

2025

제로에너지건축 전문인력 양성교육

입문교육



2025

**제로에너지건축
전문인력 양성교육**

입문교육

Contents

2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육
입문교육

PART A

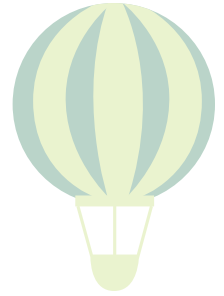
ZEB 소개

A.1 제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책	6
1. ZEB 개요	6
2. ZEB 정책 동향	8
3. ZEB 체계 및 추진방향	12
4. ZEB 사례	18

PART B

ZEB 기술

B.1 ZEB 패시브 기술 개요	28
1. 패시브 기술 개념	28
2. 패시브 요소 기술1	34
3. 패시브 요소 기술2	39
B.2 ZEB 액티브 기술 개요	44
1. 액티브 기술의 기본 개념	44
2. 공조설비 개요	54
3. 열원/급탕/조명설비 개요	66
B.3 ZEB 신재생 기술 개요	76
1. 신재생 기초 및 지역	76
2. 태양광 및 태양열	88
3. 기타 신재생 기술	98
B.4 BEMS 기술 개요	108
1. BEMS 정의 및 원칙	108
2. BEMS 운영 기술	116
3. BEMS 검증 기술	126



PART
C

ZEB 사례

C.1 ZEB 건물 설계 사례(주거)	134
1. 에너지자립주택 이노채	134
2. 단지 경관계획과 친환경설계	137
3. 이노채_그린	143
4. 이노채_갤러리	146
5. 이노채_컴포트	148
6. 주요 녹색 기술	150
C.2 ZEB 건물 설계 사례(비주거)	154
1. ZEB 통합설계 프로세스	154
2. 세운 5-1, 3구역 기부채납시설 ZEB 사례	156
C.3 ZEB 건물 컨설팅 사례	174
1. 스마트 제로에너지시티	174
2. 부산 에코델타 스마트빌리지 소개	175
3. 제로에너지 주요 적용기술	184
4. ZEB 운영이슈 및 개선과제	190
C.4 ZEB 건물 인증 사례(주거)	198
1. ZEB의 에너지 자립률	198
2. 공동주택 ZEB 인증사례	205
3. 평가방법 개선(안) 안내	212
C.5 ZEB 건물 운영 사례(비주거)	214
1. 비주거 ZEB 인증사례	214
2. 에너지관리시스템	223



2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

입문교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART A

ZEB 소개

[A.1]

제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책

ZEB 개요

ZEB 정책 동향

ZEB 체계 및 추진방향

ZEB 사례

A.1

제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책

교육 목표

ZEB 제도 및 정책

- * ZEB 다양한 정의 및 법적 정의의 이해
- * ZEB 구성요소(Passive, Active, New & Renewable) 및 각 요소별 적용 기술에 대한 이해
- * 국내 정책 흐름 및 제로에너지건축물 보급 확산 배경 이해
- * 제로에너지건축물 로드맵 이해
- * ZEB 인증 운영체계 이해 및 보급 활성화를 위한 추진 방향
- * ZEB 사례를 통해 적용 기술 및 최적화 컨설팅 지원사업 이해

1 ZEB 개요

◎ 제로에너지건축물의 다양한 정의

- 제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB)에 대한 정의는 국가별 기술 및 경제적 여건에 따라 다르게 통용

제로에너지건축물
정의

[녹색건축물 조성 지원법 제2조(정의)] 제4호 “제로에너지건축물”이란 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 말한다

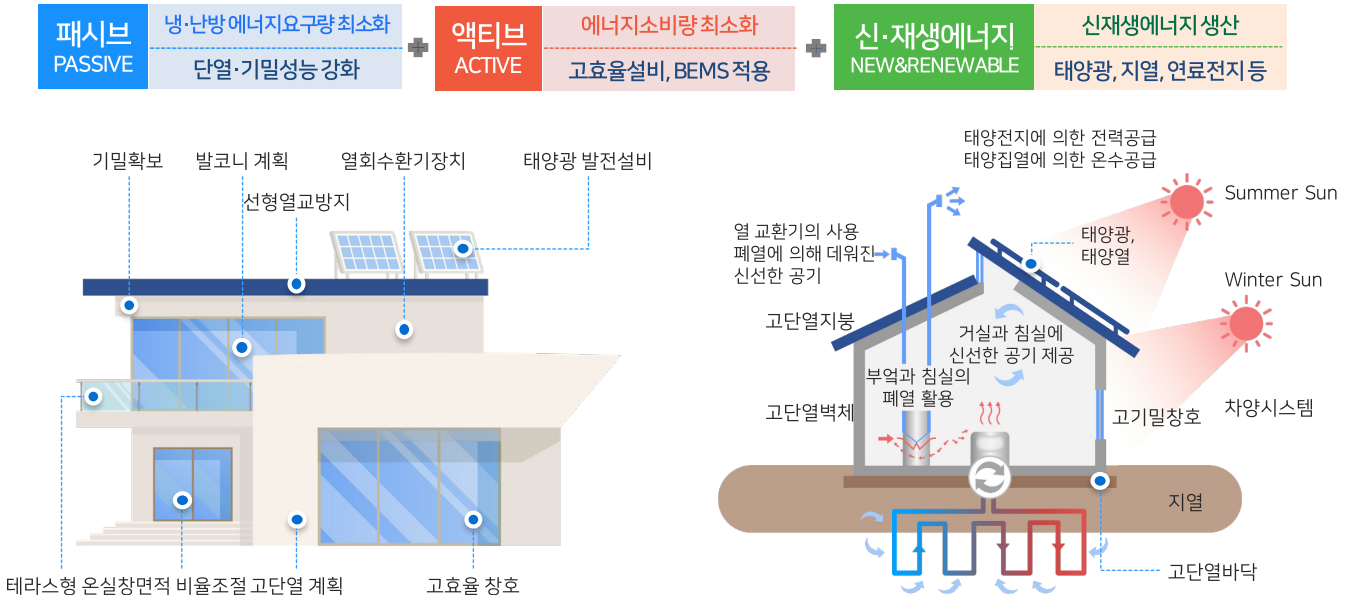
제로에너지건축물 수준



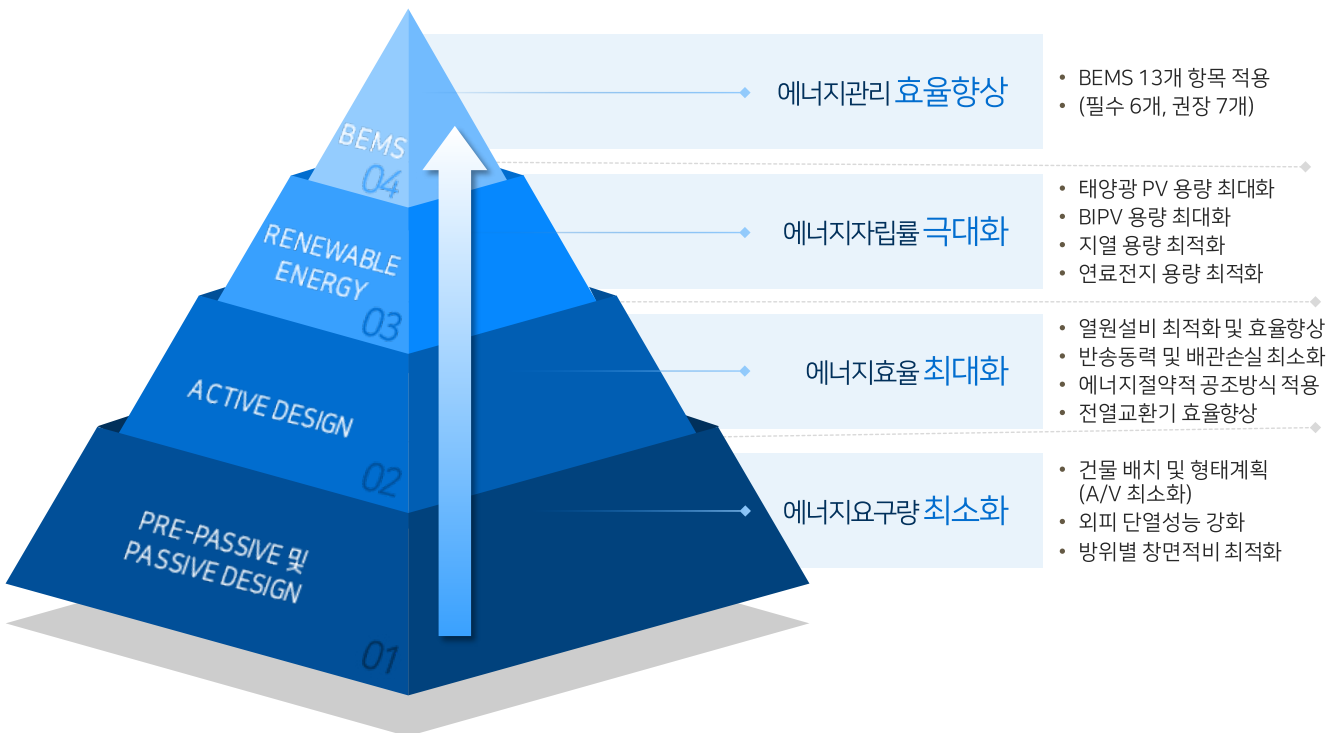
주요 국가



◎ 제로에너지건축물의 기술요소



◎ 제로에너지건축물 에너지 통합 설계

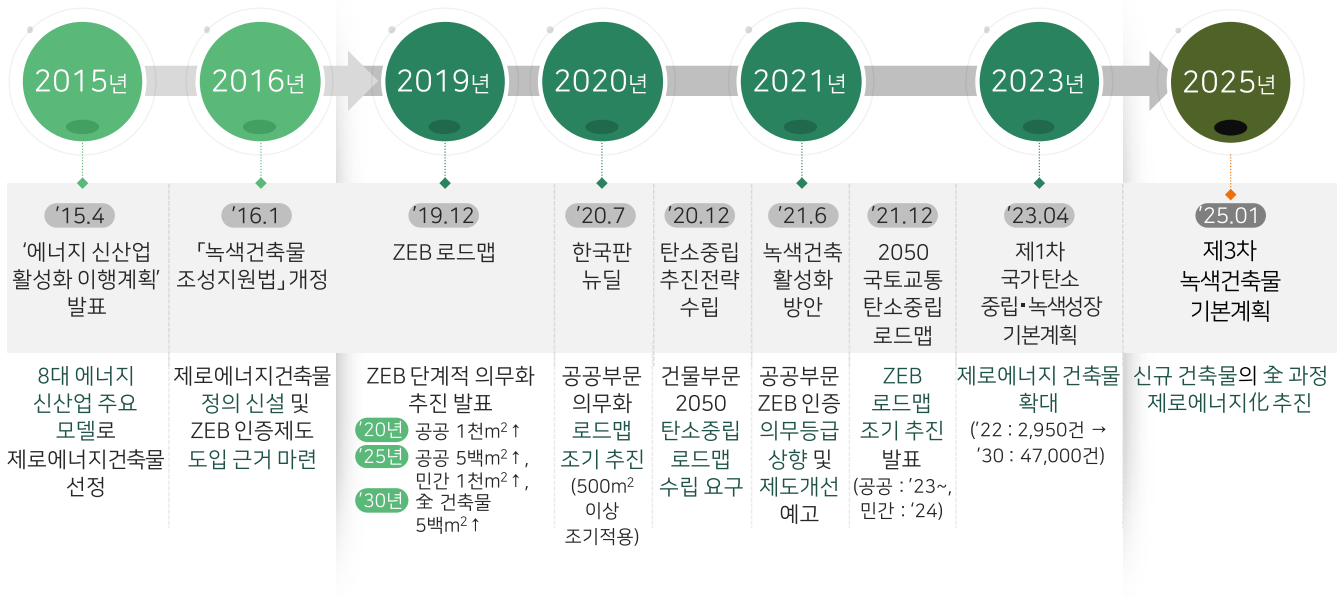


- 에너지 통합 설계의 네 단계 방안으로는 패시브 기술을 통한 에너지요구량 최소화, 액티브 디자인 기술을 통한 에너지효율 최대화, 신재생에너지 설비 용량 최적화를 통한 에너지자립률 극대화, 지속적인 에너지 관리를 위한 건물에너지모니터링시스템 설치가 있음

2 ZEB 정책 동향

◎ 국내 ZEB 정책 흐름

- 2017년에 ZEB 인증제도를 최초로 시행한 이후, ZEB 확산을 위한 단계적인 로드맵 수립과 제도 이행을 통하여 건물부문 국가 탄소중립 및 온실가스 감축 추진



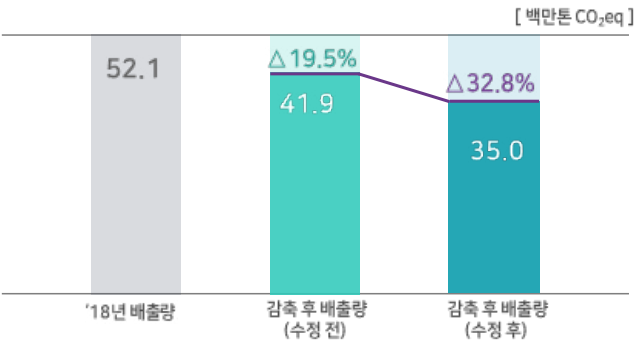
- 2050년까지 "국민의 생활 터전이 되는 모든 공간과 이동수단의 탄소 중립"을 목표로 건물, 교통, 국토와 도시, 국외 감축 분야에서 탄소 중립을 위한 다양한 과제를 추진하는 현행 적용 중인 의무화 로드맵
- 정부가 제로에너지건축물을 국가 건설부문 탄소 중립 및 온실가스 감축의 핵심 수단으로 여기고 있으며 보다 더 적극적인 노력으로 탄소 중립과 온실가스 감축하려는 정부의 의지가 내포되어 있음

◎ 제로에너지건축물 보급 확산 배경

- 2018년 배출량 기준에서 2030년까지 온실가스 감축 목표를 26.3%→40%로 상향하여 감축하는 도전적인 계획 발표
- 단순히 덜 쓰는 것이 아닌 건축의 최초 설계계획 단계부터 적극적으로 조치를 취해야 한다는 의미
- 건물은 한번 지으면 최소 30년 이상 유지되는 특성이 있어 초기에 건물 에너지 성능을 확보하는 것이 매우 중요

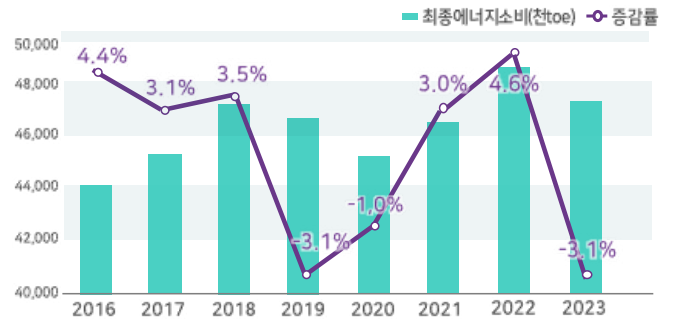
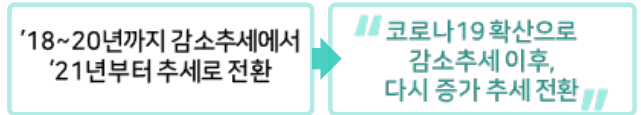
국가 NDC 상향 2018년 배출량 기준 2030년까지 온실가스 감축 26.3% ▶▶ 40%

건물부문 온실가스 감축 목표



NDC 상향에 따른 온실가스 감축 목표 증가

건물부문 에너지소비 현황

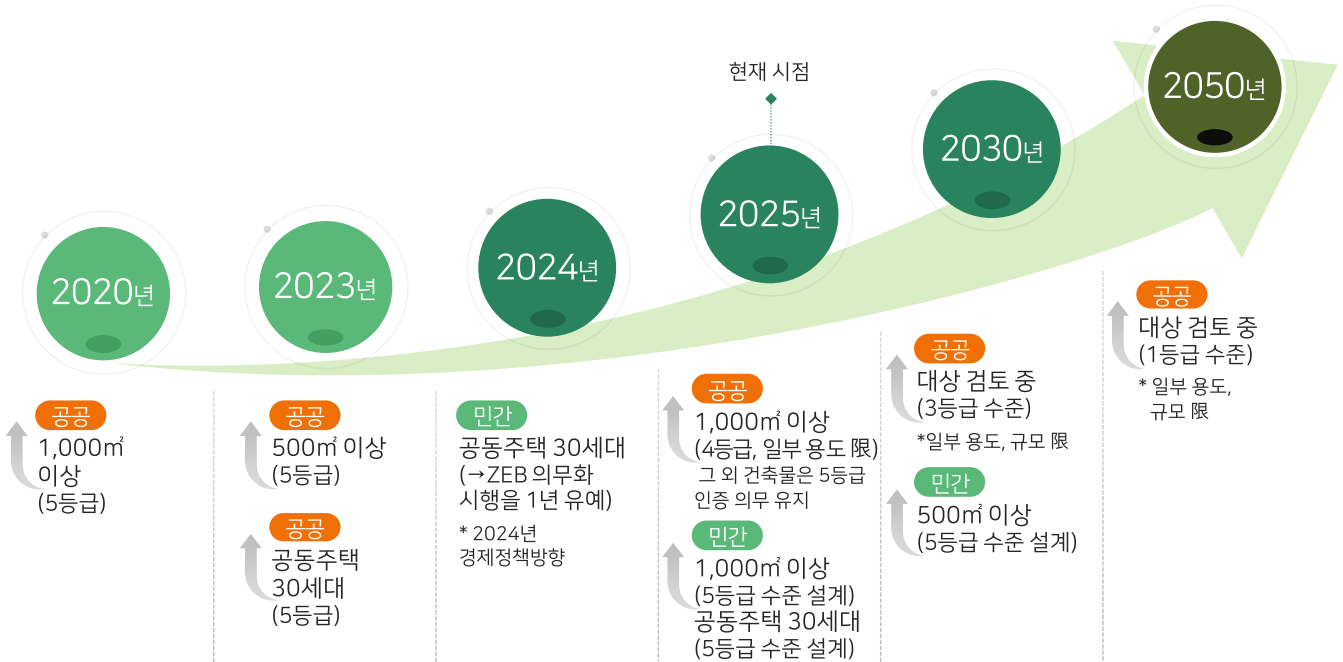


건물부문(가정·상업·공공) 최종에너지소비실적 추이

국가 NDC 달성과 에너지·경제적 측면에서 **한번 지으면 최소 30년 이상 유지되는 건축물 특성상 초기에 건물 에너지 성능을 확보하는 것이 중요**

◎ 제로에너지건축물 로드맵

- 정부는 2020년부터 연면적 1천m² 이상 신축 건물(공공 限)을 시작으로 단계적 의무화 추진
- 공공부문이 에너지절감 기술을 적극 활용하여 민간부문의 참여를 유도하는 방향으로 설계



◎ 참고서적 및 사이트

1. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do
2. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_main.asp
3. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/building_08.asp
4. 「2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안(18.7)」
5. 「제로에너지건축 보급 확산 방안(19.6)」
6. 「제2차 녹색건축물 기본계획(19.12)」
7. 「한국판 뉴딜 종합계획(20.7)」
8. 「탄소중립 선언」(20.10) 및 「2050 탄소중립 추진전략(20.12)」
9. 「국가 온실가스 감축목표 갱신 계획(20.12)」
10. 「제2차 녹색건축물 기본계획」 변경(21.04)」
11. 「2050년 탄소중립 달성을 위한 녹색건축 활성화 방안(21.06)」
12. 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」(23.04)
13. 「제3차 녹색건축물 기본계획」 변경(24.12)」

3 ZEB 체계 및 추진방향

◎ ZEB 인증 운영체계

- 제로에너지건축물 인증제도는 국토교통부, 산업통상자원부 주관 공동 운영, 한국에너지공단은 운영기관으로서 제도 운영 수행
- 실제 인증 업무를 수행하는 인증기관은 한국녹색기후기술원, 한국교육녹색환경연구원, 한국부동산원, 한국생산성본부인증원, 한국환경건축연구원, 한국건설생활환경시험연구원 등 총 6개 기관으로 지정되어 있음

주관 부처	운영 기관	인증 기관	인증기관(6개)
 <p>국토교통부 산업통상자원부</p>	 <p>한국에너지공단 KOREA ENERGY AGENCY</p>	 <p>REB KISEE kpc KRIFA KCL</p>	<p>한국부동산원 한국교육녹색환경연구원 한국환경건축연구원 한국생산성본부인증원 한국녹색기후기술원 한국건설생활환경시험연구원</p>

- ZEB 인증의 법적 근거는 녹색건축물 조성지원법 제2조, 제17조, 제41조로 구성되어 있으며 취득에 따른 인센티브 및 인증대상 건축물, 의무대상 건축물 등은 동법 시행령에 나와 있음
- 건축물 에너지효율등급 인증과 ZEB 인증에 관한 규칙에는 인증기관의 지정, 인증 신청, 평가와 인증서 발급 등이 있으며 인증 신청 보완, 재인증 및 재평가 등은 건축물 에너지효율등급 인증 및 ZEB 인증 기준을 따름

구분	법규명	주요 내용
법률	「녹색건축물 조성 지원법」	(제2조) 제로에너지건축물의 정의 (제17조) 제로에너지건축물 인증제도 (제41조) 인증결과 미표시 및 사용승인 시 관련 서류 미첨부에 따른 과태료
대통령령	「녹색건축물 조성 지원법 시행령」	(제11조) 제로에너지건축물 건축기준 완화 (제12조) 인증 대상 건축물, 의무 대상 건축물
국토교통부령 산업통상자원부령	「제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」	운영기관 및 인증기관의 지정 등 인증 신청, 평가, 기준, 발급 등 재평가 요청, 예비인증, 실태조사 등 인증운영위원회의 구성 및 운영 등
국토교통부 고시 산업통상자원부 고시	「제로에너지건축물 인증 기준」	인증신청 보완, 반려, 기준 및 등급 등 재인증 및 재평가, 위원회 운영 등

◎ 현행 ZEB 인증 기준

- ZEB 인증 취득을 위해서는 제1호 또는 제2호와 제3호를 만족하여야 함
- 인증 등급은 제1호 또는 제2호 중 높은 등급 산정 기준을 ZEB 인증 등급으로 함
- 에너지자립률은 건축물의 단위 면적당 1차에너지 소비량 대비 1차에너지 생산량의 비율

제로에너지건축물 인증기준

제 1호
단위면적당
1차 에너지 소요량

- 건축물의 단위면적당 전체 1차에너지소요량 산출 및 평가

[kWh/m²·y]

등급	주거용	비주거용
ZEB +등급	-10 미만	-70 미만
ZEB 1등급	10 미만	-30 미만
ZEB 2등급	30 미만	10 미만
ZEB 3등급	50 미만	50 미만
ZEB 4등급	70 미만	90 미만
ZEB 5등급	90 미만	130 미만

제2호
에너지자립률
20% 이상

- 건축물의 단위면적당 1차에너지 소비량 대비 1차 에너지생산량의 비율로, 20%이상 달성해야 함
- 냉방/난방/급탕/조명/환기 소비량 및 신·재생에너지 생산량 평가

[%]

등급	자립률
ZEB +등급	120이상
ZEB 1등급	100이상 120미만
ZEB 2등급	80이상 100미만
ZEB 3등급	60이상 80미만
ZEB 4등급	40이상 60미만
ZEB 5등급	20이상 40미만

제3호
건축물에너지관리시스템
(BEMS) 설치 여부 확인

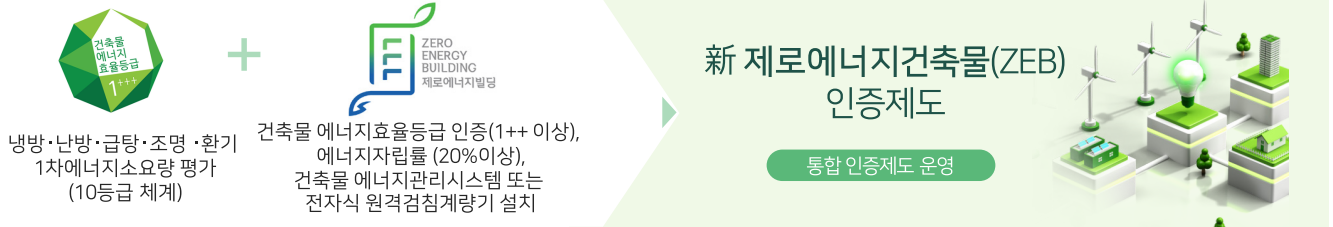
- 건축물 에너지효율화를 위한 기능을 갖추고 지속적으로 운영 및 관리되고 있는지 평가

시스템별 평가항목

건물에너지관리시스템 (BEMS) 13개 항목 (필수 6개, 권장7개)

◎ (참고) 통합 ZEB 인증제도(2025.1.1.~)

- 2025년 1월 1일부터 신규 건축 허가를 받는 건축물은 통합된 '제로에너지건축물 인증제도' 적용



통합 제로에너지건축물(ZEB) 인증 기본 방향

방향 1	방향 2	방향 3
<p>최소한의 변화</p> <p>✓ 現 인증 기준인 ①에너지자립률은 유지하되, ② 1차에너지소요량 기준을 추가하여 제도 수용성 강화 * 신청자가 기준을 선택하여 인증 취득</p>	<p>등급체계 간소화</p> <p>✓ 건축물에너지효율등급 인증제도 내 실효성과 수요가 없는 하위등급 삭제 * 건축물 에너지효율등급 : 7등급 ~ 1+++ 등급</p>	<p>ZEB 등급체계 확장</p> <p>✓ 진취적인 ZEB 확산을 위한 ZEB Plus 등급 신설 (에너지자립률 120% 이상)</p>

통합 제로에너지건축물(ZEB) 인증제도의 세부 평가기준은 ZEB 홈페이지(<https://zebenera.or.kr>)에서 확인 가능

◎ ZEB 인증 기준

에너지소요량 = 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에서 소요되는 에너지량 (5종 용도별평가)

에너지 소요량 산정방법(단위면적당)

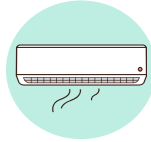
$$\Sigma(\text{해당 에너지소요량} \div \text{해당 에너지가 요구되는 공간의 바닥면적})$$

[난방에너지] +



난방에너지소요량
난방에너지가 요구되는
공간의바닥면적

[냉방에너지] +



냉방에너지소요량
냉방에너지가 요구되는
공간의바닥면적

[급탕에너지] +



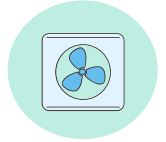
급탕에너지소요량
급탕에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

[조명에너지] +



조명에너지소요량
조명에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

[환기에너지]



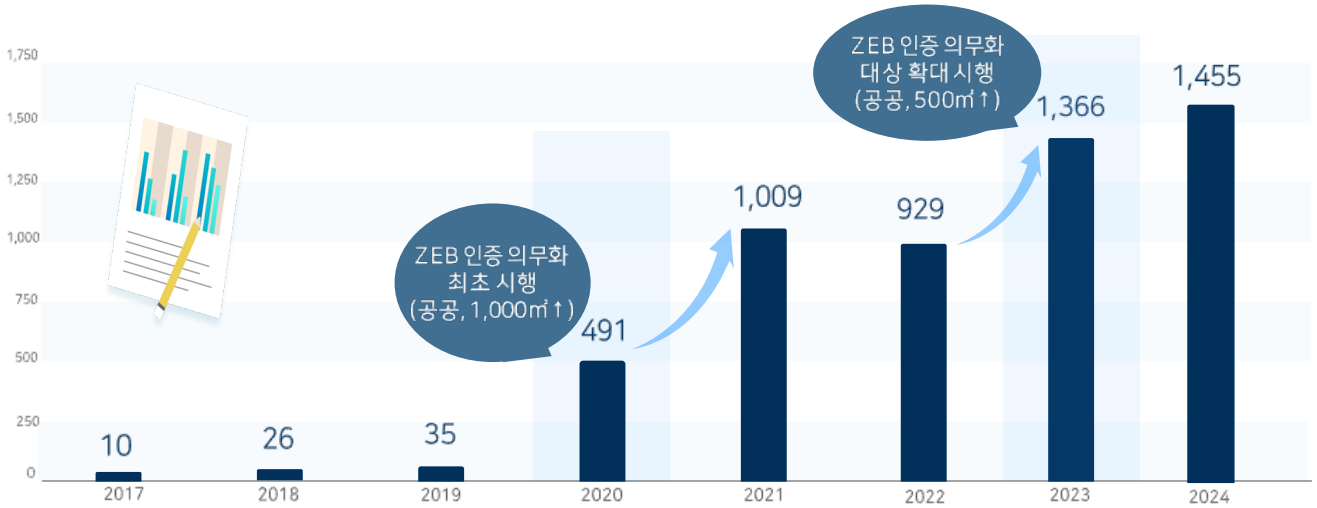
환기에너지소요량
환기에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

- ※ 냉방설비가 없는 주거용 건축물(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우는 냉방 평가 항목을 제외
- ※ 단위면적당 1차에너지소요량 = 단위면적당 에너지소요량 × 1차에너지환산계수
- ※ 신·재생에너지 생산량은 에너지소요량에 반영되어 효율등급 평가에 포함

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 (kWh/㎡·년)	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 (kWh/㎡·년)
ZEB +등급	-10 미만	-70미만
ZEB 1등급	10 미만	-30 미만
ZEB 2등급	30 미만	10미만
ZEB 3등급	50 미만	50 미만
ZEB 4등급	70 미만	90 미만
ZEB 5등급	90 미만	130 미만

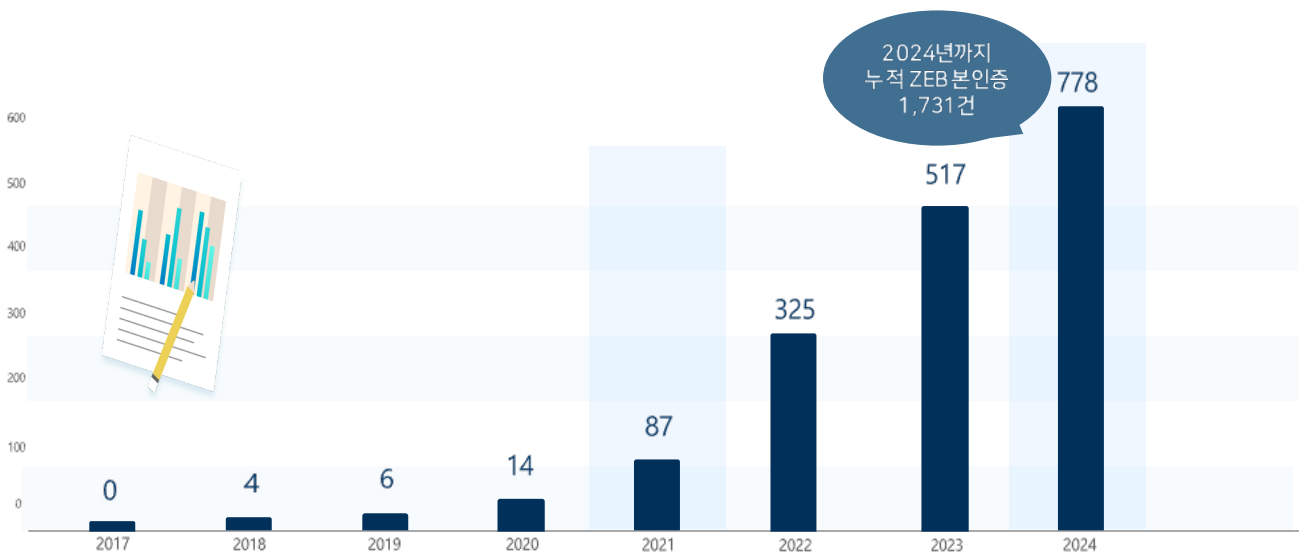
◎ ZEB 인증 현황 | 예비인증 현황

- 2017년 ZEB 인증제도 시행 이후, '20년 공공부문에 대한 ZEB 의무화 시행 시점을 기준으로 인증 건수 증가
- '21년 많은 증가를 보이며 '22년 안정화되어 예비인증 건수 다소 감소
- '23년 의무 대상 확대 시행되며 인증 건수 대폭 증가



◎ ZEB 인증 현황 | 본인증 현황

- 2017년 ZEB 인증제도 시행 이후, '21년부터 본격적인 건축물의 준공이 시작되어 인증 증가 추세
- 평균 공사 기간인 2년을 간격으로 본인증 건수 증가



◎ ZEB 인증 현황

ZEB 인증 현황 '20년 ZEB 인증 의무화 시행으로 증가(국토부 발표, ZEB로드맵에 따라 증가 예상)

연도별 제로에너지건축물 예비 및 본 인증 실적

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
예비 인증	10	26	35	491	1,009	929	1,366	1,455	5,321
본 인증	-	4	6	14	87	325	517	778	1,731
합 계	10 (0.14%)	30(0.42%)	41(0.58%)	505(7.16%)	1,096(15.54%)	1,254(17.78%)	1,883(26.70%)	2,233(31.66%)	7,052(100%)

공공 ZEB 의무화 최초 시행 (연면적 1,000㎡이상, 2020년 1월~) 공공 ZEB 의무화 대상 확대 (연면적 1,000㎡ → 500㎡ 이상, 2023년 1월~)

등급별 제로에너지건축물 예비 및 본 인증 실적

구분	ZEB 1	ZEB 2	ZEB 3	ZEB 4	ZEB 5	합계
예비 인증	165	145	412	1,245	3,354	5,321
본 인증	116	93	242	498	782	1,731
합 계	281(3.98%)	238(3.37%)	654(9.27%)	1,743(24.72%)	4,136(58.65%)	7,052(100%)

ZEB 4등급 이상이 전체의 약 40%

→제로에너지건축물인증시스템홈페이지 (<https://zebenergy.or.kr>) 내실시간 조회가능

4 ZEB 사례

◎ 판교 제2테크노밸리 기업지원허브

- 국내 최초 제로에너지건축물 본인증 취득 사례
- 연면적 약 8만㎡의 대형 건축물을 제로에너지화



건물명	판교 제2테크노밸리기업지원허브	대지위치	경기 성남시 수정구 대왕판교로 815
건축주	한국토지주택공사	준공일	2017.10.17.
효율등급	1++	규모	지하2층, 지상8층
연면적	78,802.08 m ²		


구분	요구량	소요량	1차 소요량	등급용 1차소요량
난방에너지	34.7 W/m ² ·K	28.4 W/m ² ·K	46.1 W/m ² ·K	45.2 W/m ² ·K
냉방에너지	18.9 W/m ² ·K	18.7 W/m ² ·K	27.0 W/m ² ·K	26.5 W/m ² ·K
급탕에너지	12.2 W/m ² ·K	19.0 W/m ² ·K	15.8 W/m ² ·K	9.7 W/m ² ·K
조명에너지	11.0 W/m ² ·K	8.4 W/m ² ·K	23.2 W/m ² ·K	19.9 W/m ² ·K
환기에너지	0 W/m ² ·K	13.0 W/m ² ·K	35.6 W/m ² ·K	35.9 W/m ² ·K
신재생에너지	0 W/m ² ·K	-17.3 W/m ² ·K	-37.4 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K
합계	76.9 W/m ² ·K	87.5 W/m ² ·K	147.7 W/m ² ·K	137.2 W/m ² ·K

1차에너지소비량	신재생에너지 생산량	에너지지킴률
185.12 kWh/m ² ·년	37.39 kWh/m ² ·년	20.2% (5등급)

● 적용 기술


PASSIVE 적용기술

01. 로이삼중창 (법적기준 대비 38% ↑)

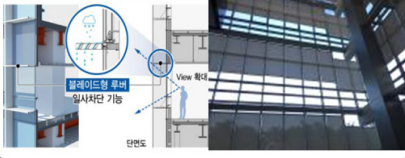


공기층
Low-E 코팅
알루미늄

02. 외단열 공법(단열성능 1.7배 강화)




03. 차양일체형 외피(냉방부하 0.3% ↓)



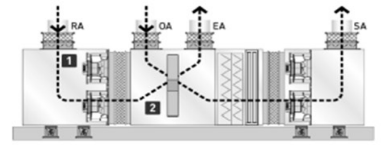
복합일체형 외피
일사차단 기능
단면도

ACTIVE 적용기술

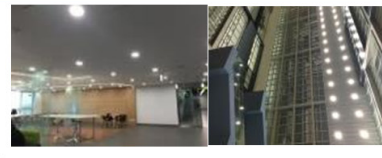
01. 외기냉방 공조 시스템



02. 공조기 전열교환기



03. 고효율 LED(4.18W/㎡)



신재생 설비

01. PV(612.75kWp), BIPV(13.44kWp) 설치



02. 지열히트펌프(2,931.96kW) 설치



03. UES(1,875Kva) 설치



상시
UES 625KVA
UES 625KVA
UES 625KVA

예비
UES 625KVA

Server
1,875KVA
30분 공급


Peak-Cut
750KVA
2시간 방전

Lithium Ion Battery

※ UES : UPS + ESS
※ UPS : 무정전 전원 공급장치(Uninterruptible Power Supply) ※ ESS : 에너지 저장장치(Energy Storage System)

◎ LG ThinkQ Home

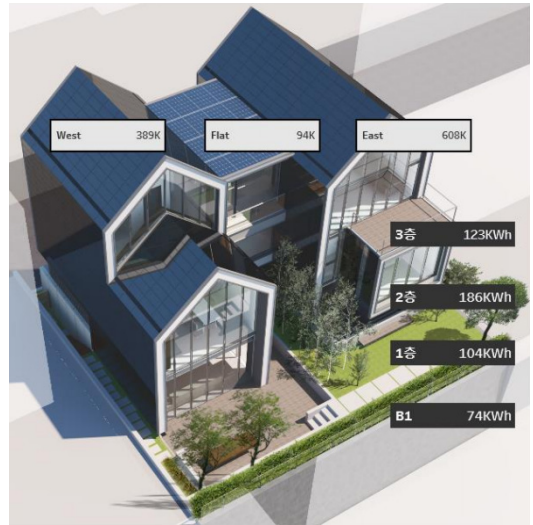
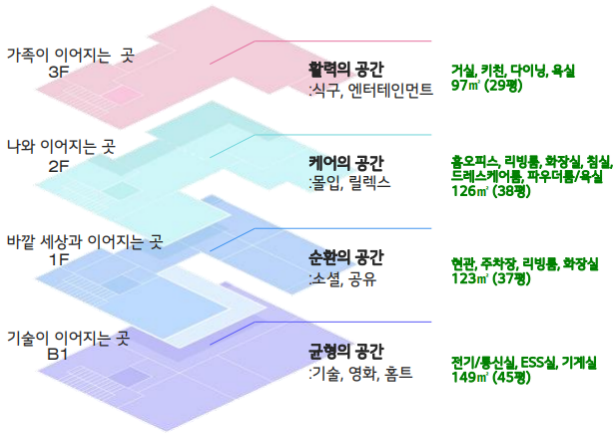
- 제로에너지건축물 인증제도 최초 1등급 취득 사례
- 단독주택 최초의 ZEB 인증 사례

건축주	(주)LG전자	
소재지	경기 성남시 분당구 산운로185번길 14-6	
대지면적	295.3056㎡	
건축면적	128.54㎡	
연면적	499.79㎡	
규모	지하1층 / 지상3층	
주용도	단독주택	
준공일	2020년 11월	
인증경과	<ul style="list-style-type: none"> · 건축물에너지효율등급 예비인증 취득(1+++ 등급, '20.2.6) · ZEB 예비인증 취득(2등급, 자립률 85.05%, '20.2.12) · 건축물에너지효율등급 본인증 취득(1+++ 등급, '20.10.16) · ZEB 본인증 취득(1등급, 자립률 121.6%, '20.11.13) 	

※ 본인증 평가결과

건축물 에너지효율등급	1+++	제로에너지등급(자립률)	1등급 (121.6%)
단위면적당 1차에너지소비량 (kWh/m ² ·년)	255.6	단위면적당 1차에너지생산량 (kWh/m ² ·년)	310.9
건물에너지관리 적용현황	건물에너지관리시스템		
주요Passive기술	<ul style="list-style-type: none"> · 창세트 커튼월(Low-E 삼중유리 사용) 적용 · 벽체, 지붕 외단열 시공(PF보드/준불연단열재) · 기밀 취약부위(창, 배관, 덕트, 전선 등) 기밀 시공 · 열손실 저감 위한 창면적비 최적화(방위별 특성 고려, 평균 창면적비 22.14%) 		
주요Active기술	<ul style="list-style-type: none"> · 통합배관방식(2관식) 지역난방 시스템(급탕, 난방 열교환기 적용) · 고효율 전열교환환기장치, LED조명(100%) 및 개별 조명제어 · BEMS 이용 자동제어장치(zone별 제어설비 적용) 		
주요 신재생 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 지붕(경사·수평) 및 외벽 활용 태양광 발전(PV, BIPV/총 55.765kWp) · 연료전지 설치(1kW) 		

층별 컨셉/공간/건축 규모



홈에너지

BIPV, ESS, HEMS

스마트홈

홈통합게이트웨이, 복합센서,
스마트미러, 모바일어플리케이션

유지관리

솔루션의 성능관리 및
업그레이드



홈 통합 솔루션

◎ 힐스테이트 레이크 송도

- 국내 최초 주거형(아파트) 제로에너지건축물 본인증 취득
- 고품형 제로에너지 시범단지



건물명	힐스테이트레이크송도	대지위치	인천광역시 연수구 송도동 397-11
건축주	송도랜드마크시티	준공일	2019.06.30.
효율등급	1++	규모	지하2층, 지상36층
연면적	155,833.02 m ²		

구분	요구량	소요량	1차 소요량	등급용 1차소요량
난방에너지	33.1W/m ² ·K	43.9W/m ² ·K	33.3W/m ² ·K	33.3W/m ² ·K
냉방에너지	0 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K
급탕에너지	30.7W/m ² ·K	37.5W/m ² ·K	27.8W/m ² ·K	27.8W/m ² ·K
조명에너지	9.6W/m ² ·K	4.3W/m ² ·K	11.8W/m ² ·K	11.8W/m ² ·K
환기에너지	0 W/m ² ·K	1.8W/m ² ·K	4.9W/m ² ·K	4.9W/m ² ·K
신재생에너지	0 W/m ² ·K	-8.6W/m ² ·K	-23.7 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K
합계	73.4W/m ² ·K	87.4W/m ² ·K	77.8W/m ² ·K	77.8W/m ² ·K

1차에너지소비량	신재생에너지 생산량	에너지자립률
101.50 kWh/m ² ·년	23.72 kWh/m ² ·년	23.37% (5등급)

● 적용 기술

PASSIVE 적용기술

01. 로이이중창 (법적기준대비 42% ↑)

02. 경질우레탄 (법적기준대비 42~58% ↑)

03. 전 세대 기밀성능 2.0회/h 미만

ACTIVE 적용기술

01. LED 조명기기 (조명밀도5.11W/m²)

02. 고효율 전열교환기 (난방73.5%, 냉방66.6%)

03. 지역난방 콤팩트 설치

난방 : 6,063.95kW
급탕 : 3,088.37kW

신재생 설비

01. PV(773.52kWp) 설치 (효율 20.3%)

02. 연료전지(1kW) 설치 (효율 86.12%)

◎ 동탄7동 도서관(왕배푸른숲 도서관)

- 국내 최초 공공부문 제로에너지건축 1등급 취득 사례
- 예비인증 단계 5등급 인증 계획, 컨설팅을 통해 본인증 1등급 상향 취득



구분	내용
건물명	동탄7동 도서관(왕배푸른숲 도서관)
대지위치	경기도 화성시 동탄 택지구 제 14호 근린공원
용도	교육연구시설(도서관)
대지면적	282,284.00㎡
건축면적	1,237.12㎡
연면적	2,195.54㎡
규모	지상2층

- ZEB 예비인증서 및 본인증서

예비인증서 제로에너지 5등급

제로에너지건축물 예비인증서	
건축물 개요	인증번호
건축물명 : 왕배푸른숲 도서관	20250622-1231-0171
승공연도 : 2026.06.30	평가자 : 이주영
주 소 : 김원중에너지연구소 / 동탄7동 주민자치센터 12주단지 1231-01, 1231-02	인증기관 : 한국녹색기후기술원
층 수 : 지상 2층 / 지하 1층	발령기관 : 한국에너지공단
연 면 적 : 653.28 (㎡)	유효기간 : 사용승인 또는 사용검사 완료일
건축물의 주요 용도 : 제1종 근린생활시설	인증 등급
상가차 : (주)정체이중화건축사사무소	제로에너지건축물 인증 등급 : 5 등급
건축물 대지 및 상해내지 면적(제외면적 제외) : 2,195.54 (㎡)	<input type="checkbox"/> 에너지 자립률(%) 합 계 : 24.99 %
	대지 내 : 24.99 %
	대지 외 : 0.00 %
	<input type="checkbox"/> 연간 단위면적당 1차 에너지 소모량(kWh/㎡·년) : 172.0 kWh/㎡·년

※ 해당 인증결과는 국제규격에 따라 건축물의 냉방·난방·급탕·조명·환기에너지 성능을 정량 평가 (Asset Rating)한 결과로 실제 사용 환경에 따른 에너지 사용량과 다를 수 있습니다.

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량 : 172.0 kWh/㎡·년

에너지 자립률 : 24.99%

제로에너지건축물 인증 등급 : 5 등급

건축물에너지관리시스템 설치 여부 []

연간 단위면적당 에너지 소모량 : 건축물에 설치된 냉방·난방·급탕·조명·환기에너지 사용량에 연료의 제척, 가열, 운송, 당 에너지량

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량 : 1차 에너지 총소모량 대비 1차 에너지 공생 에너지 자립률

※ 상해내지 면적은 「제로에너지건축물 인증에 관한 규정」 제8조제3항에 따라 국토교통부 에너지인증센터에서 측정된 면적이며, 제로에너지건축물 인증을 받은 건축물은 한층 후에 에너지인증 및 인증 등급 향상을 위한 면적 증가가 가능합니다.

위 건축물은 「녹색건축을 조성 지원법」 제17조 및 「제로에너지건축물 인증에 관한 규정」 제11조 제3항에 따라 제로에너지건축물 (5) 등급으로 결정되어 이 예비인증서를 발급합니다.

2025년 06월 22일

한국녹색기후기술원

본인증서 제로에너지 +등급

제로에너지건축물 인증서	
건축물 개요	인증번호
건축물명 : 제로에너지연구소	20250430-2241-0127
승공연도 : 2025.05.02	평가자 : 김한기
주 소 : 경기광역시 금천로102번길 30	인증기관 : 한국녹색기후기술원
층 수 : 지상 2층 / 지하 1층	발령기관 : 한국에너지공단
연 면 적 : 499.47 (㎡)	유효기간 : 2025.04.30 ~ 2035.04.30
건축물의 주요 용도 : 교육시설	인증 등급
상가차 : 다다건축사사무소	제로에너지건축물 인증 등급 : + 등급
평가사(공차) : (주)스파라넷	<input type="checkbox"/> 에너지 자립률(%) 합 계 : 130.99 %
공사감독자 : 다다건축사사무소	대지 내 : 130.99 %
건축물 대지 및 상해내지 면적(제외면적 제외) : 2,195.54 (㎡)	대지 외 : 0.00 %
	<input type="checkbox"/> 연간 단위면적당 1차 에너지 소모량(kWh/㎡·년) : -41.5 kWh/㎡·년

※ 해당 인증결과는 국제규격에 따라 건축물의 냉방·난방·급탕·조명·환기에너지 성능을 정량 평가 (Asset Rating)한 결과로 실제 사용 환경에 따른 에너지 사용량과 다를 수 있습니다.

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량 : -41.5 kWh/㎡·년

에너지 자립률 : 130.99%

제로에너지건축물 인증 등급 : + 등급

건축물에너지관리시스템 설치 여부 []

연간 단위면적당 에너지 소모량 : 건축물에 설치된 냉방·난방·급탕·조명·환기에너지 사용량에 연료의 제척, 가열, 운송, 당 에너지량

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량 : 1차 에너지 총소모량 대비 1차 에너지 공생 에너지 자립률

※ 상해내지 면적은 「제로에너지건축물 인증에 관한 규정」 제8조제3항에 따라 국토교통부 에너지인증센터에서 측정된 면적이며, 제로에너지건축물 인증을 받은 건축물은 한층 후에 에너지인증 및 인증 등급 향상을 위한 면적 증가가 가능합니다.

위 건축물은 「녹색건축을 조성 지원법」 제17조 및 「제로에너지건축물 인증에 관한 규정」 제11조 제1항에 따라 제로에너지건축물 (+) 등급으로 결정되어 이 인증서를 발급합니다.

2025년 04월 30일

한국녹색기후기술원

1차에너지소요량 172.0kWh/㎡y

에너지 자립률 24.99%

1차에너지소요량 -41.5kWh/㎡y

에너지 자립률 130.99%

◎ 제로에너지건축물 기술요소 참고서 및 우수사례집

- ZEB 보급과 확산을 위한 한국에너지공단 건설링 지원사업 관련 간행물

제로에너지건축물 인증 홈페이지(<https://zeb.energy.or.kr>) → “공지사항”

ZEB 인증
기술요소 참고서



2022.03 최초 발간
(2024.04 최신본 게시 중)

ZEB 건설링 지원
우수사례집



2022.03 최초 발간
(2024.04 최신본 게시 중)

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do
2. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_main.asp
3. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/building_08.asp
4. 녹색건축물 조성 지원법 및 시행령
5. 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙
6. 제로에너지건축물 인증 기준
7. 건축물의 에너지절약 설계기준

2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

입문교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART B

ZEB 기술

[B.1]

ZEB 패시브 기술 개요

패시브 기술 개념
패시브 요소 기술1
패시브 요소 기술2

[B.2]

ZEB 액티브 기술 개요

액티브 기술의 기본 개념
공조설비 개요
열원/급탕/조명설비 개요

[B.3]

ZEB 신재생 기술 개요

신재생 기초 및 지열
태양광 및 태양열
기타 신재생 기술

[B.4]

BEMS 기술 개요

BEMS 정의 및 원칙
BEMS 운영 기술
BEMS 검증 기술

B.1

ZEB 패시브 기술 개요

교육 목표

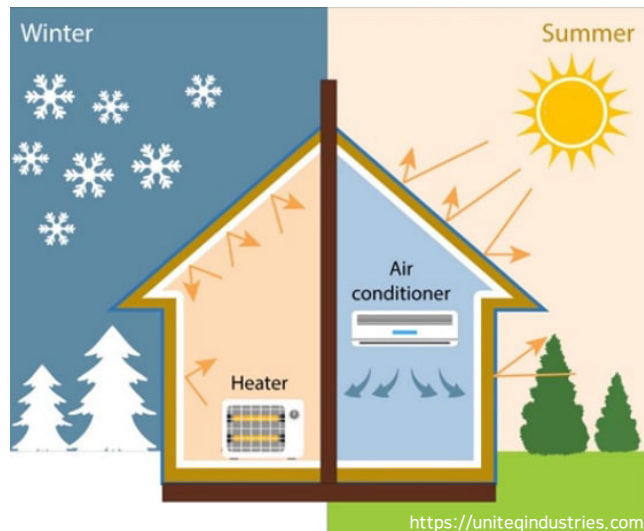
ZEB 패시브 기술 개요

- * ZEB 구현을 위한 건물의 에너지 사용 흐름의 이해
- * ZEB 구현을 위해 우선적으로 적용해야 하는 패시브 개념의 이해
- * 건물배치와 형상이 건물의 에너지성능에 미치는 영향력의 이해
- * 고단열, 고기밀 관련 기술들의 주요 내용 이해
- * 창호 성능 관련 용어 학습 및 관련 개념 이해
- * 자연채광 및 자연환기의 효과와 방식 이해

1 패시브 기술 개념

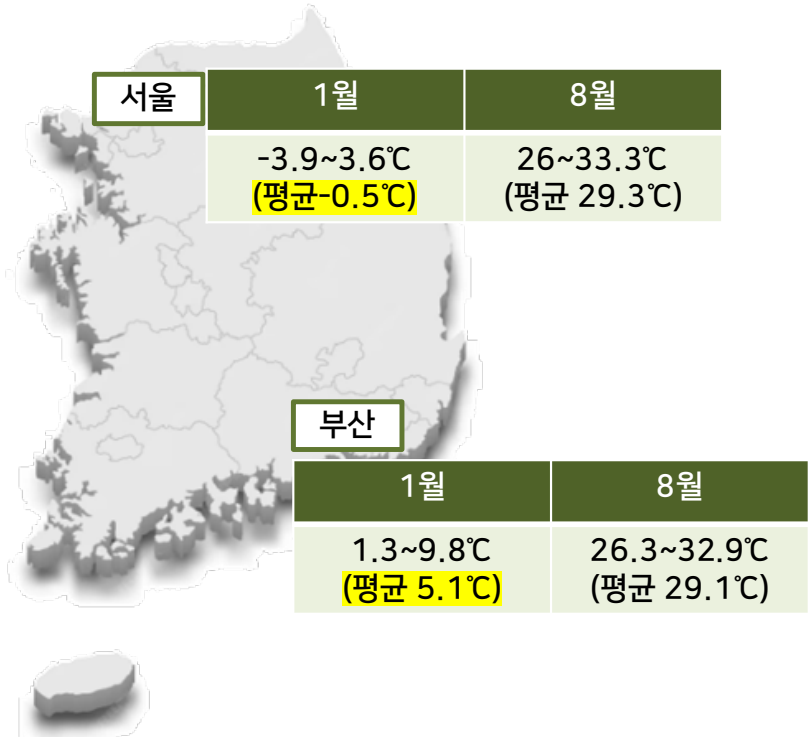
◎ 건축물의 역할

- 건축물의 역할 중 하나는 실내환경을 쾌적조건으로 유지하는 것
- 여름에는 실외로부터 유입되는 열을 차단하고, 실내에서 발생하는 열을 제거해야 함(냉방)
- 겨울에는 실외로 유출되는 열을 차단하고, 실내에 열을 발생시켜야 함(난방)



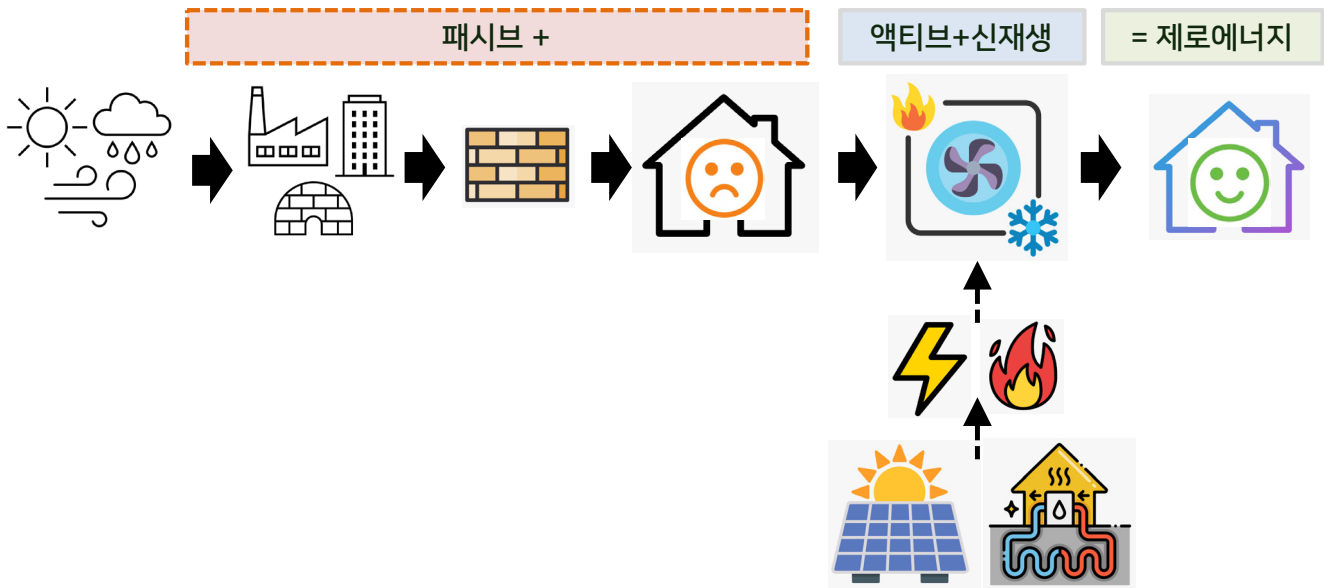
◎ 외부환경(기후)

- 우리나라는 사계절 기후로 여름에는 덥고 습하고 겨울에는 춥고 건조함
- 또한 지역별로도 기후차이가 발생함(중부, 남부, 제주)



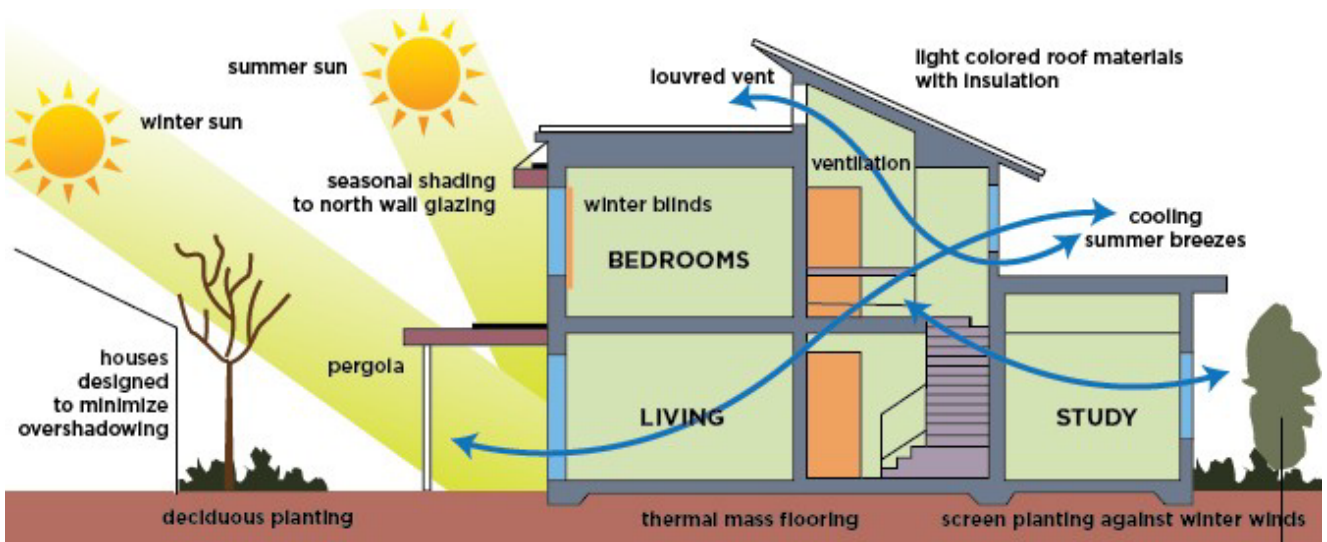
◎ 건물에서의 에너지 사용 흐름과 ZEB

- 패시브 설계 - 외피 성능 등에 의해 1차적으로 실내환경이 결정 될 때, 요구되는 에너지를 최소화시키는 것
- 액티브 설계 - 1차적으로 결정된 실내환경을 건물 사용자가 원하는 조건으로 개선하기 위해 투입되는 설비
- ZEB 구현 개념 - 액티브 설비 운영을 위해 필요한 에너지를 신재생에너지로부터 생산하는 것
- 패시브 설계는 액티브와 신재생 도입 전에 실시되며, 건물의 에너지 체력(Potential)을 강화



◎ 패시브 디자인

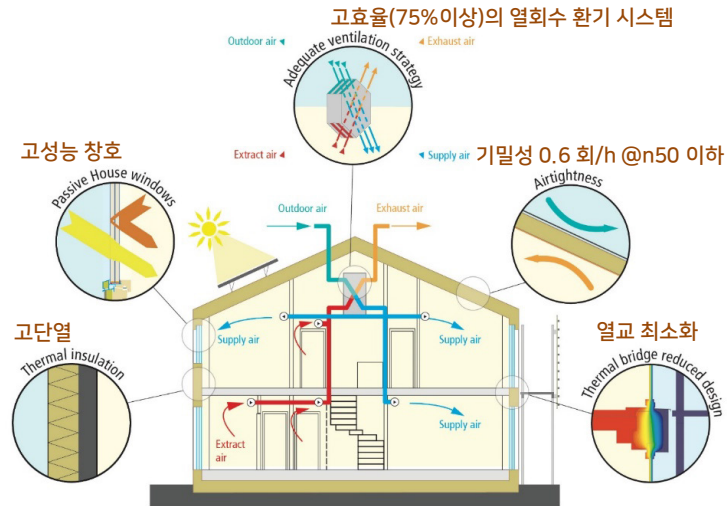
- 쾌적한 실내환경을 조성하면서 에너지 사용량이 낮은 건물을 구현하기 위해 자연에너지를 활용한 건축계획 기법
- 건축계획 기법: 건물 배치 및 형상, 단열과 기밀, 환기, 일사 조절 등



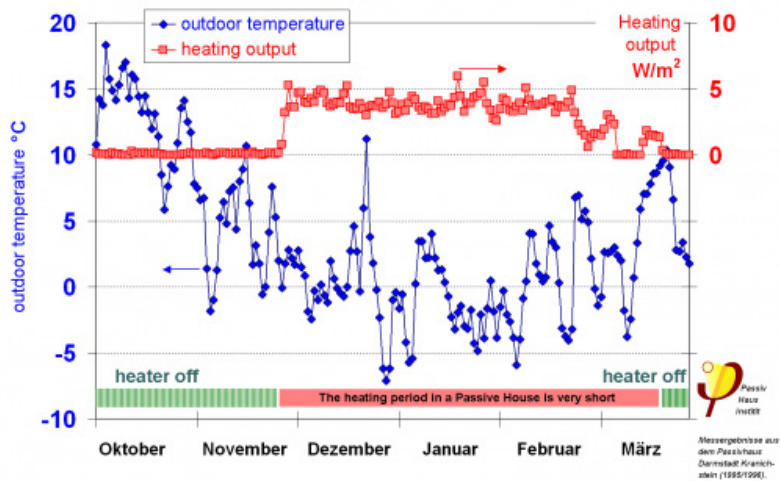
Source: <https://greenhome.osu.edu/passive-design>

◎ 패시브 하우스

- 별도의 난방 또는 냉방 시스템 없이도 쾌적한 실내 환경을 유지할 수 있도록 설계된 초고효율 에너지 주택



<https://passiv.de/>



- 독일에서 처음 시작된 개념으로 국내 건축적 특징과 기후조건 등을 고려하여 1차에너지소요량 기준 상이
- 국내 패시브하우스 인증과 ZEB 인증의 경우 가전기기 소비량을 고려하지 않으나, 독일 패시브 하우스인증은 포함

◎ 패시브 기술의 종류

- 건물 배치 및 형상 / 외피의 단열과 기밀 / 일사조절 / 자연환기



◎ 패시브 기술의 특징

- 운영비용(에너지) 불필요
- 건축물 계획단계에서 적용
- 우선적 수단
- 건물 운영단계 온실가스 배출 없음

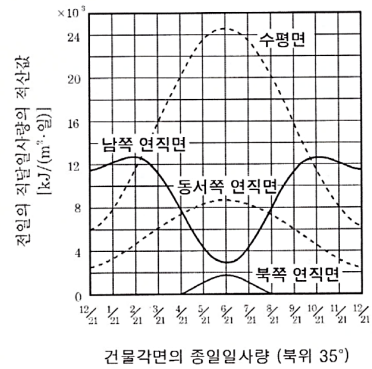
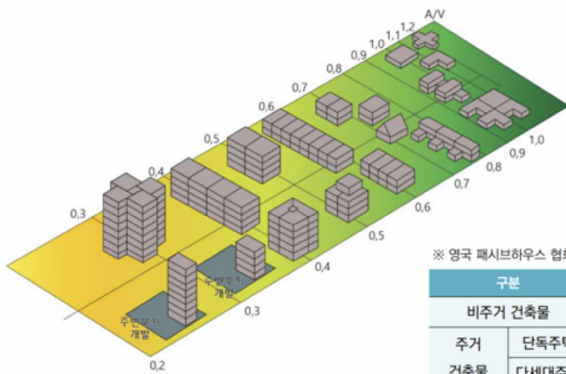
◎ 참고서적 및 사이트

1. <https://uniteqindustries.com>
2. <https://greenhome.osu.edu/passive-design>
3. <https://passiv.de/>
4. 기상자료개방포털

