되어 있어 설치 용이	×
	환기	환기유닛전력량	전력량계	욕실 및 주방 팬 전력사용량은 전열에 포함	×
	전기기기	전열전력량	전력량계	에어컨은 별도로 측정	△
	취사	가스쿡탑 가스량	가스유량계	‘23년 원격식 디지털계로 변경시행 열량으로 환산 방법 마련 필요	○
		전기쿡탑 전력량	-	전기기기에 포함	○
	실내환경	실내온도	온도계	일부 세대에만 설치하는 방안	×
공용	승강기	승강기 전력사용량	전력량계	분전반 별도분리, 계측설계 중	△
	펌프	펌프전력량	전력량계	공용부의 난방, 급탕, 급수, 배수 펌프 측정	△
	환기	환기팬 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 환기전력 측정	△
	조명	조명 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	부대시설 냉방 측정	×
	난방(지역)	보일러 가스 난방기 전력 지역난방	가스량계 전력량계 열량계	부대시설 난방 측정	×
					×
					×
	난방(개별)	보일러 가스 난방기 전력	가스량계 전력량계	부대시설 난방 측정	×
					×
	급탕(지역)	보일러 가스 전기온수기 전력 지역난방	가스량계 전력량계 열량계	부대시설 급탕 측정	×
					×
	급탕(개별)	보일러 가스 전기온수기 전력	가스량계 전력량계	부대시설 급탕 측정	×
					×
	전열	전열 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△

■ 계측값을 이용한 에너지사용량 산출 및 처리 방법

○ 난방

<p>① 지역난방 (열량계를 2차측 난방열교환기 배관에 설치)</p> <p>■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급하는 경우</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재 계측하고 있는 지역난방공사 1차 측 열량과 세대별 난방열량을 이용하여 계산처리○ 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 부대시설 난방열량 + 총 난방배관 손실열량(세대+부대시설)○ 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 2차측 난방열량 (신규설치)• 난방 열교환기 2차 측에 열량계 또는 유량계+온도계를 설치하여 계측 필요○ 세대 난방배관 손실열량 = 지역난방공사 1차측 열량 - 세대 난방열량 합계 - 총 급탕열량○ 부대시설 총 난방열량 = 부대시설 난방열량 (원격검침 개선) + 부대시설 난방배관손실 열량• 부대시설 난방배관손실열량 = 부대시설난방열량/(세대 난방열량+부대시설난방열량) × (2차측 난방열량 - 세대 난방열량 - 부대시설 난방열량)• 즉, 부대시설의 난방열량 비율 × 총 배관 손실열량○ 세대 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 세대 난방배관 손실열량, 또는 총 난방열량 - 부대시설 총 난방열량 <p>■ 세대를 지역난방열로 공급하는 경우</p> <ul style="list-style-type: none">○ 세대 총 난방열량 = 2차측 난방열량○ 총 배관손실열량 = 2차측 난방열량 - 세대 난방열량 <p>* 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려</p> <p>② 지역난방 (열량계를 2차측 급탕열교환기 배관에 설치)</p> <p>■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급할 경우</p> <ul style="list-style-type: none">○ 현재 계측하고 있는 지역난방공사 1차 측 열량과 세대별 난방열량을 이용하여 계산처리○ 총 난방열량 1 = 세대 난방열량 + 부대시설 난방열량 + 총 배관손실열량○ 총 난방열량 2 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 총 급탕열량 (신규설치)• 총 난방열량 1 = 총 난방열량 2• 열교환기 2차측의 열량계 또는 유량계+온도계를 설치하여 계측 필요○ 세대측 배관손실열량 = 총 난방열량 2 - 부대시설 총 난방열량 (원격검침 개선) - 세대 난방열량○ 부대시설 총 난방열량 = 부대시설 난방열량 + 부대시설 배관손실 열량• 부대시설 배관손실열량 = 부대시설난방열량/(세대 난방열량+부대시설난방열량)×(총 난방열량2 - 세대 난방열량 - 부대시설난방열량)• 즉, 부대시설의 난방열량 비율 × 총 배관 손실열량○ 세대 총 난방열량 = 총 난방열량 2 - 부대시설 총 난방열량 <p>■ 세대를 지역난방열로 공급할 경우</p> <ul style="list-style-type: none">○ 총 난방열량 1 = 세대 난방열량 + 총 배관손실열량○ 총 난방열량 2 = 지역난방공사 1차측 열량 - 총 급탕열량• 총 배관손실량 = 총 난방열량 2 - 세대 난방열량• 세대 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 총 배관손실량, * 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

③ 개별난방

○ 보일러 가스배관에 가스유량계 설치(신규설치) 하여 보일러 난방+급탕 가스사용량 계측하고, 가스 발열량(총발열량 적용)을 곱하여 보일러의 난방+급탕 열량 산출

○ 난방배관에 열량계를 설치(신규설치) 하여 난방열량 계측 값을 보일러효율로 나누어 보일러 난방 가스열량 산출하고 난방+급탕 가스열량에서 난방가스열량을 빼서 급탕 가스열량 산출

○ 펌프전력은 가전기기전력에 포함

○ 급탕

① 지역난방 (열량계를 2차측 난방열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급할 경우

○ 총 급탕열량 = 세대 급탕열량 + 부대시설 급탕열량 + 급탕배관 손실열량

○ 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 2차측 난방열량 (신규설치)

○ 세대별 급탕열량 (배관손실 포함) = 세대별 온수량 / 총 온수량 × 총 급탕열량

○ 세대 급탕열량 = ∑ 세대별 급탕열량 = 총 급탕열량

○ 부대시설별 급탕열량(배관손실 포함) = 부대시설별 온수량 (원격검침 개선) / 총 온수량× 총 급탕열량

○ 부대시설 급탕열량 = ∑ 부대시설별 급탕열량

○ 세대 급탕배관 손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량

○ 부대시설부문 배관손실열량 = 부대시설 난방배관손실열량 / 부대시설 난방열량× 부대시설 급탕열량

• 난방배관과 급탕배관의 길이는 거의 같으므로 열손실량이 같다고 가정

• 온수량으로는 열량을 예측하기가 곤란함

■ 세대를 지역난방열로 공급하는 경우

○ 세대 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 - 2차측 난방열량

○ 세대 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량

* 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

② 지역난방 (열량계를 2차측 급탕열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 복리시설을 지역난방열로 공급할 경우

○ 총 급탕열량 1 = 세대 급탕열량 + 부대시설 급탕열량 + 배관 급탕손실열량

○ 총 급탕열량 2 = 2차 측 급탕열교환기 배관에 열량계 또는 유량+온도계를 설치(신규설치) 하여 계측

○ 총 급탕열량 1 = 총 급탕열량 2

○ 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 총 급탕열량 2 = 총 난방열량

○ 세대별 급탕열량 (배관손실 포함) = 세대별 온수량 / 총 온수량 × 총 급탕열량 2

○ 세대 급탕열량 = ∑세대별 급탕열량

○ 부대시설별 급탕열량(배관손실 포함) = 부대시설별 온수량 / 총 온수량× 총 급탕열량 2

○ 부대시설 급탕열량 = ∑부대시설별 급탕열량

○ 세대부문 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량

○ 부대시설부문 배관손실열량 = 부대시설 난방배관 손실열량 / 부대시설 난방열량 × 부대시설 급탕열량

• 난방배관과 급탕배관의 길이는 거의 같으므로 열손실량이 같다고 가정함

• 온수량으로는 열량을 예측하기가 곤란함

■ 세대를 지역난방열로 공급할 경우

○ 세대 총 급탕열량 = 총 급탕열량 2

○ 세대 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량

* 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

③ 개별난방

○ 보일러 가스배관에 가스유량계 설치(신규설치) 하여 보일러 난방+급탕 가스사용량 계측하고, 가스 발열량(총발열량 적용)을 곱하여 보일러의 난방+급탕 열량 산출

○ 난방배관에 열량계를 설치(신규설치)하여 난방열량 계측값을 보일러효율로 나누어 보일러 난방 가스열량 산출한 후, 난방+급탕 열량에서 난방열량을 빼서 급탕열량 산출

○ 냉방 및 기타 항목

냉방

○ 주 냉방설비인 에어컨의 전력사용량 계측

• 현재 설계는 별로 분기 회로로 구성되어 있어서 분전반에 전력량계를 설치하여 냉방전력사용량 계측

• 별도 분기회로로 구성되지 않는 경우 파워 아웃렛에 스마트플러그를 설치하여 전력사용량 계측

조명

○ 분전반에 전력량계를 설치하여 별도 분기 회로로 구성된 주 조명기기의 전력사용량 계측

환기

○ 환기유닛에 스마트플러그 설치하여 전력사용량 계측

○ 욕실과 주방 배기팬은 별도로 계측하지 않고 전기기기 전력사용량에 포함시킴

전기기기

○ 현재 설치된 세대 전체 전력사용량 계측

○ 세대 전체 전력사용량 계측 값에서 다음 값을 빼 전기기기 에너지사용량 산출

• 에어컨 전력사용량 계측 값

• 주 조명기기 전력사용량 계측 값

• 환기유닛 전력사용량 계측 값

취사

① 지역난방

○ 현재의 가스유량계 계측 값에 가스발열량(총발열량 적용)을 곱해 가스열량 산출

② 개별난방

○ 보일러에서 사용하는 값을 별도로 계측함으로써, 메인가스계측기에서 보일러 사용가스 계측 값을 뺀 값에 가스발열량(총발열량 적용)을 곱해 가스 열량 산출

iv • 제로에너지주택 입주단지 성능검증 및 기술요소 개선 제안

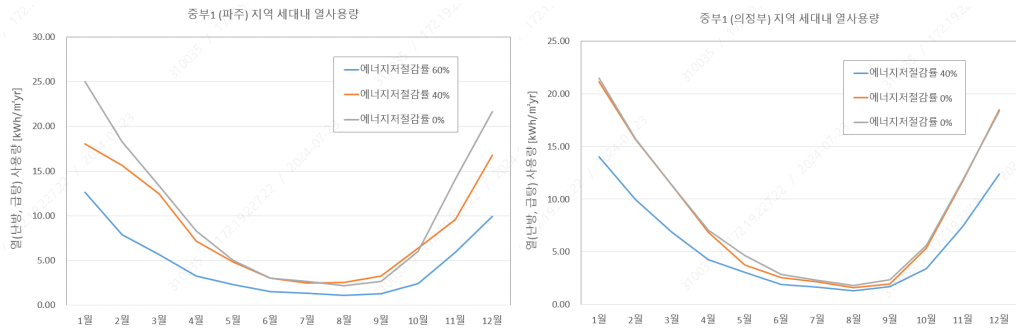
연구요약 • v

○ 공공부문 및 에너지자립률 계측

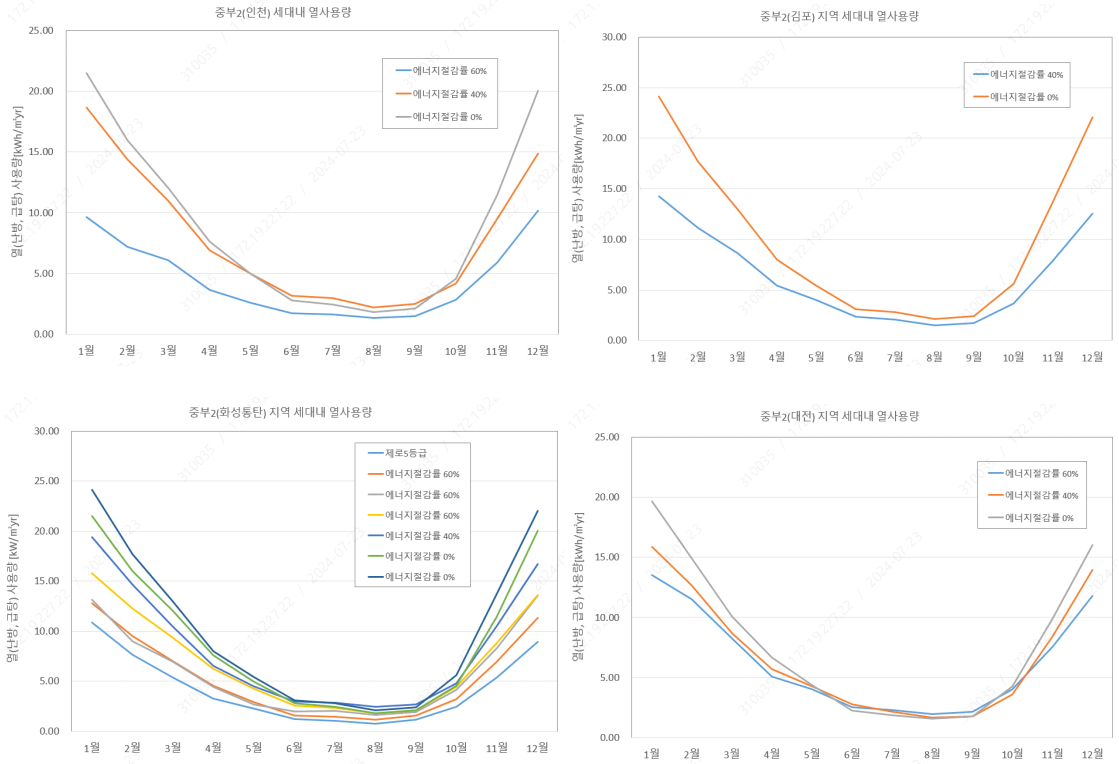
■ 기 설치된 계측기 활용
○ 현재 공용부위에서 용도별로 분리 계측하고 있는 사항에 따라 기 설치된 전력량계를 활용하여 계측
• 펌프 : 전력량계 사용 난방, 급탕, 급수, 배수 펌프, 배수펌프 전력사용량 측정
• 환기 : 전력량계 사용, 공용부, 주차장, 부대시설 환기 전력사용량 측정(시설별 합계)
• 조명 : 전력량계 사용, 공용부, 주차장, 부대시설 조명 전력사용량 측정(시설별 합계)
■ 계측기 신규 설치를 통한 계측
○ 원격검침 미적용한 부대시설의 난방, 냉방, 급탕 열량 또는 전력량을 분리 계측하여 제로에너지등급 인증에 활용
○ 전열의 경우 공용부, 주차장, 부대시설을 통합하여 용도별 계측이 가능한지를 검토하고 비용효율적인 방식 적용 필요
■ 태양광 및 에너지자립률
○ 태양광시스템은 현재 계측하는 방식에 따라 전력 생산량 및 저장량을 계측하고
○ 에너지자립률은 ECO2 계산 방법에 따라 예측한 값이 아닌 단지 내의 총 에너지사용량 대비 총 에너지생산량으로 계산하여 표시
○ 제로에너지주택 본인증 시 위의 방법을 채택해도 인증취득에는 무리 없음

3) 친환경주택 및 제로에너지주택의 에너지사용량 조사

- 중부1(혹한지역), 중부2, 중부지역 및 남부지역에 건설되어 현재 거주 중인 지역 난방공급방식의 아파트단지를 대상으로 에너지절감량 0%(2009년 이전 사업승인단지) ~ 제로에너지5등급 단지까지 총 23개 단지를 대상으로 열 및 급탕사용량(열사용량)을 조사함
- 중부1지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 105~122kWh/㎡yr이며, 에너지절감률 40%인 단지는 약 70~102kWh/㎡yr, 에너지절감률 60% 단지는 약 55kWh/㎡yr로 나타났으며, 에너지절감률은 16.5%~54.9% 정도 되는 것으로 나타남



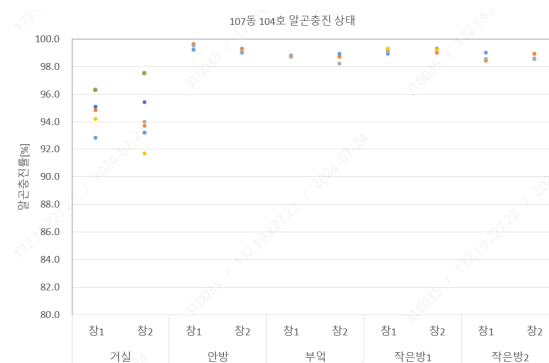
- 중부2지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 93~119kWh/㎡yr이며, 에너지절감률 40%인 단지는 약 98kWh/㎡yr, 에너지절감률 60% 단지는 약 64~83kWh/㎡yr, 그리고 제로에너지5등급단지는 50.3kWh/㎡yr를 사용한 것을 조사되었으며, 에너지절감률 40%로 설계된 단지의 실제 사용한 에너지절감률은 약 18%, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 30~47%, 제로에너지단지 약 58%의 열에너지 절감률을 보이는 것으로 나타남
- 남부지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 77kWh/㎡yr이며, 에너지절감률 40%로 설계된 단지는 77kWh/㎡yr로 나타나서 실제사용량은 약 21.4% 수준인 것으로 조사됨
- 이와 같이 설계기준으로 시뮬레이션한 에너지절감률과 실제 사용한 에너지절감률은 다르게 나타나고 있지만 에너지절감률을 낮게 설계한 단지에 비해서 높게 설계한 단지가 모두 에너지절감률이 더 높은 것으로 조사됨에 따라 정부의 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 마련을 통해 추진한 주택분야의 에너지절감 및 탄소배출감저감 정책은 실효성을 보이고 있는 것으로 판단됨



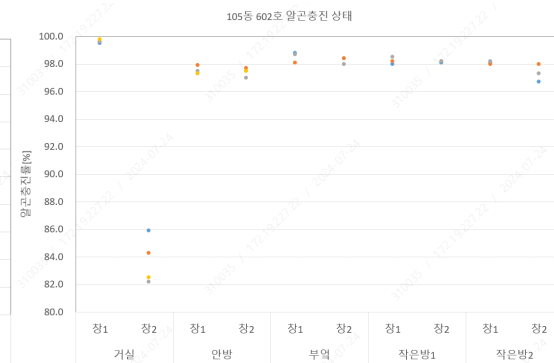
[친환경주택 및 제로에너지주택의 연간 에너지사용량 조사 결과]

4) 로이알곤창의 알곤충진률 조사

- 제로에너지5등급단지의 두 세대에 대한 외기직접면 로이알곤창의 알곤충진률 실측결과 대부분 모든 창이 알곤 충진률은 약 92% 이상으로 측정되어 판유리창 호협회 단체표준의 성능 최소기준인 충진률 80%을 넘고 있어서 원래의 성능 발휘에는 문제가 없을 것으로 판단되나, 일부 창호는 알곤 충진률이 약 82~86%정도인 것으로 측정되어 현장에서의 품질관리가 중요한 것으로 판단됨



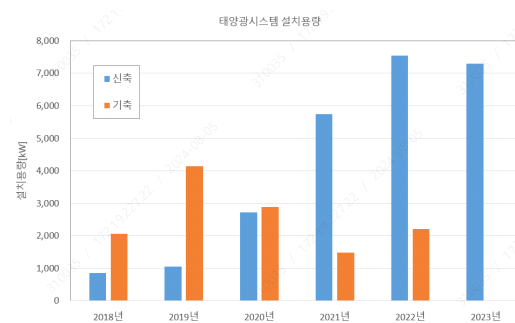
[알곤충진률 실측 결과 1]



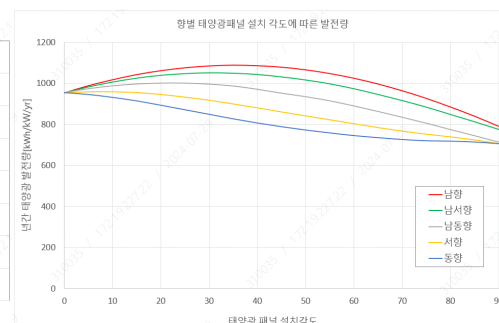
[알곤충진률 실측 결과 2]

5) 신재생에너지 사용실태 조사

- 공동주택에 약 99%이상을 적용하고 있는 태양광시스템은 유지관리측면에서 다른 신재생시스템에 비해 매우 양호한 것으로 나타나고 있어서 앞으로도 태양광시스템만으로 에너지자립률을 달성하고자하는 시장분위기는 계속될 것으로 판단되며, 문제는 옥상태양광 설치에는 옥상면적으로 한계가 있어서 입면 태양광을 설치하게 되는데 이때 에너지생산량이 약 30% 정도 낮아지기 때문에 이에 대한 기술개발 및 대책 마련이 필요할 것으로 사료됨

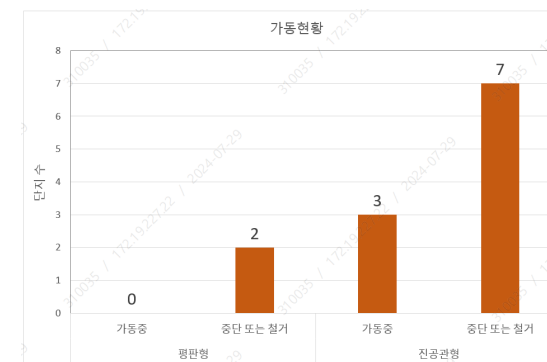


[신축, 기축주택의 태양광시스템 설치현황]

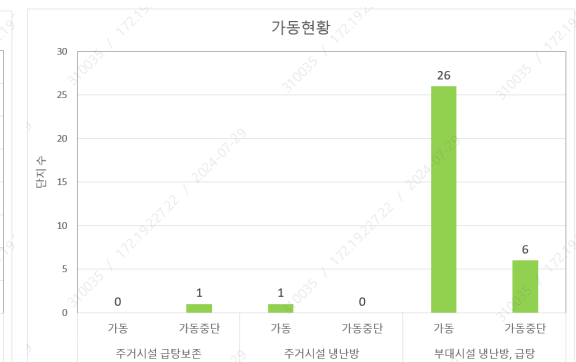


[태양광패널 설치각도별 발전량 예측]

- 2009년 오산누움 LH 아파트에 처음 대규모로 적용된 태양열시스템은 태양광 시스템보다 효율이 좋지만 고온·고압으로 인한 열매체 배관과 집열관 접합부에서의 누수 문제가 많이 발생하고 전문인력이 부족으로 결국 가동이 중단된 단지가 많이 있었으나, 태양열시스템은 다른 시스템에 비해서 효율이나 가격 면에서 우수하므로 다양한 신재생에너지 적용을 위해 설치기술 개선 및 유지관리 전문인력 배치 방안 마련 등을 통해 적용방안 모색하는 것이 필요함
- 지열시스템은 냉난방을 동시에 하는 주상복합아파트나 부대복리시설에 도입한 경우 정상적으로 잘 운영되고 있으나, 급탕시스템을 위해 설치한 단지의 경우 지중온도가 점점 낮아지면서 지열열교환 효율이 떨어져서 가동을 중단한 살계가 있음에 따라, 당초 설계에서부터 이러한 점들을 고려하여 도입 여부를 결정해야할 것이며, 특히 2025.1월부터는 냉방평가 추가됨에 따라 공동주택의 냉난방 형태도 변화가 있을 것으로 예상되므로 지열시스템의 점차적인 도입을 통해 제로에너지3등급 설계를 달성하도록 방안 마련이 요구됨



[태양열시스템 가동 현황 조사]



[지열시스템 가동 현황 조사]

- 연료전지는 2011년 성남관교 봇들마을에 세대 급탕용으로 처음 적용된 이후 두 개 단지에 더 적용되었으나, 현재는 2개 단지는 미가동되는 것으로 조사되었으며, 미가동의 원인은 연료전지에서 가스를 사용하여 생산한 전기가 한전에서 공급하는 전기보다 비용이 비싸고, 전해질 막 교체 등 유지관리비용이 지속적으로 발생하기 때문인 것으로 조사됨에 따라 비용최적화 분석 등을 기반으로 도입적정성을 분석하여 신중하게 도입하는 것이 필요할 것으로 사료됨

주제어

제로에너지주택, 모니터링시스템, 전자식계량기, 에너지사용량, 신재생에너지, 알곤충진률

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적 1

2. 주요 연구내용 2

3. 연구 수행방법 및 추진일정 3

제2장 제로에너지건축물 모니터링 자료 조사

1. 제로에너지건축물 모니터링 기준 5

2. 제로에너지입주단지 원격검침시스템 조사 21

3. LH의 원격검침모니터링시스템 설계기준 24

제3장 제로에너지주택 모니터링시스템 방안

1. 기본방향 29

2. 제로에너지주택 인증취득을 위한 모니터링 시스템 방안 29

3. 제로에너지입주단지 성능검증을 위한 모니터링시스템 방안 32

4. 용도별 에너지사용량 계측 및 처리방법 45

제4장 에너지사용량 및 제로에너지기술 실태조사

1. 친환경주택 및 제로에너지주택 에너지사용량 조사 51

2. 제로에너지 기술요소별 실태조사 및 관리방안 65

제5장 결론 87

참고문헌 91

〈표 2.1〉 제로에너지주택의 전자식원격검침계량기의 필수 및 권장 기능 7

〈표 2.2〉 데이터 수집 및 표시의 기능 요구사항 8

〈표 2.3〉 데이터 조회의 기능 요구사항 8

〈표 2.4〉 에너지용도 분류 기준(KS F 1800-2:2021) 9

〈표 2.5〉 건축물유형별 에너지원단위 및 에너지용도 구분 9

〈표 2.6〉 에너지비용 조회 및 분석기능의 요구사항 10

〈표 2.7〉 계측기 관리기능 요구사항 10

〈표 2.8〉 데이터 관리기능의 요구사항 10

〈표 2.9〉 제로에너지 M&V를 위한 단계별 개념 및 제로에너지주택 응용 20

〈표 2.10〉 제로에너지입주단지의 에너지모니터링시스템 설치현황 조사 24

〈표 2.11〉 제로에너지관리시스템 도입을 위한 설계개선('22년, LH) 26

〈표 2.12〉 통신매체 및 프로토콜 개선('22년, LH) 27

〈표 2.13〉 원격검침 범위 확대 개선('22년, LH) 27

〈표 2.14〉 공용부위 용도별 계측 개선('22년, LH) 27

〈표 3.1〉 모니터링시스템 구축 계획별 목표 및 측정대상 29

〈표 3.2〉 부대시설의 에너지용도 구분 및 원격검침 계량기 설치여부 31

〈표 3.3〉 부대시설의 에너지사용 용도별 설치용량 비율 32

〈표 3.4〉 IEA의 제로에너지주택 모니터링을 위한 단계별 내용 및 응용 33

〈표 3.5〉 LH 제로에너지관리시스템 사전 점검표 34

〈표 3.6〉 전용면적별 해석대상 세대수 39

〈표 3.7〉 부대시설의 에너지용도별 사용설비 구분 42

〈표 3.8〉 지역난방지구의 에너지용도별 계측항목 및 고려사항 43

〈표 3.9〉 개별난방지구의 에너지용도별 계측항목 및 고려사항 44

〈표 4.1〉 에너지절감률별 친환경주택 설계기준 변화(15%~40%) 52

〈표 4.2〉 에너지절감률별 친환경주택의 설계기준 변화(50%~60%)	53
〈표 4.3〉 현 친환경주택 설계기준 및 제로에너지5등급 설계기준 비교	54
〈표 4.4〉 에너지사용량 조사대상단지 개요	55
〈표 4.5〉 중부1지역의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교	59
〈표 4.6〉 중부2지역(인천, 김포)의 에너지사용량 조사결과 및 절감률 비교	60
〈표 4.7〉 중부2지역(화성, 동탄)의 에너지사용량 조사결과 및 절감률 비교	62
〈표 4.8〉 중부2지역(대전)의 에너지사용량 조사결과 및 절감률 비교	63
〈표 4.9〉 남부(부산)의 에너지사용량 조사결과 및 절감률 비교	64
〈표 4.10〉 ECO2에 입력되는 기술별 에너지민감도	65
〈표 4.11〉 난방방식별 비용효율적 측면의 기술 순위(출처:주택기술처)	66
〈표 4.12〉 현 친환경주택 건설기준 적용 시 태양광 면적	73
〈표 4.13〉 LH의 연도별 태양광시스템 설치 현황	74
〈표 4.14〉 LH의 기축 및 신축 주택에 설치된 태양광시스템 설치 용량	75
〈표 4.15〉 LH의 태양열시스템 설치 현황	77
〈표 4.16〉 LH의 태양열시스템 유지관리 현황	79
〈표 4.17〉 태양열시스템 하자내용 및 유지관리 대응방안	80
〈표 4.18〉 지열시스템 설치 및 유지관리 현황	82
〈표 4.19〉 연료전지 설치 및 유지관리 현황	85

그림 차례 List of Figures

[그림 1.1] 제로에너지건축 의무화 로드맵(자료출처 : 국토교통부)	1
[그림 2.1] 전자식원격검침시스템 개념도(자료출처 : 한국 에너지공단)	6
[그림 2.2] 전자식원격검침계량기와 건물에너지관리시스템의 기능비교	6
[그림 2.3] 에너지관리시스템 인증기준 개선(안)(에너지관리공단)	13
[그림 2.4] 에너지관리시스템 항목별 설치기준 개선(안)(에너지관리공단)	13
[그림 2.5] 힐스테이트 레이크 송도의 TEEM System 구성도	22
[그림 2.6] 원격검침시스템 전경	23
[그림 2.7] 각 세대의 에너지원별 계측화면	23
[그림 2.8] 부대시설의 용도분리 계측화면	23
[그림 2.9] 용도분리 과거데이터 검색화면	23
[그림 2.10] 2020년 당시 LH 원격검침시스템 설계 기준	25
[그림 2.11] 가스유량계 검침방식 변경(직독식 → 원격식 디지털계량기)	28
[그림 3.1] ISO 12655:2013의 용도별 에너지사용량 분류	35
[그림 3.2] 경계별 건축물의 에너지사용량(ISO 12655:2013)	36
[그림 3.3] 공동주택 세대용도별 월간 연간 에너지사용량(KDBEIS)	37
[그림 3.4] 공동주택 세대용도별 월간 연간 에너지사용량 비율(KDBEIS)	37
[그림 3.5] 준공시기별 공동주택의 세대용도별 에너지사용량	37
[그림 2.6] 분석대상 세대 46㎡, 55㎡, 84㎡ 평면도(LH 표준분양평면)	38
[그림 2.7] LH 하남감일 B-4 1406동 배치도 및 동 기본형태	38
[그림 3.8] ECO2 해석대상 동배치 현황	39
[그림 3.9] 제로에너지5등급주택 에너지소요량 계산결과(개별난방)	40
[그림 3.10] 제로에너지5등급주택 에너지소요량 계산결과(지역난방)	40
[그림 3.11] 공동주택의 공용부위 전력사용량 비율 예	41
[그림 4.1] 원격검침계량기로 계측된 데이터의 저장 화면	56
[그림 4.2] 지역난방공사 열사용량 고지내역 및 관리소 열사용량 데이터	57

[그림 4.3] 중부1(파주시) 지역의 에너지사용량 조사결과	58
[그림 4.4] 중부1(의정부시) 지역의 에너지사용량 조사결과	58
[그림 4.5] 중부2(인천) 지역의 에너지사용량 조사결과	60
[그림 4.6] 중부2(김포) 지역의 에너지사용량 조사결과	61
[그림 4.7] 중부2(화성, 동탄) 지역의 에너지사용량 조사결과	62
[그림 4.8] 중부2(대전) 지역의 에너지사용량 조사결과	63
[그림 4.9] 남부(부산) 지역의 에너지사용량 조사결과	64
[그림 4.10] 알콘충진창의 알콘충진상태 측정장비 Sparklike	67
[그림 4.11] 거실 및 안방의 외기직접면한 알콘충진창 전경	68
[그림 4.12] 부엌 및 작은방의 외기직접면한 알콘충진창 전경	68
[그림 4.13] 외기직접면한 알콘충진창 및 로이알콘창 등급표시 전경	68
[그림 4.14] 로이알콘창의 창 구성	69
[그림 4.15] 휴대용 알콘측정장치 Gasglass의 측정 방향 설정	70
[그림 4.16] 제로에너지5등급주택의 로이알콘창 알콘충진상태 측정결과 1	71
[그림 4.17] 제로에너지5등급주택의 로이알콘창 알콘충진상태 측정결과 2	71
[그림 4.18] 육안으로 확인하는 로이알콘창 불량 사례	72
[그림 4.19] 우리공사의 신축 및 기축주택의 태양광시스템 설치 현황	74
[그림 4.20] 공동주택 신재생에너지성능평가 프로그램 개요	76
[그림 4.21] 태양광시스템 설치각도별 발전량	76
[그림 2.22] LH 단지내 설치된 태양열시스템 가동 현황	78
[그림 4.23] 열사용형태별 지열시스템 설치 및 가동 현황	81