2 패시브 요소 기술1

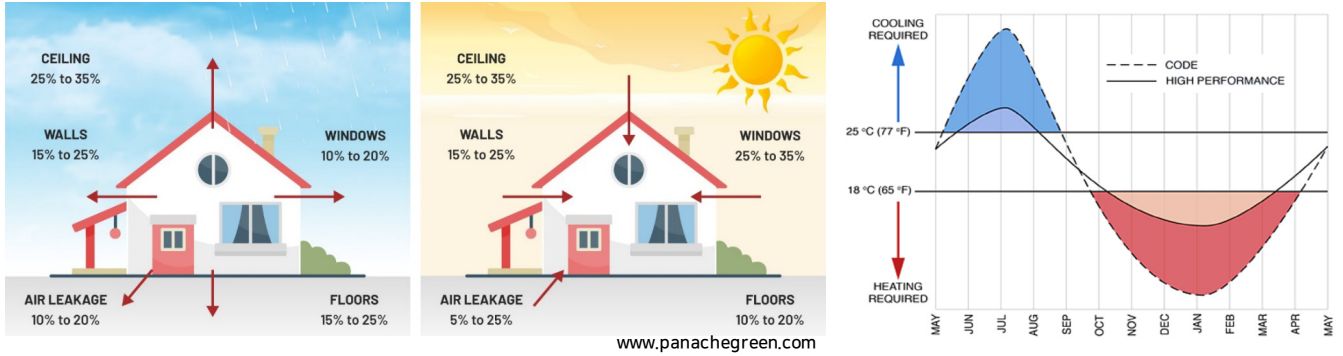
◎ 건물 배치 및 형태계획

- 동일한 형태여도 방위에 따라 열손실과 열 취득에 현저한 차이가 발생함
- 외기와 접하는 면적이 클수록 열손실이 증가하므로 단순한 형태를 지향
- 정방형에 가까울수록 연간 부하 감소(연기와 면하는 면적이 적으므로)
- 장방형 계획 시, 동서축으로 길게 계획하는 것이 유리함



◎ 고단열 외피

- 단열: 외피에서 발생하는 열이동을 차단하는 것
- 외피의 단열성능이 좋음 = 외기변화에 민감하지 않음

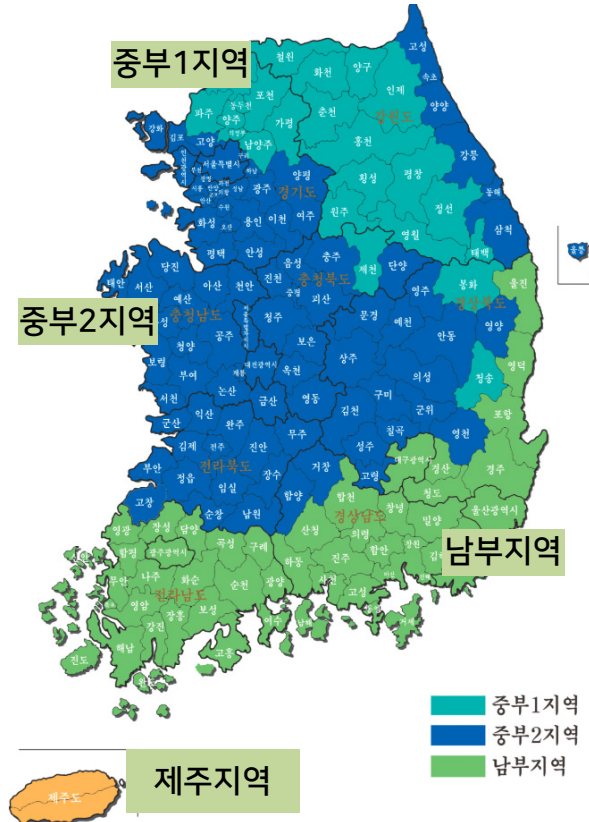


- 외피의 단열성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 K$])로 정의
- 열관류율: 실내외 온도차가 1K일 때 단위 면적당 전달되는 열량
- 열관류율 값이 낮을수록 외피의 단열성능이 우수

자료	일반적인 단열재 10cm	비드법 1호(EPS) 10cm	진공단열재(실리카) 10cm
U-Value 예시	0.4	0.34	0.08

◎ 고단열 외피 | 외피 성능 규정

- '건축물의 에너지절약설계기준'의 별표1 '지역별 건축물 부위의 열관류율표'
- 최소한의 단열성능 규정이며, ZEB 구현을 위해 상향된 단열성능으로 설계 가능


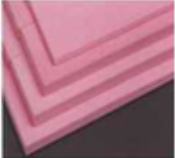
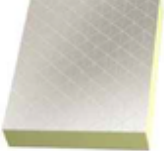
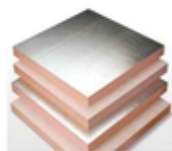




(단위: W/m²·K)

공동주택	중부1	중부2	남부	제주도
외벽	0.15	0.17	0.22	0.29
지붕	0.15	0.15	0.18	0.25
바닥난방	0.15	0.17	0.22	0.29

◎ 고단열 외피 | 단열재의 종류와 선정

- 유기질과 무기질로 구분
- 재료의 단열을 포함한 성능, 불연성능, 가격 등을 고려하여 최적의 단열재 선정

구분	유기질 단열재				무기질 단열재	
	EPS	XPS	PUR	PF	그라스울	미네랄울
제품모습						
KS 규격	KSM 3808	KSM 3808	KSM 3809	KSM 4898	KSL 9102	KSL 9102
단열성	0.031~0.043	0.027~0.033	0.024~0.029	0.022~0.039	0.032~0.036	0.034~0.039
불연성	연소성	연소성	연소성	준불연성	불연성	불연성
특징	가격 저렴	물성 우수	단열성 우수	단열성 우수	화재 안전	화재 안전

https://www.kharn.kr/data/photos/20200415/art_15863299828646_451427.png

◎ 고단열 외피 | 단열재의 위치

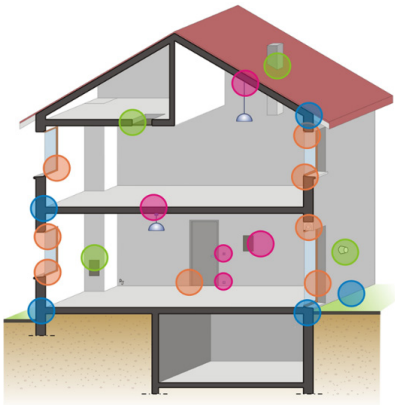
- 단열재 위치에 따라 내단열, 중단열, 외단열로 구분
- 열교(Heat bridge)를 최소화 하고 표면 결로 발생을 막기 위하여 단열재 위치 선정이 중요
- 열교: 외피 내외를 통한 열적 이동경로



◎ 고기밀 외피 | 건물의 기밀성능

- 건물에서는 다양한 경로로 침기가 발생하며 이는 에너지 손실과 쾌적성 저하 야기
- 가장 대표적인 기밀성능의 정의는 시간당 환기횟수(ACH50, N50)
- 현장측정(Blower Door Test)을 통해 실내외 압력차를 50pa로 조정했을 때의 침기량 확인 가능
(0.5 ach = 1시간동안 체적의 50% 교환됨)

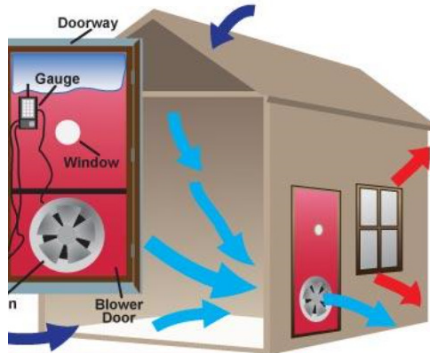
침기발생 부위



- 건식구조에서 벽과 다른 벽 또는 바닥과의 접합부
- 창틀과 구조체와의 접합부
- 전기기구를 위한 공배관
- 기계설비를 위한 각종 개구부

<https://www.phiko.kr/>

Blower door test



<https://images.finehomebuilding.com/>

기밀시공의 예



www.daumcdn.net/cfile276

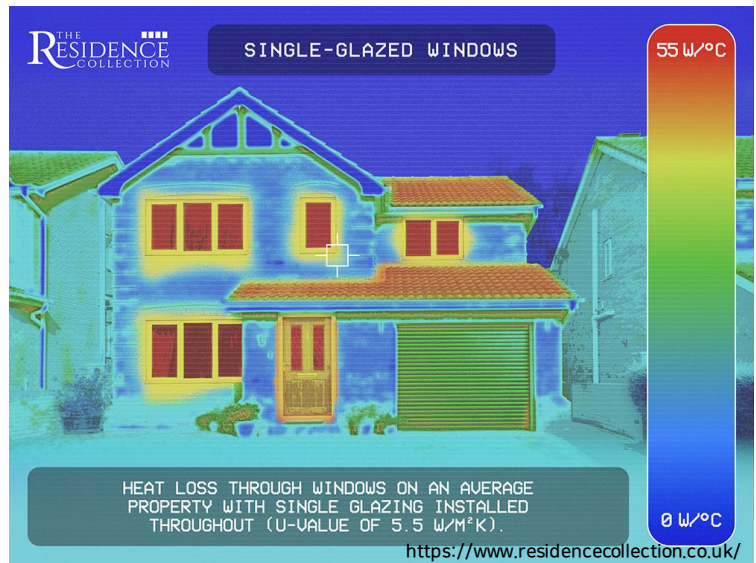


www.woodn-home.com

3 패시브 요소 기술2

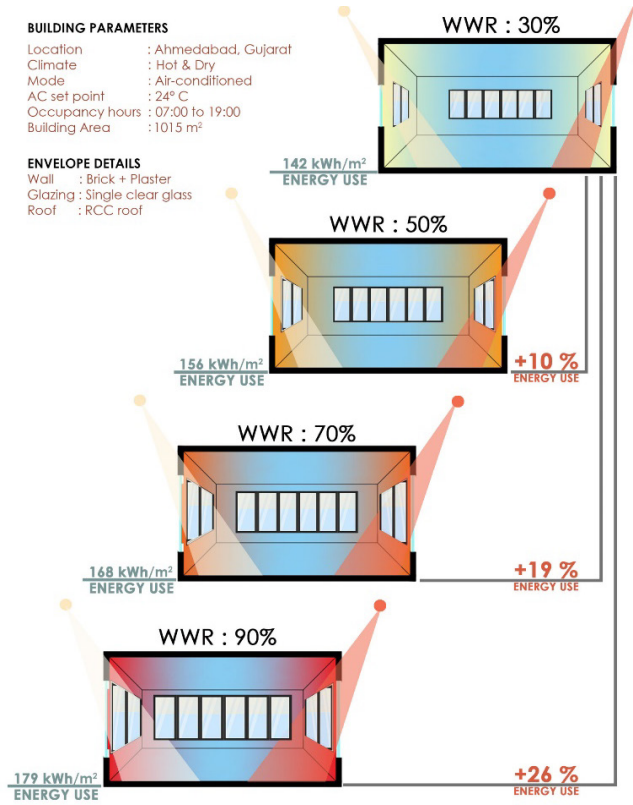
◎ 다양한 창의 역할

- Natural Lighting
- Thermal Insulation
- Ventilation
- Solar Gain
- Noise Reduction
- Visual Comfort



◎ 창면적비

- 창면적비(WWR, Window-Wall Ratio): 외피 면적 중 창호 면적이 차지하는 비율
- 작은 창면적비는 에너지 절감에 도움이 될 수 있으나, 자연 채광이 부족할 우려가 있으므로 조화로운 계획 필요



[별표 4] 친환경주택의 창면적비 기준

기준	Bay 수	1	2	3	4	5
	창면적비		20%이하	25%이하	31%이하	38%이하
기타	창면적비[%] = (0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100 계산값 이하					

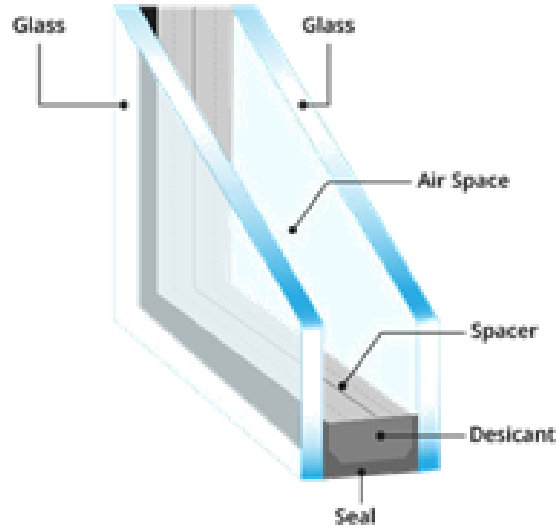
단, 펜트하우스, 테라스하우스, 복층형 및 3면개방형 등 특이평면은 실제 창 면적비를 계산하여 입력

에너지절약형 친환경주택의 건설기준

[시행 2022. 5. 2.] [국토교통부고시 제2022-235호, 2022. 5. 2., 일부개정]

◎ 고효율 창호 | 고단열 고기밀 창호

- 창호의 성능 향상을 위해서는 유리 표면의 코팅, 다중 유리 적용(중공층 및 스페이서), 프레임 고성능화 필요
- Low-e 코팅: 창을 통한 복사열전달을 줄이기 위한 저방사율의 금속/금속산화물 박막
- 중공층에 Air보다 열전도율이 낮은 가스(Argon, Krypton) 주입도 가능



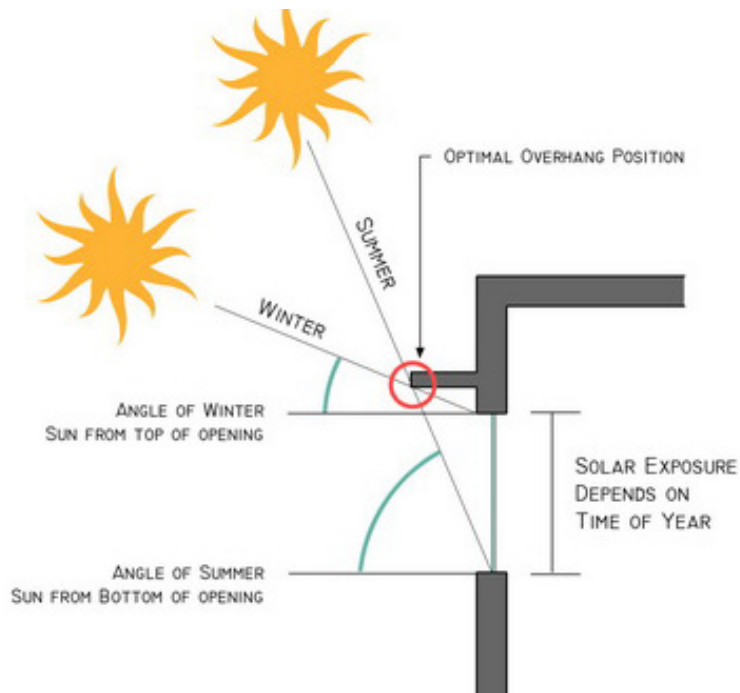
- 창호의 열적 성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 \cdot K$])과 일사취득계수(SHGC)로 정의
- 유리 및 프레임의 조합에 의해 창호의 U-value 결정
- SHGC는 창 외표면에 도달한 일사량 대비 투과되어 실내로 유입된 일사량의 비율을 의미하며, 0~1사이의 값으로 높을수록 난방에 기여하고 낮을수록 냉방에 기여

(단위: $W/m^2 \cdot K$)

구분	중부1	중부2	남부	제주도
공동주택	0.9	1.0	1.2	1.6
공동주택 외	1.3	1.5	1.8	2.2

◎ 차양장치 | 일사조절을 위한 차양

- 여름철 창으로 유입되는 태양일사는 실내를 뜨겁게 하여 냉방 부하를 가중
- 설치위치에 따라 외부 차양, 내부 차양, 유리간 차양으로 구분
- 가동여부에 따라 고정형과 가동형으로 구분
- 녹색건축물 조정지원법에 따라 에너지 소비 절감을 위해 차양 설치가 의무인 건축물 존재



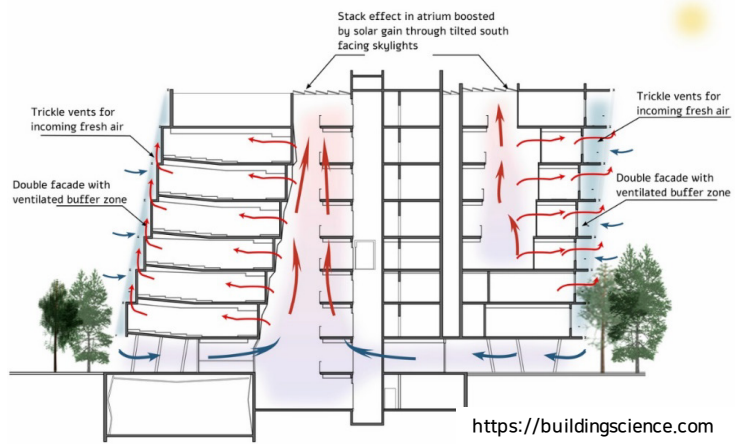
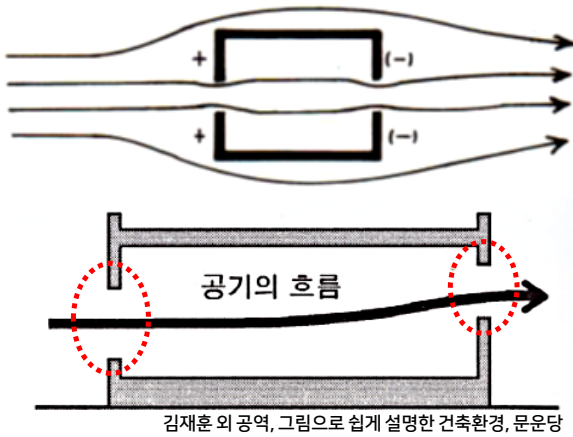
<http://tboake.com/carbon-aia/strategies1b.html>



열관류율	외벽	0.189 W/m ² ·K
	지붕	0.131 W/m ² ·K
	바닥	0.187 W/m ² ·K
	창호	0.941 W/m ² ·K
	현관문	0.631 W/m ² ·K
기밀성능(n50)		0.43 회/h

◎ 자연환기

- 동력을 사용하지 않고 풍력(압력차)이나 실내외 온도차(중력환기) 등 자연히 힘에 의한 환기
- 맞통풍(cross ventilation): 바람이 불어오는 쪽과 바람이 불어나가는 쪽에 각각 개구부를 두어 환기
- 외기냉방: 야간에 상대적으로 낮은 외기를 유입하여 실내 온도를 낮추는 방법
- 자연환기를 통해 실내 오염물질을 저감시킬 수 있으나, 공조 처리된 실내공기가 버려지면 에너지 낭비
- 자연환기는 외부 공기 환경 상태에 따라 진행되어야 함



- 즉, 자연환기는 경우에 따라 환기량이 불안정하거나 불충분한 경우가 있으므로 기계환기와의 병행 필요

B.2

ZEB 액티브 기술 개요

교육 목표

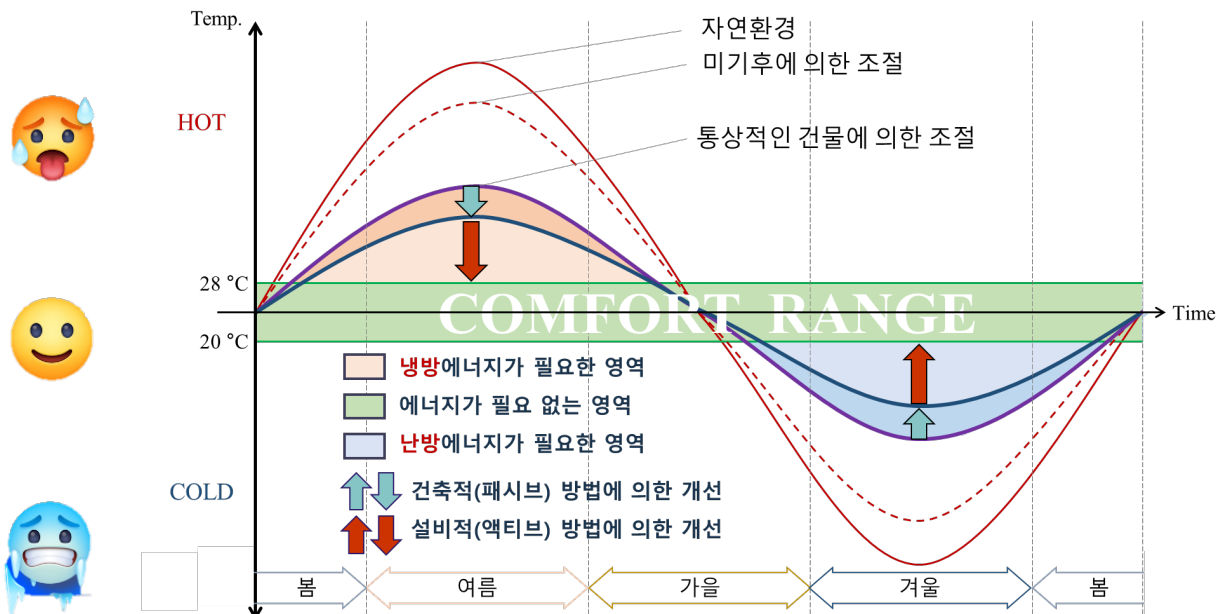
ZEB 액티브 기술 개요

- * 패시브 기술과 대비되는 액티브 기술의 의미와 역할을 이해
- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 설계 전략에 대한 이해 - 패시브와 액티브 기술의 조화
- * 액티브 기술을 구성하는 설비 시스템의 분류 및 세부 요소기술에 대한 개괄

1 액티브 기술의 기본 개념

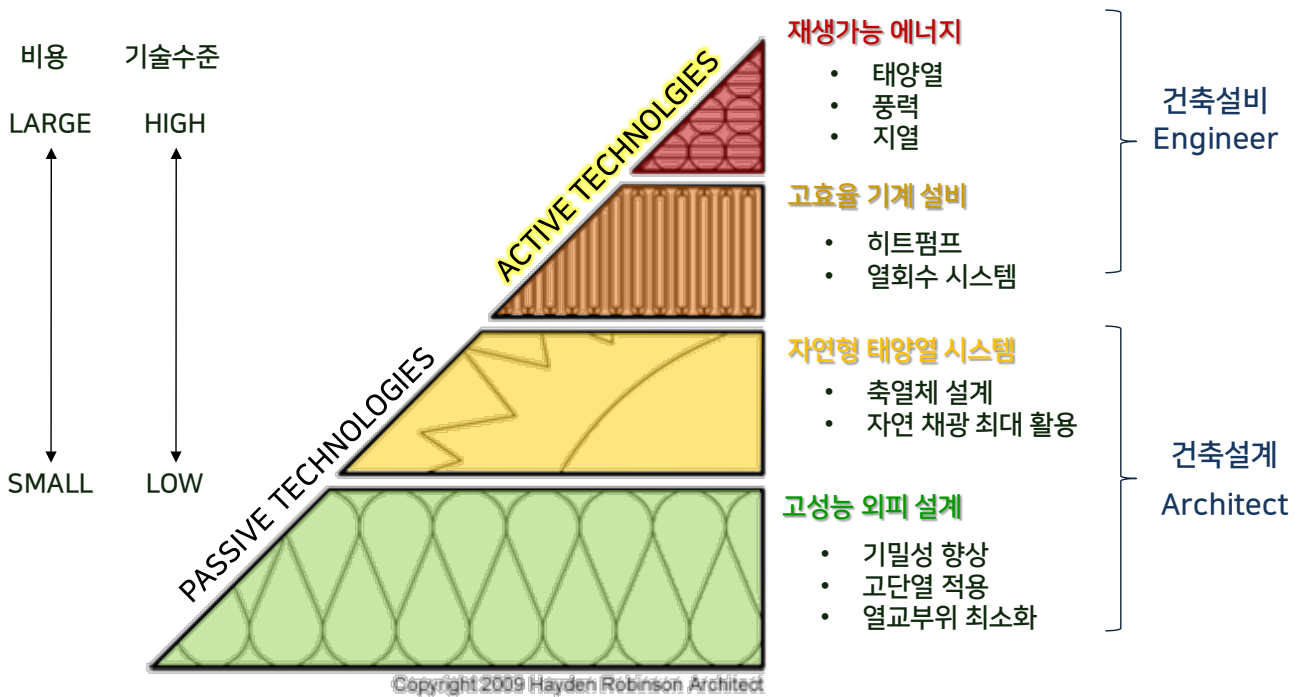
◎ 건물의 환경조절 개념

- 패시브 기술: 건물의 형태, 구조 및 외피 계획 등을 통하여 기계적 장치의 도움 없이 실내 환경 조건을 인간의 감각적 요구에 적합하도록 조절하는 방법
- 액티브 기술: 건물 내부의 환경 조절을 위하여 기계적인 설비를 이용하는 적극적인 실내환경 조절 방법



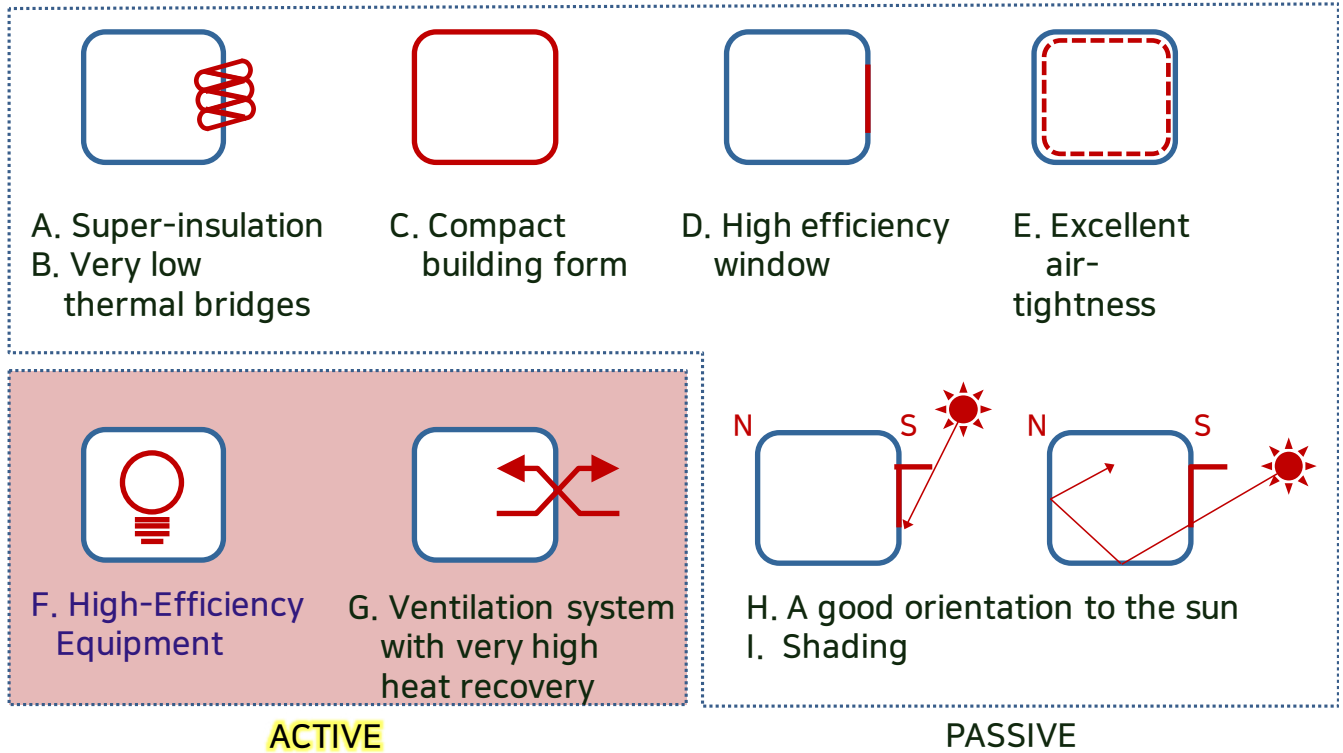
◎ 액티브 기술의 위계

- 주로 건축설계(디자인) 단계에서 패시브 기술을 결정한다면, 엔지니어링 단계에서 액티브 기술을 결정함
- 일반적으로 패시브 기술은 기술수준과 비용이 낮지만, 그 효과는 매우 큼
- 그에 반해 액티브 기술은 기술수준과 비용이 높지만 그 효과는 패시브 기술에 비해 상대적으로 낮음
- 따라서 패시브 기술을 먼저 합리적으로 적용하고, 나머지를 액티브 기술로 보완하는 것이 바람직



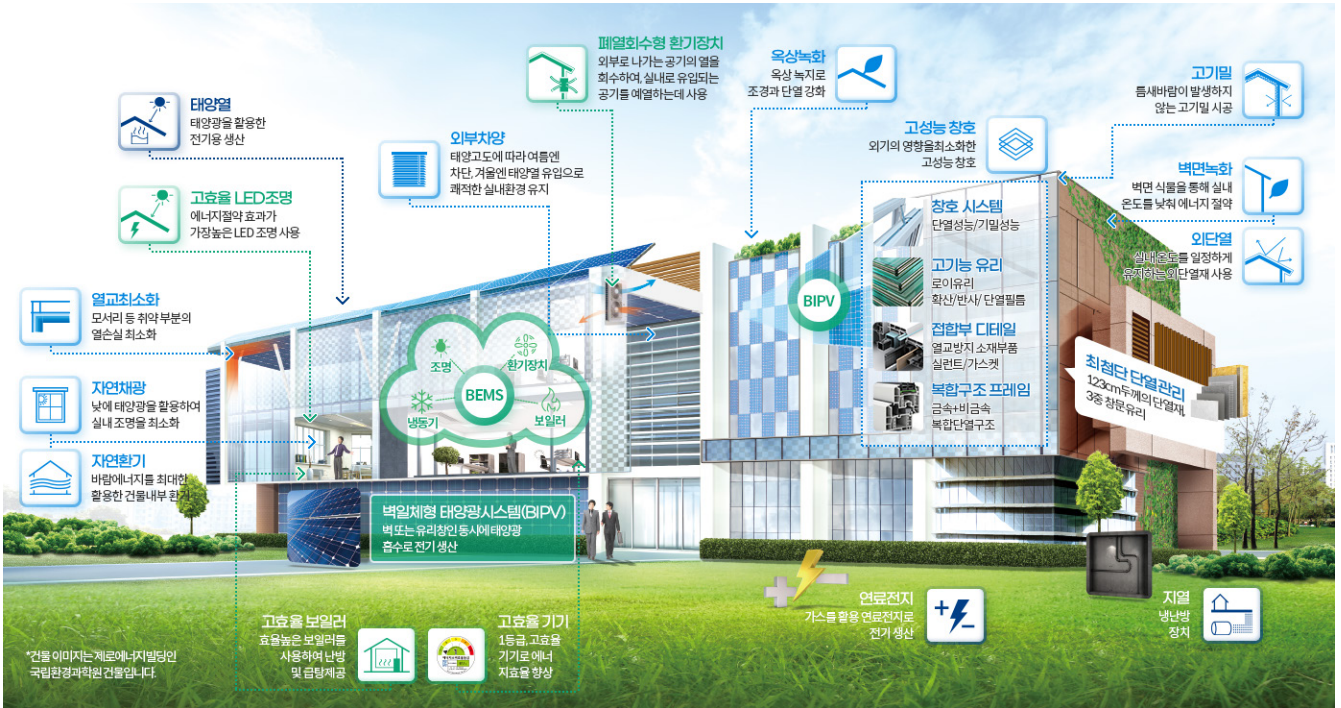
◎ 패시브 하우스에서도 액티브 기술이

- 최소한의 냉난방으로 실내환경을 유지할 수 있는 패시브 하우스도 액티브 기술 적용이 필요함
- 액티브 기술 적용에 따른 에너지 소비 최소화를 위해 고효율의 조명 및 설비, 열회수 효율이 높은 환기 시스템 등 고려



◎ 액티브 기술 적용 사례(비주거 건물)

● 국립환경과학원 지구환경 연구동(2011, 인천 서구)



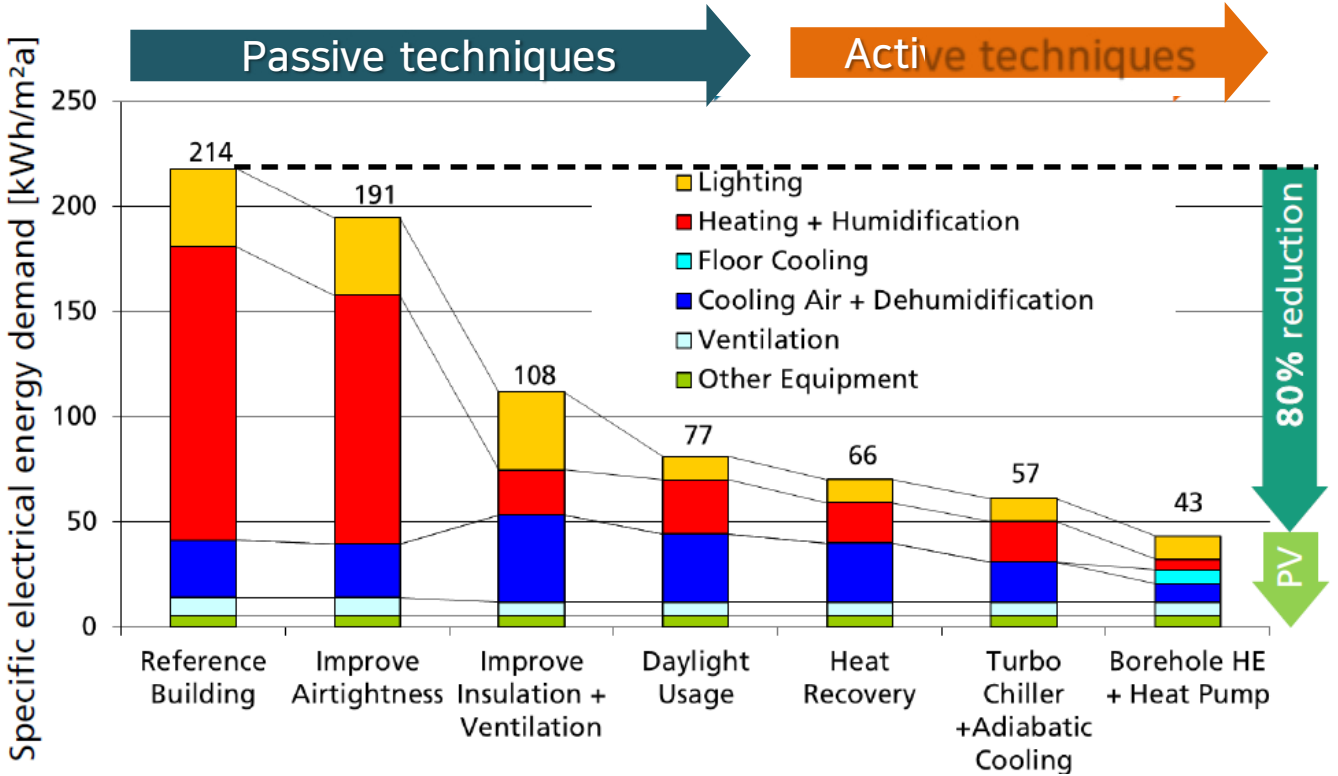
◎ 액티브 기술 적용 사례(주거 건물)

● 그린 홈 플러스(2011, 연세대학교 송도 국제 캠퍼스)



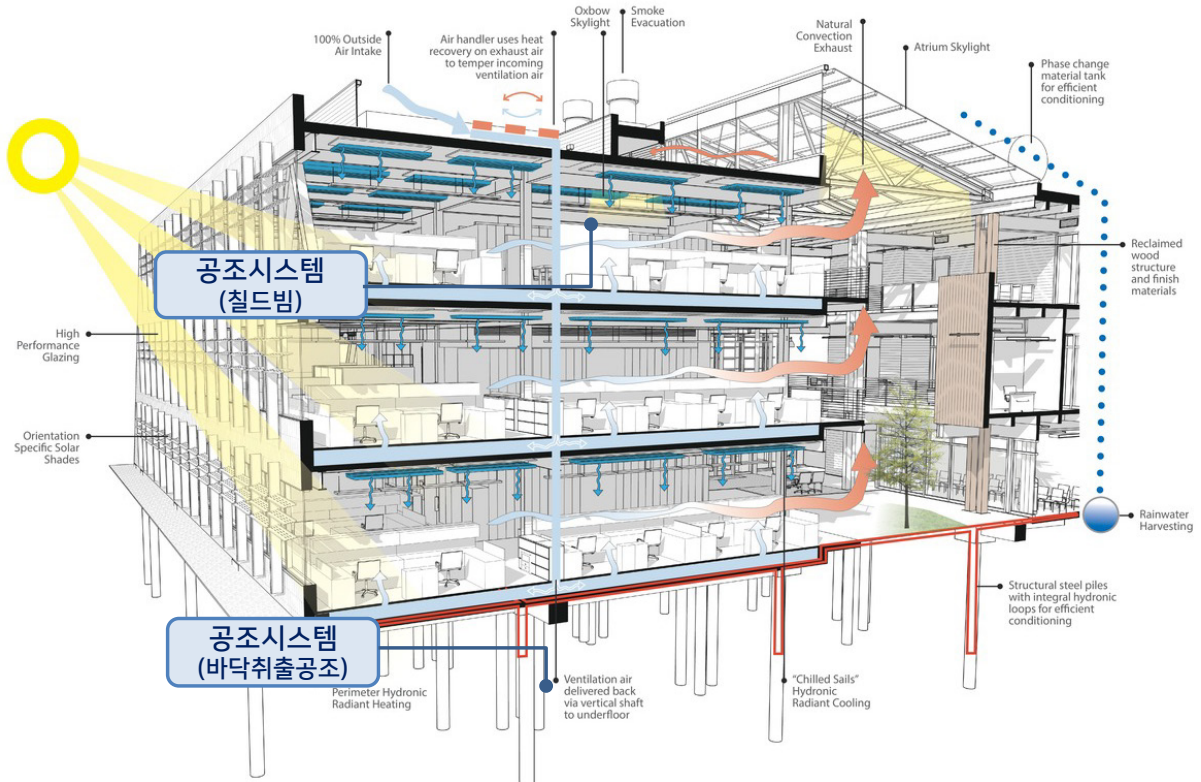
◎ 액티브 기술에 의한 에너지 절감 예시

- 서울 에너지 드림 센터(2012, 서울 마포구 상암동)
- 고단열·고기밀 외피, 자연채광 등 패시브 기술로 냉난방부하 저감
- 복사냉난방, 열회수, 지열히트펌프 등의 액티브 기술로 에너지 절감



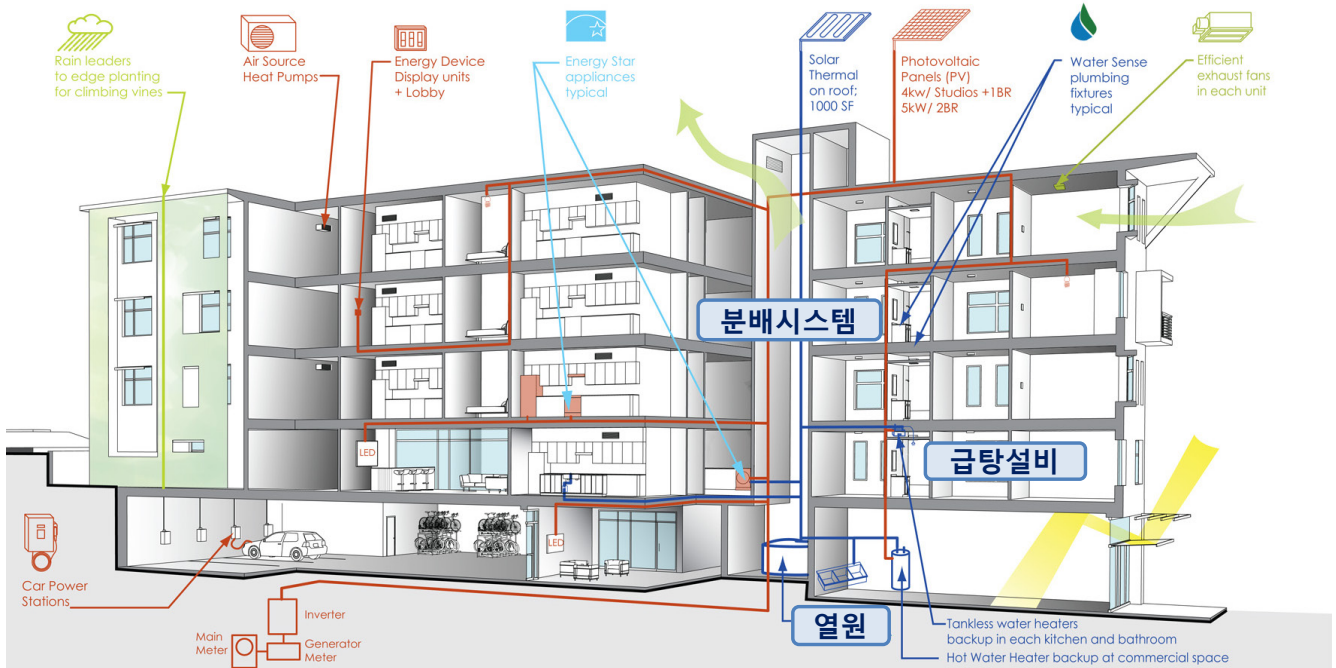
◎ 공조 시스템

- 실내의 온습도를 쾌적조건에 맞게 제어하고, 실내 오염물질을 제거하여 공기를 청정하게 유지 (환기)



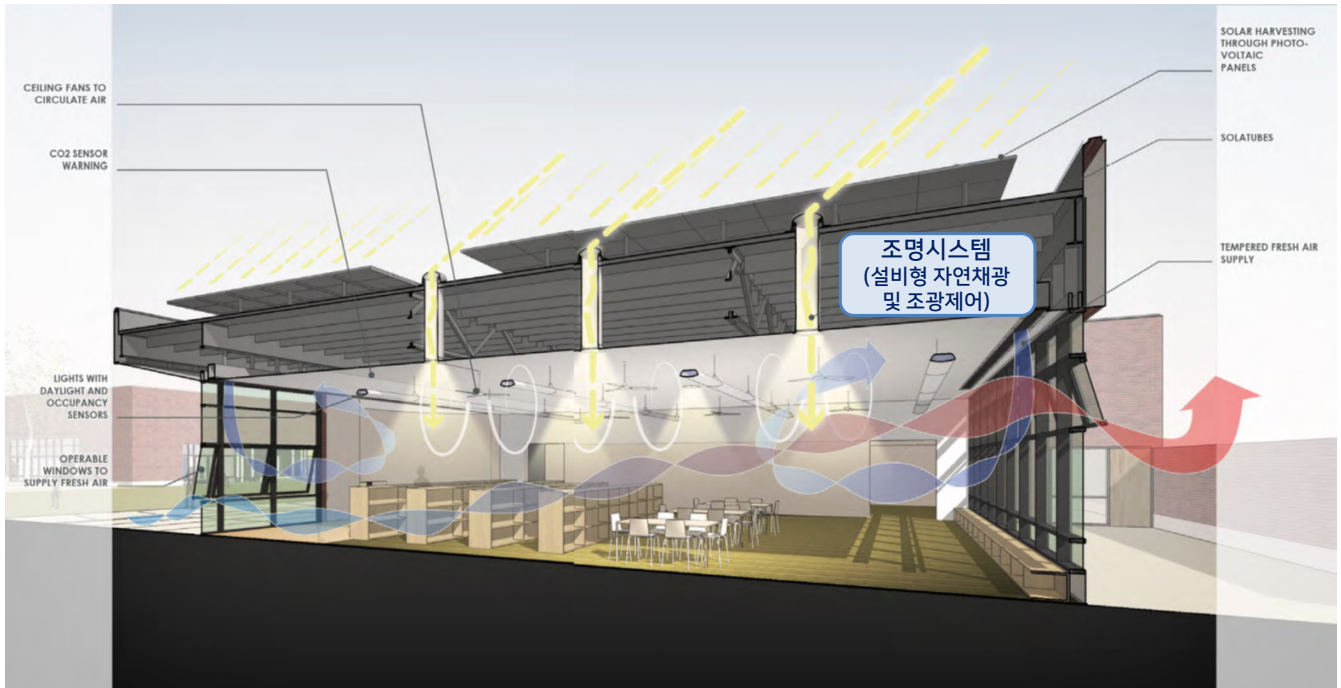
◎ 열원 및 분배 시스템, 급탕 설비

- 열원: 냉난방에 필요한 냉수, 온수, 증기를 생산 (보일러, 냉동기 등)
- 분배 시스템: 냉온수 또는 냉온풍을 냉난방이 필요한 곳으로 운반 (펌프, 송풍기, 배관, 덕트 등)
- 급탕 설비: 위생설비(세수, 목욕, 세탁 등)에 필요한 온수를 공급 (보일러, 온수기 등)



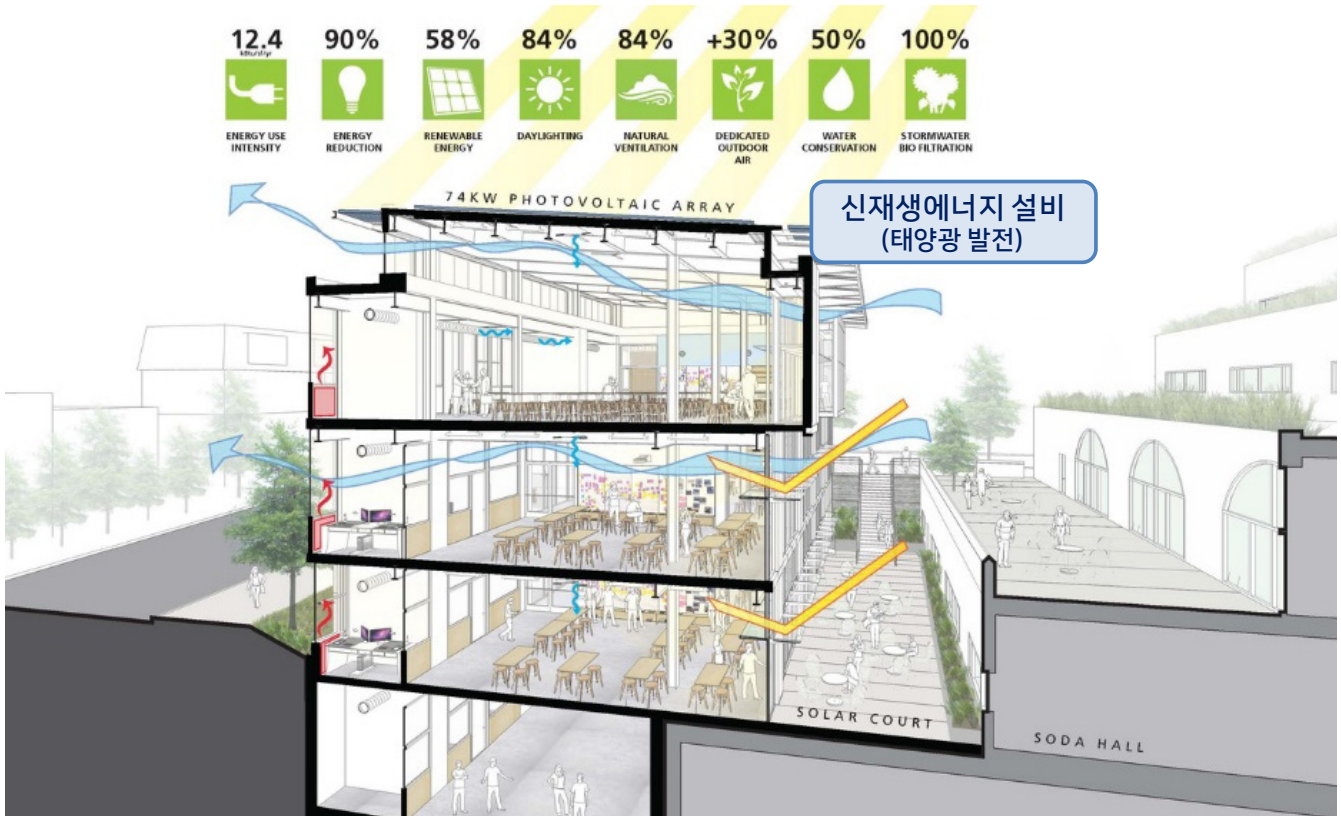
◎ 조명 시스템

- 조명 시스템: 자연광과 인공조명의 조화를 통해 조명 에너지를 절감하면서 쾌적한 빛환경을 제공
- 자연 채광은 에너지가 들지 않는 등의 장점이 있으나, 항상 이용할 수 없으므로 인공 조명을 통한 보완 필요



◎ 신재생에너지 설비

- 전기, 급탕 등은 외부 에너지원에 의존하므로 제로에너지 빌딩 구현을 위해서는 자연 에너지를 적극 활용해야 함
- 태양광, 태양열, 지열 등 자연에너지를 이용하여 건물에 필요한 전력 또는 열을 생산



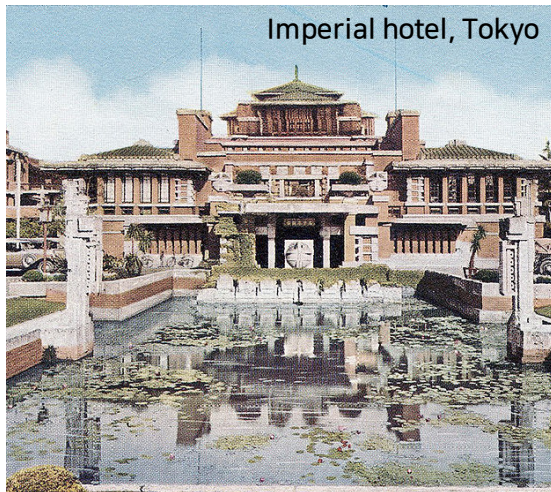
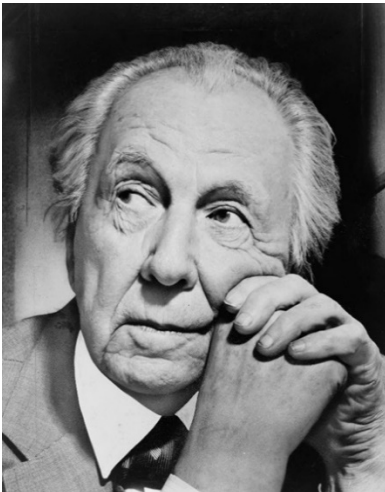
◎ 참고서적 및 사이트

1. Lechner, N. (2014). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects. John wiley & sons
2. American Institute of Architect. (2007). Sustainability 2030
3. Dean, E. (2014). Zero Net Energy Case Study Buildings. Pacific Gas and Electric Company
4. 황석호 (2011) 저에너지 친환경 공동주택 기술 및 적용사례, 한국건축친환경설비영남학회 기술세미나
5. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_03_001.do
6. https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house
7. <https://blogstudiog.com/2014/09/30/zero-net-energy-best-practices/>
8. <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects>
9. <https://www.aiatopten.org/node/204>

2 공조설비 개요

◎ 공조설비의 의미

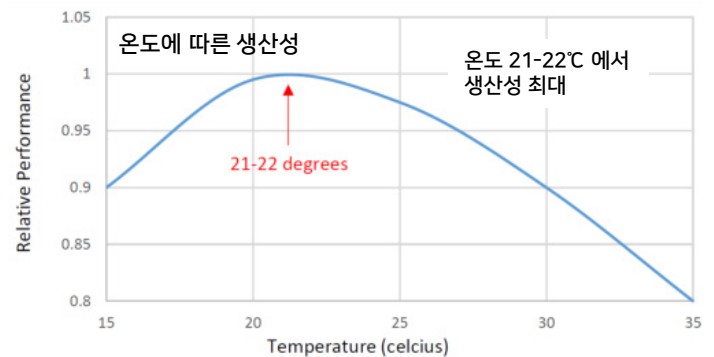
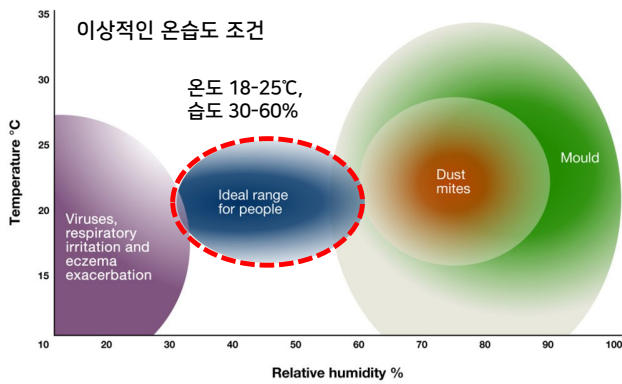
- 공조시스템의 중요성: 사람이 생활하기에 쾌적한 실내 기후(indoor climate)를 형성하고, 보건/위생 측면에서 적합한 온습도 조건을 제공하며 활동의 생산성 향상에도 기여



도쿄는 그 때까지 내가 가본 곳 중에서 이탈리아를 제외하고는 가장 추운 곳 같았다. ...식사가 끝난 후에 남작은 아래층의 한국방이라 불리는 방으로 우리를 안내했다.

...그런데, 기온이 갑자기 바뀐 것 같았다. 마치 봄이 온 듯했다. 눈에 보이는 난방시설도 없었고, 이것으로 난방이 되는구나 하고 바로 알 수 있을 만한 어떤 것도 없었다. 그건 정말이지 난방여부의 문제가 아니라 하나의 기후적 사건이었다.

- Frank Lloyd Wright



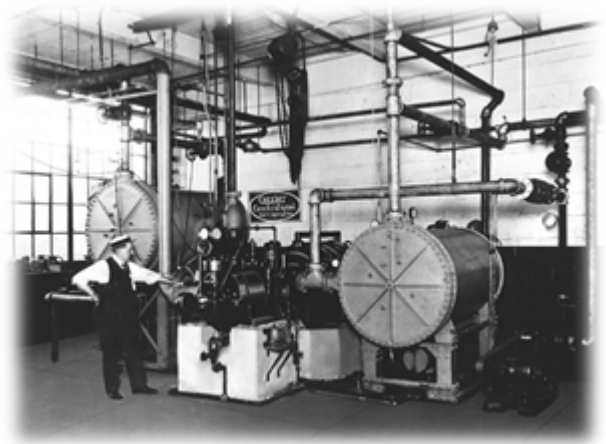
◎ 공조설비의 의미

- 공조시스템의 역할: 온도와 습도를 제어, 공기의 흐름과 환기를 제어, 공기를 청정하게 하는
- 공조시스템은 윌리스 캐리어가 1902년, 높은 습도로 인한 인쇄물 품질 저하 해결을 위해 만든 냉방장치에서 시작



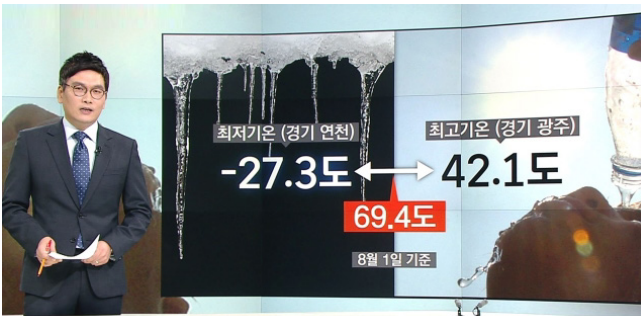
Air conditioning must perform four basic functions:

1. control temperature
2. control humidity
3. control air circulation and ventilation
4. cleanse the air.



Carrier가 발명한 최초의 냉방장치(1902)

- 기후변화로 인한 환경의 극심한 변화, 미세먼지 등 공기오염 문제가 심화됨에 따라 공조시스템의 역할이 더욱 중요해짐



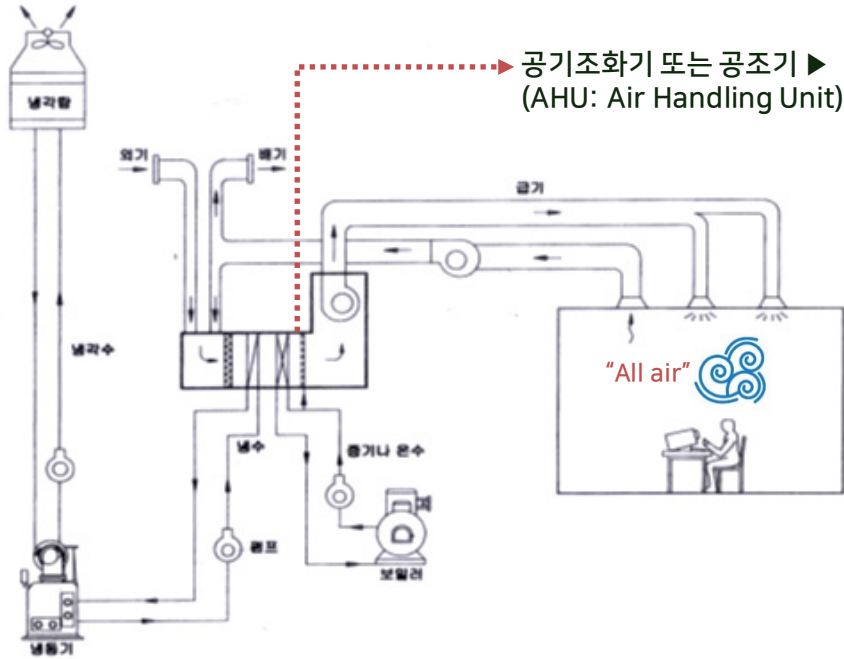
기후 변동성 및 기상 이변 증가



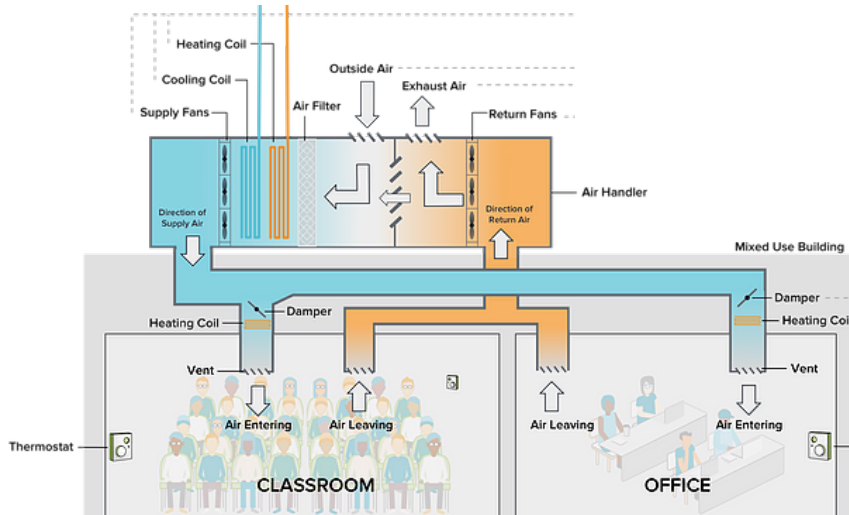
공기 오염 심화

◎ 공조 방식 | 전공기 방식

- 전공기 방식(All-air system): 공조 대상 공간에 공기를 직접 보내어 냉난방과 환기 해결
- 실내 오염공기 제거와 청정도 유지에 가장 유리하여 환기가 중요한 사무소, 병원, 식당, 극장 등에 적합



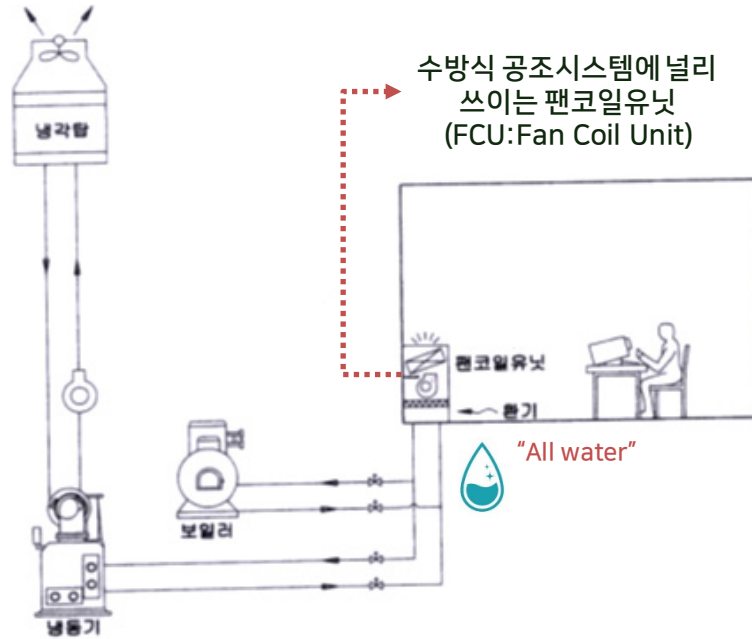
전공기 방식 공조시스템 구성



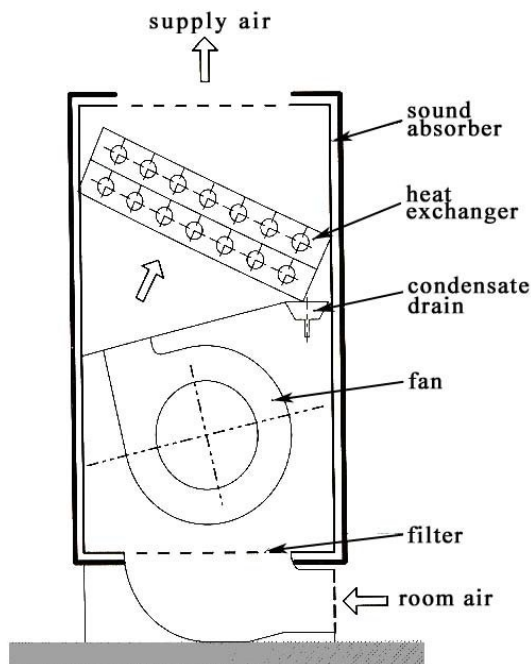
전공기 방식 공조시스템에서 공기의 흐름

◎ 공조 방식 | 수방식

- 수방식(Water system): 실내에 설치된 유닛에 냉수/온수를 흘려 보내 실내 공기를 냉각/가열
- 물은 공기에 비해 열을 저장하는 능력이 커 전공기방식에 비해 열교환 효율이 좋고 제어도 용이하나 직접 환기 불가능
- 개별운전이 가능하여 사무소 건물의 외부존(Perimeter zone)이나 주택, 호텔 등 거주 인원이 적은 건물에 적합



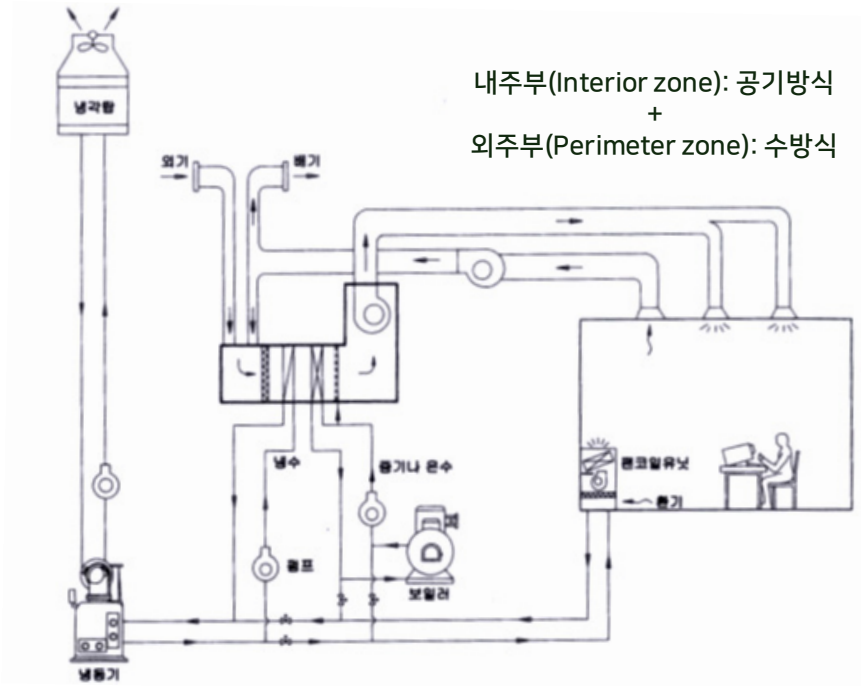
수방식 공조시스템 구성



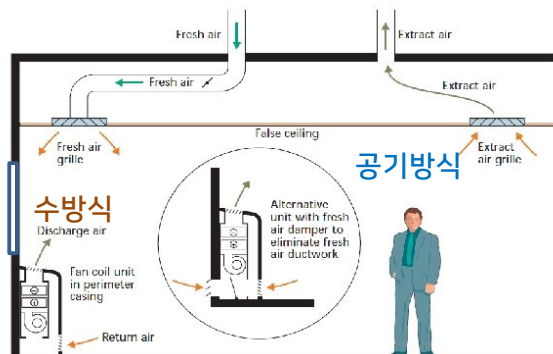
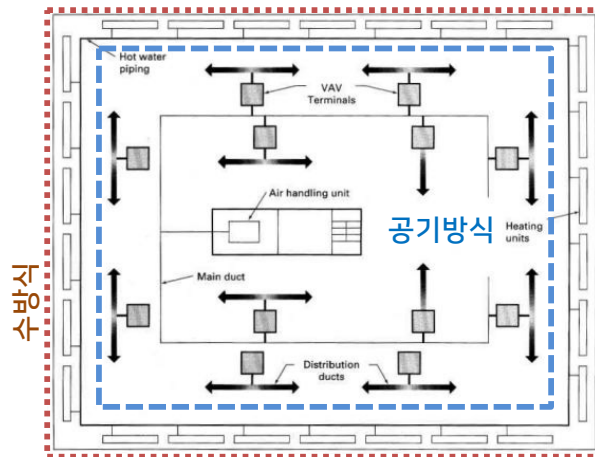
FCU 내부 구조