제1장 서론

1. 연구배경 및 목적

1.1 연구배경

- 우리공사는 정부의 주택분야 에너지절감정책 목표에 따라 ’09년에 10~15% 에너지절감주택 설계를 시작으로 ’22년에는 에너지절감률 60% 주택을 보급하고, ’23.1월부터는 모든 공동주택을 제로에너지5등급으로 설계 시행함

	'20	'23	'24	'25	'30
공공	1천㎡ 이상 (5등급)	5백㎡ 이상 & 공공 분양임대 공동주택 30세대 이상 (5등급)	-	4등급 수준 (용도·규모 미정)	3등급 수준 (용도·규모 미정)
민간	-		민간 분양임대 공동주택 30세대 이상 (5등급 수준)	1천㎡ 이상 (5등급 수준)	5백㎡ 이상 (5등급 수준)

[그림 1.1] 제로에너지건축 의무화 로드맵 (자료출처 : 국토교통부)

- ’19년부터 ’22년까지 18개 단지에 대해 제로에너지5등급주택 시범사업을 추진하여 ’22.11월 화성남양뉴타운 아파트의 첫 입주를 시작하였고, 나머지 17개 단지는 아직 공사 중이거나 사용검사 승인 후 입주를 시작하고 있는 단지도 있으며, 향후 제로에너지5등급아파트의 입주는 점점 증가할 것임
- 이에 제로에너지주택단지의 에너지사용량 실측 및 효과검증이 필요하며, 이를 위해 실측방법, 모니터링 시스템 구축 등의 연구수행이 필요함
- 또한, ’09년부터 추진한 친환경주택 건설이 현재의 제로에너지5등급주택수준까지 이르렀기 때문에, 그간 친환경주택 건설기준에 따라 건설한 에너지절감주택 단지의 에너지사용량 조사를 통해 국토교통부의 친환경주택 보급정책의 추진효과를 검증할 수 있는 기반 데이터 마련이 필요함

- 제로에너지단지의 에너지사용량 성능검증을 위해서는 최소 1년간의 에너지사용데이터가 필요하고 화성남양뉴타운 B11BL만이 '24년이 되어야만 완전한 1년간 데이터 확보가 가능하므로 에너지절감률 60%까지의 친환경주택 단지를 대상으로 에너지 사용량을 조사하여 정책추진 효과 기반데이터 마련이 필요함
- 실측결과가 당초에 예측한 에너지성능에 미치지 못하는 경우, 시공상 또는 관리상의 원인과 개선 등에 대한 제안을 위해 에너지절감 주요기술의 성능에 대한 현황파악 및 관리현황에 대한 데이터 조사가 필요함

1.2 연구목적

- 본 연구의 목적은 제로에너지주택단지의 에너지절감효과 검증이 가능한 모니터링시스템을 제안하고, 친환경주택단지의 실제 사용량데이터를 조사분석하여 정부의 주택분야 에너지절감정책 추진효과를 검증할 수 있는 기반데이터를 구축하고, 에너지절감 주요기술에 대한 성능검증 및 관리현황 파악을 목적으로 함

2. 주요 연구내용

■ 제로에너지단지 에너지 모니터링 기술 조사

- 노원제로에너지단지, 송도 현대힐스테이트 등 국내 제로에너지 주택단지의 에너지모니터링 기술, 실측방법 조사
- 국내·외 제로에너지주택모니터링 기준 및 기술 조사(KS, ISO, IEA 등)

■ 친환경주택 에너지절감률 설계 값과 실측 값의 비교 분석

- 에너지절감률 40%~60%의 친환경주택 단지 및 제로에너지단지(남양뉴타운 11BL)에 대한 열(난방, 급탕) 사용량 조사를 통한 에너지절감효과 비교분석

■ 제로에너지주택단지의 에너지모니터링 시스템 제안

- 제로에너지주택의 에너지원별 및 에너지사용 용도별(난방, 급탕, 전열, 조명, 환기, 냉방 등) 모니터링을 위한 적정 모니터링 시스템 제안
- 즉, 공동주택은 세대별로 입주자가 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명, 전열 등을 제어하므로, 사무소나 상업용 건물과 같이 관리자가 총괄 관리하는 건물에서 효과적

인 BEMS(에너지관리시스템) 적용이 크게 효율적이지 않으므로, 최소한의 계측대상과 계측기를 설정하고 데이터를 측정·관리하는 모니터링시스템 제안

■ 제로에너지주택의 주요 에너지절감기술에 대한 현황조사 및 성능평가

- 제로에너지주택 기술 중 주요기술 및 신재생 설비(태양광, 태양열, 지열, 연료전지, 풍력)에 대한 현황조사 및 유지관리방안 제안

3. 연구 수행방법 및 추진일정

3.1 연구수행 방법

■ 에너지 모니터링 기술 및 실측방법, 실측결과 조사

- 국내 제로에너지주택단지 방문, 자문, 자료수집을 통한 제로에너지단지의 모니터링 기술 조사 및 자료 분석
- 인터넷 자료조사를 통한 모니터링시스템관련 국내·외 관련 규격 및 제로에너지주택의 모니터링 기술 조사

■ 친환경주택 에너지절감률 설계 값과 실측 값의 비교 분석

- 데이터의 신뢰성 확보를 위해 실무부서 협업을 통한 에너지사용량 등 조사 대상단지 설정 및 관리사무소 직접 방문을 통한 실측 관리데이터 조사·분석

■ 제로에너지주택단지의 에너지모니터링 시스템 제안

- 자료조사 및 전문가 자문을 통한 제로에너지5등급인증 취득을 위한 원격검침 모니터링시스템과, 제로에너지입주단지의 에너지사용량 성능검증을 위한 에너지원별, 에너지용도별 적정 모니터링 시스템 제안

■ 에너지절감 기술요소의 하자분석 및 효율적인 유지관리방안 제안

- 로이아르콘창의 아르곤 가스 측정을 통한 충전률 조사 및 유지관리방안 제안
- 신재생에너지시스템(태양광, 태양열, 지열, 연료전지, 풍력)의 현황조사를 통한 사용상 하자 및 유지관리 방안 제안

3.2 추진일정

연구내용	월별 추진일정															
	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	
1. 연구과제 시행																
2. 에너지모니터링기술 및 실측방법, 실측결과 조사																
3. 친환경주택 및 제로에너지단지의 에너지 사용량 조사, 분석																
4. 제로에너지주택단지의 에너지모니터링 시스템 제안																
5. 창 및 신재생에너지의 이용실태 분석을 통한 효율적인 유지관리방안 제안																
6. 최종보고서 작성 및 과제 완료																

제2장 제로에너지건축물 모니터링 자료 조사

1. 제로에너지건축물 모니터링 기준

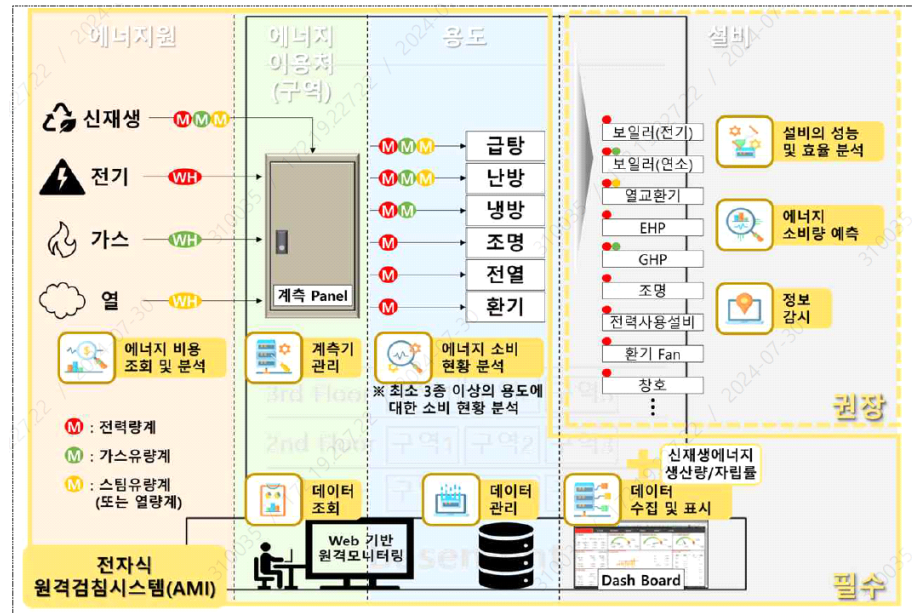
1.1 제로에너지건축물 구현을 위한 전자식 원격검침 계량기 설치 가이드

- 제로에너지 건축물 인증을 취득하기 위해서는 전자식원격검침시스템 또는 BEMS(Building Energy Management System)을 설치해야 하며 한국에너지공단에서는 전자식원격검침시스템과 관련된 설치 가이드라인을 제공하고 있음
- 본 가이드는 인증을 신청한 제로에너지건축물의 용도와 규모에 적합한 전자식 원격검침계량기의 설치 절차와 방법에 대한 가이드와 전자식 원격검침계량기 설치를 통해 구현할 수 있는 다양한 기능을 안내함

1) 원격검침계량기의 개요 및 기능구성

- (목적) 일반적 정의에 따른 전자식 원격검침계량기의 목적은 건물에 공급되는 에너지원에 대한 비용 책정을 위함이며, 관리효율 및 검침 신뢰성향상, 그에 따른 인건비 절감 등의 효과를 창출하는 것임
- (일반적 정의) 전기, 가스, 수도 계량기 등을 검침원이 고객을 방문하지 않고 원격에서 단말기를 이용해 검침데이터를 읽을 수 있어야 하고, 데이터 검침은 유선 이던 무선이던 관계가 없으며, 컴퓨터 프로그램과 연계 고지서 발급은 물론 수요 패턴까지 파악 가능한 시스템으로 원격검침을 위해 필요한 센서, 컴퓨터, 통신회선, 단말장치 등으로 구성됨
- (제로에너지건축물인증에서 정의) 제로에너지건축물 인증을 위한 전자식원격검침계량기란 건축물에 상시 공급되는 에너지원별 사용량을 전자식으로 계측하여 관리자가 일정 주기로 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템을 의미함
- (전자식 원격검침 계량기의 설치 개념) 신재생, 전기, 가스, 열 등의 에너지원에 대해서 전력량계, 가스유량계, 열량계 등을 이용하여 계측·저장하고 에너지원 비용을 조화·분석할 수 있으며, 급탕, 난방, 냉방, 조명, 환기, 전열 등의 에너지용도

별로 에너지현황을 분석하고 데이터를 관리, 수집 및 표시할 수 있어야 함. 또한 설비의 성능 및 효율분석, 에너지소비량 예측 및 정보를 감시하는 것을 권장함



[그림 2.1] 전자식원격검침시스템 개념도(자료출처 : 한국 에너지공단)

(BEMS와 기능비교) 원격검침 계량기는 데이터 수집 및 표시, 데이터의 조회, 에너지소비현황분석, 계측기 관리, 데이터 관리 등의 기능을 수행할 수 있어야 하며, BEMS는 위의 기능에 정보감사, 설비의 성능 및 효율분석, 에너지소비량 예측, 제어시스템연동, 실내외 환경정보 제공 등의 기능을 수행하여야 함



[그림 2.2] 전자식원격검침계량기와 건물에너지관리시스템의 기능비교 (자료출처 : 한국 에너지공단)

(핵심요구사항) 2종 이상 에너지원단위, 3종 이상 에너지용도의 분석기능, 에너지자립률 산정을 위한 건물의 에너지소비량 및 신재생에너지 생산량에 대한 실시간 모니터링 및 에너지자립률 산정체계 구축

- (필수기능) 건물의 에너지원에 대한 사용량 데이터의 수집, 표시, 조회, 2종 이상 원단위와 3종 이상 에너지용도의 소비현황 분석, 및 계측기 관리, 데이터 관리
- <표 2.1>은 제로에너지주택에 설치되는 전자식 원격검침계량기의 주요 필수 기능 및 권장 기능을 정리하여 나타냄

<표 2.1> 제로에너지주택의 전자식원격검침계량기의 필수 및 권장 기능

항목	기능	구분
1	데이터 수집 및 표시	대상건물에서 생산 저장 사용하는 에너지를 에너지원별 (전기/연료/열 등)로 데이터 수집 및 표시
2	데이터 조회	일간, 주간, 월간, 년간 등 정기 및 특정 기간을 설정하여 데이터를 조회
3	에너지소비 현황 분석	2종 이상의 에너지원단위와 3종 이상의 에너지용도에 대한 에너지소비 현황 및 증감 분석
4	에너지비용 조회 및 분석	에너지원별 사용량에 따른 에너지비용 조회
5	계측기 관리	전자식 원격검침계량기에 데이터를 제공하는 계측기에 대한 체계적 관리 수행
6	데이터 관리	전자식 원격검침계량기에 활용되는 데이터에 대한 체계적 관리체계 마련
7	정보감시	건축물에서 수집되는 에너지 정보(사용량, 생산량 등 시스템에서 수집되는 정보의 일체)를 감시하고 기준 값 (시스템 사용자가 관리를 위하여 입력한 값) 등과 평가 관리하는 기능
8	설비 성능 및 효율 분석	에너지가 투입되는 설비의 성능 및 효율을 분석하고 에너지효율화 방안을 도출
9	에너지 소비량 예측	건물의 운영에 따른 에너지소비량을 예측하여 관리하는 기능

2) 6개 필수기능별 정의 및 요구사항

■ 데이터 수집 및 표시

- (기능정의) 대상 건물에서 생산·저장·사용하는 에너지원별(전기/연료/열 등) 데이터를 수집 및 표시할 수 있도록 하는 기능
 - ZEB 인증 시 전자식 원격검침계량기를 통하여 에너지원별 데이터를 수집하는 방법 및 모니터링 소프트웨어에 표시되는 항목의 적정 구현 여부를 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 설치 시 <표 2.2>와 같이 필수 요구사항에 맞춰 데이터 수집 및 표시 기능을 구현해야하며 단, 에너지비용 납입자가 구획별로 구분된 경우(예 : 공동주택단지, 단독주택단지, 지식산업센터, 오피스텔 등)는 해당 구획별 에너지비용 납입자가 외부로부터 공급받는 에너지원(전

기, 도시가스, 지역난방 등)의 데이터 수집 및 표시 기능을 확인할 수 있어야 함

<표 2.2> 데이터 수집 및 표시의 기능 요구사항

구분	요구사항
데이터 표시간격	- 건물에서 생산·저장·사용하는 모든 에너지를 에너지원별로 계측가능 - 계측값은 15분 단위 이하로 수집, 저장 및 화면상에 표시 가능
에너지원별 계측	- 건물 내 인입 에너지 종류별 계측 * 주요용도의 에너지원이 아니거나 예비용인 경우에는 제외 가능 * 에너지원별 주 공급관에 계측기를 설치할 수 없는 경우 기기별로 공급하는 에너지원별 계측 데이터의 합으로 표시할 수 있음
생산/저장/사용별 계측	- 생산/저장/사용량 계측 및 신재생을 통한 에너지 자립률 표시

■ 데이터 조회

- (기능 정의) 대상 건물에서 수집된 데이터를 일간, 주간, 월간 등 정기 및 특정 기간을 설정하여 조회할 수 있도록 하는 기능
 - ZEB 인증 시 에너지 사용·저장·생산량 등 시스템에서 수집되는 정보의 일체를 건축물 관리자가 소프트웨어를 통하여 조회할 수 있는 기능의 구현 여부를 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 설치 시 <표 2.3>의 필수 요구사항에 맞춰 데이터 조회 기능을 구현하여야 함

<표 2.3> 데이터 조회의 기능 요구사항

구분	요구사항
다양한 양식으로 다운로드 기능	.csv, .png, 등 다양한 형식 데이터 유형
고정 기간 조회 가능	년 / 월 / 일 / 시간 기간 또는 간격(15분 / 1시간 등) 조회 화면

■ 에너지 소비 현황 분석 기능

- (기능 정의) 대상 건물에서 해당 건물의 에너지소비현황 및 수준을 파악하고 에너지소비증감 요인을 분석할 수 있는 기능
 - ZEB 인증 시 건물에서 생산·저장·사용하는 2종 이상의 에너지 원단위와 3종 이상의 에너지 용도에 대한 에너지소비 현황 및 증감 분석 기능 구현 여부를 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 설치 시 <표 2.4>의 중분류 기준으로 용도구분을 해야 하고 그 용도별로 에너지소비 현황 분석 기능을 구현하여야 함

<표 2.4> 에너지용도 분류 기준(KS F 1800-2:2021)

대분류	중분류
공조 및 급탕	난방, 냉방, 환기 및 공기순환, 급탕
조명 및 전열	조명, 전열
기타 용도	건물내 운송, 보조장치, 취사, 냉장냉동, 전산, 기타 특수용도

- (용도구분) 중분류 기준으로 용도구분을 함에 있어서 <표 2.5>와 같이 건물 용도별로 에너지원단위 및 에너지 용도를 우선 고려해야 하며, 단, 5대 에너지 용도(난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기)이외의 용도에 대한 에너지사용 비중이 높은 경우 다른 용도(운송, 전열, 보조장치 등)로 대체 할 수 있음

<표 2.5> 건축물유형별 관리대상 에너지원단위 및 에너지용도 구분(권장사항)

구분		에너지원단위	에너지용도
주거용	주거시설 유형	① 에너지자립률 (필수) ② 단위면적당 에너지소비량 ③ 1인당 에너지소비량 * 공동주택 단지 전체 * 단독주택 동별	- 난방 > 냉방 > 급탕 > 조명 > 환기 순으로 용도 구분 * 단, 공용부위가 없을 경우 에너지 용도구분을 제외할 수 있음
	숙박형 서비스 시설 유형	① 에너지자립률 (필수) ② 단위면적당 에너지소비량 ③ 1인당 에너지소비량	- 난방 > 냉방 > 조명 > 급탕 > 환기 순으로 용도 구분
	사무/교육/서비스 시설 유형	① 에너지자립률 (필수) ② 1인당 에너지소비량 ③ 단위면적당 에너지소비량 ④ 매출액당 에너지소비량	- 난방 > 냉방 > 조명 > 급탕 > 환기 순으로 용도 구분
주거용 이외	개방/모임 시설 유형	① 에너지자립률 (필수) ② 단위면적당 에너지소비량 ③ 1인당 에너지소비량	- 난방 > 냉방 > 환기 > 조명 > 급탕 순으로 용도 구분

■ 에너지 비용 조회 및 분석 기능

- (기능 정의) 대상 건물의 에너지원별 사용량에 따른 에너지비용을 산출, 조회, 분석할 수 있는 기능
 - ZEB 인증 시 건축물의 에너지원별 비용 절감 방안을 모색할 수 있도록 에너지 사용량에 따른 에너지 비용 산출 및 조회 · 분석 기능 구현 여부를 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 구축 시 <vy 2.6>의 요구사항에 맞춰 에너지 비용 조회 및 분석 기능을 구현하여야 함

<표 2.6> 에너지비용 조회 및 분석기능의 요구사항

구분	요구사항
에너지원별 사용량에 따른 에너지비용 산출기능	에너지원별 에너지비용 산출화면 (에너지 단가, 공급사 정보 연동 기능)
에너지원별 비용 조회 및 등록 기능	에너지원별 비용 조회(기간별)

■ 계측기 관리 기능

- (기능 정의) 대상 건물의 전자식 원격검침계량기에 에너지원별 데이터를 제공하는 계측기를 체계적으로 관리할 수 있는 기능
 - ZEB 인증 시 전자식 원격검침계량기의 계측기의 체계적 관리 수준을 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 설치 시 <표 2.7>의 계측관리 기능의 요구사항에 맞춰 계측기 관리 기능을 구현하여야 함

<표 2.7> 계측기 관리기능 요구사항

구분	요구사항
장비 이력관리 목록화	구입일, 상세스펙, 관리등급, 검교정 주기 및 최신 검교정 일자
기록관리 기능	계측기의 관리사항의 기록관리 기능 구현

■ 데이터 관리 기능

- (기능 정의) 대상 건물의 전자식 원격검침계량기에 대한 데이터를 체계적으로 관리할 수 있는 기능
 - ZEB 인증 시 전자식 원격검침계량기의 데이터의 체계적 관리 절차 및 데이터 관리 수준을 평가
- (기능 요구사항) 전자식 원격검침계량기 설치 시 <표 2.8>의 데이터관리 기능의 요구사항에 맞춰 데이터 관리 기능을 구현하여야 함

<표 2.8> 데이터 관리기능의 요구사항

구분	요구사항
데이터 수집/저장/백업 목록작성 및 관리	최소 3년 이상 원 데이터 및 가공 데이터 구분 보관
데이터 로깅	정상 / 비정상 데이터 구분 가능
문서화	데이터 처리 절차 문서화

3) 제로에너지등급 취득을 위한 원격검침모니터링시스템 요구사항 종합

- 건축물 유형별 특성은 시스템 설계, 설치 전 과정에 반영되어야 하겠지만, 특히 여섯 가지 필수기능의 요구사항 중 “에너지소비 현황 분석”에서 관리대상 에너지 원단위 및 에너지용도를 선정할 때 건물의 유형별 특성이 충분히 반영되어야 함
- 그 외 5개 항목에 대해서도 필수 기능 요구사항은 준수하되, 실제 시스템 운영 단계에서 유의미한 정보를 사용자가 취득할 수 있도록 건물 유형별 특성 고려 필요
- 제로에너지건축물 구현을 위한 전자식 원격검침 계약기 설치 가이드라인에서 요구하는 필수기능인 데이터 수집 및 표시, 데이터 조회 , 에너지소비 현황 분석, 에너지비용 조회 및 분석, 계측기 관리, 데이터 관리 기능 중에서 “에너지소비현황 분석”의 에너지사용 용도 중 3가지 이상을 구분하여 계측 및 분석할 수 있는 기능에 대한 설계는 LH의 경우 아직 과도기적인 상황으로 판단됨
- 따라서 이에 대한 대응 방안을 마련할 필요가 있으며, ① 제로에너지건축물인증을 취득하기 위한 설계기준과 ② 본 과업의 목표인 제로에너지주택의 성능검증을 위한 설계기준, 두 가지에 대해서 자동원격검침시스템을 제안할 필요가 있음

4) 에너지공단 협의 내용

- 에너지공단에서 제로에너지5등급 주택의 원격검침 시스템에 대한 가이드라인에서는 에너지 용도별 계측을 3종 이상, 원단위 계측을 2종 이상 하도록 규정하고 있어서 이 기준에 대한 적용방안을 마련하기 위해 에너지공단과 협의함
- LH의 현재 설계기준은 지역난방의 경우, 난방과 급탕 2가지 용도로 구분되고 전기는 용도별 구분 없이 전체를 계측하는 방식으로 에너지공단의 가이드라인에서 요구하는 환기, 조명, 냉방의 용도별 분리하여 계측하지 않고 있으며,
- 개별난방방식은 이보다 더 악조건으로 난방, 급탕을 별도로 분리 계측할 수 없어서 난방, 급탕, 취사가 하나로 공급되는 가스사용량을 계측하고 있는 실정임에 따라 3종으로 분리계측은 현실적으로 어려움이 있음
- 협의 결과, 공동주택은 주거용으로 공급하는 에너지를 3종 이상으로 분리하는 것이 어려운바, 공용부위라도 3종으로 분리해야만 제로에너지등급 주택을 취득할 수 있다는 답변을 얻음
- 또한, 전자식원격검침계량기 설치 취지는 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에

관한 규정」 “제6조(신축건축물의 에너지이용 효율화 추진) ② 항에서 연면적 10,000㎡ 이상의 건축물을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 건물에너지 이용 효율화를 위해 건물에너지관리시스템(BEMS)을 구축·운영하여야 하며, 한국에너지공단을 통해 설치확인을 받아야 한다. 다만, 다음 각 호에 해당하는 경우는 제외할 수 있다.” 라는 내용과 같이 함

- 즉, 공동주택단지 내의 전자식원격검침시스템의 설치 취지는 에너지 관리 및 비용 납입자가 구획별로 분리된 주거부문보다도 공용부위 및 부대시설에 설치하여 관리자의 효율적 관리를 통해 에너지를 절감하자는 취지임
- 따라서, 가이드라인에서 제시한바와 같이 기능 요구사항을 적용함에 있어서 주거용 건물은 주거부문이 아닌 부대시설의 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기를 에너지 용도를 우선 고려해야 하고 그 용도 분리가 용이하지 않을 경우 5대 에너지 용도(난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기)이외에 에너지사용 비중이 높은 경우 다른 용도(운송, 전열, 보조장치 등)로 대체 할 수 있도록 설계하는 것을 인정할 수 있음
- 그리고 2025.1.1일부터는 공동주택 제로에너지평가 시에 냉방항목이 추가되어 평가되고, 또한 현재의 전자식원격검침계량기와 건축물에너지관리시스템을 통합하여 건축물에너지관리시스템으로 일원화할 예정임. 이때 필수항목은 기존의 전자식원격검침계량기에서 요구하는 6개 사항을 그대로 적용할 예정이므로, 부대시설의 난방, 냉방, 급탕 3가지에 대해서 용도 구분하는 것이 가장 효율적일 수 있음
- 또한, 이때부터 부대시설이 10,000㎡이하인 공동주택은 에너지원별 사용량과 신재생에너지생산량만 확인할 수 있도록 원격검침 시스템을 구성하면 제로에너지등급을 만족하는 것으로 개정될 예정이며, 이때 부대시설에 대한 정의를 복리시설도 포함할 지는 아직 결정되지 않음

<주택법 부대시설 정의>

13. “부대시설”이란 주택에 딸린 다음 각 목의 시설 또는 설비를 말한다.

가. 주차장, 관리사무소, 담장 및 주택단지 안의 도로

나. 「건축법」 제2조제1항제4호에 따른 건축설비

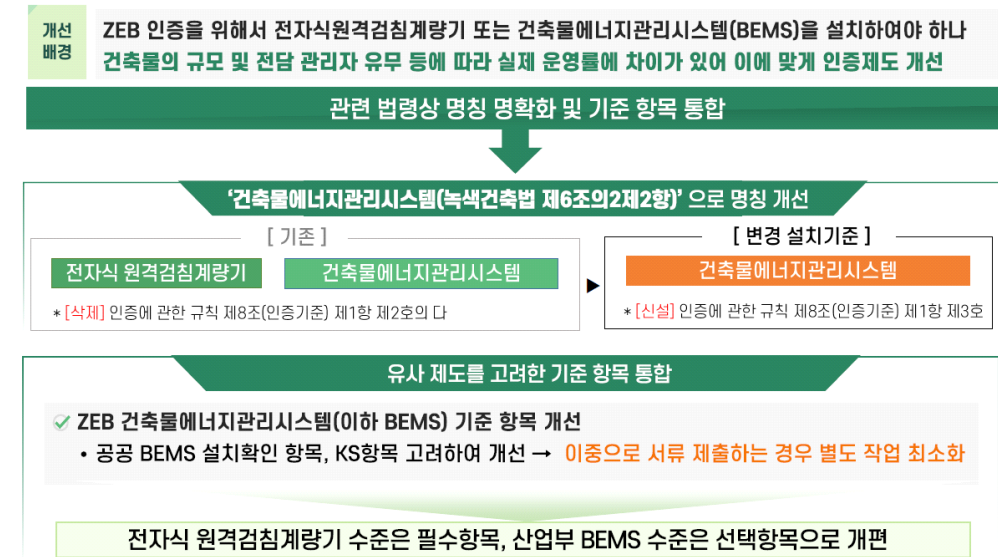
다. 가목 및 나목의 시설·설비에 준하는 것으로서 대통령령으로 정하는 시설 또는 설비

<주택법 복리시설 정의>

“복리시설”이란 주택단지의 입주자 등의 생활복리를 위한 다음 각 목의 공동시설을 말한다.

가. 어린이놀이터, 근린생활시설, 유치원, 주민운동시설 및 경로당

나. 그 밖에 입주자 등의 생활복리를 위하여 대통령령으로 정하는 공동시설



1.2 KS F 1800s의 BEMS 표준

1) KS F 1800-1 (기능과 데이터 처리 절차)

■ 개요 및 범위

- KS F 1800-1,2에서는 건물에너지관리시스템(BEMS, Building Management System)의 기능과 처리 절차에 대해 규정함
- 원격검침시스템은 에너지사용량 데이터를 검침, 확인, 저장, 그리고 요금부과를 위한 장치이며 특히 제로에너지건축물 인증을 위한 전자식원격검침계량기란 건축물에 상시 공급되는 에너지원별 사용량을 전자식으로 계측하여 관리자가 일정 주기로 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템을 의미하는 것이라면,
- BEMS 는 에너지소비와 관련된 각종 데이터의 획득, 전달, 수집 및 관리를 통해 건물의 에너지 소비내역을 쉽게 파악할 수 있게 해줌을 물론, 에너지 절감요소 도 출과 절감효과 평가 등 건물의 에너지 관리에 필요한 각종 분석, 진단 및 제어에 관한 방법 제공을 통해 운영자가 건물에너지 소비계획을 수립하여 이를 실제 운 영에 반영할 수 있게 해주는 기능들을 포함함
 - 관리항목 : 운전설정 값 및 스케줄 변경, 센서 위치변경 및 고장센서 교정, 설비 유지 보수 및 개체, 설비운전 최적화, 에너지목표관리를 통한 재실자 행동변화 등

■ 각종 기능

- 데이터 표시기능, 정보 감시기능, 데이터 및 정보 조회 기능, 건물 에너지 소비현 황(에너지소비현황, 이산화탄소배출량, 최대 전력수요 등) 분석 기능, 설비의 성 능 및 효율 분석 기능, 실내·외 환경 정보 제공 기능, 에너지소비량 예측 기능, 에 너지 비용분석 기능, 제어시스템 연동 기능 등

■ 데이터의 처리 절차

- 데이터 획득 → 데이터 전달 → 데이터 수집 → 데이터 및 정보관리 → 데이터 및 정보의 활용

2) KSF 1800-2 (관제점 선정, 데이터 관리, 에너지절감량 산출)

■ 관제점 선정 고려요소

- 건물용도와 규모
- 설비 종류 및 에너지이용 행태
- 달성하고자하는 에너지 절감 목표에 적합하게 건물에너지관리시스템을 구축하 고 운영하는데 필요한 관제점을 선정하고 관리
- 계측기의 설치 및 유지보수를 위한 비용을 고려하여 관제점을 선정

■ 에너지성능 분석 및 관리를 위한 관제점

- 에너지성능 분석, 에너지목표관리 및 에너지절감량 산출을 위해 필요한 에너지 원별 에너지소비량 및 재실자의 쾌적성, 건물 에너지성능에 영향을 주는 관련변 수와 적정인자를 관제점으로 선정
- 에너지 유입, 생산, 저장, 유출량 측정을 위한 관제점 및 주요설비와 주요공간의 에너지성능 분석 및 관리를 위한 관제점 선정
- 이러한 관제점 선정의 목적은 에너지를 검침하여 에너지를 절감하는 관리체계를 구축하는 것이므로 에너지를 검침하여 확인하는 원격검침시스템과는 달리 실내 의 온습도나 쾌적도 측정이 필요함

■ 관제점 정보 관리 목적 및 데이터 속성

- 건물에너지성능, 주요설비 에너지성능, 주요공간의 에너지성능 분석 및 관리
- 데이터의 생성 방식도 측정, 연동, 설정, 계산, 예측 방법 등 다양하게 사용
- 데이터의 속성은 온도, 유량, 열량, 전력, 일사량 등 물리량 외에도 기기의 명령, 상태 및 운전모드와 같은 범주 값들임
- 에너지용도는 앞의 <표 2.4>에서 나타낸바와 같으며 전자식 원격검침 계량기 의 용도분리의 항목으로 사용하기도 함
- 데이터의 단위가 중요하며(SI 단위 권장), 저장주기는 1초, 1분, 15분, 1시간, 1 일, 1개월, 1년으로 구분함

■ 기타 사항

- 관제점 일람표 : 관제점 명, 활용목적, 데이터생성 방식, 데이터 속성, 에너지용도, 대상물질, 데이터 단위, 관제점 위치, 데이터 저장주기 등을 표시함
- 태그의 생성 및 관리에 대한 사항은 오류 최소화, 상호 운영성 확보를 위함
- 에너지 절감량 산출은 운영 및 수집한 데이터 분석을 통해 에너지성능개선 조치를 수행, 건물의 에너지성능을 지속적으로 개선, 문서화, 측정데이터를 기반으로 한 에너지베이스라인 모델을 기준으로 기준에서 정한 바에 따라 산출함

1.3 국제에너지기구(IEA)의 제로에너지건물 M&V 보고서

1) 추진경위

- 최근, 지속가능 건물, 그린하우스가스 저감, 저탄소 정책 등의 이행을 위해 에너지절감 건물로 방향을 전환함에 따라 건물부문에서는 건물전체의 에너지요구량 중 신재생이 큰 비중을 차지하도록 설계방향이 바뀌고 있음
- IEA(International Energy Agency)에서는 이와 관련한 여러 가이드라인을 수립하고 있으며, 이 보고서는 제로에너지 건축물의 M&V(Measurement and Verification)에 중점을 둔 보고서로 IEA Task 40에서 수행함
- 에너지절감 건물을 설계할 때 몇몇 중요한 설계인자로는 기후조건, 거주자 사용 특성, 건물의 관리방법(HVAC 플랜트 세팅 등) 등을 들 수 있으며, 이는 실제로 건물이 계획한 바대로 운영되지 않는 주요변수이기도 함
- 따라서 설계한 바에 따라 정확한 결과가 나오는지 확인하기 위해서는 모니터링데이터를 기반으로 성능평가를 수행할 필요가 있음에 따라, 이 보고서는 제로에너지 빌딩을 평가하는데 요구되는 M&A의 표준화에 대해서 다루고 있음
- M&V Protocol(계측 및 검증에 관한 통신규약)은 모니터링의 과정과 결과를 증명하기 위한 목표에 따라 설치방법이 변할 수 있고, 또한 제로에너지 건축물의 측정방법에 대해서 일반적으로 적용할 수 있는 정의가 아직 마련되어 있지 않아서 에너지생산과 사용 등에 대한 에너지 밸런스에 대한 평가도 달라질 수 있음
- ZEB(Zero Energy Building)의 모니터링에 대한 주요 이슈를 지적해 내고 모니

터링시스템을 설치하기 위한 개념과 설계 그리고 모니터링시스템의 개발을 위해 Task 40 에서는 이 연구를 수행함

2) 현행 데이터 모니터링 프로토콜에 대한 고찰

- 데이터의 모니터링은 건물의 관리와 BEMS를 위한 것이기도 하고 건물주에게 재정적으로 어느 정도 효과가 있는지 파악하기도 하는 자료이기도 하며, 또한 정책을 추진하는 정부의 보조금이나 각종 정책을 결정하는데 주요한 자료가 됨
- 모니터링 시스템의 효율성에 대한 인식에도 불구하고 에너지성능에 대한 평가방법은 건물에서 아직 일반화되어 있지 않고 연구와 시범사업 수준에 그치고 있으며, 이럴 수밖에 없는 주요 장애는 장비의 가격과 모니터링을 위해 요구되는 많은 노력, 그리고 데이터의 수집을 위한 보다 상세한 시스템의 계획, 후처리 과정 등(post processing)이 복잡하고 광범위 해진다는 것을 들 수 있음
- 그러나 경제적인 측면에서 볼 때 모니터링 및 관리를 통해 건물 형태별로 다양한 수준의 에너지 절감을 얻을 수 있어서 오히려 비용효율적인 것으로 증명되고 있으며, 특히 복잡한 시설이 있는 건물에서는 더욱 더 에너지 모니터링이 효과적임
- 모니터링과정의 표준화는 신축이던 기축이던 모니터링의 설계 및 실행에 대한 부담을 줄일 수 있고 관련된 비용과 요구되는 기법 또한 줄일 수 있음
- Net ZEB의 에너지 밸런스에 대한 모니터링 기준을 국제적 기준으로 만들어서 건물 성능 표준과 조합시킨다면 설계와 실제 건물 성능을 비교할 수 있으므로, 이를 위한 효과적이고 편리하며 저렴한 표준 평가 절차의 개발 및 보급이 필요함

3) 모니터링 단계별 목표 및 내용

- 이 보고서에는 제로에너지건축물의 에너지 밸런스에 대한 측정과 결과를 검증하기 위해 체크하고 결정해야할 과정을 다음과 같이 제시하고 있으며, 이는 본 연구의 주요 목표인 제로에너지입주단지의 성능검증을 위한 모니터링 시스템의 계획하고 제안하는데 바탕이 되는 자료가 될 것을 판단됨

■ 모니터링 목적 설정(Set monitoring objective)

- 목표한 값과 보조 인자들(ex. 설계와 실제 사용한 부하량의 일치여부, 난방요구량 등)과 IEQ(Indoor Environment Quality)에 대한 밸런스 체크

- 생산하고, 공급받고, 사용하는 데에 대한 에너지 발란스, 부하량은 일치 하는지, 난방요구량은 얼마인지, IEQ의 상태는 쾌적한지, 신재생 생산량은 얼마인지 등

■ 건물데이터 수집(Collect Building data)

- 에너지밸런스와 부하량이 얼마나 일치하는지에 대한 에너지 flow에 중점을 두고 건물에서의 에너지 flow를 알 수 있도록 수집하는 데이터 종류 및 형태 등

■ 모니터링 경계의 확정, 식별(Identify monitoring balance)

- 에너지 밸런스의 검증과 특정한 에너지부하의 평가를 위한 Sub metering 등을 위한 전체 건물에서 측정하는 경계를 정하는 과정

■ 측정항목 설정(Select metrics)

- 측정하려는 물리량(ex. 에너지, 유량, 온도 등)에 대해 적합한 측정방법이 도입되어 측정되어야하고, 최소한 에너지 밸런스는 검증할 수 있어야 하며 더 나아가서는 Sub-system의 성능과 IEQ를 실측할 수 있어야 함

■ 데이터 축소 수행(Perform data reduction)

- 최소한의 데이터 측정으로 최적의 결과를 얻기 위해 간접측정이나 문헌으로부터의 추정을 통해서 얻을 수 있는 데이터를 조사하고 측정항목 도출

■ 데이터측정 간격과 기간(Define data frequency and duration)

- 1년간 혹은 월간 에너지밸런스를 평가하기 위한 장기간 측정 또는 subsystem의 테스트를 위한 짧은 간격동안의 측정 등 데이터의 측정간격 설정

■ 적절한 측정센서와 데이터 취득 시스템의 식별(Identify suitable sensors and data acquisition system)

- 측정항목, 측정간격 및 데이터 수집 시간간격을 고려한 측정장치의 선정

■ 기술적 타당성 평가(Assess technical feasibility)

- 목표한 계획이 실제 현상으로 실현되는지에 대한 입증

■ 측정값의 차이를 해결하고 인식(Recognize and solve metering gaps)

- 측정값의 오차에 대한 허용범위와 문제인식을 통해 해결방법 모색

■ 최종계획과 설치(Final plan and installation)

- 실행력 있고 집행이 가능한 계획과 실행

■ 센서의 보정(Sensor calibrations)

- 센서의 정확성을 체크하고 센서를 주기적으로 보정

■ 모니터링시스템 시운전(Monitoring system commissioning)

- 하드웨어에 옳게 설치되었는지를 체크하고 데이터 저장시스템에 데이터는 잘 전송이 되는지 확인

■ 데이터 품질 정의 및 진행과정 체크(Define data quality check procedure)

- 측정되지 않는 데이터나 정확치 않는 데이터를 해결하는 방법을 정의하며, 이것은 잘못된 측정 값과 Error로 나타나는 데이터의 추정 또는 판단 과정을 포함

■ 데이터 후처리(Data post-processing)

- 주요 측정인자들, 에너지밸런스 결과, Subsystem의 성능과 IEQ 등을 계산하기 위한 데이터 후처리과정을 정의

■ 표준 보고양식(Standard report)

- 최소한 1년 간격으로 보고서 양식이 기준이 만들어져야하고, 건물과 모니터링 시스템에 대한 설명과 해당 년의 결과, 모니터링 총 기간 동안의 결과를 표시함

■ 조작반 보수계획 및 이행(Planning and implementing operation maintenance)

- 모니터링 시스템을 보수하는 리스트와 모니터링 장치의 올바른 조작을 위해 보증하는 기간 등을 계획

4) 단계별 내용 및 제로에너지건물의 측정 지침기준과 관계

- IEA 보고서에서 설정한 단계별 수행내용과 그 내용에 대한 적용개념을 위에서 소개하였으며, 이 단계별 개념들을 적용하여 제로에너지건축물의 M&V의 기준을 수립하기 위해 대응해야할 내용을 <표 2.9>에 나타냄

〈표 2.9〉 제로에너지 건축물의 M&V를 위한 단계별 개념 및 제로에너지건축물에 응용

단계별	적용 개념	net ZEB M&V 기준
목표설정(Set monitoring objective)	선정된 정의의 목표한 값 달성 확인	실제로 ZEB을 위해 설계한 값들을 증명하기 위한 것이 목적
건물데이터 수집(Collect Building data)	건물의 에너지 흐름의 경향을 알 수 있는 데이터 내용 및 형태 기준	빌딩 안에서 그리고 빌딩과 주변과의 에너지흐름을 밝히기 위한 기본 다이어그램을 위한 데이터 수집
모니터링 경계의 확정, 식별(Identify monitering balance)	발란스의 검증과 특정 load의 평가를 위한 sub metering 등 설정	Net 제로에너지 정의에 따라 그 경계가 달라지며, 에너지경계의 식별이 가능한 지표를 측정
측정항목 설정(Select metrics)	목표, 에너지발란스를 검증하는 측정값을 설정, subsystem 성능과 IEQ를 실측 등	시간, 정확도, 측정항목, 센서, IEQ 포함 여부 등
데이터 축소수행(Perform data reduction)	간접측정이나 문헌으로부터의 추정을 통해서 측정에 요구되는 측정항목 도출	측정점, 선택된 측정항목, 모니터링 비용고려, 수고에 비해 비용효율적이지 못한 것 찾아서 측정항목 축소
데이터측정 간격과 기간(Define data frequency and duration)	년간 혹은 월간 에너지발란스를 평가하기 위한 장기간 또는 subsystem의 테스트를 위한 짧은 간격동안의 측정 등	측정간격은 load match에 의해 정해져야하고 최소한 월단위로 저장
적정한 측정센서와 데이터 취득 시스템 정의(Identify suitable sensors and data acquisition system)	측정항목, 측정간격 및 데이터 수집 시간 간격을 고려한 측정장치의 선정	측정항목을 토대로, 측정기간과 요구되는 정확성, 기술 등을 고려하여 측정센서를 설정
기술적 타당성평가(Assess technical feasibility)	목표한 계획이 실제로 실제 현상으로 실현될 수 있을까 입증	자동제어판텔과 접속가능성, 측정점과의 거리 등 프로젝트 계획과 관계가 있는 에너지시스템 레이아웃
측정값의 차이를 해결하고 인식(Recognize and solve metering gaps)	측정값의 오차에 대한 허용범위와 문제인식을 통해 해결방법 모색	측정값의 오차에 대한 인정범위와 문제의 해결방법 등
최종계획과 설치(Final plan and installation)	실행력 있고 수행 가능한 계획 및 설치	대상 건물에 의존한 모니터링 시스템의 실행력 있는 디자인과 모니터링시스템의 실행
센터의 보정(Sensor calibrations)	정확성을 체크하고 센서를 주기적으로 보정	주기적 센서 캘리브레이션 계획 수립 필요
모니터링시스템 시운전(Monitoring system commissioning)	하드웨어에 옳게 설치되었는지를 체크하고 데이터 저장시스템에 데이터는 잘 전송이 되는지 확인	하드웨어와 소프트웨어의 운전 평가, 정보와 데이터의 입출력 에러체크 등
데이터 품질을 정의하고 진행과정을 체크(Define data quality check procedure)	잘못 측정된 데이터나 정확치 않는 데이터를 해결하는 접근방법을 정의, 잘못된 측정값과 에러로 보고된 데이터에 대한 추정 또는 판단과정 포함	잘못 측정된 값에 대한 판단 등을 할 수 있는 간접측정 및 문헌 등을 통한 예측 및 에러 감지가능 소프트웨어 등
데이터 후처리(Data post-processing)	에너지발란스(예: net ZEB의 평가 tool), 다른 인덱스, subsystem의 성능과 IEQ를 계산하기 위한 데이터 후처리과정을 정의	계측 값을 통해서 에너지를 어떻게 계산하고 평가할 것인가 등을 정의
표준 보고양식(Standard report)	최소 1년 간격의 보고서 양식으로 구성하고, 건물과 모니터링시스템에 대한 설명과 당해 년의 결과, 모니터링 총기간 동안의 결과가 표시되어야 함	대상건물의 모니터링 시스템 소프트웨어의 적정설계를 통한 에너지 모니터링과 보고서 출력 등 기능 필요
조작반 보수의 계획과 이행(Planning and implementing operation maintenance)	모니터링 시스템의 보수 리스트와 모니터링 장치의 올바른 조작을 위해 보증기간 등을 계획	모니터링 시스템의 유지관리 및 보증 등의 계획 수립

- 이 밖에 설치 시 고려사항으로는 목표설정의 대한 중요성을 다시 한번 언급하고 있으며, 측정 및 평가 대상으로 에너지절감량, CO2 저감량, 비용효율적 수준 평가, 실내환경 등의 다양한 항목들을 예시하고, 측정점, 센서, 통신규약, 소프트웨어, 하드웨어, 비용효과를 강조하고 있음
- 또한, 대상건물의 모니터링 평가 시에 전체적으로 평가할 것인가, 개선된 기술에 대해서 각각 평가(Sub metering)할 것인가를 고려할 필요가 있으며, 데이터의 정확성과 데이터 측정의 목적에 따라 측정방법이 측정지점, 계측기의 종류가 달라질 수 있으며, 마지막 단계인 보고서의 중요성을 언급하고 있음

2. 제로에너지입주단지 원격검침시스템 조사

- 1) 노원 EZ 공동주택
- 공동주택과 단독주택 혼합형으로 121세를 공급한 노원 제로에너지 주택단지의 모니터링 기술은 원격검침·홈네트워크, 실측데이터 축적과 방대한 실측데이터를 축적할 수 있는 분리계측, 원격검침 인프라를 갖추
 - 각 세대에는 총 5개의 AMI(Advanced Metering Infrastructure: 원격검침인프라)가 설치되었으며, 총 121세대의 전기·수도·급탕열량 난방열량 열교환기 등의 데이터를 개별적으로 수집하고 급탕 및 난방열량에는 유량 온도를 별도로 계측하고 관리실, 기계실, 엘리베이터 등 공용부의 에너지도 별도로 계측함
 - 또한 세대별로 스마트 분전반이 설치돼 추가로 설치된 에어컨 등 냉방기 사용량 또는 콘센트 전력 사용량 등을 별도로 측정할 수 있음
 - 이를 통해 수집된 데이터는 연구단뿐만 아니라 각 세대에서도 접근할 수 있으며, 연구단은 홈네트워크시스템을 구성해 각 세대의 월패드(Wall Pad)로 에너지사용 및 생산 현황을 볼 수 있게 함
 - 당시에는 좀 더 용도별 분리계측을 유도했으므로, 난방, 급탕, 수도, 가스, 전력 5개로 분리했으나 제로에너지등급에 부합하지 않아서, 에너지미터를 이용하여 조명과 콘센트를 나누어서 계측하고, 스마트분전반에서는 냉방과 환기를 용도별 분리 계측하도록 구성하여 121세대 모두 적용함.

2) 힐스테이트 레이크 송도

- 국내 최초 제로에너지5등급 아파트인 송도 현대 힐스테이트 단지에는 BEMS 가 설치되어 있으며, HERV(현대 에너지회수 환기시스템)를 포함하여 복합센서(온·습도, CO₂, TVOC), 난방시스템, 원격검침계량기 등에는 현대건설에서 개발한 자동제어·쾌적제어 알고리즘인 TEEMS를 탑재함
- TEEMS가 세대 내에서 동작하는 제어시스템이라면 Smart BEMS는 공용부에서 에너지생산·소비·저장을 관리하는 제어시스템으로, Smart BEMS는 현대건설이 현대오토에버와 함께 개발했으며 2017년 국내에서 처음으로 에너지공단의 BEMS설치확인 1등급을 획득함
- Smart BEMS는 단지 내 모든 공용설비의 가동현황을 감시하고, 문제발생 시 관리자에게 알람을 제공하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 가이드함
- 또한 현재 에너지소비량, 신재생에너지생산량을 실시간으로 계속해서 소프트웨어 화면에 보여주며 이를 바탕으로 단지의 에너지자립률을 계산해 현재 수준을 직관적으로 제시하는 기능이 있음



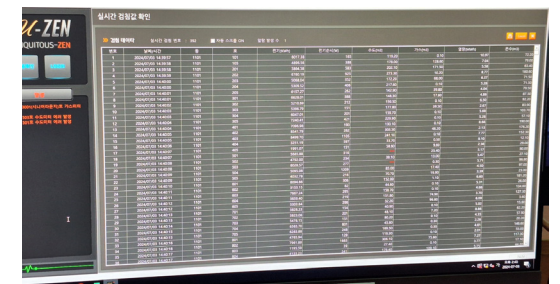
[그림 2.5] 힐스테이트 레이크 송도의 TEEM System 구성도

3) 남양뉴타운 제로에너지5등급 아파트

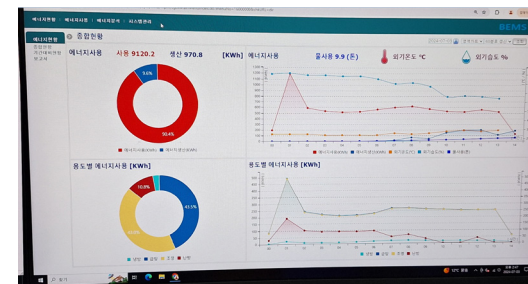
- 2022.11월에 사용검사를 완료하고 입주를 시작한 남양뉴타운 제로에너지5등급 아파트는 전자식 원격검침 시스템이 설치되어 있으며, 에너지 용도를 공용부위의 난방, 급탕, 냉방, 조명에 대해서 분리하여 제로에너지5등급 인증을 받음
- [그림 2.6]은 관리사무소의 모니터링실에 설치된 원격검침 시스템 전경을 보여주고 있으며, [그림 2.7]은 모든 세대에 대해 에너지원별(전기, 열, 수도, 가스)로 계측하고 있는 화면을, 그리고 [그림 2.8]은 부대복리시설에 난방, 급탕, 냉방, 조명으로 용도 분리되어 측정되고 있는 화면과 [그림 2.9]는 용도 분리된 데이터들을 임의의 시간대에 검색한 화면을 보여주고 있음



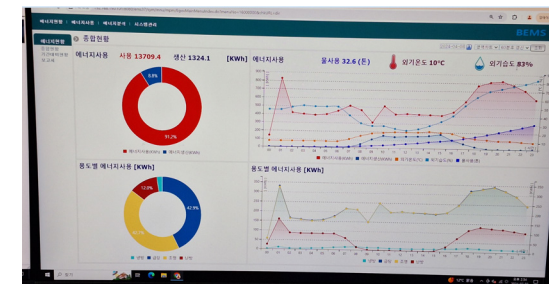
[그림 2.6] 원격검침시스템 전경



[그림 2.7] 각 세대의 에너지원별 계측화면



[그림 2.8] 부대시설의 용도분리 계측화면



[그림 2.9] 용도분리 과거데이터 검색화면

4) 과천 리오포레 데시앙

- LH와 태영건설이 공동 건설하여 국내 3번째로 제로에너지5등급 본인증을 받아 데시앙이라는 브랜드로 분양된 이 공동주택 단지에는 전자식원격검침시스템이 설치되어 있으며, 에너지원별(열, 전기, 수도, 가스)로 분리계측은 되나, 에너지의 용도별(난방, 급탕, 조명, 환기, 냉방 등) 분리계측은 되지 않음

5) 인천 검단 LH 26단지

- 2020년 제로에너지5등급 예비인증을 받은 이 공동주택단지는 현재 본인증이 진행중에 있으며, 위의 과천리오포레 데시앙 공동주택단지와 마찬가지로 에너지원별로 분리계측은 되나, 용도별 분리계측은 되어 있지 않음

6) 조사내용 종합

- 제로에너지5등급주택 본인증을 받은 공동주택 단지와 현재 진행 중인 단지 그리고, 제로에너지단지이면서 제로에너지예비인증과 본인증을 받지 않은 단지를 대상으로 에너지모니터링시스템을 조사한 결과를 <표 2.10>에 나타냄
- 제로에너지5등급인증 항목 중 하나인 전자식원격검침시스템의 적용여부에 대한 판단기준이 제로에너지인증 평가기관마다 조금씩 다르게 적용된 것을 확인하였으며, 시장에서의 이러한 상황을 인지하고 한국에너지공단에서는 전자식원격검침시스템 설치가이드를 수정 중에 있음
- 우리공사도 앞으로 수정되어 공고될 전자식원격검침시스템 설치가이드 내용을 정확히 파악하여 제로에너지등급인증을 취득하는데 차질이 없도록 비용 효율적이 방향으로의 설계기준 개선이 필요한 것으로 사료됨

<표 2.10> 제로에너지입주단지의 에너지모니터링시스템 설치현황 조사 결과

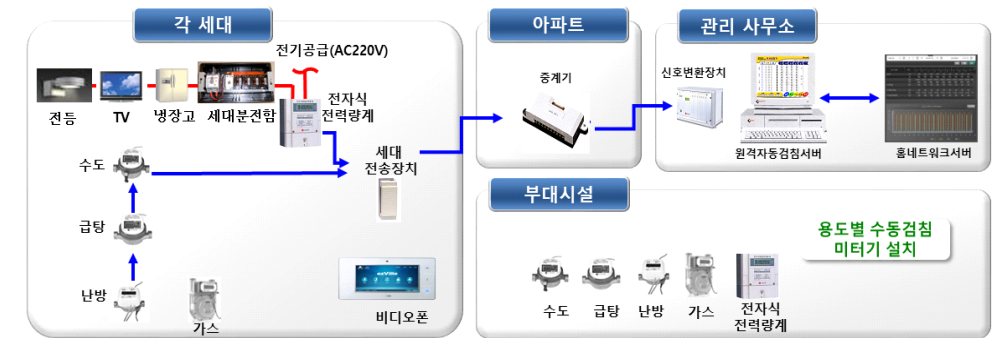
구분	에너지 모니터링 및 관리 시스템 설치 현황
과천 리오포레 데시앙	원격검침시스템, 세대내 에너지원별(전기, 열, 수도) 분리계측
e-편한세상 남양뉴타운	원격검침시스템, 공용부위 용도분리(냉방, 난방, 급탕, 조명)
힐스테이트 레이크 송도	BEMS 설치
인천검단 LH 26단지	원격검침시스템, 세대내 에너지원별(전기, 열, 수도) 분리계측
노원 ZE 주택	세대내 에너지용도별 분리계측(난방, 급탕, 냉방, 조명)

3. LH의 원격검침모니터링시스템 설계기준

1) 2020년 당시 원격검침시스템 설계기준

- 2020년 당시 우리공사의 원격검침시스템의 설계는 [그림 2.10]과 같이 지역난방 기준으로 세대내는 수도유량, 급탕유량, 난방열량, 전력량(전열, 전동, 에어컨

등 모든 전력사용기기)을 세대 전송장치에서 아파트 중계기로 데이터를 송신하고, 관리소에서 신호변환을 통해 원격자동검침 서버에 저장되어 지역난방공사에서 부과하는 열 요금과 한전에서 부과하는 전력요금을 참고하여 저장된 데이터를 토대로 에너지사용 요금을 각 세대에 부과하는 시스템을 적용하고 있었음



[그림 2.10] 2020년 당시 LH 원격검침시스템 설계 기준

- 또한, 임대주택의 가스사용량은 도시가스 지역관리소의 가스미터기 검정을 위한 주기적 교체 작업 시 직독식으로 교체를 요구하거나 원격식 교체시 미터기 하자에 대한 책임소재가 불분명하여 원격식이 아닌 직독식계량기가 사용되고 있었음

2) 제로에너지등급을 위한 제로에너지관리시스템(ZEMS) 도입

- 2020년 공공주택전기처에서는 「그린뉴딜 선도를 위한 공동주택 제로에너지관리시스템 설계기준(안)」을 시행하고, 2021년 설계년부터 적용을 추진함
- 이 기준은 원격자동검침시스템의 실시간 양방향성 확보 및 에너지정보수집 기능 강화로 건축물에너지 이용효율 향상을 위해 제로에너지관리시스템을 도입한다는 취지로 비롯되었음
- 추진배경으로는 지능형 계량시스템 및 제로에너지건축물 보급 확대의 정부정책인 산업자원부의 제6차 에너지이용 합리화 기본계획에 따라 스마트그리드¹⁾의 필수 인프라 설비인 전력 AMI²⁾를 아파트 500만호에 설치에 하고자 계획함

1) 전력망에 정보통신기술을 적용하여 전기 공급자와 사용자간 실시간 정보를 교환함으로써 에너지 이용효율을 극대화하는 전력망

2) AMI(Advanced Metering Infrastructure) : 실시간 에너지 계측정보를 소비자와 생산자간 양방향 통신을 통해 다양한 서비스를 가능하게 하는 핵심 디지털 인프라

① 지능형 계량시스템(AMI) 기반 제로에너지관리시스템(ZEMS) 도입

- (전력량계) 건축물 인증기준과 부합화 및 국민DR 등 에너지 신사업 참여 기반 구축을 위해 데이터 정보수집 확대 및 전송속도 개선
- (에너지 정보표시 개선) 순시값 정보의 활용성이 낮고, 기존 60분에서 5분 단위의 정보 제공이 가능하여, 순시값 에너지 정보 제공 삭제
- (중계기 개선) 5분 단위 데이터의 데이터 수집률 향상을 위해 중계기에 연결가능한 전력량계 수량 조정
- (서버 개선) 실시간 양방향 통신기능을 갖춘 제로에너지관리서버로 개선

<표 2.11> 지능형계량시스템기반 제로에너지관리시스템 도입을 위한 설계개선('22년, LH)

구분		기존	개선	비고
전력량계	전력량계	전자식전력량계	지능형전력량계	양방향 통신
	에너지저장량 계측	-	지능형 전력량계 설치	ESS 설치 시
	LP(부하정보) 전송속도	60분 단위	5분 단위	국민DR기반
	신재생에너지 발전량 분배표시 기능	-	있음	Net Metering
	전력품질모니터링 기능	-	전압,전류,위상각,역률,주파수,왜률	품질관리
	펌웨어 업그레이드 기능	-	있음	시스템 성능향상
	시간동기화 기능	-	한국표준시각과 주기적 자동동기화	데이터 정합성
	통신기능	유선통신	유·무선통신	확장성대비
세대 전송장치	펌웨어 업그레이드 기능	-	있음	시스템 성능향상
	통신기능	유선통신	유·무선통신	확장성대비
정보표시	전력 순시값 정보 제공	있음	-	5분 단위정보제공
중계기	전력량계 연결대수	128EA 이하	64EA 이하	데이터 수집률개선
	중계기 설치	동별 설치	전력량계 64개당1개	
	펌웨어 업그레이드 기능	-	있음	시스템 성능향상
	통신기능	유선통신	유·무선통신	확장성대비
서버	서버	원격자동검침서버	제로에너지관리서버	양방향 통신 ZEB 인증
	신재생에너지 발전량 분배기능	-	있음	Net Metering
	펌웨어 업그레이드 기능	-	있음	시스템 성능향상
	시간동기화 기능	-	한국표준시각과 주기적 자동동기화	데이터 정합성
	에너지관리 기능	홈네트워크 서버	제로에너지관리서버	기능 이관
	전력·동력 감시기능	중앙감시반	제로에너지관리서버	기능 이관
	인터넷 연결	-	있음 (홈넷망 활용)	에너지 빅데이터 축적 및 통합관리
	LH 제로에너지통합관리 시스템 연계	-	데이터 연계	

- 또한 제로에너지관리시스템의 도입을 위해 통신 성공율 향상을 위해 통신매체와 프로토콜을 <표 2.12>와 같이 개선함

<표 2.12> 통신매체 및 프로토콜 개선('22년, LH)

구분	배선회로 구간	통신매체	통신 프로토콜
기존	동 중계기↔신호변환기	UTP Cat 3	RS-485
	신호변환기↔원격검침서버	UTP Cat 3	RS-232
개선	동 중계기↔워크그룹S/W(FDF)	UTP Cat 5E	TCP/IP
	워크그룹S/W(FDF)↔홈네트워크 서버	광케이블	TCP/IP

② 원격검침 범위 확대

- 건축물 인증기준에 부합하도록 건축물에서 수집되는 모든 에너지정보를 원격검침시스템과 연계하도록 <표 2.13>과 같이 개선함

<표 2.13> 원격검침 범위 확대 개선('22년, LH)

구분		기존	개선	비고
세대부	가스계량기	직독식 계량기	원격검침용계량기	임대지구
	‘온수+난방’ 계량기	-	원격검침용계량기	개별난방지구
공용부 (부대시설 포함)	전기	계량기	전자식전력계량기	지능형전력량계
		시스템 연계	-	연계
		전송설비	-	세대전송장치, 중계기
	전기차충전서버 연계		-	서버 to 서버 연계
	설비 4층	계량기	전자식계량기	원격검침용계량기
		시스템 연계	-	연계

- 공용부는 세대를 제외한 모든 부분으로, 상가 등 분양면적에 해당되지 않는 부분은 제외하며, Bold 처리한 부분은 아직 시행되지 않음

③ 공용부(부대시설 포함) 용도별 계측

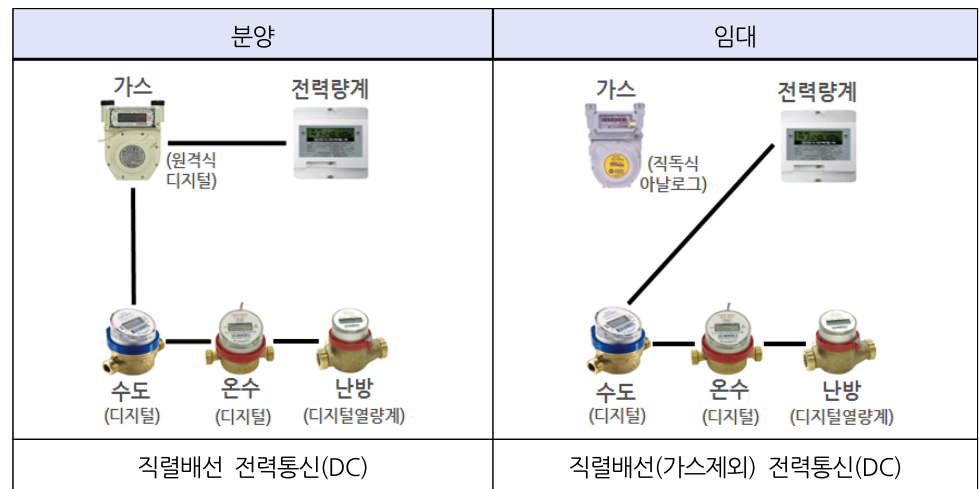
- <표 2.14>와 같이 시공성 및 설치공간의 제약성을 감안하여 다채널미터기 설치하는 방향으로 공용부위 용도별 계측을 계획함