◎ 공조 방식 | 공기-수방식

- 공기-수방식(Air-Water system): 공기방식과 수방식을 병용
- 환기 및 기류형성에 유리한 전공기방식의 장점과 제어가 용이한 수방식의 장점 결합
- 부하가 안정적인 내부는 공기방식으로 부하 변동이 큰 외주부는 수방식으로 조합하여 처리

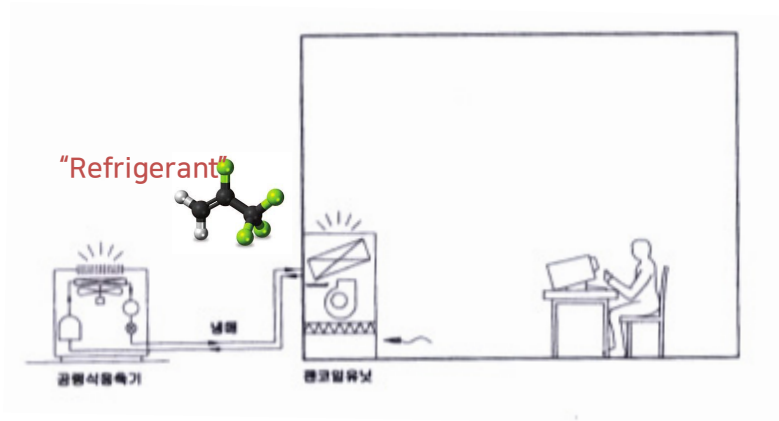


공기-수방식 공조시스템 구성

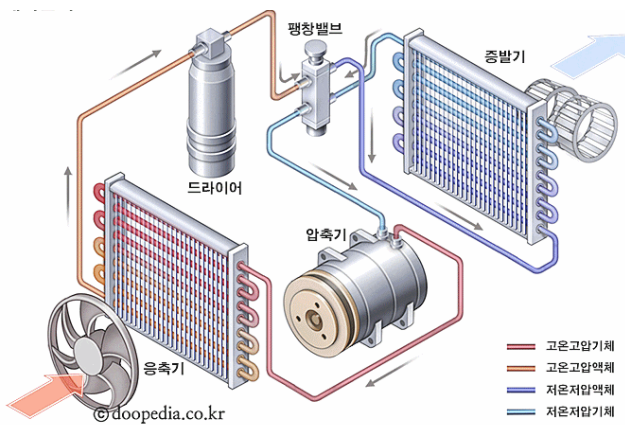


◎ 공조 방식 | 냉매 방식

- 냉매방식(Refrigerant system): 냉매에 의해 실내공기를 냉각/가열
- 냉매는 실내공기에서 흡수한 열을 외기/물/지중에 방출하거나(냉방), 외기/물/지중에서 흡수한 열을 실내로 방출(난방)
- 개별운전이 가능하여 사무소 건물의 외부존(Perimeter zone)이나 주택, 호텔 등 거주 인원이 적은 건물에 적합



냉매방식 공조시스템 구성



냉매에 의한 냉각 사이클



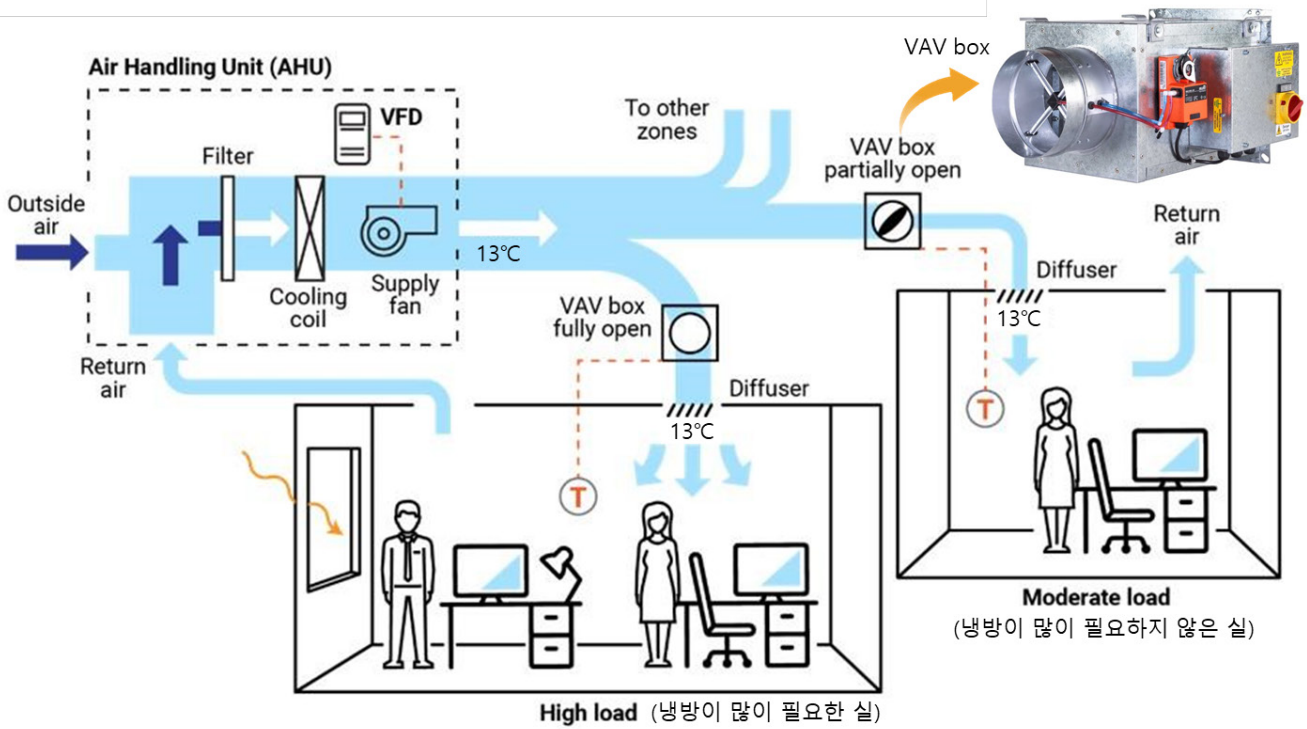
창문형 에어컨



멀티 에어컨 시스템

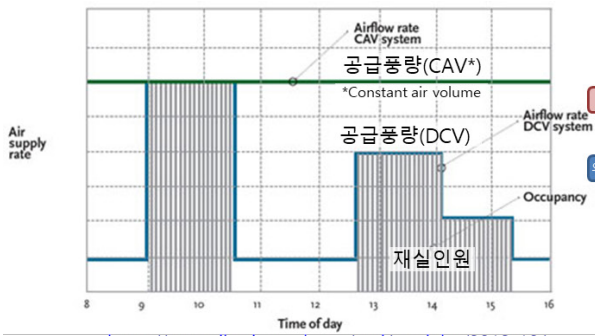
◎ 변풍량 시스템(VAV: Variable Air Volume)

- 냉방부하에 따라 실내에 공급하는 공기의 양(송풍량)을 변화
- 송풍량을 감소시킴에 따라 송풍기(Fan)의 에너지 소비량이 감소되어 에너지 절약적인 냉방이 가능

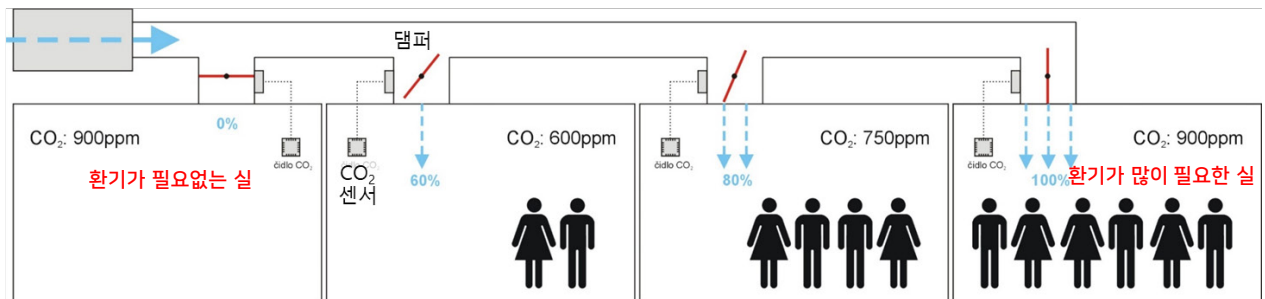
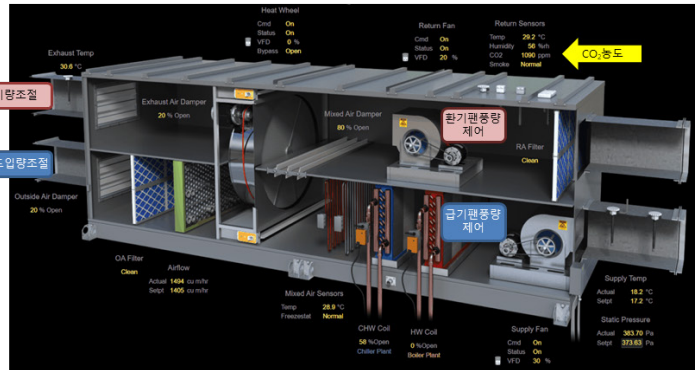


◎ 수요기반환기 (DCV: Demand Controlled Ventilation)

- 환기수요(예: 재실인원)에 따라 실내에 공급되는 외기의 양을 조절
- 재실 스케줄, 실내 CO2 농도에 따라 팬 풍량이나 존별 댐퍼의 개도를 조절



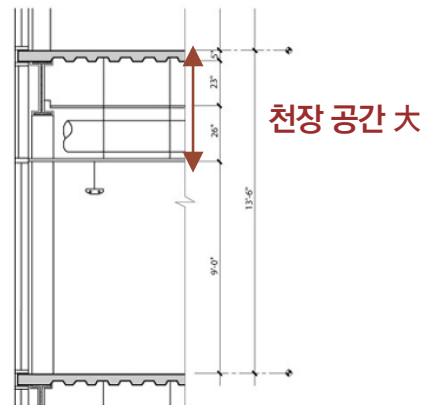
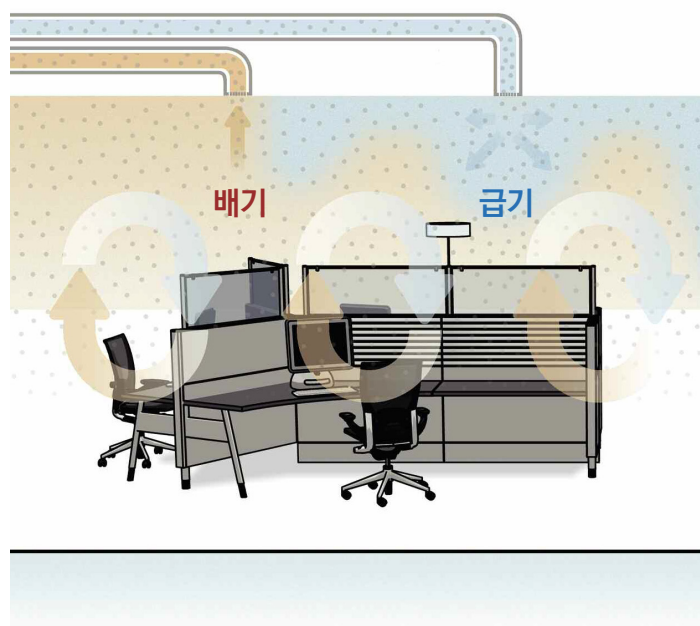
<https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>



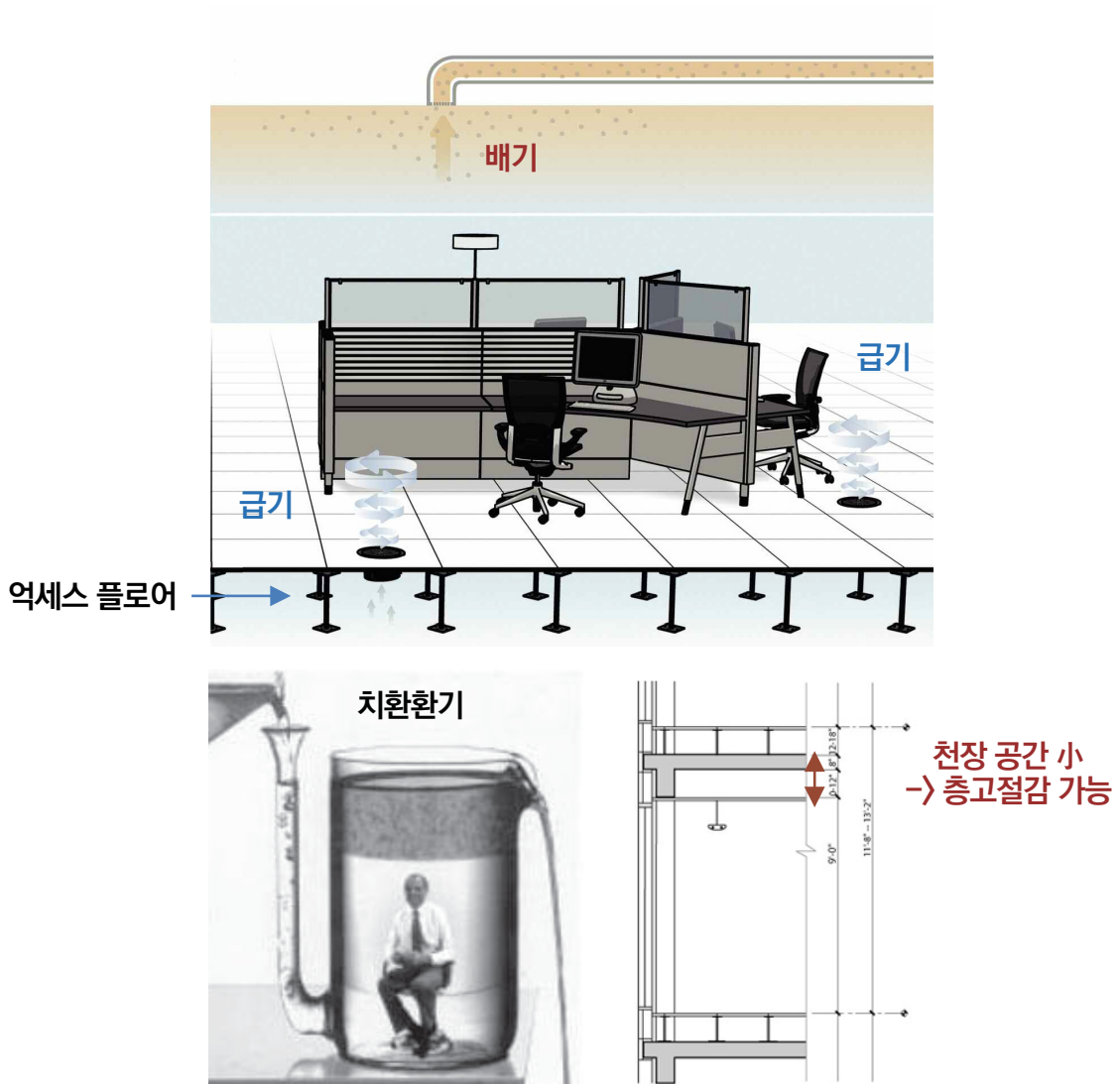
◎ 바닥취출 공조 (UFAD: Underfloor Air Distribution)

- 바닥 하부공간(액세스 플로어(Access floor))으로 공조공기를 급기하고 천장에서 흡입
- 거주역(사람이 머무는 영역)의 보다 나은 쾌적성 확보에 유리 (사무소 공간, 극장 등 대공간에 효율적)

- 일반공조시스템(Overhead Air Distribution)

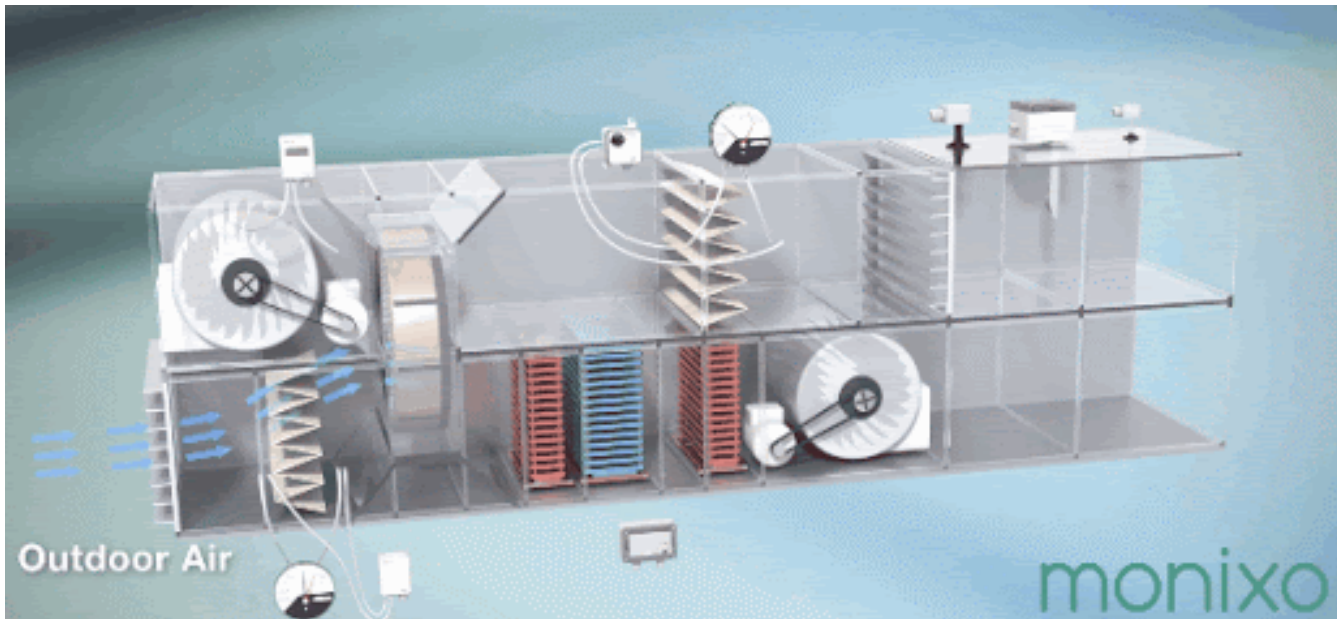


● 바닥취출공조(Underfloor Air Distribution)



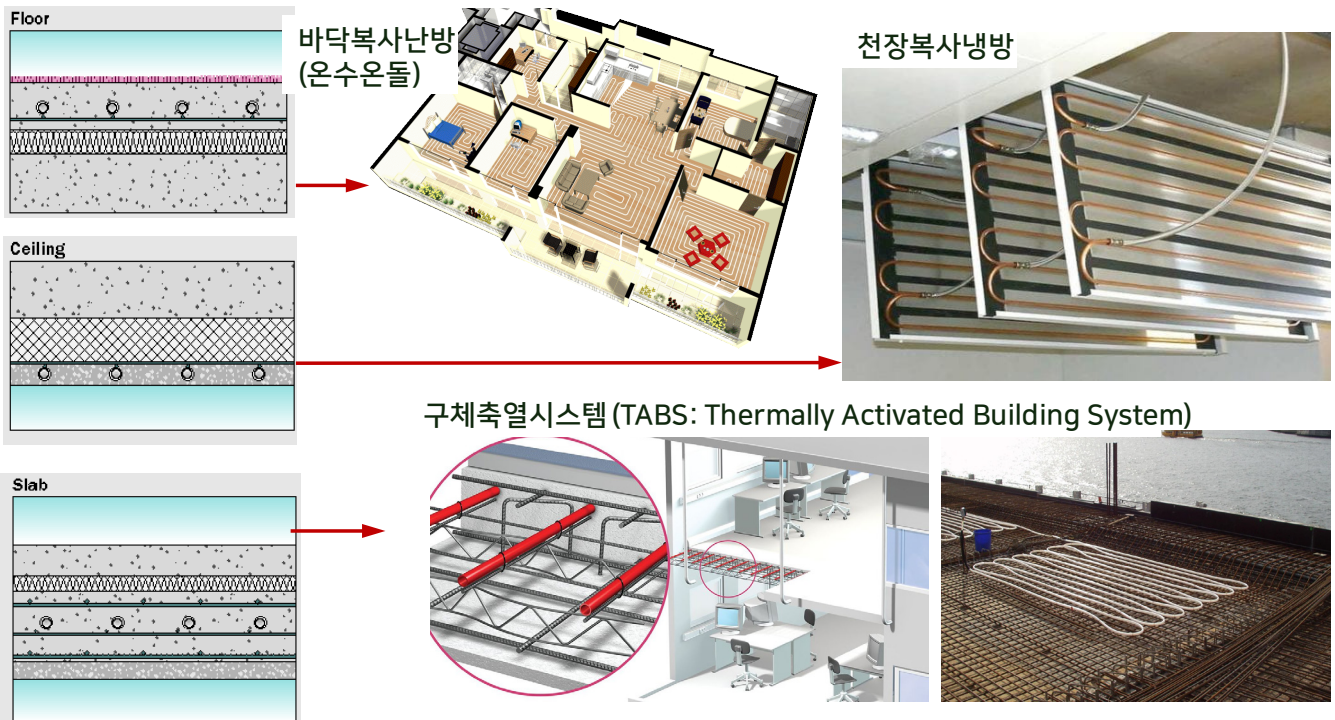
◎ 열회수 시스템(Heat Recovery System)

- 실내의 오염된 공기를 외부로 배출하고 신선한 외기를 실내로 공급하는 과정에서, 실내공기가 갖고 있는 열에너지를 회수하여 실내로 들어오는 외기에 공급
- 겨울철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 높여 난방과 가습에 필요한 에너지를 낮춤
- 여름철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 낮춰 냉방과 제습에 필요한 에너지를 낮춤
- 원형(Rotary type)과 판형(Plate type) 열교환기 활용



◎ 복사냉난방시스템(Radiant Heating and Cooling System)

- 천장, 바닥, 벽면 또는 패널에 매설된 배관에 냉온수를 순환시켜 냉난방
- 겨울철에는 실내온도가 낮아도 표면온도가 높아 쾌적 달성이 가능하며 이로 인해 에너지 절감이 가능함
- 여름철에는 실내온도가 높아도 표면온도가 낮아 쾌적하게 유지될 수 있음



◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Cho, J. et al. (2008). Integrative sustainable design strategies for energy and water efficiency: The case of the Ewha Campus Complex in Korea, Proceedings of SB08
3. Rhee, K. N., Olesen, B. W., & Kim, K. W. (2017). Ten questions about radiant heating and cooling systems. Building and Environment, 112, 367-381.
4. Rhee, K. N., et al. (2021). Experimental investigation on the control performance of an active chilled beam system under dynamic cooling loads. Applied Thermal Engineering, 194, 117069.
5. <https://www.pnnl.gov/projects/best-practices/variable-air-volume-systems>
6. <https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>
7. <https://www.ibec.or.jp/jsbd/A/features.htm>

3 열원/급탕/조명설비 개요

◎ 열원설비 | 온열원

- 난방 또는 가습, 급탕에 필요한 온수 또는 증기를 생산
- 주철제 보일러, 노통연관 보일러, 수관 보일러, 관류 보일러, 전기 보일러, 가정용 소형 가스 보일러 등
- 가스나 석유등의 화석연료 또는 전기로 증기 또는 온수를 생산하여 난방, 가습, 급탕에 사용
- 컨덴싱 보일러는 배기가스에서 열을 회수하여 효율을 더 높인 것

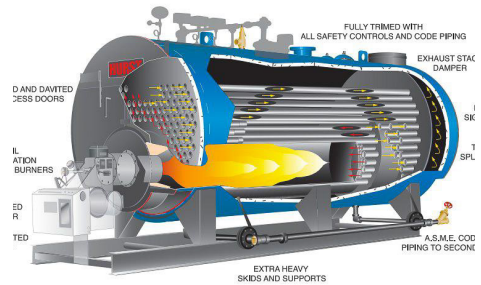
● 대형 보일러



주철제 보일러



노통연관 보일러

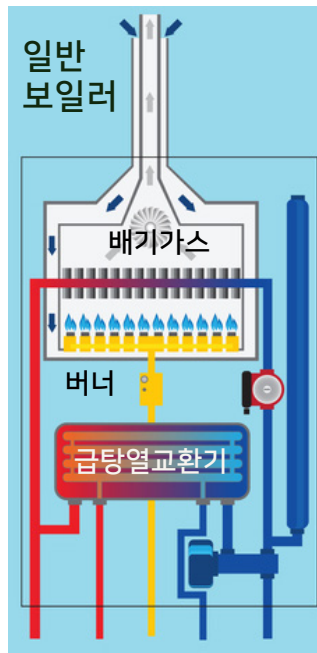


수관 보일러

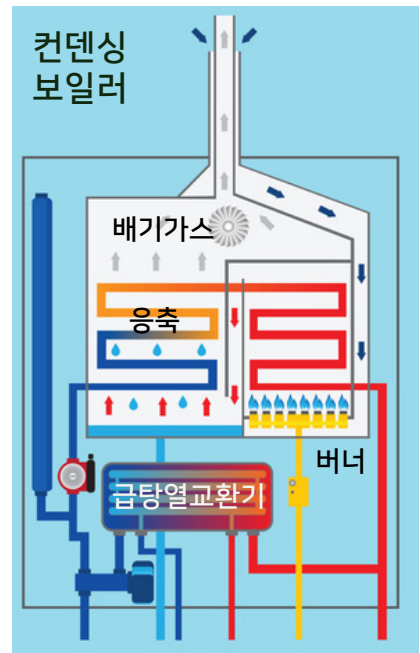


관류 보일러

● 가정용 소형 가스 보일러



일반 보일러

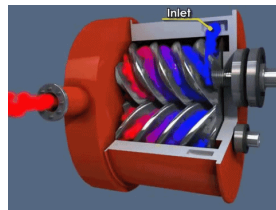
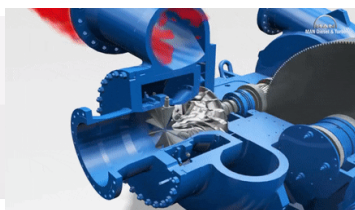
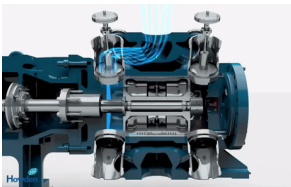
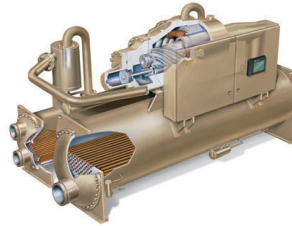
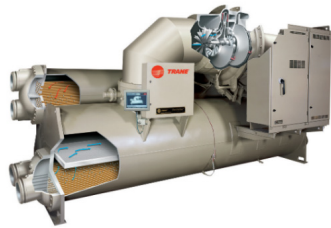


컨덴싱 보일러

◎ 열원설비 | 냉열원

- 냉방에 필요한 냉수 (경우에 따라 얼음)를 생산
- 압축식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 압축기로 냉매를 압축시키는 방식
- 흡수식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 열에너지를 투입시키는 방식

압축식 냉동기

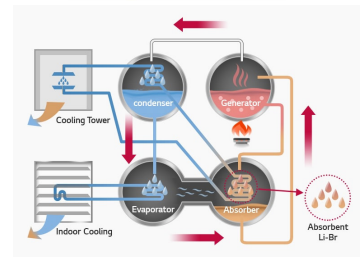


왕복동식 냉동기
-피스톤 왕복으로 냉매 압축

터보식 냉동기
-원심력으로 냉매 압축

스크류식 냉동기
-나사의 압착으로 냉매 압축

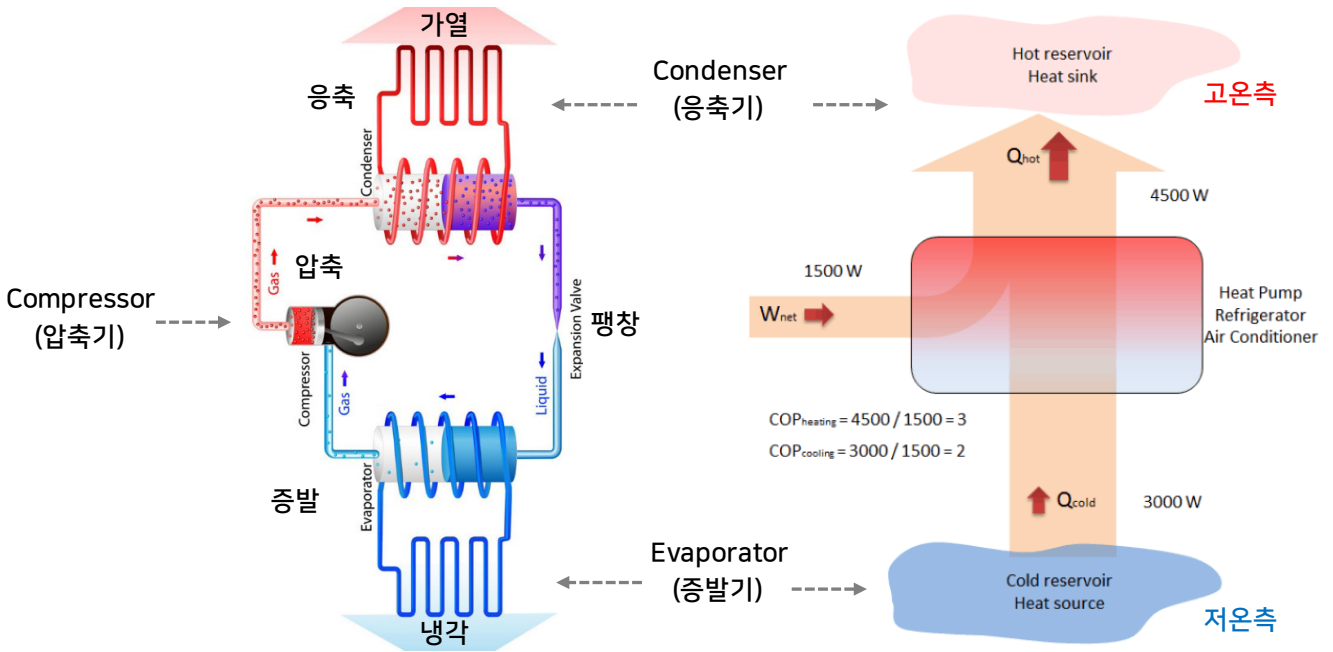
흡수식 냉동기



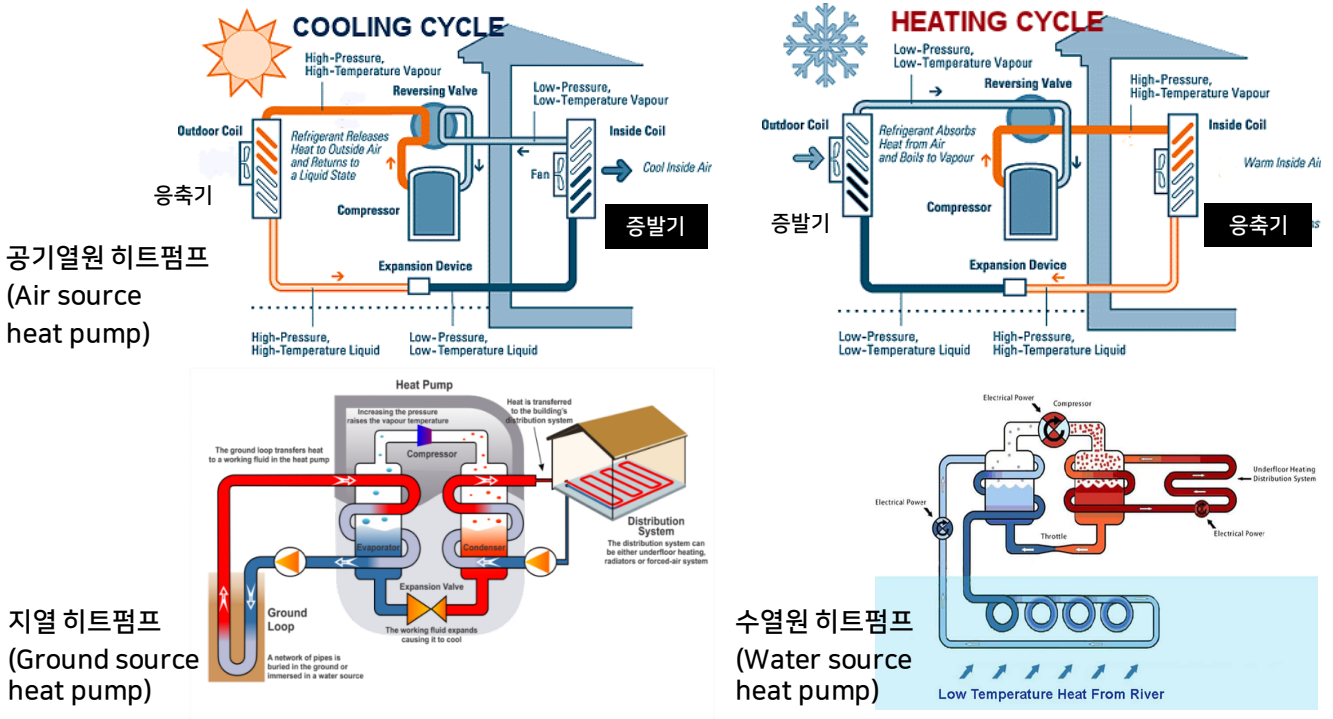
흡수식 냉동기
-보일러, 태양열 등으로 냉매 재생

◎ 열원설비 | 히트펌프

- 일반적인 냉각 사이클에서는 냉매가 증발-압축-응축-팽창의 과정을 순환
- 히트펌프에서는 저온측(Heat source)에 증발기를, 고온측(Heat sink)에 응축기가 있도록 하여 저온물질로부터 열을 얻어 공조 및 급탕에 활용 (즉 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 열을 끌어올리는 장치)

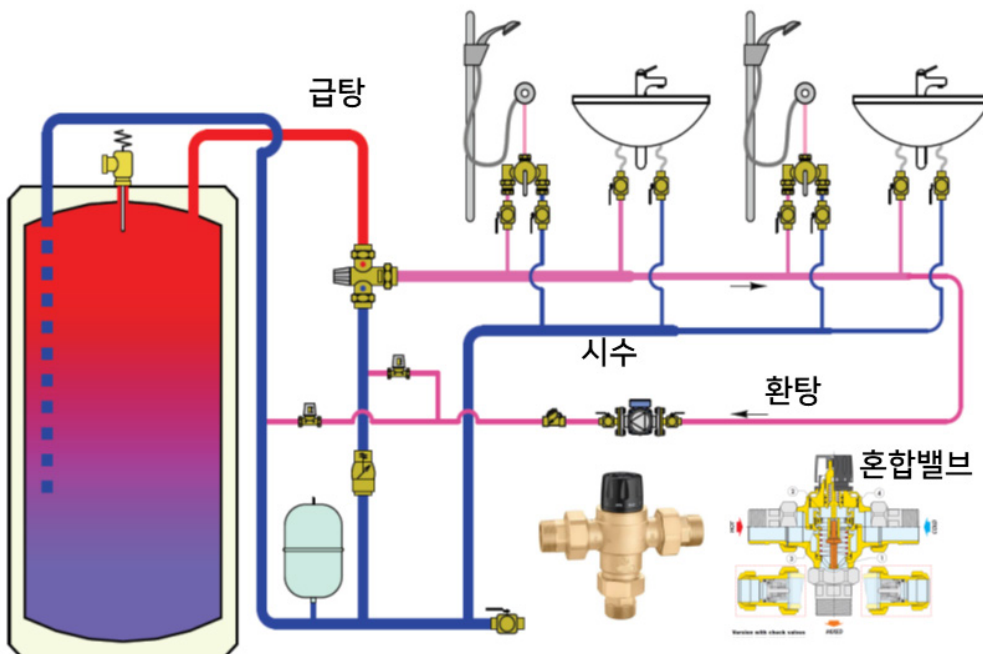
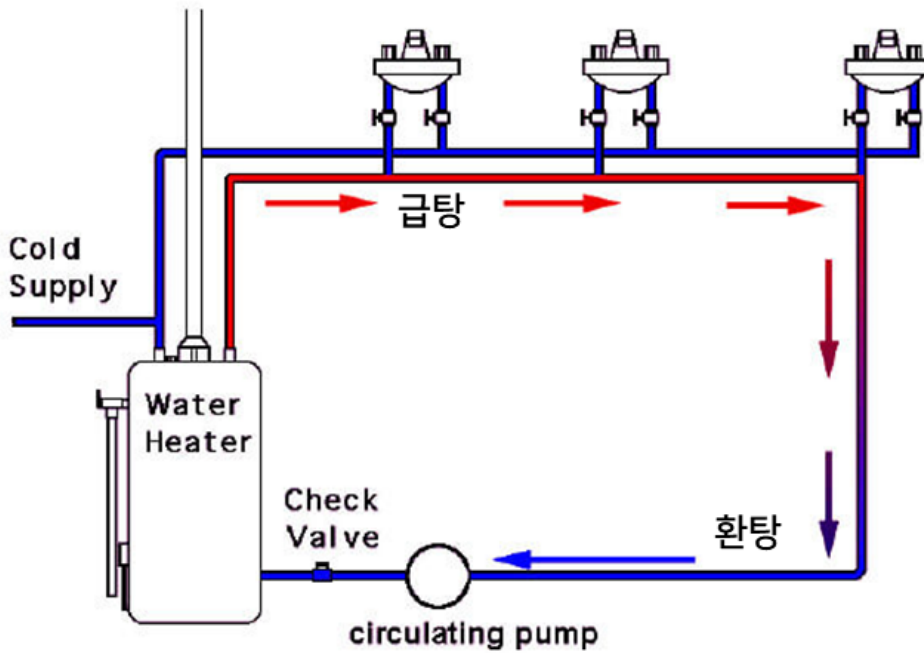


- 계절에 따라 증발기-응축기 위치를 바꾸어 냉방과 난방을 절환
- 열의 근원, 즉 Heat source에 따라 공기열원 히트펌프, 지열 히트펌프, 수열원 히트펌프로 구분



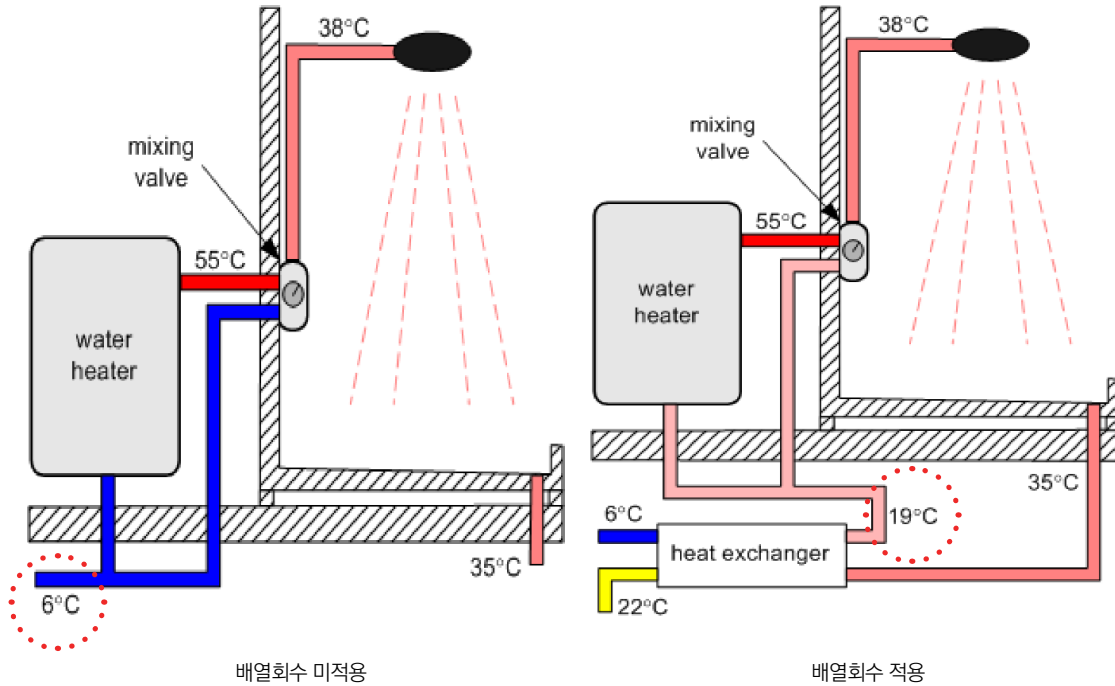
◎ 급탕설비 | 기본 요건

- 건물의 난방부하는 단열기준 강화에 따라 크게 저감 되었지만 급탕부하는 변화가 없어 절감할 필요가 있음
- 급탕 사용 시 온수대기시간이 길어져 물사용량 및 열원 에너지가 증가하는 문제 발생
- 배관 내에 잔존하는 온수는 라지오넬라균의 증식을 유발할 수도 있음
- 급탕 사용이 중단되고 온수배관 내에 있는 온수를 회수하는 환탕 배관(Recirculation loop) 설치 필요



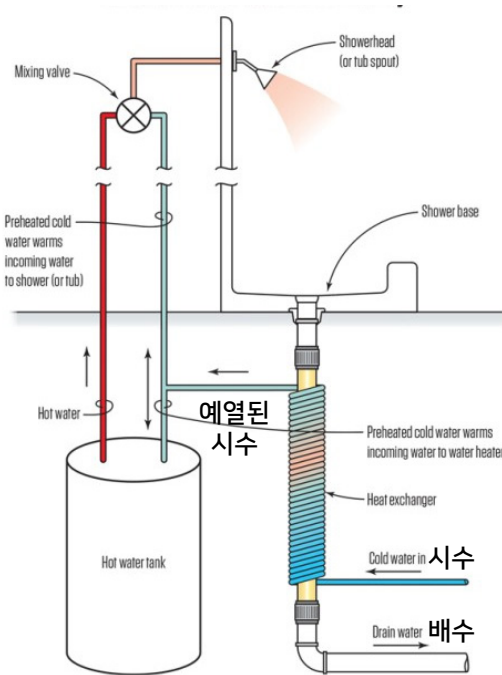
◎ 에너지 절약 급탕 설비

- 탕에서 버려지는 열을 회수하여, 시수를 예열함으로써 보일러의 가열량을 줄여주는 방법으로도 급탕 에너지 절감 가능
- 이를 급탕배열회수(DWHR: Drain Water Heat Recovery)라 하며, 열원 에너지 절감, 열원 용량 감소 효과를 기대



배열회수 미적용

배열회수 적용

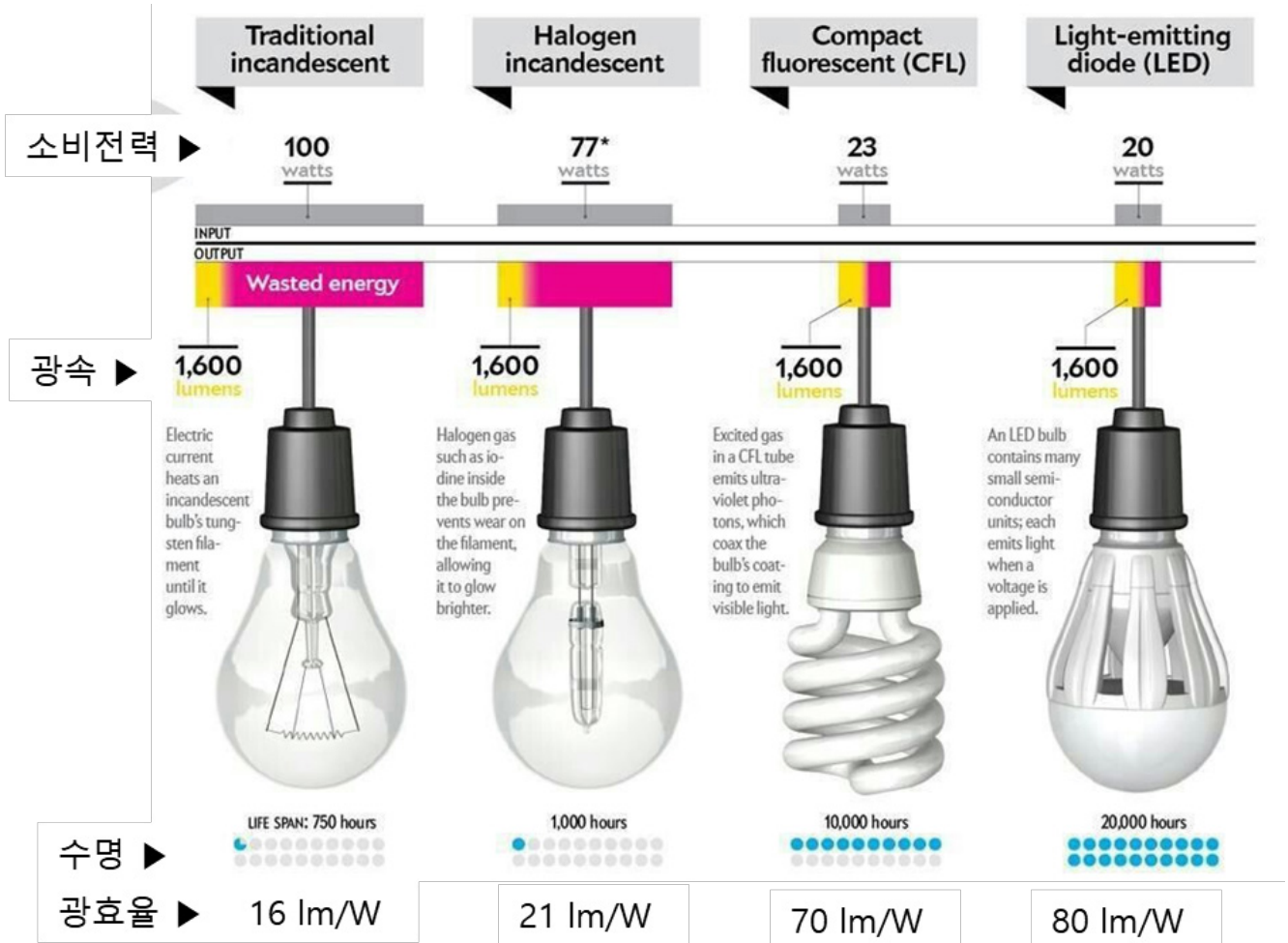


수직형 열교환기



◎ 고효율 광원

- 조명은 빛 외에도 열 형태로 많은 에너지가 손실되어 조명에너지와 냉방에너지를 증가시키는 요인이 됨
- 동일한 소비전력으로 많은 빛을 낼 수 있는, 즉 광효율(Lighting efficiency)이 높은 광원을 써야 함



● 광원 사양 사례

LUMILUX T5 HE



제품장점

- 우수한 경제성 및 효율
- LUMILUX T8 보다 최대 20% 높은 경제성
- 유사한 T8 램프 보다 최대 50 % 체적 감소

적용분야

- 공공 건물
- 사무실
- 상점
- 슈퍼마켓 및 백화점
- 산업
- 적합한 조명기기에서만 실외 적용이 가능

제품특징

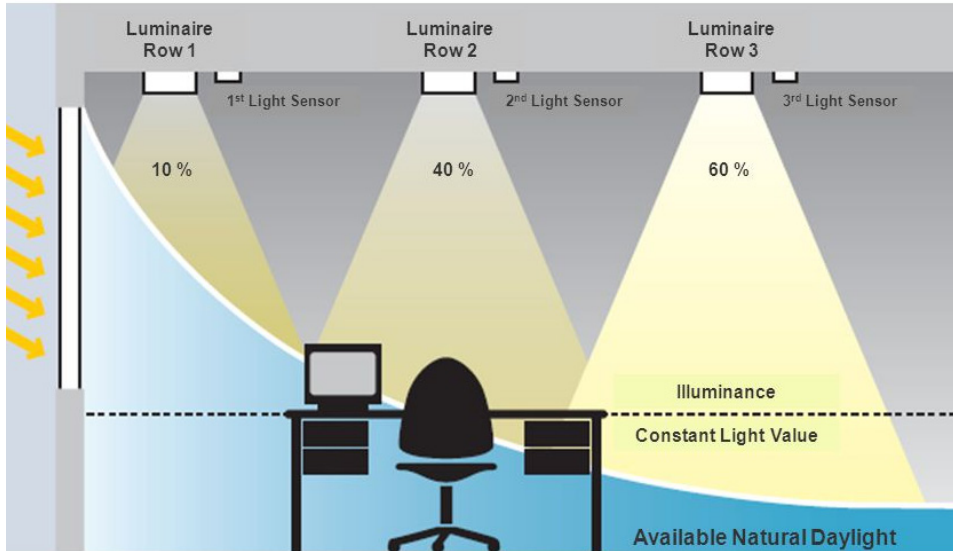
- 광효율: 최대 104 lm/W
- 매우 우수한 광속 유지율: 램프 수명 기간 내내 90% 이상
- 긴 평균 수명: 최대 24,000 시간(QUICKTRONIC ECG 사용시)
- 우수한 연색성 그룹: 1B (R_a: 80...89)
- 디밍 가능

공칭 전압	220 V
공칭 전력	14.0 W
정격 램프효율 (고주파 25 °C)	86 lm/W
기준 전력	14.00 W
정격 광속	1200 lm

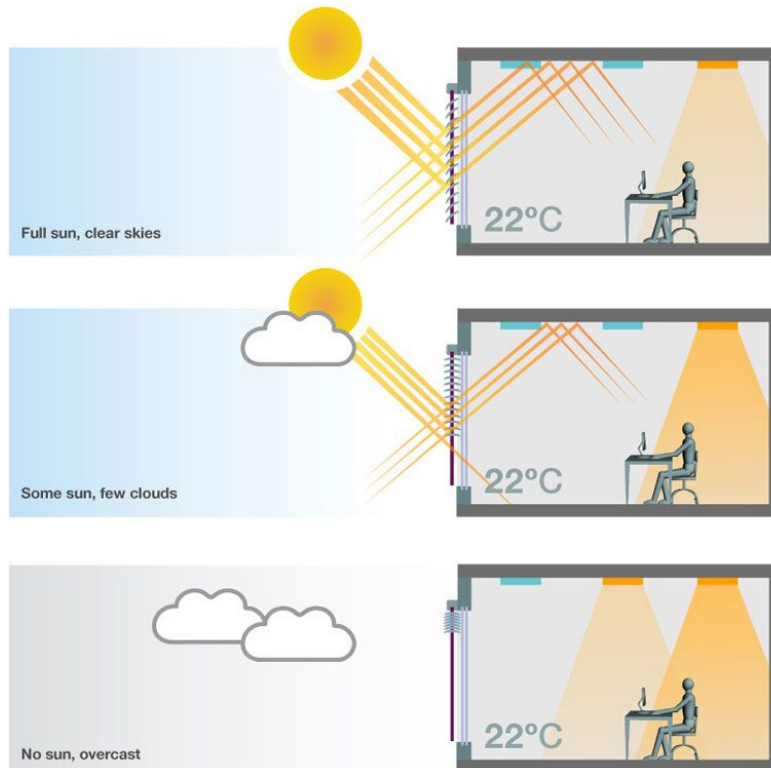
- 광속= 광원에서 나오는 빛의 총량 (Lumen)
- 광효율 = 광속/소비전력

◎ 조광 제어

- 자연채광과 인공조명을 조화시켜 쾌적한 빛환경을 확보하고 조명에너지를 절감
- 주광(Daylight)을 실내에 도입하여 인공조명과 연계하여 빛환경을 조절하는 방식
- 광센서로 주광을 감지하고, 적정 조도 유지에 필요한 만큼 조명 출력을 제어하여 조명 에너지를 절감



창문과의 거리에 따라 조명출력을 제어하는 조광제어 개념



차양장치와 연계한 조광제어 개념

◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Baldi, S. et al. (2017). Real-time monitoring energy efficiency and performance degradation of condensing boilers. *Energy Conversion and Management*, 136, 329–339.
3. Hootman, T. (2012). *Net zero energy design: a guide for commercial architecture*. John Wiley & Sons.
4. Zhang, X., Rhee, K. N., Jung, G. J., & Kim, C. (2024). Exploring energy efficiency and savings potential of a horizontal domestic drain water heat recovery system in high-rise apartment buildings. *Energy and Buildings*, 325, 115038.
5. <https://www.kdhc.co.kr/kdhc/main/main.do>
6. <https://www.i-se.co.kr/index>
7. <https://kr.lgearcon.com>
8. <http://renewability.com/>
9. <https://www.meanderhr.com/>
10. <https://www.caleffi.com/>

B.3

ZEB 신재생 기술 개요

교육 목표

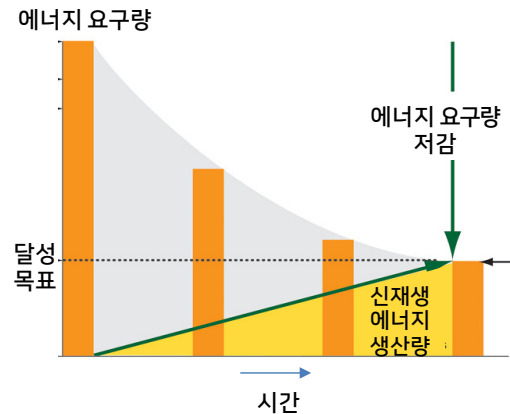
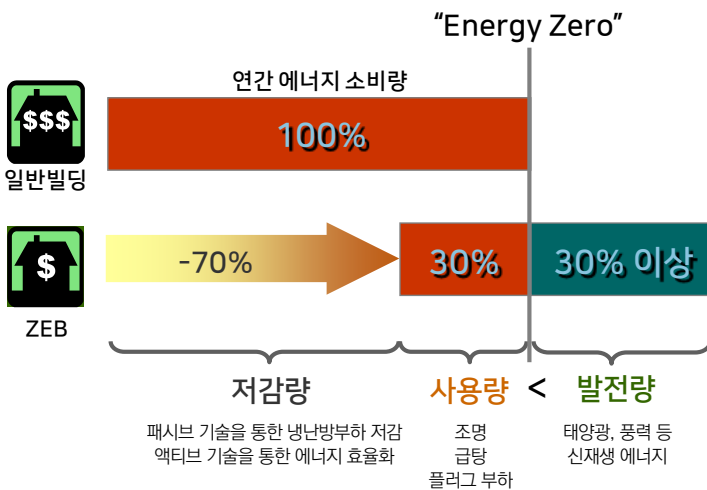
ZEB 신재생 기술 개요

- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 신재생 기술의 필요성 이해
- * 신재생 기술의 정의 및 특징 이해
- * 지열을 이용한 건물 냉난방 및 급탕 기술 이해

1 신재생 기초 및 지열

◎ ZEB 달성 개념

- 건물 효율화(패시브+액티브 기술)를 통해 에너지 요구량을 큰 폭으로 저감한 후,
- 신재생에너지 등을 통해 사용량을 초과하는 에너지를 생산하여
- 연간 에너지 수지(收支)를 “0” 또는 “+”로 유지



◎ 신재생 에너지 정의

- 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조)
- 신에너지 : 수소에너지, 연료전지, 석탄액화·가스화에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油) 가스화 에너지
- 재생에너지 : 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지

◎ 신재생 에너지 특징

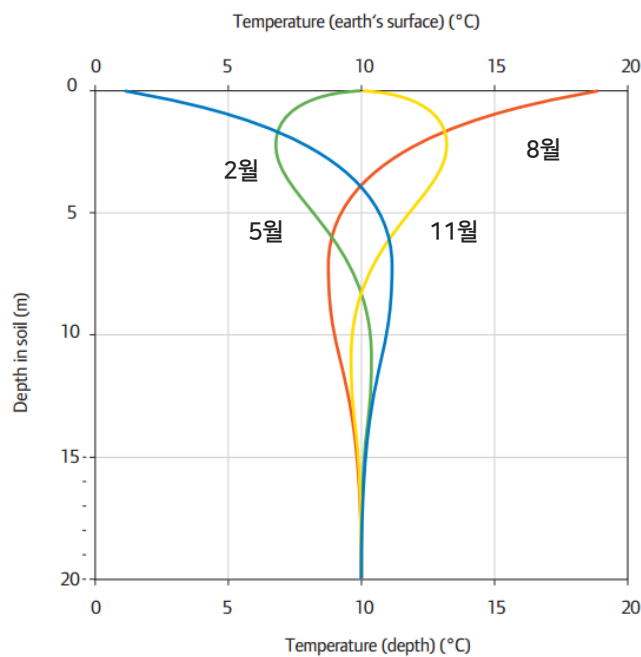
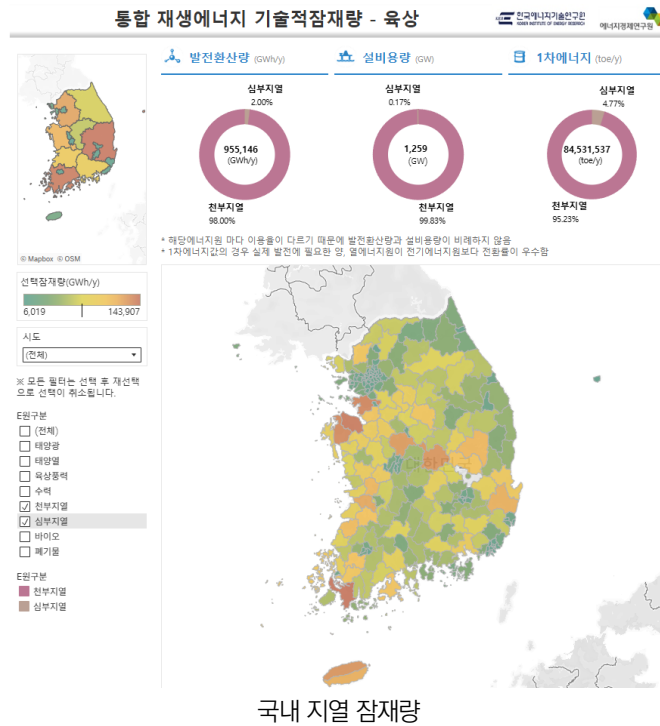
구분	체험세대
공공미래 에너지	시장창출 및 경제성 확보를 위한 장기적인 개발 보급 정책 필요
환경친화형 청정 에너지	화석연료 사용에 의한 CO ₂ 발생이 거의 없음
비고갈성 에너지	태양, 바람 등을 활용하여 무한 재생이 가능한 에너지
기술에너지	연구개발에 의해 에너지 자원 확보가 가능

◎ 신재생 에너지 중요성

- 화석연료의 고갈로 인한 자원확보 경쟁 및 고유가의 지속 등으로 에너지 공급방식의 다양화 필요
- 기후변화협약 등 환경규제에 대응하기 위한 청정에너지 비중 확대 필요
- 신재생에너지 산업은 IT, BT, NT 산업과 더불어 차세대 산업으로 시장규모가 급격히 팽창 중인 미래 산업

◎ 지열 에너지 개요

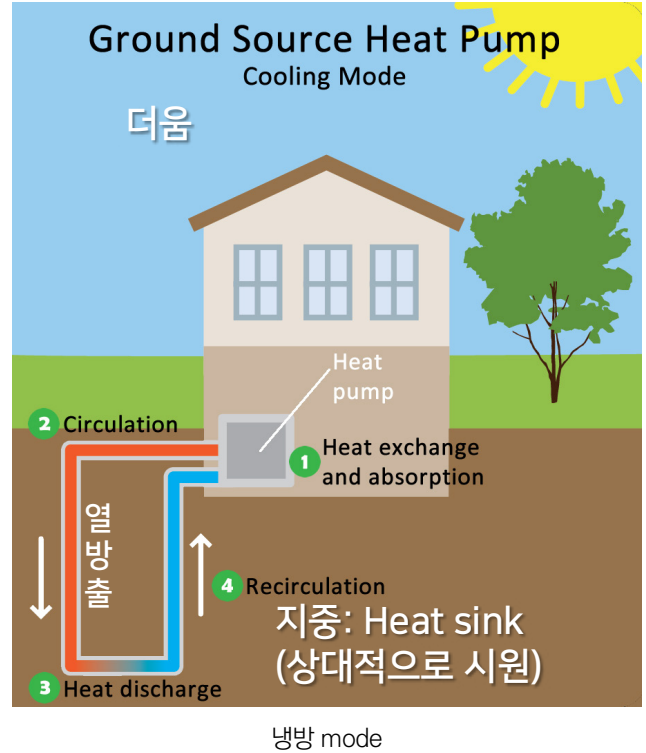
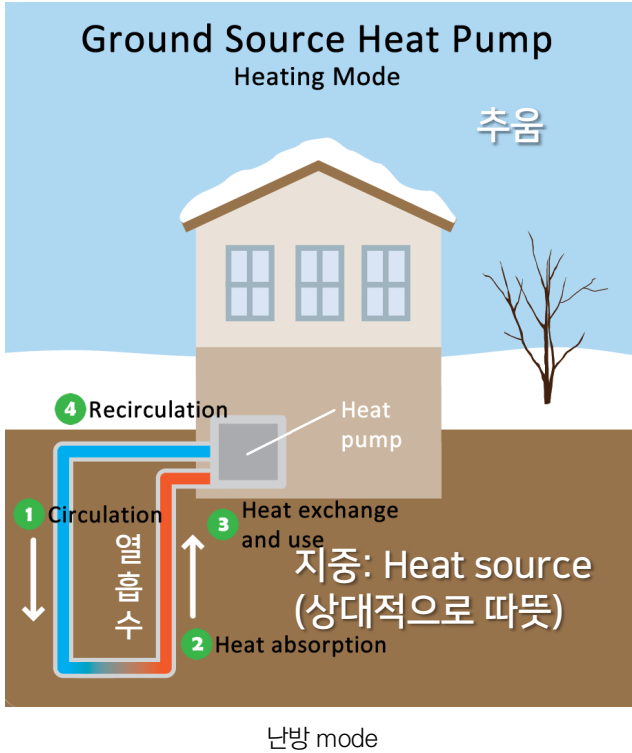
- 지하의 열을 냉·난방 시스템에 이용하거나 발전에 활용하는 기술
- 지중 온도는 하절기에 기온보다 낮고, 동절기에 기온보다 높아 냉난방에 활용 가능
- 지중온도의 안정성으로 혹서기나 혹한기에도 냉·난방의 성능 저하가 낮음
- 지속가능(sustainable), 재생가능한(renewable) 열원이며, 연중 온도의 변화가 거의 없는 장점



깊이별 지중온도 변화

◎ 지열 냉난방 시스템

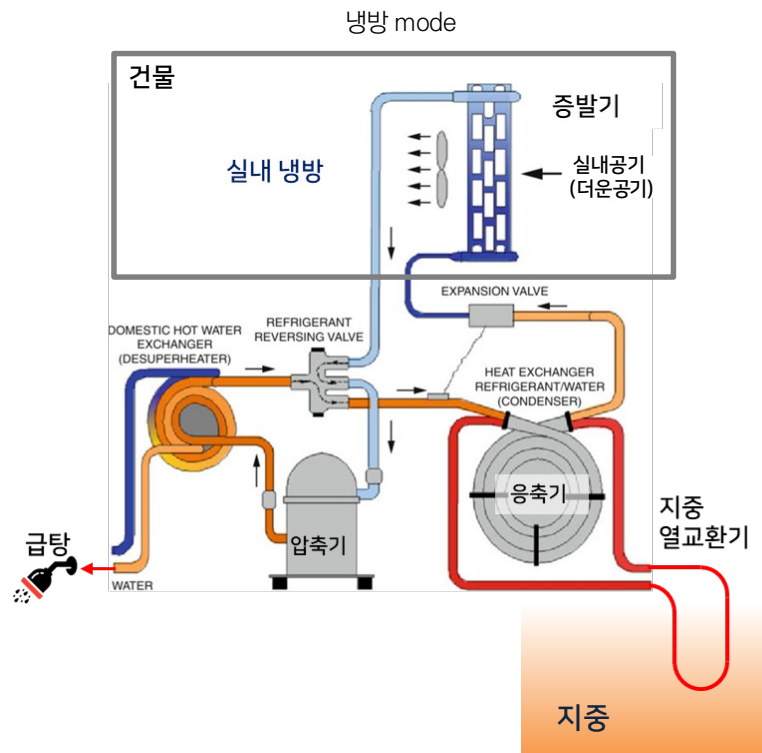
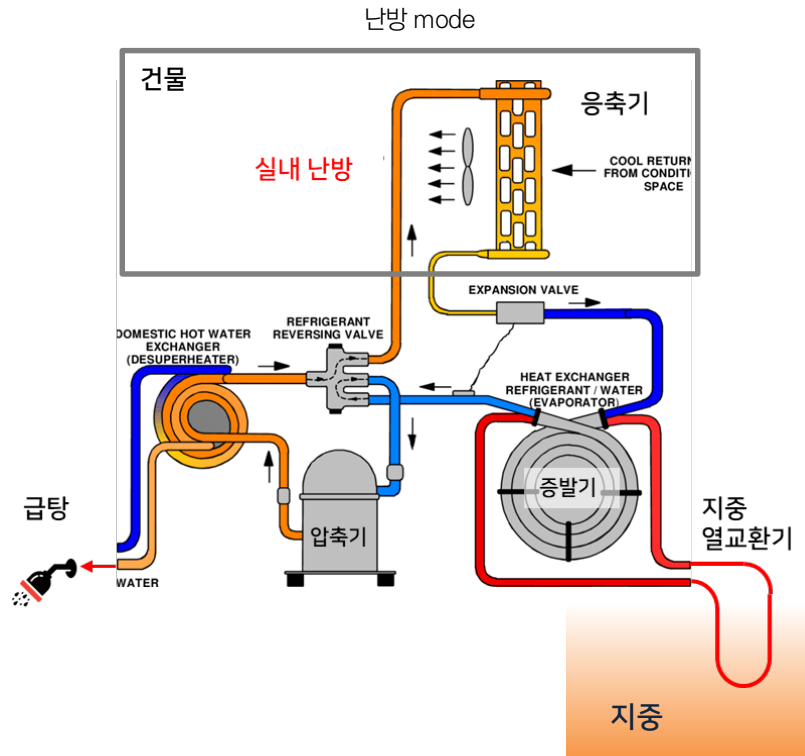
- 연중 일정한 온도를 유지하는 지하열원을 이용하여 냉난방 및 급탕을 동시에 해결
- 겨울에는 따뜻한 지중열을 흡수하여 난방하며, 여름에는 차가운 지중으로 더운 열을 버려 냉방
- 냉난방에 화석연료를 사용하지 않으며, 단지 원하는 온도와 효율을 높이기 위해 지열히트펌프를 사용



- 겨울철에는 지중이 heat source, 여름철에는 지중이 heat sink가 됨

◎ 지열 히트펌프

- 난방: 지중이 heat source (열흡수), 실내측이 응축기 (열방출)
- 냉방: 지중이 heat sink (열방출), 실내측이 증발기 (열흡수)
- 급탕: 압축기를 지나 고온상태가 된 냉매와 열교환하여 온수를 생산



◎ 지중 열교환기

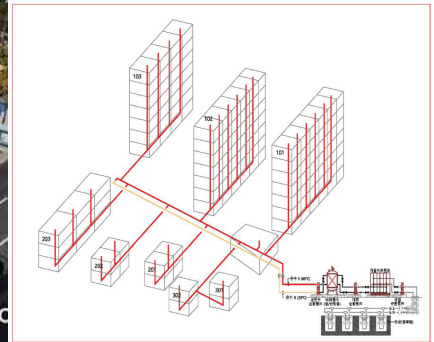
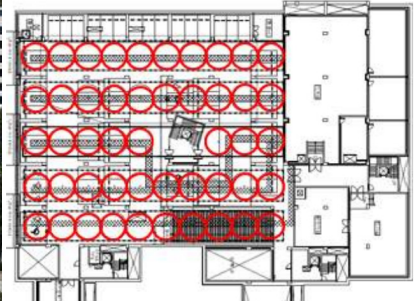
- 지열 냉난방 시스템에서 지중의 열을 흡수하거나, 지중으로 열을 방출하는 중요한 역할을 수행
- 지열을 회수하는 열교환기의 회로 구성에 따라 폐쇄형과 개방형으로 구분



- 폐쇄형 : 지중 열교환기의 배관내에 열교환을 위한 열매가 순환하는 형태 (수직형, 수평형, 말뚝형)
- 개방형 : 지하수를 열매로 직접 활용하는 형태. 우물관정형 (SCW: Standing column well)

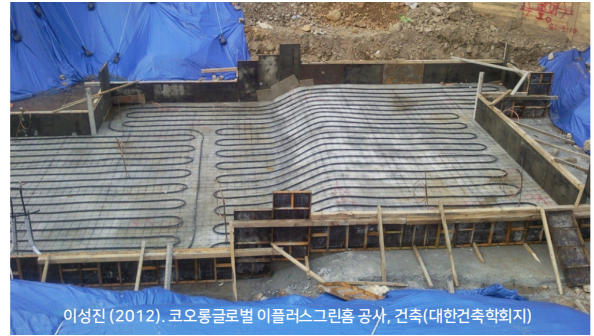
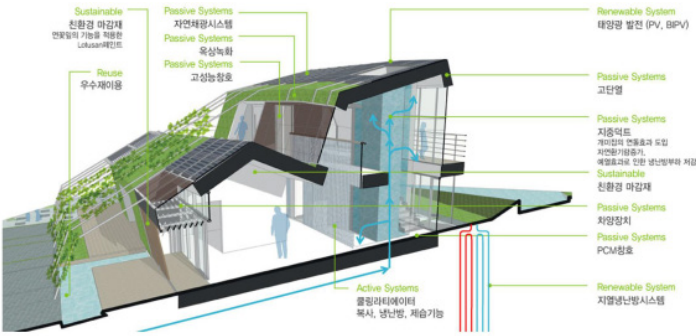
◎ 지열 에너지 활용 사례

- 노원구 제로에너지주택 실증단지



- '09년도 기준주택 대비 에너지사용량 61% 절감, 고효율설비로 13% 저감, 재생에너지로 33%의 에너지 생산 목표
- 지중열교환기 48공(난방용 20공, 급탕용 28공) 깊이 160m 천공, 총 130RT 용량 확보
- 히트펌프를 통해 55°C까지 가열 후 난방 및 급탕용으로 활용

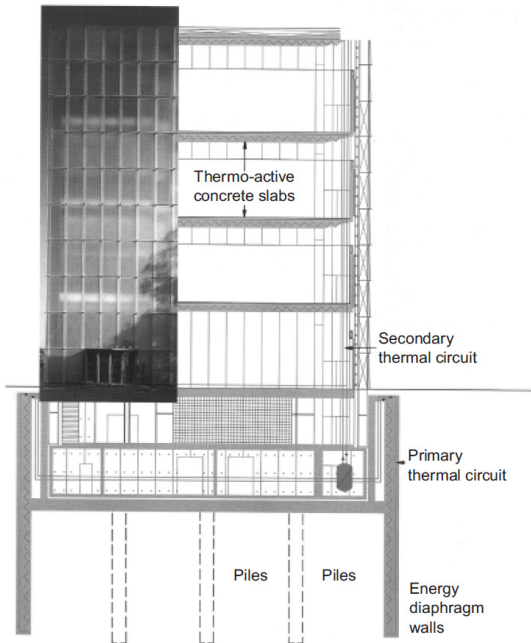
● E+ 그린홈



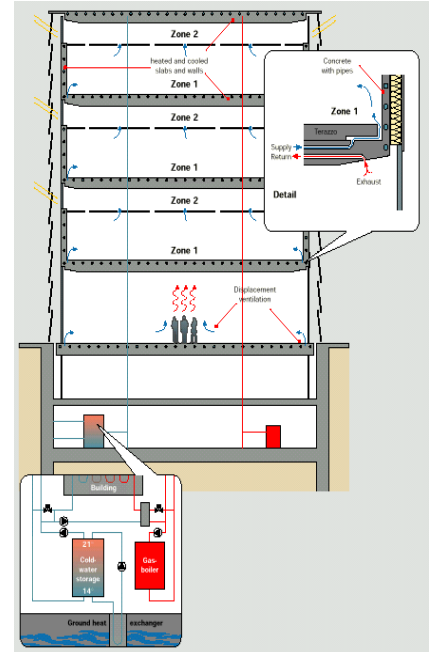
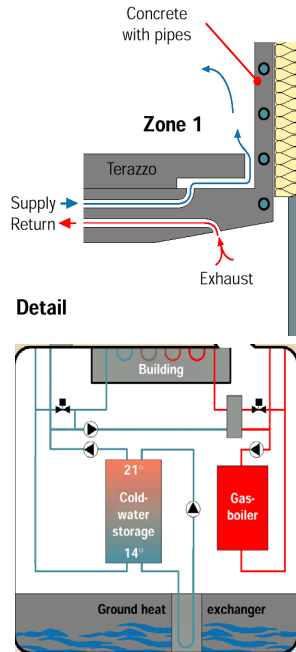
- 수직형 지중열교환기 2개소, 수평형 지중열교환기 1개소 설치하여 FCU 및 바닥복사냉난방에 활용
- 수직형 지중열교환기 중에서 하나는 히트펌프 연계없이 바로 바닥복사냉방에 활용

• Bregenz Art Museum

- 말뚝 및 지하옹벽에 지중 열교환기를 설치하여 지중으로부터 냉열을 흡수
- 14°C의 냉수를 바닥과 벽체에 매립된 냉수배관에 공급하는 구체축열시스템으로 냉방

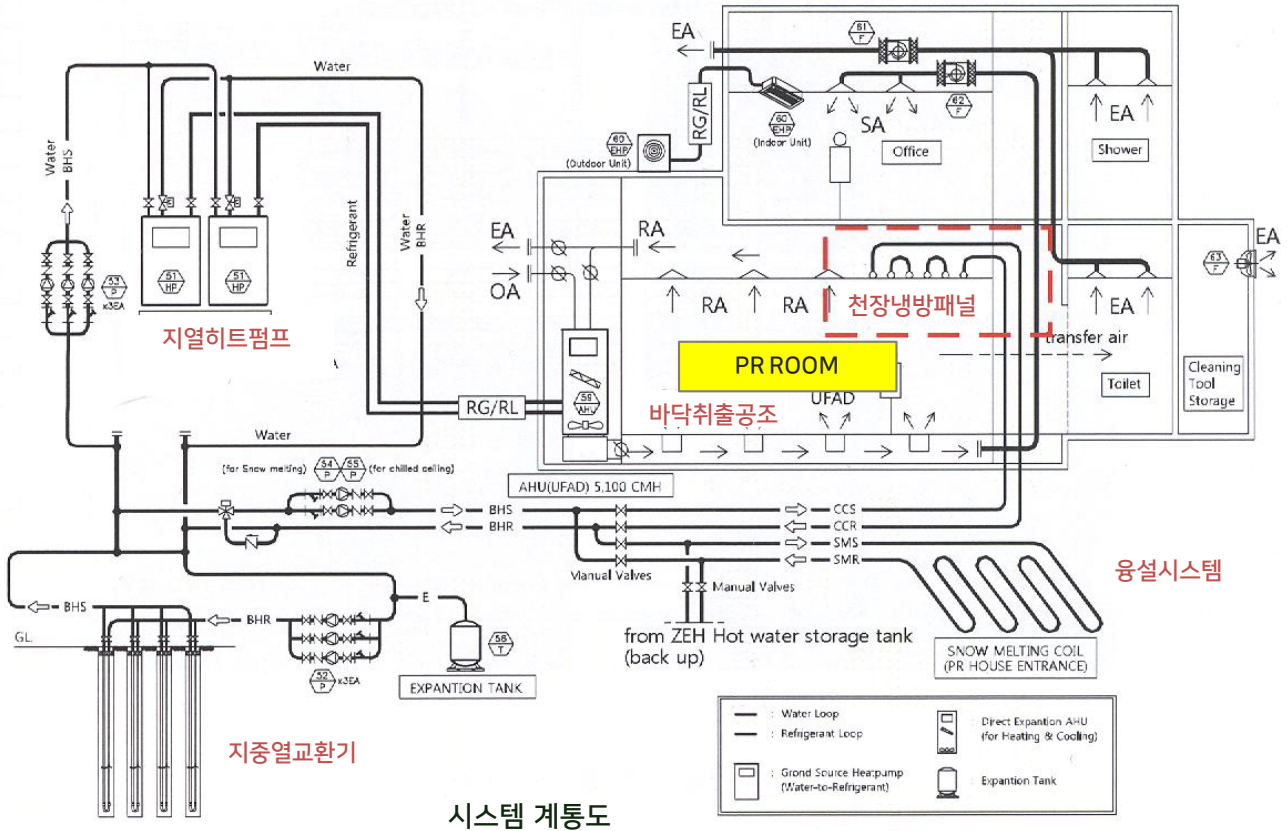


Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81-122.



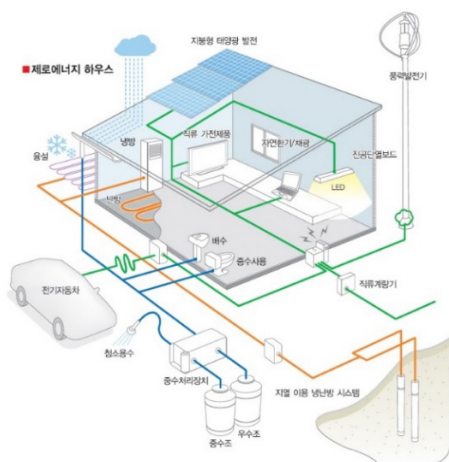
Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. *Proceedings of the ASHRAE-CIBSE*, Dublin, Ireland, 3-4.

- 그린 투모로우 (Green Tomorrow)
- 지열 히트펌프는 기본적인 냉난방 시스템 (바닥취출공조)에 활용
- 지중 열교환기 열매가 히트펌프를 거치지 않고, 직접 천장냉방패널과 옥외 용설시스템으로 공급되기도 함



시스템 계통도

- PR ROOM의 천장냉방패널과 옥외 용설시스템의 지중 열교환기 직결로 고온냉방과 저온용설 시도하였음

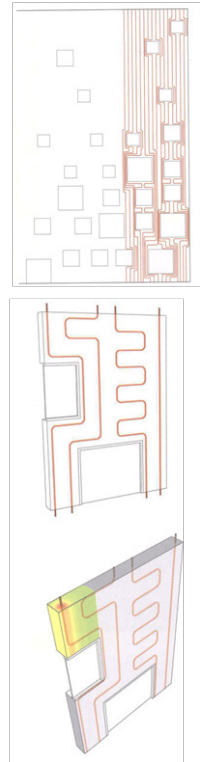
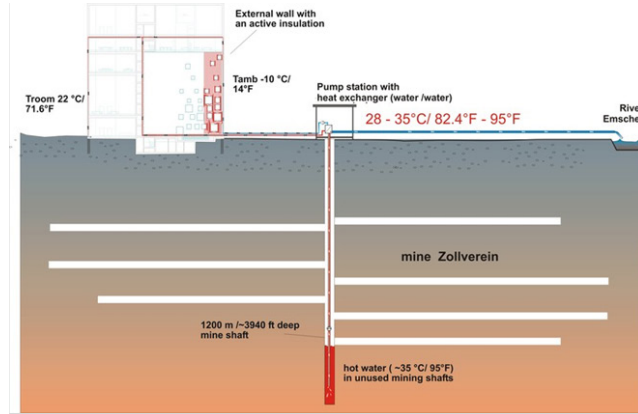
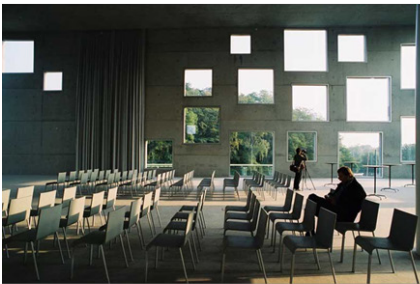


신재생 적용기술



옥외 용설시스템

- Zollverein School of Management and Design
- 인근의 폐광으로부터 35°C의 지하수를 끌어올려 벽에 매립된 배관에서 순환되도록 설계
- 온수가 순환되는 벽면이 일종의 동적 단열(active insulation) 기능을 하여 별도의 난방 없이도 쾌적한 실온 유지
- 신재생에너지와 결합된 액티브 기술이 실내환경의 효과적인 제어에 활용되는 사례



Moe, K. (2010). Thermally active surfaces in architecture. Princeton Architectural Press.

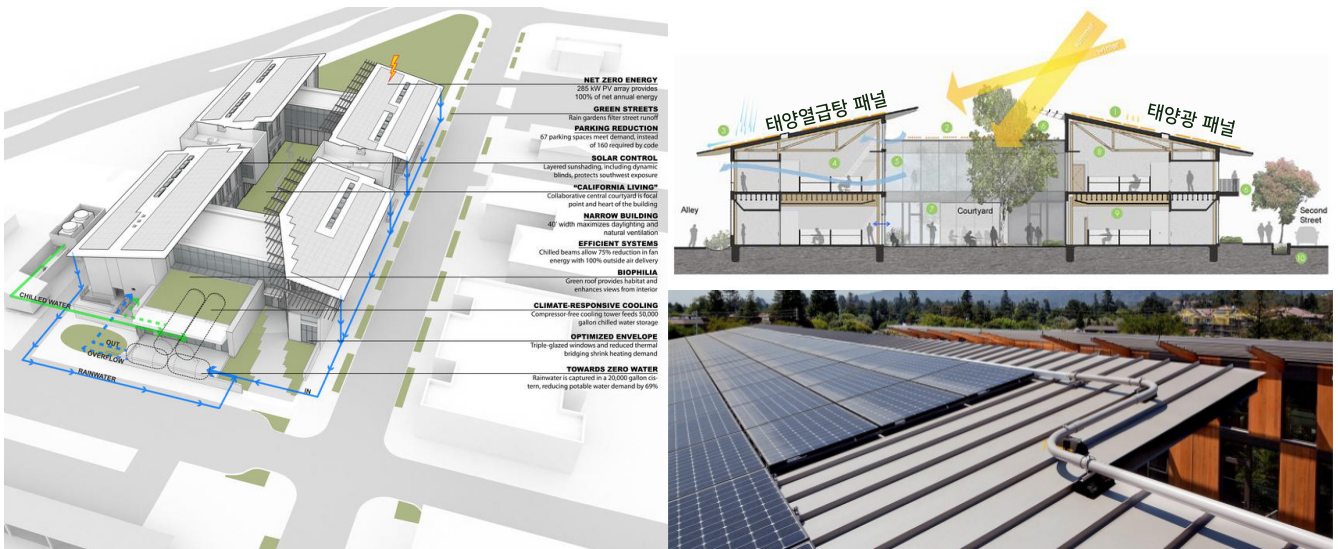
◎ 참고서적 및 사이트

1. 명지대학교 산학협력단 외 (2018). 제로에너지 주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구 최종보고서
2. 이성진 (2012). 코오롱글로벌 이플러스그린홈 공사, 건축(대한건축학회지)
3. Fridleifsson et al. (2008). Data from Lund, J.W., Freeston, D.H., and Boyd, T.L., 2005. Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. *Geothermics* 34, 691–727.
4. Hurter, S., & Schellschmidt, R. (2003). Atlas of geothermal resources in Europe. *Geothermics*, 32(4–6), 779–787.
5. Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81–122.
6. Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. Proceedings of the ASHRAE-CIBSE, Dublin, Ireland, 3–4.
7. Moe, K. (2010). *Thermally active surfaces in architecture*. Princeton Architectural Press.
8. <https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCCHP001.do?menuCd=FN29030304>
9. <https://kier-solar.org/user/potential/energy>
10. <https://web.uponor.hk/radiant-cooling-blog/thermally-active-building-systems-with-geothermal-energy-design-basics>
11. <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>
12. https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95080047

2 태양광 및 태양열

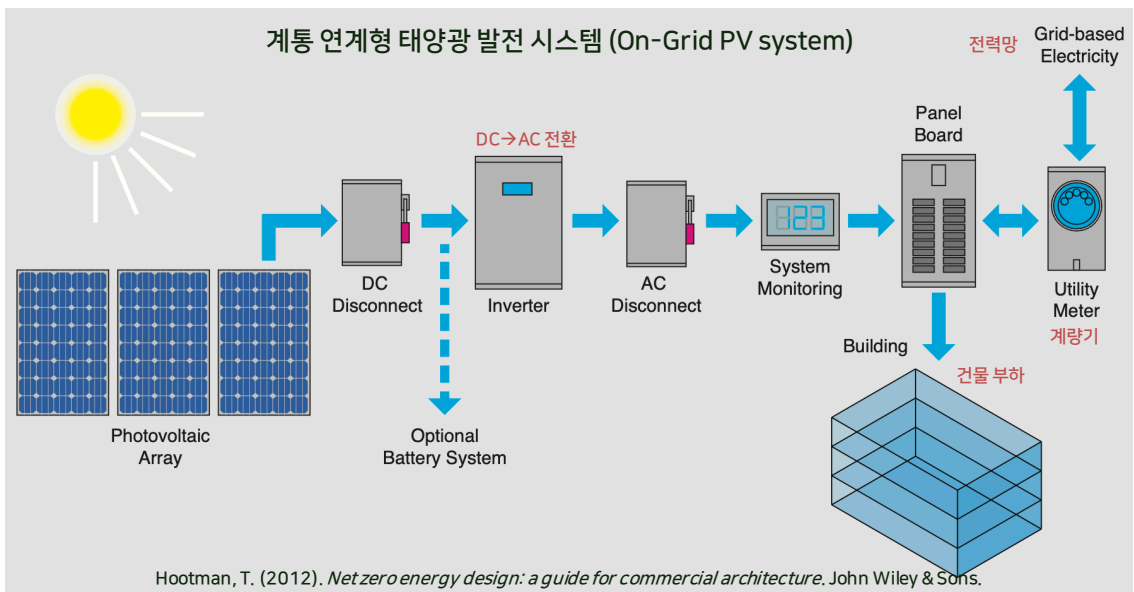
◎ 태양광 발전 기본 개념

- 태양전지(PV: Photovoltaic)를 활용하여 발전하는 태양광발전은 분산형 재생에너지 부문의 핵심
- 비교적 경제적이며 여러 규모로 프로젝트에 통합될 수 있어 ZEB에 가장 흔히 사용됨
- 생산된 전력을 다양한 용도에 이용할 수 있다는 것이 가장 큰 장점



Packard Foundation Headquarters Building

- PV에서 생산된 전기는 인버터로 교류로 변환한 후 건물내 전력 에너지원으로 활용
- 독립형 태양광발전: PV로 생산한 전력을 건물내에서 모두 소비
- 계통 연계형 태양광 발전: 생산한 일부 전기는 배터리로 충전하거나, 전력 계통(Grid)과 연계하여, 생산된 전력 중 잉여분은 전력망으로 내보냄



◎ 태양광 발전의 형태

- 태양광 발전 초기에는 태양에너지 수집이 용이하도록 옥상, 개활지에 독립적으로 PV를 설치
- 건물내에서의 전력 생산 필요성, 건축 디자인과의 조화, PV 효율 발전으로 인해 건물과 통합된 BIPV (Building-Integrated PV) 적용이 확대



주차장 설치 PV



옥상 거치 PV



지붕 씬글 형태 PV (Solar Shingle)



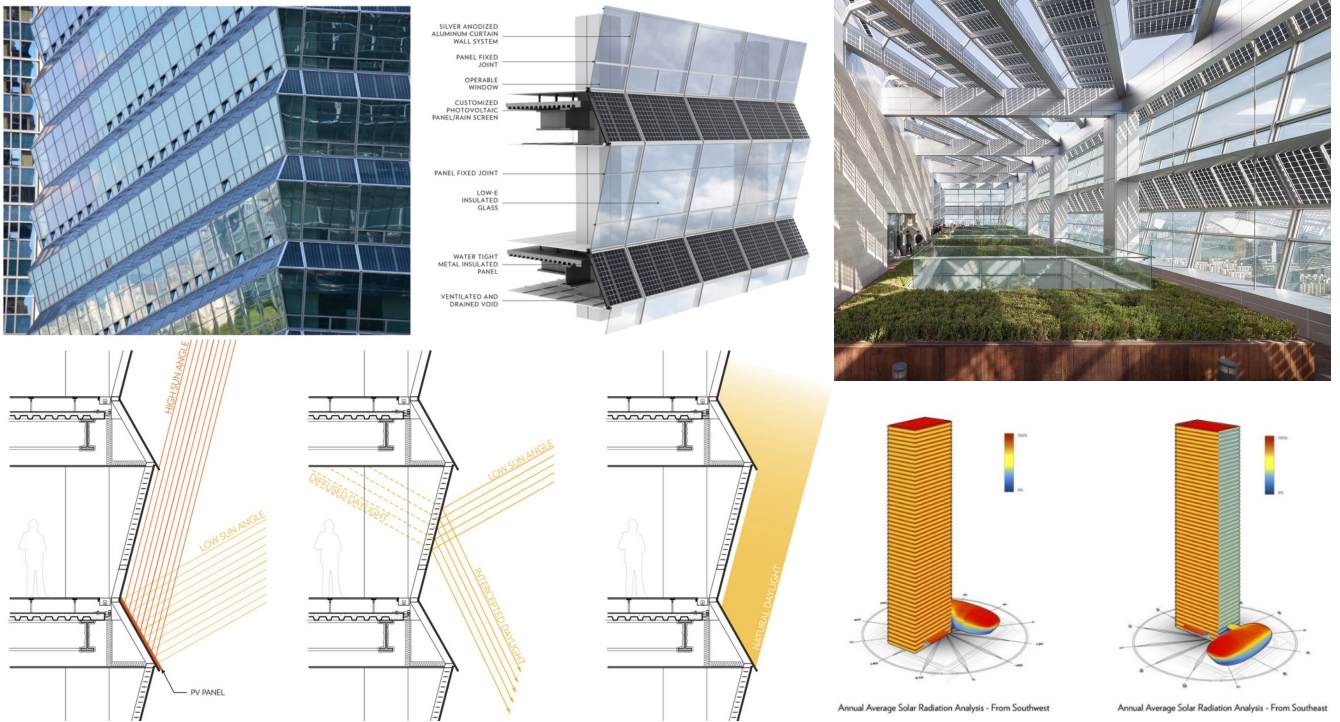
아파트 수직 외벽 설치 PV



아파트 옥상 설치 PV

◎ 건물 통합형 태양광발전(BIPV) 사례

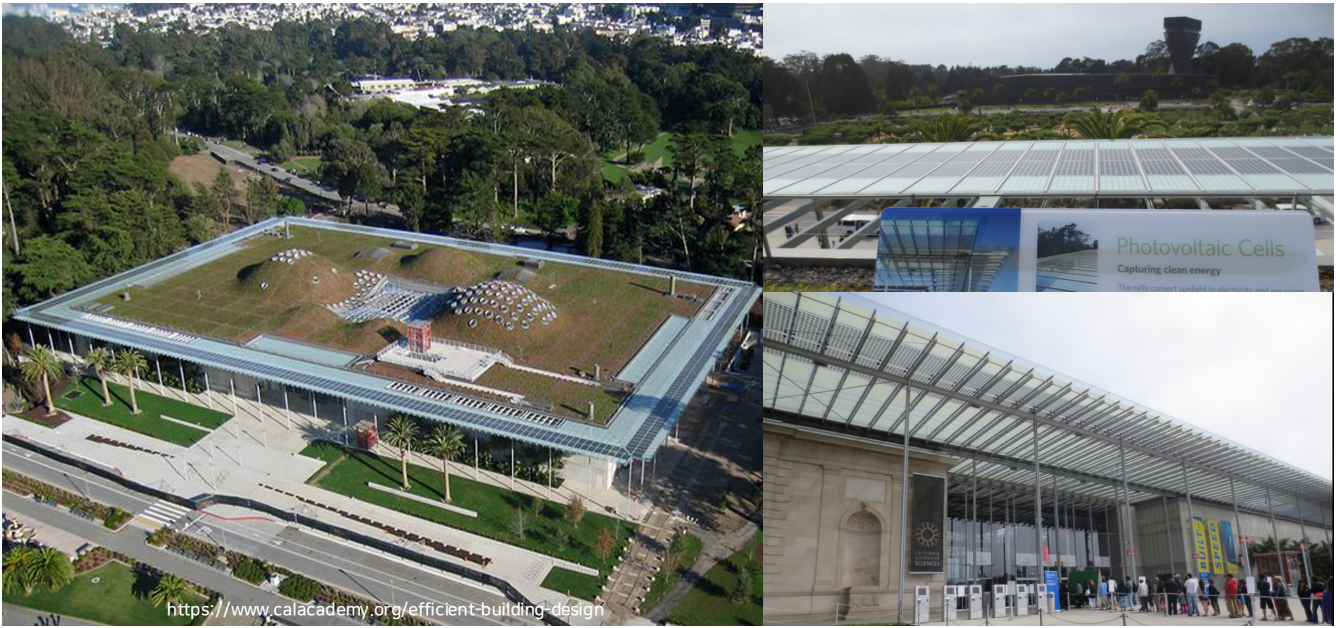
- 전경련 회관
- 커튼월 단면을 지그재그로 계획하고 역경사 부분에는 차양을, 순경사 부분에는 PV 설치
- 역경사 부분은 직달일사가 실내로 유입되는 것을 최소화
- 순경사 부분의 PV는 수직면에 설치했을 때보다 일사 흡수면적을 증가시켜 발전량을 늘리도록 계획



- 애플 신사옥(Apple Park)
- 지붕면 전체에 걸쳐 생산량 14MW의 PV를 설치
- 자연환기를 최대한 활용하여 1년 중 9개월 동안 공조설비 가동 없이 냉난방 가능
- 태양광 발전으로 낮시간 동안 필요한 전력의 75% 공급 (나머지는 바이오연료, 연료전지)

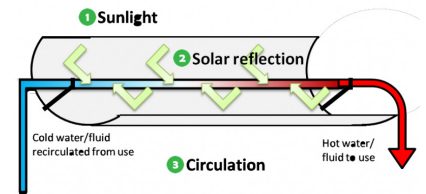
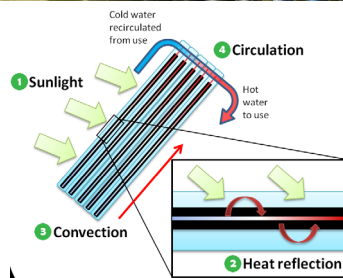
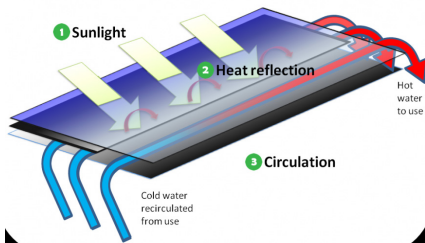


- California Academy of Science
- 자연채광을 위한 천창, 자연환기를 위한 개구부, 우수재활용 및 단열 역할을 겸하는 옥상 정원 'Living Roof' 계획
- 옥상녹화가 된 'Living Roof'의 둘레로 6만개의 태양전지(photo cell)를 배치
- 태양전지가 설치된 지붕은 차양의 역할도 수행하며, PV는 건물에 필요한 에너지의 5%를 공급



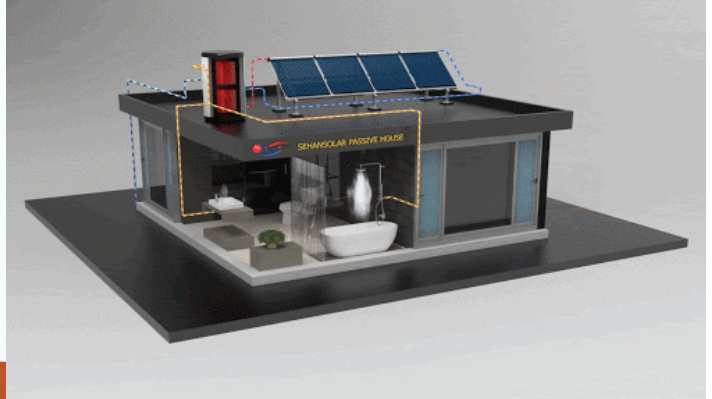
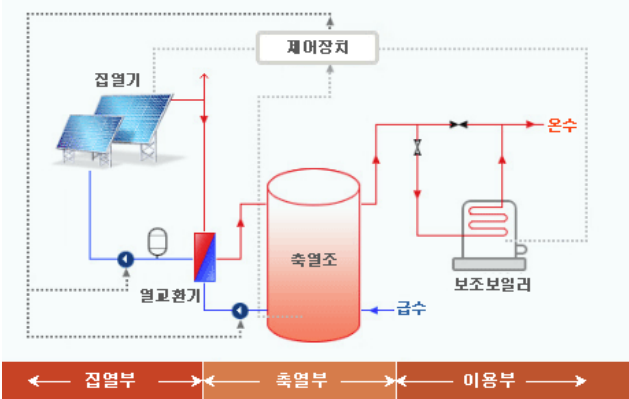
☉ 태양열 급탕 | 집열기

- 평판형: 가장 일반적인 평평한 형태의 집열기로, 투과체, 흡수판, 열매체관, 단열재로 구성
- 진공관형: 튜브 내부를 진공으로 만들어 열손실을 최소화함으로써 높은 온도의 온수를 생산
- 파라볼릭형: 포물선형의 반사판 가운데 집열관을 설치하여 고온의 온수를 생산

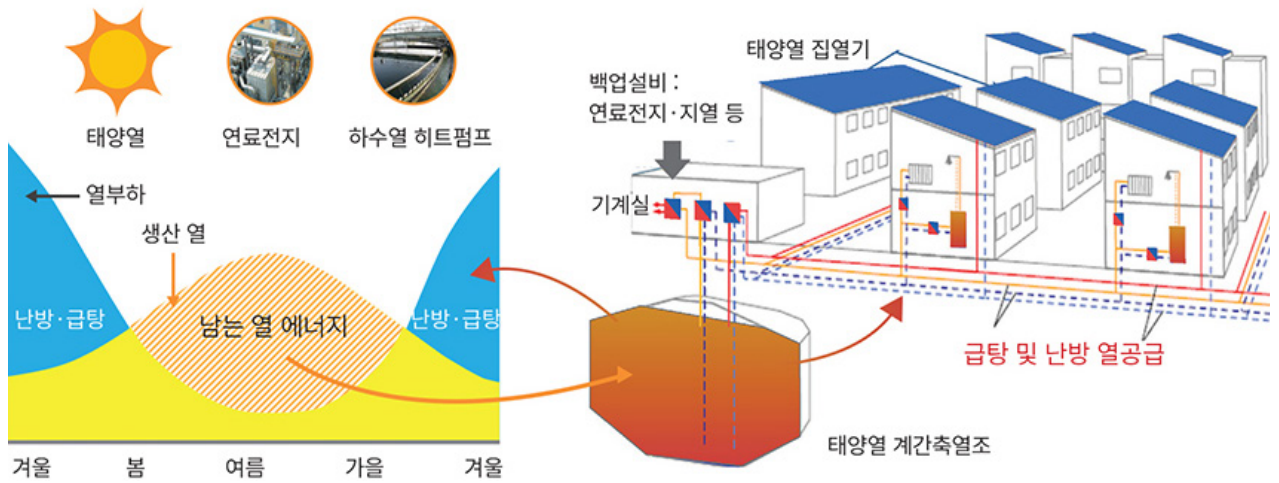


☉ 태양열 급탕 시스템

- 집열부, 축열부, 이용부로 구성되며, 안정적인 급탕 공급을 위해 축열조, 보조보일러 필요
- 하절기 잉여 생산량을 동절기에 활용하기 위한 방법으로, 대규모의 계간(季間)축열조를 적용하는 경우도 있음



• 계간 축열 개념

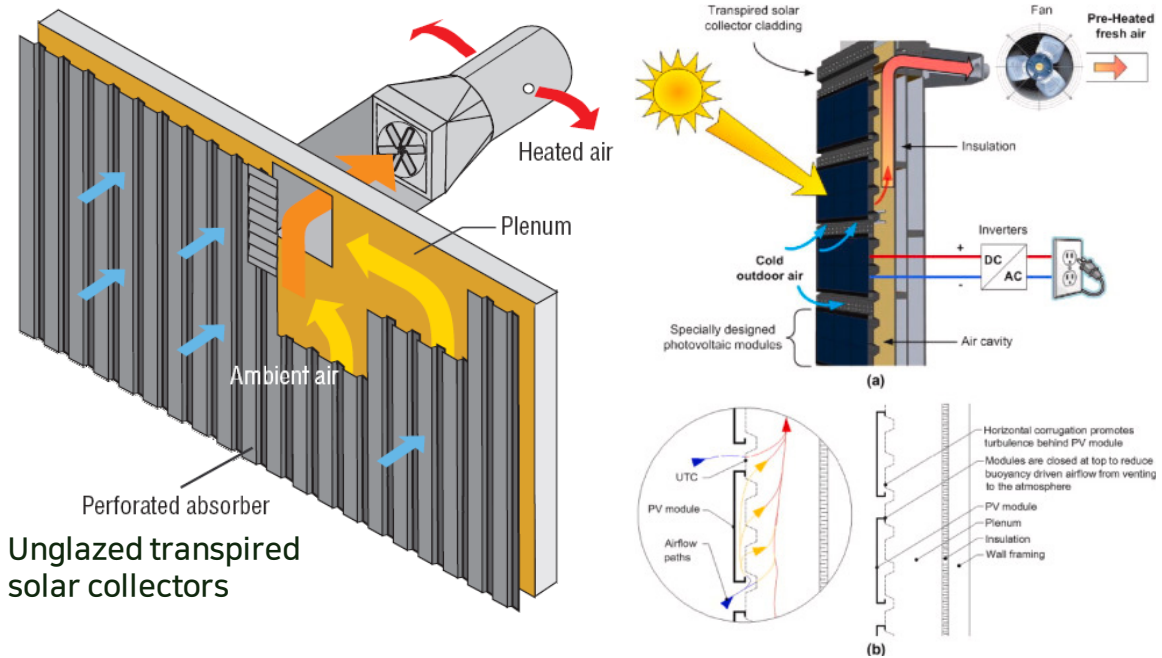


- 충북 진천 혁신도시 내 친환경에너지 타운에는 지열과 태양열로 생산된 온수를 저장하는 계간축열조가 설치되어 있음

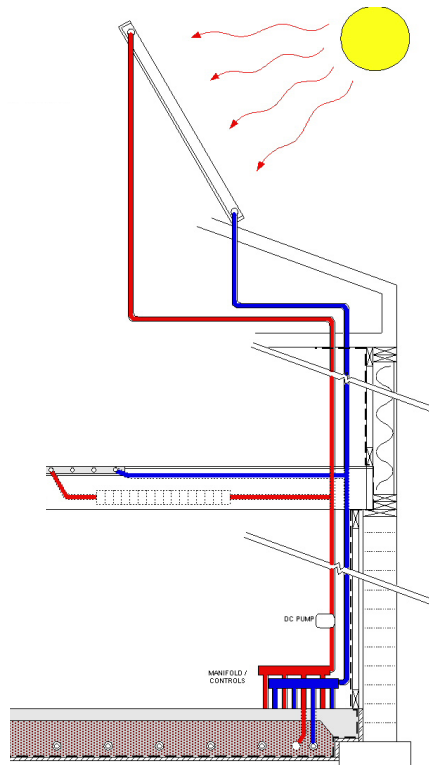


☉ 태양열 난방

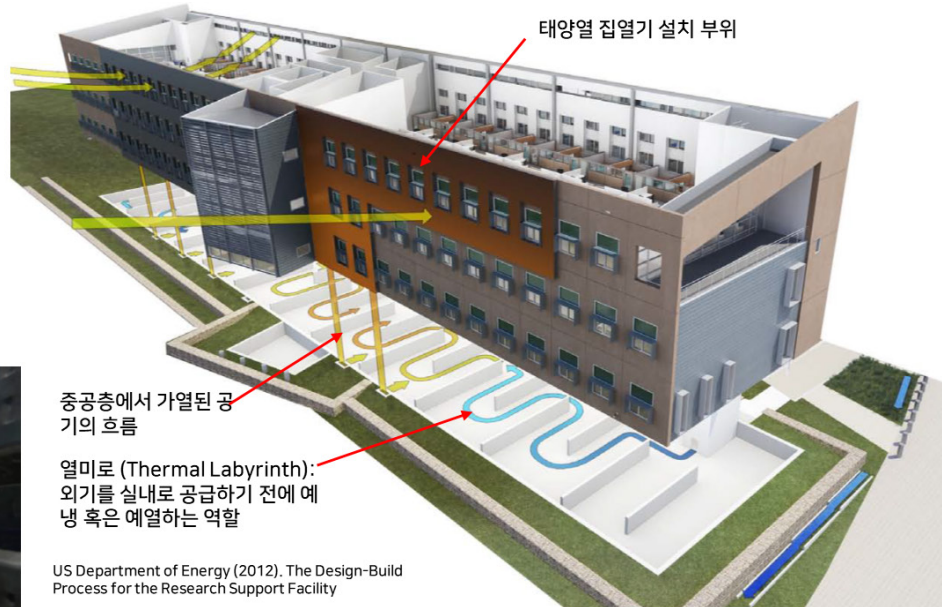
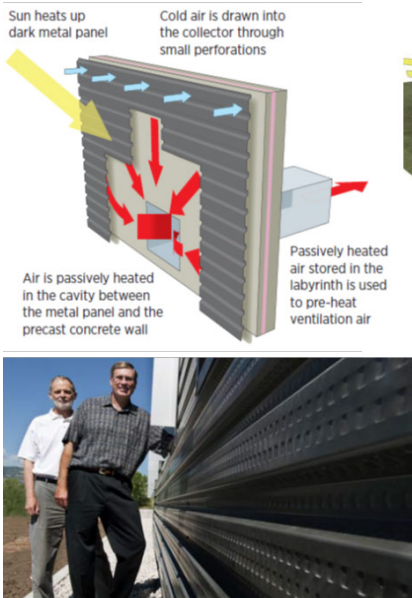
- 태양열 공기난방 (Solar air heating)
- 집열기(흡수율이 높은 금속재) 후면의 공기층을 가열, 가열된 공기를 실내 난방에 활용하거나 환기부하 절감에 활용



- 태양열 이용 저온복사난방
- 복사난방시스템이 저온수로도 난방이 가능함에 착안하여, 태양열로 생산된 온수를 구조체에 순환시켜 난방



- NREL 연구소 연구지원시설의 남쪽 외벽 일부에 태양열 집열기(Transpired solar collector) 설치
- 동절기 맑은 날에 차가운 공기가 집열기를 통과하여 후면 중공층에서 가열된 후 건물 하부의 열미로(Thermal labyrinth)로 이동 → 공조기가 처리해야 하는 환기부하를 저감시킴

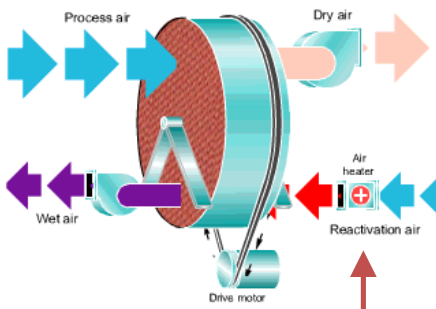


☉ 태양열 냉방

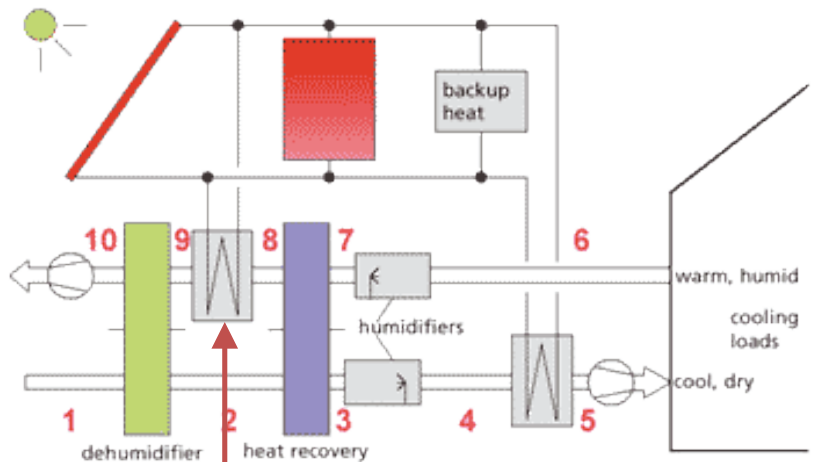
- 공기 중의 습도를 낮춰서 냉방 목적을 달성하는 것을 제습 냉방이라 함
- 제습 냉방은 주로 제습제를 활용하는데, 습기를 흡수한 제습제를 재생하여 다시 쓸 수 있도록 가열하는 것이 중요
- 기존 화학제습에서는 가스나 전기를 재생열원으로 활용하나, 태양열을 재생열원으로 활용할 수 있으며, 이는 하계 잉여 태양열을 활용하는 대안이 될 수 있음



Munters Desiccant Rotor Principle



재생기
(공기 가열하여 로터 내의 제습제 재생)



재생기

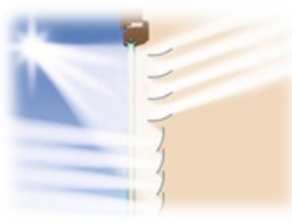
◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Ochs, F. et al. (2008). Solar assisted district heating system with seasonal thermal energy storage in Eggenstein-Leopoldshafen. Lisboa: In EuroSun.
3. US ACE (2011). Central Solar Hot Water System Design Guide
4. Hootman, T. (2012). Net zero energy design: a guide for commercial architecture. John Wiley & Sons.
5. <https://www.aiatopten.org/node/403>
6. <http://www.dasstech.com/en/pv-inverter/>
7. <https://urbannext.net/fki-tower/>
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Park
9. <https://www.calacademy.org/efficient-building-design>
10. <https://greenhome.kemco.or.kr/ext/itr/intr/solarHeatIntro.do>
11. <http://www.sehansolar.co.kr/page/product1.php>
12. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_thermal_systems
13. http://www.eurotubeuropa.it/english/NL/2015/07/nl_07_4.html
14. <https://www.munters.com/ko/campaigns/airt-campaigns/munters-dessiccant-rotor>

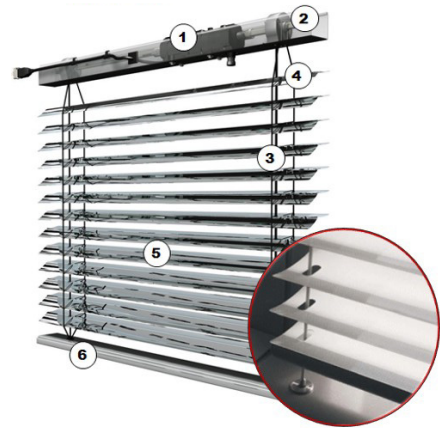
3 기타 신재생 기술

◎ 집광형 채광 시스템 개요

- 반사율이 높은 베네시안 블라인드(Venetian blind)의 형태로, 자연광의 입사각에 따라 슬랫(Slat) 각도를 변화시켜 실내로 자연광을 유입 → 조명에너지 절감, 눈부심(현휘) 차단, 냉방에너지 절감 효과
- 상부는 개방하여 실내로 자연광을 최대한 유입하고, 하부는 폐쇄하여 직사일광을 차단
- 2018년 신재생에너지로 지정 고시 (한국에너지공단 신재생에너지센터 공고 제2018-5호)



[집광채광 루버 구성 요소]



- | | |
|------------|-----------|
| ① 구동모터 | ② 보호커버 |
| ③ 상하부 조절장치 | ④ 각도 조절장치 |
| ⑤ 루버(슬랫) | ⑥ 하부 지지대 |



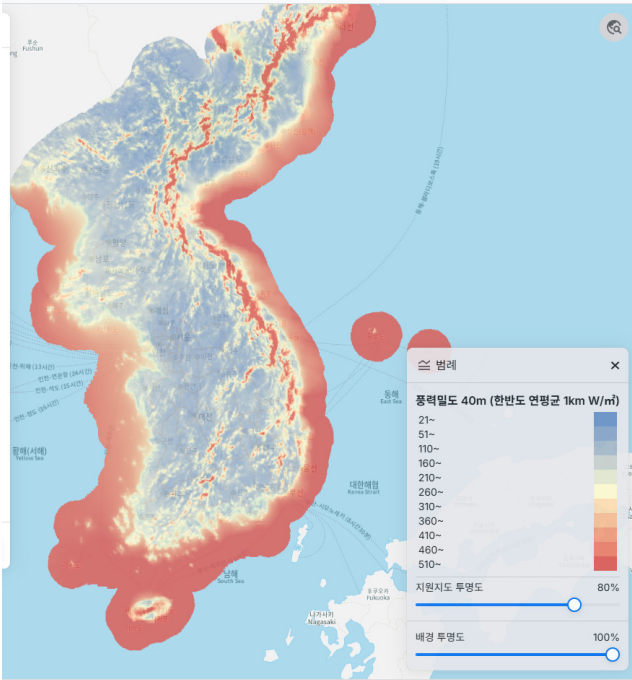
◎ 집광형 채광 시스템 사례

- 사무소 건물, 학교, 도서관, 주택 등 다양한 용도의 건물에 적용
- 상부로 유입되는 자연채광은 천장면을 밝히면서 실내 조도 및 균제도 향상
- 하부는 직사일광을 차단하여 편안한 시환경 제공



◎ 풍력 발전

- 2021년 기준 국내 풍력발전량의 비중은 신재생 에너지 중 7.5%, 전체 발전량 중 0.55%
- 풍력 자원의 분포상 해안/도서 지역, 산악 지역에 국한되어 적용
- 도서 지역의 경우 에너지 자립을 위한 주요 에너지원으로 활용(예: 제주도 CFI-탄소자립섬)



국내 풍력자원분석도(고도 40m 풍력 밀도)



풍력 발전 설비 현황(2019.06 기준)

◎ 건물통합형 풍력 발전

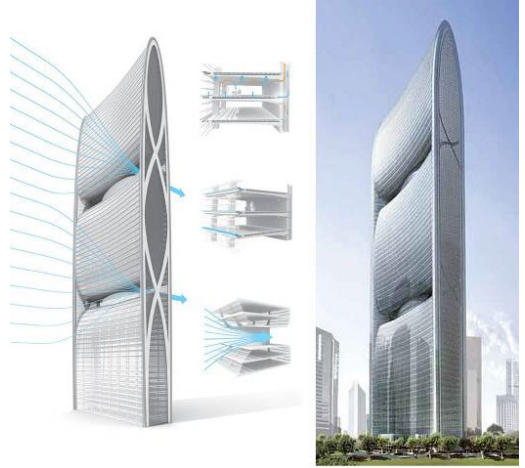
- 건물과 통합된 대형의 풍력 발전(BIWT)은 일부 기념비적인 건물에만 적용, 그 외는 주로 소형 Wind turbine 적용
- 건물의 특정 부위에서 풍속이 증가하도록 건물 매스와 형태를 계획하고, Wind turbine을 건물 디자인의 요소로 활용
- Wind turbine 운전에 따른 소음, 진동이 건물 내부에 전달되지 않도록 하는 설계가 관건



바레인 세계무역센터



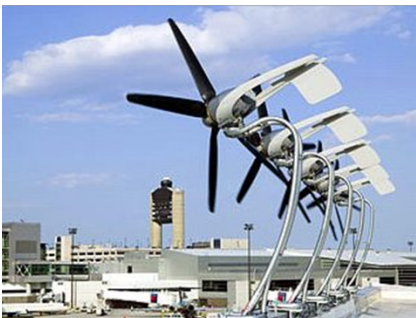
영국 Strata Tower



Pearl River Tower

◎ 소형 풍력 발전

- Micro wind turbine을 건물 모서리, 옥상 등 풍속이 국소적으로 높아지는 곳에 설치하여 발전하기도 함
- 수직적 wind turbine(VAWT), 수평축 wind turbine(HAWT) 설치
- 풍력 발전 기능 수행뿐만 아니라 건물 외관을 특징짓는 역할 수행



Logan Airport (Boston)



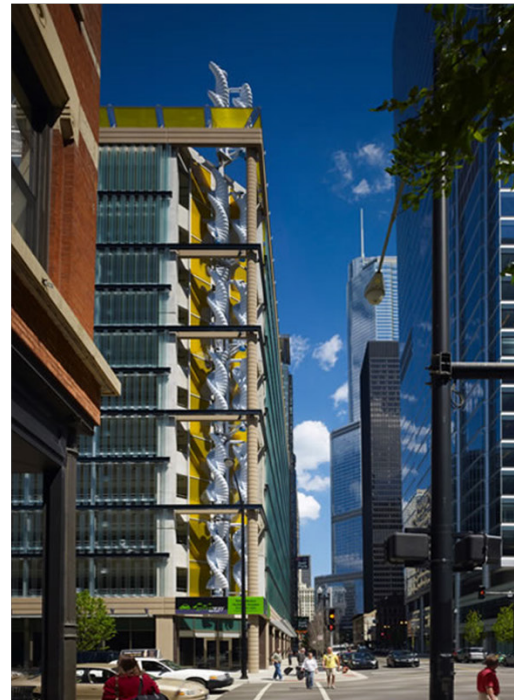
Daito Bunka University (Tokyo)



Light Rail Company (Hague)



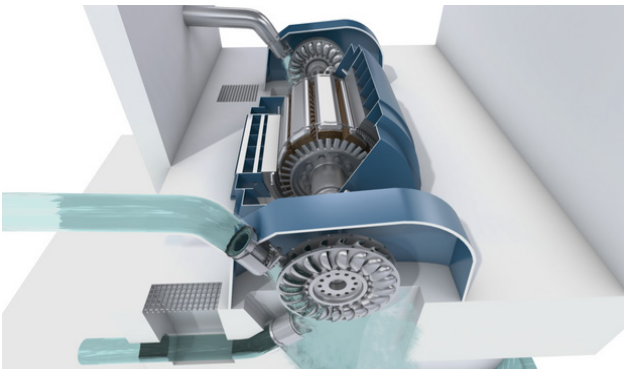
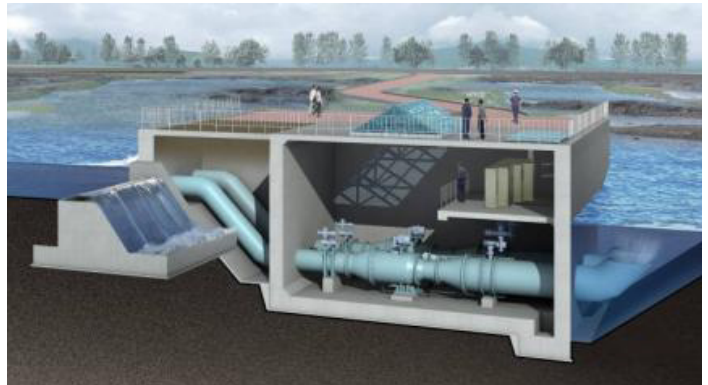
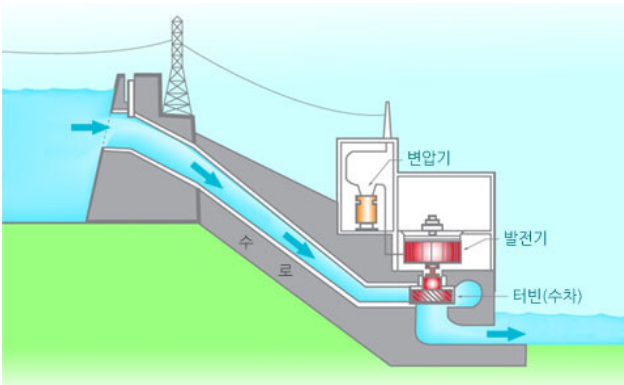
Fairview Homes development (London)



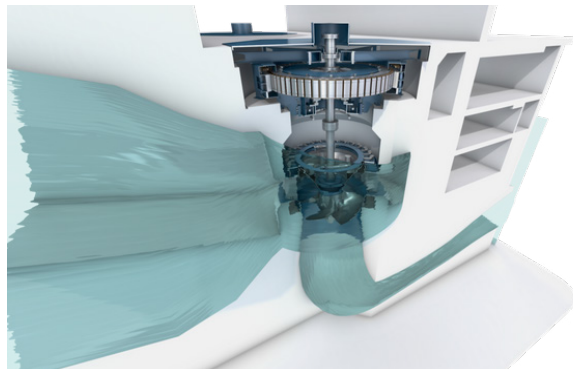
Greenway Self Park (Chicago)

◎ 수력(소수력)

- 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전
- '05년 이전에는 시설용량 10MW이하를 소수력으로 규정하였으나, 신규 법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법)에서는 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의
- 상수도 수도관 낙차를 이용하거나 하수 처리장 방류수를 이용하는 소수력 발전도 도입
- 물의 운동에너지를 효과적으로 터빈 회전력으로 변환하는 기술이 필요
- 펄튼 터빈(물레방아 형태), 카플란 터빈(프로펠러 형태) 등이 쓰임



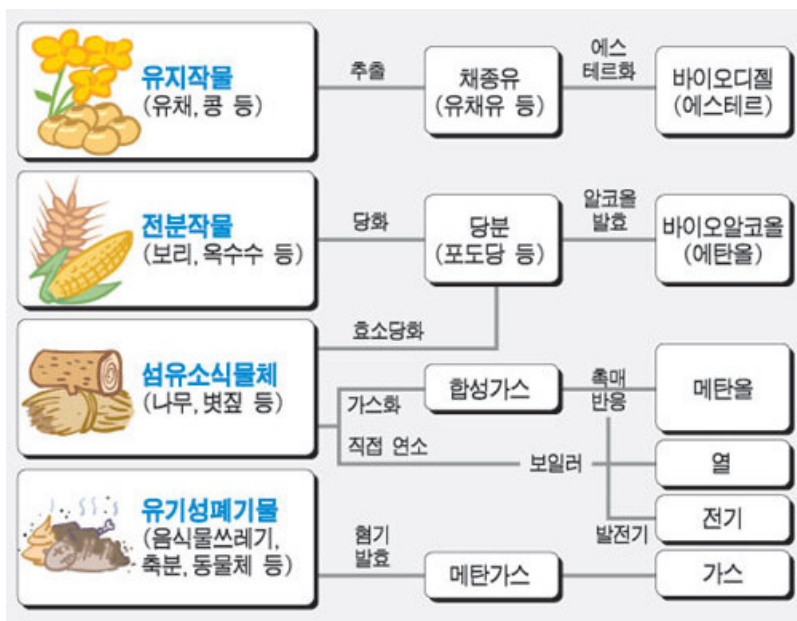
펠튼 터빈(Pelton Turbine)



카플란 터빈(Kaplan Turbine)

◎ 바이오매스

- 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체
- 바이오매스를 직접 또는 변환하여 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용
- 목재를 잘게 부순 칩(우드칩)이나 목재를 갈아서 담배꽂초 모양으로 성형한 펠릿도 재생에너지로 분류되며 이들을 연료로 하는 가정용 보일러도 보급 중
- 연소 시 온실가스가 배출되나 화석연료와 달리 대기 중의 CO₂를 순증시키지 않는 탄소중립적 에너지원으로 간주
- 최근 해조류도 바이오매스 제조에 활용



바이오매스 연료 제조과정



바이오 에탄올



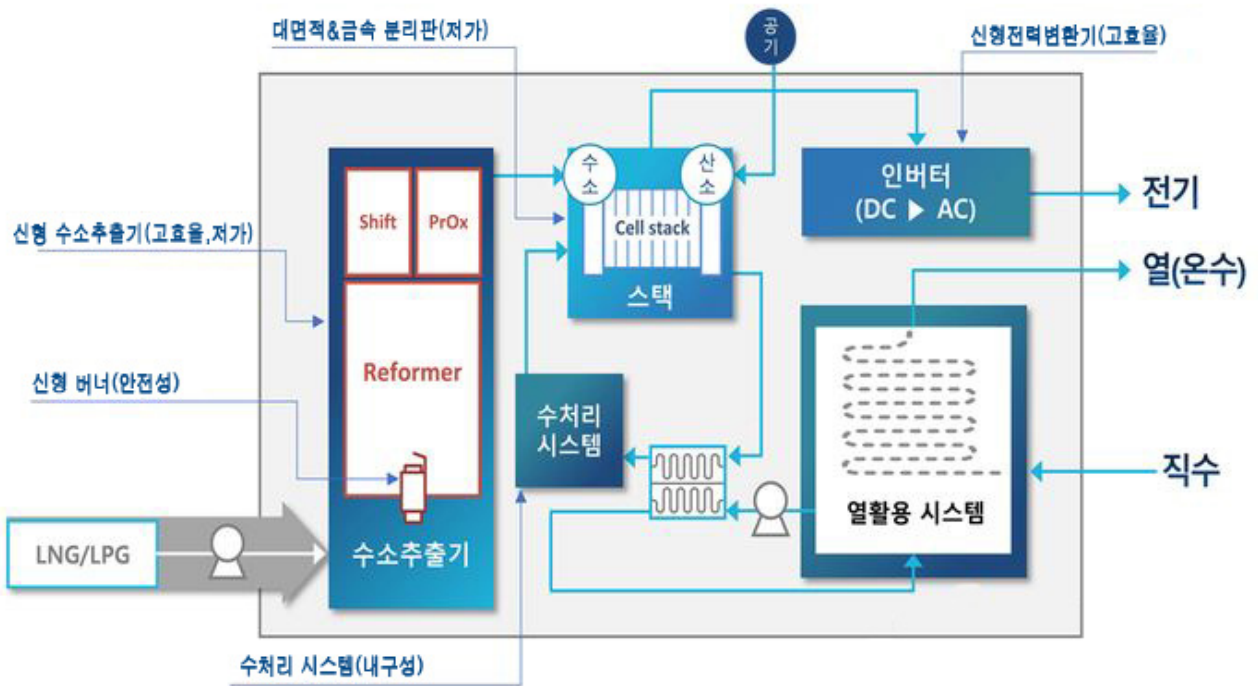
우드 칩



우드 펠릿

◎ 수소 및 연료전지

- 수소(도시가스 추출)와 산소의 전기화학적 반응을 통해 전기와 열을 생산하는 신재생에너지 설비
- 비연소방식으로 발전으로 유해물질 (SOx, NOx, 먼지 등)을 배출하지 않는 청정 에너지원
- 연료가 공급되는 한 재충전 없이 계속해서 전기를 생산, 반응 중 발생된 열은 급탕 및 난방에 이용
- 개질기(화석연료→수소연료 변환), 스택(발전부), 전력변환기(DC→AC 변환), 폐열회수장치
- 호텔, 병원, 다중이용시설 등 많은 양의 급탕부하가 연속적으로 발생하는 건물에 적합



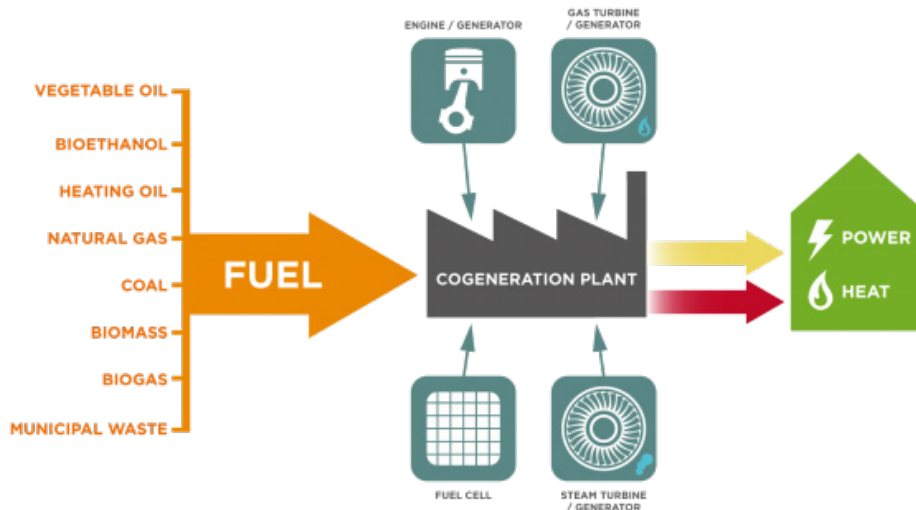
연료전지의 일반적인 구조



연료전지 설치 사례(엘지트윈타워, 용량 48kW)

◎ 폐기물 에너지

- 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등으로 가공·처리하여 산업 생산활동에 필요한 에너지로 이용하는 것
- 폐기물 신재생 에너지 종류: 성형 고체 연료, 폐유 정제유, 플라스틱 열분해 연료유, 폐기물 소각열
- 성형 고체 연료: 종이, 나무, 플라스틱 등의 가연성 폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형하여 제조
- 폐유 정제유: 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 정제하여 활용
- 폐기물 소각열: 연성 폐기물 소각열 회수에 의한 스팀 생산 및 발전으로의 이용, 열병합 발전의 원료로도 활용



열병합발전(Cogeneration)