<표 2.14> 공용부위 용도별 계측 개선('22년, LH)

구분		기존	개선	비고
용도별 계측	다채널미터기	-	설치	기본 18CH
	표시장치(Display)	-	설치	다채널미터 일체, 분리형
	분기전력 측정장치	-	설치	CT부
	구성품간 통신배선	-	RJ케이블	루프 또는 스타배선
	용도별 부하	-	승강기>펌프>환기>조명>냉방>난방>급탕	에너지비중 順

④ 가스계량기 검침방식 변경

- 제로에너지등급인증을 취득하기 위해서는 전자식원격검침계량기의 도입이 필요함에 따라 임대주택에 적용했던 직독식 아날로그 가스계량기를 [그림 2.11]과 같이 분양주택과 동일하게 원격식 디지털 계량기로 변경함



[그림 2.11] 가스유량계 검침방식 변경(직독식 → 원격식 디지털계량기)

제3장 제로에너지주택 모니터링시스템 방안

1. 기본방향

- 앞 장에서 자료 조사한 바에 따르면 제로에너지등급 주택의 원격검침 모니터링의 목적은 크게 두 가지로 구분될 수 있을 것으로 판단됨
 - 제로에너지주택 성능검증을 위한 모니터링 시스템
 - 제로에너지등급주택 인증취득을 위한 모니터링 시스템
- 구분된 두 개의 목적에 따른 추진목표와 측정해야할 대상을 <표 3.1>에 나타내며, 제로에너지성능검증을 위한 모니터링 시스템과 제로에너지인증을 위한 모니터링시스템은 그 목표와 검침 대상이 서로 다르므로 각각에 대한 모니터링 방안을 제안하도록 함

<표 3.1> 모니터링시스템 구축 계획별 목표 및 측정대상

구분	목표	측정대상
제로에너지주택 성능검증을 위한 모니터링 시스템	-설계된 만큼 에너지를 사용하는지 검증하는 것 -거주자가 용도 분리된 에너지내역을 통해 에너지를 절감해줄 것을 기대 -에너지자립률을 알 수 있어야 함	-주거부문의 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지 -에너지생산량
제로에너지주택 인증취득을 위한 모니터링 시스템	-공동주택 관리자가 효율적인 에너지관리를 통해 공용부위의 에너지를 절감하는 것 -에너지자립률을 알 수 있어야 함	-부대시설 용도별 에너지 -에너지생산량

2. 제로에너지주택 인증취득을 위한 모니터링 시스템 방안

1) 제로에너지주택의 전자식원격검침시스템 설치기준 해석

- 전자식원격검침계량기 설치 취지는 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」 “제6조(신축건축물의 에너지이용 효율화 추진) ② 항에서 연면적 10,000㎡ 이상의 건축물을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 건물에너지 이용 효율화를 위해 건물에너지관리시스템(BEMS)을 구축·운영하여야 한다” 라는

취지와 맥락을 같이하여 설치하는 것으로 해석할 수 있음

- 따라서 공동주택에서 에너지의 용도별 분리를 통해서 에너지를 절감할 수 있는 대상은 거주공간이 세대별로 구획되어 입주자가 에너지를 관리하는 영역을 대상으로 하는 것이 아니라, 건축물 에너지사용을 통합적으로 관리하는 영역을 대상으로 하는 것이 타당하다고 해석할 수 있음
- 더욱이 주거용 건물의 경우 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기를 우선 순으로 용도별로 구분하여 원격 검침할 것을 권장하고 있으면서도 만약 공용부가 없을 경우에는 에너지용도별로 분리 계측을 하지 않아도 된다고 규정하고 있어 있어서 이에 대한 해석이 옳음을 더 분명히 하고 있음
 - 이 규정 또한 2025.1월부터는 부대시설의 면적이 10,000㎡이하이면 용도별 분리를 하지 않고 에너지원별 계측 및 에너지생산량만을 계측하는 것으로 규정개정 예정
- 이는 에너지공단과 협의한 사항인, 공동주택의 경우는 세대별로 에너지의 용도 분리가 용이하지 않으며 또한 용도를 분리한다 해도 에너지절감에 기여정도가 크지 않을 것으로 판단하여 부대시설만 3종이상의 용도분리를 해도 제로에너지주택의 원격검침시스템에 부합하는 것으로 인정해준다는 답변과 일치함
- 따라서 공단의 제로에너지주택의 전자식 원격검침 설치가이드에 따라 건물에서 생산·저장·사용하는 모든 에너지를 에너지원별로 계측이 가능하도록 반드시 전자식원격검침계량기를 설치하되, 에너지용도별 분리는 부대시설만을 대상으로 전자식 원격검침계량기를 설치하여 시스템을 구성하여도 무방할 것으로 판단됨
- 이 밖에 기타 필수사항인 데이터조회, 에너지비용 조회 및 분석, 계측기 관리, 데이터 관리 등 4가지 필수기능에 대해서는 우리공사의 경우 '07년부터 원격검침시스템이 설계에 반영되면서 기 적용되고 있어서 제로에너지등급인증을 위해 별도의 설계변경 등 조치가 필요하지 않을 것으로 판단됨
- 부대시설에서 용도별 에너지 분리계측 항목을 결정할 때 공단의 가이드라인에서 권장하고 있는 5대 에너지(난방, 급탕, 냉방, 조명, 환기)를 그대로 받아들여 측정항목으로 결정하기 보다는 비용 효율적 측면을 고려하여 3가지 이상 용도를 구분하면서 계량기 설치가 쉽고 계측이 용이하며 비용이 저렴한 계량기 설치를 목적으로 5대 에너지 용도이외에 에너지사용 비중이 높은 용도(운송, 전열, 보조장치 등)로 대체하는 방향도 고려할 필요가 있음

2) 부대시설의 에너지 계통 및 이용구조 파악

- 아파트단지 내 부대시설에서 발생하는 에너지의 용도별 구분과 용도별 원격검침 계량기 설치여부, 그리고 에너지이용 구조를 <표 3.2>에 나타냄
- 부대시설 에너지 용도별 분류는 KS F 1800-2에 따라 제로에너지건축물 원격검침 계량기 설치 가이드라인에서 구분하는 앞 장의 <표 2.4>에 따름

<표 3.2> 공동주택 부대시설의 에너지용도 구분 및 원격검침 계량기 설치여부

부대시설 용도구분		원격검침계량기 설치여부	에너지이용 구조
사 용	냉방(전기)	x	에어컨 전력
	난방(열, 전기)	x	지역난방열, 전력
	급탕(열, 전기)	x	지역난방열, 전력
	가스(난방, 급탕용)	x	도시가스
	환기	△(설치예정)	환기팬 전력
	조명	△(설치예정)	지하주차장 조명
	승강기	△(설치예정)	승강기 전력
	팬/펌프	△(설치예정)	펌프전력
	전열	△(설치예정)	가전제품 등 전력
	수도	x	수도사용량
	가스(취사용)	x	도시가스
생산	신재생	○	태양광
저장	에너지저장	△(설치예정)	태양광발전량

- 앞서 분석한바 대로 5대 에너지용도 이외에 KS 1800-2에서 분리한 용도에 대해서 3종 이상만 분리계측하면 제로에너지등급 인증을 받는데 문제가 없으므로 계량기의 설치가 비교적 쉬운 다른 용도의 에너지 즉, 운송, 전열, 보조장치 등에 대해서 에너지부하를 분석할 필요가 있음
- 부대시설의 용도별 에너지사용량을 계통대실 2BL(공분 600호, 개별난방), 화성 봉담2 S1BL(공임 1,456호, 지역난방)을 대상으로 조사한 <표 3.3>의 용도별 용량비율로 에너지사용량을 예측해 볼 때 승강기, 펌프, 환기, 조명, 냉방 순일 것으로 판단되므로, 부대시설의 승강기와 펌프 그리고 환기장치에 소요되는 전력량을 계측하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- 다만, 제로에너지건축물인증에서는 부대시설의 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기를 우선하여 용도 분리하도록 권장하고 있어서 이들 용도분리가 어려울 경우에 대비해서 <표 3.3>과 같이 용도별 용량과 사용스케줄을 이용하여 본인증시에 평가자에게 객관적인 자료를 제시할 필요가 있음

<표 3.3> 부대시설의 에너지사용 용도별 설치용량 비율

구분	합계	전열	펌프	환기	조명	냉방	승강기	난방	급탕	비고
계통대실2BL	100	32	17	5	4	4	36	1	1	개별
봉담2 S1BL	100	34	11	9	7	7	29	2	1	지역

3) 제로에너지주택 인증취득을 위한 원격검침계량기 설치(안)

- ‘20.12월에 방침을 수립한 바대로 승강기, 펌프, 환기에 대해서 용도별로 에너지를 구분하여 계측하는 시스템을 설계에 반영하고, 현행과 같이 요금부과를 위해 에너지원별로 분리계측하며, 또한 데이터 조회 및 유지관리 등은 현행의 지침에 따라 시행하면 제로에너지인증취득에 문제가 없을 것으로 판단됨
- 제로에너지주택 평가 시에 용도별 에너지사용량의 우선순위에 대한 기준해석에 있어서 평가기관과 의견갈등이 있을 경우를 대비해서 부대시설의 용도별 에너지 사용량 데이터를 축적할 필요가 있음
- 또한 부대시설의 냉방, 난방, 급탕의 에너지원이 지역난방열량이나 가스량이 아니라 전력이라면 승강기, 펌프, 환기장치를 용도별로 분리 계측하는 것보다 냉방, 난방, 급탕의 분리계측이 더 비용효율적인 것으로 판단됨으로 부대시설의 공급되는 에너지원에 따라 용도별 분리계측을 달리하는 것도 하나의 안으로 제안함

3. 제로에너지입주단지 성능검증을 위한 모니터링시스템 방안

1) 추진방향

- 앞에서 검토한 IEA의 net ZEB M&V에서 제시한 단계에 따라 제로에너지입주단지 성능검증을 위한모니터링 시스템을 제안하고자 하며, 단계별 내용에 대한 제로에너지입주단지의 모니터링계획 시에 고려해야할 사항을 <표 3.4>에 나타냄
- 모니터링 구축 목표와 지역난방이나 개별난방의 에너지사용 및 생산 계통도는 충분히 인식하고 있으며, 또한 <표 3.5>와 같이 이미 실무부서의 점검표 등에서 정해진 사항과 기 구축되어 표준화되어 있는 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어의 계획, 유지관리 사항 등은 본 연구내용에서는 제외함
- 따라서 본 연구에서는 목표설정, 건물데이터수집, 모니터링경계의 확정, 식별, 측정항목 설정, 데이터 축소 수행에 대한 내용에 대해 검토하도록 함

<표 3.4> IEA의 제로에너지주택 모니터링을 위한 단계별 적용내용 및 본 연구에 응용

단계별	net ZEB M&V 적용	모니터링 계획 응용
목표설정(Set monitoring objective)	실제로 ZEB에서 주장하는 값들을 증명하기 위한 것이 목적	단지내의 총 에너지사용량 측정, 예측한 용도별 사용량 입증
건물데이터 수집(Collect Building data)	건물 안에서 그리고 건물주변과의 에너지흐름을 알고 에너지계통 다이어그램을 위한 데이터 수집	개별난방, 지역난방에 대한 세대내, 공용부위의 에너지사용, 에너지생산 계통도 작성
모니터링 경계의 확정, 식별(Identify monitoring balance)	Net 제로에너지 정의에 따라 그 경계가 달라지며, 에너지경계의 식별이 가능한 지표를 측정	제로에너지평가가 세대내 평가만 하므로, 세대내만 아니면 공용부위 모두 계측할 것인가?
측정항목 설정(Select metrics)	목표, 에너지발란스를 증명할수 있도록, 정의된 측정값을 설정, 시간, 정확도, 측정값, 센서, IEQ 포함 여부 등	측정간격은 얼마로 하며, 센서의 정확도는 어느 정도이고, 실내의 온도도 등은 측정할 것인가?
데이터 축소 수행(Perform data reduction)	측정점 선택된 측정항목, 모니터링 비용고려, 비용효율적이지 못한 것 찾아서 측정항목 줄임	모든 계통에 센서를 설치해서 측정하면 목표는 달성되지만 비용 효율적 측면에서 측정값을 줄이는 방법 모색
데이터측정 간격과 기간(Define data frequency and duration)	측정간격은 load match에 의해 정해지며, 적어도 월 단위로 저장되어야 함	현재 15분 단위로 측정하게 되어 있는 기준에 만족하며 기록은 적어도1시간마다 한 번씩 기록해야 함, 월별, 년별 통계 필요
적정한 측정센서와 데이터 취득 시스템 확정(Identify suitable sensors and data acquisition system)	측정항목을 토대로, 측정기간과 요구되는 정확성, 기술 등을 고려하여 측정센서 설정	전자식, 지능형 전력량계, 디지털 미터기 등 적정 측정센서 선택
기술적 타당성 평가(Assess technical feasibility)	목표한 바가 실현되도록 자동제어판넬과 접속가능성, 측정점과의 거리 등 프로제트와 관계가 있는 에너지시스템 레이아웃	측정센서와 판넬과의 통신형태, 거리 등을 고려하여 계속 값이 정확히 수집되도록 하드웨어 소프트웨어 설계
측정값의 차이를 해결하고 인식(Recognize and solve metering gaps)	측정값의 오차에 대한 허용범위와 어떻게 그 문제를 해결할 것인가	측정 값의 허용오차 범위
최종계획과 설치(Final plan and installation)	대상건물 모니터링 시스템 최종계획과 설치 실행	시스템 설치
센서의 보정(Sensor calibrations)	주기적 센서 calibration 계획 수립 필요	센서 calibration 및 유지관리 계획
모니터링시스템 시운전(Monitoring system commissioning)	하드웨어와 소프트웨어의 운전 평가, 정보와 데이터의 전송상태 확인	모니터링 시스템의 시운전
데이터 품질을 정의하고 진행과정을 체크(Define data quality check procedure)	잘못 측정된 데이터나 정확치 않는 데이터를 해결하는 접근방법을 정의, 잘못된 측정값과 여러모로 보고된 데이터에 대한 추정 또는 판단과정 포함	잘못 측정된 값에 대한 판단 등을 할 수 있는 소프트웨어
데이터 후처리(Data post-processing)	계측 값을 통해서 에너지치를 어떻게 계산하고 평가할 것인가	측정된 데이터를 이용하여 어떻게 에너지성능을 평가할 것인가
표준 보고양식(Standard report)	최소 1년 간격의 보고서양식, 건물과 모니터링시스템에 대한 설명과 모니터링 총 기간 동안의 결과 표시	데이터 보고양식 기준
조작·보수의 계획과 이행(Planning and implementing operation and maintenance)	운영시스템 보수계획 수립	유지관리 사항 필요

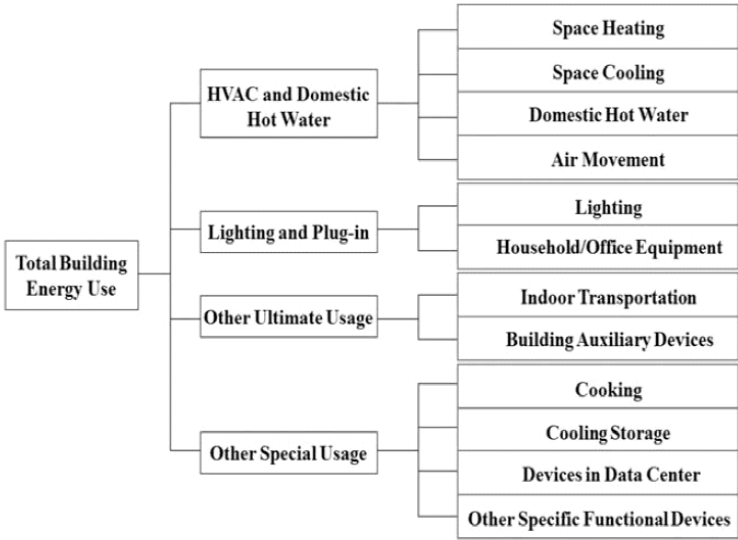
<표 3.5> LH 제로에너지관리시스템 사전 점검표

순번	관련내용	점검사항	조치여부
1	공사전 협의	기계 계량기, 자동제어, 전기차 충전, 홈네트워킹시스템 및 스마트홈 연계시스템과 연동될수 있도록 관련공사(통신, 전기, 건축, 기계) 수급인과 통신 프로토콜 등을 상호 협의	○
2	개인정보 보호	수집된 개인정보(동, 호수, 에너지정보)는 비식별화, 개인정보접근관리, 인증, 저장 및 전송시 암호화, 안전성확보에 필요한 조치 건물에서 생산, 저장, 사용하는 에너지원별로 계측 표시, 다음 각 계량기의 검침량을 통신매체를 이용하여 ZEM 서버가 설치된 관리소 등에서 원격자동검침이 가능하여야 함	○
3	ZEMS 서버 데이터 수집 및 표시	- 세대에 설치된 전기, 가스, 수도, 온수, 난방 등 각 계량기 - 세대를 제외한 모든 부분에 설치된 전기, 가스, 수도, 온수, 난방, 신재생, 에너지저장 등 각 계량기 - 필요한 계량기를 설정하여 해당 계량기만 즉시 검침할 수 있어야 함	○
4	데이터 수집 및 표시	검침데이터는 매 5분 단위로 수집, 저장 및 표시가 가능하여야 하며(주기변경도 가능해야 함), 연계데이터일 경우 연계시스템의 사양에 따라 15분 단위로 조정할 수 있어야 함	○
5	데이터 조회	Load Profile은 1분/5분/15분/30분/60분 단위로 조회할 수 있어야 하며, 계시별 구분 계량 조회가 가능하여야 함	○
6	에너지소비현황 분석	전력피크 예상시간 및 최대 전력피크 예상량에 대한 분석정보를 LH에너지통합플랫폼으로부터 수신받아 표시해야 함 또, 전기사용량을 시간별, 에너지용도별(승강기, 조명, 팬, 펌프별), 건물별로 구분하여 표시하여야 함	×
7	에너지소비현황 체크	수도누수 및 가스누설 감지기능에 대하여 사용량과 사용시간의 상관관계 패턴분석을 통해 이상상태 감지가 가능하여야 하며, 이 이상상태 설정값은 변경 가능하여야 함	×
8	전력감시	ZEMS 시스템은 전력감시를 하며, 경보내용 및 상태정보를 실시간으로 인터넷을 통하여 LH에너지통합플랫폼으로 전송가능해야함	○
9	시스템 인터페이스 및 계측 데이터 수집	인터페이스 대상 : 홈네트워킹, 스마트홈, 신재생에너지, 에너지저장장치, 전기차 충전, 설비자동제어, 통합플랫폼, 한국에너지공단 의 통합관제센터, 관리비정산용 서버시스템 연동 방식 : ZEMS와 연동되는 계측기와 시스템은 개방형 및 표준 프로토콜을 사용하고 이에 대한 통신데이터를 ZEMS업체에 제공	○
10	데이터 연동 및 전송	- 전기차 충전시스템과 연동하여 전력사용량 정보표시가 가능하여야 함 - 홈네트워킹시스템 및 스마트홈 시스템과 연동하여 각 세대 및 공용부의 검침데이터를 해당시스템에 전송하여야 함 - LH 에너지통합플랫폼과 연계하여 각 세대 및 공용부 검침데이터를 전송할 수 있어야 함	○ ○ ×
11	LH 에너지통합 플랫폼 연계	- 데이터 전송은 에너지통합플랫폼 연동규격에 맞추어 데이터 파일을 주기적으로 전송하여, 연동후 연동시합신청서를 제출함 - 인터넷을 통하여 단지 외부시스템을 연동하는 모든 통신은 보안암호화 프로토콜이 적용되어야 하고 보안 취약 알고리즘은 제외 - 인터넷을 통해서 단지 외부시스템 연동시 서버로 동작할 경우 상호 인증기능을 제공해야 함	○ ○
12	ZEMS 서버시공	외부망 접속을 위한 백본 인터넷 회선 및 방화벽은 홈네트워킹시스템(스마트홈시스템)과 공용으로 이용	×
13	시운전/시험	수급인 소프트웨어에 표시되어 있는 기능이 정상적 수행여부를 시범으로 보여주어야 함 * 주항목 :에너지이용, 생산 및 절감현황(세대별, 동별, 공용부별), 에너지사용량 및 설비패턴의 분석, 자동제어 연동 등	○
14	시운전/보정 및 타시스템과 연동	수급인은 ZEMS 설치를 완료한 후 “시스템 인터페이스 및 계측데이터수집”의 시스템인터페이스 대상과의 연동 및 연동시험에 대한 확인서를 제출해야 함	○
15	시방서/자재관련	제로에너지관리시스템 자재부분과 관련하여 시방서와 상이하게 납품한 자재(동등이상의 규격은 제외)	○
16	시방서/시공관련	제로에너지관리시스템 자재부분과 관련하여 시방서와 상이하게 시공한 부분(동등이상의 시공부분은 제외)	○

2) 측정 범위 설정

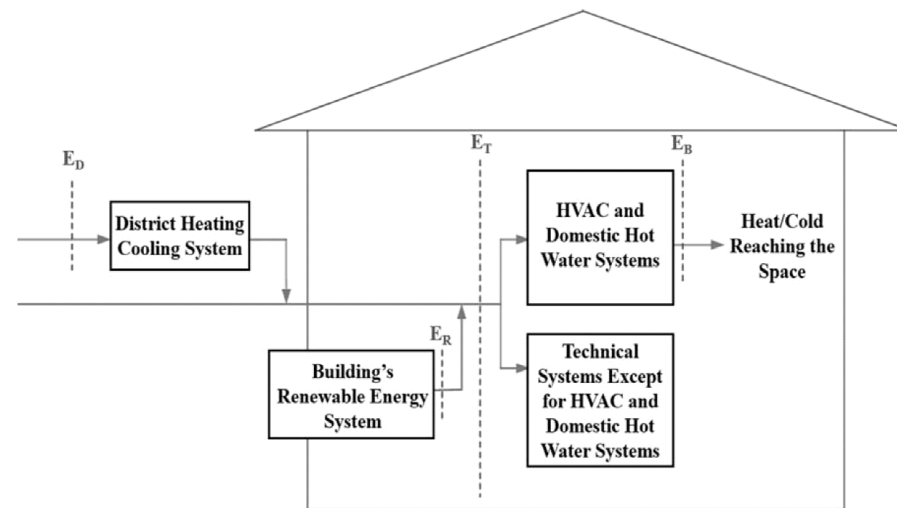
■ ISO 규정에 따른 측정범위 설정

- 건축물의 에너지사용량 계측 및 표시에 대한 국제규격인 ISO 12655:2013에서 는 [그림 3.1]과 같이 건축물의 에너지사용량을 난방, 냉방, 급탕, 환기, 조명, 가 전/사무기기, 승강기, 보조설비, 취사 등으로 분류하고 있음



[그림 3.1] ISO 12655:2013의 용도별 에너지사용량 분류

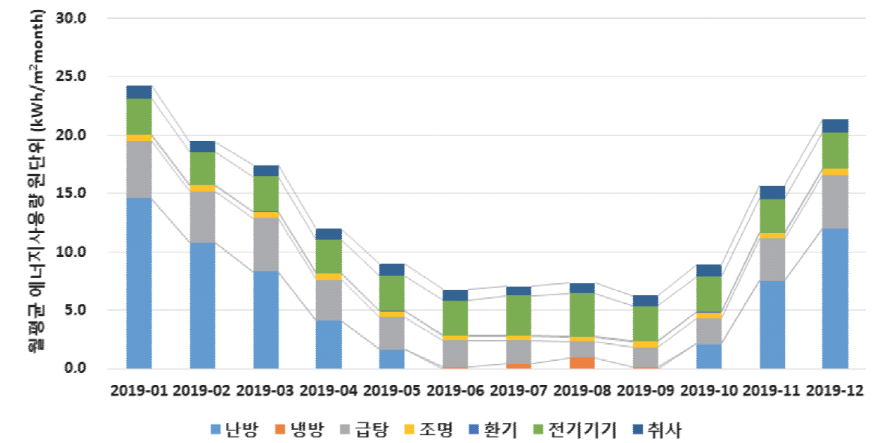
- 또한 ISO 12655:2013에서는 그림과 같이 건축물의 에너지사용량을 에너지흐름 상의 경우에 따라 4가지로 구분함.
 - EB(요구량) : 공간에 공급되는 난방/냉방열
 - ET(소요량) : 설비시스템에 투입되는 에너지
 - ED(1차에너지소요량) : 지역난방/냉방 플랜트에 투입되는 에너지
 - ER(신재생 생산량) : 건물 대지에서 생산된 신재생에너지를 의미함
- 제로에너지건축물인증제도의 ECO2 프로그램에서도 위의 4가지 요소를 평가하 고 에너지자립률을 계산하고 있으며, 입주단지의 에너지사용량은 입주단지에 공 급되는 에너지의 양을 계측하는 것이 타당할 것으로 판단하여 본 연구에서는 설 비시스템에 투입되는 에너지 ET와 건물대지 내에서 생산된 신재생에너지를 대 상으로 계측방안을 검토함



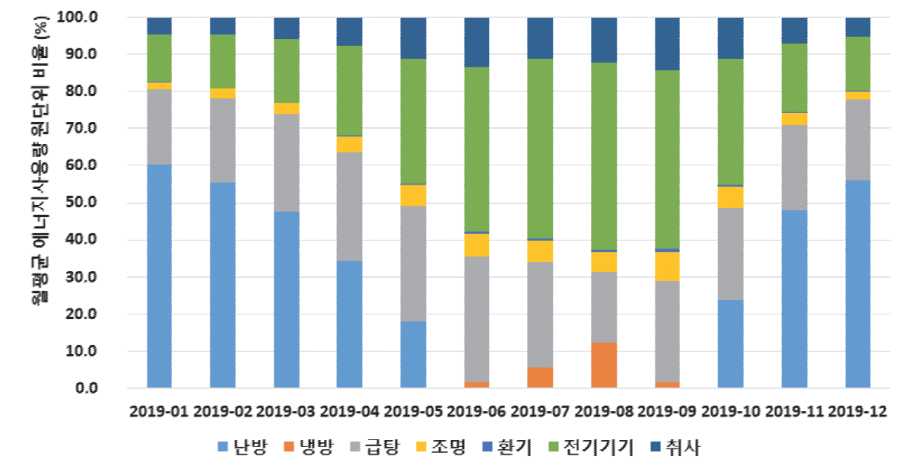
[그림 3.2] 경계별 건축물의 에너지사용량(ISO 12655:2013)

2) 계측항목 설정

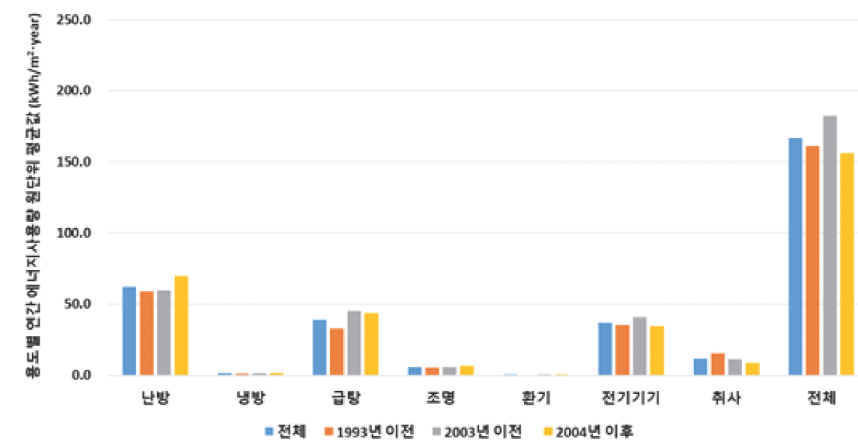
- KSF 1800에서 규정하는 건물의 에너지 용도를 기준으로 단지 내에서 사용하거나 시뮬레이션으로 평가된 에너지원별 사용량 데이터를 토대로 계측항목 설정
- KDBEIS 시스템에서 측정된 데이터 분석
 - KDBEIS 시스템은 표본 공동주택 세대, 공용부와 표본 업무시설을 대상으로 용도별 에너지사용량 계측시스템을 설치하고 계측데이터를 통계 처리하여 용도별 에너지사용 정보를 제공함으로써 기존의 원별 에너지사용 정보를 용도별 에너지사용 정보로 확장하고 에너지절약을 위한 구체적 계획 수립에 도움을 주고자 국가 연구사업으로 본 시스템을 구축함
 - KDBEIS 시스템을 측정한 결과, [그림 3.3] 및 [그림 3.4]과 같이 난방>급탕>전기기기>취사>조명>냉방>환기 순으로 에너지를 사용하는 것으로 나타남
 - 제로에너지주택은 기존건물에 비해 난방과 조명에서 부하량을 줄이고 태양광시스템을 주로 설치하여 공용부위의 전기에너지를 줄이고 있으므로, 난방, 급탕, 전기기기, 취사가 주요 계측 값이 되어야 할 것임
 - 또한 ECO2의 시뮬이션 평가결과와 비교해야 한다면 세대별 용도분리가 용이한 조명을 포함하는 것이 바람직할 것이며, 냉방과 환기의 계측은 추후 검토함



[그림 3.3] 공동주택 세대용도별 월간 연간 에너지사용량 원단위 평균(KDBEIS)



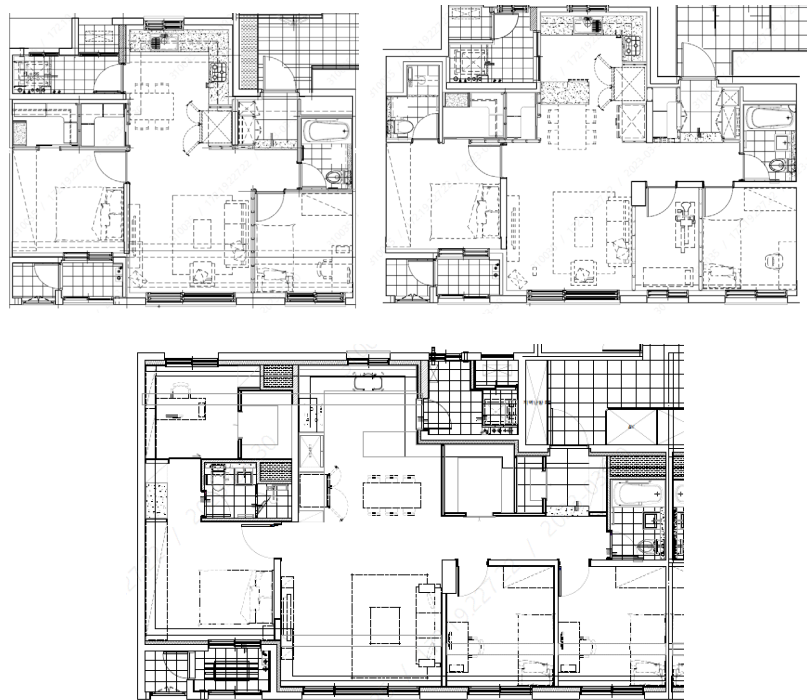
[그림 3.4] 공동주택 세대용도별 월간 연간 에너지사용량 비율(KDBEIS)