전기 생산을 위한 발전기 터빈을 돌리는 과정에서 나오는 폐열을 물 가열에 활용



생활폐기물 연료화(SRF, Solid Refuse Fuel) 발전소



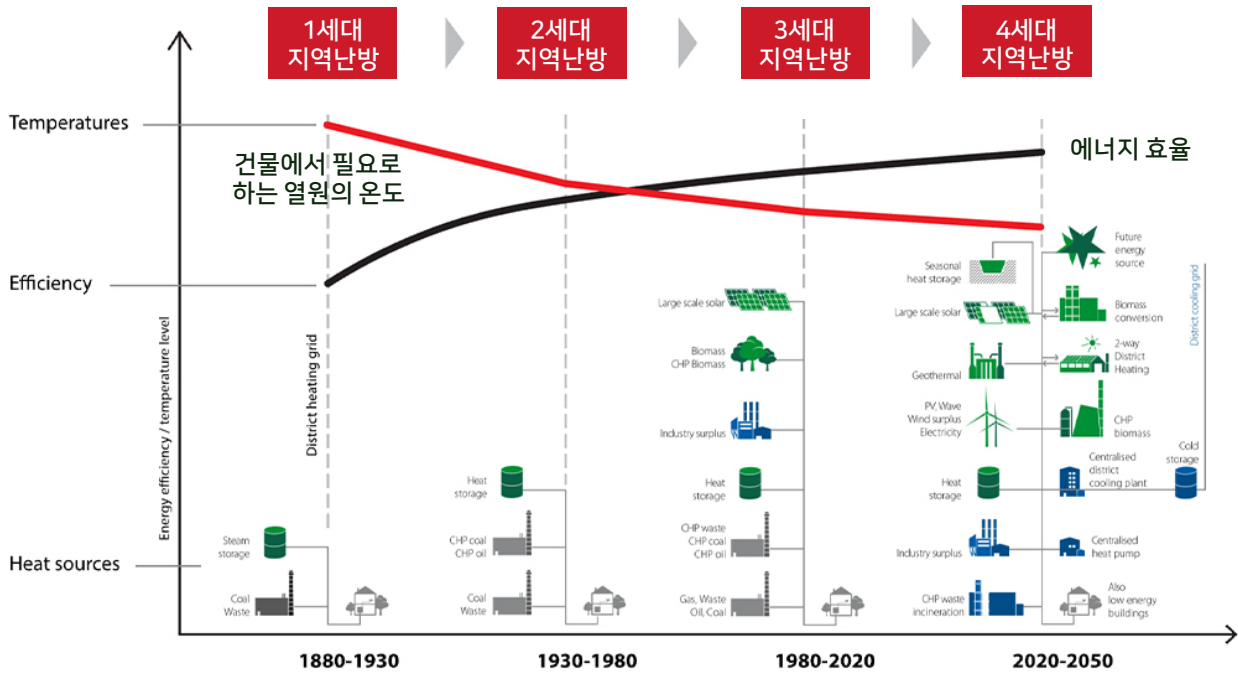
Pellet SRF
(선별 후 건조 성형)



Fluff형 SRF
(선별 후 절단 처리)

◎ 건물 에너지효율과 신재생에너지와의 관계

- 패시브 기술로 냉난방부하가 크게 절감된 최근의 건물 수준에 맞추어, 신재생에너지의 활용 가능성이 높아짐
- 분산 에너지 공급원으로서의 신재생에너지 기술 연구개발, 실용화 필수적



◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Kim, H. G., et al. (2016). Wind resource assessment for high-rise BIWT using RS-NWP-CFD. Remote Sensing, 8(12), 1019.
3. Thorsen, J. et al. (2020). Distribution of district heating: 4th Generation, Danfoss A/S technical report
4. <https://kier-solar.org/user/gis/map/wd>
5. <http://www.ryanenschede.com/project/sunlight-harvesting/>
6. <http://resourcelab.co.kr/>
7. <http://thesunportal.com/kor>
8. <https://www.aiatopten.org/node/103>
9. <http://www.jeju.go.kr/cfi/index.htm>
10. <https://www.ge.com/renewableenergy/>
11. <http://mplussys.com/>
12. <http://www.s-fuelcell.com/>
13. <http://www.busanene.co.kr/main/sub/business.php>
14. <https://www.theade.co.uk/resources/what-is-combined-heat-and-power>

B.4

BEMS 기술 개요

교육 목표

BEMS 기술 개요

- * 국내 법, 기준의 에너지관리시스템(EMS) 및 국내 건축물에너지관리시스템(BEMS) 정의 이해
- * 건축물 생애주기 연계, 관리의 중요성을 인식하고 국제 기준의 BEMS 운영 원칙 이해
- * KS BEMS 기반 주요 공간/설비 중심 운영 특성 및 AI 운영 기술 등 이해
- * 제로에너지건축물(ZEB) BEMS 설치 가이드 및 ISO 운영 기술 등 이해
- * 건축물 운영 성과 및 절감량 검증 기술 표준 이해
- * 건축물 에너지 절감(운영 성과) 검증 방법론 이해

1 BEMS 정의 및 원칙

◎ (B)EMS 정의

- 에너지관리시스템 EMS(Energy Management System)

: (에너지이용합리화법 시행규칙 제29조) 에너지사용을 효율적으로 관리하기 위하여 센서·계측장비(HW), 분석 소프트웨어(SW) 등을 설치하고 에너지 사용 현황을 실시간으로 모니터링하여 필요시 에너지사용을 제어할 수 있는 통합관리시스템

- 건물(Building), 가정(Home), 공장(Factory) 등에 적용 시 BEMS, HEMS, FEMS 등 용어로 사용

EMS 주요 기능

① 계측·통신(H/W)

계측기, 통신 이용 측정 및 정보 획득

② 모니터링 수집·분석(S/W)

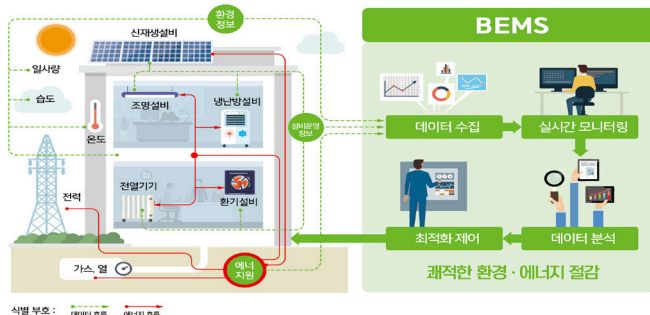
S/W 이용 데이터 저장 및 원단위 등 에너지성과지표 분석 관리

③ 제어

공정/설비 운전방법 제어 (예. 온도/압력제어, 대수제어, on/off제어, 회전수제어 등)

④ 최적화

타 공정 및 시스템 연계 최적화
해당 공정 설비의 최적 에너지효율 운전조건 구현

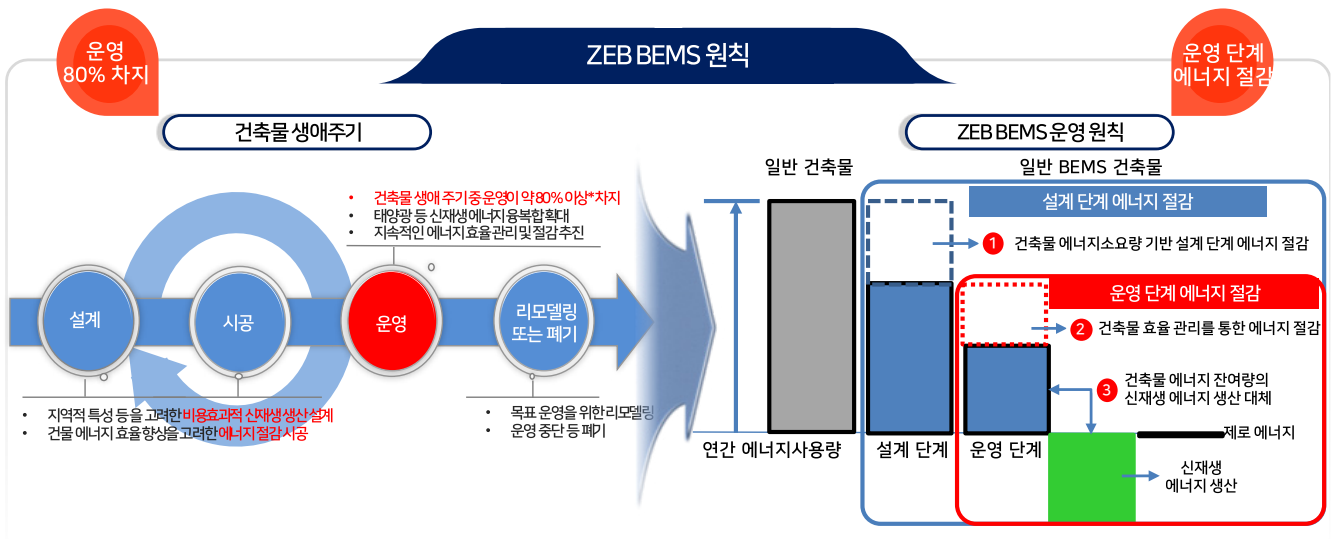


◎ BEMS 운영 원칙

- BEMS 의무화
 1. 국토부 제로에너지건축물(이하 ZEB), 2. 산업부 공공건물(연면적 10,000㎡ 이상) 설치·운영 의무
- 운영 원칙

건축물 생애주기 중 운영이 약 80% 이상 차지, 에너지 관리를 통한 에너지 절감 추진이 핵심
- 공공건물 BEMS 설치확인 및 설치 후 5년 이내 운영성과 확인 취득 의무

(공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정(산업부 고시))



◎ BEMS + 신재생 관리

- 미국 캘리포니아 덕 커브 이해를 통한 에너지 관리의 중요성 인식
- 국내 제주도 출력 제한 등의 경험

무분별한 신재생 발전은 출력제한 또는 블랙아웃 초래

에너지 관리 중요성

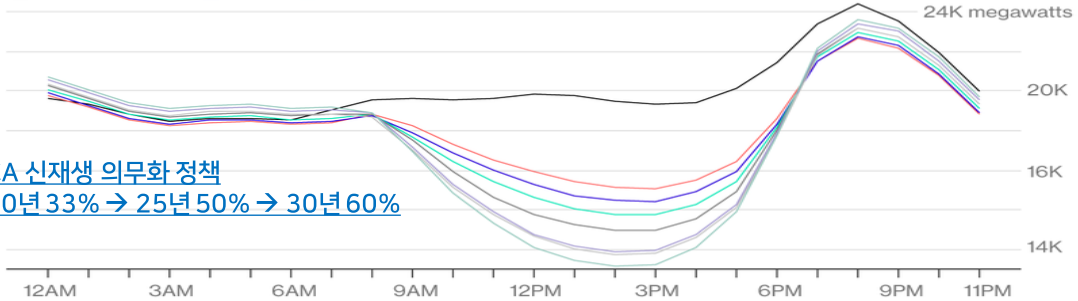
미국 캘리포니아 경우, **신재생 과잉공급과 에너지 관리 미숙**으로, **20년 8월에 2일 연속 블랙아웃** (대규모 정전사태, 원인: 기후변화 폭염, 에너지 사용 예측 오류) 발생, 80만 가구와 기업 등 400만 인구가 피해를 입음

The duck Curve*

Solar's Surge

The proliferation of solar farms in California has led to an oversupply of power generation in the middle of the day and steep drop-off in the evening

■ 2013 ■ 2014 ■ 2015 ■ 2016 ■ 2017 ■ 2018 ■ 2019 ■ 2020

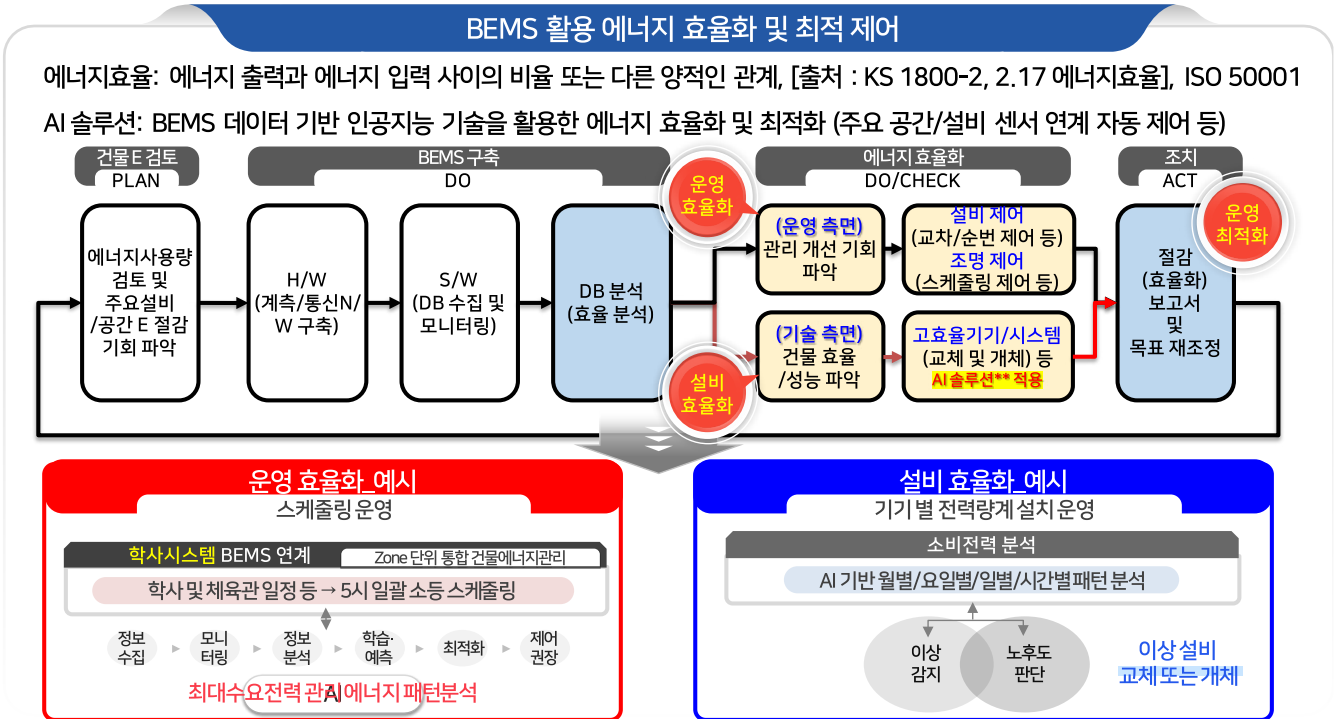


용어 설명

덕 커브(Duck Curve): 수요와 공급의 시간별 변동을 시각화한 그래프, 신재생(태양광 등) 발전량 급증으로 일반발전소가 저녁 시간대 급격히 증가하는 전력수요 충족 어려움. 부하량 예측 정확성 하락, 전력망 운영 비용 상승, 블랙아웃(대정전)과 같은 상황 발생 초래

◎ 에너지 효율화

- 에너지 효율화를 위해서는 에너지 검토 필요
- 에너지 검토 3단계 (ISO 50001)
 1. 건물 에너지 이용(냉난방 급탕, 조명, 환기, 전열, 취사 등) 및 사용량 분석
 2. 중요 에너지 이용 및 사용량 부분 파악 (주요 공간/설비 파악)
 3. 에너지성과 개선, 즉 에너지 절감을 위한 기회 확인

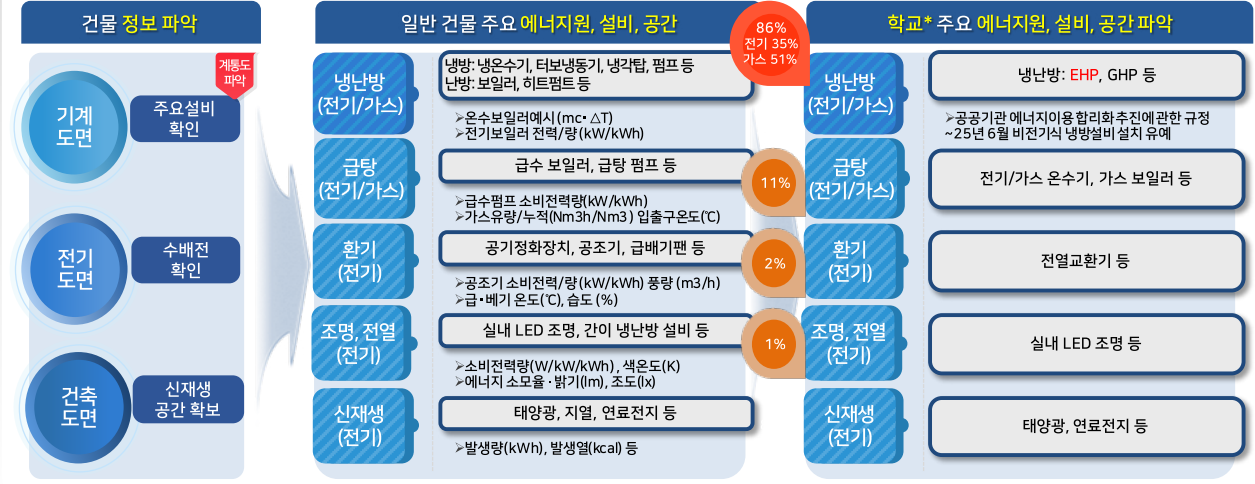


◎ 주요 공간/설비 파악

주요 에너지원, 설비, 공간 에너지 절감

KS BEMS 및 ISO 50001 핵심은 중요 에너지, 즉 주요 공간, 설비의 특성 파악 → 이를 통한 에너지 운영, 설비 효율화 및 개선 프로젝트를 확인이 핵심 → 데이터 기반 운영 및 성과 관리로 연계 절감량 산정과 연계한 선순환 운영 관리 필요

[참고] 공장: 중요 에너지 설비/공정/시스템 경계 수립 및 개선 기회 파악 추진

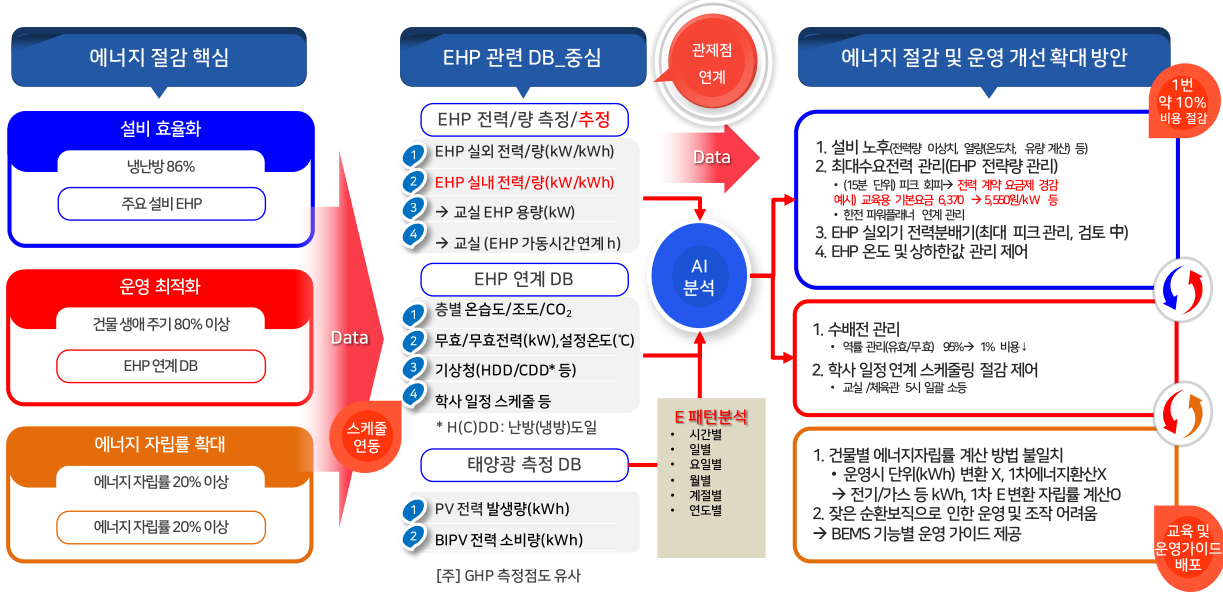


* 학교 에너지 사용 비율 근거: 2023년 실태조사를 통한 5대 에너지이용별 에너지 사용량기반 계산

◎ BEMS 운영 원칙

BEMS 운영을 통한 에너지계측 핵심_학교 예시

학교의 경우 건물 에너지 사용의 86% 차지하는 EHP 중심, 에너지 절감 및 운영 개선 확대 방안 先수립



◎ BEMS 설치 가이드

ZEB BEMS 설치가이드 기준 개선

건축물의 규모 및 전담관리자 유무 등 고려 인증제도 개선, **종합유지관리시설: 시스템 정상작동 및 데이터/계측기 확인 및 시정 등 (필수항목) 6개 항목, 1만 ㎡ 이하 건물은 ① 에너지사용량(원별), ② 신재생에너지생산량만 확인(기준 개선)**

● 필수, ◐ 권장

[현행]

- 산업부 공공 BEMS 설치확인 기준 및 KS 항목
- 국토부 ZEB 전자식 원격검침계량기 필수 6개, BEMS 필수 9개 항목

평가항목 구분	산업부		국토부			
	BEMS	KS	전자식 원격검침계량기	BEMS		
공통	1	일반사항	●	-	-	-
	2	시스템 설치	●	-	-	-
설치확인	3	데이터 수집 및 표시	●	●	●	●
	4	정보감시	●	●	◐	●
	5	데이터 조회 및 관리	●	●	●	●
	6	에너지소비 현황 분석	●	●	●	●
	7	설비의 성능 및 효율 분석	●	●	◐	●
	8	실내의 환경 정보 제공	●	●	◐	●
	9	에너지소비량 예측	●	●	●	●
	10	에너지 비용 조회 및 분석	●	●	-	●
	11	제어시스템 연동	●	●	-	●
운영성과 확인	12	에너지성능개선 및 유지관리	●	-	-	-
	13	에너지절감성과	●	●	-	-
ZEB 기준	14	계측기 관리	-	-	●	-
	15	데이터 관리	-	●	●	-

[개선]

**건축물에너지관리시스템
필수 6개 항목, 권장 7개 항목**

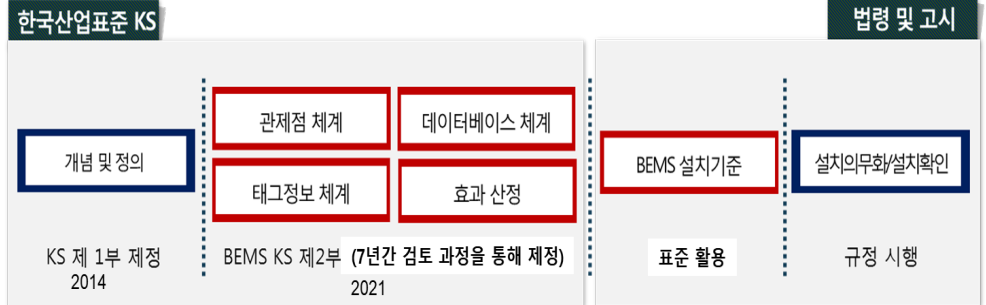
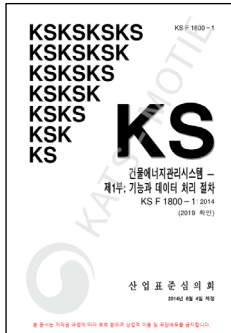
평가항목 구분	필수여부	
1	일반사항	●
2	시스템 설치	●
3	데이터 수집 및 표시	●
4	정보감시	◐
5	데이터 조회 및 관리	●
6	에너지소비 현황 분석	●
7	설비의 성능 및 효율 분석	◐
8	실내의 환경 정보 제공	◐
9	에너지소비량 예측	◐
10	에너지 비용 조회 및 분석	◐
11	제어시스템 연동	◐
12	종합유지관리	●
13	시스템 확장성	◐

- ① 일반사항, 시스템 설치항목 추가
- ② 계측기 관리, 데이터 관리 항목 삭제 (종합 유지 관리로 변경)

출처: 한국에너지공단 건물에너지실 ZEB 인증 관련 설명회 안내자료(2024.05.28)

◎ KS BEMS 표준

KS BEMS 주요 내용 및 설치가이드 연계 활용



KS BEMS 1부 기능과 데이터 처리 절차

BEMS 주요기능 명시 및 데이터의 획득, 전달, 관리 등의 기초적 내용 기술
 기능 및 데이터처리 절차를 바탕으로 **BEMS 설치확인 기준 제정**

KS BEMS 2부 관제점 선정, 데이터 관리 및 에너지 절감량 산출

(BEMS 운영 수주기(데이터 수집·분석·활용)를 거쳐 단계별 표준화
 (수집) 관제점 및 태그 관리 → (분석) 데이터 분류 및 관리 → (활용) E효율개선 및 E절감량 산출

[주] 관제점 : 에너지소비량 영향요인 측정지점(예 : 지열히트펌프의 경우 지열측입구온도, 냉난방부하 등)
 태그 : 용도·설비·단위 등 에너지데이터를 함축적으로 표현한 이름표(예 : 보일러 BLR)

2 BEMS 운영 기술

◎ 운영 이슈 및 해결 방안

BEMS 관리/기술/통합관리 현황 주요 이슈 및 방안

(BEMS 운영 핵심) 1. BEMS 시스템 기능 속지 및 지속적 유지 관리, 2. BEMS 운영을 통한 E 효율화 및 절감 기회 파악
→ ZEB BEMS 운영을 통한 10% 또는 20% 절감 등 목표 필요 및 에너지 운영 절감을 위한 개선 기회를 파악 필요

[주] 발표자의 2023년 ZEB BEMS 실태조사를 통한 주요 이슈 및 관리 방안을 정리

BEMS 운영 현황_주요 이슈							
<p>01 관리적 측면</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 유지 보수 BEMS 설치 후 에너지 절감 개선 기회 파악 미흡 </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 통합 관리 주요 공간 설비 중심 에너지 효율화 및 제어 미흡 </td> </tr> </table> <p>02 기술적 측면</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 센서 기술 계측기 데이터 누락 및 오작동 개선 필요 </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 제어 기술 데이터를 통해 자동 제어 등 AI 기반 유지 관리 기능 도입 </td> </tr> </table> <p>03 종합 유지 측면</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 우수 사업장 확대 지역 및 용도별 우수 사례 및 통합 네트워크 구축 </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> 성과 관리 (절감량 산정) 설치 시 절감 목표 설정 및 운영 개선 프로젝트 관리 필요 </td> </tr> </table>	유지 보수 BEMS 설치 후 에너지 절감 개선 기회 파악 미흡	통합 관리 주요 공간 설비 중심 에너지 효율화 및 제어 미흡	센서 기술 계측기 데이터 누락 및 오작동 개선 필요	제어 기술 데이터를 통해 자동 제어 등 AI 기반 유지 관리 기능 도입	우수 사업장 확대 지역 및 용도별 우수 사례 및 통합 네트워크 구축	성과 관리 (절감량 산정) 설치 시 절감 목표 설정 및 운영 개선 프로젝트 관리 필요	<p style="text-align: center;">운영 관리 방안</p> <p style="text-align: center;"> 센서 기술 개선 AI 기반 관리기능 확장 기술 </p> <p style="text-align: center;">기술 활성화 방안</p> <p style="text-align: center;"> 설치업체 관리 인수인계 강화 전문인력 양성 </p> <p style="text-align: center;">통합 관리 방안</p> <p style="text-align: center;"> 시스템 확장성 데이터 축적 관리 성과 측정 검증 </p>
유지 보수 BEMS 설치 후 에너지 절감 개선 기회 파악 미흡	통합 관리 주요 공간 설비 중심 에너지 효율화 및 제어 미흡						
센서 기술 계측기 데이터 누락 및 오작동 개선 필요	제어 기술 데이터를 통해 자동 제어 등 AI 기반 유지 관리 기능 도입						
우수 사업장 확대 지역 및 용도별 우수 사례 및 통합 네트워크 구축	성과 관리 (절감량 산정) 설치 시 절감 목표 설정 및 운영 개선 프로젝트 관리 필요						

- (HW) 건물 유형별 E 원별/설비별/존별 우선 관제점 선정 및 제어 방안 선행 E 검토 미흡
- (SW) 데이터 저장 등 분석을 통해 건물주 또는 임대인 등 건물관계자에게 E 환경정보, 지표 등 필요한 E 정보 제공 미흡
- (제어) HW/SW 기반 제어 방안 제시가 없어 관계자 참여 체감 부재
- (최적화) 제어 등을 기반한 통합관리시스템을 구현하여야 하나 HW, SW, 제어 등 문제점으로 최적화 실현 미흡

◎ 기저 및 최적 제어

BEMS + AI 적용 운영 방안

(BEMS 운영 건전성 분석) 에너지 및 관련 데이터*를 활용한 설비점검, 센서 교체, 통신 점검이 가능한 건전성 AI 분석

* 실내외 전력/량 (kW/kWh), 가스/누적량 (m3/h, m3), 층별 온습도/조도/CO2, 학사 일정 스케줄, 재실 등 데이터용

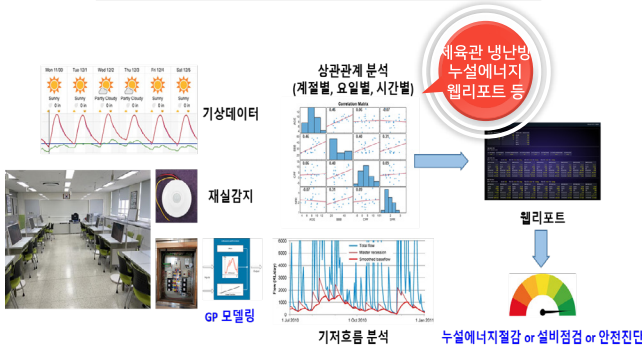
이상 탐지

이상 분류

결함 분리

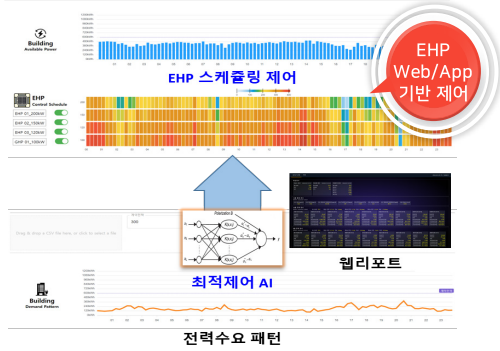
결함 원인 파악 등

기저흐름 데이터시분석



- EHP 에너지 사용량/영향 인자 모델링 반 기저흐름 데이터시분석
- 실시간 상관관계 분석으로 누설에너지 검출 → 사용자 정보 알람 및 제어

전력수요 데이터시분석 및 EHP 제어 활용



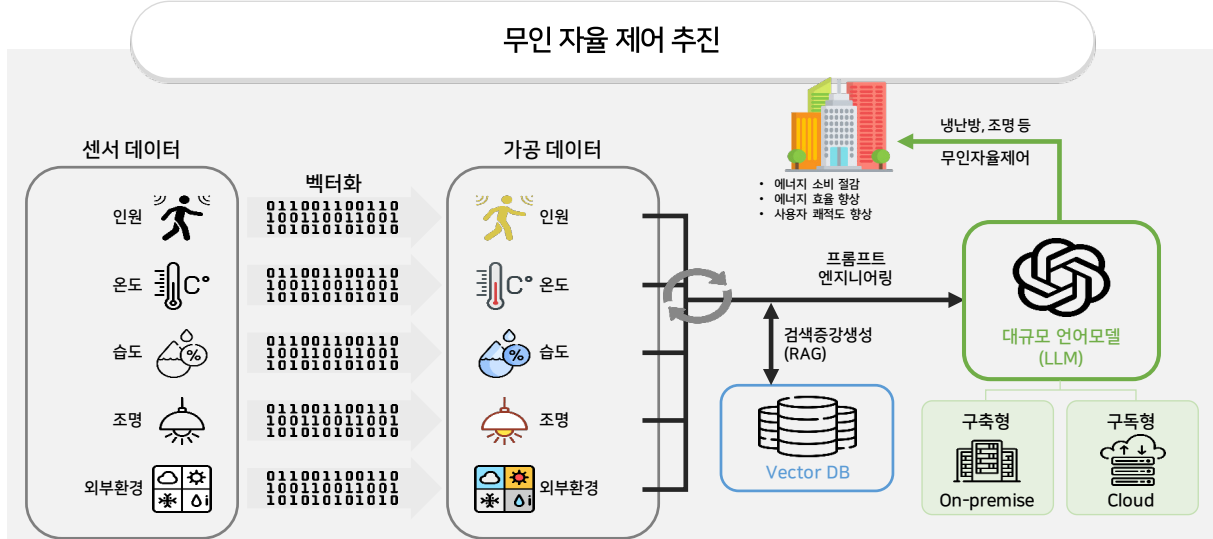
건물
설비
기저부하
제어
최적제어

- 다중 EHP의 운전 데이터시분석
- 실시간 최적운전 스케줄링 제어(또는 API) → 자동 제어

◎ 무인 자율 제어

ChatGPT, 생성형 AI가 가져올 건물 에너지의 변화

BEMS와 AI LLM 결합 구조로 에너지 정보를 사람의 행동변화 추진 및 방대한 센서 및 가공 데이터의 학습(머신 러닝 등)을 통해 잦은 순환 보직, 전문성을 자율적으로 해결하는 건물 사회 구조 생성



- 제어시스템은 건축물의 건축물에너지관리시스템을 통한 제어 기능을 평가하는 항목이며, 에너지 효율적인 방향으로 설비를 제어하는 기능을 확인하는 항목임
- 자동제어란, 건축물 설비, 전력, 조명 등의 운영 현황을 관리 및 자동으로 제어할 수 있도록 하는 시스템으로써 쾌적한 건축물환경의 제공 및 에너지 절감 등을 목적으로 함. 자동제어에는 설비제어, 전력제어, 조명제어 등이 있음.

◎ 국제기준 적용 운영방안

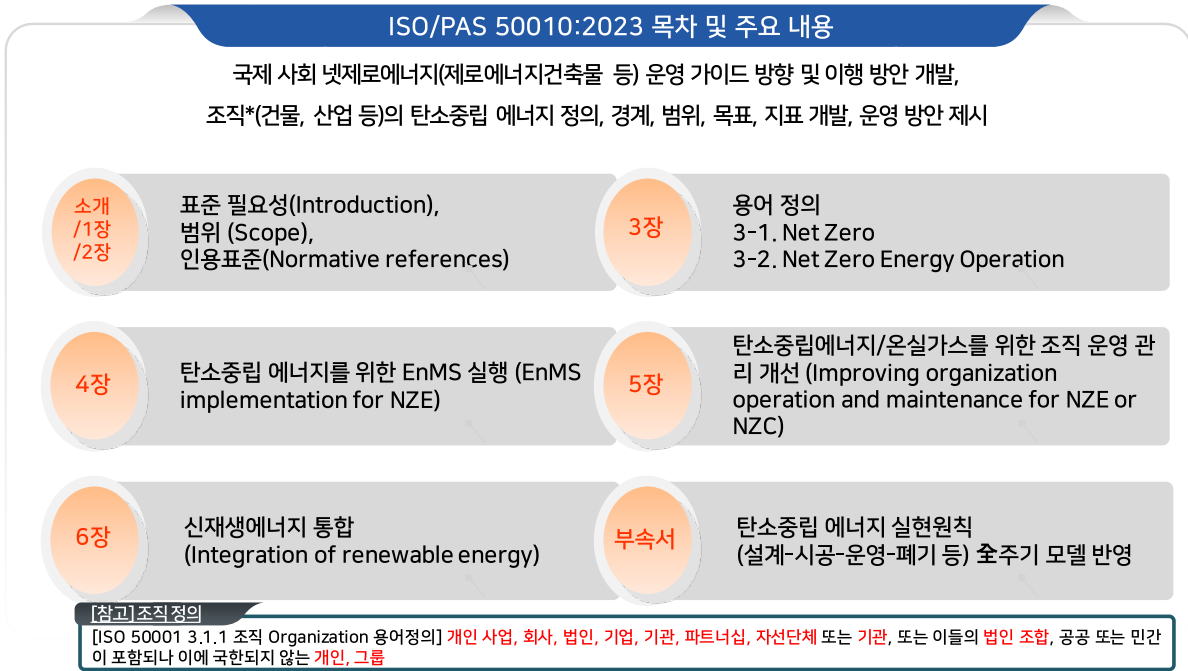
ISO/PAS 50010:2023 Net Zero Energy 운영 가이드 개요

- 탄소중립 실현을 위한 에너지 중심 가이드 및 방법론 제시
- 넷제로에너지(Net Zero Energy, 이하 NZE) 목표 및 지표 등 정의
- EMS의 신재생 연계 에너지 절감 및 관리 방안 제시

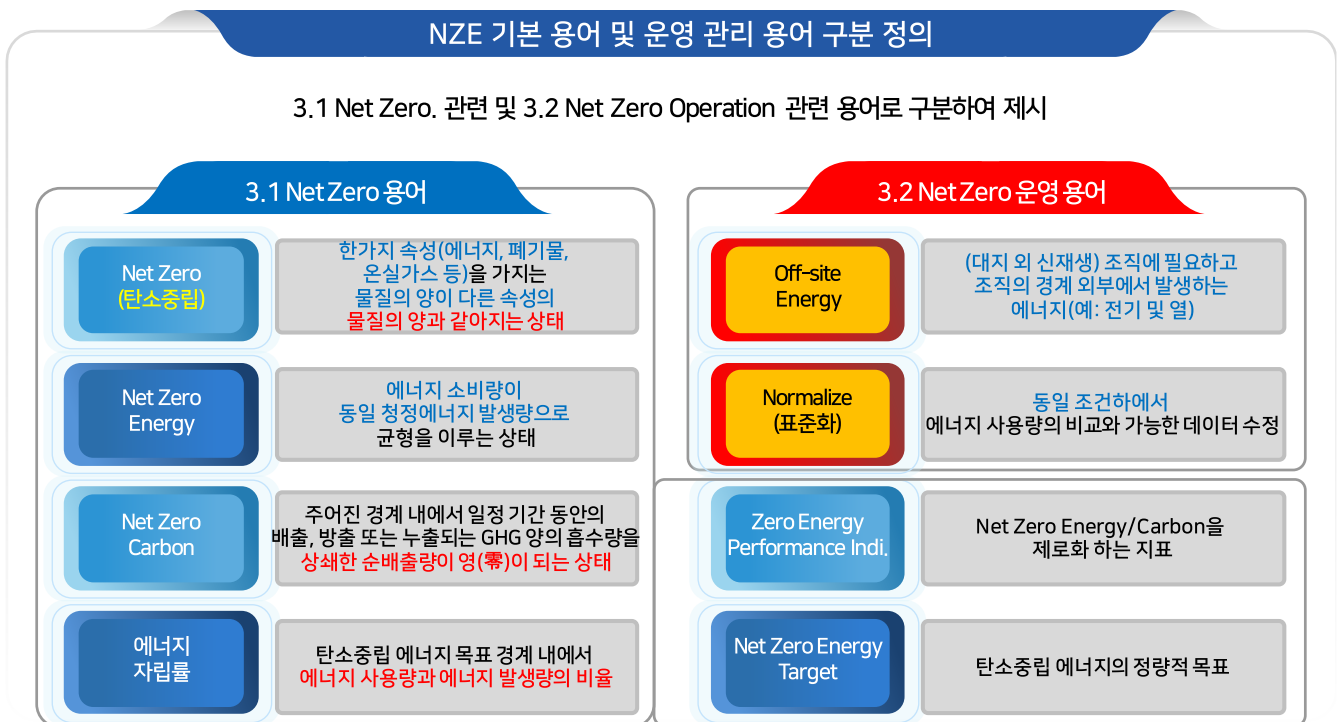


<p>제목</p>	<p>에너지관리 및 절감 - 탄소중립 에너지 운영 가이드(ISO 50001 이용)</p>	<p>범위</p>	<p>NZE 실현을 위한 ISO 50001 활용 NZE 원칙에 기반한 운영 및 유지 관리 개선 신재생 에너지 통합</p>
<p>주요 용어</p>	<p>Net Zero 용어, NZE 용어로 구분 정의 - Net Zero, NZE, NZC, Off-stie energy, zEnPls, NZE target boundaries, etc.</p>	<p>주요 활동</p>	<p>ISO TC 207 Carbon Neutral과 협력 개발 주요 선진 국가* 전문가들과 협력 개발 80개국(미국, 영국, 캐나다, 멕시코 등 참여)</p>
<p>적용 방안</p>	<p>국내 제로에너지건축물 BEMS 운영 적용 -> 가이드 제시를 통한 건물(산업), 마을, 도시 단위 실현 가능 BEMS, RE100, 탄소중립건물의 신재생 E 확대 통합, E 자립률 제고 원칙, 방향성 제시 및 검증 활용</p>		

◎ NZE 목차 및 주요 내용



◎ NZE 용어 설명



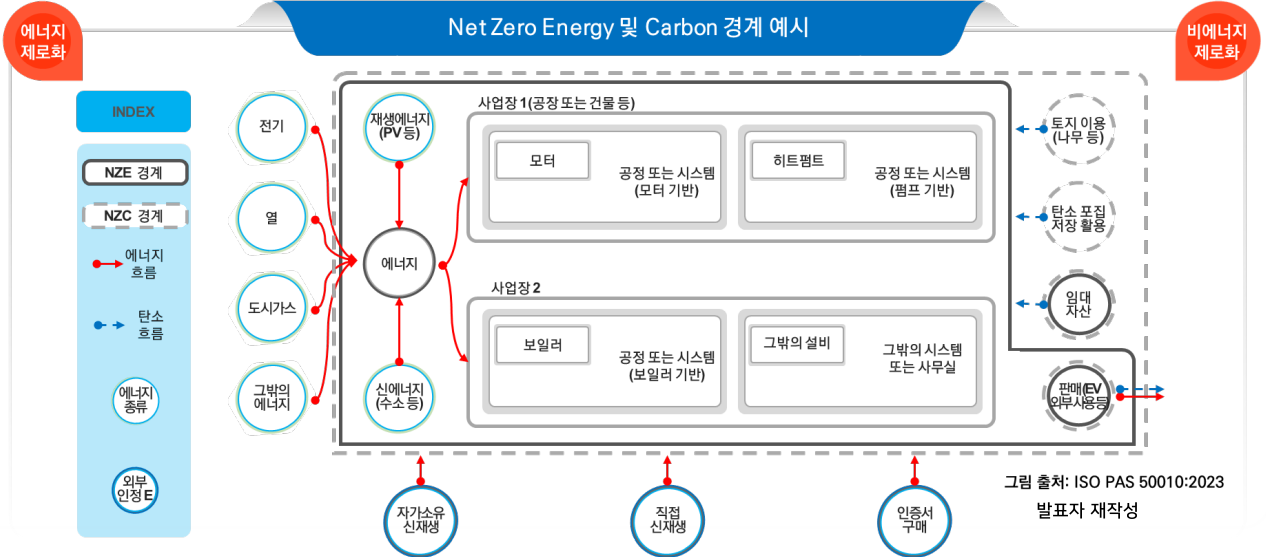
출처: ISO PAS 50010:2023_발표자 제작성

◎ 넷제로에너지 범위 경계

ZEB BEMS 구현을 위한 BEMS 경계 및 온실가스 경계

넷제로에너지 목표 수립 및 탄소중립 에너지 성과 지표 가이드 개발을 위한 예시 제시

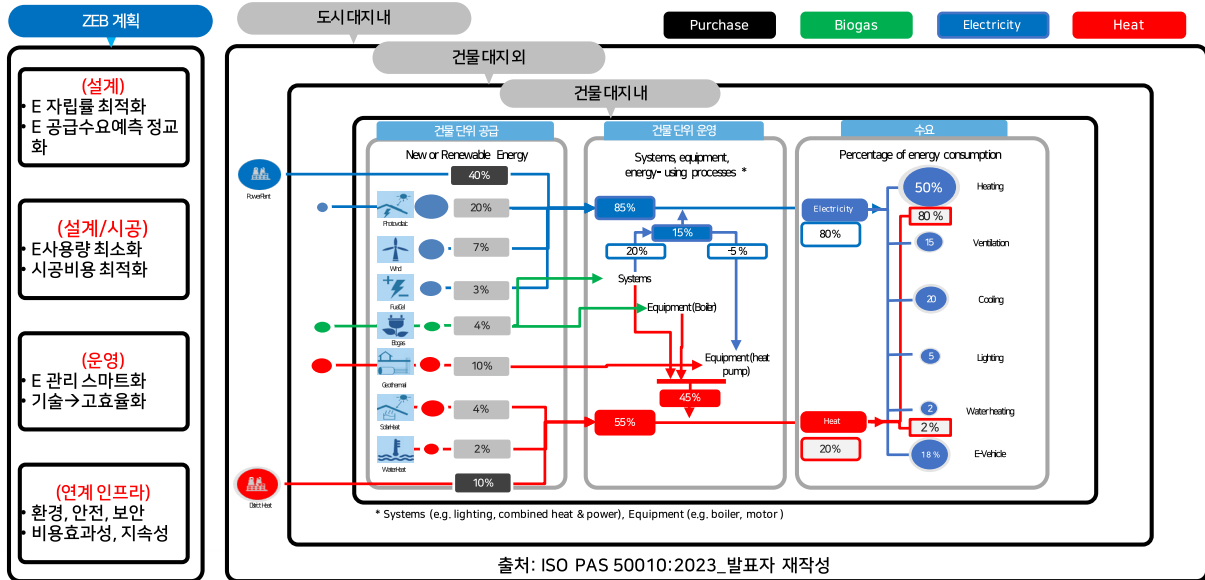
→ (활용방안) ZEB BEMS 운영 목표 수립/온실가스 산정 연계 및 SCOPE 3 에너지 연계 방안 확산



◎ NZE 계획 및 실현방안

BEMS 연계 BEMS 계획 및 운영 절감 방안

[아래 그림 설명] 건축물 전주기를 고려한 에너지자립률 50% 달성을 위한 건물 에너지 공급 수요기반 운영 개념도 제시
전력화, 보일러(연료 전환), 히트펌프(섹터커플링 P2G, P2H, V2G 등) 등을 이용한 ZEB BEMS 구축(국가 분산에너지특별법)

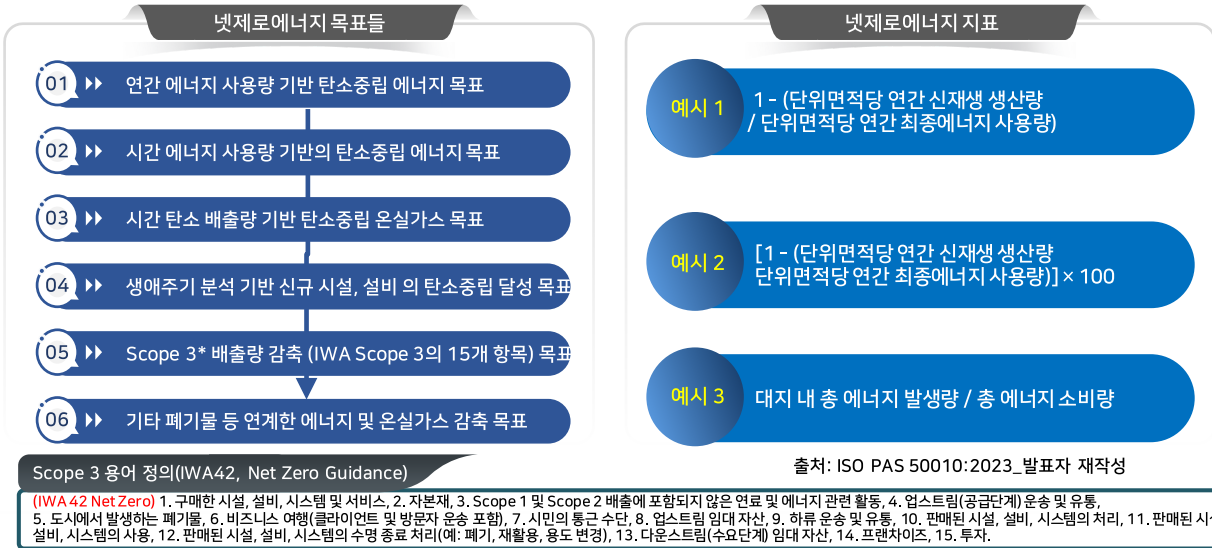


◎ NZE 목표(지표)

NZE 목표 및 지표_BEMS 연계 목표 수립 활용

넷제로에너지 목표 수립 및 탄소중립 에너지 성과 지표 가이드 개발을 위한 예시 제시

→ (활용방안) ZEB BEMS 운영 목표 수립/온실가스 산정 연계 및 SCOPE 3 에너지 연계 방안 확산



◎ BEMS 운영 방안

대지 내 및 대지 외 신재생 활용 BEMS 연계 구축 활용

대지 내 신재생 생산 원칙을 통해
부족 분에 대한 대지 외 신재생 생산 방법 및 연계 방안 제시

대지 내 신재생

신재생 설비가 위치한 장소에 있는
설비, 공정, 시스템 등과의 운영 통합

신재생 에너지 생산은
사용 시기와 설치 시기를 고려하여 제어 가능

그리드 연계 에너지 사용량이 가장 높은 시간대
또는 계절적 요인을 고려하여 최적화 생산

대지 외 신재생

대지 외 자체 소유 태양광 등
설비를 통한 신규 신재생 에너지 생산

대지 외 타인 또는 타 기관 소유의
신규 신재생 에너지 생산

신재생 인증서 구매 또는 계약을 통한 신재생 연
계

3 BEMS 검증 기술

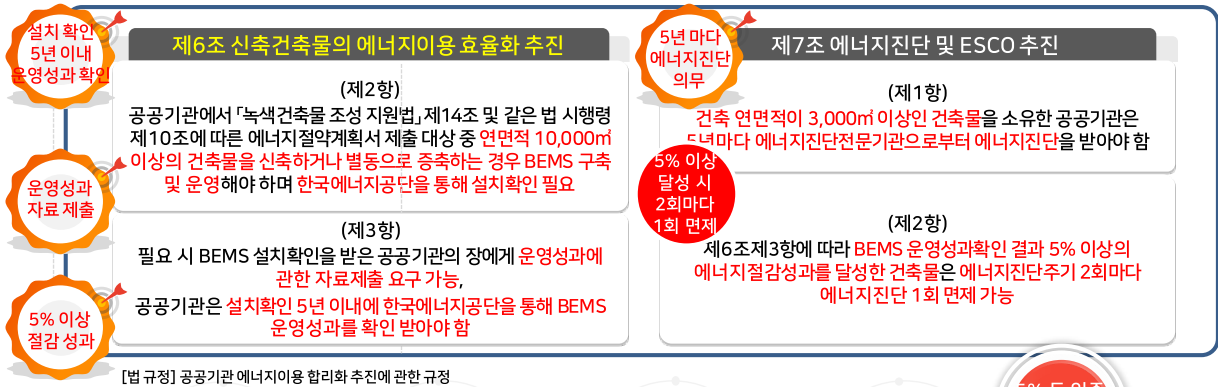
◎ BEMS 운영 성과 검증

- 공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정 설치 확인 5년 이내 운영성과확인 명시
- (ZEB BEMS 연계) 운영 성과 검증을 위한 KS BEMS 2부 활용

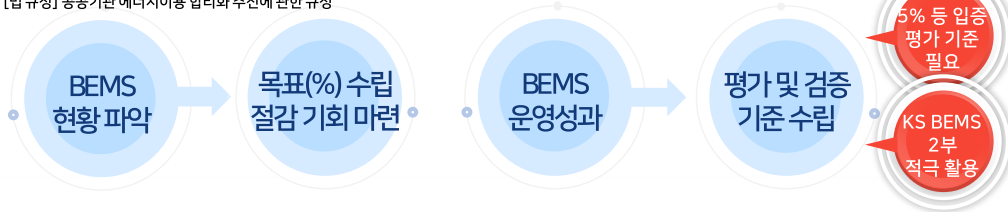
(국가 규정) BEMS 운영 성과 검증

공공 BEMS의 효율적인 운영 성과 확인 및 평가를 검증 기술 필요

→ KS BEMS 2부 에너지 절감량 산정 기술 적극 활용, 운영 성과 검증을 통한 BEMS 선순환 활용 체계 마련



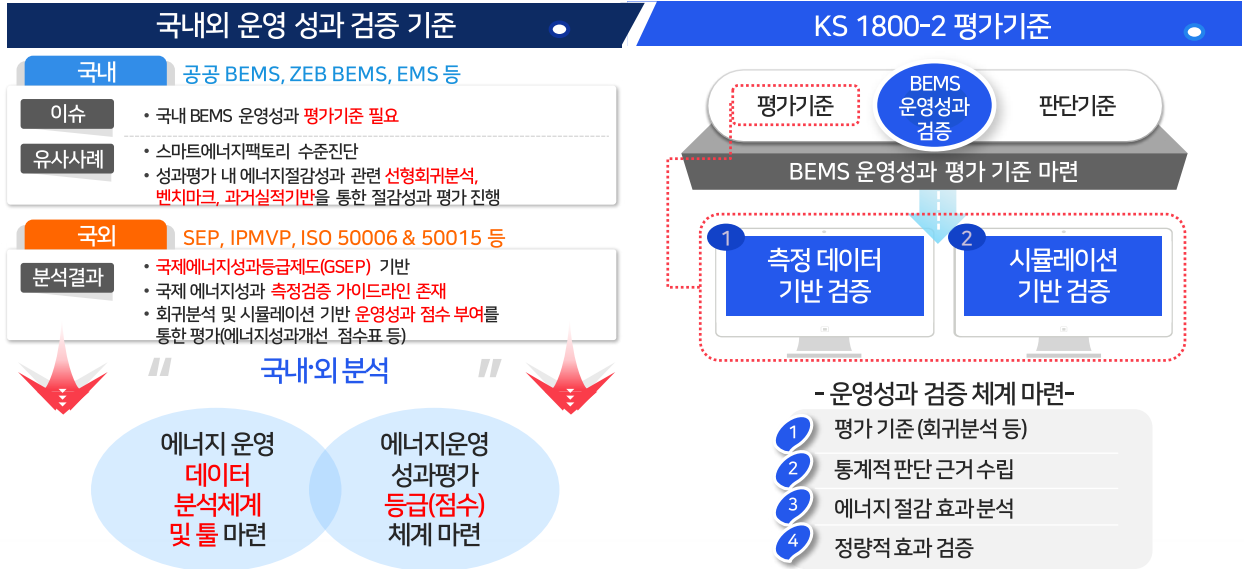
[법 규정] 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정



◎ BEMS 성과 검증 표준

KS 1800-2 BEMS 운영 성과 검증 기준

(국외) US SEP(Superior Energy Performance), ISO 50006(에너지 절감량 산정), IPMVP(측정 검증) 기준 존재
 (국내) 국제 기준에 부합한 측정데이터 기반 검증 및 시뮬레이션 기반 검증 표준 기술 공포(2021년)



◎ BEMS 성과 검증 이해

국외 MV(운영 성과 검증) 가이드라인

1. 미국 SEP(Superior Energy Performance) M&V(Measurement and Verification) Protocol, 2012년~현재
 - 에너지성과개선(절감량)를 가시화하여 국제에너지성과등급제도(GSEP, Global SEP) 국제 협력
2. IPMVP(International Performance and Verification Protocol) Volume 1 (2012년 개발)
 - EVO(Efficiency Valuation Organizations)에서 제시한 국제 에너지성과 측정검증 가이드라인
3. ISO 50006 & 50015(2017년 개발)
 - 미국/EVO 포함 62개국이 참여하여 에너지성과 MV 표준 개발 완료

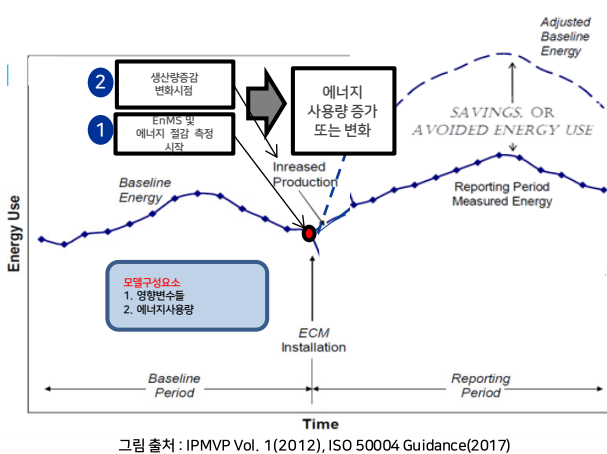


그림 출처 : IPMVP Vol. 1(2012), ISO 50004 Guidance(2017)

$$\text{Energy Savings} = \text{Adjusted Baseline Energy} - \text{Reporting Period Energy}$$

(조정된 에너지사용량 - 실제 에너지사용량)

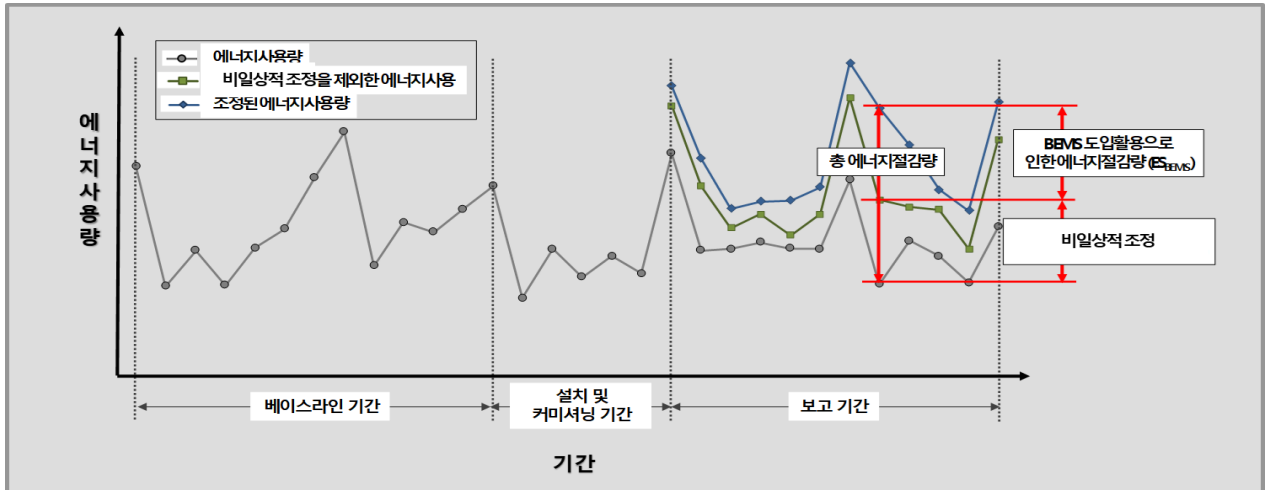
에너지사용량과 영향변수를 이용한 지표 개발

- 절감량 산정(Calculation)
- 검증(Verification)
- 인증(Certification)

◎ BEMS 성과 검증 방법론

건물에너지관리시스템 에너지절감량 산정

BEMS 도입 전후의 객관적인 에너지절감성과 파악을 위한 에너지절감량 산출 및 결과보고 방법
기후 조건 변화(전년 대비 외부 온도 차이 등)에 절감이 아닌 BEMS 도입 활용을 통한 에너지 절감량을 계산



※ 조정(adjustment) : 보고 기간과 베이스라인 기간을 동일한 조건하에 에너지성과 비교가 가능하도록 에너지베이스라인을 수정하는 프로세스
 ※ 보고기간(reporting period) : 에너지절감량의 산정과 보고를 위하여 선택된 시간의 정해진 기간
 ※ 비일상적 조정에는 BEMS 운영과 관련이 없는 노후화 또는 고장에 따른 설비 교체 등이 해당

강의를 마치며

국제 사회 AI 적용 BEMS 상용화 서비스 추진

ChatGPT를 이용한 에너지 운영 절감

Smart home service for just \$2.49 /month



Sensibo Energy Saver Plan

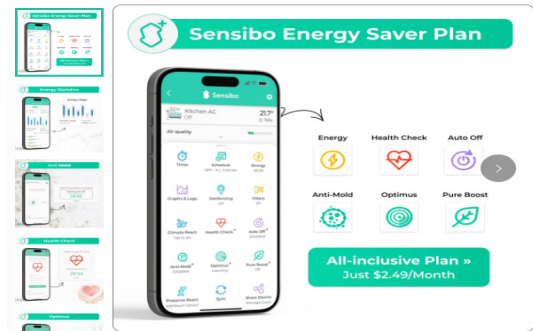
₩3,500 /month
billed yearly (₩42,000 /year)

ADD TO CART

48-hour shipping | Free with 2+ items

Secure Checkout

Free 1-year warranty



출처: <https://sensibo.com/>

◎ 참고서적 및 사이트

1. KS F 1800-1:2014 건물에너지관리시스템 — 제1부 : 기능과 데이터 처리절차
2. KS F 1800-2:2021 건물에너지관리시스템 — 제2부: 관제점 선정, 데이터 관리 및 에너지절감량 산출
3. ZEB 인증을 위한 BEMS 작성 가이드라인, 한국에너지공단, 2017.03
4. ZEB 구현을 위한 전자식 원격검침계량기 설치가이드, 한국에너지공단, 2021.06
5. ZEB 인증제도 개편 설명회, 한국에너지공단, 2024.05
6. KA A ISO 50001:2018 에너지경영시스템 — 사용자지침을 포함한 요구사항 (2023 탈탄소 연계 개정 中)
7. KS A ISO 50004:2020 에너지경영시스템 — KS A ISO 50001 에너지경영시스템의 실행, 유지 및 개선을 위한 지침
8. KS A ISO 50006:2014 에너지경영시스템 — 에너지베이스라인(EnB) 및 에너지성능 지표(EnPI)를 이용한 에너지성과 측정 — 일반 원칙 및 지침
9. KS A ISO 50007:2017 에너지 서비스 — 사용자를 위한 에너지 서비스의 평가 및 개선 지침
10. ISO/TS 50008:2018 Building energy data management for energy performance — Guidance for a systemic data exchange approach
11. ISO/PAS 50010:2023 에너지관리 및 절감 — ISO 50001 기반 넷제로 에너지 운영 가이드라인
12. KS A ISO 50015:2014 에너지경영시스템 — 조직의 에너지성과 측정 및 검증 — 일반 원칙 및 지침
13. KS A ISO 17741:2018 프로젝트 에너지절감량의 측정, 계산 및 검증을 위한 일반적인 기술 규정
14. KS A ISO17742:2018 국가, 지역 및 도시의 에너지효율 및 절감량 계산
15. ISO 17742:2015 Energy efficiency and savings calculation for countries, regions and cities, 2021 개정
16. ISO 50049:2020 Calculation methods for energy efficiency and energy consumption variations at country, region and city levels
17. ISO 52000:2017 Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 1: General framework and procedures
18. ISO IWA 42:2023 Net Zero Guidelines
19. KS I ISO 14067:2020 온실가스 — 제품 탄소발자국 — 정량화를 위한 요구사항 및 지침
20. ISO/IEC 13273:2015. Energy efficiency and renewable energy sources — Common international terminology — Part 1: Energy Efficiency
21. SEP IPMVP50001 MV Protocol:2019. Better building better plants, Guidance for the SEP 50001™ Program Measurement, USDOE(2019).
22. 국가직무능력(NCS) 건물에너지관리시스템 Part 1 ~ Part 5, 2019년
23. Core Concepts:2014 International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP) – core concepts
24. statista <https://www.statista.com/chart/29174/time-to-one-million-users>(2024.06 접속 확인)
25. 시보 컴퍼니 available at <https://sensibo.com/> (2024.06 접속 확인)
26. EMWG <https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/energy-management-working-group/>
27. 에너지절감량 산정 툴 무료 버전 다운로드 웹사이트 available at <https://www.energy.gov/eere/amo/articles/energy-performance-indicator-tool>

**2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육**

입문교육



**ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS**

PART C

ZEB 사례

[C.1]

ZEB 건물 설계 사례(주거)

에너지자립주택 이노채
단지 경관계획과 친환경설계
이노채_그린/갤러리/컴포트
주요 녹색 기술

[C.2]

ZEB 건물 설계 사례(비주거)

ZEB 통합설계 프로세스
세운 5-1, 3구역 기부채납시설 ZEB 사례

[C.3]

ZEB 건물 컨설팅 사례

스마트 제로에너지시티
부산 에코델타 스마트빌리지 소개
제로에너지 주요 적용기술
ZEB 운영이슈 및 개선과제

[C.4]

ZEB 건물 인증 사례(주거)

ZEB의 에너지 자립률
공동주택 ZEB 인증사례
평가방법 개선(안) 안내

[C.5]

ZEB 건물 운영 사례(비주거)

비주거 ZEB 인증사례
에너지관리시스템

C.1

ZEB 건물 설계 사례(주거)

교육 목표

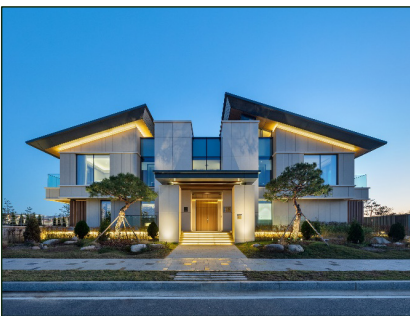
- ZEB 건물 설계 사례(주거)** * 최초의 ZEB 플러스 등급 본인증 설계 사례를 통한 ZEB 인증 설계 과정에 대한 이해
* 사례를 통한 제로에너지건축 전문가 관련 업무 수행에 도움

1 에너지자립주택 이노채

◎ 이노채 시범주택의 배경

- 코로나 이후의 “NEW NORMAL” 시대에 사회적 거리두기, 원격 근무 등과 함께 사람들의 주거 환경에 대한 관심
- 뉴노멀 시대에 단독주택은 개인의 안전과 위생 및 지속가능한 생활방식을 고려한 주거 형태로 주목

INNOCHAE_GREEN



ZEB +등급 (에너지자립률 127%)

INNOCHAE_GALLERY



ZEB +등급 (에너지자립률 131%)

INNOCHAE_COMFORT



ZEB 1등급 (에너지자립률 102%)