[그림 3.5] 준공시기별 공동주택의 세대용도별 에너지사용량

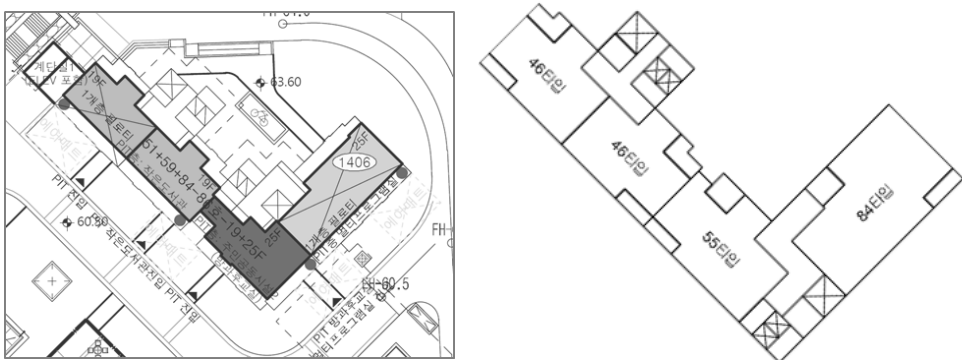
■ ECO2 프로그램에 의한 용도별 에너지소요량 예측

- 분석대상세대는 [그림 3.6]과 같이 전용면적 46㎡, 55㎡, 84㎡을 선정함



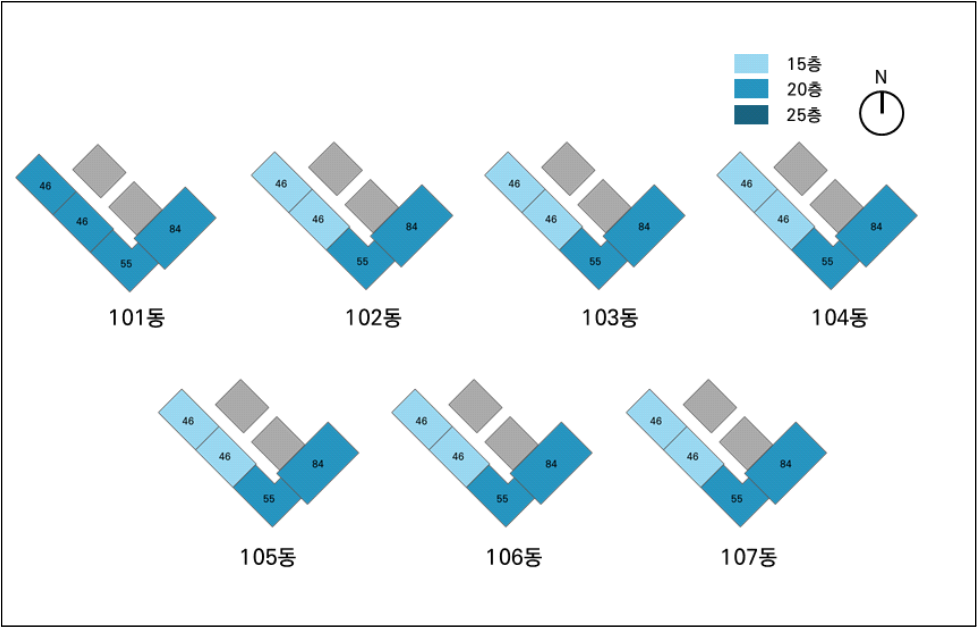
[그림 2.6] 분석대상 세대 46㎡, 55㎡, 84㎡ 평면도 (LH 표준분양평면)

- 동 배치계획은 세대구성이 유사한 LH 하남감일 B-4 단지를 참고하여 남동향 및 남서향으로 계획하고, 1개 층에 4세대(46㎡ 2세대, 55㎡ 1세대, 84㎡ 1세대)가 배치되도록 분석대상 모델을 계획함



[그림 2.7] LH 하남감일 B-4 1406동 배치도 및 동 기본형태

- [그림 3.8]과 같이 층수는 15층~20층으로 구성하고 7개동 500세대를 해석대상으로 설정함



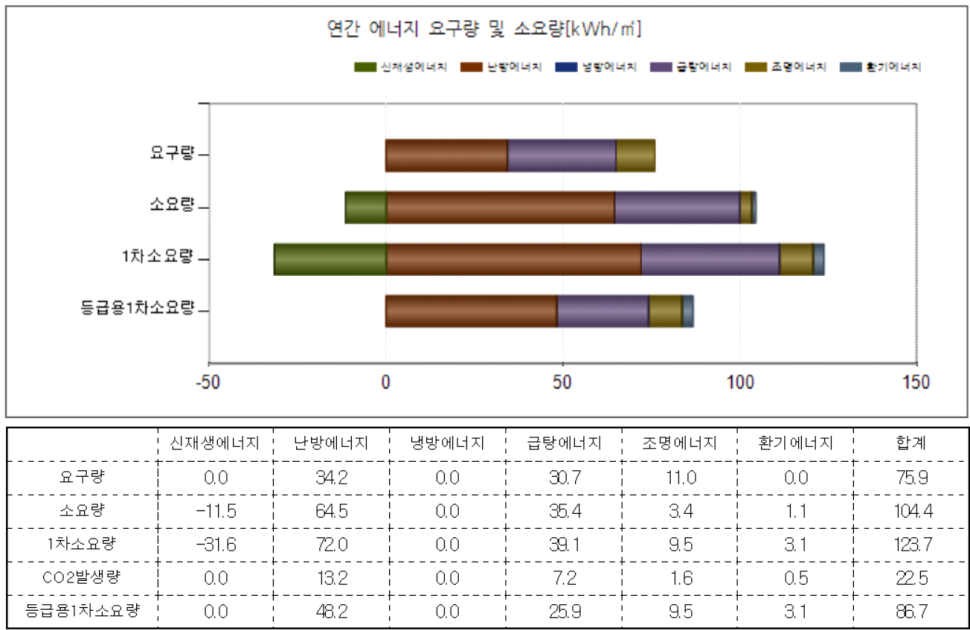
[그림 3.8] ECO2 해석대상 동배치 현황

- 해석대상 동 및 세대수를 7개동 200세대로 구성하였을 때 각 전용면적별 세대수를 <표 3.6>에 나타냄

<표 3.6> 전용면적별 해석대상 세대수

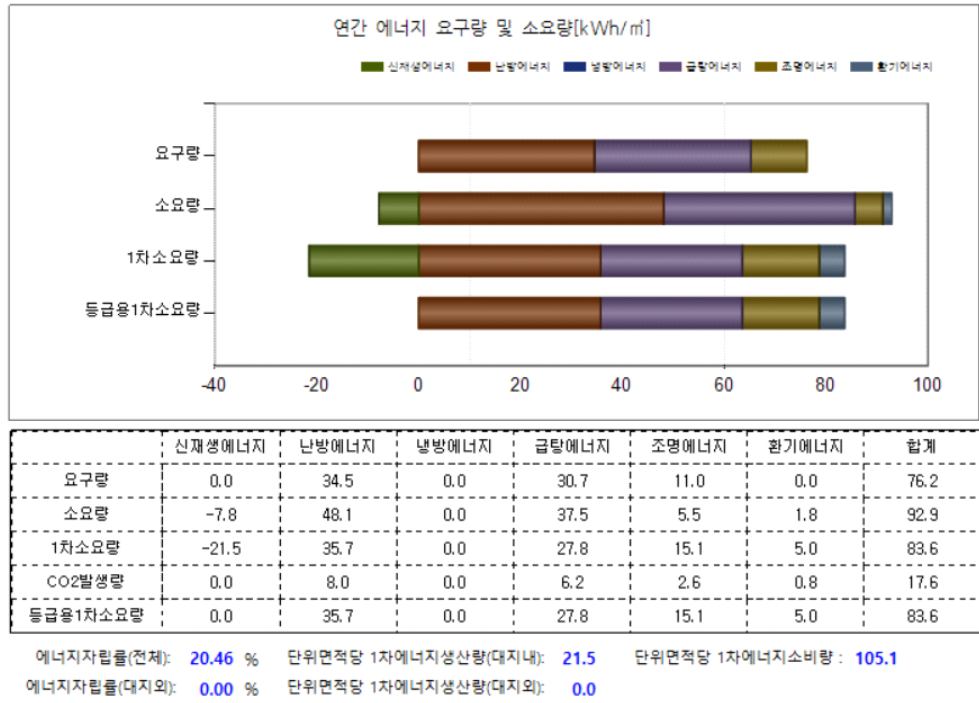
동수	세대수		
	46㎡	55㎡	84㎡
7개동	220	140	140

- 지역난방과 개발난방을 각각 적용할 경우, 분석대상 단지에 대해서 1차에너지소요량 및 에너지자립률이 제로에너지5등급에 만족하도록 기술요소별 최소한의 성능값을 적용한 결과를 [그림 3.9]와 [그림 3.10]에 나타냄
- 개별난방의 경우, 에너지 소요량 측면에서는 난방 61.2%, 급탕 34.5%, 조명 3.4%, 환기 1.0% 순으로 나타났으며, 지역난방의 경우는 난방 51.8%, 급탕 40.4%, 조명 5.9%, 환기 1.9% 순으로 나타남



에너지자립률(전체): 20.35 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): 31.6 단위면적당 1차에너지소비량 : 155.3
 에너지자립률(대지외): 0.00 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): 0.0

[그림 3.9] ECO2에 의한 제로에너지5등급주택 에너지소요량 계산결과(개별난방)



에너지자립률(전체): 20.46 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): 21.5 단위면적당 1차에너지소비량 : 105.1
 에너지자립률(대지외): 0.00 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): 0.0

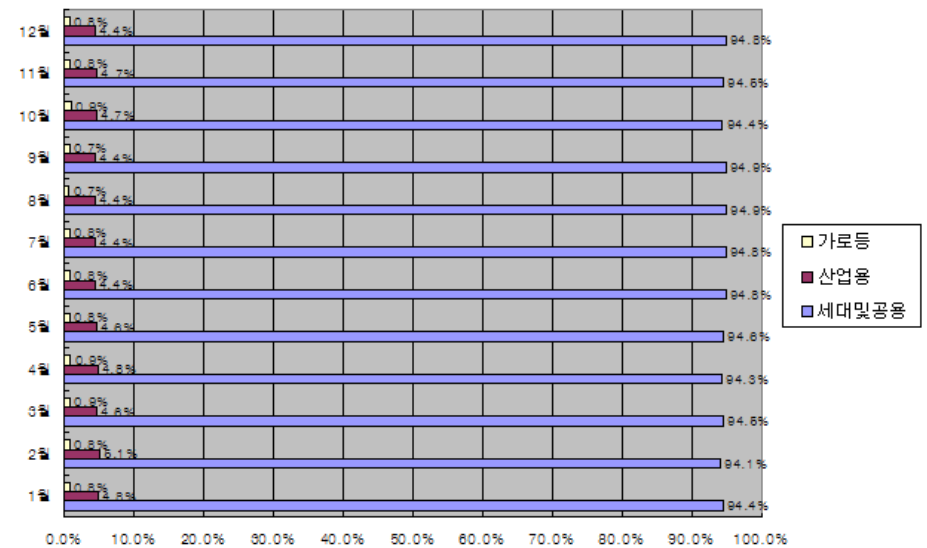
[그림 3.10] ECO2에 의한 제로에너지5등급주택 에너지소요량 계산결과(지역난방)

■ 전용부위 측정항목 선정

- 실측결과 및 시뮬레이션 분석결과를 토대로 주거부문 계측항목은 난방, 냉방, 급탕, 조명, 전기기기, 취사를 계측항목으로 선정하고 환기는 계측항목에서 제외한 대신 계측 방법에 대해서 검토하도록 함
 - 취사에너지 주택의 에너지절감 설계와 관계가 없으나, 총에너지에서 차지하는 비중이 비교적 큰 편이며 지역난방지구는 측정이 쉽고, 개별난방은 난방과 급탕을 분리 계측한다면 취사용 가스량의 계측이 용이함
 - 냉방은 2025.1.1.일부터 공동주택에서 평가항목으로 의무화됨에 따라 계측대상에 포함하는 것이 타당함

■ 부대시설 계측 필요성

- 부대시설(공용부위)의 전력소비량은 전용부위의 약 15%~25% 정도로 무시할 수 없는 양이며, 난방과 급탕을 고려할 경우 부대시설의 에너지사용량은 단지 전체의 약 10% 정도를 차지할 것으로 예상됨
- LH의 제로에너지주택 인증을 취득하기 위한 부대시설의 용도별 분리계측 목적(승강기, 펌프, 환기, 조명 분리 계측)과 그 취지와 같이할 필요 있음



[그림 3.11] 공동주택의 공용부위 전력사용량 비율 예

- <표 3.7>은 부대시설의 에너지용도별 에너지 사용시설 구분하여 나타내며 부대시설의 에너지사용량 용도별 분리계측 시에 사용할 수 있음

<표 3.7> 부대시설의 에너지용도별 사용설비 구분

난방방식	에너지구분	부위	에너지사용 시설
개별난방 (지역난방)	난방	공용부	(순환펌프, 팽창탱크 케미컬피더)
		부대시설	천정 및 바닥 난방, 방열기 (전기방열기, EHP)
		주차장	-
	냉방	공용부	-
		부대시설	패키지 에어컨, EHP
		주차장	-
	급탕	공용부	(순환펌프, 팽창탱크 케미컬피더)
		부대시설	전기온수기, 보일러
		주차장	-
	환기	공용부	급기팬, 배기팬, 지하층 환기
		부대시설	급기팬, 배기팬 등
		주차장	공기유인팬, 배기팬
	펌프	공용부	급수펌프, 배수펌프
		부대시설	배수펌프
		주차장	배수펌프(수중)
	전등	공용부	옥탑, 계단, 복도, 동입구, 주출입홀, 피로티, 지하층홀, 보안등 등
		부대시설	부대시설 실내, 복도, 계단 조명
		주차장	지하주차장 조명
	전열	공용부	기계실, 루프팬, 원격검침, CCTV, 로비폰 지하층제습, 지하층 환기, 세대비상(APU) 등
		부대시설	전열, 발열선, 수중모터펌프, 에어타월, 런닝머신, 전기감시반, 기계감시반, 인터폰, H/E, UPS, NVR, 홈넷서버모니터, 원격검침, 전기차 충전서버 등
		주차장	전열, 전기차
	승강	공용부	승강기
		부대시설	승강기
		주차장	-

(3) 계측 항목 최종(안)

- <표 3.8>은 지역난방단지의 세대 및 공용부위의 에너지용도별 계측항목 및 계측장치와 에너지사용량을 나타내기 위한 조치사항들을 나타냄

<표 3.8> 지역난방지구의 에너지용도별 계측항목 및 고려사항

용도분류		지역난방			
		계측항목	계측기	고려사항	현행
세대	난방	온수열량	열량계	배관손실 고려 필요(ECO2 평가항목)	△
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	개별냉방	×
	급탕	온수유량	유량계	입출구 온도차 측정 곤란 배관손실 고려 필요	○
	조명	조명전력량	전력량계	세대 분전반 전열, 조명, 에어컨으로 분리됨	×
	환기	환기유닛전력량	전력량계	욕실 및 주방 팬 전력사용량은 전열에 포함	×
	전기기기	전열전력량	전력량계	에어컨은 별도로 측정	△
	취사	가스쿡탑 가스량	가스유량계	‘23년 원격식 디지털계로 변경시행 열량으로 환산 방법 마련 필요	○
		전기쿡탑 전력량	-	전기기기에 포함	○
	실내환경	실내온도	온도계	설계(예측) 값과 비교하기 위해 부분필요	×
	승강기	승강기 전력사용량	전력량계	분전반 별도분리, 계측설계 중	△
공용	펌프	펌프전력량	전력량계	공용부의 난방, 급탕, 급수, 배수 펌프 측정	△
	환기	환기팬 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 환기전력 측정	△
	조명	조명 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	부대시설 냉방 측정	×
	난방	보일러 가스 난방기 전력 지역난방	가스량계 전력량계 열량계	부대시설 난방 측정	△ × ×
		보일러 가스 전기온수기 전력 지역난방	가스량계 전력량계	부대시설 급탕 측정	△ × ×
	급탕	보일러 가스 전기온수기 전력 지역난방	가스량계 전력량계	부대시설 급탕 측정	△ × ×
	전열	전열 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△
	승강	승강기	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△

- <표 3.9>는 개별난방단지의 세대 및 공용부위의 에너지용도별 계측항목 및 계측장치와 에너지사용량을 나타내기 위한 조치사항들을 나타냄

<표 3.9> 개별난방지구의 에너지용도별 계측항목 및 고려사항

용도분류		계측항목	계측기	고려사항	현행	
세대	난방	가스량	가스유량계	열량환산필요, 급탕, 취사와 구분 필요	×	
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	개별냉방	×	
	급탕	가스량	가스유량계	열량환산필요, 난방, 취사와 구분 필요	×	
	조명	조명전력량	전력량계	세대 분전반 전열, 조명, 에어컨으로 분리됨	×	
	환기	환기유닛전력량	전력량계	욕실 및 주방 팬 전력사용량은 전열에 포함	×	
	전기기기	전열전력량	전력량계	보일러, 팬, 전기기기 등 에어컨은 별도로 측정	△	
	취사	가스쿡탑 가스량	가스유량계	‘23년 원격식 디지털계로 변경시행 열량으로 환산 방법 마련 필요 난방, 급탕과 구분 필요	△	
		전기쿡탑 전력량	-	전기기기에 포함	○	
	실내환경	실내온도	온도계	설계(예측) 값과 비교하기 위해 필요	×	
공용	승강기	승강기 전력사용량	전력량계	분전반 별도분리, 계측설계 중	△	
	펌프	펌프전력량	전력량계	공용부의 급수, 배수 펌프 측정	△	
	환기	환기팬 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 환기전력 측정	△	
	조명	조명 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△	
	냉방	에어컨 전력량	전력량계	부대시설 냉방 측정	×	
	난방	보일러 가스 난방기 전력	가스량계 전력량계	부대시설 난방 측정	×	×
	급탕	보일러 가스 전기온수기 전력	가스량계 전력량계	부대시설 급탕 측정	×	×
	전열	전열 전력량	전력량계	공용부, 주차장, 부대시설 조명전력 측정	△	

4. 용도별 에너지사용량 계측 및 처리방법

4.1 세대부문

1) 난방

① 지역난방 (열량계를 2차측 난방열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급하는 경우

- 현재 계측하고 있는 지역난방공사 1차 측 열량과 세대별 난방열량을 이용하여 계산처리
 - 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 부대시설 난방열량 + 총 난방배관 손실열량(세대+부대시설)
 - 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 2차측 난방열량 (신규설치)
 - 난방 열교환기 2차 측에 열량계 또는 유량계+온도계를 설치하여 계측 필요
 - 세대 난방배관 손실열량 = 지역난방공사 1차측 열량 - 세대 난방열량 합계 - 총 급탕열량
 - 부대시설 총 난방열량 = 부대시설 난방열량 (원격검침 개선) + 부대시설 난방 배관손실 열량
 - 부대시설 난방배관손실열량 = 부대시설난방열량/(세대 난방열량+부대시설난방열량) × (2차측 난방열량 - 세대 난방열량 - 부대시설 난방열량)
 - 즉, 부대시설의 난방열량 비율 × 총 배관 손실열량
 - 세대 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 세대 난방배관 손실열량, 또는 총 난방열량 - 부대시설 총 난방열량
- 세대를 지역난방열로 공급하는 경우
- 세대 총 난방열량 = 2차측 난방열량
 - 총 배관손실열량 = 2차측 난방열량 - 세대 난방열량
 - 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

② 지역난방 (열량계를 2차측 급탕열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급할 경우

- 현재 계측하고 있는 지역난방공사 1차 측 열량과 세대별 난방열량을 이용하여 계산처리
- 총 난방열량 1 = 세대 난방열량 + 부대시설 난방열량 + 총 배관손실열량
- 총 난방열량 2 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 총 급탕열량 (신규설치)
 - 총 난방열량 1 = 총 난방열량 2
 - 열교환기 2차측의 열량계 또는 유량계+온도계를 설치하여 계측 필요
- 세대측 배관손실열량 = 총 난방열량 2 - 부대시설 총 난방열량 (원격검침 개선) - 세대 난방열량
- 부대시설 총 난방열량 = 부대시설 난방열량 + 부대시설 배관손실 열량
 - 부대시설 배관손실열량 = 부대시설난방열량/(세대 난방열량+부대시설난방열량)×(총 난방열량2 - 세대난방열량 - 부대시설난방열량)
 - 즉, 부대시설의 난방열량 비율 × 총 배관 손실열량
- 세대 총 난방열량 = 총 난방열량 2 - 부대시설 총 난방열량

■ 세대를 지역난방열로 공급할 경우

- 총 난방열량 1 = 세대 난방열량 + 총 배관손실열량
- 총 난방열량 2 = 지역난방공사 1차측 열량 - 총 급탕열량
 - 총 배관손실량 = 총 난방열량 2 - 세대 난방열량
 - 세대 총 난방열량 = 세대 난방열량 + 총 배관손실량
 - 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

③ 개별난방

- 보일러 가스배관에 가스유량계 설치(신규설치) 하여 보일러 난방+급탕 가스사용량 계측하고, 가스 발열량(총발열량 적용)을 곱하여 보일러의 난방+급탕 열량 산출
- 난방배관에 열량계를 설치(신규설치) 하여 난방열량 계측 값을 보일러효율로 나누어 보일러 난방 가스열량 산출하고 난방+급탕 가스열량에서 난방가스열량을 빼서 급탕 가스열량 산출
 - 펌프전력은 가전기기전력에 포함

2) 급탕

① 지역난방 (열량계를 2차측 난방열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 부대복리시설을 지역난방열로 공급할 경우

- 총 급탕열량 = 세대 급탕열량 + 부대시설 급탕열량 + 급탕배관 손실열량
- 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 2차측 난방열량 (신규설치)
- 세대별 급탕열량 (배관손실 포함) = 세대별 온수량 / 총 온수량 × 총 급탕열량
- 세대 급탕열량 = ∑ 세대별 급탕열량 = 총 급탕열량
- 부대시설별 급탕열량(배관손실 포함) = 부대시설별 온수량 (원격검침 개선) / 총 온수량 × 총 급탕열량
- 부대시설 급탕열량 = ∑ 부대시설별 급탕열량
- 세대 급탕배관 손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량
- 부대시설부문 배관손실열량 = 부대시설 난방배관손실열량 / 부대시설 난방열량 × 부대시설 급탕열량
 - 난방배관과 급탕배관의 길이는 거의 같으므로 열손실량이 같다고 가정
 - 온수량으로는 열량을 예측하기가 곤란함

■ 세대를 지역난방열로 공급하는 경우

- 세대 총 급탕열량 = 지역난방공사 1차측 열량 - 2차측 난방열량
- 세대 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량
 - 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

② 지역난방 (열량계를 2차측 급탕열교환기 배관에 설치)

■ 세대와 복리시설을 지역난방열로 공급할 경우

- 총 급탕열량 1 = 세대 급탕열량 + 부대시설 급탕열량 + 배관 급탕손실열량
- 총 급탕열량 2 = 2차 측 급탕열교환기 배관에 열량계 또는 유량+온도계를 설치 (신규설치) 하여 계측
- 총 급탕열량 1 = 총 급탕열량 2
- 지역난방공사 1차측 열량 (원격검침 개선) - 총 급탕열량 2 = 총 난방열량
- 세대별 급탕열량 (배관손실 포함) = 세대별 온수량 / 총 온수량 × 총 급탕열량 2
- 세대 급탕열량 = ∑세대별 급탕열량
- 부대시설별 급탕열량(배관손실 포함) = 부대시설별 온수량 / 총 온수량 × 총 급탕열량 2
- 부대시설 급탕열량 = ∑부대시설별 급탕열량
- 세대부문 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량
- 부대시설부문 배관손실열량 = 부대시설 난방배관 손실열량 / 부대시설 난방열량 × 부대시설 급탕열량
 - 난방배관과 급탕배관의 길이는 거의 같으므로 열손실량이 같다고 가정함
 - 온수량으로는 열량을 예측하기가 곤란함

■ 세대를 지역난방열로 공급할 경우

- 세대 총 급탕열량 = 총 급탕열량 2
- 세대 배관손실열량 = 세대 난방배관 손실열량 / 세대 난방열량 × 세대 급탕열량
 - 펌프 전력은 공용부위 전력에서 고려

③ 개별난방

- 보일러 가스배관에 가스유량계 설치(신규설치) 하여 보일러 난방+급탕 가스사용량 계측하고, 가스 발열량(총발열량 적용)을 곱하여 보일러의 난방+급탕 열량 산출
- 난방배관에 열량계를 설치(신규설치)하여 난방열량 계측값을 보일러효율로 나누어 보일러 난방 가스열량 산출한 후, 난방+급탕 열량에서 난방열량을 빼서 급탕열량 산출

3) 냉방

- 주 냉방설비인 에어컨의 전력사용량 계측
 - 현재 설계는 별로 분기 회로로 구성되어 있어서 분전반에 전력량계를 설치하여 냉방 전력사용량 계측
 - 별도 분기회로로 구성되지 않는 경우 파워 아웃렛에 스마트플러그를 설치하여 전력 사용량 계측

4) 조명에너지사용량

- 분전반에 전력량계를 설치하여 별도 분기 회로로 구성된 주 조명기기의 전력사용량 계측

5) 환기에너지 사용량

- 환기유닛에 스마트플러그 설치하여 전력사용량 계측
- 욕실과 주방 배기팬은 별도로 계측하지 않고 전기기기 전력사용량에 포함시킴

6) 전기기기 전력사용량

- 현재 설치된 세대 전체 전력사용량 계측
- 세대 전체 전력사용량 계측 값에서 다음 값을 빼 전기기기 에너지사용량 산출
 - 에어컨 전력사용량 계측 값
 - 주 조명기기 전력사용량 계측 값
 - 환기유닛 전력사용량 계측 값

7) 취사

① 지역난방

- 현재의 가스유량계 계측 값에 가스발열량(총발열량 적용)을 곱해 가스열량 산출

② 개별난방

- 보일러에서 사용하는 값을 별도로 계측함으로써, 메인가스계측기에서 보일러 사용가스 계측 값을 뺀 값에 가스발열량(총발열량 적용)을 곱해 가스 열량 산출

4.2 공용부문

■ 기 설치된 계측기 활용

- 현재 공용부위에서 용도별로 분리 계측하고 있는 사항에 따라 기 설치된 전력량계를 활용하여 계측
 - 펌프 : 전력량계 사용 난방, 급탕, 급수, 배수 펌프, 배수펌프 전력사용량 측정
 - 환기 : 전력량계 사용, 공용부, 주차장, 부대시설 환기 전력사용량 측정(시설별 합계)
 - 조명 : 전력량계 사용, 공용부, 주차장, 부대시설 조명 전력사용량 측정(시설별 합계)

■ 계측기 신규 설치를 통한 계측

- 원격검침 미적용한 부대시설의 난방, 냉방, 급탕 열량 또는 전력량을 분리 계측하여 제로에너지등급 인증에 활용
- 전열의 경우 공용부, 주차장, 부대시설을 통합하여 용도별 계측이 가능한지를 검토하고 비용효율적인 방식 적용 필요

■ 태양광 및 에너지자립률

- 태양광시스템은 현재 계측하는 방식에 따라 전력 생산량 및 저장량을 계측하고
- 에너지자립률은 ECO2 계산 방법에 따라 예측한 값이 아닌 단지 내의 총 에너지 사용량 대비 총 에너지생산량으로 계산하여 표시
- 제로에너지주택 본인증시 위의 방법을 채택해도 인증취득에는 무리 없음

제4장 에너지사용량 및 제로에너지기술 실태조사

1. 친환경주택 및 제로에너지주택 에너지사용량 조사

1) 목적

- 친환경주택 건설기준에 따라 건설한 에너지절감주택 단지의 에너지사용량 조사를 통해 정부의 친환경주택 정책 추진 효과 검증자료로 활용
- 검증을 통해 국토교통부의 친환경주택 보급과 관련한 정책추진 효과 및 건물부문 탄소저감 목표에 대응한 기반 데이터 마련 필요
- 제로에너지단지의 성능검증을 위해서는 최소 1년간의 에너지사용데이터가 필요하나, 남양주 뉴타운 B11BL은 '24년 초에 완전한 1년간 데이터 확보가 가능하므로, 친환경주택 단지의 에너지사용량을 조사하면서 제로에너지단지 모니터링 방법 등 연구진행 필요

2) 친환경주택 설계기준 변화

- 2008년 설계 주택 대비 에너지절감률 10%(전용면적 60㎡이하)~15%(전용면적 60㎡초과)로의 설계가 2009.10월에 그린홈 정책에 따라 시행됨
- 그 후, 2009년부터 2019년까지 에너지절감률 10% → 60%를 거쳐서 2021년에는 신재생에너지 강화로 인해 약 62%이상까지 상향되었으며, 공공부문 제로에너지주택 우선 보급이라는 정부의 주택에너지 정책목표에 따라 우리공사는 2023.1월부터 제로에너지5등급 설계를 시행하고 있음
- 에너지절감률이 15%에서 60%까지 상향됨에 따라 변경된 설계기준 <표 4.1>과 <표 4.2>에 나타내며, 현재의 친환경주택 설계기준과 2023년도에 개정된 우리공사의 제로에너지5등급 설계기준을 친환경주택의 평가기준과 비교하여 <표 4.3>에 나타냄

<표 4.1> 에너지절감률 변화에 따른 친환경주택의 설계기준 변화(15%~40%)

에너지절감률			15%	30%	40%
구분					
창호 단열 [W/㎡K]	중부	외기직접	1.8 이하	1.2이하	1.0 이하
		외기간접	2.8 이하	2.8이하	1.9 이하
	남부	외기직접	2.1 이하	1.5이하	1.2 이하
		외기간접	3.1 이하	2.3이하	2.1 이하
	제주	외기직접	2.8 이하	1.8이하	1.6 이하
		외기간접	3.7 이하	2.8이하	2.5 이하
외벽 단열 [W/㎡K]	중부	외기직접	0.36 이하	0.25	0.21 이하
		외기간접	0.49 이하	0.32	0.28 이하
	남부	외기직접	0.45 이하	0.32	0.28 이하
		외기간접	0.63 이하	0.47	0.43 이하
	제주	외기직접	0.58 이하	0.50	0.46 이하
		외기간접	0.85 이하	0.62	0.58 이하
측벽 단열 [W/㎡K]	중부		0.27 이하	0.20	0.17 이하
	남부		0.36 이하	0.28	0.25 이하
	제주		0.45 이하	0.35	0.32 이하
열원설비(가스보일러)			효율 87%이상	효율 87%이상	효율 91%이상
고단열고기밀 강재문	외기직접		-	1.4W/㎡K이하 기밀성능 1등급	1.4W/㎡K이하 기밀성능 1등급
	외기간접		-	1.8W/㎡K이하 기밀성능 2등급	1.8W/㎡K이하 기밀성능 2등급
창의 기밀성능			기밀성능 2등급 이상	기밀성능 2등급 이상	기밀성능 1등급 이상
창면적비[%]			-	-	(0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100
발코니 외측창 단열			-	-	2.8W/㎡K 이하
보일러, 변압기, 전동기			고효율기자재	(보일러) 효율1등급 (전동기) 고효율기자재	(보일러)효율1등급 (전동기) 고효율기자재
난방, 급탕, 급수 펌프			KS 효율의 1.12배	KS 효율의 1.12배	KS 효율의 1.12배
대기전력차단장치			거실, 침실, 주방에 각1개	거실, 침실, 주방에 각 1개	거실, 침실, 주방에 각 1개
일괄소등스위치			세대내 설치	세대내 설치	세대내 설치
세대내 조명			고효율조명기기	고효율조명기기 또는 LED	고효율조명기기 또는 LED
공용화장실			자동점멸스위치	자동점멸 스위치	자동점멸 스위치
실별 온도조절장치			실별 각 1개	실별로 각 1개 설치	실별로 각 1개 설치

<표 4.2> 에너지절감률 변화에 따른 친환경주택의 설계기준 변화(50%~60%)

구분			에너지절감률 50~60%	에너지절감률 60%
창호 단열 [W/mK]	중부1	외기직접	0.9 이하	0.9 이하
		외기간접	1.3 이하	1.2 이하
	중부2	외기직접	1.0 이하	0.9 이하
		외기간접	1.5 이하	1.5 이하
	남부	외기직접	1.2 이하	1.0 이하
		외기간접	1.7 이하	1.7 이하
	제주	외기직접	1.6 이하	1.5 이하
		외기간접	2.0 이하	1.7 이하
외벽(측벽) 단열 [W/mK]	중부1	외기직접	0.15 이하	0.15 이하
		외기간접	0.21 이하	0.21 이하
	중부2	외기직접	0.17 이하	0.17 이하
		외기간접	0.24 이하	0.24 이하
	남부	외기직접	0.22 이하	0.22 이하
		외기간접	0.31 이하	0.31 이하
	제주	외기직접	0.29 이하	0.29 이하
		외기간접	0.41 이하	0.35 이하
열원설비(가스보일러)			효율 91%이상	효율 92%이상
고단열고기밀 강재문	외기직접	1.4W/mK이하 기밀성능 1등급	1.4W/mK이하 기밀성능 1등급	
	외기간접	1.8W/mK이하 기밀성능 2등급	1.8W/mK이하 기밀성능 2등급	
외기직접 면한 창의 기밀성능			기밀성능 1등급 이상	기밀성능 1등급 이상
창면적비[%]			(0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100	(0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100
발코니 외측창 단열			2.4W/mK 이하	2.4W/mK 이하
보일러, 변압기, 전동기			(보일러) 소비효율 1등급 (전동기) 고효율기자재	(보일러) 소비효율 1등급 (전동기) 고효율기자재
난방, 급탕, 급수 펌프			KS 효율의 1.12배	KS 효율의 1.12배
대기전력차단장치			거실, 침실, 주방 각 1개 이상 전체 콘센트개수의 30% 이상	거실, 침실, 주방 각 1개 이상 전체 콘센트개수의 30% 이상
일괄소등스위치			세대내 설치	세대내 설치
조명밀도			10W/m ²	8W/m ² 또는 전면 LED
신재생에너지설비, 외단열공법			10점	10점(20점, 2021년)
세대내 조명			고효율조명기기	고효율조명기기
공용화장실			자동점멸 스위치	자동점멸 스위치
실별 온도조절장치			실별로 각 1개 설치	실별로 각 1개 설치

<표 4.3> 현 친환경주택 설계기준 및 LH 제로에너지5등급 설계기준 비교

구분	기술항목	에너지절약형 친환경주택 건설기준 (중부2 기준)	제로에너지5등급 인증(2023)
(등급용) 1차에너지소요량		에너지효율등급 1+등급 이상 (120kWh/㎡·yr 미만)	90kWh/㎡·yr 미만(△)
벽체 등 단열 (열관류율)	외벽	0.17 / 0.24W/㎡K 이하	좌동
	최상층 지붕	0.15 / 0.21W/㎡K 이하	0.12(▽0.03)
	최하층 바닥	0.17 / 0.24W/㎡K 이하	0.15(▽0.02)
창의 단열 등	창 열관류율	0.9 / 1.5W/㎡K 이하	0.8(▽0.1)
	창 기밀성능	1등급 / 2등급	1등급 / 1등급(△)
	창 면적비	20%(1bay) ~ 45%(5bay)	변경없음
	발코니창 열관류율	2.4W/㎡K 이하	2.1(▽0.3)
강재문 고단열·기밀	열관류율	1.4 / 1.8W/㎡K	1.2(▽0.2) / 1.4(▽0.4)
	기밀성능	1등급 / 2등급	1등급 / 1등급(△)
세대기밀	기밀성능	6회/h	6회/h
개별난방	개별보일러 효율	92%이상 (환경표지인증기준)	92.5%(△0.5)
지역난방	지역난방 적용	적용	적용
조명기구	조명밀도	전면 LED 또는 8W/㎡ 이하	전면 LED 또는 5W/㎡(▽3) 이하
환기(전열교환기)	열교환효율(KS기준)	-	난방효율 80%
신재생에너지	점수(개별난방기준)	25점	83점
에너지자립률		중부 5~8% 남부·제주 7~10%	20% 이상
친환경주택 기준 에너지절감률		62.5%	70%

3) 조사대상단지 선정

- 중부1(흑한지역), 중부2, 중부지역 및 남부지역에 위치하고 있는 현재 거주중인 지역난방공급방식의 아파트단지를 대상으로 에너지절감률 0%(2009년 이전 사업승인단지) ~ 제로에너지5등급 단지를 23개 단지를 대상으로 열 및 급탕사용량(열사용량)을 조사함
- <표 4.4>에 조사대상단지에 대한 유형, 규모, 건설호수, 최최사업승인 연도와 에너지절감률 설계기준 등을 나타냄

<표 4.4> 에너지사용량 조사대상단지 개요

번호	사업지구	유형	규모	건설 호수	최초승인	지역구분	에너지 절감률	난방 방식
1	의정부민락2	10년	60-85	992	2015-12-24	중부 1	40%	지역
2	파주운정	행복	60이하	580	2016-12-20	중부 1	40%	지역
3	파주운정3	10년	60이하	266	2018-12-01	중부 1	60%	지역
4	파주운정3	10년	60이하	412	2018-12-01	중부 1	60%	지역
5	화성남양	분양	60-85	606	2020-12-22	중부 2	제로5등급	지역
6	인천논현	행복	60이하	412	2015-12-14	중부 2	40%	지역
7	화성동탄2	행복	60이하	820	2015-12-22	중부 2	40%	지역
8	대전봉산	행복	60이하	578	2016-06-30	중부 2	40%	지역
9	김포양곡2	행복	60이하	990	2018-06-29	중부 2	40%	지역
10	대전도안3	행복	60이하	360	2018-10-25	중부 2	60%	지역
11	인천논현	행복	60이하	238	2018-12-01	중부 2	60%	지역
12	화성동탄2	국민	60이하	1,031	2018-12-01	중부 2	60%	지역
13	화성동탄2	영구	60이하	359	2018-12-01	중부 2	60%	지역
14	화성동탄2	행복	60이하	850	2018-12-01	중부 2	60%	지역
15	남양뉴타운	10년	60이하	486	2018-10-25	중부 2	60%	지역
16	부산정관	행복	60이하	856	2015-12-15	남부	40%	지역
17	의정부민락2	국민	60이하	913	2006-12-01	중부1	0%	지역
18	의정부민락2	국민	60이하	1,161	2006-12-01	중부1	0%	지역
19	파주운정	국민	60이하	1,220	2005-12-01	중부1	0%	지역
20	김포한강	국민	60이하	2,230	2007-10-01	중부2	0%	지역
21	인천소래	국민	60이하	882	2006-12-01	중부2	0%	지역
22	대전도안	국민	60이하	1,668	2006-12-01	중부2	0%	지역
23	부산정관	국민	60이하	1,533	2002-12-01	남부	0%	지역

4) 조사 방법

- 조사대상 단지(지역난방지구)의 관리소에서 수집·관리하는 열에너지관련 데이터로는 원격검침계량기에서 검침되어 관리소 서버에 시간대별로 저장되는 데이터와 에너지 공급회사(지역난방공사, 지역 가스회사, 한국전력)에서 월별로 요금부과를 위해 발송되는 에너지 요금 데이터로 구분할 수 있음
- [그림 4.1]은 원격검침계량기에서 검침된 데이터가 관리소의 서버에 저장되어 관리되는 샘플파일을 보이고 있으며, 지역난방의 경우, 전기, 수도, 온수, 열량 4가지의 에너지원에 대해서 저장·관리되고 있음
- 아파트단지에서 사용하는 열에너지를 분석할 때 이 두 데이터 모두 유효하며, 원격검침데이터는 단지내 모든 세대에 대해서 시간대별로 열사용량을 기록하고 있어서 시간대별 시물레이션결과와 비교하는데 유용할 수 있음
- 그러나 [그림 4.1]과 같이 검침되는 원격검침 수준은 해당시간대별로 외기온도와 실내온도가 측정이 되지 않고 있어서 적용된 기술성능을 반영한 시물레이션결과와 시간대별로 측정된 데이터를 비교하여 검증하는 것은 무리가 있음

일	월	검침시간	전기누적량	전기사용량	수도누적량	수도사용량	온수누적량	온수사용량	열량누적량	열량사용량
1001	101	01-01-00-02-01 00	103.01	87166.8	16074.3	19445.4	1935.9	209.9	901.6	796
1001	102	01-01-00-02-01 00	101.4	101.5	9.9	23.3	25.9	0	0.1	0.1
1001	103	01-01-00-02-01 00	105.9	302.8	63.1	10.7	8.9	2.2	12.1	9.2
1001	104	01-01-00-02-01 00	107.2	801.3	129.9	36	33.4	2.6	37.4	27.9
1001	105	01-01-00-02-01 00	866.9	763.3	101.2	30.5	27	3.5	27.9	23.6
1001	106	01-01-00-02-01 00	1747.2	1440.8	396.6	84	8.6	0.5	8.3	6.6
1001	107	01-01-00-02-01 00	1313.6	1158.2	154.6	24.4	21.9	2.9	18.1	13.6
1001	108	01-01-00-02-01 00	137	126.6	10.4	0.7	0.7	0	0.1	0.1
1001	109	01-01-00-02-01 00	139.9	119.7	5.8	1.1	1.1	0	0.2	0.2
1001	110	01-01-00-02-01 00	191.5	181.6	9.9	1.2	1.2	0	0.2	0.2
1001	111	01-01-00-02-01 00	196.9	127	9.9	0.7	0.7	0	0.2	0.2
1001	112	01-01-00-02-01 00	172.4	162.5	9.9	0.5	0.5	0	0.2	0.2
1001	113	01-01-00-02-01 00	190.4	180.5	9.9	0.4	0.4	0	0.1	0.1
1001	114	01-01-00-02-01 00	886.5	843.8	154.7	43.3	36.6	6.4	25.4	20.7
1001	115	01-01-00-02-01 00	1122.6	886.5	236.1	15.2	12.2	3	12.6	9.7
1001	116	01-01-00-02-01 00	916.5	757.7	186.6	37	32.1	4.9	22.3	18.7
1001	117	01-01-00-02-01 00	2315.6	1969.9	345.7	33.6	28.9	5.1	28.7	23.7
1001	118	01-01-00-02-01 00	93.6	83.8	5.5	0.5	0.5	0	0.1	0.1
1001	119	01-01-00-02-01 00	558.9	499.6	88.7	13	10	3	16.3	12.6
1001	120	01-01-00-02-01 00	1011	839.6	771.6	17	14.5	2.5	15	6
1001	121	01-01-00-02-01 00	103.6	93.9	0.3	0.3	0	0	0.2	0.2
1001	122	01-01-00-02-01 00	100.1	97.6	11.5	0.2	0.2	0	0.1	0.1
1001	123	01-01-00-02-01 00	91.9	81.9	9.9	0.4	0.4	0	0	0
1001	124	01-01-00-02-01 00	739.6	582.1	146.8	30.4	24.6	3.6	15.4	11.6
1001	125	01-01-00-02-01 00	912	692.6	219.4	48.5	35.9	11	16.3	12.2
1001	126	01-01-00-02-01 00	1506.6	1275.3	234.3	13.6	11.2	2.1	14.3	11.2
1001	127	01-01-00-02-01 00	4103.9	3544	56.5	11.6	9.9	1.7	5.9	5.3
1001	128	01-01-00-02-01 00	121.4	110.1	11.3	0.3	0.3	0	0.1	0.1
1001	129	01-01-00-02-01 00	101.6	91.9	8.7	0.4	0.4	0	0.1	0.1
1001	130	01-01-00-02-01 00	103.6	92.6	11.2	0.2	0.2	0	0.1	0.1
1001	131	01-01-00-02-01 00	88.9	88.9	9.9	0.4	0.4	0	0	0
1001	132	01-01-00-02-01 00	111.5	100.2	11.3	0.6	0.6	0	0.1	0.1
1001	133	01-01-00-02-01 00	99.9	99.5	10	0.3	0.3	0	0.1	0.1
1001	134	01-01-00-02-01 00	88.4	87.4	11	0.4	0.4	0	0.1	0.1
1001	135	01-01-00-02-01 00	117.9	107.6	10	0.4	0.4	0	0.1	0.1
1001	136	01-01-00-02-01 00	1134.5	953.8	180.7	60.4	50	8.4	47.3	38.6
1001	137	01-01-00-02-01 00	103.9	94.1	9.7	0.2	0.2	0	0.1	0.1
1001	138	01-01-00-02-01 00	125	111.7	11	0.3	0.3	0	0	0
1001	139	01-01-00-02-01 00	97	87.5	9.5	0.3	0.3	0	0.1	0.1
1001	140	01-01-00-02-01 00	274.5	230.4	44.1	5	2.6	2.2	6.3	4.7

[그림 4.1] 원격검침계량기로 계측된 데이터의 저장 화면

- [그림 4.2]는 월별 열 사용내역을 보이고 있으며, 지역난방공사에서 요금 부과를 위해 고지하는 열요금 고지서 데이터와 관리소 자체적으로 월별로 정리하는 보관하고 있는 데이터 등 두 가지로 구분할 수 있음
- 두 가지 모두 동일한 데이터이며 아파트단지에서 사용하는 열사용량 원단위를 확인할 때 필요한 데이터인 난방면적(계약면적)과 지난달 열사용량과 이번달 열사용량이 기록되어 있어서 서로 다른 시기에 건설되어 설계가 다른, 즉 에너지절

감률이 서로 다른 단지에 대한 에너지량을 비교분석하는데 효과적임

- 따라서 본 연구에서는 지역난방공사에서 부과하는 월별 열사용량 또는 관리소에서 자체적으로 관리하는 월별 열사용량 데이터를 이용하여 에너지절감률이 다른 단지별로 어느정도의 열에너지가 사용되는지를 비교분석함
- 데이터의 취득은 해당 관리사무소에 직접 방문하여 담당자와 면담을 통해 본 연구의 취지를 충분히 설명하고 분석에 필요한 데이터를 제공 받음



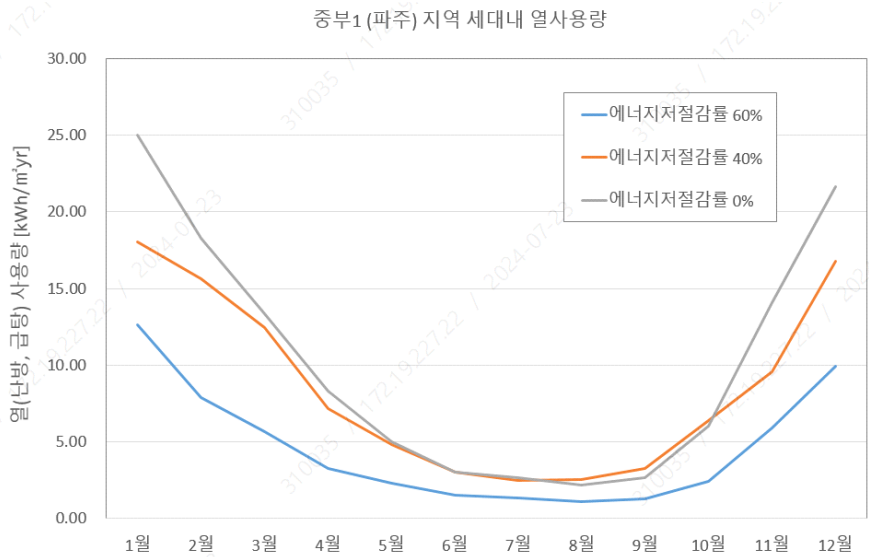
[그림 4.2] 지역난방공사 열사용량 고지내역 및 관리소에서 관리하는 열사용량 데이터

5) 조사결과

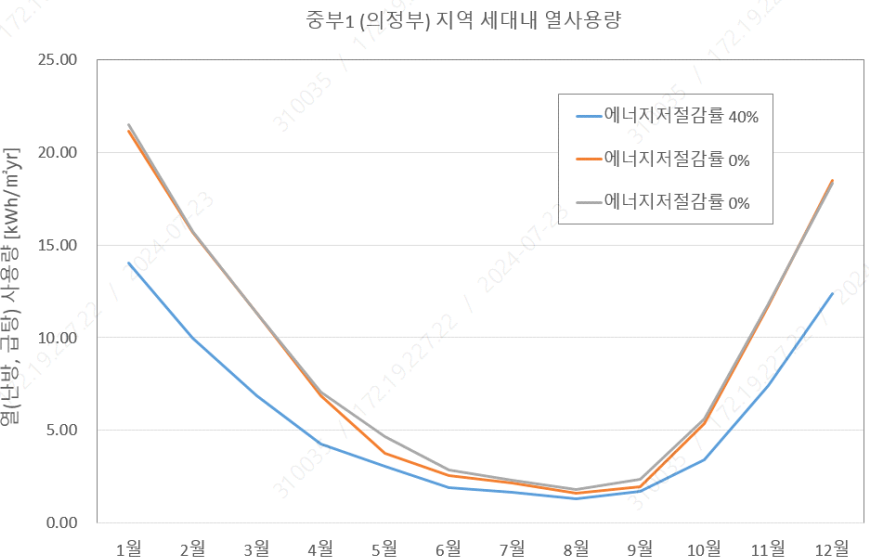
- 친환경주택 건설기준에 따라 설계기준이 서로 다른 지역, 중부1, 중부2 및 남부에 위치한 인접한 도시에 건설된 앞에서 조사대상단지로 선정한 에너지절감률이 다르게 설계된 단지들에 대해서 열사용량((난방+급탕)을 비교분석 함
- 중부1지역(혹한지역)
- [그림 4.3]은 중부1지역에 해당하는 파주시에 위치한 에너지절감률 0%, 40%, 60% 단지에 대해 2023년 1년간 월별로 사용한 열사용량을 나타내며, [그림

4.4)는 같은 지역 중부1에 해당하는 의정부시에 위치하는 에너지절감률 0%와 40% 단지에 대한 2023년 1년간의 데이터를 월별로 나타냄

- 에너지절감률 0%단지는 '09.10월 국토교통부의 「친환경주택 건설기준 및 성능」 고시가 제정되기 전에 「건축물의 에너지절약설계기준」에 의해 설계되고 시공된 공동주택단지로 에너지절감률 비교대상 기준주택을 의미함



[그림 4.3] 중부1(파주시) 지역의 에너지사용량 조사결과



[그림 4.4] 중부1(의정부시) 지역의 에너지사용량 조사결과

- <표 4.5>는 파주시와 의정부시에 위치하는 조사대상단지의 세대수, 세대평균 면적, 설계된 에너지절감률, 실제에너지사용량 및 기준주택과 비교한 에너지절감률을 나타냄
- 파주시의 경우 에너지절감률 0%로 설계된 단지, 즉 기준주택과 비교하여 에너지절감률 40%로 설계된 단지는 16.5%, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 에너지절감률이 54.9%를 보이는 것으로 조사됨
- 실제 열사용량을 살펴보면 에너지절감률 0%단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 105~122kWh/m²yr이며, 에너지절감률 40%단지는 약 70~102, 에너지절감률 60% 단지는 약 55kWh/m²yr정도로 나타남
- 당시의 외기온도와 실내온도에 대한 정보가 없어서 기준주택과 비교하는 것이 학문적으로 크게 유용하지는 않지만 에너지절감률이 높게 설계된 단지가 더 많은 에너지를 절감하는 것으로 나타나는 것을 알 수 있음
- 이는 에너지절감률이 높을수록 경과년수가 작은 아파트이어서 기밀성능 등의 차이로 나타나는 현상일수 도 있지만 설계기준이 상향과 에너지절감률과의 관계는 비례하고 있어서 정부의 주택분야 에너지절감정책에 대한 효과를 엿볼 수 있음

<표 4.5> 중부1지역의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교

조사대상단지		세대수 [호]	세대평균 면적[m]	에너지절감률 [%]	에너지사용량 [kWh/m²yr]	기준주택대비 에너지 절감률
파주 지역	초롱꽃마을7단지	678	95.0	60%	55.09	54.9%
	파주운정가람마을14단지	580	28.6	40%	102.02	16.5%
	파주 가람마을 6단지	1,220	49.0	0%	122.22	0%
의정부 지역	의정부민락래디언트캐슬	992	95.0	40%	67.99	35.5%
	의정부 양지마을8단지	1,161	45.9	0%	102.56	2.7%
	의정부 부용마을3단지	913	46.5	0%	105.45	0%

■ 중부 2지역

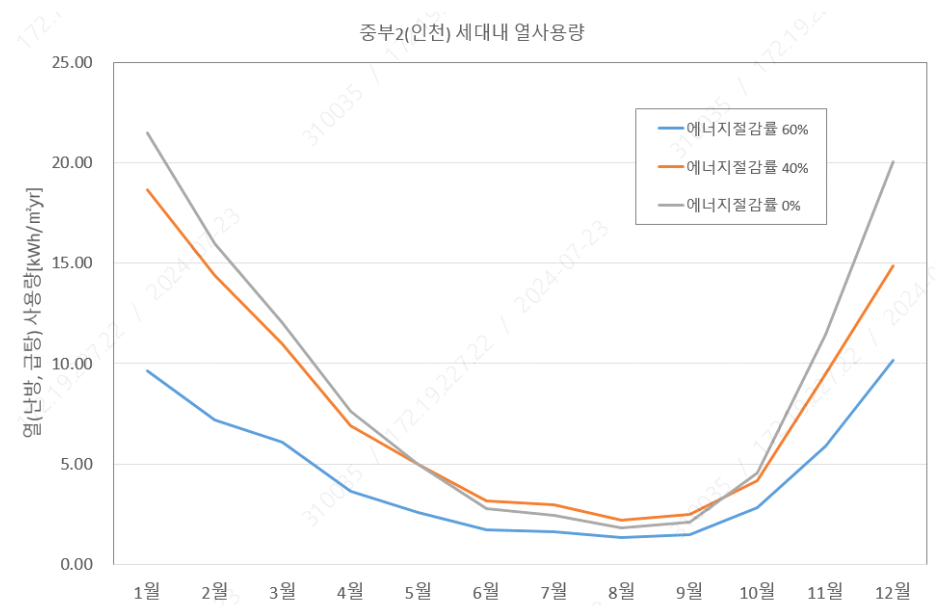
- <표 4.6>은 김포와 인천에 위치하는 조사대상단지의 세대수, 세대평균면적, 설계된 에너지절감률을 비롯하여 실제 에너지사용량 및 기준주택과 비교한 에너지절감률을 나타냄
- 인천지역의 경우 에너지절감률 0%로 설계된 단지와 비교하여 에너지절감률

40%로 설계된 단지는 6.3%, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 에너지절감률이 49.5%를 보이는 것으로 조사됨

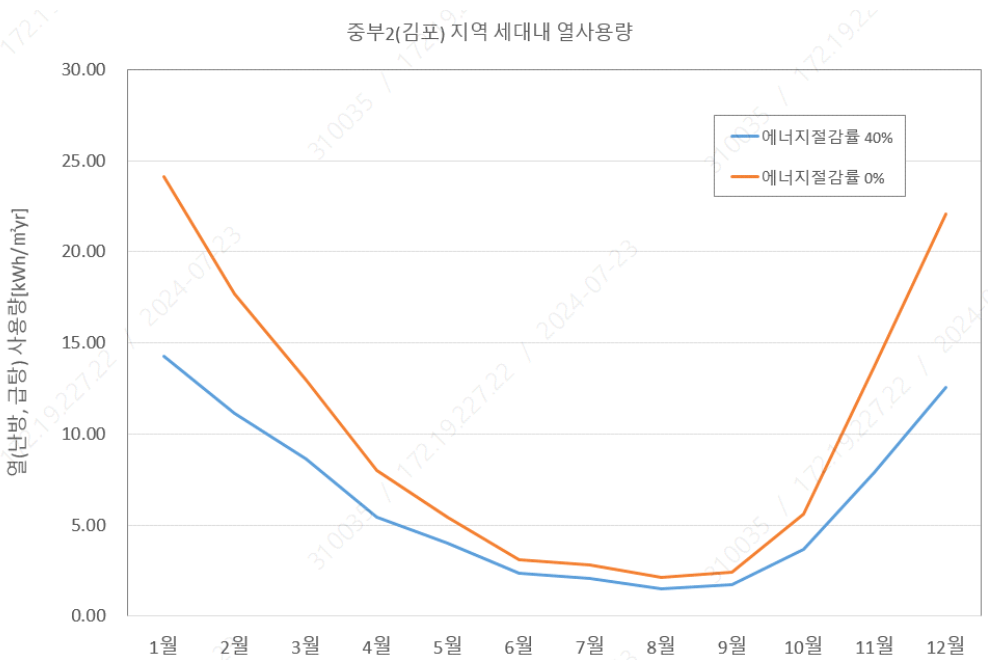
- 에너지절감률 40% 단지가 설계보다 많이 낮게 에너지절감률이 나온 것에 대해서는 당시의 외기온도와 실내온도에 대한 정보가 없어서 설명할 방법이 없으며, 단지 이 결과는 어느 정도의 열에너지 사용되고 있는지에 대한 추이를 보이는 것에 관점을 두었으면 함
- [그림 4.5]는 중부2지역에 해당하는 인천시에 위치한 에너지절감률 0%, 40%, 60% 단지에 대해 2023년 1년간 월별로 사용한 열사용량을 나타내며, [그림 4.4]는 같은 지역 중부2에 해당하는 김포시에 위치하는 에너지절감률 0%와 40% 단지에 대한 2023년 1년간의 데이터를 월별로 나타냄

<표 4.6> 중부2지역(인천, 김포)의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교

조사대상단지	세대수 [호]	세대평균 면적[m]	에너지절감률 [%]	에너지사용량 [kWh/m ² yr]	기준주택대비 에너지 절감률
인천논현 16단지	238	28.9	60%	54.21	49.5%
인천논현 4단지	412	28.7	40%	100.54	6.3%
인천소래휴먼시아1단지	882	43.9	0%	107.3	0.0%
김포양곡 1단지	990	32.5	40%	75.34	37.2%
김포한강 슬터마을3단지	2,230	40.2	0%	119.97	0.0%



[그림 4.5] 중부2(인천) 지역의 에너지사용량 조사결과

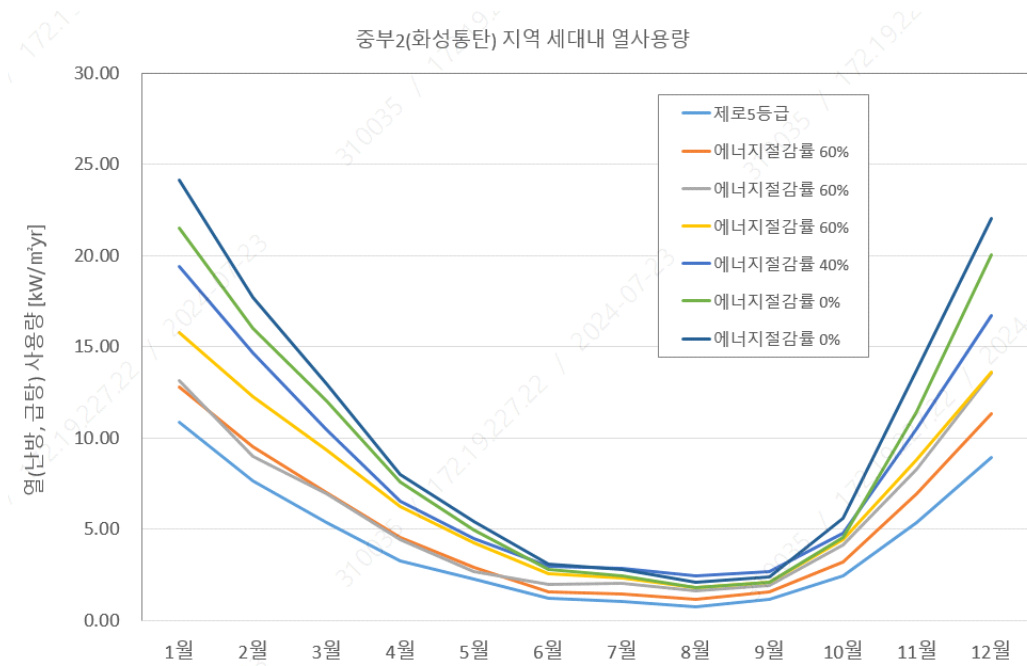


[그림 4.6] 중부2(김포) 지역의 에너지사용량 조사결과

- <표 4.7>은 화성, 통단지역에 위치한 에너지절감률 40%, 60%, 그리고 제로에너지5등급인증을 받은 남양뉴타운 아파트단지 등 총 5개 단지에 대한 열에너지 사용량과 김포와 인천에 위치한 기준주택과 비교한 에너지절감률을 나타냄
- 실제 열에너지사용량을 살펴보면, 2023년 1년 동안 에너지절감률 40%인 단지는 약 98kWh/m²yr의 열에너지(난방+급탕)를 사용하였으며, 에너지절감률 60% 단지는 약 64~83kWh/m²yr, 그리고 제로에너지5등급단지는 50.3kWh/m²yr를 사용한 것을 조사되었음
- 이 열에너지사용량의 절대 값은 지역난방공사의 계약면적을 기준으로한 원단위이므로 에너지시뮬레이션을 통한 원단위와는 차이가 있을 수 있음. 즉 지역난방공사의 계약면적은 확장형 면적을 의미할 것이며, ECO2 시뮬레이션에 의한 원단위는 전용면적을 기준으로 원단위를 산출하기 때문임
- 김포한강 아파트단지를 기준주택단지로 하여 기준주택대비 에너지절감률을 비교하여 보면, 에너지절감률 40%로 설계된 단지의 실제 사용한 에너지절감률은 약 18%를 보이며, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 30~47%, 제로에너지단지(약 65% 설계로 예상)은 약 58%의 열에너지 절감률을 보이고 있음

<표 4.7> 중부2지역(화성, 동탄)의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교

조사대상단지	세대수 [호]	세대평균 면적[m]	에너지절감률 [%]	에너지사용량 [kWh/m ² yr]	에너지 절감률	
					김포한강기준	인천소래기준
제로에너지5등급e편한	606	107.7	제로5등급	50.33	58.0%	53.1%
화성남양루나포레	486	95	60%	64	46.7%	40.4%
화성동탄 LH 40단지	850	30.2	60%	67.64	43.6%	37.0%
화성동탄2 LH 2단지	1,390	35.9	60%	83.5	30.4%	22.2%
동탄행복주택 28단지	820	28.8	40%	98.49	17.9%	8.2%
인천소래휴먼시아1단지	882	43.9	0%	107.3	10.6%	0.0%
김포한강 솔터마을3단지	2,230	40.2	0%	119.97	0.0%	-11.8%

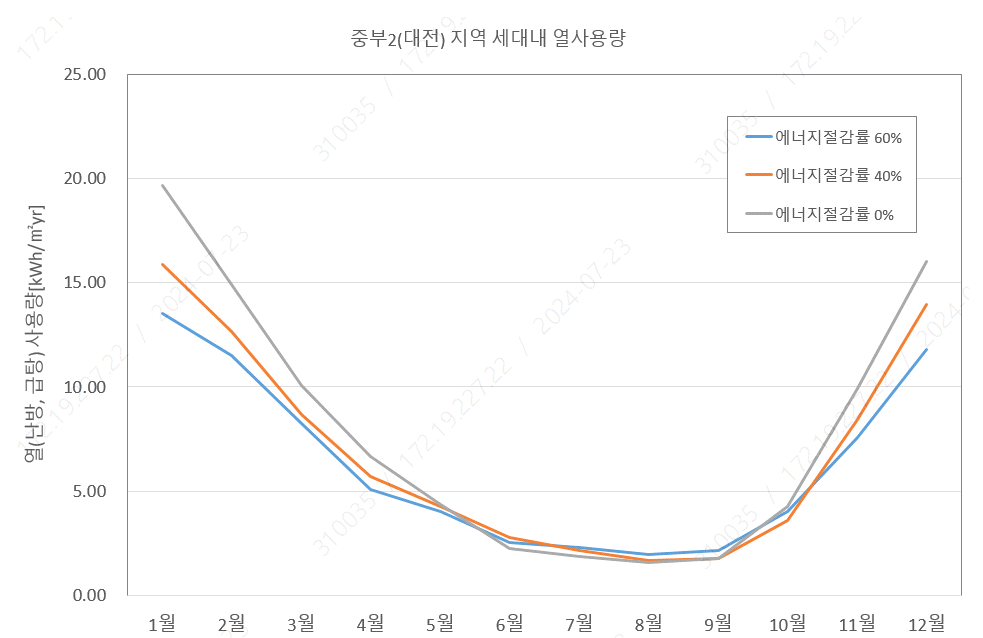


[그림 4.7] 중부2(화성, 동탄) 지역의 에너지사용량 조사결과

- <표 4.8>은 대전지역에 위치하는 조사대상단지 개요와 설계된 에너지절감률을 비롯하여, 실제 에너지사용량 및 기준주택과 비교한 에너지절감률을 나타냄
- 대전지역의 경우 에너지절감률 0%로 설계된 단지와 비교하여 에너지절감률 40%로 설계된 단지는 12.7%, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 에너지절감률이 약 20%를 보이는 것으로 조사됨
- [그림 4.8]은 중부2지역에 해당하는 대전시에 위치한 에너지절감률 0%, 40%, 60% 단지에 대해 2023년 1년간 월별로 사용한 열사용량을 나타냄