◎ 이노채 시범주택의 컨셉

- 뉴노멀 시대의 환경과 지속가능성에 대한 거주자들의 관심에 부응하고, 에너지자립주택의 가능성을 다양한 라이프스타일에 맞추어 확장할 수 있는 세 가지 컨셉으로 디자인
- '이노채_그린'은 바이오필릭이 구현된 친환경 주거공간, '이노채_갤러리'는 재활용이 가능한 강건재 특화주택, '이노채_컴포트'는 친숙하고 따뜻한 소재의 한식주거공간으로 계획

INNOCHAE_GREEN
지속가능하고 쾌적한 삶의 경험

Royal Natural



바이오필릭이 구현된 친환경 주거공간

다목적 활용 가능한 자연친화적 대공간

파노라마 그린 뷰의 쾌적한 침실

INNOCHAE_GALLERY
다양한 강건재의 가능성을 상상

Recycling Steel



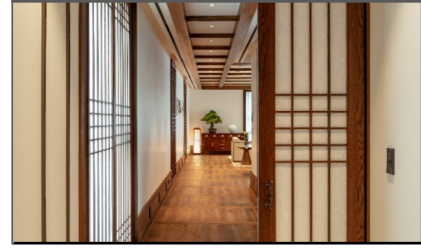
재활용이 가능한 강건재 특화주택

사계절의 자연을 담은 중정공간

전시공간으로 활용 가능한 지하라운지

INNOCHAE_COMFORT
한옥 스타일의 편안한 주택공간

Traditional Elegance



친숙하고 따뜻한 소재의 한식주거공간

다양한 문화와 경험을 위한 교류공간

개인의 라이프스타일을 위한 취미실

◎ 이노채 시범주택 적용단지

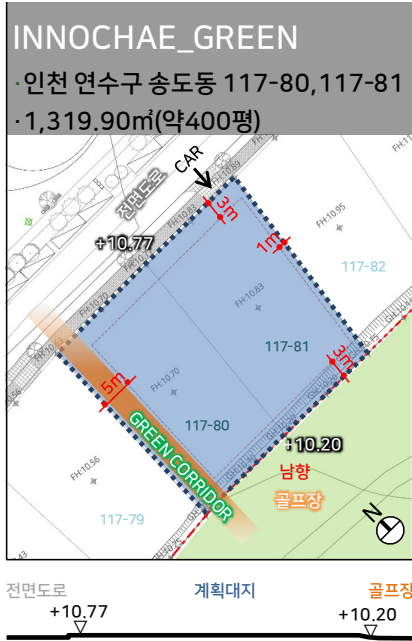
- 인천 송도 잭니클라우스 골프장 내 주택단지에 위치, 2023년 10월 3차 준공
- 주택단지의 개별 토지 소유자들에 친환경 주택 건설 홍보로 친환경 단지 조성 유도 및 강건재 친환경주택의 저변 확대를 목적으로 건립됨



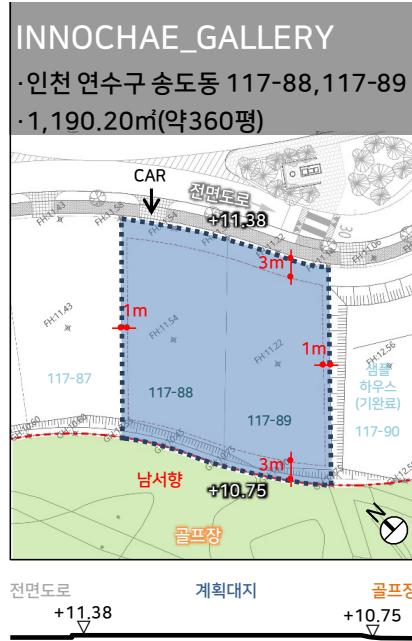
2 단지 경관계획과 친환경설계

◎ 주택별 입지 환경

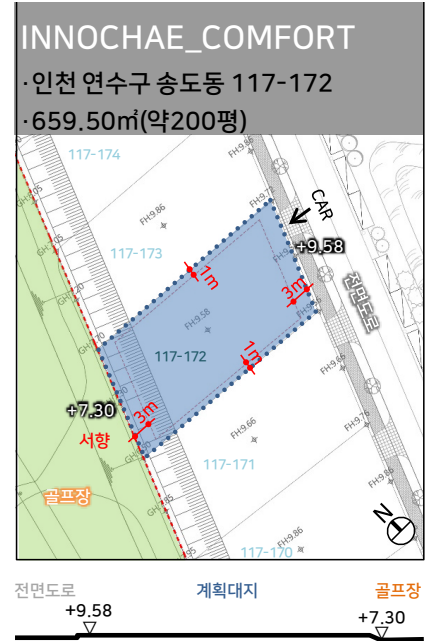
- 단지의 비정형적인 필지구획 특성에 의해, 서로 다른 입지환경 고려



• 일조: 골프장 방향으로 정남향



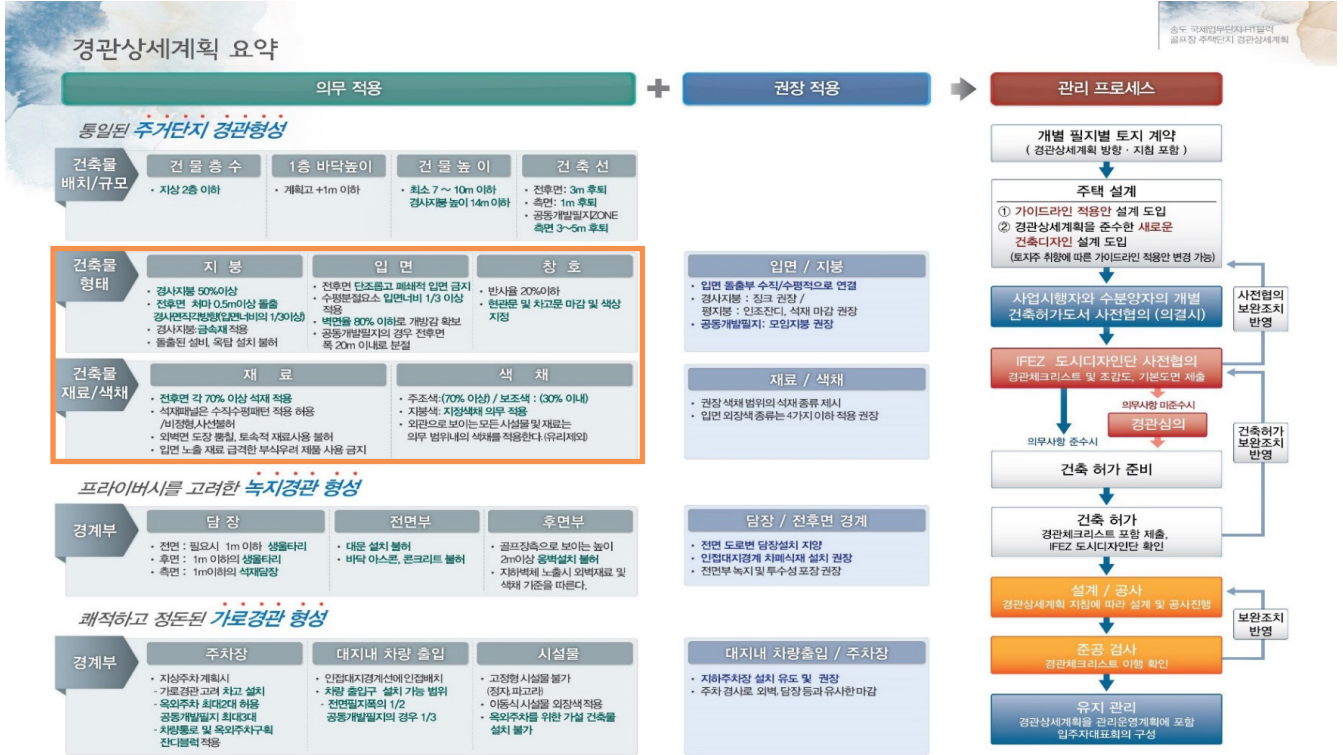
• 일조: 골프장 방향으로 남서향



• 일조: 골프장 방향으로 서향

◎ 경관상세계획의 적용

- 인천경제구역의 지구단위계획 및 경관상세계획 적용 대상 지역
- 지붕, 입면, 창호와 같은 건축물 형태와 재료, 색채 등이 의무사항으로 지정되어 있음
- 경관상세계획 범위 내에서 패시브 디자인 조율하는 것이 주요 설계 이슈 사항이었음



Detailed Cityscape Plan of Songdo City H1 Block | 3

◎ 경관상세계획과 패시브디자인

- 경관상세계획의 내용인 외장재 전후면 70% 이상 석재 적용을 위해 석재 패턴 강판 활용, 재활용 자재 사용률 증가
- 허용경사도 내 BIPV 설치 지붕면의 최적 경사도 설정
- 제로에너지 구현, 경관상세계획, 골프장 조망 등을 모두 고려한 주택 창면적비 최소화 조율

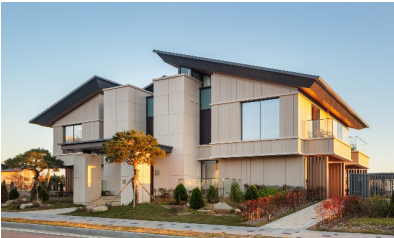
외장재 : 석재

경관상세계획을 준수한 주재료 반영

“ 전후면 70% 이상 적용 ”



재활용 가능한 석재패턴강판 적용



지붕 : 경사지붕

경관상세계획을 준수한 경사지붕 디자인

“ 경사지붕 50% 이상
허용지붕경사도 ”



BIPV 효율 고려, 최적 경사각도 설정



창면적비 : 상호최소화

에너지손실 최소화한 입면 디자인

“ 창면적비 최소화
전/후면 위주 상호 계획 ”

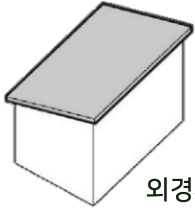


골프장 조망에 창면적 집중

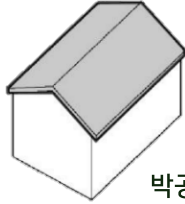


◎ 지붕 형태의 최적화

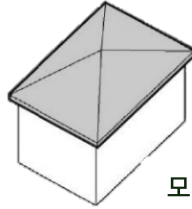
- 경관상세계획 허용 경사지붕 형태: 경사지붕 50% 이상 설치 의무



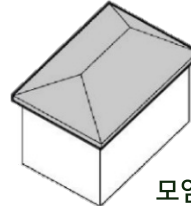
외경사지붕



박공지붕

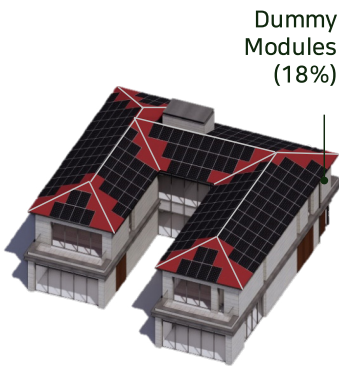


모임지붕-A



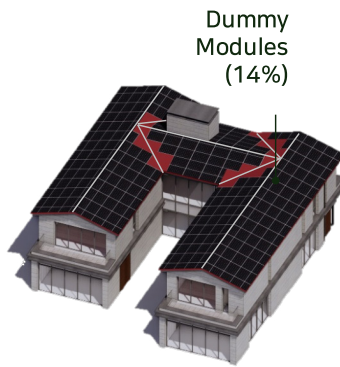
모임지붕-B (우진각지붕)

- BIPV 설치 유효면적 검토 : BIPV 실모듈 설치비율 최대화 및 DUMMY 부재 비율 최소화 방안 계획



모임지붕

BIPV 실모듈 설치비율: 약 80%
DUMMY 부재 비율: 약 18%



박공지붕

BIPV 실모듈 설치비율: 약 84%
DUMMY 부재 비율: 약 14%

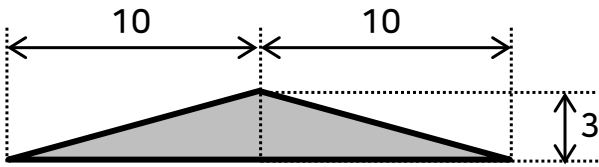


외경사지붕

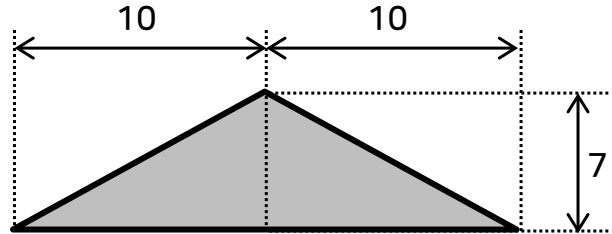
BIPV 실모듈 설치비율: 약 87%
DUMMY 부재 면적: 없음

◎ 최대 효율의 지붕 경사도 설정

- 경관상세계획 허용 지붕 경사도 충족 ($17^{\circ} \sim 35^{\circ}$)

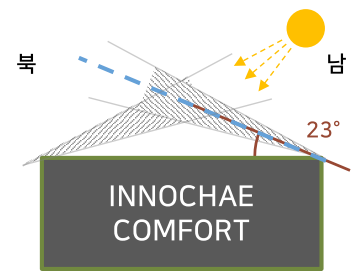
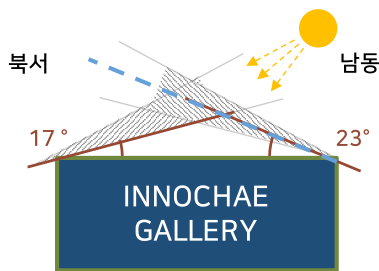




최소 경사도: 3/10 이상



최대 경사도: 7/10 이하

- 경관상세계획 최저기준 17° 적용으로 볼륨 최소화
- 남향측(남동, 남)은 친환경 경사지붕 인정이 가능한 23° 적용하여 볼륨 최소화

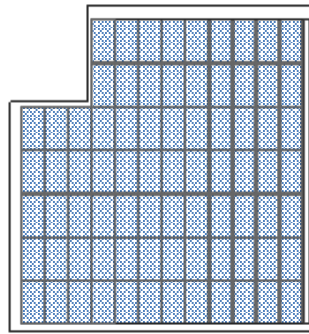
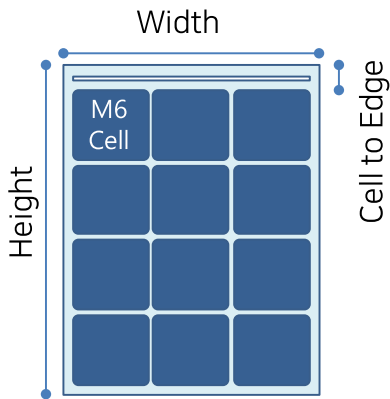


 경관 경사지붕 기울기범위 (17° 이상~ 35° 이하)
 친환경 관련 경사지붕 인정 기준(23° 이상)

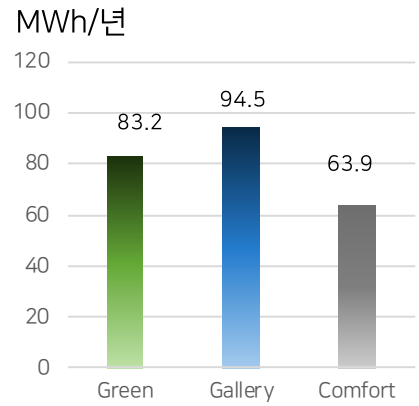
※ 방위별 태양광 발전 효율성: 남(1.00) > 남서(0.93) > 남동(0.91) > 수평(0.87) > 서(0.76) > 동(0.73)

◎ BIPV 최적화 계획

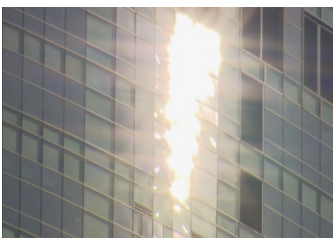
- 모듈용량 극대화: 셀 단부 여백을 최소화한 모듈규격 선정 및 지붕 형태 조정으로 발전 용량 최대화 (모듈효율 17% 이상 확보)
- BIPV 최대 설치용량 확보를 위해 지붕 크기를 모듈 규격에 최적화, dummy 부재 최소화를 위한 지붕크기 설정



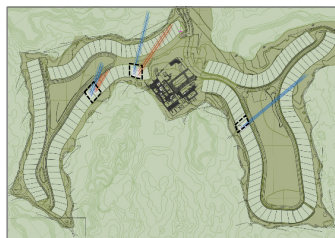
78 Modules / 0 Dummy



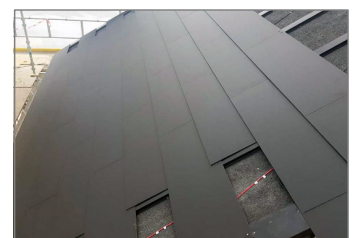
- BIPV 표면 유리의 경면반사로 인한 빛 공해 방지 및 발전효율을 위해 시뮬레이션을 통한 마감재 적용



BIPV 표면 경면반사에 따른 빛 공해 발생 문제 우려



시뮬레이션을 통한 단지내 빛 반사 영향 여부 확인

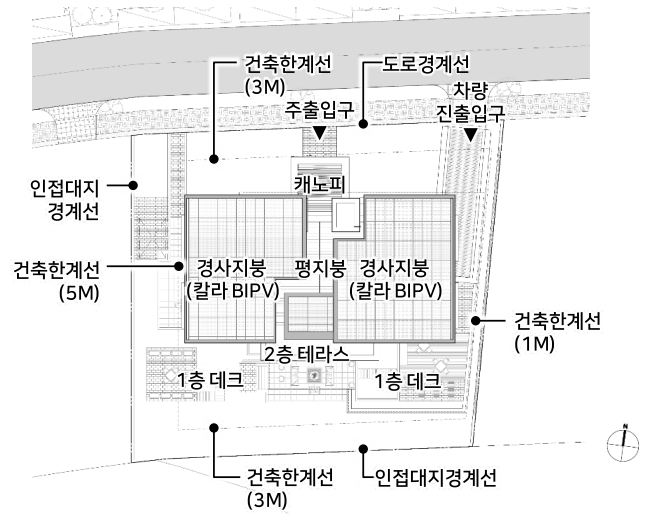


난반사 Satin Glass 적용으로 빛공해방지및발전효율개선

3 이노채_그린

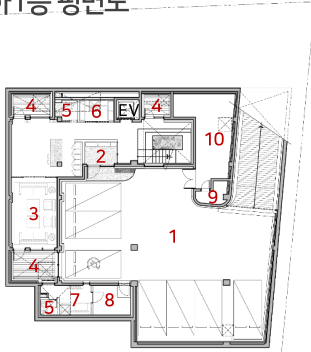
◎ INNOCHAE_GREEN | 개요 및 배치도

대 지 면 적 1,319.90㎡
 연 면 적 1,026.27㎡
 규 모 지하1층, 지상2층
 단 열 재 그라스울 T180+T150 등
 창 호 T47 로이삼중유리+AL 프레임 등
 환 기 시 스템 열회수형 환기장치
 에 너 지 관 리 HEMS & 홈통합
 건 축 물 인 증 제로에너지 1+, 에너지효율등급 1+++
 수 상 내 역 Constructsteel Awards 2023
 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상



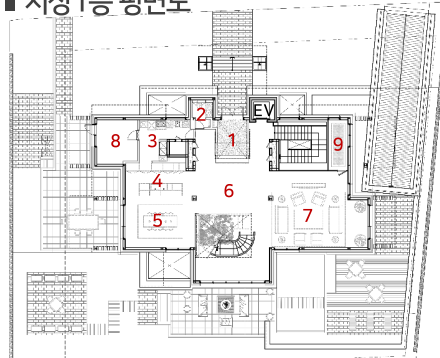
◎ INNOCHAE_GREEN | 평면도

■ 지하1층 평면도



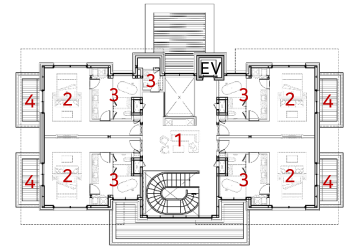
- 1 주차장 2 현관 3 라운지 4 선큰 5 욕실 6 창고
- 7 기사대기실 8 서버실 9 전기실 10 기계실

■ 지상1층 평면도

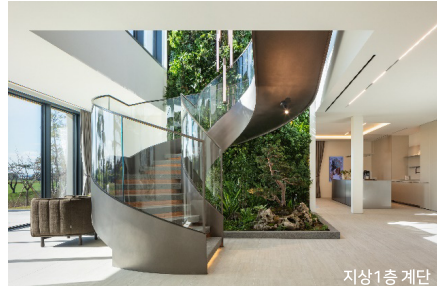
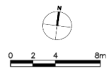


- 1 현관 2 욕실 3 보조주방 4 주방 5 다이닝 6 웰컴라운지
- 7 거실 8 창고 9 조경공간

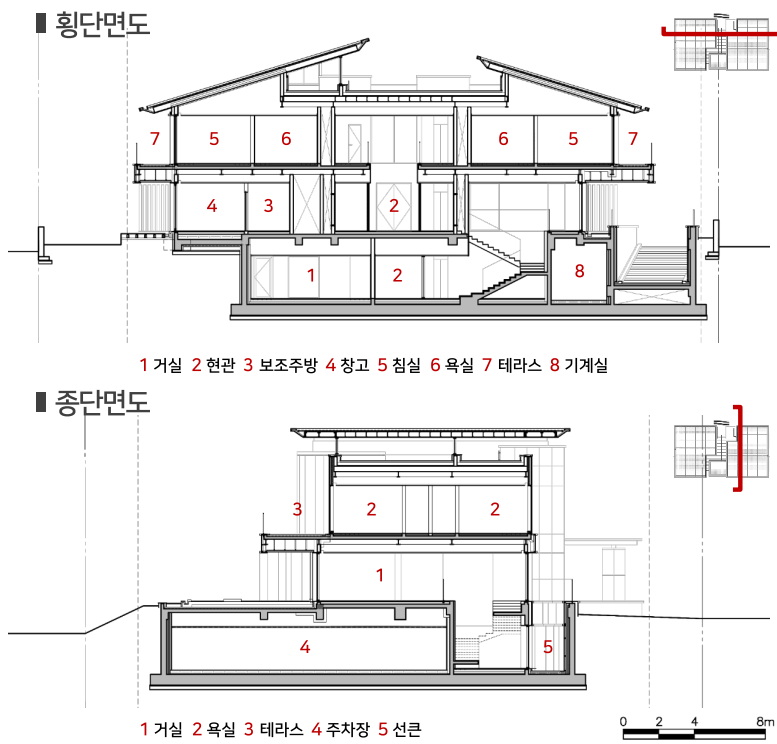
■ 지상2층 평면도



- 1 거실 2 침실 3 욕실 4 테라스



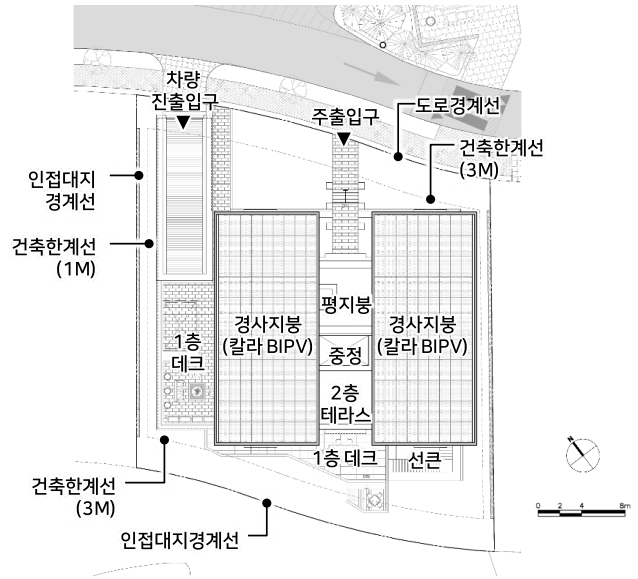
◎ INNOCHAE_GREEN | 단면도



4 이노채_갤러리

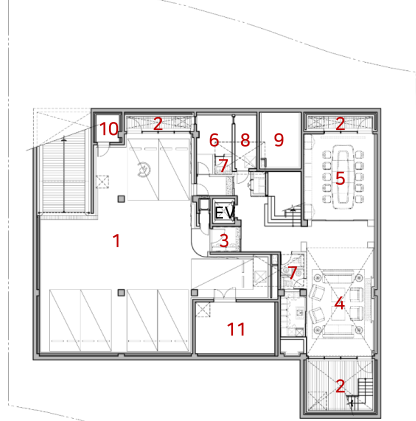
◎ INNOCHAE_GALLERY | 개요 및 배치도

대 지 면 적 1,190.20㎡
 연 면 적 1,027.11㎡
 규 모 지하1층, 지상2층
 단 열 재 그라스울 T180+ T150 등
 창 호 T47 로이삼중유리 + AL 프레임 등
 환기시스템 열회수형환기장치
 에너지관리 HEMS & 홈통합
 건축물인증 제로에너지 1+, 에너지효율등급 1+++
 수 상 내 역 Constructsteel Awards 2023
 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상

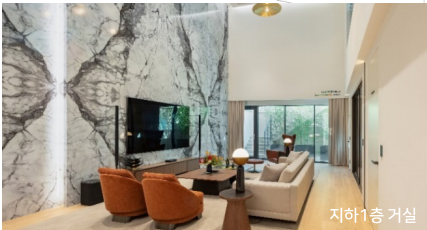


◎ INNOCHAE_GALLERY | 평면도

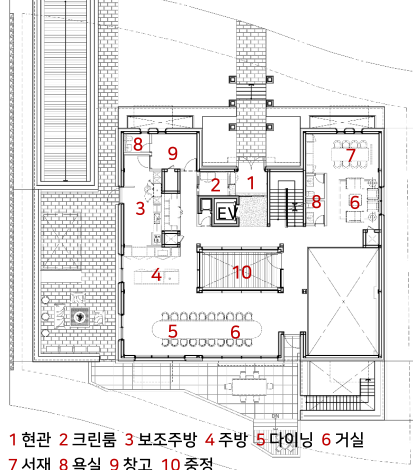
■ 지하1층 평면도



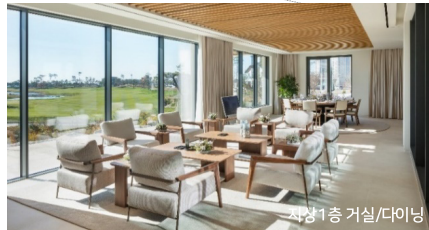
1 주차장 2 선크 3 현관 4 거실 5 서재 6 기사대기실
7 욕실 8 서버실 9 PIT 10 전기실 11 기계실



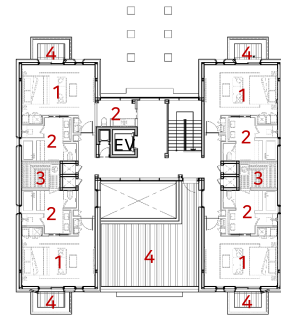
■ 지상1층 평면도



1 현관 2 크린룸 3 보조주방 4 주방 5 다이닝 6 거실
7 서재 8 욕실 9 창고 10 중정



■ 지상2층 평면도

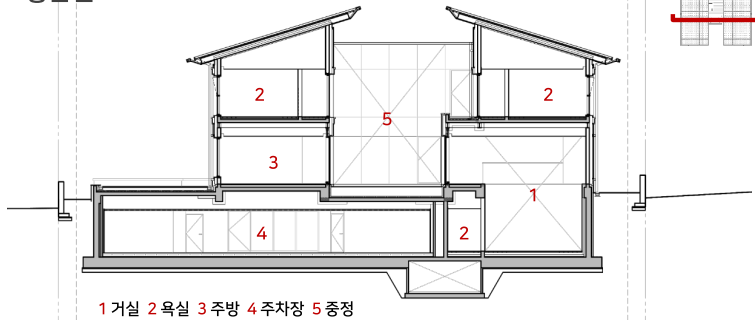


1 침실 2 욕실 3 사우나 4 테라스



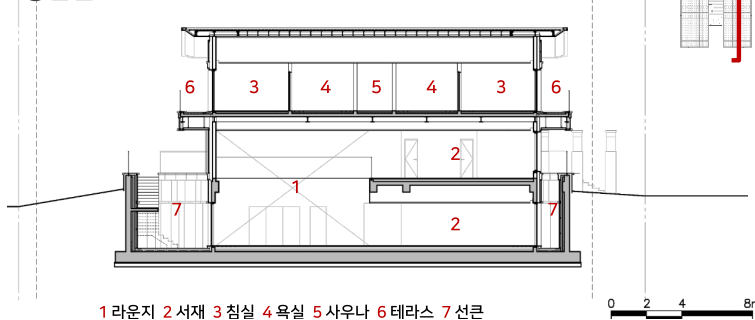
◎ INNOCHAE_GALLERY | 단면도

■ 횡단면도

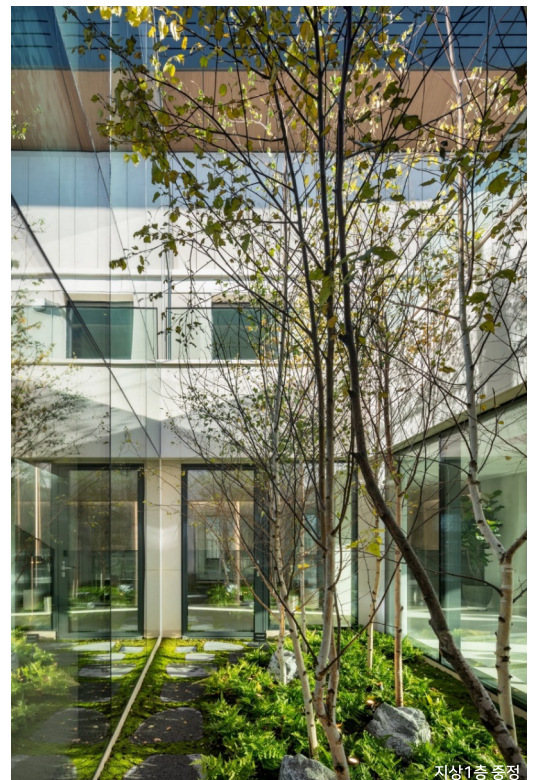


1 거실 2 욕실 3 주방 4 주차장 5 중정

■ 종단면도



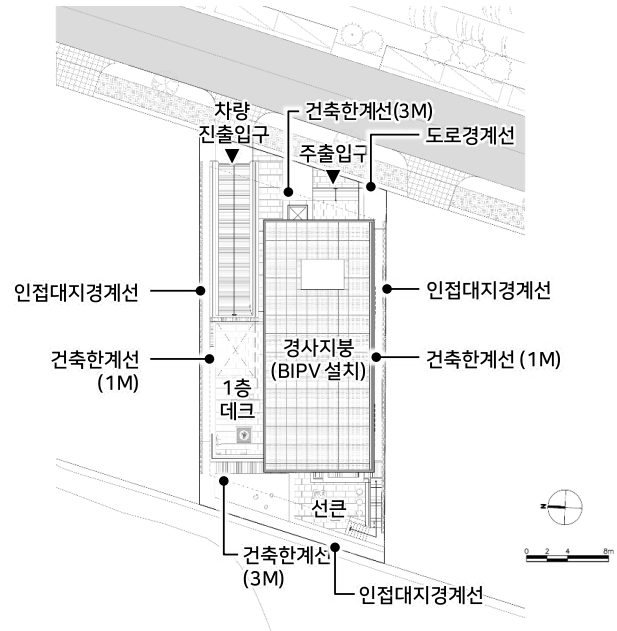
1 라운지 2 서재 3 침실 4 욕실 5 사우나 6 테라스 7 선크



5 이노채_컴포트

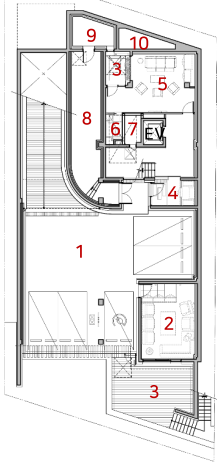
◎ INNOCHAE_COMFORT | 개요 및 배치도

대지면적	659.60㎡
연면적	692.02㎡
규모	지하1층, 지상2층
단열재	그라스울 T180+T150 등
창호	T47 로이삼중유리 + AL 프레임 등
환기시스템	열회수형환기장치
에너지관리	HEMS & 홈통합
건축물인증	제로에너지 1, 에너지효율등급 1+++
수상내역	Constructsteel Awards 2023 - "Excellence in Sustainability" 부문 수상



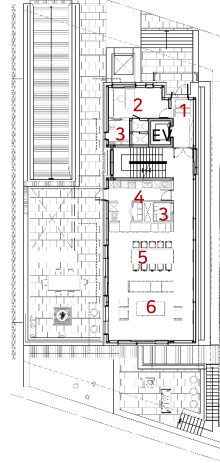
◎ INNOCHAE_COMFORT | 평면도

■ 지하1층 평면도



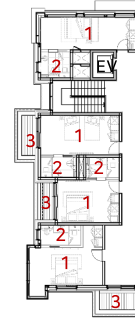
- 1 주차장
- 2 취미실
- 3 선근
- 4 현관
- 5 라운지
- 6 욕실
- 7 전기실
- 8 기계실
- 9 서버실
- 10 PIT

■ 지상1층 평면도

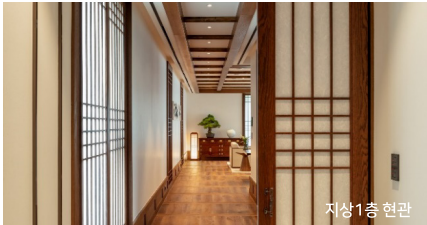
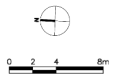


- 1 현관
- 2 알파룸
- 3 욕실
- 4 주방
- 5 다이닝
- 6 거실

■ 지상2층 평면도

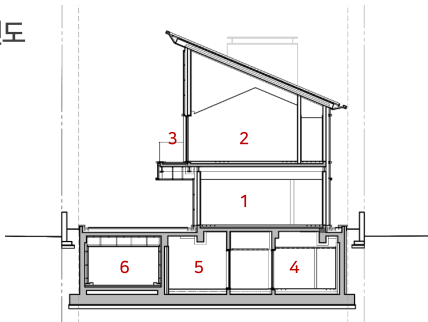


- 1 침실
- 2 욕실
- 3 테라스



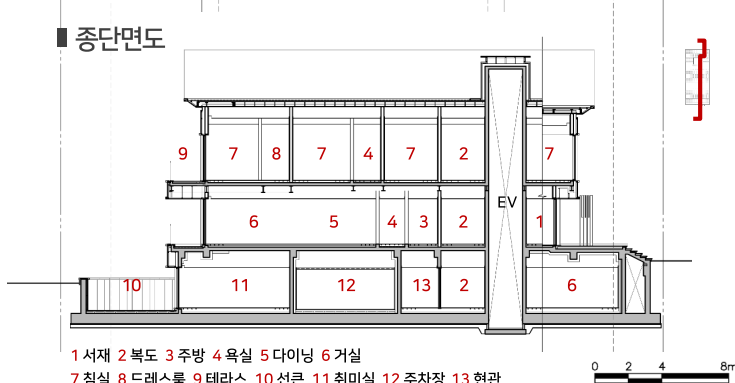
◎ INNOCHAE_COMFORT | 단면도

■ 횡단면도



- 1 보조주방
- 2 침실
- 3 테라스
- 4 현관
- 5 기계/전기실
- 6 램프

■ 종단면도



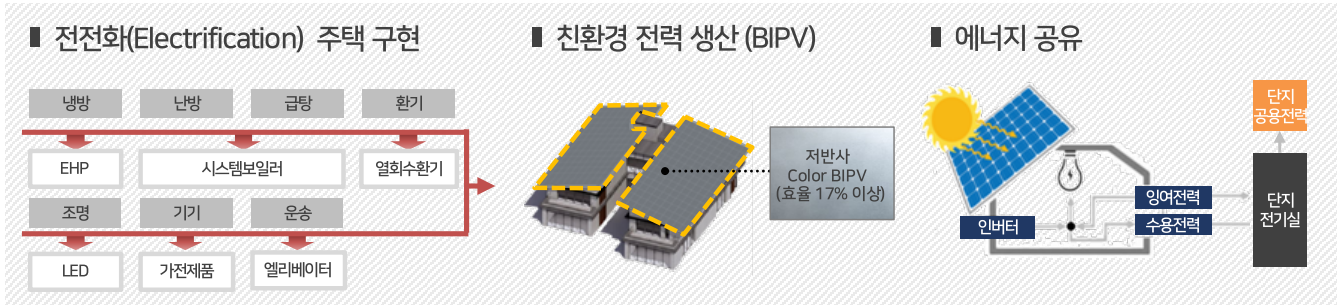
- 1 서재 2 복도 3 주방 4 욕실 5 다이닝 6 거실
- 7 침실 8 드레스룸 9 테라스 10 선근 11 취미실 12 주차장 13 현관



6 주요녹색기술

◎ 친환경 적용 기술 및 전전화 주택 구현

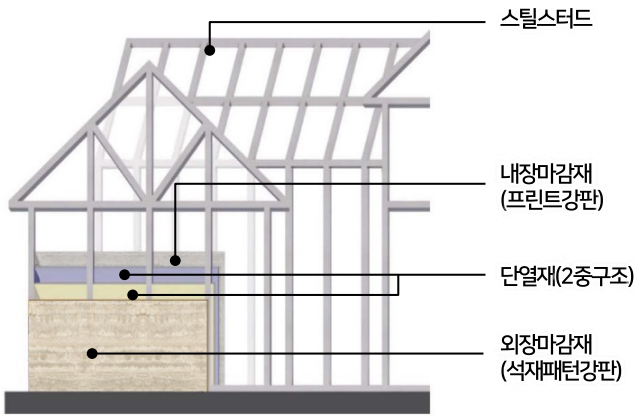
- Next Zero 구현 기술에 있어 단독주택은 상업시설에 비해 제약이 많음
- 최신 기술보다는 적용 가능한 기술의 조화를 통해 최적화된 목표를 달성하고자 노력
- 이노채는 전전화 주택(사용하는 에너지원을 모두 전기로 충당하도록 설계한 주택) 달성에 큰 의의



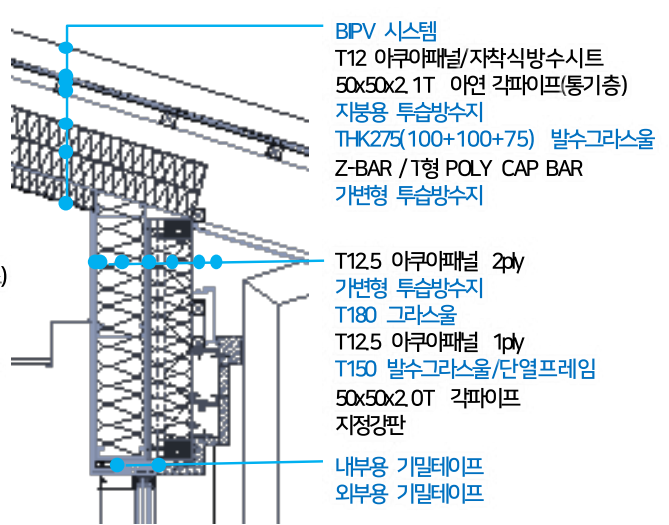
- 난방과 급탕 시스템을 전기히트펌프로 대체하여 주택 내 모든 시스템을 전기에너지 기반으로 구축
- 주택에서 사용되는 전기는 BIPV 발전 전력으로 상쇄 가능하며 잉여 에너지는 단지 내에서 공유하도록 계획

◎ 스틸 하우스의 친환경 기술 구현

● Steel House 구현



● 외피 성능 강화를 위한 Detail



- 스틸하우스는 탈현장시공이 가능한 대표적인 시스템으로 사용 후 재활용 가능
- 스틸 하우스의 지속가능성

구분	스틸 하우스	RC 하우스
내재탄소	79%	100%
라돈배출	16%	100%
시공방법	Off-Site Construction	On-Site Construction
재활용	사용 후 재활용(PCR) 극대화	재생골재 외 재활용 제한
단열성능	<p>열교보강 이중단열구조</p>	<p>단일 단열구조</p>

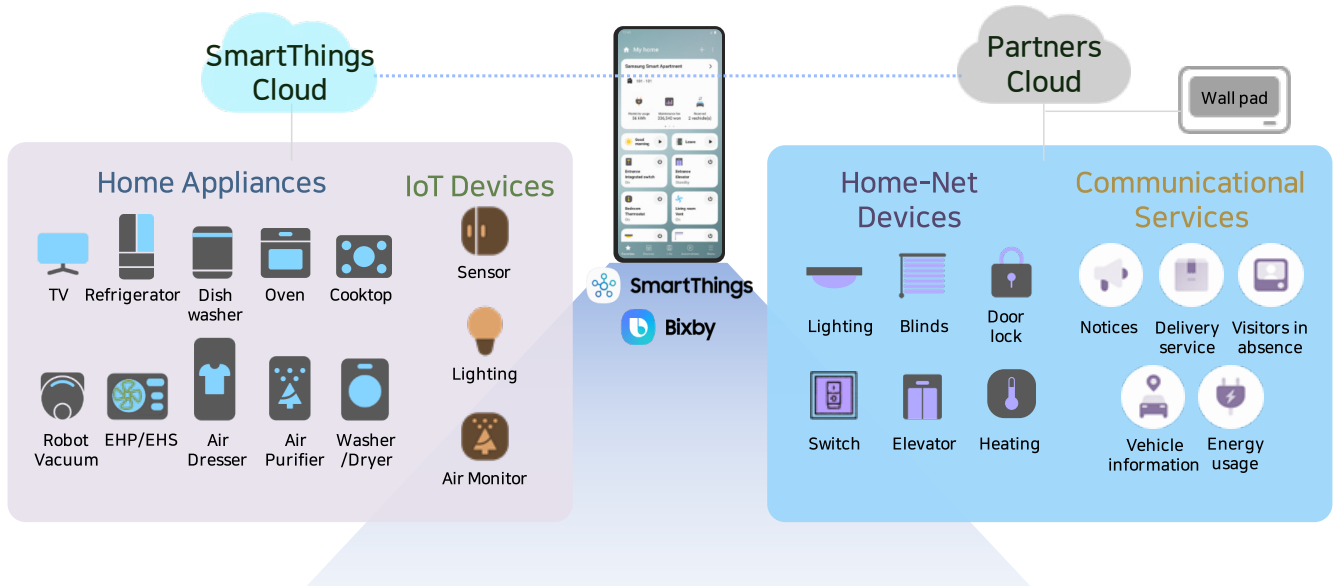
- 자재 생산, 시공, 폐기까지 내재 탄소량을 줄인 지속가능한 건축물로 실내 공기질 향상과 이중단열구조 적용 가능
- 기밀과 열교 측면에서 습식구조보다 불리한 단점 극복을 위해 이중단열구조 적용 및 모든 joint 누기 방지 계획

● 외피 기밀성 강화 계획



◎ 스마트 홈 통합 솔루션

- 주택 전체의 에너지 및 전자 시스템을 하나의 앱으로 통합·운영하는 스마트 홈 통합 솔루션 적용
- 홈 네트워크 기술 적용으로 스마트폰을 통한 가전제품 및 기기 제어 가능
- 에너지 사용량과 생산량 데이터 축적으로 향후 주택 프로젝트 친환경 전략의 기초자료로 활용 예정



주택 전체의 에너지 및 전자 시스템을 하나의 앱으로 통합·운영하는 스마트 홈 통합 솔루션 적용

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://www.ifez.go.kr/main/parts/landscape/data_plan/view.do
2. <https://news.kbs.co.kr/news/pc/view/view.do?ncd=5145560>

C.2

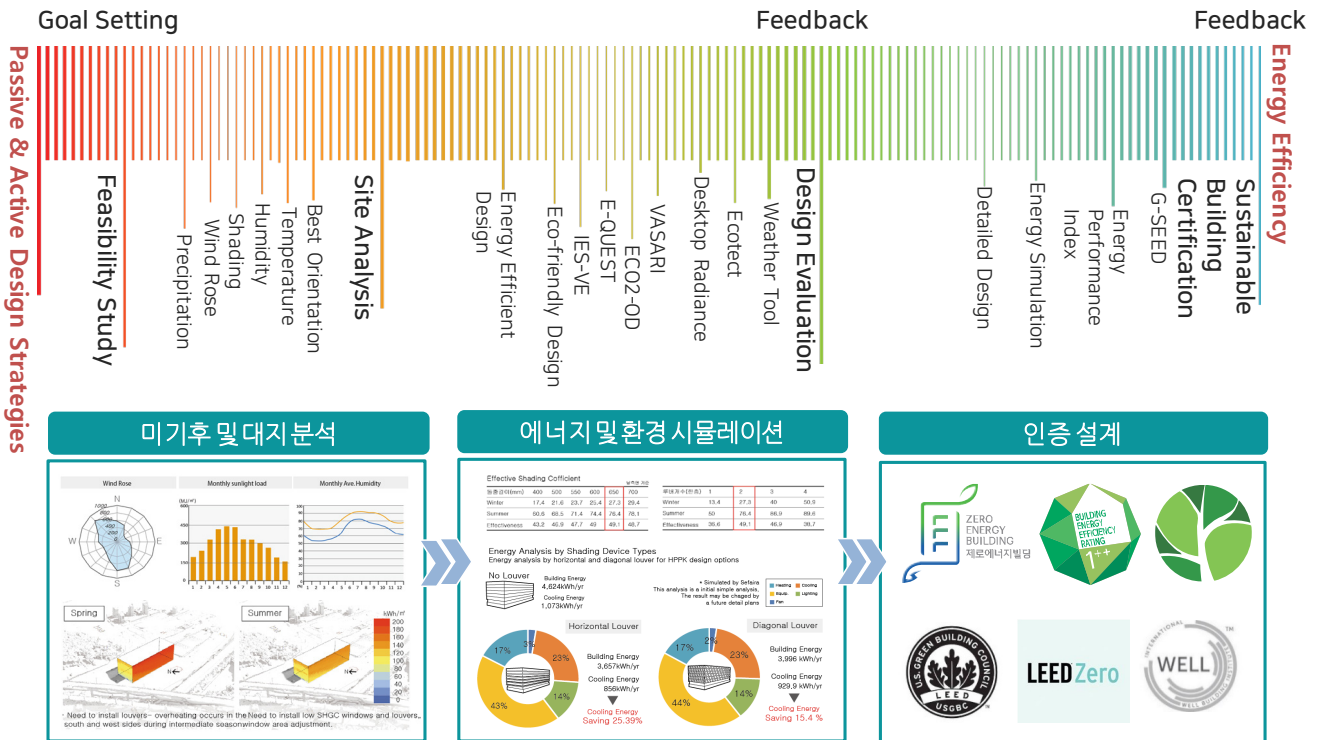
ZEB 건물 설계 사례(비주거)

교육 목표

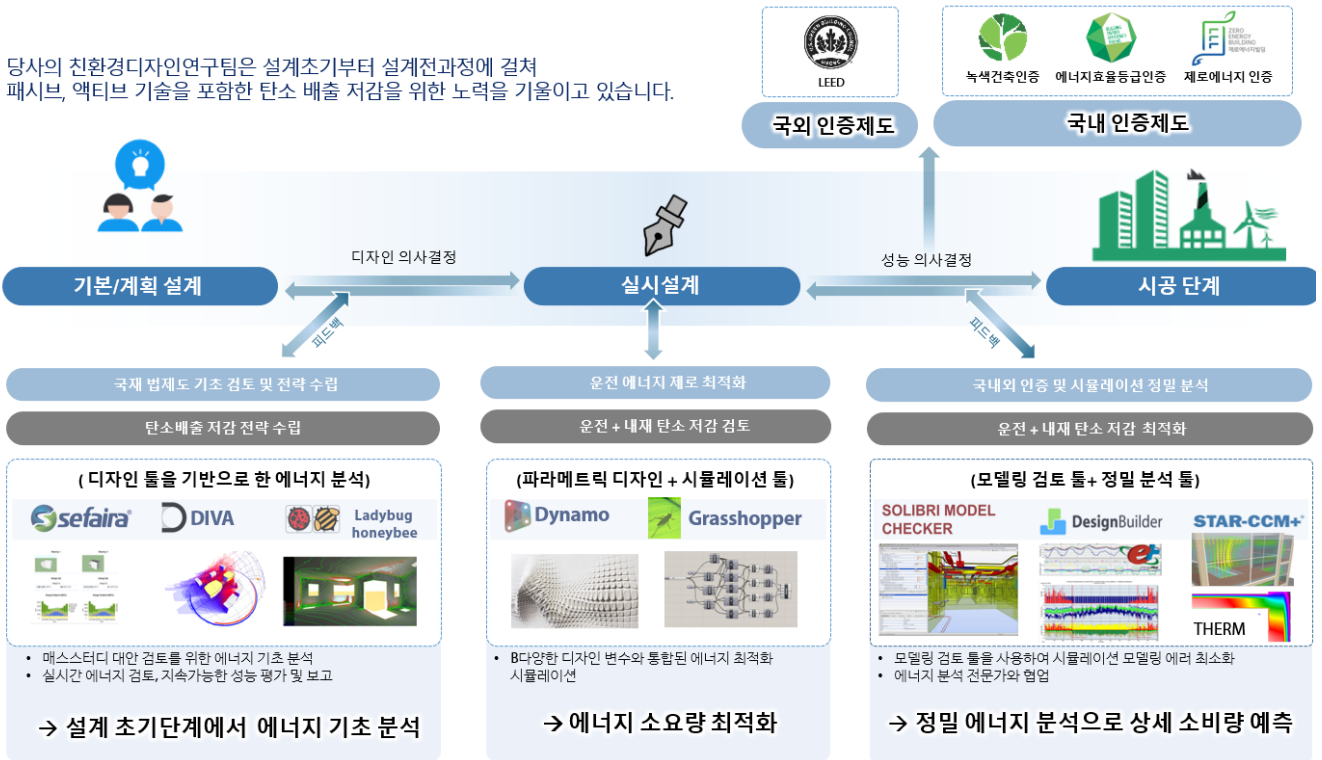
- ZEB 건물 설계 사례(비주거)** * ZEB 인증 설계 사례를 공유하여, ZEB 인증 설계 과정에 대한 이해를 도움
- * 제로에너지건축 전문가의 관련 업무 수행에 도움을 주고자 함

1 ZEB 통합설계 프로세스

◎ 제로에너지 통합설계 프로세스_희림건축



당사의 친환경디자인연구팀은 설계초기부터 설계전과정에 걸쳐 패시브, 액티브 기술을 포함한 탄소 배출 저감을 위한 노력을 기울이고 있습니다.



2 세운 5-1, 3구역 기부채납시설

◎ 설계 개요



제로에너지건축물 5등급, 건축물에너지효율 1++등급은 비주거 부분에 대한 평가 결과

구분	내용	
공사명	세운 5-1, 3 구역 도시정비형재개발사업 기부채납시설	
대지위치	서울특별시 중구 산림동 82-17 일원	
대지면적	667.40m ²	
용도	공장(지식산업센터), 공공업무시설	
건축면적	367.46m ²	연면적 6,444.42m ²
층수	지하3층, 지상17층	최고높이 78.9m
구조	철근콘크리트 구조	
지역지구	일반사업지역, 재정비촉진지구	
설계기간	2023.03~ / 인허가 : 2024.06.	

◎ 법규 검토

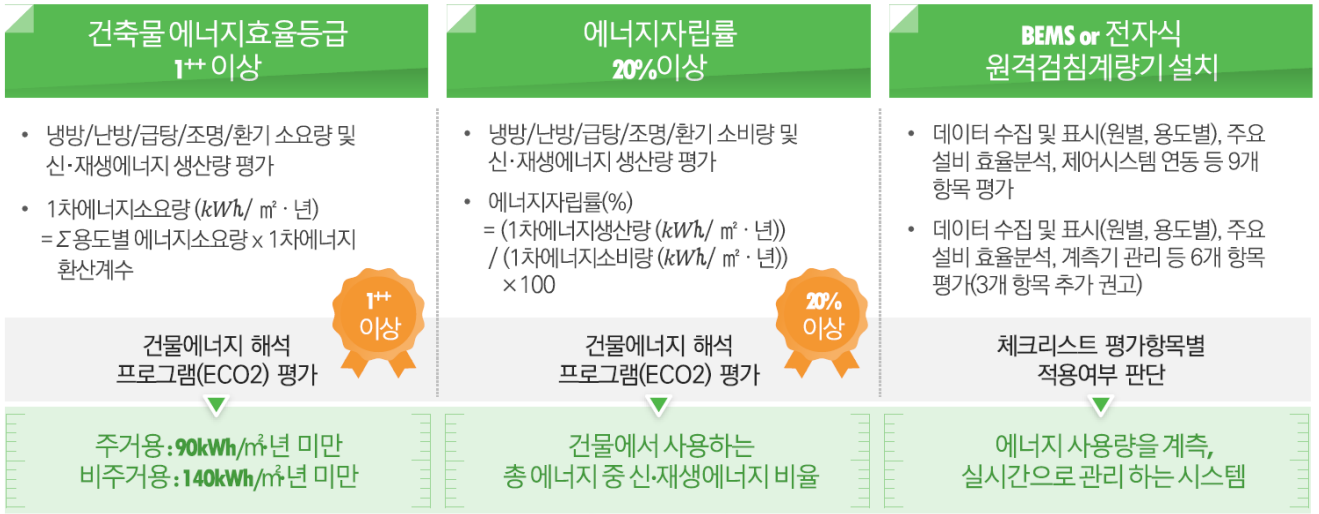
- 녹색건축물 조성 지원법
- 제17조 (건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증) ⑥ 대통령령으로 정하는 건축물을 건축 또는 리모델링하려는 건축주는 해당 건축물에 대하여 에너지효율등급 인증 또는 제로에너지건축물 인증을 받아 그 결과를 표시하고, 「건축법」 제22조에 따라 건축물의 사용승인을 신청할 때 관련 서류를 첨부하여야 한다. 이 경우 사용승인한 허가권자는 「건축법」 제38조에 따른 건축물대장에 해당 사항을 지체 없이 적어야 한다. <신설 2014. 5. 28., 2016. 1. 19., 2019. 4. 30.>
- 녹색건축물 조성 지원법 시행령
- 제12조 (건축물의 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 대상 건축물 등) ② 법 제17조제6항 전단에 따라 에너지효율등급 인증 또는 제로에너지건축물 인증을 받아 그 결과를 표시해야 하는 건축물은 각각 별표 1 각 호의 요건을 모두 갖춘 건축물로 한다. <개정 2019. 12. 31.>
- 녹색건축물 조성 지원법 시행령 별표 1 (현행법은 제로에너지건축물 인증으로 통합됨)

요건	제로에너지건축물 인증 및 에너지효율등급 인증 표시 의무 대상
1. 소유 또는 관리 주체	가. 제9조 제2항 각 호의 기관 나. 교육감..
2. 건축 및 리모델링의 범위	신축·재축 또는 증축하는 경우일 것. 다만, 증축의 경우에는 기존 건축물의 대지에 별개의 건축물로 증축하는 경우로 한정한다.
3. 건축물의 범위	법 제17조 제5항 제1호에 따라 국토교통부와 산업통상자원부의 공동부령으로 정하는 건축물. 다만, 공동주택 및 「건축법 시행령」 별표 1 제2호 라목에 따른 기숙사는 제외한다.
4. 건축물의 연면적	연면적 1천 제곱미터 이상
5. 에너지 절약 계획서	제출 대상일 것

- 시행령 제9조 (개별 건축물의 에너지 소비 총량 제한 등)
 - ② 1. 중앙행정기관의 장
 2. 지방자치단체의 장
 3. 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」 제43조제1항에 따른 공공기관 및 교육기관의 장
- 법 제2조(적용대상)
 1. 「건축법 시행령」 별표 1 제1호에 따른 단독주택
 2. 「건축법 시행령」 별표 1 제2호가목부터 다목까지의 공동주택 및 같은 호 라목에 따른 기숙사
 3. 「건축법 시행령」 별표 1 제3호부터 제13호까지의 건축물로 냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축물
 4. 「건축법 시행령」 별표 1 제14호에 따른 업무시설
 5. 「건축법 시행령」 별표 1 제15호부터 제28호까지의 건축물로 냉방 또는 난방 면적이 500제곱미터 이상인 건축

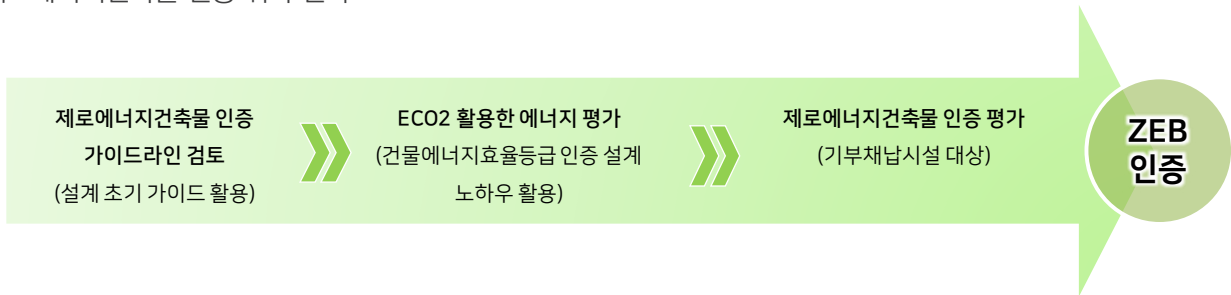
◎ 인증 설계 전략

- 제로에너지건축물 인증 기준(기준 통합 이전)



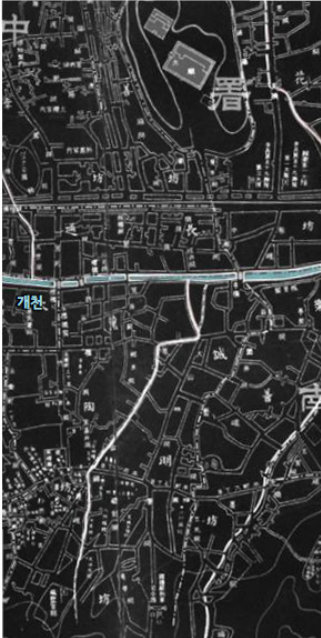
제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서 ver.2, 한국에너지공단 건물에너지실, p9

- 제로에너지건축물 인증 취득 전략

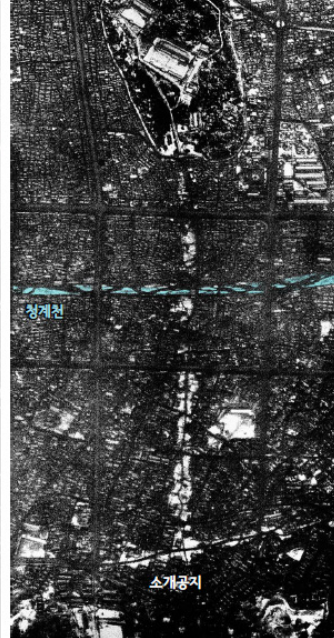


◎ SITE HISTORY

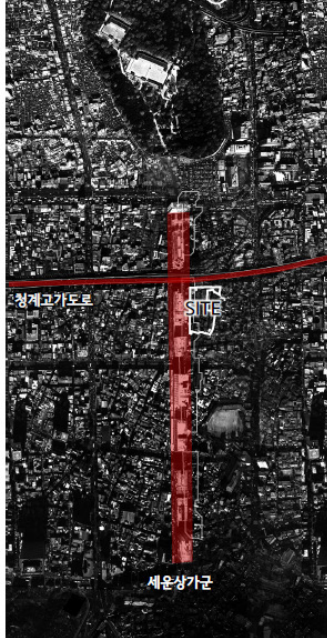
1910s,
시구개수 이전의 최신허성전도
일제강점기 경성시구개수 이전의 가로체계
을지로 직선화 이전



1940s,
소개공지 조성
일제강점기 폭격을 대비한 소개공지 조성
종로에서 남산까지 50m 대로



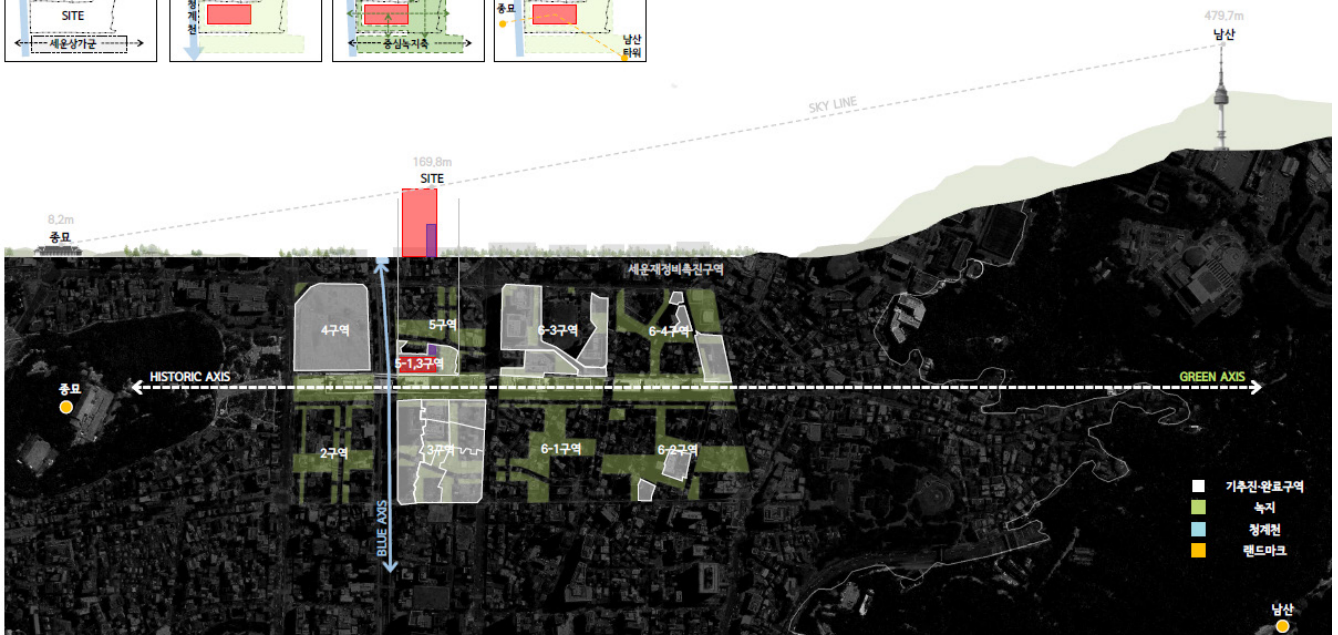
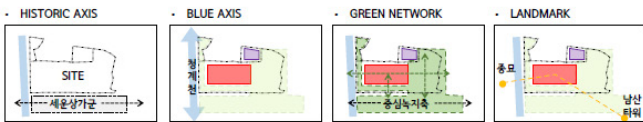
1970s,
세운상가 및 청계고가도로 건립
세운상가(1967) 및 남산타워(1975)
청계천 복개(1958-1978) 후 고가도로 건설



2030s,
녹지생태도심으로서 세운
청계천 복원 및 세운재정비사업
서울 녹지생태도심 조성계획



◎ SITE CONTEXT



• 청계천의 흐름을 재해석하고 유입할 수 있는 세운 5-1,3구역

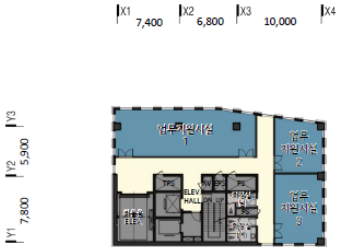
◎ 배치 계획



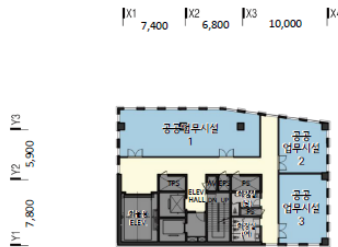
ISSUE (1) 남북으로 긴 배치형태(동서향 일사부하저감, 단열개선)
(2) 도심지 건축물의 ZEB 인증 확보 전략 필요(태양광 발전 면적 확보 등)

◎ 평면 계획

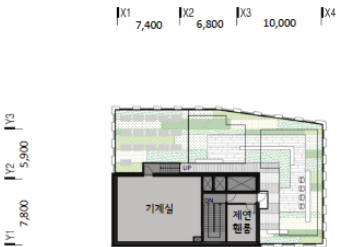
지상13-14층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 업무지원시설



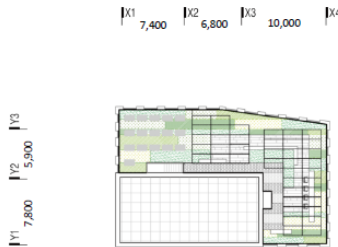
지상15-16층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 공공업무시설