<표 4.8> 중부2지역(대전)의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교

조사대상단지	세대수 [호]	세대평균 면적[m]	에너지절감률 [%]	에너지사용량 [kWh/m ² yr]	기준주택대비 에너지 절감률
대전도안3단지	360	45.7	60%	74.71	20.0%
부산 LH3단지	578	31.6	40%	81.51	12.7%
대전도안1단지	1,668	41.5	0%	93.37	0.0%



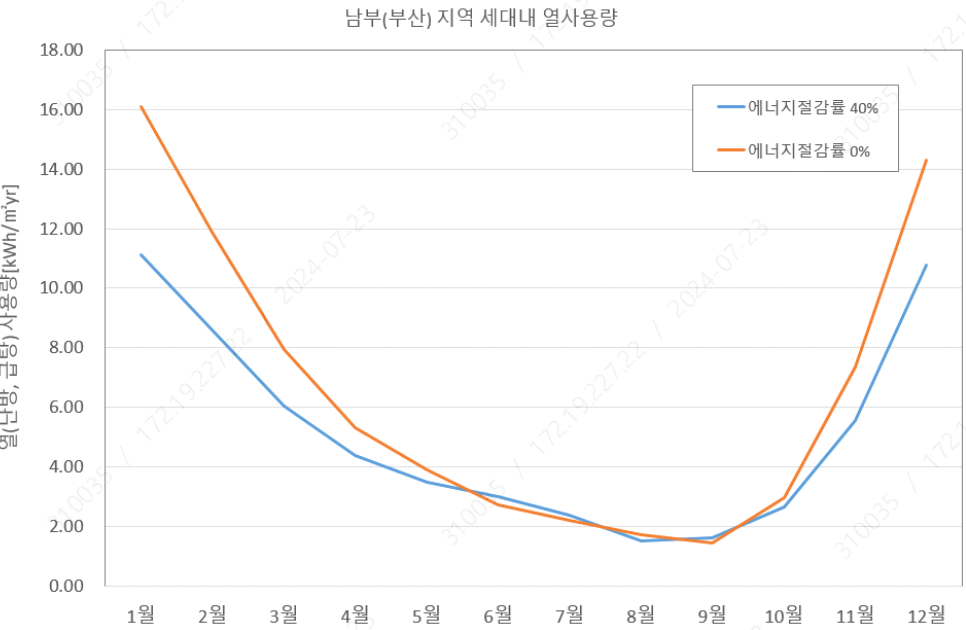
[그림 4.8] 중부2(대전) 지역의 에너지사용량 조사결과

■ 남부지역

- <표 4.9>는 부산에 위치하는 조사대상단지의 개요와 설계된 에너지절감률을 비롯하여 실제 에너지사용량 및 기준주택과 비교한 에너지절감률을 나타냄
- 부산지역의 경우 에너지절감률 0%로 설계된 단지와 비교하여 에너지절감률 40%로 설계된 단지의 실제사용량은 약 21.4% 수준인 것으로 조사됨
- [그림 4.9]는 부산의 에너지절감률 0%, 40% 단지에 대해 2023년 1년간 월별로 사용한 열사용량을 나타냄

<표 4.9> 남부(부산)의 에너지사용량 조사결과 및 에너지절감률 비교

조사대상단지	세대수[호]	세대평균 면적[m]	에너지 절감률	합계	기준주택대비 에너지 절감률
부산정관 행복주택	856	31.7	40%	61.14	21.4%
부산정관휴먼시아 1단지	1,533	57.8	0%	77.76	0%



[그림 4.9] 남부(부산) 지역의 에너지사용량 조사결과

- 조사결과, 설계조건을 기준으로 시뮬레이션한 에너지절감률과 실제 사용한 에너지절감률은 다르지만, 에너지절감률을 낮게 설계한 단지에 비해서 높게 설계한 단지가 모두 에너지절감률이 더 높은 것으로 조사됨
- 에너지절감률이 시뮬레이션 결과와 다른 이유는 많이 있겠지만, 그중에서 거주자 사용패턴(실내온도, 거주형태), 당초설계보다 성능저하, 시뮬레이션 물성과 실제물성과의 차이, 외기온도 등 많은 요소들이 있을 수 있음

2. 제로에너지 기술요소별 실태조사 및 관리방안

2.1 조사대상 기술요소 선정

- 제로에너지주택 기술요소는 패시브 기술, 액티브 기술, 신재생 기술, 에너지관리 기술 등 크게 4가지로 분류할 수 있으며, 제로에너지 평가프로그램인 ECO2에 입력되는 기술별 에너지절감 민감도는 <표 4.10>에서와 같이 패시브 요소 중에서는 침기율이 가장 높고, 액티브 요소는 조명밀도가 높으며 산·재생에너지는 태양광이 가장 높게 나타남
- 이러한 제로에너지 기술요소에 대한 유지관리 실태를 본 연구에서 모두 다 조사한다는 것은 쉽지 않으므로 중요하면서도 필요한 몇 개의 제로에너지 기술에 대해서만 유지관리 실태를 조사하고 관리방안을 마련하고자 함

<표 4.10> ECO2에 입력되는 기술별 에너지민감도

구분		ECO2 입력 항목	민감도
패시브		향	중
		열저장능력	하
		열교가산치	하
		구조체 및 창호 열관류율	중
		유리 SHGC 성능 / 차양설치	하
		현관문 및 방화문	하
		침기율	최상
액티브	조명	조명밀도	최상
	공조처리 기기	열회수율 (난방 / 냉방)	중
		공조기 최대풍량	중
		공조급기온도 설정치	중
		급 / 배기팬 동력	중상
		급 / 배기팬 압력손실	중
		급 / 배기팬 풍량 및 효율	중
	열원설비	효율 (% , COP)	상
		급수온도 / 환수온도	하
		제어방식, 용량	중
		동력	상
	분배 시스템	배관길이	상
		배관단열, 배관설치장소	하
		순환펌프 동력	상
		순환펌프 제어방식	중
산·재생에너지		태양광 (설치용량 / 모듈면적 / 모듈방위 / 모듈종류 / 모듈기울기 / 모듈효율)	최상
		지열 (설치용량 / 1차펌프동력 / 2차펌프동력 / 히트펌프 COP)	중
		연료전지 (설치용량 / 열생산능력 / 열생산효율 / 발전효율)	중
		태양열 (설치용량/집열기 유형/집열판 방위/솔라펌프 정격동력/ 축열탱크)	중

- 조사대상 제로에너지기술을 선정하기 위한 방법으로 ECO2 에너지계산결과에 따른 에너지절감량을 비용으로 환산하고, 기술별 공사비를 적용하여 어떠한 기술이 가장 비용효율적인 지 분석한 결과를 이용하는 것이 적절하다고 판단됨
- <표 4.11>에 난방방식별 제로에너지기술에 대한 비용효율적 측면에서의 기술 순위를 나타내며, 이중에서 조사대상 기술을 선정하고자 함

<표 4.11> 난방방식별 비용효율적 측면의 기술 순위(출처:주택기술처)

순위	개별난방	지역난방	비고
1	창호(직접)	창호(직접)	현재 0.8 수준 사용 중
2	침기율	침기율	default : 6회/h, ECO2-OD 4회/h로 조정함
3	태양광	태양광	신재생에너지 실태조사, 태양광 사용 필요성
4	조명밀도	전열교환기	LH 유지관리지침 적용
5	전열교환기	조명밀도	"

- 패시브기술 중 가장 에너지민감도가 큰 침기율 즉 기밀성능은 2023년 당시 연구 수행을 통해 친환경주택 평가프로그램인 ECO2-OD에서 사용하는 기밀성능 값을 6회/h → 4회/h로 조정함바 있으며, 2025.1월부터는 ECO2 프로그램의 기밀 성능 값도 6회/h → 3.5회/h로 조정예정이므로 조사대상기술에서 제외함. 또한, 기밀성능과 관련하여 유지관리 방안 등은 LH의 기밀연구 분야에서 심도있는 연구를 수행하고 있음
- 액티브 기술 중 민감도가 큰 조명밀도는 기술이 보편화되어 있고 시방과 유지관리기준이 잘 관리되고 있고 있으며 비용효율적인 전열교환기도 유지관리메뉴얼과 시방서가 있어서 잘 관리되므로 조사대상 기술에서 제외함
- 따라서 본 연구에서는 제로에너지5등급을 위해 강화된 아르곤(Ar) 충전창과 신재생에너지의 사용실태를 조사하고 유지관리 방안을 마련하고자 함

2.2 로이알곤 창의 알곤 충전률 조사

① 조사 필요성

- 우리공사는 2023년부터 제로에너지5등급이상으로 설계를 시작하면서 외기에 직접면한 창의 열관류율을 당시 0.9W/m²K에서 0.8W/m²K로 설계 개선하여 현재는 아르곤이 충전된 단열성능이 향상된 창을 적용하고 있음
- Ar 충전시 누기에 대한 문제는 있어왔으나, 판유리창호협회 단체표준에서 인증

하는 제품은 연간 이론적 누기량이 0.5% 이며, 80% 이상 충전되어 있을 때 원래의 성능을 발휘하므로, 20년이여도 10% 정도밖에 누기가 되지 않으므로 큰 무리는 없는 것으로 파악하고 있음

- 그러나, 건설업계에서는 입주자의 민원(요즘 민원은 수준이 높음)이 우려되어 Ar 충전 제품 사용을 꺼려하는 것으로 알려져 있으며, Ar이 충전된 유리가격은 그렇지 않는 유리보다 약 10% 가격이 상승하는 것으로 예상됨에 따라 알곤충진창의 유지관리 중요성은 큰 것을 판단됨

② 로이알곤창의 알곤충진상태 조사

■ 측정개요

- 화성향남 제로에너지5등급 주택의 외기직접면한 부위에 설치된 로이알곤창의 알곤충진 현황을 파악하기 위해 창외 알곤충진률을 측정함
- 측정장비 Gasglass는 Sparklike 사 제품으로 높은 전압을 발생시켜 불꽃을 일으켜 측정하는 시스템이며, 측정세대는 공사세대 2세대를 대상으로 거실, 안방, 부엌, 작은방의 창 중에서 외기 직접면한 창을 대상으로 측정함



[그림 4.10] 알곤충진창의 아르곤충진상태 측정장비 Sparklike

- [그림 4.11]은 화성향남 제로에너지5등급단지의 알곤충진상태 측정세대의 안거실과 안방의 외기에 직접면한 알곤충진창 모습을 나타내며, [그림 4.12]는 부

억과 작은방의 알곤충진창을, [그림 4.13]은 또 다른 작은방의 창과 외기에직접
면한 창의 Low-E 알곤창이라고 표시된 내용을 나타냄



[그림 4.11] 거실 및 안방의 외기직접면한 알곤충진창 전경



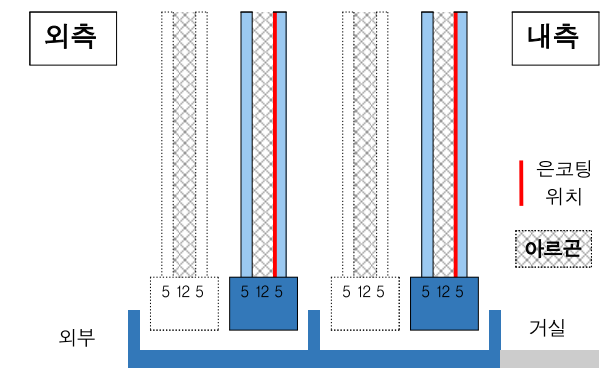
[그림 4.12] 부엌 및 작은방의 외기직접면한 알곤충진창 전경



[그림 4.13] 작은방2의 외기직접면한 알곤충진창 및 로이알곤창 마킹 전경

■ 측정방법

- 휴대용 알곤충진 측정장치인 Gasglass는 높은 전압을 발생시켜서 알곤충진창 내에서 불꽃을 튀기면서 알곤의 충전상태를 측정하는 원리를 이용하므로, 불꽃을 튀기게하는 것이 매우 중요함
- 실제로 현장에서 측정시에 불꽃이 제대로 튀기지 않아서 에러가 발생한 경우가 많았으며, Gasglass 매뉴얼에 따르면 알곤충진 로이 창의 경우, 전압을 발생시켜서 측정하는 방향이 첫째면이 유리, 둘째면이 유리+알곤, 셋째면이 로이 은코팅으로 되어 있어야 불꽃을 튀기기가 용이하다고 안내하고 있음
- 측정세대에 설치된 로이알곤창의 구성은 [그림 4.14]에 나타난 것처럼, 외측은 로이복층유리로 THK22mm-5mm(외)+12mm(아르곤)+5mm로이(내), 내측 또한 로이복층유리로 THK22mm-5mm(외)+12mm(아르곤)+5mm로이(내)로 구성되어 있으며, 은코팅은 실내에서 볼 때 첫 번째 면한 유리의 안쪽 표면에 되어 있음
- 따라서 유리 1면과 2면이 일반유리이고, 3면이 로이유리인 은코팅 창의 순서로 되도록 바깥쪽에서 안쪽으로 측정해야 보다 정확하고 안정된 측정을 할 수 있음
- [그림 4.15]는 휴대용 알곤측정기인 Gasglass의 측정면을 실내측에서 실외측으로의 창호에 밀착하여 측정하는 것과 에서 측정하는 것과 실외측에서 실내측방향으로 측정하는 장면을 보이고 있으며, 그림의 오른쪽과 같이 실외측에서 실내측 방향으로 측정하는 것이 안정적인 측정을 할 수 있음을 나타냄



[그림 4.14] 로이알곤창의 창 구성



(X)

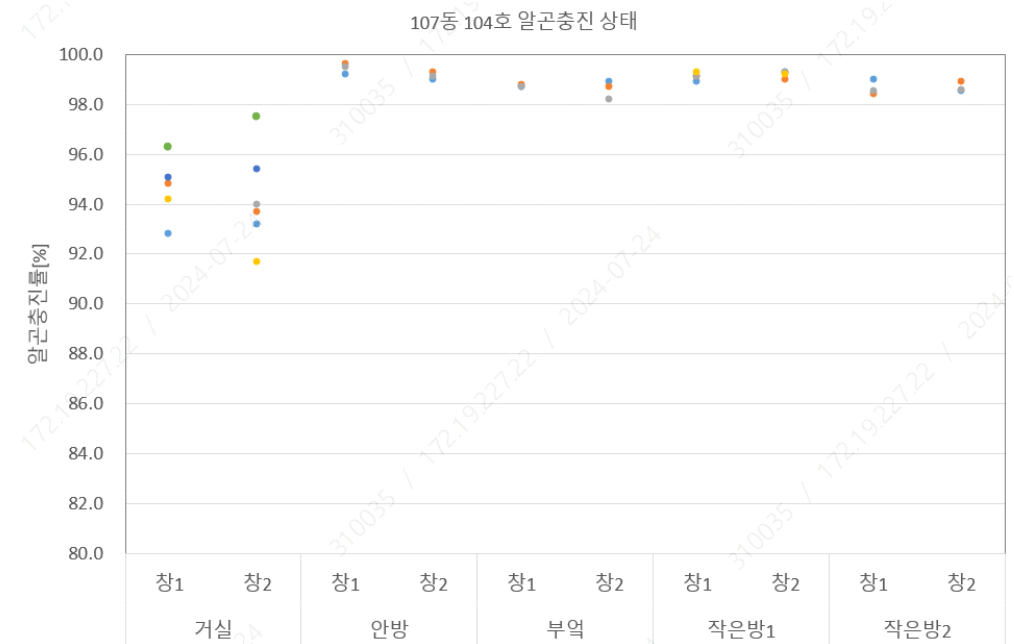


(O)

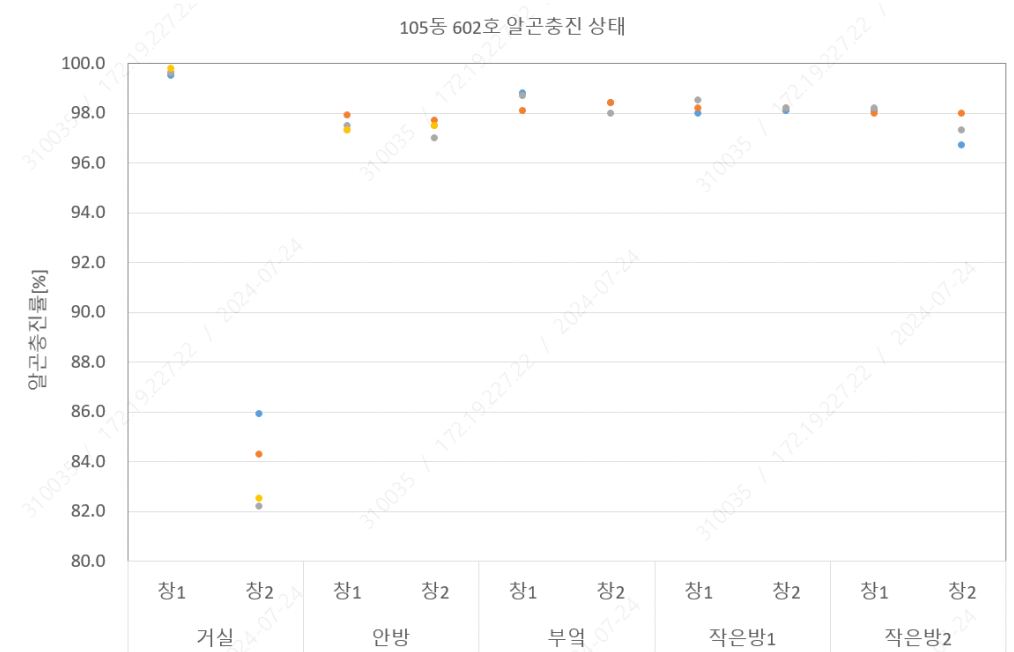
[그림 4.15] 휴대용 알곤측정장치 Gasglass의 측정 방향 설정

■ 측정결과

- [그림 4.16]은 제로에너지5등급단지의 공가세대 중 107동 104호의 로이알곤창의 알곤충진 상태 측정결과를 나타냄
- 우려했던 것과는 달리 모든 창의 알곤 충진률은 약 92%를 넘는 것으로 측정되어 판유리창호협회 단체표준에서 제시하고 있는 충진률이 80% 이상일 때 원래의 성능을 발휘하는 논리로 볼 때 설계당시의 성능을 유지하고 있는 것으로 판단됨
- [그림 4.17]은 제로에너지5등급단지의 또라는 공가세대인 105동 602호의 로이알곤창의 알곤충진상태를 나타냄
- 이 세대는 안방과 부엌, 작은 방의 창은 알곤충진률이 약 98% 이상으로 매우 높은 것으로 측정되었으며, 거실에 설치된 2짝의 창 중에서 실내에서 실외방향으로 봤을 때 왼쪽 창의 알곤 충진률이 약 82~86%정도인 것으로 측정되어 다른 창과는 달리 알곤충진률이 떨어진 것으로 조사됨
- 이와 같이 로이알곤충진 창마다 알곤 충진률이 다르게 나타나고 있으므로 현장에서의 품질관리가 중요한 것으로 판단됨



[그림 4.16] 제로에너지5등급주택의 로이알곤창 알곤충진상태 측정결과 1



[그림 4.17] 제로에너지5등급주택의 로이알곤창 알곤충진상태 측정결과 2

■ 품질관리 방안

- 로이알곤충진창의 품질관리에 대해서는 우리공사 고객품질혁신처에서 이미 공지한바 있으며 이를 정리하면 다음과 같음
- 휴대용측정장비인 Gasglass 측정장비 등의 사용을 통해 현장에서 감독자가 직접 측정 또는 창호를 납품하는 담당자로 하여금 측정하여 그 결과값을 보고하도록 하고 창호의 성능에 대한 성적서를 제출하게 할수 있음
- 두 번째는 육안검사 방법으로 단체표준규격(SPS-KFGIA-002-1799)의 품질기준 적합여부 현장확인 및 겉모양, 봉작품질 검사를 수행하며, 육안으로 적합여부는 이물질 침투여부, 부틸압착 폭의 정도, 부틸단선 여부 및 실리콘도포 깊이 등이 있으며 각 항목별 권고내용은 다음과 같음
- 부틸압착폭 : 두장의 유리 사이에 가스층 형성을 위하여 사용되는 스페이서를 유리에 부착시키기 위해 스페이서에 도포되는 부틸폭 → 3mm이상일 것
- 부틸단선 : 스페이서를 유리에 부착시키기 위해 스페이서에 도포되는 부틸폭의 끊어짐을 의미 → 단선이 없을 것
- 실란트 도포 깊이 : 유리 사이에 스페이서를 부착 후 수분이나 이물질이 유입되지 않도록 밀봉시키는 유기물 재료의 도포 깊이 → 폴리설파이드 3mm이상, 실리콘 재질 5mm이상일 것
- [그림 4.18]은 부틸단선과 접착제부산, 실링상태 등에 대한 불량사례를 나타냄



[그림 4.18] 육안으로 확인하는 로이알곤창 불량 사례

2.3 신재생에너지

- 제로에너지주택을 인증받기 위해서는 EO2에 의해 평가된 등급용1차에너지 소요량이 90kWh/m²yr 미만이며 에너지자립률이 20% 이상이어야 하며 자립률 수준에 따라서 제로에너지주택 등급이 정해짐(에너지자립률 100%일 때 1등급)
- 그러므로 제로에너지주택을 설계할 때 신재생에너지를 적용하여 최소한의 자립률을 달성하는 것이 필수적이며 자립률에 대한 원격검침결과를 표시할 필요가 있음
- ECO2에서 평가하는 자립률은 “1차에너지생산량/1차에너지소요량”으로 표시되며, 분모의 1차에너지소요량에는 신재생에 의한 에너지생산량이 포함되나, 실제 제로에너지주택에서의 에너지자립률 표시는 1차에너지소요량의 에너지항목에 해당하는 난방, 급탕, 조명, 전력에 대한 용도분리가 세대 내에서는 쉽지 않으므로 “에너지생산량/단지에서의 에너지소요량”으로 산출하여 표시하여도 무방함
- 이렇듯 제로에너지주택에서의 신재생에너지는 매우 중요한 설계요소중의 하나이므로 기 설치한 신재생에너지의 유지관리현황을 조사하여 가동현황과 가동 및 하자 등의 항목 및 원을 분석하여 적정 관리 방안을 논하고 자함

① 태양광 시스템

■ 현황조사

- 현재 우리공사에서 적용하고 있는 태양광 패널의 효율은 약 21.2%이며 셀의 면적은 4.72m²/kW 수준이고, 現 친환경주택건설기준으로 태양광 시스템의 용량을 산출한 결과를 <표 4.13>에 나타냄
- 에너지요구량은 103.5kWh/m²yr, 1차에너지소요량은 115~131kWh/m²yr 수준(기준 120kWh/m²yr 미만)이며 세대당 태양광용량은 0.24kW, 설치면적은 567m²로 지붕면적의 약 17~20% 정도를 차지하고 에너지자립률은 평균 약 7.2% 수준임

<표 4.12> 현 친환경주택 건설기준 적용 시 태양광 면적(500세대 연면적 30,060m² 기준)

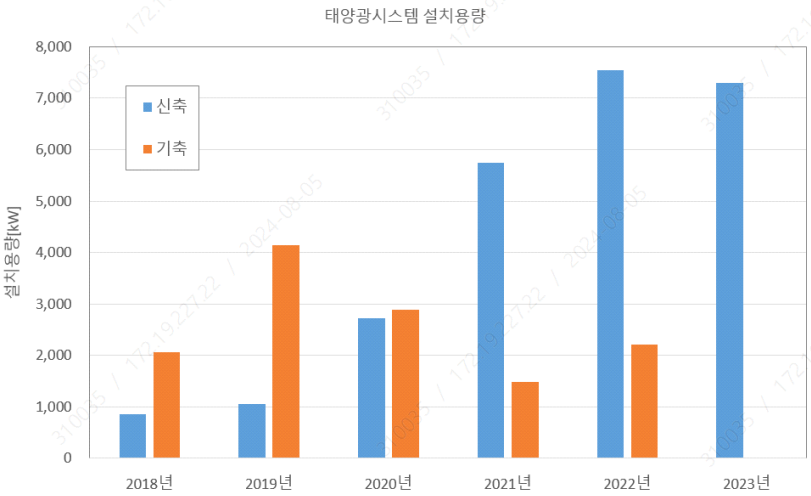
난방 방식	층수	세대수	연면적	평균 세대면적	태양광 용량	세대당 용량	태양광 면적	요구량	등급용1차 소요량	에너지 자립률
개별	20	500	30,060	60.1	120.2	0.240	567.5	103.6	131.4	5.71
	25	500	30,060	60.1	120.2	0.240	567.5	103.5	131.3	5.71
지역	20	500	30,060	60.1	120.2	0.240	567.5	103.6	115.5	8.62
	25	500	30,060	60.1	120.2	0.240	567.5	103.5	115.4	8.63

- 현재 공동주택에 설치된 신재생에너지는 효율과는 별개로 유지관리 및 하자측면에서 유리한 태양광시스템이 약 99%이상을 차지하고 있으며, LH는 <표 4.13>에서 보이는 것처럼 '06년부터 지금까지 약 52.7MW의 태양광을 설치하였음

<표 4.13> LH의 연도별 태양광시스템 설치 현황

연도	지구수	세대수[호]	설치용량[KW]
2006	4	2,962	663
2007	7	4,307	955
2008	10	5,627	886
2009	18	9,732	1,371
2010	18	12,365	1,507
2011	17	13,314	1,714
2012	34	25,727	3,036
2013	22	16,953	1,788
2014	3	2,439	255
2015	7	4,855	491
2016	12	7,649	618
2017	15	13,459	1,427
2018	38	24,147	2,917
2019	57	43,745	5,194
2020	69	44,415	5,606
2021	90	55,982	7,228
2022	115	85,567	9,755
2023	101	41,089	7,299
합계	637	414,334	52,710

- [그림 4.19]는 '18년부터 '23년까지의 기축과 신축주택에 설치된 태양광시스템의 용량을 연도별로 나타내고 <표 4.14>는 이를 표로 나타냄



[그림 4.19] 우리공사의 신축 및 기축주택의 태양광시스템 설치 현황

<표 4.14> 우리공사의 기축 및 신축 주택에 설치된 태양광시스템 설치 용량

구분	주택유형	단지수	세대수	설치용량
2018	기축	23	16,700	2,056
	신축	15	7,447	861
	계	38	24,147	2,917
2019	기축	39	33,373	4,136
	신축	18	10,372	1,058
	계	57	43,745	5,194
2020	기축	22	21,807	2,890
	신축	47	22,608	2,716
	계	69	44,415	5,606
2021	기축	13	12,120	1,480
	신축	77	43,862	5,748
	계	90	55,982	7,228
2022	기축	28	33,549	2,213
	신축	87	52,018	7,542
	계	115	85,567	9,755
2023	기축	15	0	0
	신축	86	41,089	7,299
	계	101	41,089	7,299

- 이렇게 많은 용량의 태양광시스템을 설치하였음에도 고장은 인버터에서 조금 있을뿐 태양광패널은 고장이 거의 없는 것으로 나타남
- 효율측면에서는 태양열시스템이 약 43%내외 지열시스템은 COP가 약 30% 향상되고, 열료전지는 난방과 급탕을 합한 열에너지의 약 15% 이상을 절감할 수 있는 반면, 태양광시스템은 발전효율이 약 20%대이므로, 다른 신재생시스템에 비해서 비용효율적이지는 못하나, 하자가 작고 유지관리가 편리하다는 측면에서 다른 신재생시스템보다 많이 사용하고 있음

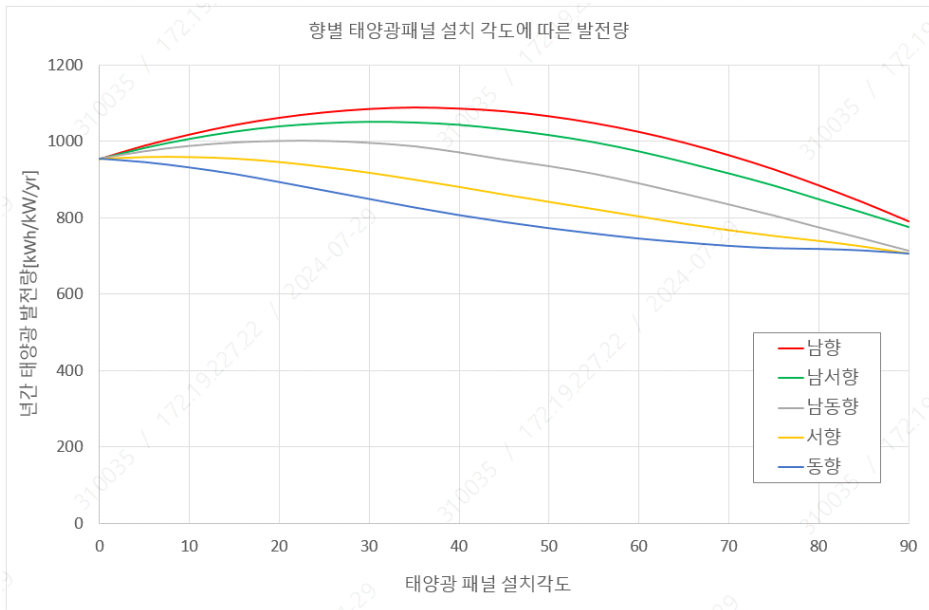
■ 설치 시 고려사항

- 태양광시스템은 하자가 크지 않으므로 유지관리방안에 대해서는 기존의 태양광시스템 설치 및 유지관리 지침을 참고하도록 하며, 여기에서는 태양광시스템 설치시에 설치각도가 태양광 효율에 크게 영향을 미치기 때문에 2010년에 토지주택연구원에서 개발한 [그림 4.20]의 “공동주택 신재생에너지 성능평가 프로그램”을 이용하여 태양광 패널 설치 각도에 따른 발전용량을 계산하고 [그림 4.21]에 나타냄
- 설치각도별 태양광발전량을 계산하기 위해 적용한 태양광시스템 설치 효율은 21.2%이며 셀의 면적은 4.72㎡/kW이며, 계산결과 입면태양광(BIPV) 설치 각도를 90도로

본다면 설치각도 35도에 비해서 신재생에너지 발전용량은 약 70% 수준인 것으로 계산됨에 따라, 에너지자립률을 높이기 위해서 물량 즉, 면적위주로 설치량을 늘리는 것도 보다는 발전효율을 고려한 설치각도의 고려가 매우 중요한 것으로 판단됨



[그림 4.20] 공동주택 신재생에너지성능평가 프로그램 개요



[그림 4.21] 태양광시스템 설치각도별 발전량

② 태양열시스템

■ 설치현황

- 2009년 이전에 공동주택에 설치되었던 태양열시스템은 부대복리시설의 급탕을 위해 자연대류에 의해 급탕이 순환되는 집열판 3장 위에 급탕탱크 일체형 시스템의 설치가 주를 이루었음
- 이후 공동주택에서의 신재생에너지의 설치가 중요해지면서 태양열시스템의 설치 는 부대복리시설에서 세대 적용방식들이 도입되게 되는데, <표 4.16>은 '09년 오산누읍 공동주택 단지의 세대내 급탕 보전을 위해 대규모의 태양열시스템 도입을 시작으로 지금까지 단지내 세대의 급탕을 위해 설치된 태양열시스템 설치 현황을 나타냄