지상17층 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 기계실



옥탑지붕 평면도 _SCALE : 1/400
주요시설 : 옥상



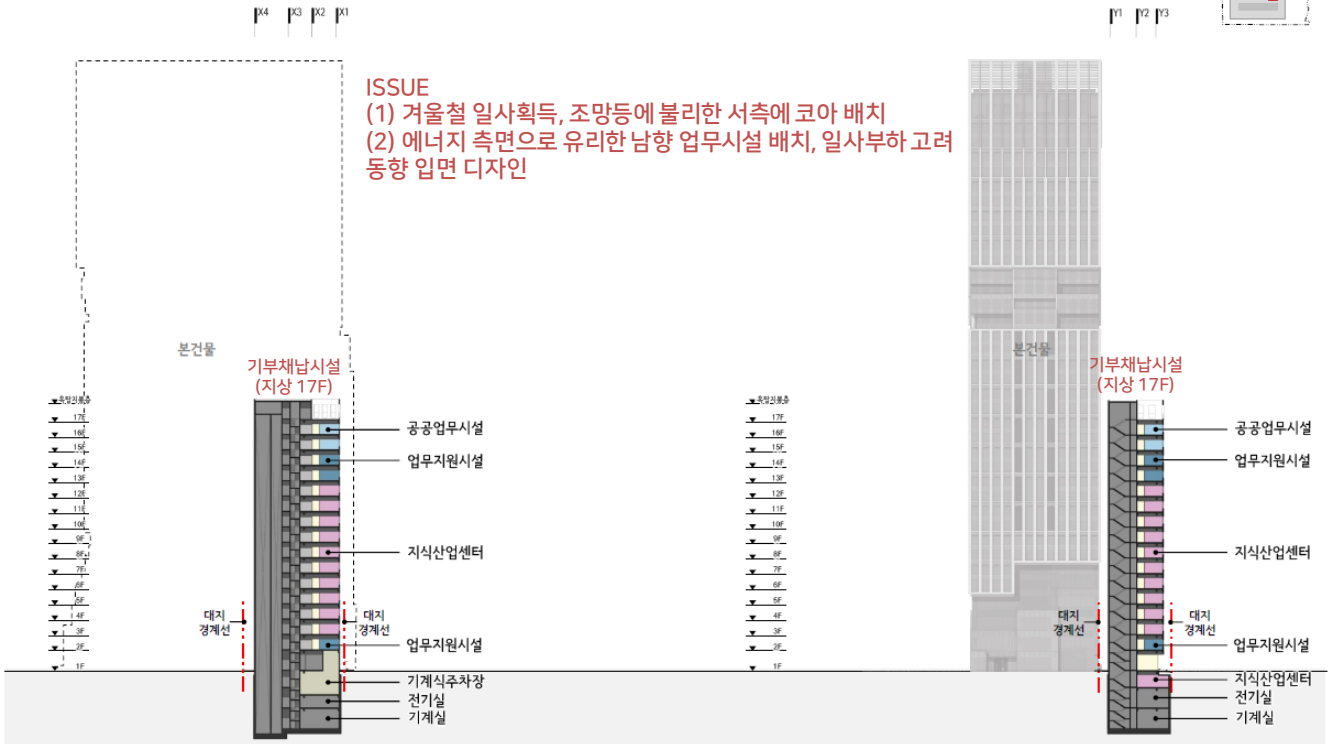
- 지식산업센터 계획(지하1F,지상3~12F)**
 · 용도에 따라 공간별 확장 및 가변성 확보


- 업무지원시설 계획(지상2F,13~14F)**
 · 진행 프로그램별 변동가능한 대공간 시설 확보


- 공공업무시설 계획(지상15~16F)**
 · 입주기업 권리와 홍보를 위한 다양한 컨설팅 프로그램 계획



ISSUE (1) 겨울철 일사획득, 조망등에 불리한 서측에 코아배치
 (2) 에너지 측면으로 유리한 남향 업무시설 배치, 대지의 배치로 인한 동향 입면 디자인

◎ 단면 계획

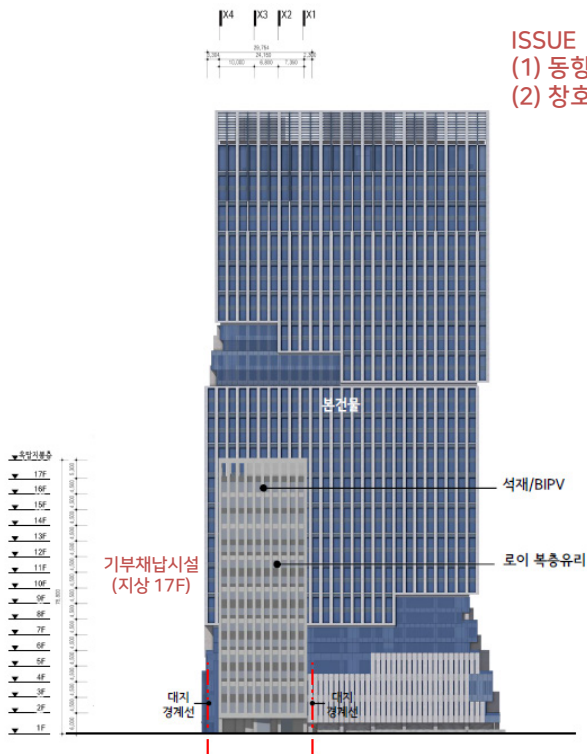
동측 단면도 _SCALE : 1/1000

남측 단면도 _SCALE : 1/1000



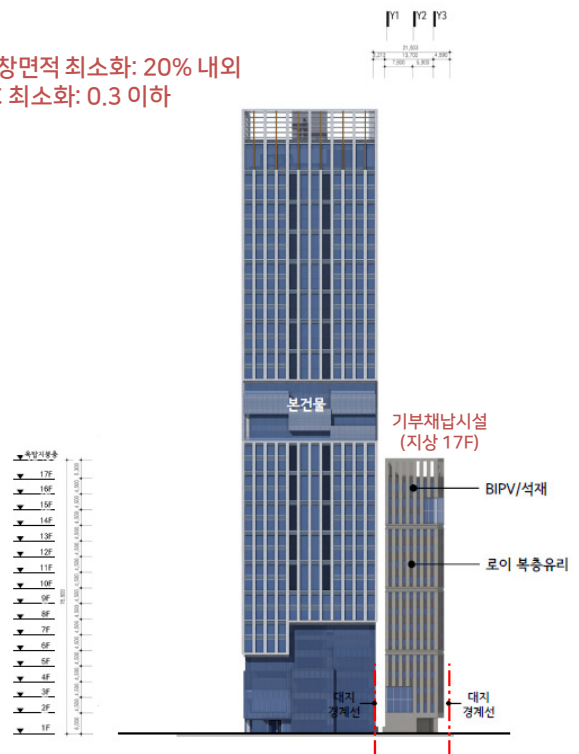
◎ 입면 계획

■ 동측면도 (전차심의안) _SCALE : 1/1000



■ 남측면도 변경후 _SCALE : 1/1000

ISSUE
 (1) 동향/서향의 창면적 최소화: 20% 내외
 (2) 창호의 SHGC 최소화: 0.3 이하



◎ 단열 계획

외벽 평균 열관류율 산정

기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m ² ·K]	보정계수	면적 [m ²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m ² ·K]
WA1	외기직접	PF보드 90 mm	0.209	1.0	4141.72	865.619	0.384
WA2	외기직접	PF보드 90 mm	0.215	1.0	808.83	173.898	
WA3	외기직접	PF보드 90 mm	0.202	1.0	65.79	13.290	
WB1	외기간접	PF보드 60 mm	0.299	0.7	405.52	84.875	
WB2	외기간접	PF보드 60 mm	0.258	0.7	215.70	38.955	
WB3	외기간접	PF보드 60 mm	0.299	0.7	345.48	72.309	
WB4	외기간접	PF보드 60 mm	0.285	0.7	83.70	16.698	
WX	단열예외	-	0.240	1.0	59.70	14.328	
G1	외기직접	28mm로이복중유리 / 기밀0.00	1.398	1.0	16.38	22.899	
G2	외기직접	28mm로이복중유리 / 기밀0.30	1.446	1.0	936.95	1,354.830	
G3	외기직접	소방관진입장 24mm로이복중유리	1.500	1.0	23.31	34.965	
D1	외기직접	방풍문	1.500	1.0	5.69	8.535	
D2	외기직접	철제 방화문	1.330	1.0	7.04	9.363	
D3	외기직접	단열셔터	0.776	1.0	13.20	10.243	
DB1	외기간접	철제 방화문	1.330	0.8	23.73	25.249	
단열조치를 하지 않는 부분						0.000	
계				-	7152.740	2,746.057	

0.490 미만

ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 1.0 배점
(창면적비 20%내외)

지붕의 평균 열관류율 산정

기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m ² ·K]	보정계수	면적 [m ²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m ² ·K]
RA1	외기직접	PF보드 180 mm	0.108	1.0	534.92	57.771	0.108
RB1	외기간접	PF보드 130 mm	0.147	0.7	0.00	0.000	
단열조치를 하지 않는 부분						0.000	0.8배점
계				-	534.920	57.770	

0.1~0.11 미만

ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 0.8 배점

최하층 거실바닥의 평균 열관류율 산정

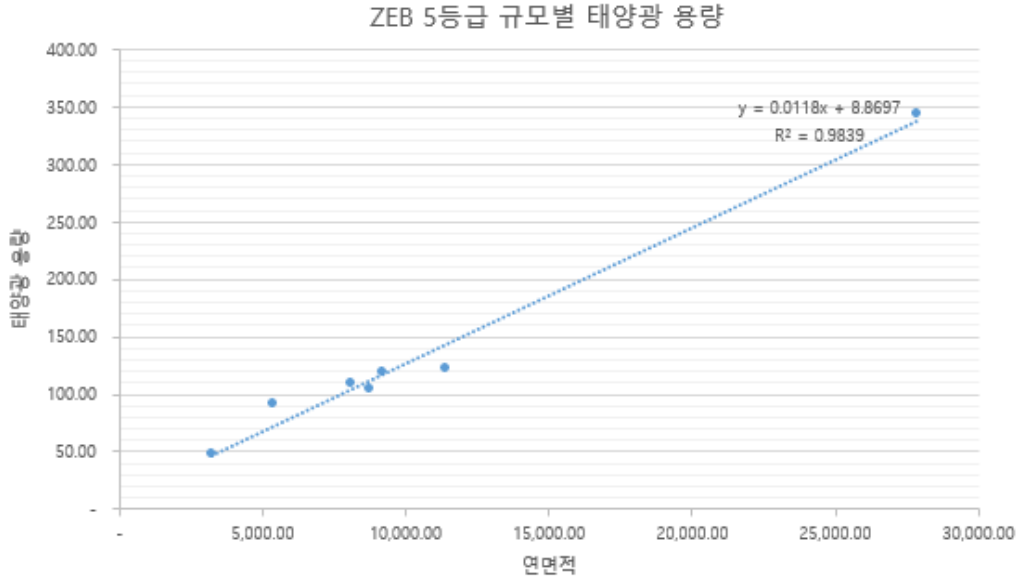
기호	종류	주요 구성	열관류율 [W/m ² ·K]	보정계수	면적 [m ²]	열관류율×면적 [W/K]	평균열관류율 [W/m ² ·K]
FA1	외기직접	PF보드 130 mm	0.147	1.0	113.38	16.667	0.159
FB1	외기간접	PF보드 90 mm	0.206	0.7	282.18	40.690	
FX	단열예외	-	0.200	1.0	139.25	27.850	
단열조치를 하지 않는 부분						0.000	0.7배점
계				-	534.810	85.206	

0.15~0.17 미만

ISSUE
법적기준을 충족하며 EPI 0.7 배점

◎ 신재생 에너지 계획

- 통계자료에 따른 태양광 용량 산정(설계 초기 단계)



✓ 필요 태양광 용량 $Y = 0.0118 \times 85,125(\text{연면적}) + 8.8697$

제로에너지 경제성평가 보고서(한국에너지공단) 자료의
업무시설 DATA 추출 후 분석

- 신재생에너지 의무 용량 계산서

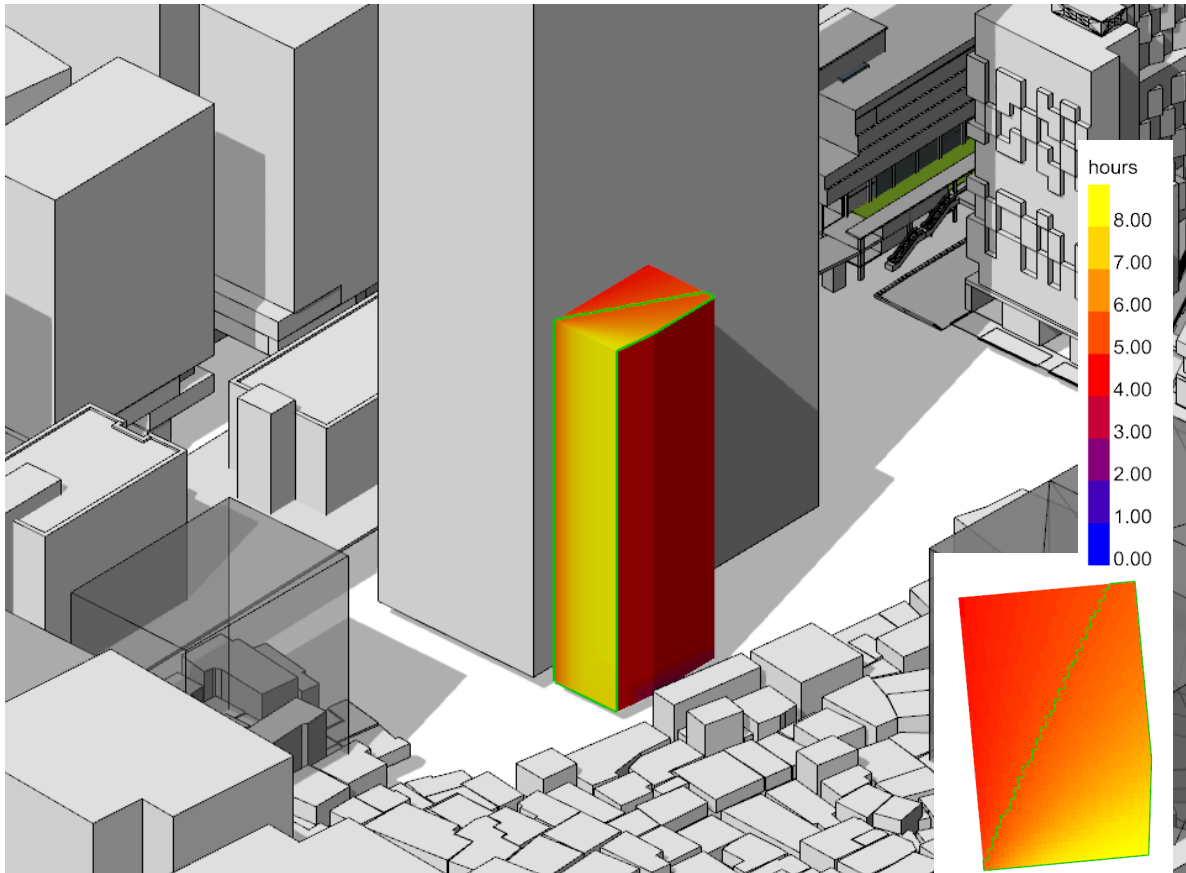
1. 기초 데이터						2. 용도별 예상 에너지 사용량	
지역	시설	연면적 (㎡)	지하주차장 면적 (㎡)	연면적 (㎡) (지하주차장 제외) (a)	지역계수 (b)	단위에너지사용량 (kWh/㎡·yr) (c)	예상에너지사용량 (kWh/yr) (a) × (b) × (c)
용도	1 공공 업무시설	2,634.29	38.05	2,596.24	1.00	371.66	964,918.56
	2 업무시설	3,810.13	55.00	3,755.10	1.00	274.47	1,406,172.30
	3						

3. 필요 신재생에너지량	
총 예상에너지 사용량	2,371,091 ※ 예상에너지 사용량 = 연면적 × 지역계수 × 단위에너지 사용량
신재생에너지 적용비율기준	12% ※ 신재생에너지 생산량 = 유효설치규모 × 단위 에너지생산량 × 유효보장계수

4. 신재생에너지 적용 방안 수립					의무설치 용량			
구분	단위	단위에너지생산량	보장계수	전용용량 (kW)	신재생에너지 생산량 (kWh/년)	공급비율 (%)	비고	
태양광	고정식(지붕)	kwh/kw-yr	1,358	0.95	22	28,382.20	1.2%	- 단면적: 667.40㎡ - 태양광 전극판지 용량(Wwp) = 2250W/㎡ × 667.40(㎡) = 1,491,650W = 667.40 × 0.01 × 6.674kWp - 적지 용량용 용량(합계) = 69,828kWp
	추적식	kwh/kw-yr	1,765	1.47				
	BIPV(창)	kwh/kw-yr	923	6.12	47,808	270,055.92	11.4%	
	BIPV(홍사)**	kwh/kw-yr	923	6.12				
지열	수직일체형	kwh/kw-yr	864	1.26				
	개방형	kwh/kw-yr	864	1.00				
	표리층	kwh/kw-yr	132	7.76				
창광태양광	광익트	kwh/㎡·yr	73	7.77				
	실내루버형	kwh/㎡·yr	184	2.77				
	외출력	kwh/㎡·yr	184	2.77				
연료전지	PEMFC	kwh/kw-yr	7,415	2.20				
	SOFCC(SKW이력)	kwh/kw-yr	9,198	8.71	3	240,343.74	10.1%	
수열에너지	열수	kwh/kw-yr	864	1.30				
	화전수	kwh/kw-yr	864	1.20				
육상풍력	kwh/kg-yr	322	0.32					
소형풍력	kwh/kw-yr	2375	4.50					
신재생에너지 생산량 합계					538,781.86			
신재생에너지 적용 비율						22.72%		
적용 비율 만족 기준						(12%이상)		

PV 최대 확보
PV+BIPV 공급비율 12% 내외 확보

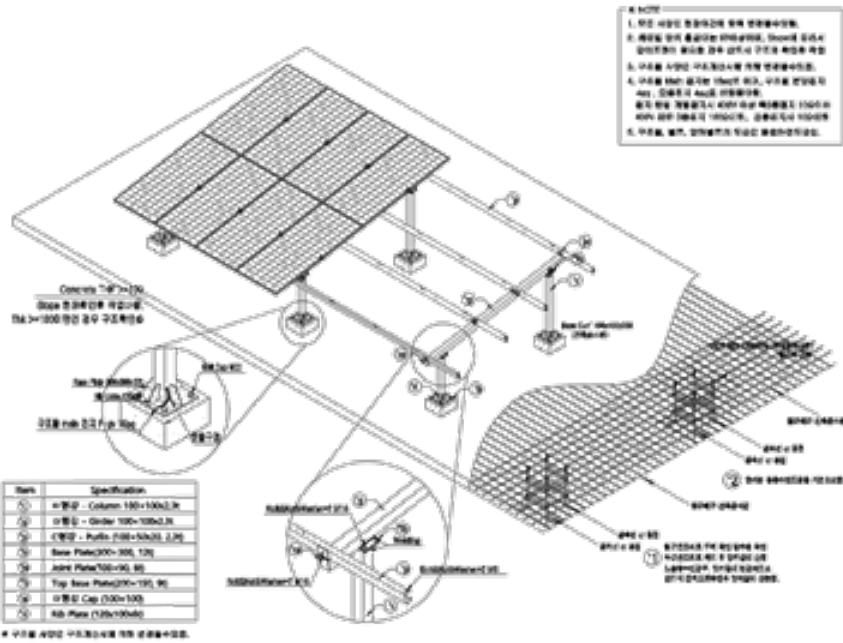
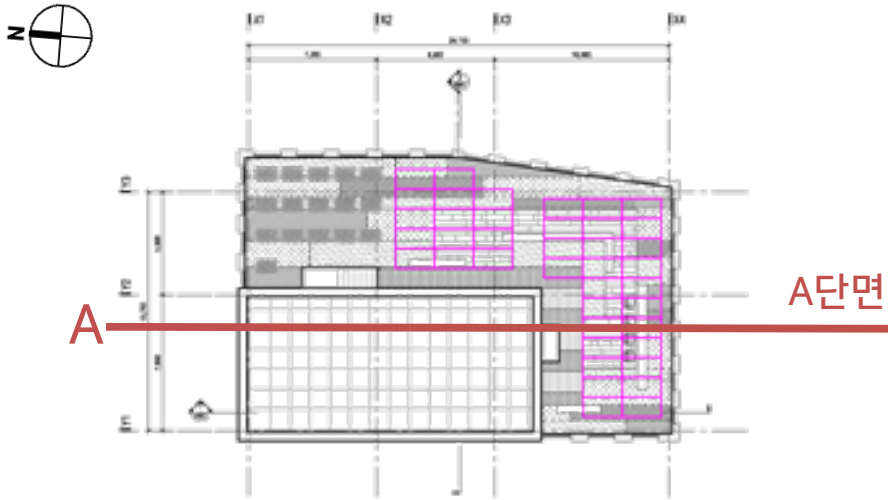
● MASS 일조시간 분석(춘추분)



구분	모듈 (W)	수량(EA)	발전용량 (kW) (A)	일조 5시간 미확보 용량 (B)	발전 총 용량 (kW) (A-B = C)
지붕 PV	550	40	22.000	-	22.000
총 발전 용량(kW)			22.000	-	22.000

ZEB 평가에서 주변 CONTEXT에 의한 일조 방해 평가 X
별도 틀로 일조시간 확인 필요

● 옥상 PV(단결정) 설치 계획



※ NOTE
 1. 모든 사양은 한국표준규격에 의해 선정해야함.
 2. 태양광 장치 폭설하중 2.0kN/m²(200kg/m²)에 50%에 증가시킴(단, 폭설하중이 폭설하중 증가 값보다 작으면 폭설하중 적용)
 3. 이차원 시공인 구조기준사항 적용 적용해야함.
 4. 이차원 시공인 구조 기준 Sheet 기준, 이차원 단면에서 Axis, 전축은 0 Axis, 단면방향은
 용도 전용 규격표가치 4001 사용(해설기준도 1500.04
 4001 사용(해설기준도 1500.04, 공표기준도 1500.04)
 5. 이차원, 절단, 단면방향의 차이는 허용되어야함.

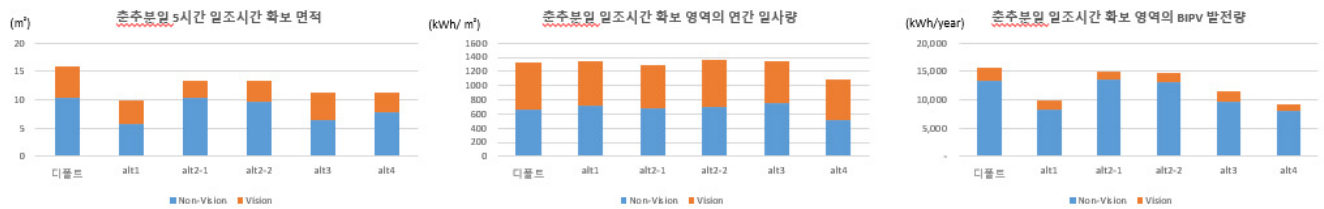


● 외벽 디자인에 따른 동향 BIPV(결정형) 설치 가능성 분석

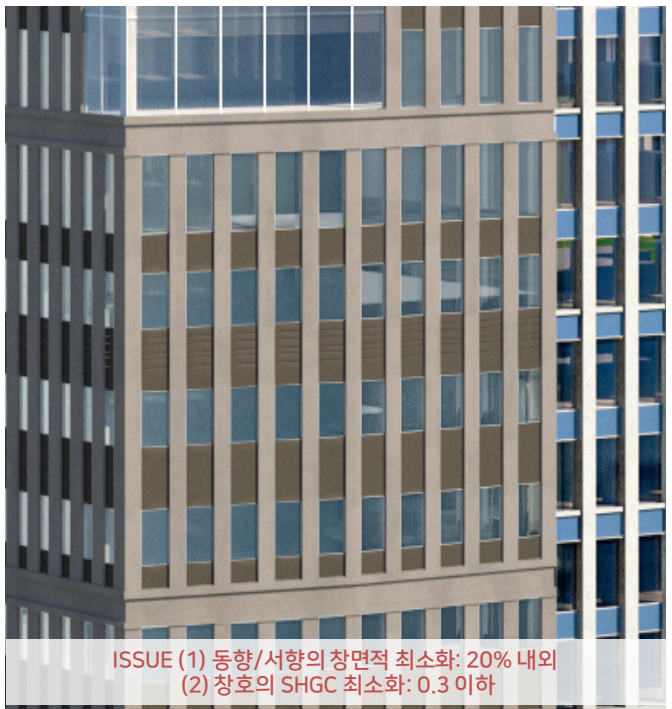
패시브 입면 제안 및 성능 분석



일조 시간 및 일사량을 고려한 입면 신재생에너지 성능 분석 및 제안

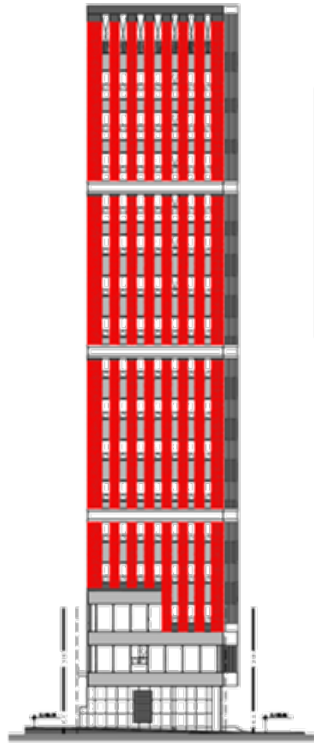


● 향후 신재생에너지 발전 가능성을 고려한 입면 계획



ISSUE (1) 동향/서향의 창면적 최소화: 20% 내외
(2) 창호의 SHGC 최소화: 0.3 이하

● 남향 BIPV(결정형) 설치 계획 | color (dark gray)



	모듈용량	수량	설치용량
결정질 PV Dark Gray	78	594	46.332
	101.4	103	10.444
	124	95	11.78
		792	68.556

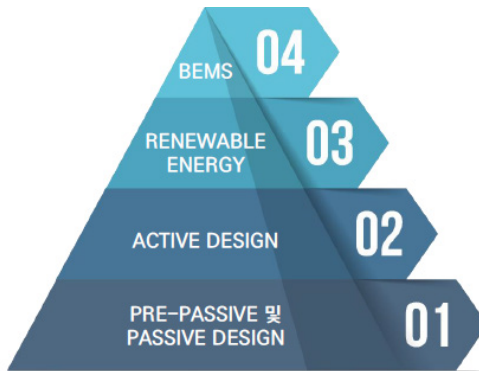
● 남향 BIPV 일조시간 확보 검증

"공공임대시설PV(춘추분)"의 일조시간표

행	열	총일조시간 08시~16시	일조시간그래프														총일조 만족여부	
			8	9	10	11	12	13	14	15	16							
1	1	5:42:47	08:00	13:42														○
1	2	6:00:12	08:00	14:00														○
1	3	6:15:47	08:00	14:15														○
2	1	5:30:47	08:00	13:30														○
2	2	6:29:40	08:00	14:29														○
2	3	6:42:02	08:00	14:42														○
2	4	6:53:03	08:00	14:53														○
3	1	5:44:34	08:00	13:44														○
3	2	5:57:18	08:00	13:57														○
3	3	6:09:03	08:00	14:09														○
3	4	7:02:54	08:00	15:02														○
3	5	7:11:44	08:00	15:11														○
3	6	7:19:39	08:00	15:19														○
4	1	6:19:52	08:00	14:19														○
4	2	6:29:49	08:00	14:29														○
4	3	6:38:57	08:00	14:38														○
4	4	7:26:47	08:00	15:26														○
5	1	5:20:12	08:00	13:20														○
5	2	6:47:21	08:00	14:47														○
5	3	6:55:05	08:00	14:55														○
6	1	5:30:04	08:00	13:30														○
6	2	5:39:28	08:00	13:39														○
6	3	5:48:23	08:00	13:48														○
7	1	5:56:51	08:00	13:56														○
7	2	6:04:52	08:00	14:04														○
7	3	6:12:26	08:00	14:12														○

8	1	5:33:10	08:00	13:33														○
8	2	5:41:00	08:00	13:41														○
8	3	5:48:31	08:00	13:48														○
8	4	6:19:36	08:00	14:19														○
9	1	5:55:42	08:00	13:55														○
9	2	6:02:34	08:00	14:02														○
10	1	5:20:00	08:00	13:20														○
10	2	5:26:35	08:00	13:26														○
10	3	5:32:58	08:00	13:32														○
11	1	5:11:16	08:00	13:11														○
11	2	5:17:24	08:00	13:17														○
11	3	5:39:09	08:00	13:39														○
12	1	5:23:22	08:00	13:23														○
12	2	5:29:10	08:00	13:29														○

◎ 인증 설계 과정



제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서,
한국에너지공단 건물에너지실, p9

03. 에너지 자립률 최대화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 (서울시기준) 12%이상 연료전지 3kW 태양광 고정식 PV 22.0kW 태양광 BIPV 결정형 47.81kW 	<ul style="list-style-type: none"> 신재생에너지 (서울시기준) 12%이상 연료전지 3kW (삭제 예정) 태양광 고정식 PV 22.55kW 태양광 BIPV 결정형 68.55kW

02. 에너지 효율 극대화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 지열히트펌프, GHP, EHP, 가스보일러 전열교환기(난방 70%, 냉방 45% 이상) 조명밀도 6W/㎡ 미만 	<ul style="list-style-type: none"> 지열히트펌프, GHP, EHP, 가스보일러 전열교환기(난방 70%, 냉방 45%) 조명밀도 5.2W/㎡

01. 에너지 요구량 최소화

초기 제안	대안
<ul style="list-style-type: none"> 외피 열관류율 : EPI 0.8점 수준 창면적비 : 35% 이내, SHGC : 0.4 미만 로이복층유리 	<ul style="list-style-type: none"> 외피 열관류율 : EPI 1.0점 수준 창면적비 : 20% 이내, SHGC : 0.4 미만 로이복층유리(아르곤)

◎ 인증 평가

● 주요 적용 현황

● 신청 건축물의 주요 외피 단열 성능

구분	U-Value(W/m ² K)		비고
	제출사항	법적기준	
외벽	0.209	0.240	PF보드 90mm
지붕	0.108	0.150	PF보드 180mm
바닥	0.206	0.290(간접)	PF보드 90mm
외부창	1.398	1.500	28mm 로이복층유리 (소프트코팅, 아르곤주입), AL

● 신청 건축물의 시스템 적용 현황

● 주요 열원 시스템

구분	적용기기	용량 (kW)	정격COP/효율	비고	
온열원 시스템	난방	GHP 실외기	1,325.000	1.629	-
	급탕	가스보일러	223.200	96.041%	-
냉열원 시스템	GHP 실외기	1,180.000	1.462	-	

● 주요 냉난방 시스템

구분	적용기기	공급방식	형식	비고
난방 시스템	GHP 실내기	개별식	천장카세트	-
냉방 시스템	GHP 실내기	개별식	천장카세트	-

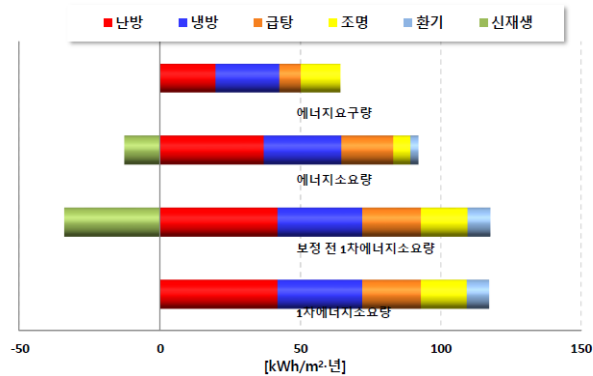
● 기타 주요 시스템

구분	적용 사항
전열교환 환기장치	유효전열교환효율 난방 70%, 냉방 45%
-	-
-	-

● 신청 건축물의 신·재생에너지 및 열병합 시스템 적용 현황

구분	태양광 시스템	지열 시스템	열병합 시스템	태양열 시스템
면적(m ²)	611.573	-	용량(kW) 3.000	-
적용 기술기 수평 / 수직	- / 수직	-	발전효율 47.8%	-
사향 모듈방위	- / 남	-	중합효율 96.7%	-
모듈종류	단결정	-	-	-

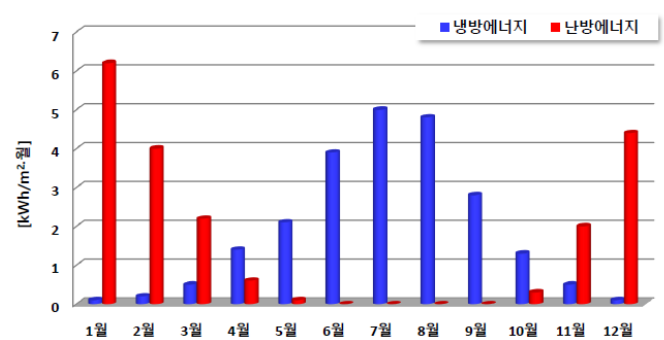
● 연간 단위면적당 에너지요구량, 에너지소요량(kWh/m²)



● 에너지 용도별 평가결과

구분	평가 결과
단위면적당 에너지요구량 (kWh/m ² ·년)	64.2
단위면적당 에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	91.9
단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	117.3
단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/m ² ·년)	21.2
평가 등급	1++ 등급
에너지 자립률	22.38%

● 월별 냉난방 에너지 요구량(kWh/m²)



◎ 인증 결과

- ✓ 건축물에너지효율 : 1++등급 (예비인증 완료)
단위면적당 1차에너지소요량 : 117.3 kWh/m²·년
인증서 발급일자 : 2025년 2월
- ✓ 제로에너지건축물 : 5등급 (예비인증 진행 중)
에너지 자립률 : 22.38%
진행중

■ 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙[별지 제6호서식] <개정 2017.1.20>

건축물 에너지효율등급 예비인증서

건축물 개요		인증 개요	
건축물명	: 서울재경비축지구 6-1,3구역 도시경관개선사업 (기부채납사업)	인증번호	: 26-비-에-1++-0086
준공연도	: 20300228	평가자	: 김환석
주소	: 서울특별시 중구 산남동 82-17 일원	인증기관	: 한국부동산원
층수	: 지하3층 / 지상17층	운영기관	: 한국에너지공단
면적	: 6444.42(㎡)	유효기간	: 사용승인 또는 사용검사 완료일
건축물의 주된 용도	: 공장		
설계자	: (주)희랍종합건축사사무소		
		인증 등급	
		인증등급 : 1++등급	

건축물 에너지효율등급 평가결과				
단위면적당 에너지요구량 (kWh/㎡·년)	요구량	단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	등급	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/㎡·년)
에너지저소비량 건축설계	0	에너지효율 높음	1++	CO ₂ 배출 저감
에너지저소비량 건축실제	64.2	에너지효율 낮음	1++	CO ₂ 배출 양
에너지다소비량 건축실제	500	에너지효율 낮음	7	CO ₂ 배출 양

에너지 용도별 평가결과				
구분	단위면적당 에너지요구량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 1차 에너지소요량 (kWh/㎡·년)	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/㎡·년)
냉방	22.7	27.6	30.2	6.6
난방	19.8	37.0	41.8	7.7
급탕	7.6	18.4	20.8	3.8
조명	14.2	6.1	16.4	2.8
환기		2.9	8.1	1.4
합계	64.2	91.9	117.3	21.2

■ 단위면적당 에너지요구량 : 건축물이 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 요구되는 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 에너지소요량 : 건축물에 설치된 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 드는 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 1차 에너지소요량 : 에너지소비량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량
 ■ 단위면적당 CO₂ 배출량 : 에너지 소비량에서 산출한 단위면적당 이산화탄소 배출량
 * 이 건물은 냉방설비가[V]설치된 []설치되지않은)건축물입니다.
 * 예비인증을 받은 건축물은 완공 후에 본인증을 받아야 하며, 설계변경에 따라 인증결과가 달라질 수 있습니다.
 * 단위면적당 1차에너지소요량은 용도 등에 따른 보정계수를 반영한 결과입니다.
 위 건축물은 「녹색건축을 조성 지원법」 제 17조 및 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」 제11조제5항에 따라 에너지효율등급(1++등급)건축물로 인증되었기에 예비인증서를 발급합니다.

한국부동산원장 2026년 02월 10일

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://min24.energy.or.kr/nzeb/BC/BC04/BC04_02_001_view.do?no=21
2. <https://zeb.energy.or.kr/>

C.3

ZEB 건물 컨설팅 사례

교육 목표

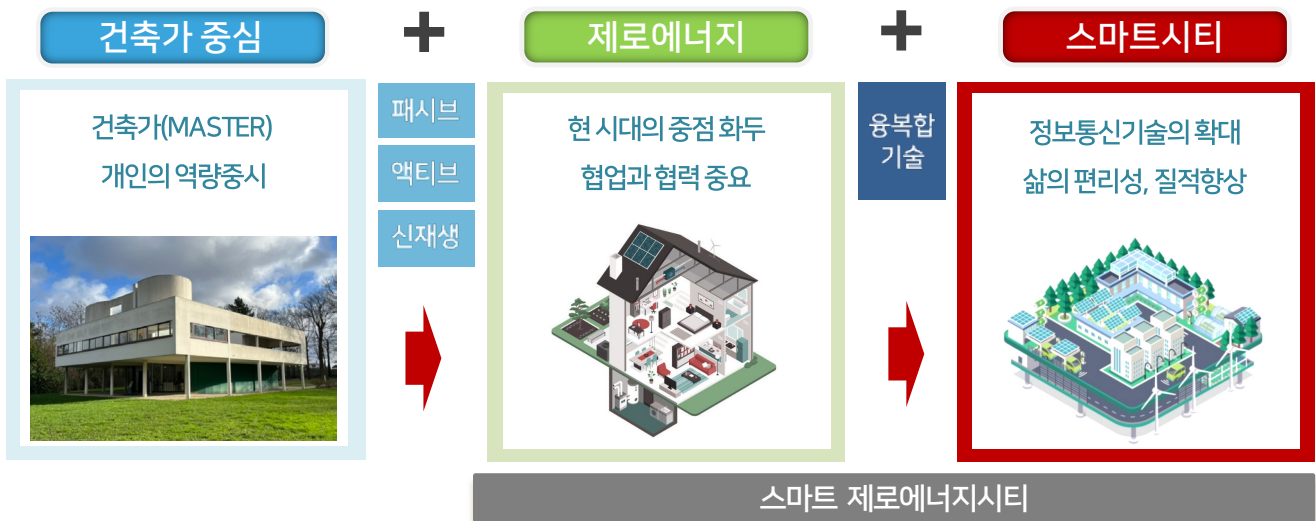
ZEB 건물 컨설팅 사례

- * 제로에너지건축물과 미래 스마트시티의 이해
- * 제로에너지건축물 1등급을 위한 제로에너지 주요기술 항목 및 성능 이해
- * 준공 후 제로에너지건축물 운영 이슈 및 향후 개선과제 이해

1 스마트 제로에너지시티

◎ 스마트시티

- 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용해 도시생활 속에서 유발되는 교통, 환경, 주거, 시설비 효율 등을 해결해 시민들이 편리하고 쾌적하게 살 수 있도록 조성된 똑똑한 도시



제로에너지건축물을 넘어 첨단정보통신기술이 결합된 스마트 시티로의 전환

지구온난화 문제로 환경과 에너지의 중요성이 커지며 최근 제로에너지가 화두가 되고 있다.

2 부산 에코델타 스마트빌리지

◎ 건립 목적

- 에코델타 스마트시티에 구현될 미래생활과 새로운 기술을 미리 만나볼 수 있는 실증단지 구현
- 시민이 직접 거주하며 도입될 혁신기술을 미리 경험해 보고, 피드백 해 개발 검증 및 양산을 돕는 실험적 공간



부산 에코델타시티 스마트빌리지 전경

◎ 개요

- 입주민이 5년간 거주하며 공공(R&D) 및 민간기업과 함께 스마트 혁신기술을 중심으로 리빙랩 운영

◎ 구성

- 면적 : 0.02km²(약 0.6만평)
- 계획인구 : 약200명 (54세대 - 입주민, 2세대: 체험세대-홍보투어 진행)

구분	관리세대	특별세대	일반세대	체험세대
법률	6세대	12세대	36세대	2세대
구분	퍼실리테이터	다양한 가구 유형	인구 구성별	빌리지 체험
구성	6대 과제 연구	청년, 신혼, 장애인 등	2~3인/4인/다인가구	스마트기술체험

◎ 주요 현황사진



◎ 실증단지 구성

- 스마트빌리지 19세대 + 37세대 + 플랫폼센터 + 커뮤니티 센터 등



실증단지에는 에코델타 스마트빌리지 외 어반테크하우스, 청년작가정원, 3D 프린팅 하우스, 스마트 정수장 등 위치

◎ 19세대 구성

- 2층형 주거공간: 1인부터 2~3인 가구까지 다양한 형태의 가족 구성 수용 가능

블록형 주동타입

6세대가 모여 스마트 블록 구성, 블록과 블록 사이
마주보는 6개 유닛의 퍼블릭한 공유 공간 형성



- 세대 합벽계획으로 외피면적축소
- 세대별 주차장 계획/생활편의 확보
- BIPV를 적용한 친환경 스마트지붕



단독형 주동타입

IoT 기술과 친환경 기술이 집약되고
다채로운 공간구성으로 다양한 가족 형태를 수용



- 완충녹지인접한 친환경 주거환경
- 세대 단독 주차장 설치
- 남측에 세대 프라이빗 가든 계획



◎ 37세대 구성

- 3층형 주거공간: 4인가구를 위한 넓은 공간 구성으로 4가지 타입

블록형 주동타입

스마트 코리더와 연계한 스마트 야드에 공유마당을
두고 3세대형 8개동 (3층형)



- 세대 합벽 계획으로 외부공간 증대
- 보행자 위주의 스마트 플레이 야드
- 테라스 설치로 서비스 공간제공



단독형 주동타입

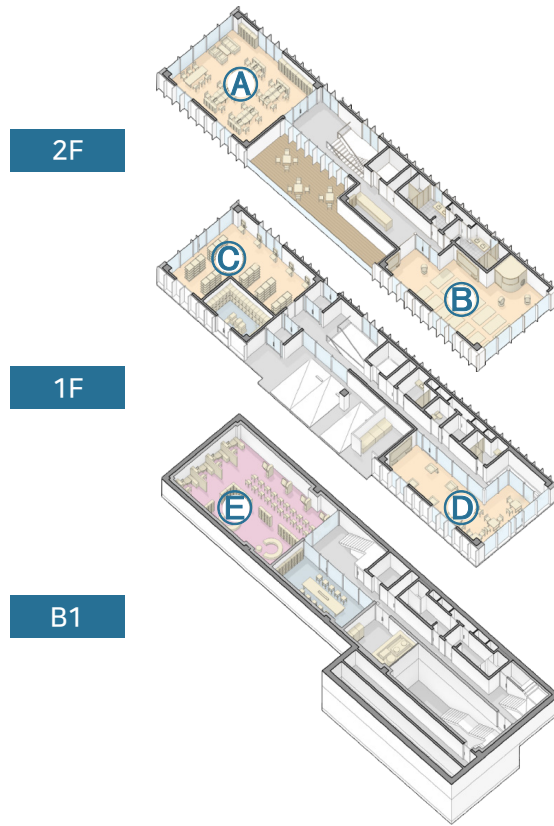
자연과 낭만을 즐길 수 있는 온전한
나만의 집을 제공



- 완충녹지변으로 열린 뷰 확보
- 주차상 상부 테라스 계획
- 복층형 거실과 넓은 침실 계획



◎ 커뮤니티 센터



A. 웰니스센터

입주자 건강을 관리하는 헬스케어센터



B. AI 피트니스센터



C. 무인편의점 및 택배보관소

입주민 생활편의 위한 무인서비스 제공



D. 스마트 카페



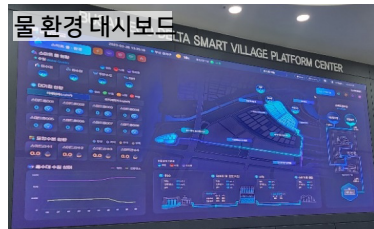
E. 메이커스페이스

다양한 종류의 생산활동을 지원하는 공간

- Learn, Work and Play!
- 한곳에서 즐기는 미래형 생활
- 무인편의점, 무인로봇스마트카페, 비대면 헬스케어센터, 스마트 피트니스센터

◎ 플랫폼센터 관제화면

- 효율적인 관제 실현을 위해 6개의 테마별 스마트 관제 대시보드 설계



홍보관 2층에 위치한 플랫폼 센터에서 에너지, 교통, 물, 건강 등 혁신 기술 범주별 통합관제 및 컨트롤

◎ 6가지 스마트 혁신 기술

- 시중에 적용되었거나 단일 신기술로 서비스되고 있는 기술들이지만 융복합 데이터 플랫폼으로 종합 관제



융복합 데이터 플랫폼 기반으로 효율적인 관제 실현

◎ 에너지 | 주요 적용 사항

- 국내 최초 제로에너지 건축물 1등급 단독주택단지 조성

제로에너지1등급

- 패시브 기술 및 융복합 시스템 적용
- 태양광 503.3kWp, 지열 시스템 282.9kW, 수열 시스템 505.1kW 적용
- 패시브, 액티브 계획을 통한 에너지 효율 등급 1+++ 등급 확보
- 신재생에너지 최적 설치로 제로에너지 건축물 1등급 주거 단독주택 단지 계획

저에너지 주택단지 조성으로 탄소중립 실천

에너지 자립률 100% 이상 확보로 국내 최초 제로에너지 1등급 단독주택단지 조성

◎ 제로에너지 1등급 확보

- 신재생에너지 도입을 통해 에너지효율등급 1+++, 제로에너지 건축물 인증 1등급 달성



Passive 기술 적용

Passive 기술 적용을 통해 건축물의 단열 및 기밀 성능을 강화하여 냉난방 에너지 절감



융복합시스템 적용

태양광 발전과 국내 최초 수열&지열 융복합시스템을 통해 전기, 열에너지 생산



1. 에너지관제플랫폼



다양한 신재생에너지 활용, 지속가능한 저탄소제로 에너지하우스

2. 태양광



건물지붕, 홍보관 등에 태양광 발전설비 설치로 전력생산

3. 열에너지(수열·지열)



지중열과 인근하천(낙동강, 평강천)의 열원을 활용한 냉난방에너지 공급

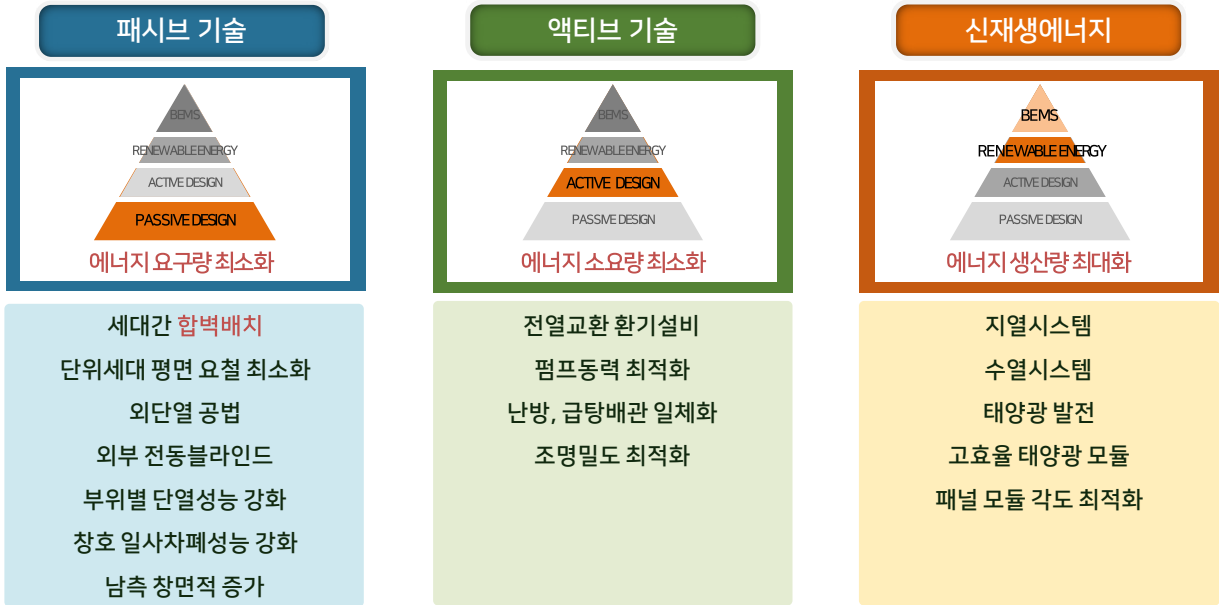
4. 에너지 절감 기술



전열교환 환기장치, 열교차단, 고기밀 시공 등 열손실 최소화

3 제로에너지 주요 적용기술

◎ 단계별 제로에너지 주요 적용기술

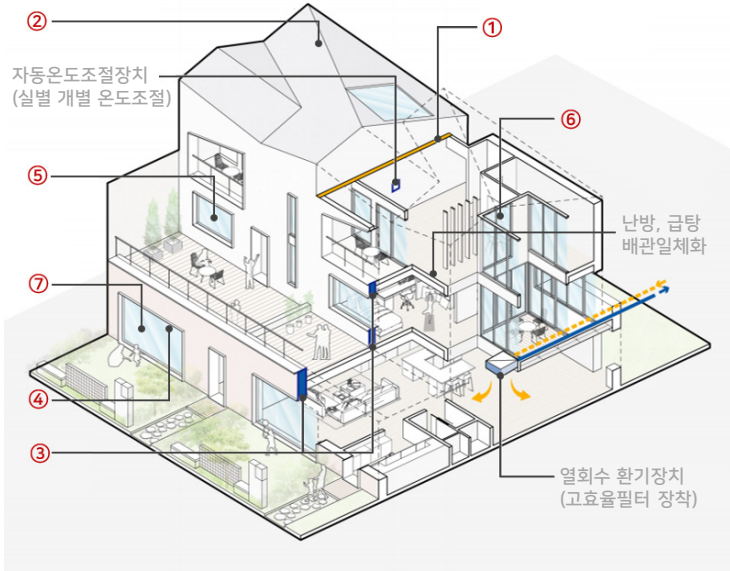


에코델타 스마트빌리지 제로에너지건축물 1등급 달성

제로에너지건축물 1등급 목표 달성을 위해 설계 초기단계부터 에너지요구량 저감 노력

◎ 패시브 기술 주요사항

- 세대간 합벽 배치, 단위세대 평면 요철 최소화, 외단열 공법, 외부 전동 블라인드 적용 등



1 세대간 합벽배치

합벽배치로
외피면적 감소

2 세대 요철 최소화

요철 최소화로
외피면적 감소

3 외단열 공법

외단열 공법 적용으로
열교 최소화

4 외부 전동블라인드

실내일사 차단
냉방부하 저감

◎ 패시브 기술 | 성능별 민감도 검토

- 단열성능 강화(공동주택 중부1 기준 대비 향상), 로이아르곤 복층유리, 창호 일사차폐성능 강화, 남측면 창 면적 증가

5 부위별 단열성능 강화(공동주택 중부1 대비 향상)

외벽(직접)	바닥(간접)	창호
열관류율 0.150W/m ² K 열관류율 0.102W/m ² K	열관류율 0.210 W/m ² K 열관류율 0.117W/m ² K	열관류율 0.900W/m ² K 열관류율 0.674W/m ² K

단열성능 강화

6 창호 일사차폐성능 강화

로이 코팅
실외 실내

0.516 → 0.348

7 남측면 창면적 증가

30% → 45%

자립률

0.140 0.102
W/m²K W/m²K

자립률

0.175 0.117
W/m²K W/m²K

자립률

0.880 0.674
W/m²K W/m²K

단열성능을 강화할수록 자립률이 향상되지만 일정수준 이상부터 효과는 미미함

자립률

98.96 102.2
SHGC SHGC
0.516 0.348

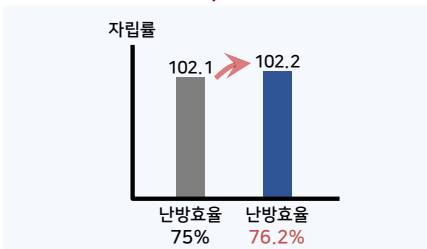
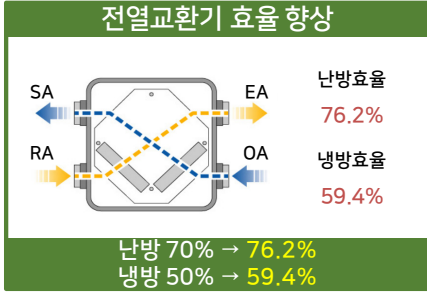
자립률

101.1 102.2
창면적비 창면적비
30% 45%

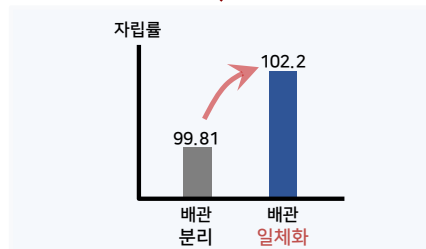
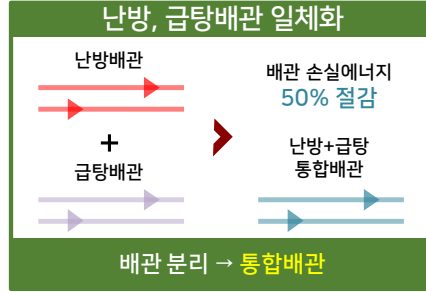
SHGC를 낮출수록 냉방에너지 저감은 불리하지만 상대적으로 냉방에너지 절감량이 커서 자립률 향상에 유리함

◎ 액티브 기술 | 항목별 민감도 검토

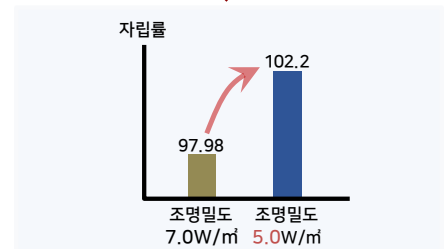
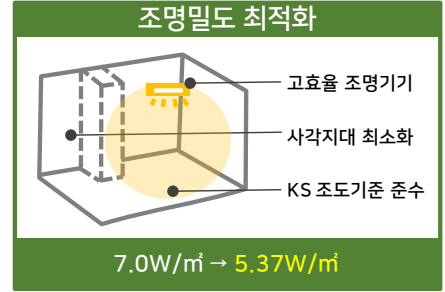
- 전열교환기 효율 향상, 난방, 급탕배관 일체화 시공, 조명 밀도 최적화



냉, 난방효율 향상으로 인한 자립률 향상 효과는 미비함



배관 일체화를 통한 배관길이 축소로 자립률 향상에 효과가 큼



조명밀도가 낮아질수록 자립률 향상 효과가 크지만 실내 조도와 동시 고려 필요

◎ 신재생에너지 주요사항

- 태양광 발전(PV/BIPV), 지열 냉난방시스템, 수열시스템, ESS



태양광 발전(PV)

436.65kWp

태양광 발전(BIPV)

66.65kWp

지열/수열 시스템

연간 15°C 지열이용

지열 282.9kW / 수열 505.1kW

ESS

리튬이온 배터리

PCS EMS&PMS

400kW

◎ 신재생에너지 | 태양광 민감도 검토

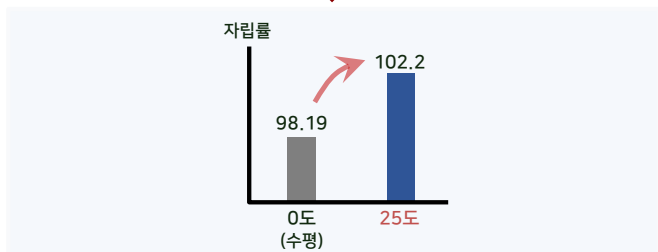
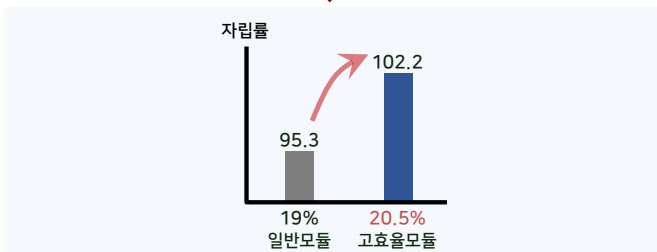
- 고효율 태양광 모듈 적용, 패널 각도 최적화

고효율 태양광 모듈

효율 19% → 효율 20.5%

패널 각도 최적화

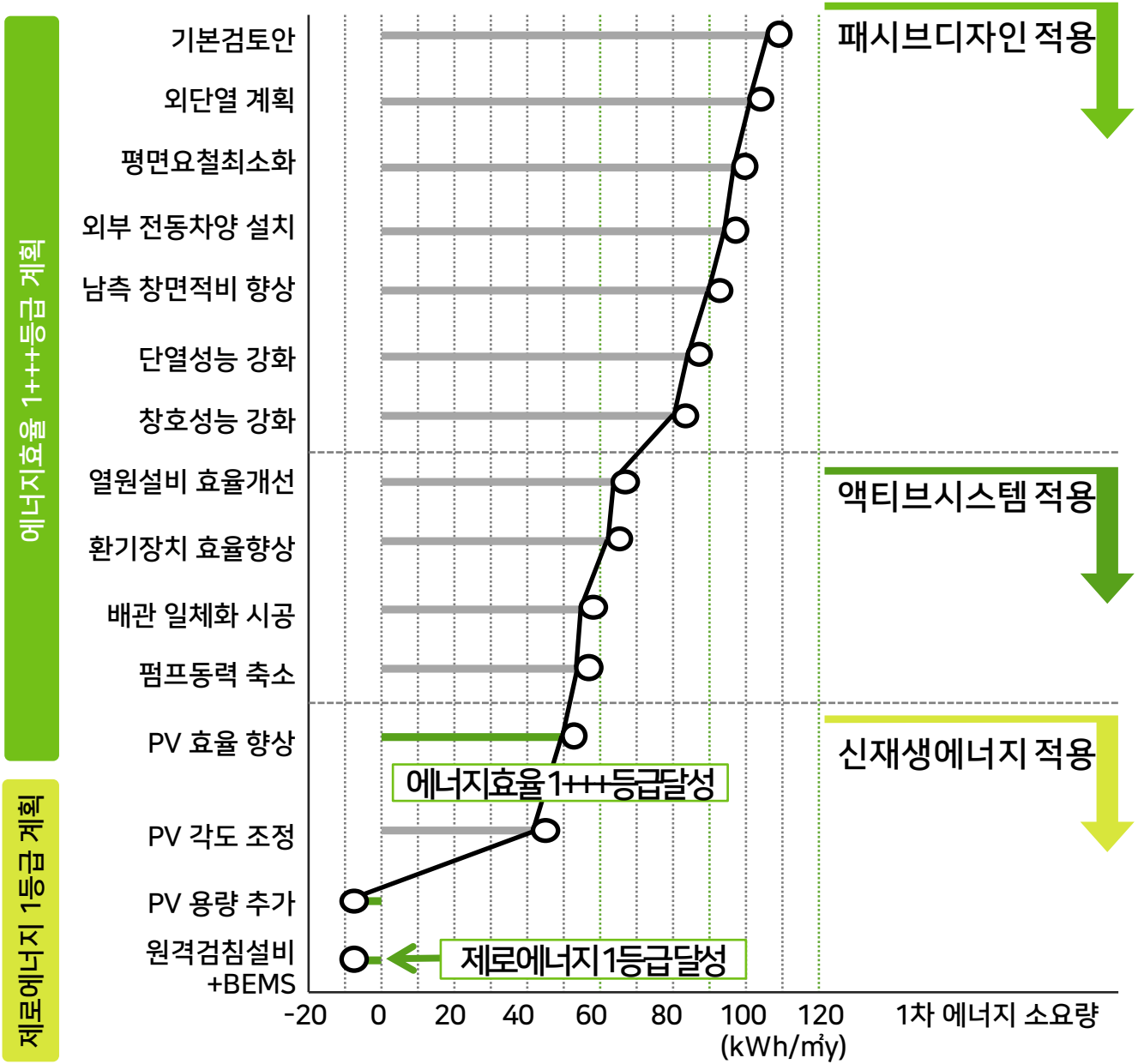
0도(수평) → 25도



동일 패널면적 대비 고효율 모듈 적용시 에너지 자립률 향상 효과 큼

자립률 향상을 위해서 패널 각도 수평 대비 최소 22.5도 이상 각도 적용이 유리함

◎ 1차에너지소요량 분석 결과 및 에너지 자립률



◎ 1차에너지소요량 분석 결과 및 에너지 자립률

*37세대 기준

사전 검토

1차너지소요량 : 118.0kWh/m²yr

에너지자립률 : 48.56 %

“제로에너지 4등급” 수준

(태양광 세대당 : 5 kWp 적용)

패시브디자인 적용

1차너지소요량 : 106.8kWh/m²yr

에너지자립률 : 51.05 %

“제로에너지 4등급” 수준

(태양광 세대당 : 5 kWp 적용)

액티브시스템 적용

1차너지소요량 : 92.7 kWh/m²yr

에너지자립률 : 54.58 %

“제로에너지 4등급” 수준

(태양광 세대당 : 5 kWp 적용)

신재생에너지 적용

1차너지소요량 : -4.7 kWh/m²yr

에너지자립률 : 102.2 %

“제로에너지 1등급” 확보

(태양광 세대당 : 8.2 kWp 적용)

4 ZEB 운영이슈 및 개선과제

㉠ 에너지 자립률 100%의 의미

- 에너지 자립률의 법적 정의

$$\text{에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량}^*} \times 100$$

*단위면적당 1차에너지소비량 = 단위면적당 1차에너지소요량*** + 단위면적당 1차에너지생산량
 ** 단위면적당 1차에너지소요량 = 단위면적당 에너지소요량*** × 1차에너지환산계수
 *** 단위면적당 에너지소요량 = 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지량을 해당 바닥면적으로 나누고 합산한 값



- 제로에너지건축물 인증에서의 에너지 자립률 기준 및 100%의 의미

→ 전열부하가 제외된 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 에너지에 대한 자립률이며 이 수치가 '0'을 의미

- 에너지 사용스케줄 기준 확인 필요

→ 온도조건은 난방 20도, 냉방 26도이며, 주거공간의 사용프로필 확인 필요

- ECO2 프로그램 주거공간 용도 프로필

구분	값	단위
사용시간과 운전 시간		
사용시작시간	00:00	hh:mm
사용종료시간	24:00	hh:mm
운전시작시간	00:00	hh:mm
운전종료시간	24:00	hh:mm
열발열원		
사람	53	Wh/(m ² d)
작업보조기기	52	Wh/(m ² d)

구분	값	단위
실내공기온도		
난방설정온도	20	℃
냉방설정온도	26	℃
⋮		
설정요구량		
최소도입 외기량	1.1	m ³ /(m ² h)
급탕 요구량	84	Wh/(m ² d)
조명시간	5	h

◎ 태양광(PV) 설치 이슈

- 태양광 설치 용량 개요(본인증 용량 기준)

구분	용량	비고
총 용량	503.3 kW	-
주택 지붕(56세대)	316.9 kW	19세대 90.4 + 37세대 226.5
주차장, 보행로	68.1 kW	-
비주거 지붕 및 입면	118.3 kW	PV 51.65 + BIPV 66.65

**ZEB1등급 확보를 위한 태양광 용량은 냉방기기 포함 시
전용면적 평균 115㎡ 공동주택에서**

→ 세대 당 15~18kW 예상 (순수한 패널 면적만 75~90㎡ 수준)



에코델타 스마트빌리지 평균전용면적 115㎡

- 에코델타 스마트빌리지에서의 태양광

· 지열냉난방 시스템으로 인해 태양광용량 절반 수준으로 ZEB 1등급 가능 (세대 당 8.2kW 이하)

- ZEB 1등급은 현시점에서 3층 이하 저층 공동주택일 때 적합

· 기본 설계단계부터 설치용량 확보를 위한 지붕디자인이 중요

- 저층형 주거단지에서 ZEB 1등급이 보편화 되기 위해서는

· 일반 직사각형 모듈형태를 벗어난 지붕 PV디자인 모듈이 함께 연구되어야 함

새로운 가능성을 제시하고 있는
연결된 디자인의 태양광 지붕



제한된 패널 모듈 구성 및 사이즈로 설치가 불가능해 남는 면적에 대한 고민이 필요한 시점

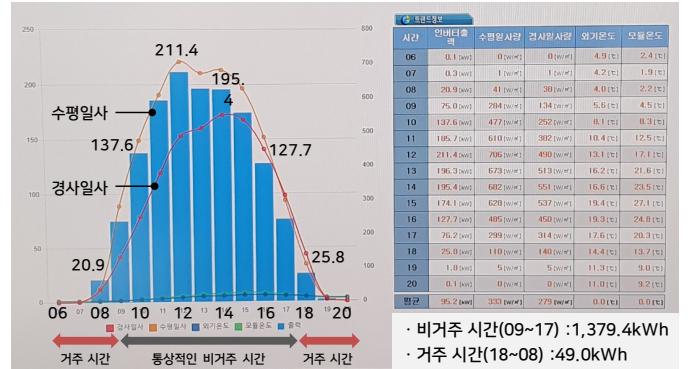
☉ 태양광 잉여전력 해결

◆ 월간 태양광 발전량 → 4,5월 높음

월	발전량(kWh)	월	발전량(kWh)
1월	-	7월	18,612
2월	-	8월	16,708
3월	16,444	9월	15,129
4월	22,159	10월	17,465
5월	24,356	11월	14,862
6월	18,106	12월	15,448