<표 4.15> LH의 태양열시스템 설치 현황

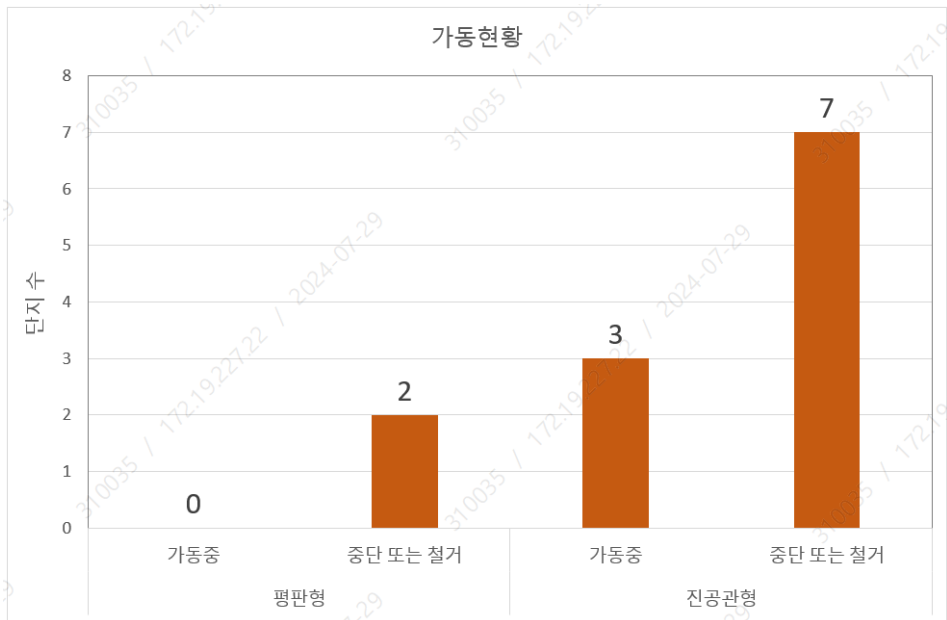
지 구	세대수	형식	용량(㎡)	사업연도
오산누읍1	1,179	평판형	1,680	2009
진주가좌1	627	단일 진공관형	377	2013
광주우산3	1,274	평판형	913	2012
대전법동3	1,488	단일 진공관형	1,305	2012
서울중계3	1,325	단일 진공관형	685	2011
인천영종A5	770	단일 진공관형	523	2011
인천영종A29	784	단일 진공관형	716	2011
고양삼송A16BL	469	단일 진공관형	337	2013
익산부송1	1,612	단일 진공관형	931	2011
익산부송3	540	단일 진공관형	326	2013
청주산남(2-1)	1,209	이중 진공관형	845	2012
청주산남(2-2)	776	이중 진공관형	531	2012

■ 유지관리 현황 조사

- 공동주택의 지붕에 태양열패널을 설치하여 세대의 급탕보전용으로 사용한다면 4호 조합 한 라인에 설치되는 태양열 집열판은 약 100㎡, 축열조 용량은 약 4,000리터 정도 될 것으로 예상됨
- 이럴 경우, 겨울철에는 낮은 외기온도 및 급탕사용량이 많기 때문에 축열조에 저장된

온수를 바로 사용하므로 큰 문제는 없으나, 여름철의 경우 외기온도가 30℃이상으로 올라가고 집열판에서 만들어진 온수의 사용이 작을 경우, 열매체 순환펌프는 제어조건에 따라 동작을 멈추게 됨

- 이럴 경우, 배관에 충전된 정체된 열매체는 일사로 인해 약 200℃이상 까지도 올라갈 수 있으며 이로인해 배관 접속부품에 있는 누수방지용 밸브의 신축에 의한 파손 등으로 배관내의 열매체가 누수되는 현상이 발생함
- 또한 집열판 내에서도 헤더와 분지배관간의 접합부위에서의 누수 등 고온가열로 인해 하자 발생이 예상되어 다른 신재생시스템에 비해서 열을 수수하는 측면에서 효율적인 태양광 시스템의 적용이 쉽지 않았음
- 그럼에도 우리공사에서는 접합부위를 용접처리하는 등 다양한 기술들을 적용하여 대용량의 태양광시스템을 2009년 오산누읍을 시작으로 도입하기 시작함
- [그림 2.22]는 대용량으로 설치된 태양열시스템 적용단지의 태양열 시스템의 가동 현황을 나타내며, <표 4.17>은 그간 설치한 태양열시스템 단지 개요를 비롯하여, 가동 현황 하나 내용 등을 나타냄



[그림 2.22] LH 단지내 설치된 태양열시스템 가동 현황

<표 4.16> LH의 태양열시스템 유지관리 현황

지 구	세대수	형식	용량(m ³)	가동현황	하자내용	사업 연도
오산누읍1	1,179	평판형	1,680	2016 중단 ('20철거)	· 입상 신축이음 부분 누수 · 열교환기전·후단밸브밀림 · 경사지붕합판부식때다른집열기탈락우려 · 태풍시배관커버탈락사례	2009
진주가좌1	627	단일 진공관형	377	2014 중단	· 장기간 미사용으로 하자내용 알수 없음	2013
광주우산3	1,274	평판형	913	2017 중단	· 부동액 순환 불량으로 집열판 과열 및 배관 손상 · 옥상집열기파손및누수 · 열교환기내부스케일발생 · 방열기소음및진동발생	2012
대전법동3	1,488	단일 진공관형	1,305	2019 중단	· 옥상 집열기 주변 접합부위 누수 · 집열기파손 · 열매체누수로인한펌프고장	2012
서울중계3	1,325	단일 진공관형	685	2017 중단 ('22철거)	· 이음부위 및 열매체배관 누수 · 동절기열매체배관동파	2011
인천영종A5	770	단일 진공관형	523	2021 중단	- '21년 관리소 관리소홀로 인한 기계실 침수로 가동 중단	2011
인천영종 A29	784	단일 진공관형	716	2020 중단	· 경사지붕내 열매체 누수로 하부세대 오염 · 옥상집열기주변동파및누수 · 열매체순환불량(배관내공기팽창)으로배관파손 · '20년순환배관동파로인한파열로가동중단	2011
고양삼송A1 6BL	469	단일 진공관형	337	가동중	· 에어벤트 작동 불량 · 기수분리기작동불량 · 부동기작동불량등	2013
익산부송1	1,612	단일 진공관형	931	가동중	· 자동제어 시스템 고장	2011
익산부송3	540	단일 진공관형	326	가동중	· 열매체 순환 펌프 누수	2013
청주산남 (2-1)	1,209	이중 진공관형	845	2016 중단	· 축열조 열매체 증발에 따른 냄새 민원 · 열매체누수로인한펌프고장 · 집열기주변배관누수	2012
청주산남 (2-2)	776	이중 진공관형	531	2016 중단	-	2012

■ 유지관리 방안

- <표 4.18>은 앞의 <표 4.17>에서 조사한 하자내용을 종합하고 그 하자내용별로 유지관리 및 대응방안을 나타냄
- 하자내용을 살펴보면 배관이음부위의 누수 및 동파 등에 의한 배관 하자가 가장 많았으며, 집열기의 파손과 펌프 고장 등의 하자를 비롯하여 에어벤트 및 기수분리기 불량 등의 소규모 부속품의 하자도 있었음
- 앞에서 언급하였던 것처럼 태양열시스템은 효율면에서 신재생시스템중에서 단열 우위에 있으므로 태양광시스템에만 편중된 제로에너지주택의 신재생에너지의 적용 다양성을 위해서라도 유지관리 및 대응방안 마련이 필요함
- 태양열시스템의 설계측면에서 배관 접합부위에서 고온으로 인한 누수를 방지하기 위해 용접 등 기술적용, 이음부위의 최소화 설계가 필요하며, 또한 에어벤트나 안전밸브가 제대로 작동하도록 해당밸브의 성능을 확인하고 적용하는 방안 등을 제안함
- 또한, 압력이상 경보기능이 필요하다거나, 공기빼기밸브의 적정위치를 조정하고 직경이 보다 큰 배관을 사용하는 등의 설계개선도 필요할 것으로 판단됨
- 무엇보다도 관리사무소에는 태양열시스템의 전문 관리인력이 배치될 필요가 있으며 관리자의 주기적인 교육 및 점검을 통해 하자 최소화를 달성하고 효율적인 유지관리에 노력하면 현재의 태양열 시스템의 하자를 충분히 줄여서 운영효율화에 기여할 것으로 판단됨

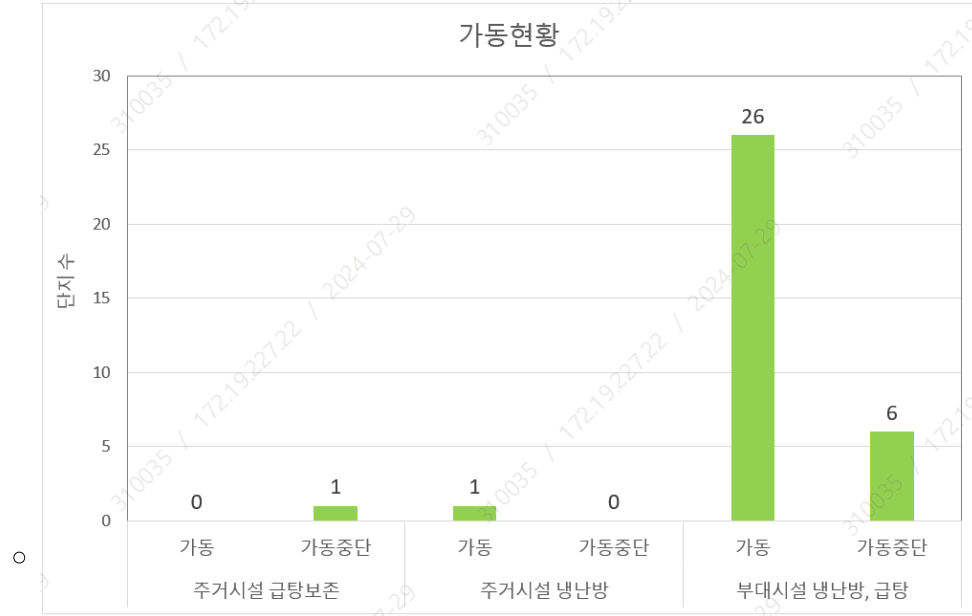
<표 4.17> 태양열시스템 하자내용 및 유지관리 대응방안

하자내용	유지관리 및 대응방안
- 입상 신축이음 부분 누수 - 경사지붕 합판 부식에 따른 집열기 탈락 우려 - 부동액 순환 불량으로 집열판 과열 및 배관 손상 - 옥상 집열기 파손 및 집열기 주변 누수 - 방열기 소음 및 진동 발생 - 축열조 열매체 증발에 따른 냄새 민원 - 열매체 누수로 인한 펌프 고장 - 동절기 열매체배관 동파 - 열매체 순환불량(배관내 공기 팽창)으로 배관 파손 - 에어벤트 및 기수 분리기 작동 불량	- 유지보수비용 과다에 대한 문제해결 필요 - 급탕비용 절감효과 미흡에 따른 대처방안 - 집열배관 이음부위 최소화 - 집열기 주위 배관 신축이음 - 압력이상 경보기능 필요 - 공기빼기밸브 적정위치 - 집열배관 확대 - 주기적 교육 등(매뉴얼 있으나, 활용성저하)

③ 지열시스템

■ 설치현황

- 지열시스템은 난방, 급탕만 하는 공동주택의 열원시스템으로는 적합하지 않다는 것은 이론적으로나 경험적으로 입증이 되고 있음. 즉 급탕이나 난방을 지열로 할 경우 ECO2 프로그램에서는 에너지가 절감되고 에너지자립률이 높아지지만, 실제로는 계산결과 만큼 효율성이 있지 않음
- 다시 말하자면, 지열을 이용한 급탕시스템의 원리는 히트펌프를 이용하여 저온 저압 측의 열은 땅속의 흙과 열교환하여 땅을 냉각시키고 고온·고압 측의 열은 온수를 데우는 데 이용하므로, 연중 계속 급탕만을 사용할 경우 땅의 온도는 저온 저압측의 냉매의 온도에 접근하므로 열교환량이 점점 작아져서 히트펌프의 COP가 크게 떨어지는 현상이 발생함에 따라, 지열시스템은 부대복리시설의 냉·난방을 위해 소규모의 시스템이 적용되어 왔으며, 일부 냉·난방을 하는 주상복합아파트의 경우에 대규모의 지열시스템이 적용되었음
- [그림 4.23]은 세대의 급탕보존과 세대의 냉난방, 부대시설의 냉난방 및 급탕을 위해 설치된 사례를 보이며, 주거시설의 급탕보존 시설은 중단된 것을 알 수 있음. <표 4.19>는 LH에서 설치한 지열시스템 현황 및 유지관리 현황을 나타냄



[그림 4.23] 열사용형태별 지열시스템 설치 및 가동 현황

<표 4.18> 지열시스템 설치 및 유지관리 현황

지 구	세대수	방식	용량(kw)	사용용도	가동현황	하자내용
동해전곡	416	밀폐형	냉난방 26 kw	관리소 및 경로당 냉난방,급탕	가동중	- 냉방설비 콤프레서 고장 및 냉매 누설
판교 제2테크노밸리	-	밀폐형	냉방 : 2,932 kw 난방:2,932kw	사무실 및 분양상가 냉난방용	가동중	- 열교환기에 지열수 혼입 (상상, 신성) -교번운전등자동안전제어불량(신성)
성남판교 A6·1BL (성남판교산운마을13)	1,396	밀폐형	냉방 : 29.8 kw 난방:35.5kw	방재실 냉난방	가동중단	-
성남판교 B2·1BL (10단지)	248	밀폐형	냉방 : 29.8 kw 난방:35.5kw	부대복리시설 냉난방	가동중단	- 냉난방 기능 작동 불량 -지열배관누수
목포남교 주상복합	204	밀폐형	냉방 : 178.57 kw 난방:178.57kw	냉난방	가동중	- 순환펌프 누수 및 작동불량
청도범곡	354	밀폐형	냉방 : 34.94 kw 난방:35.20kw	노인정	가동중	- 보충수펌프 압력스위치 불량 -냉온수순환, 열매체급탕,보충수펌프작동불량 -제어판넬의디지털온도조절계오작동
대구매천2BL	928	밀폐형	냉방 : 23.16 kw 냉방:18.11kw	부대복리시설 냉난방	가동중	-
대구율하2 C·1BL	528	밀폐형	냉방 : 24.5 kw 냉방:17kw	관리실 냉난방	가동중	- 냉방 기능 작동 불량 (기판 PLC 먹통)
아산탕정 1-A7BL	491	밀폐형	냉방 : 103.3 kw 난방:117kw	공동시설 냉난방	가동중	- 배관진동 및 소음
아산탕정 1-A1BL	868	밀폐형	냉방 : 114 kw 난방:110kw	관리동 냉난방	가동중	- 중앙제어반 통신불량
남양주금곡 1BL	352	밀폐형	냉방 : 700 kw 난방:700kw	공공청사 냉난방	공시중	-
서울서초 A2BL	1,082	밀폐형	냉방 : 16.71 kw 난방:16.38kw	경로당	가동중단	-
서울강남 A5BL	1339	밀폐형	냉방 : 79.32 kw 난방:71.50kw	도서관	가동중	- 공급수 밸브 누수 -솔레노이드밸브작동불량 -도서관일리고장
서울강남 A2BL	912	밀폐형	냉방 : 53.6 kw 난방:51.9kw	관리사무소, 경로당, 독서실,도서관	가동중	-
서울강남 A7BL	716	밀폐형	냉방 : 82.14 kw 난방:82.94kw	경로당, 관리사무소, 커뮤니티센터	가동중	- 압력계 고장 -경보발생시경보음알림

지 구	세대수	방식	용량(kw)	사용용도	가동현황	하자내용
						-소음및누수, 인버터고장 -판넬통신이상, 압축기고장
하남미사 A12BL	664	밀폐형	냉방 : 19.56 kw 난방:18.54kw	경로당(냉난방)	가동중	- 펌프 소음 및 누수 다수 -제어반작동불량, 누전차단기고장 -온도계손상, 펌프작동불량
하남미사 A16BL	620	밀폐형	냉방 : 17.52 kw 난방:17.44kw	관리사무소(냉난방)	가동중단	- 소음이 굉장히 심하며 냉난방 제대로 안됨(여름 냉방, 겨울 난방 둘다 안됨)
하남미사 A26BL	588	밀폐형	냉방 : 20.59 kw 난방:19.66kw	관리사무소(냉난방), 멀티프로그래밍(난방), 작은도서관(난방)	가동중	- 펌프누수 -히트펌프유닛작동불량수시로발생
서울서초 A4BL	424	밀폐형	냉방 : 20.26 kw 난방:19.19kw	노인정(냉난방)	가동중	- 냉방작동 불량
행정중심복합도시 2·1M6	1538	개방형	냉방 : 191.42 kw 난방:124.18kw	관리동 전체(냉난방)	가동중	-
행정중심복합도시 3·3M2	1100	밀폐형	냉방 : 58 kw 난방:58kw	관리사무소(냉난방), 어린이집(냉난방)	가동중	-
부천영상1BL	850	개방형	냉방 : 1731.6 kw 난방:1995.2kw 급탕:170.6kw	웹툰건축물 업무용 (냉난방,급탕)	공시중	-
인천상산2BL	1,622	밀폐형	확인불가	주민복지관, 관리동	가동중	-
무주남대천	303	밀폐형	냉방 : 35.69 kw 난방:36.73kw	관리사무소,노인정,복지동 (냉난방)	가동중	- 펌프, 배관 진동 및 소음
청원내수	409	밀폐형	냉방 : 33.73 kw 난방:36.99kw	관리,복지동 냉,난방	가동중	
진천덕산	284	밀폐형	냉방 : 38.51 kw 난방:39.21kw	관리,복지동 냉,난방	가동중	.열교환기누수 발생 -히트펌프누수발생 -냉매및열교환기누수및클래발생
창원반계 1BL	316	밀폐형	냉방 : 52.1 kw 난방:54.9kw	업무시설(창원지원센터,테 크노파크)	가동중	- 차단기 트립
평택고덕 A10BL	719	밀폐형	냉방 : 58.2 kw 난방:58.8kw	관리사무실 및 부대복리시설 냉난방	가동중	- 지열 순환펌프 작동 불량
용인서천2	663	밀폐형	급탕 : 690 kw 냉방:34kw, 난방:36kw	세대임주민 금림보존, 관리사무소 어린이집, 노인정 냉난방	가동중단	- 버퍼탱크(히트펌프) 입구쪽 누수

지 구	세대수	방식	용량(kw)	사용용도	가동현황	하자내용
안성아양 B-6BL	443	밀폐형	냉방 : 14 kw 난방:15.6kw	커뮤니티센터 냉난방	가동중	
서울강남A1	809	밀폐형	냉방 : 20.414 kw 난방:20.459kw	관리소 (난방), 정로당(냉난방)	가동중단	- 히트펌프 고장으로 사용중단(20.11~)
서울서초A3	790	밀폐형	냉방 : 3.792kw 난방 : 4.960kw	정로당 냉난방	가동중	-순환펌프 소음발생
하남미사A9	712	밀폐형	냉방 : 20.5 kw 난방:19.6kw	정로당 냉난방	가동중	- 펌프 누수, 부식, 작동불량
하남미사A15	976	밀폐형	냉방 : 36.09 kw 난방:35.45kw	관리소 직원 바뀐 이후 확인 불가	가동중단	
고양원흥A2	1193	밀폐형	냉방 : 3.4kw 난방:4.7kw	관리사무소 냉난방	가동중	-
고양원흥A4	598	밀폐형	-	관리사무소 냉난방	가동중	-
밀양기곡	104	밀폐형	냉방 : 407.1 kw 난방:419.4kw	공공청사 냉난방	공시중	-

- 지열시스템의 고장 및 관리한 이력은 압축기 고장, 열교환기내 누수, 자동제어 불량, 지열배관 누수, 순환펌프 불량, 센서 불량, 소음 등 일반 냉방시스템과 유사하면서 배관누수가 좀 더 있는 것으로 나타남에 따라 일반 냉동기관리와 같은 방법으로 유지관리를 하면 될 것으로 판단됨

3) 연료전지

- 연료전지는 <표 4.20>에 나타낸 바와 같이 2011년 성남판교 봇들마을에 세대 급탕용으로 처음 적용된 이후 두 개 단지에 더 적용되었으나, 현재는 2개 단지는 미가동되는 것으로 조사됨
- 미가동의 원인은 연료전지에서 가스를 사용하여 생산한 전기가 한전에서 공급하는 전기보다 비용이 비싸고, 전해질 막 교체 등 유지관리비용이 지속적으로 발생하기 때문인 것을 예상됨
- 고장 및 유지관리 사항으로는 스택 누수, 개질기 가스누설, Anode막 가습기 교체, 밸브 불량, 계측기 및 센서류 불량, 가스 블로어 작동불량, 쇼트 및 DC 라인 퓨즈손상, 차단기 트립 등이 있었음

<표 4.19> 연료전지 설치 및 유지관리 현황

지 구	세대수	형식	용량	사용용도	가동현황	하자내용	사업연도
화성향남2 A20	99	PEMFC 고체 고분자형 연료전지	30KW(6KW 5EA) +3.5톤축열조	아파트 급탕용	가동중	·스택 누수 ·개질기 가스 누설 ·Anode막 가습기 교체 ·가스역류방지 밸브불량 ·유량측정계 및 전동모터 밸브 고장 ·가스 블로어 작동불량 ·응축수 펌프 쇼트 ·DC 라인 퓨즈 손상 ·차단기 트립 ·순환수 온도센서 손상	2020
성남판교 (봇들마을5단지)	775	PEMFC	27KW(총 27EA)	아파트 급탕용	미가동	· 장기간 미가동	2011
성남판교 (봇들마을5단지)	775	PEMFC	27KW(총 27EA)	아파트 급탕용	미가동	· 장기간 미가동	2022

5) 풍력

- 풍력발전은 서귀포 대정에 6kW급으로 소형시스템을 설치하여 현재 가동 중이며, 과 부하로 인한 모니터링 시스템 고장이 있었음

○

제5장 결론

- 2021년 NDC 발표 이후, 주택분야의 탄소배출량 저감을 위해 수립한 공공기관 제로에너지주택 보급 의무화 로드맵 실천을 위해 2023.1월부터 LH는 제로에너지5등급 주택을 설계·보급하게 됨에 따라, 제로에너지5등급 주택의 에너지성능이 그 기능을 제대로 발휘하는지를 계측하여 평가를 할 수 있는 모니터링시스템을 제안하고, 에너지사용량과 제로에너지 관련 기술들의 조사를 통해 유지관리 현황 등을 파악하기 위한 목적으로 수행한 연구의 결과는 다음과 같음

1) 제로에너지주택 등급 취득을 모니터링 방안 제안

- 「공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정」에 따라 설치되는 건물에너지관리시스템(BEMS)과 제로에너지주택의 전자식 원격검침계량기 설치 취지가 동일함에 따라 비용 효율적 측면을 고려하여 세대 외에 부대복리시설만을 대상으로 3가지 이상 용도를 구분하여 계측하면 제로에너지등급 취득에는 문제가 없음
- 에너지원별 분리계측은 지역난방과 개별난방 지구 모두 현재의 원격검침으로 충분하며, 부대복리시설의 3가지 이상 용도 계측 항목으로는 계량기 설치가 비교적 쉽고 계측이 용이한 난방, 냉방, 급탕을 대상으로 계측하는 것을 제안하며, 만약 이들 용도분리 설치가 곤란할 경우에는 에너지사용 비중이 높은 순서인 운송(엘리베이터), 펌프, 환기, 조명으로 대체하여 계측기를 설치하여도 제로에너지등급 인증을 취득하는 데에는 문제가 없을 것으로 판단됨

2) 제로에너지주택 등급 취득을 모니터링 방안 제안

■ 계측항목 및 계측방법

- IEA의 제로에너지주택 M&V 의 규정에서 정한 제로에너지모니터링을 위한 단계별 항목들과 고려해야할 내용, ISO의 에너지원 분리 규정, 그리고 LH의 설계 내용들을 분석하여 지역난방과 개별난방 단지에 대해서 제로에너지주택 성능검증을 위한 계측항목과 설치할 계측기 및 계측방법 등을 제안하고, 용도별 에너지 사용량 분리 표시를 위한 계측값의 처리방법을 도출함(〈표 3.8〉, 〈3.9〉 참조)

■ 계측값을 이용한 에너지사용량 산출 및 처리 방법

- 지역난방 단지 2차측 난방 혹은 2차측 급탕 열교환기의 입출구의 열량을 측정하여 현재 설치된 계측기 등을 통해 세대 총 난방·급탕 열량, 부대시설 총 난방·급탕 열량, 배관손실열량 및 총 난방·급탕 열량을 산출하고 처리하는 방법과 개별난방의 경우, 보일러 가스배관과 난방배관에 가스유량계와 열량계를 설치하여 세대 총 난방열량과 급탕열량을 산출하는 방법을 제안함
- 이 밖에 세내에서 사용하는 냉방, 조명, 환기, 취사, 전기기기의 계측과 처리방법, 부대시설에서 사용하는 난방, 냉방, 급탕 등 용도 분리된 에너지의 계측과 처리방법, 그리고 에너지자립률의 산출과 처리방법에 대해서 제안함

3) 친환경주택 및 제로에너지단지 에너지사용량 조사

- 중부1(혹한지역), 중부2, 중부지역 및 남부지역에 건설되어 현재 거주 중인 지역 난방공급방식의 아파트단지를 대상으로 에너지절감량 0%(2009년 이전 사업승인단지) ~ 제로에너지5등급 단지까지 총 23개 단지를 대상으로 열 및 급탕사용량(열사용량)을 조사함
- 중부1지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 105~122kWh/m²yr이며, 에너지절감률 40%인 단지는 약 70~102kWh/m²yr, 에너지절감률 60% 단지는 약 55kWh/m²yr로 나타났으며, 에너지절감률은 16.5%~54.9% 정도 되는 것으로 나타남
- 중부2지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 93~119kWh/m²yr이며, 에너지절감률 40%인 단지는 약 98kWh/m²yr의 열에너지(난방+급탕)를 사용하였으며, 에너지절감률 60% 단지는 약 64~83kWh/m²yr, 그리고 제로에너지5등급단지는 50.3kWh/m²yr를 사용한 것을 조사되었으며, 에너지절감률 40%로 설계된 단지의 실제 사용한 에너지절감률은 약 18%, 에너지절감률 60%로 설계된 단지는 30~47%, 제로에너지단지 약 58%의 열에너지 절감률을 보이는 것으로 나타남
- 남부지역의 경우, 에너지절감률이 0%인 단지는 급탕 난방을 합한 열사용량이 약 77kWh/m²yr이며, 에너지절감률 40%로 설계된 단지의 77kWh/m²yr로 나타나서 실제사용량은 약 21.4% 수준인 것으로 조사됨

- 이와 같이 적용된 설계기준으로 시뮬레이션한 에너지절감률과 실제 사용한 에너지절감률은 다르게 나타나고 있지만 에너지절감률을 낮게 설계한 단지에 비해서 높게 설계한 단지가 모두 에너지절감률이 더 높은 것으로 조사됨에 따라 정부의 「에너지절약형 친환경주택 건설기준」 마련을 통해 추진한 주택분야의 에너지 절감 및 탄소배출감저감 정책은 실효성을 보이고 있는 것으로 판단됨

4) 로이알콘창의 알곤충진률 조사

- 제로에너지5등급단지의 두 세대에 대한 외기직접면 로이알콘창의 알곤충진률 실측결과 대부분 모든 창이 알곤 충진률은 약 92% 이상으로 측정되어 판유리창 호협회 단체표준의 성능 최소기준인 충진률 80%을 넘고 있어서 원래의 성능발휘에는 문제가 없을 것으로 판단되나, 일부 창호는 알곤 충진률이 약 82~86%정도인 것으로 측정되어 현장에서의 품질관리가 중요한 것으로 판단됨

5) 신재생에너지 사용실태 조사

- 공동주택에 약 99%이상을 적용하고 있는 태양광시스템은 유지관리측면에서 다른 신재생시스템에 비해 매우 양호한 것으로 나타나고 있어서 앞으로도 태양광시스템만으로 에너지자립률을 달성하고자하는 시장분위기는 계속될 것으로 판단되며, 문제는 옥상태양광 설치에는 옥상면적으로 한계가 있어서 입면 태양광을 설치하게 되는데 이때 에너지생산량이 약 30% 정도 낮아지기 때문에 이에 대한 기술개발 및 대책 마련이 필요할 것으로 사료됨
- 2009년 오산누읍 LH 아파트에 처음 대규모로 적용된 태양열시스템은 태양광 시스템보다 효율이 좋으므로 가동 당시에는 각광을 받았지만 시간이 지나면서 고장, 특히 고온고압으로 인한 열매체 배관과 집열판 접합부에서의 누수 문제가 많이 발생하고 전문인력이 부족한 관리소의 인력 구조상 유지보수가 어려워지면서 결국은 가동이 중단된 단지가 많이 있었음
- 태양열시스템은 다른 시스템에 비해서 효율이나 가격 면에서 우수하므로 다양한 신재생에너지 도입이 필요한 지금, 시스템 설치기술 개선 및 유지관리 전문인력 배치 등을 통해 지속적으로 적용한 방안을 모색하는 것이 바람직할 것임
- 지열시스템은 냉난방을 동시에 하는 주상복합아파트나 부대복리시설에 도입한 경우, 정상적으로 잘 운영되고 있으나, 급탕시스템을 위해 설치한 단지의

경우 지중온도가 점점 낮아지면서 지열열교환 효율이 떨어져서 가동을 중단한
 살계가 있음에 따라, 당초 설계에서부터 이러한 점들을 고려하여 도입 여부를
 결정해야할 것임. 2025.1월부터는 제로에너지등급을 평가할 때 냉방이 추가됨
 에 따라 공동주택의 냉난방 형태도 조금씩 변화가 있을 것으로 예상되며 이때
 냉난방용으로 소규모의 지열시스템 도입을 시도하면서 신재생 자립률을 향상
 시켜 제로에너지3등급 설계에 기여하는 신재생시스템으로 자리매김할 수 있음

- 연료전지는 2011년 성남판교 봇들마을에 세대 급탕용으로 처음 적용된 이후
 두 개 단지에 더 적용되었으나, 현재는 2개 단지는 미가동되는 것으로 조사되
 었으며, 미가동의 원인은 연료전지에서 가스를 사용하여 생산한 전기가 한전
 에서 공급하는 전기보다 비용이 비싸고, 전해질 막 교체 등 유지관리비용이 지
 속적으로 발생하기 때문인 것으로 조사됨에 따라 비용최적화 분석 등을 기반
 으로 도입적정성을 분석하여 신중하게 도입하는 것이 필요할 것으로 사료됨

참고문헌 Reference

LH 공공주택시설처(2021), “그린뉴딜 선도를 위한 공동주택 제로에너지관리시스템 설
 계기준(안)”

LH 공공주택시설처(2022), “제로에너지건축물 인증 및 원가절감을 위한 가스계량기
 설치기준 개선(안)”

LH 공공주택시설처(2014)에너지 계측 정밀도 향상 원격검침 시스템 개선(안)

한국에너지공단(2021), “제로에너지건축물 구현을 위한 전자식 원격검침 계량기 설치
 가이드라인 Ver. 1”

한국건축친환경설비학회(2019), “공동주택에서의 용도별 에너지사용량 분류, 계측 및
 원단위화 방법

한국표준협회(2014), KS F 1800-1, 2 건물에너지관리시스템

IEA(2013), Measurement and Verification protocol for Net Zero Energy Buildings

ISO, ISO 12655:2013, Energy performance of Buildings