◆ 일간 태양광 발전량 → 낮 시간 높음

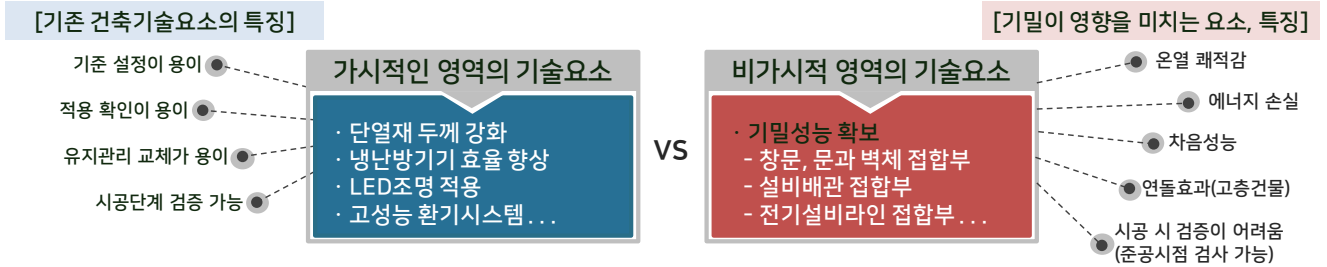


월간 발전량을 고려한 태양광 이슈
&
일간 발전량을 고려한 태양광 이슈

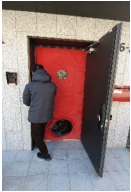
- ▶ 잉여전력에 대한 해법이 필요하며 연구목적으로 ESS 장비가 설치되어 있으나 화재이슈, 유지관리 등으로 사용보류하고 있으며 한전과 상계거래를 진행하고 있음.
- ▶ 상계거래는 현재 태양광 발전용량 1,000kW까지만 신청가능해 스마트 제로에너지 단지 규모 계획시 중요 고려사항임.
(현재 56세대→PV503kW설치 / if)120세대→ PV1200kW(1,000kW초과하여 상계거래 불가→잉여전력 발생)

◎ 기밀성능의 중요성

- 기밀성능은 고단열, 고효율 기기를 넘어서는 기술요소
- 단열 및 기기성능은 이미 한계수준에 도달해 성능향상과 함께 품질향상을 위해서는 기밀성능이 중요



◆ 에코델타 스마트빌리지 기밀성능



본인증 단계 기밀측정 결과(37세대)
116~155타입 : 1.61~2.36 회/Hr

- ▶ 준공단계 측정 결과값은 일반적인 공동주택(3~6회/Hr) 대비 우수하나 향후 3~5년 후 성능도 검증이 필요함

◆ 현재 대규모 현장 기밀성능 확보 시 유의점

기밀테이프

- ▶ 현실적으로 대형 공사현장은 현장의 분진, 작업자 손의 먼지 등 시공 시 문제발생 우려가 높아 밀실한 우레탄 충전도 함께 진행요구

기밀 측정

- ▶ 현재 : 에너지효율등급 본인증 단계에서 1회 수행 (창호or설비?)
- ▶ 향후 : 창호공사 이후 1회 검증 추가 및 준공 5년 후 검증 필요

- 수치적인 결과를 넘어 실질적으로 체감 가능한 ZEB 1등급 건물을 위한 방안

1. 기밀성능 확보를 위한 세심한 시공
2. 지속적 성능 유지를 위한 모니터링
3. 기밀자재의 성능 향상

◎ 태양광 패널 유지관리

- 태양광은 에너지생산에 직결되는 만큼 설치 위치부터 주기적인 청소계획까지 고려하여 설치하여야 함



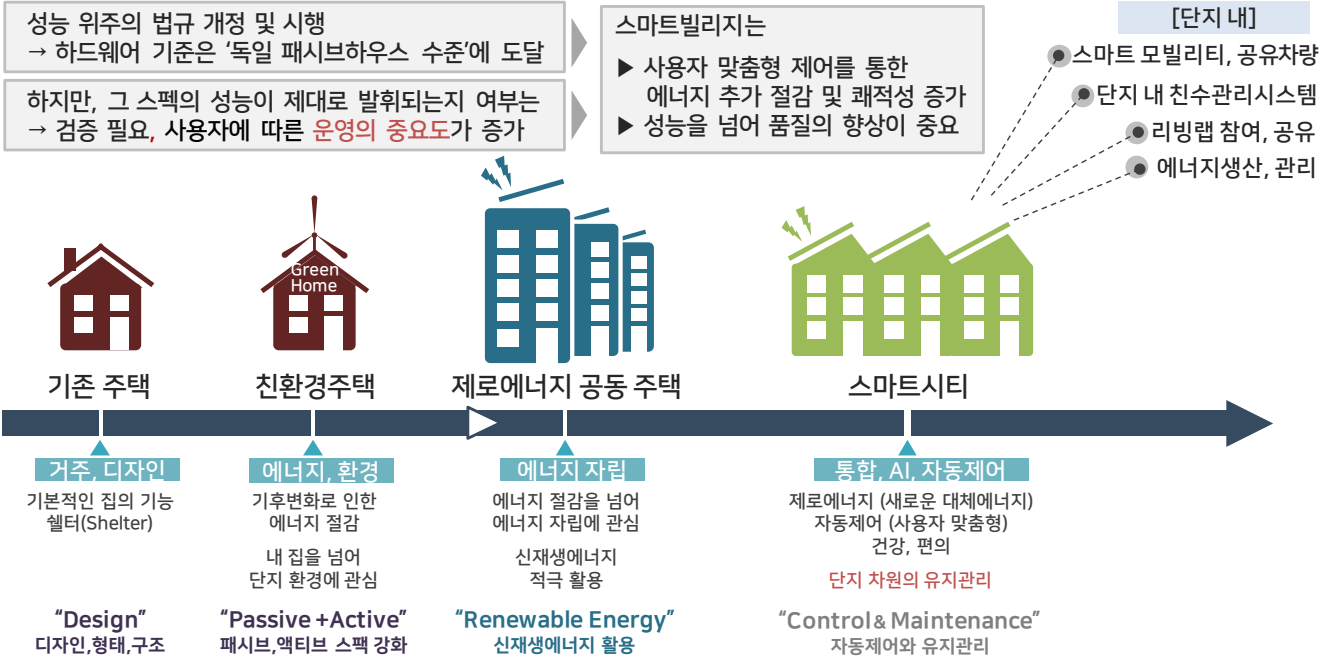
◎ 스마트빌리지 태양광 패널 모니터링

- 개별세대에 앞서 스마트시티로 냉난방 설비 등이 통합되어 있음
- 단지 전체의 발전량 및 이상 유무 확인 가능한 단지 차원의 태양광 발전 모니터링 반드시 필요



◎ 스마트시티 빅데이터 구축 요구

- 스마트단지, 스마트시티가 안정되기 위해서는 유지관리에 대한 빠른 대응과 모니터링이 요구됨



◎ 참고서적 및 사이트

1. 공식홈페이지 <https://busan-smartvillage.com/>
2. <https://www.kharn.kr/news/article.html?no=14481>
3. 부산 EDC 스마트 빌리지에 적용된 친환경 기술 / 조우진

C.4

ZEB 건물 인증 사례(주거)

교육 목표

ZEB
건물 인증 사례(주거)

- * 에너지자립률의 이해
- * 인증사례를 통한 ZEB 구현 방안
- * 인증제도 통합 관련 이슈와 개선사항 공유

1 ZEB의 에너지 자립률

$$\text{에너지자립률(\%)} = \frac{\text{단위면적당 1차에너지생산량}}{\text{단위면적당 1차에너지소비량}}$$

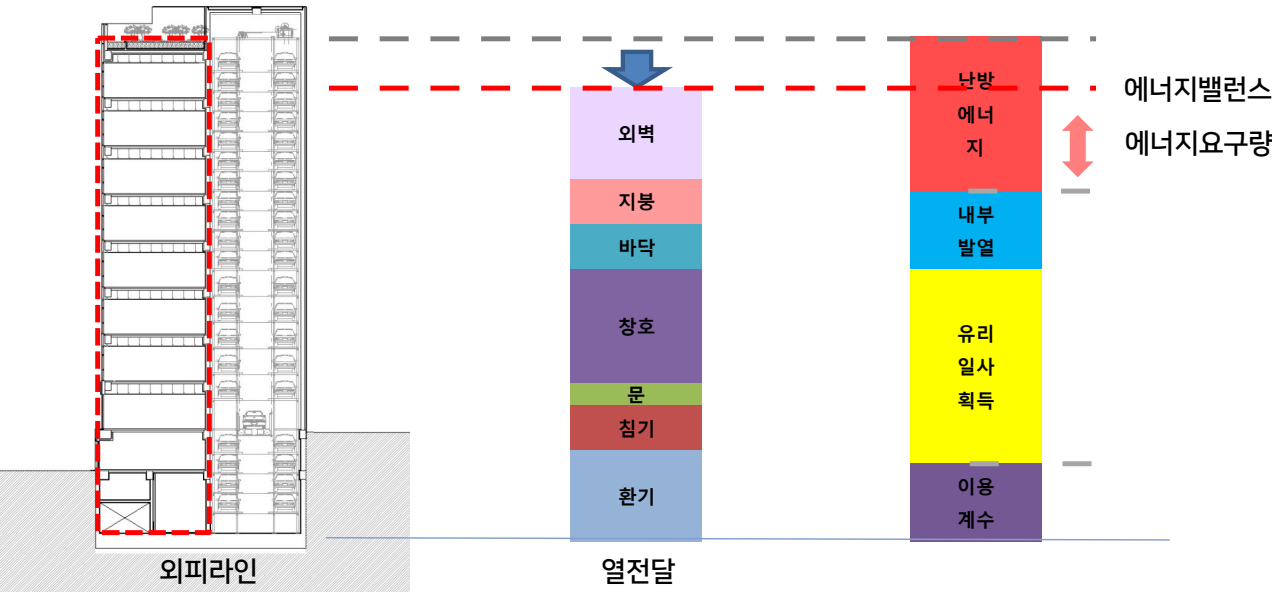
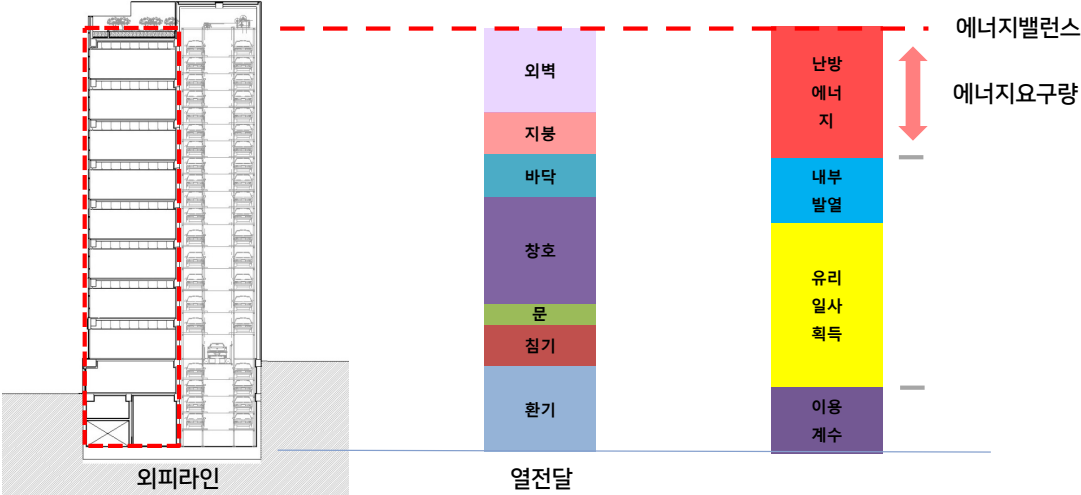
◎ 용어의 정의

- 에너지요구량
: 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 표준 설정 조건을 유지하기 위하여 해당 공간에서 필요로 하는 에너지량
- 에너지소요량
: 에너지요구량을 만족시키기 위하여 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명, 환기 부문의 설비기기에 사용되는 에너지량
- 1차에너지소요량
: 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 등의 과정에서의 손실분을 포함한 에너지
- 에너지생산량
: 건축물의 대지 내와 대지 외에서 공급되는 신·재생에너지 생산량에서 신·재생에너지 생산에 필요한 에너지소비량을 감한 에너지량
- 에너지소비량
: 에너지소요량에 건축물의 대지 내와 대지 외에서 공급되는 신·재생에너지 소비량과 신·재생에너지 생산에 필요한 화석에너지소비량을 더한 에너지량

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

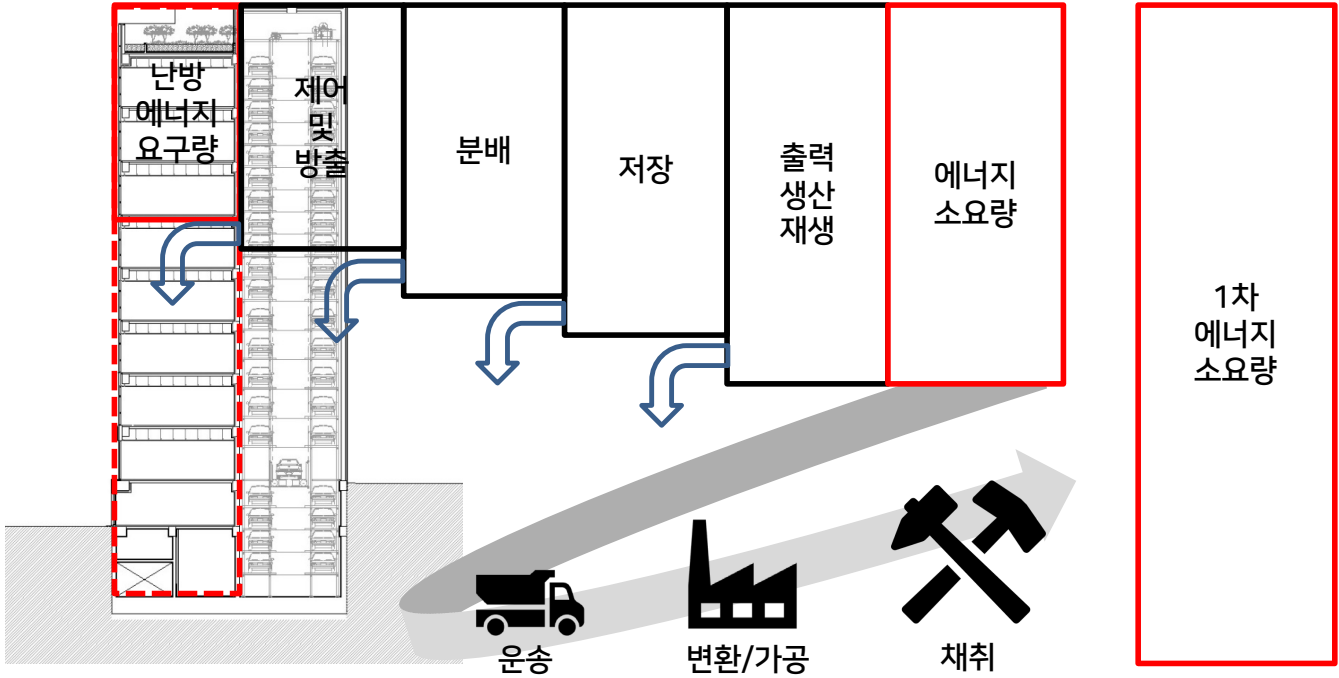
◎ 에너지요구량

- 난방 에너지요구량



◎ 에너지소요량

- 난방 에너지소요량



◎ 에너지자립률

에너지 자립률

1차 에너지 생산량

÷

1차 에너지 소비량

1차 에너지 생산량
(kWh/m²·년)

에너지 생산량*
(대지 내부 + 대지 외부) X 환산계수
(해당 1차 에너지)

평가면적

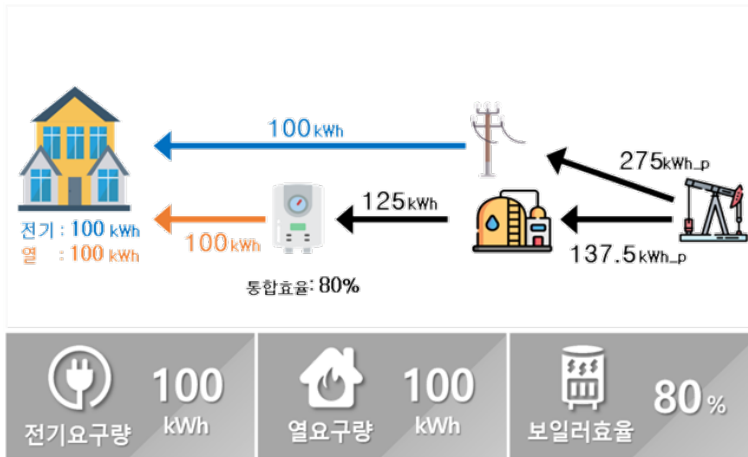
* 신재생에너지 생산량 중 신재생에너지 생산에 필요한 에너지 소비량은 제외

1차 에너지 소비량
(kWh/m²·년)

에너지 소비량 X 환산계수
(해당 1차 에너지)

평가면적

자료 : 한국에너지공단 ZEB 인증안내서



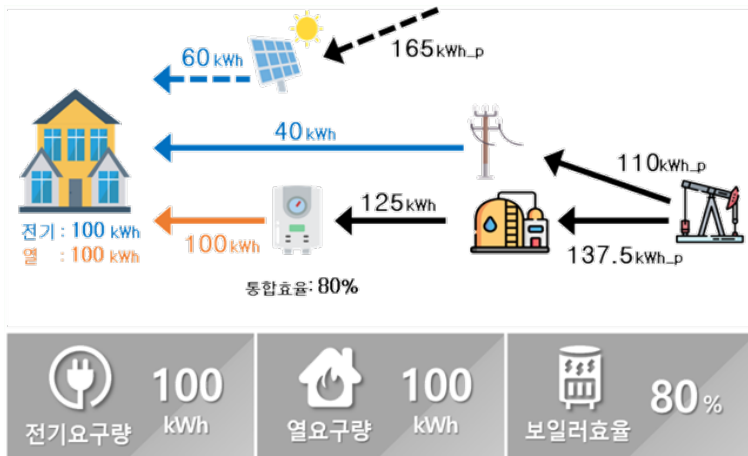
연료소요량 : 100kWh ÷ 0.8 (효율) = 125kWh

[신재생 미반영]

1차 에너지 생산량
- 없음

1차 에너지 소비량
- 전기 : 100×2.75 = 275.0 kWh
- 열 : 125×1.1 = 137.5 kWh
- 합계 : 275.0+137.5 = 412.5 kWh

에너지자립률
- 0 ÷ 412.5×100 = 0 %



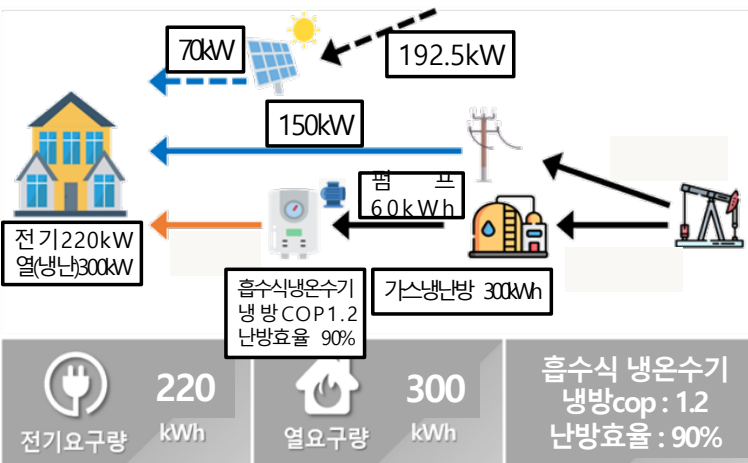
연료소요량 : 100kWh ÷ 0.8 (효율) = 125kWh

[태양광 시스템]

1차 에너지 생산량
- 태양광 : 60×2.75 = 165.0 kWh

1차 에너지 소비량
- 전기 : 40×2.75 = 110.0 kWh
- 열 : 125×1.1 = 137.5 kWh
- 태양광 : 165.0 kWh
- 합계 : 110.0+137.5+165.0 = 412.5 kWh

에너지자립률
- 165.0 ÷ 412.5×100 = 40.0 %



연료소요량
냉방 : 100kWh
난방 : 200kWh

[태양광 시스템]

1차 에너지 생산량
- 태양광 : 70×2.75 = 192.5 kWh

1차 에너지 소비량
- 전기 : (70+150+60)×2.75 = 770 kWh
- 연료 : 300×1.1 = 330 kWh
- 합계 : 770+330 = 1,100 kWh

에너지자립률
- 192.5 ÷ 1100×100 = 17.5 %

◎ 유사제도 비교

ZEB 인증 에너지자립률

「녹색건축물 조성지원법」제17조
건축물의에너지효율등급인증및제로에너지
건축물인증

ex1)태양광 1차에너지생산량 계산방법

- 태양광패널 면적(m²) × 효율(%) × 해당방위별일사량(kWh/m²) × 2.75

ex2)지열히트펌프(전기) 1차에너지생산량 계산방법

- [히트펌프 열생산량(kWh) × 1] - [(히트펌프 운전동력(kW) + 지중순환펌프동력(kW)) × 가동시간(h) × 2.75]

ex3)태양열 1차에너지생산량 계산방법

- [태양열 집열판면적(m²) × 효율(%) × 해당방위별일사량(kWh/m²) × 1] - [솔라펌프동력(kW) × 가동시간(h) × 2.75]

ex4)연료전지(수소개질) 1차에너지생산량 계산방법

- [연료전지 열생산량(kWh) × 1 + 연료전지 전기생산량(kWh) × 2.75] - [가스소비량(kWh) × 1.1]

자료 : 한국에너지공단 ZEB 인증 안내서

에너지자립률 = 1차E생산량 / 1차E소비량
에너지생산을 위해 소비된에너지량은 제외
기기 효율값을 반영한평가프로그램(ECO2)계산값

공공기관설치의무화제도공급의무비율

「신재생E및재생E개발·이용·보급촉진법」
공공 1,000m²이상건축물 신재생공급의무

신·재생에너지 공급의무 비율 = $\frac{\text{신·재생에너지 생산량}}{\text{예상 에너지사용량}} \times 100$

신·재생에너지원	단위	에너지생산량	원별 보정계수
태양광	고정식	1,358	0.95
	추적식	1,765	1.47
	BIPV	923	6.12
태양열	평관형	596	1.78
	단일진공관형	745	1.42
	이중진공관형	745	1.42
	공기식무장형	487	1.53
	공기식유장형	557	2.87

신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침 [별표10])

신재생공급비율 = 생산량 / 사용량
단위 설치규모에서 연간 생산되는 에너지의 양
(원별설치규모 × 단위에너지생산량 × 원별보정계수)

녹색건축 인증기준 신재생 설치비용

「녹색건축물 조성 지원법」제16조
녹색건축의 인증

· 평정 = (가중치) × (배율)

신재생에너지 시설의 설치비율(%)
= $\frac{\text{신재생에너지 (난방용량 + 냉방용량 + 전기용량 + 급탕용량)}}{\text{전체 설비용량(난방 + 냉방 + 전기 + 급탕)의 합}} \times 100$

구분	신재생에너지 시설의 설치비율	가중치
1급	신재생에너지 설치비율이 5% 이상인 경우	1.0
2급	신재생에너지 설치비율이 4% 이상 5% 미만인 경우	0.8
3급	신재생에너지 설치비율이 3% 이상 4% 미만인 경우	0.6
4급	신재생에너지 설치비율이 2% 이상 3% 미만인 경우	0.4

- 의무대상 건축물의 경우, 위 기준에서 1위를 추가로 설치하는 경우 인정함
- 신에너지 및 재생에너지(신재생에너지)란 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에서 정의하는 식유, 석탄, 원자력 및 천연가스가 아닌 태양에너지, 바이오에너지, 풍력에너지 등을 말함
- 대상 건축물 이외의 장소에 별도의 신재생에너지 시설을 직접 설치하여 공급받는 경우 이를 인정할 수 있음
- 신재생에너지설비 인증을 받은 채광설비는 전기(조명)설비 용량으로 인정함

자료 : 녹색건축 인증기준 해설서

신재생 설치비용 = 신재생용량 / 전체설비용량
신재생E및재생E개발·이용·보급촉진법에해당하는설비
인증채광설비도인정, 수익목적외부판매시 인정X

☉ 태양광 설치각도 비교

	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	-13.0	20.3	13.2	5.8	9.5	2.3	51.1
1차소요량	-35.7	22.4	36.3	15.9	26.1	6.4	107.1
CO2발생량	0.0	4.1	6.2	2.7	4.5	1.1	18.6
등급용1차소요량	0.0	22.4	36.3	15.9	26.1	6.4	107.1

에너지자립률(전체): **25.00** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): **35.7** 단위면적당 1차에너지소비량 : **142.8**
 에너지자립률(대지외): **0.00** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): **0.0**

설치각도 : 45도
모듈방위 : 남



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	-11.9	20.3	13.7	6.0	9.8	2.4	52.2
1차소요량	-32.6	22.4	37.6	16.5	27.1	6.6	110.2
CO2발생량	0.0	4.1	6.4	2.8	4.6	1.1	19.0
등급용1차소요량	0.0	22.4	37.6	16.5	27.1	6.6	110.2

에너지자립률(전체): **22.83** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): **32.6** 단위면적당 1차에너지소비량 : **142.8**
 에너지자립률(대지외): **0.00** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): **0.0**

설치각도 : 수평
모듈방위 : 없음



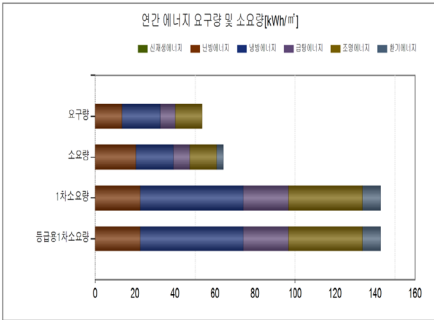
	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	환기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	-7.9	20.3	15.4	6.8	11.1	2.7	56.3
1차소요량	-21.6	22.4	42.3	18.6	30.5	7.5	121.3
CO2발생량	0.0	4.1	7.2	3.2	5.2	1.3	21.0
등급용1차소요량	0.0	22.4	42.3	18.6	30.5	7.5	121.3

에너지자립률(전체): **15.12** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): **21.6** 단위면적당 1차에너지소비량 : **142.9**
 에너지자립률(대지외): **0.00** % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): **0.0**

설치각도 : 수직
모듈방위 : 남



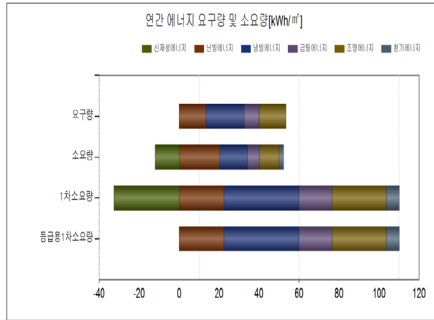
◎ 에너지자립률



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	전기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	0.0	20.4	18.7	8.2	13.5	3.3	64.1
1차소요량	0.0	22.5	51.5	22.6	37.1	9.1	142.8
CO2발생량	0.0	4.1	8.8	3.9	6.3	1.5	24.6
등급화1차소요량	0.0	22.5	51.5	22.6	37.1	9.1	142.8

에너지자립률(현재): 0.00 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): 0.00 단위면적당 1차에너지소요량: 142.8
 에너지자립률(대지외): 0.00 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): 0.00

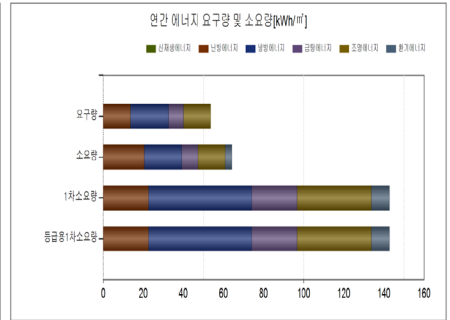
<신재생 미반영>



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	전기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	-11.9	20.4	13.7	6.0	9.8	2.4	52.3
1차소요량	-32.6	22.4	37.6	16.5	27.1	6.6	110.2
CO2발생량	0.0	4.1	6.4	2.8	4.6	1.1	19.0
등급화1차소요량	0.0	22.4	37.6	16.5	27.1	6.6	110.2

에너지자립률(현재): 22.83 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): 32.6 단위면적당 1차에너지소요량: 142.8
 에너지자립률(대지외): 0.00 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): 0.00

<태양광 대지 내 설치>



	신재생에너지	난방에너지	냉방에너지	급탕에너지	조명에너지	전기에너지	합계
요구량	0.0	13.4	19.1	7.5	13.5	0.0	53.5
소요량	0.0	20.4	18.7	6.2	13.5	3.3	64.1
1차소요량	0.0	22.5	51.5	22.6	37.1	9.1	142.8
CO2발생량	0.0	4.1	8.8	3.9	6.3	1.5	24.6
등급화1차소요량	0.0	22.5	51.5	22.6	37.1	9.1	142.8

에너지자립률(현재): 15.97 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지내): 0.00 단위면적당 1차에너지소요량: 142.8
 에너지자립률(대지외): 15.97 % 단위면적당 1차에너지생산량(대지외): 32.6

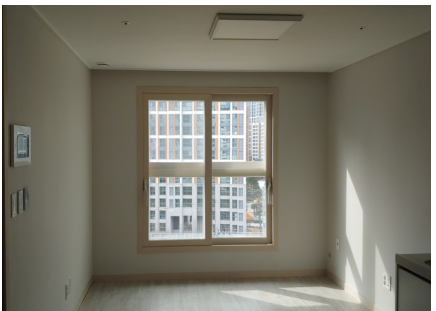
<태양광 대지 외 설치>

대지 내 에너지자립률	~10% 미만	10% 이상~ 15% 미만	15% 이상~ 20% 미만	20% 이상~
대지 외 생산량 가중치	0.7	0.8	0.9	1.0

태양광시스템 대지 내 설치 / 대지 외 설치 비교
 대지 외 설치여부 체크 시 생산량 보정 계수 반영
 대지외생산량은 1차에너지소요량에서치감X → 에너지자립률에만 영향
 자립률계산 예) $32.6 \times 0.7 \div 142.8 = 15.97\%$

2 공동주택 ZEB 인증사례

◎ 공동주택 유형



소형 타입

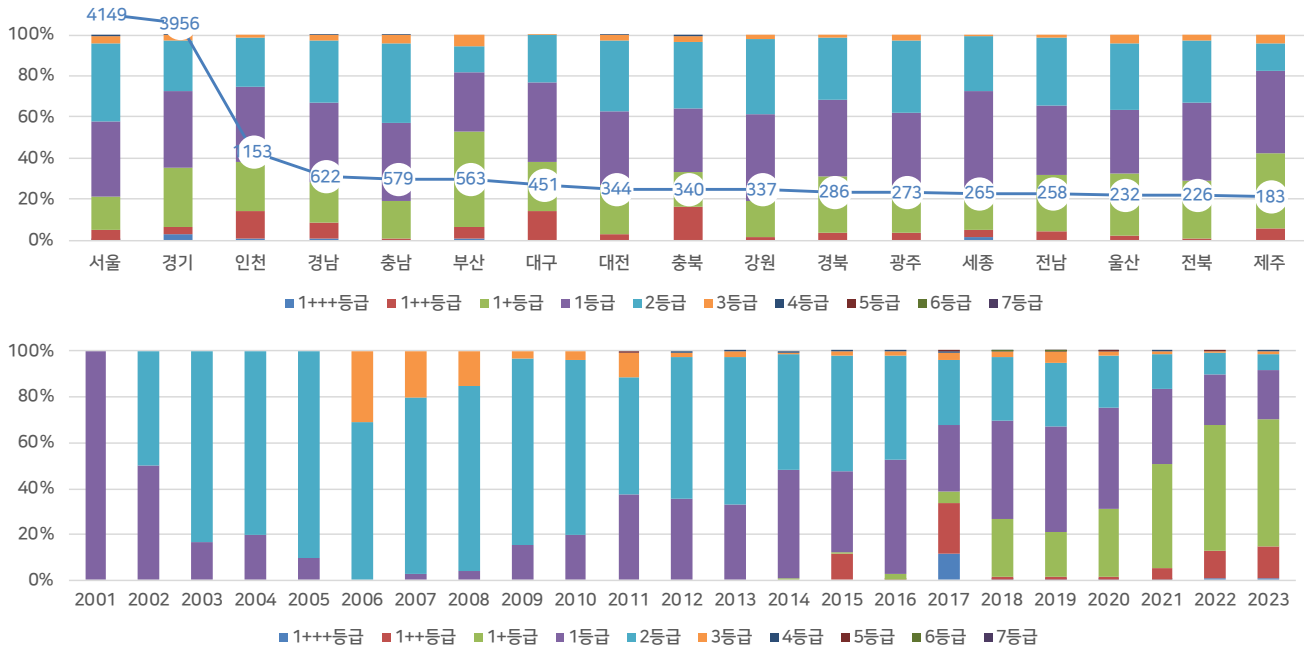
중대형 타입

복층/다락 타입

◎ 공동주택의 에너지절감

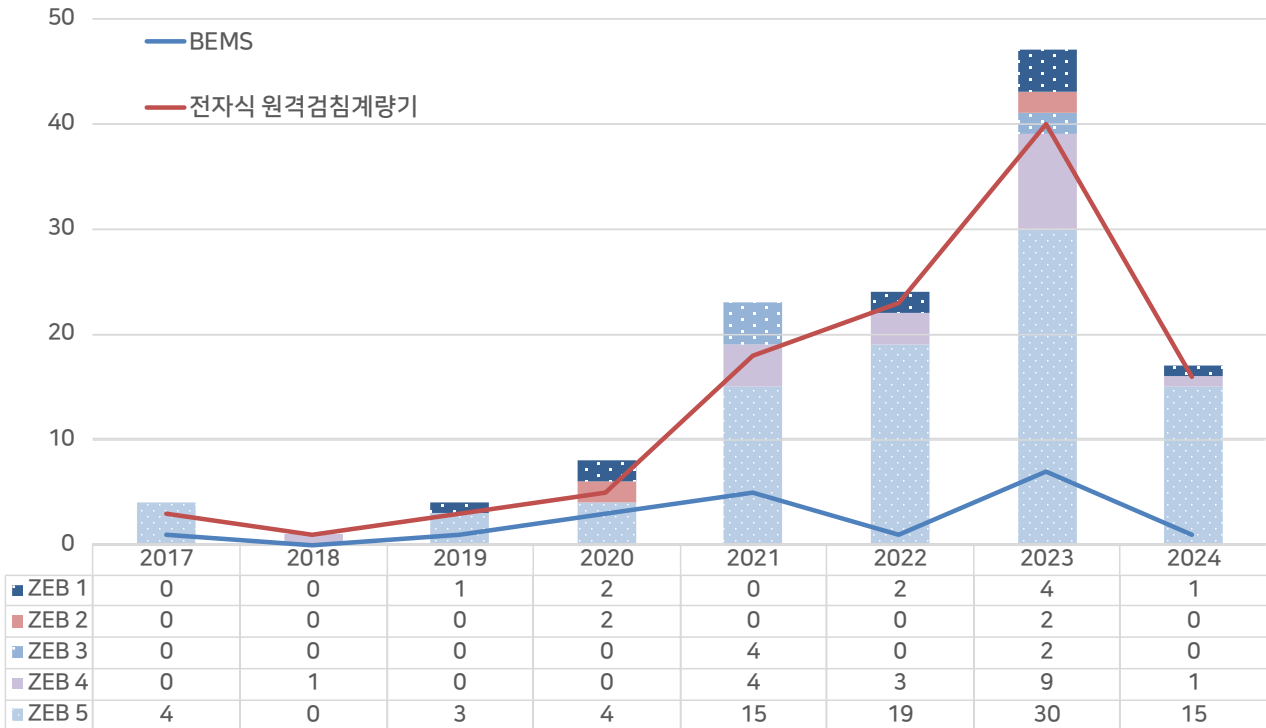


◎ 공동주택 등급 비교(효율)



◎ 공동주택 등급 비교(제로)

총 128건(2024. 6. 14. 기준)



◎ 공동주택 ZEB 사례

※ 태양광 제외 시

항목(대)	A공동주택	B공동주택3	C공동주택	D공동주택	E공동주택
전용면적	81943.66	72345.7	25955.88	6842.34	1770.45
세대수	965	1305	697	200	19
형태	고층형	고층형	중층형	저층형	단독형
거실 주방위	남동향	남향	남동향	남향	남동향
타입(주타입)	84(84)	49~59(59)	29~49(36)	24~44(24)	29~105(98)
에너지요구량	76.4	83.4	87.1	101.8	125.2
등급..용 1차에너지소요량	77.1 ※100.1	81.7 ※100.8	52.9 ※129.2	78.2 ※137.6	-24.4 ※231.0
기밀성능	6	6	6	6	11.4
온열원설비	지역난방	지역난방	지열	지역난방	히트펌프
냉열원설비	-	-	지열	에어컨	지열
급탕설비	지역난방	지역난방+연료전지	지역난방	지역난방	히트펌프
전열교환기	100%	100%	100%	100%	100%
조명밀도	3.7	5.1	5.3	4.7	7.2
태양광용량	631.1 ※ 삭제	517.9 ※ 삭제	966.1 ※ 삭제	101.9 ※ 삭제	137.2 ※ 삭제
태양광각도	수평	수평	수평	45도	45도
에너지효율등급	1++등급 ※ 1+	1++등급 ※ 1+	1+++등급 ※ 1	1++등급 ※ 1	1+++등급 ※ 4
신청지역	경기	서울	서울	세종	부산
에너지자립률	22.9 ※ 0	20.5 ※ 2.9	62.6 ※ 8.6	43.1 ※ 0	109.8 ※ 6.9
전용면적 100 당 태양광 용량	0.8	0.7	3.7	1.5	7.8
세대 당 태양광 용량	0.65	0.40	1.39	0.51	7.22

◎ 공동주택 조건 비교



개별보일러



판상형



고층형



출처 : <https://pixabay.com/> 남부



지역난방

난방방식



타워형

구조



저층형

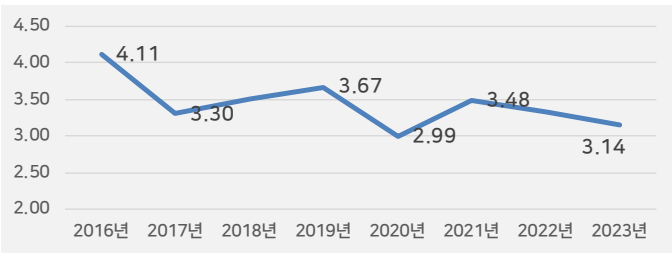
규모



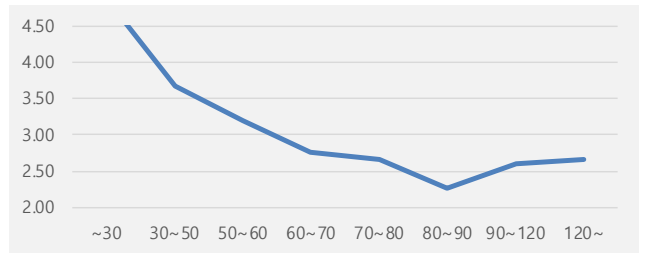
출처 : <https://pixabay.com/> 중부

지역

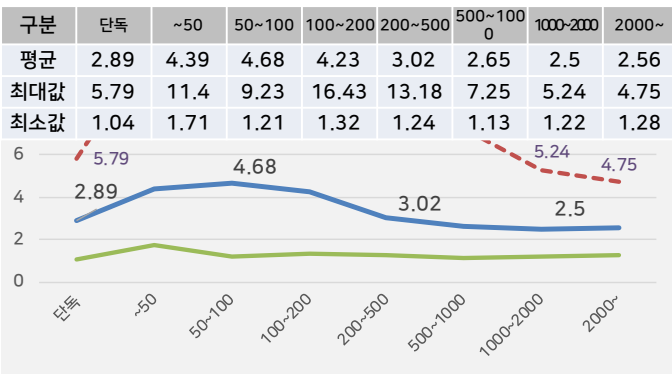
◎ 공동주택 기밀성능



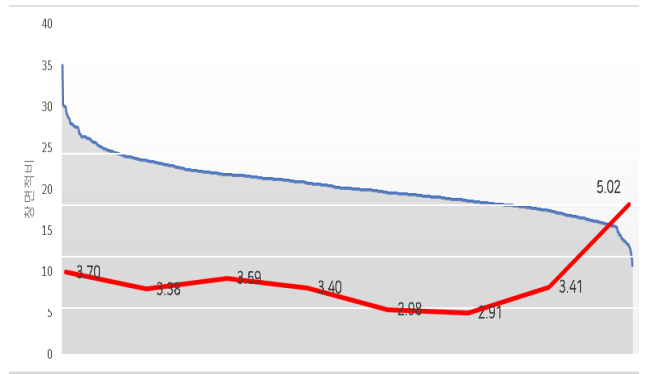
연도별 기밀성능



전용면적별 기밀성능

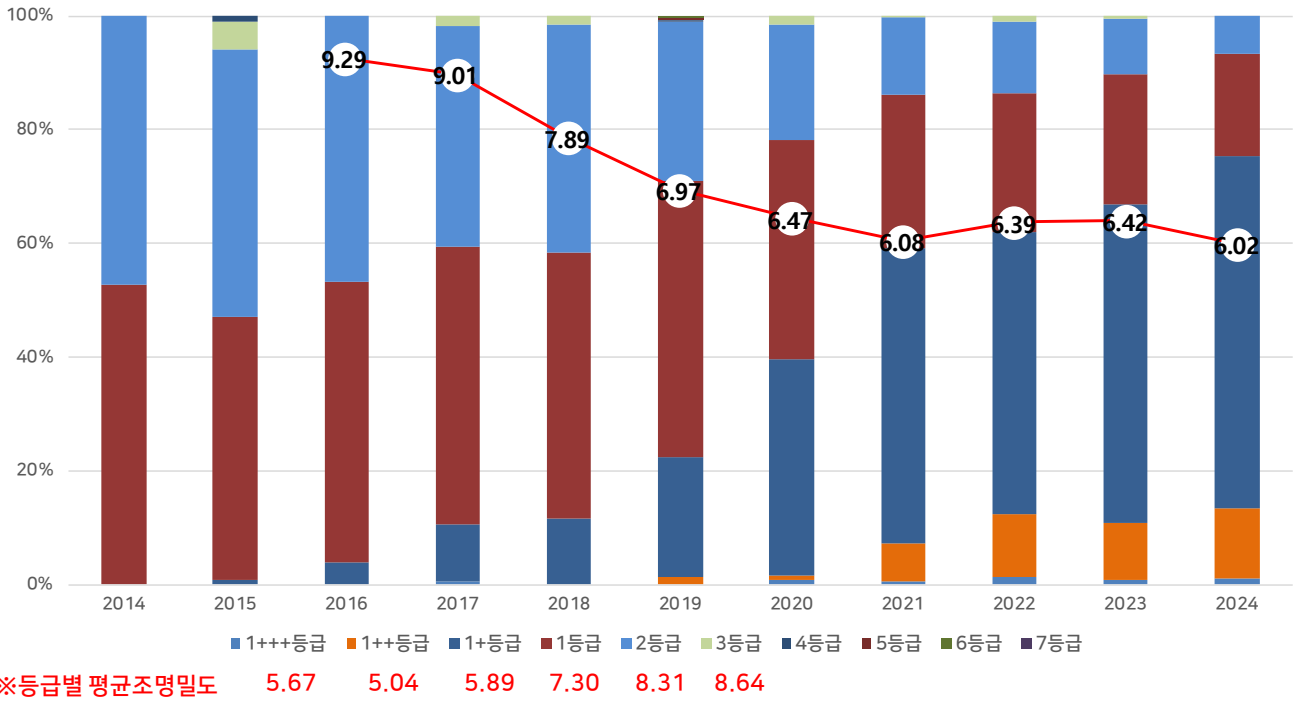


규모별(세대수) 기밀성능



창면적비별 기밀성능

◎ 공동주택 조명밀도



3 평가방법 개선(안) 안내

◎ 주거용 냉방평가 개선

설계 도면 상 냉방기기가 없을 시 냉방설비 기본값 적용

냉방설비 기본값

- 에너지 효율등급 인증을 받은 건축물 데이터 분석 및 연구보고서로 산출
- 기존 건축물 에너지효율등급 하위 10% 로 기본값 설정
→ 평균효율 대비 낮은 기준으로, 고효율 기기 도입 시 냉방에너지 추가 절약 가능

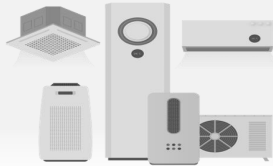
공동주택 냉방평가 개선(안)

“냉방설비 기본값이 평가 프로그램 상 자동 적용”

구분	단위	내용
냉동기 방식	-	압축식
냉동기 종류	-	실내공조시스템
냉방용량	kW	0.1801*전용면적
냉방효율	COP	2.894
실내기방식	-	멀티분리시스템
제어방식	-	ON/OFF제어
냉방시간	시간	3.8

현행 제도 평가 기준

설계도서에 냉방설비가 적용되지 않은 주거용 건축물은 냉방에너지 평가 제외



냉동기 방식 및 종류

관련 연구(외부, 공단)의 자료조사 및 분석 결과

냉방 용량

기존 효율등급 인증건의 세대별 면적당 냉방용량의 추세식

냉방 효율

기존 효율등급 인증건의 세대 별 COP 하위 10% 값

실내기, 제어 방식

기존 효율등급 인증 데이터 및 스탠드형 보급률(0.7) 활용

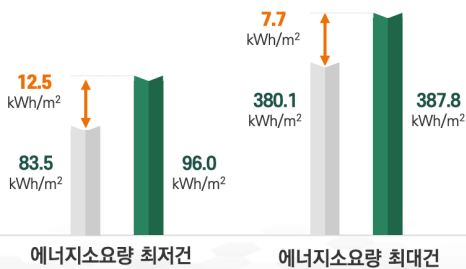
냉방 시간

표본 세대의 현장계측 데이터 산술평균

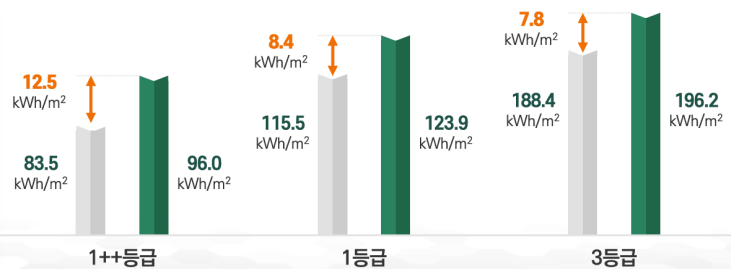
제도개선 영향도

- 기초값 적용 시 : 에너지소요량은 약 5.7%(평균 7.8kWh/m²) 증가(1차 에너지소요량, 적용하지 않은 건축물 대비)
→ 고효율 냉방기기로 설계 시 효율이 증가하여 추가적인 절감 가능
- 기 인증받은 건물(30건) 분석 결과 등급 변동 없음

1차 에너지소요량 기준 분석

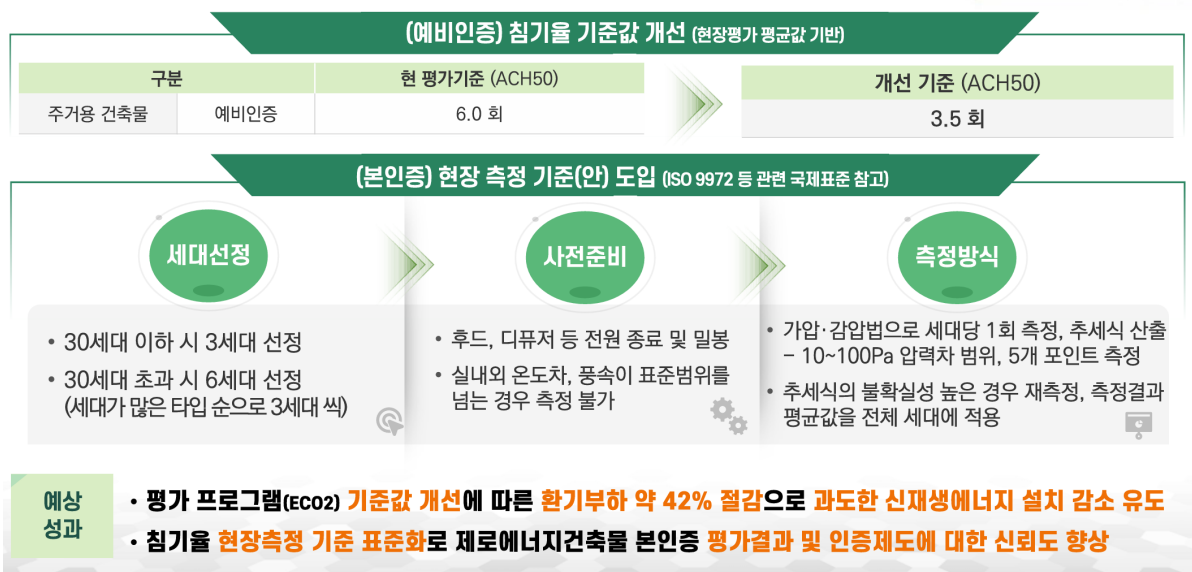


등급변경 건 세부내용



ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)

◎ 주거용 기밀성능 개선



ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)

◎ 참고서적 및 사이트

1. Zero Energy Building 인증안내서 2020 ver2
2. 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준
3. 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침
4. 건축물에너지효율등급인증시스템 <https://beec.energy.or.kr>
5. 제로에너지건축물인증시스템 <https://zeb.energy.or.kr>
6. ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)
7. <https://pixabay.com/>

C.5

ZEB 건물 운영 사례(비주거)

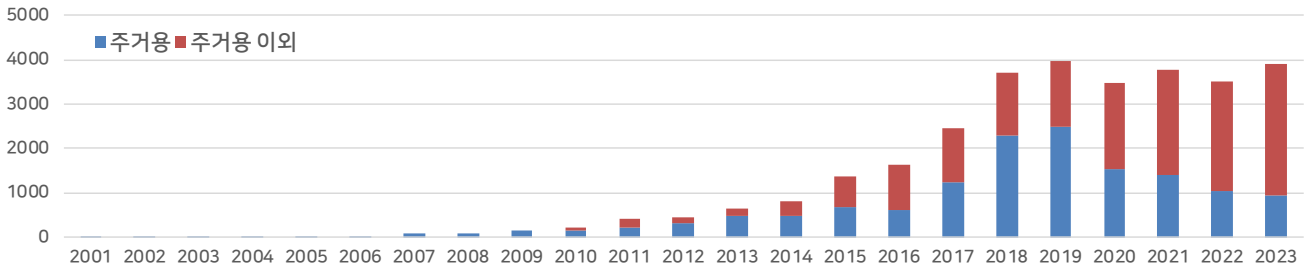
교육 목표

- ZEB** * 인증사례를 통한 ZEB 구현 방안
- 건물 운영 사례(비주거)** * ZEB 에너지관리시스템 운영

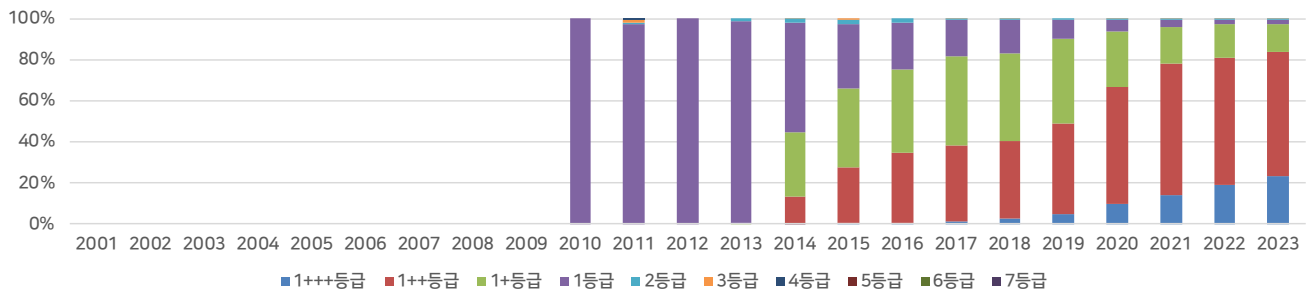
1 비주거 ZEB 인증사례

⊙ 용도별 인증 통계(효율)

● 총 인증 수량

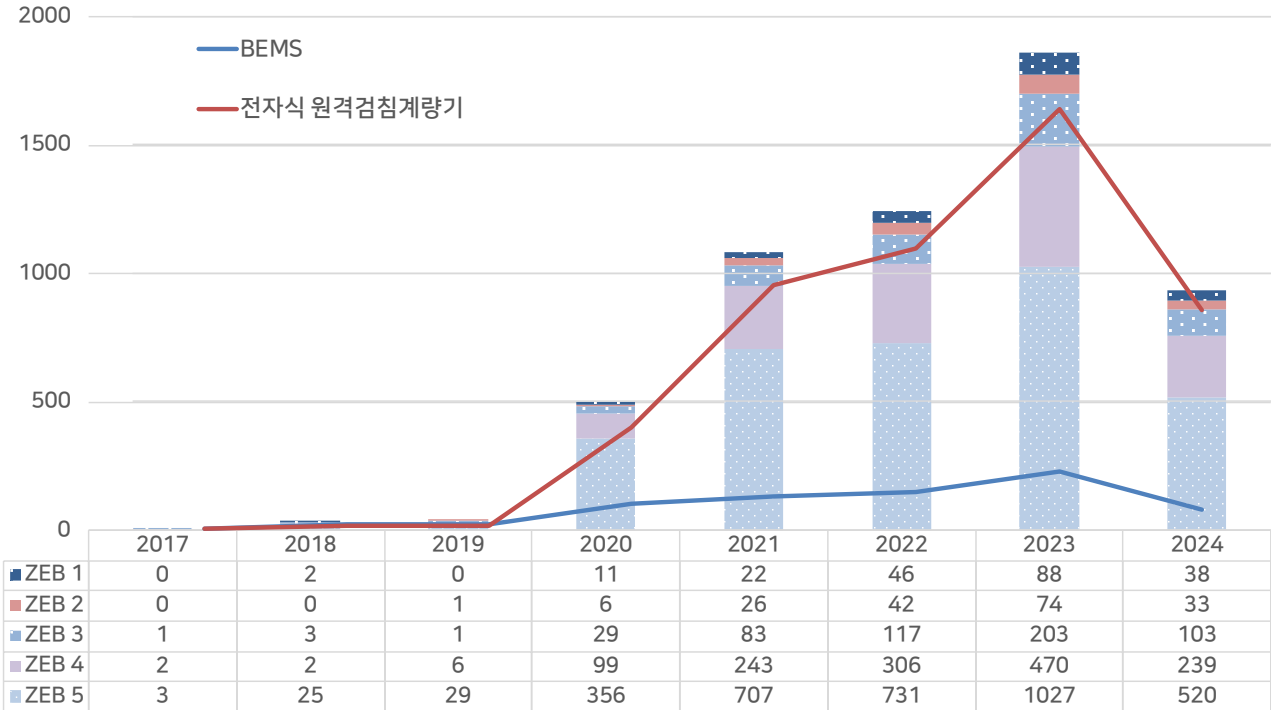


● 비주거(주거용 이외) 등급 비교



◎ 비주거 등급 비교(제로)

총 5,694건(2024. 6. 14. 기준)



프로필 비교

구분	단위	주거공간	소규모사무실	대규모사무실	회의실	강당	구내식당	화장실	그외채류	부속공간	창고,문서실	전산실	주방,조리실	병실	객실	교실(초중고)	강의실(대학)	매장	전시실	열람실	체육시설	구내식당(초중고)	주방,조리실(초중고)	체육시설(초중고)
사용시간과 운전시간																								
사용시작시간	[hh:mm]	00:00	9:00	9:00	7:00	7:00	8:00	7:00	7:00	7:00	7:00	00:00	8:00	00:00	21:00	8:00	9:00	8:00	10:00	8:00	8:00	11:00	8:00	9:00
사용종료시간	[hh:mm]	24:00	18:00	18:00	18:00	18:00	15:00	18:00	18:00	18:00	18:00	24:00	15:00	24:00	8:00	15:00	18:00	20:00	18:00	20:00	23:00	15:00	15:00	16:00
운전시작시간	[hh:mm]	00:00	7:00	7:00	7:00	7:00	8:00	7:00	7:00	7:00	00:00	8:00	00:00	21:00	8:00	9:00	8:00	8:00	10:00	8:00	8:00	11:00	8:00	9:00
운전종료시간	[hh:mm]	24:00	18:00	18:00	18:00	18:00	15:00	18:00	18:00	18:00	24:00	15:00	24:00	8:00	15:00	18:00	20:00	18:00	20:00	23:00	15:00	15:00	16:00	
설정 요구량																								
최소도입외기량	[m³/(m²h)]	1.1	4	6	15	2	18	15	7	0.15	0.15	1.3	90	4	3	10	30	4	2	8	3	18	90	3
급탕요구량	[Wh/(m²d)]	84	30	30	30	30	1250	0	30	0	0	30	0	82	82	30	30	30	30	30	220	1250	0	220
조명시간	[h]	5	6	9	11	11	7	11	11	11	11	12	7	12	4	6	6	12	8	12	15	4	7	7
열발열원																								
사람	[Wh/(m²d)]	53	30	55.8	96	36	177	0	96	0	0	15	56	108	70	100	420	84	28	168	60	177	56	60
작업보조기기	[Wh/(m²d)]	52	42	126	8	24	10	0	8	0	0	1800	1800	24	44	20	24	24	0	0	0	10	1800	0
실내공기온도	[°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
냉방설정온도	[°C]	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
월간 사용일수																								
1월 사용일수	[d/mth]	31	22	22	22	22	22	22	22	22	22	31	22	31	31	0	0	26	22	26	26	0	0	26
2월 사용일수	[d/mth]	28	19	19	19	19	19	19	19	19	19	28	19	28	28	14	0	23	19	23	23	14	14	23
3월 사용일수	[d/mth]	31	21	21	21	21	21	21	21	21	21	31	21	31	31	23	20	25	21	25	25	23	23	25
4월 사용일수	[d/mth]	30	22	22	22	22	22	22	22	22	22	30	22	30	30	22	20	26	22	26	26	22	22	26
5월 사용일수	[d/mth]	31	22	22	22	22	22	22	22	22	22	31	22	31	31	21	15	26	22	26	26	21	21	26
6월 사용일수	[d/mth]	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30	20	30	30	20	24	20	24	24	24	22	22	24
7월 사용일수	[d/mth]	31	22	22	22	22	22	22	22	22	22	31	22	31	31	15	5	26	22	26	26	15	15	26
8월 사용일수	[d/mth]	31	21	21	21	21	21	21	21	21	21	31	21	31	31	3	0	26	21	26	26	3	3	26
9월 사용일수	[d/mth]	30	18	18	18	18	18	18	18	18	18	30	18	30	30	22	20	22	18	22	22	22	22	22
10월 사용일수	[d/mth]	31	21	21	21	21	21	21	21	21	21	31	21	31	31	21	20	25	21	25	25	21	21	25
11월 사용일수	[d/mth]	30	21	21	21	21	21	21	21	21	21	30	21	30	30	22	21	26	21	26	26	22	22	26
12월 사용일수	[d/mth]	31	21	21	21	21	21	21	21	21	21	31	21	31	31	15	9	25	21	25	25	15	15	25
용도별 보정계수																								
난방	-	1	1	1	1	1	1.571	1	1	1	1	0.503	1.571	0.314	0.685	1.964	2.037	0.764	1.375	0.764	0.611	3.438	1.964	1.31
냉방	-	1	1	1	1	1	1.571	1	1	1	1	0.196	1.571	0.314	0.685	1.964	2.037	0.764	1.375	0.764	0.611	3.438	1.964	1.31
급탕	-	1	1	1	1	1	0.024	0	1	0	0	0.685	0	0.251	0.251	1.25	1.667	0.833	1	0.833	0.114	0.03	0	0.114
조명	-	1	1.5	1	0.818	0.818	1.286	0.818	0.818	0.818	0.514	1.286	0.514	1.541	1.875	2.5	※수식	1.125	0.625	0.5	2.813	1.607	1.071	
환기	-	1	1	1	1	1	1.571	1	1	1	1	0.314	1.571	0.314	0.685	1.964	2.037	0.764	1.375	0.764	0.611	3.438	1.964	1.31

건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 제도 운영규정
[별표 2] 주거 및 주거용 이외 건축물 용도프로필

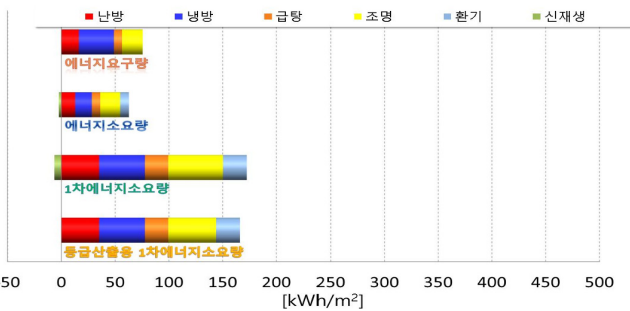
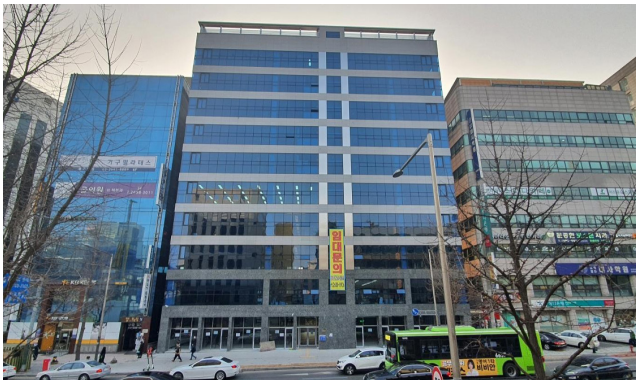
구분	주거공간	대규모사무실	구내식당	부속공간	전산실	교실(초중고)
사용시간과 운전시간						
사용시작시간	00:00	9:00	8:00	7:00	00:00	8:00
사용종료시간	24:00	18:00	15:00	18:00	24:00	15:00
운전시작시간	00:00	7:00	8:00	7:00	00:00	8:00
운전종료시간	24:00	18:00	15:00	18:00	24:00	15:00
설정 요구량						
최소도입외기량	1.1	6	18	0.15	1.3	10
급탕요구량	84	30	1250	0	30	30
조명시간	5	9	7	11	12	6
열발열원						
사람	53	55.8	177	0	15	100
작업보조기기	52	126	10	0	1800	20
실내공기온도						
난방설정온도	20	20	20	20	20	20
냉방설정온도	26	26	26	26	26	26
월간 사용일수						
1월 사용일수	31	22	22	22	31	0
-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-
8월 사용일수	31	21	21	21	31	3
-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-	-생략-
12월 사용일수	31	21	21	21	31	15

◎ 보정계수 비교

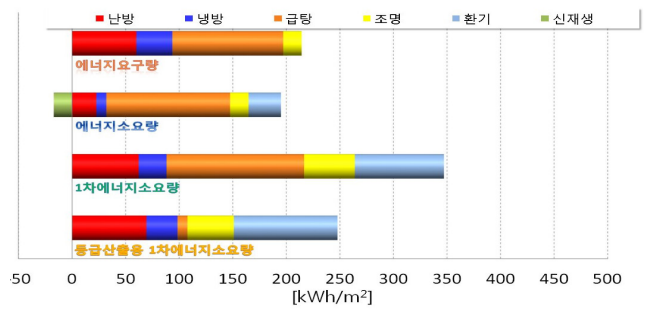
이전	구분	대규모 사무실	교실	전산실	2021. 2.25. 이후	구분	대규모 사무실	교실	전산실
	난방	1	1.964	0.314		난방	1	1.964	0.503
	냉방	1	1.964	0.314		냉방	1	1.964	0.196
	급탕	1	1.250	0.685		급탕	1	1.250	0.685
	조명	1	1.875	0.514		조명	1	1.875	0.514
	환기	1	1.964	0.314		환기	1	1.964	0.314

건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 제도 운영규정
[별표 2] 주거 및 주거용 이외 건축물 용도프로필

◎ 업무시설/연회장(식당)

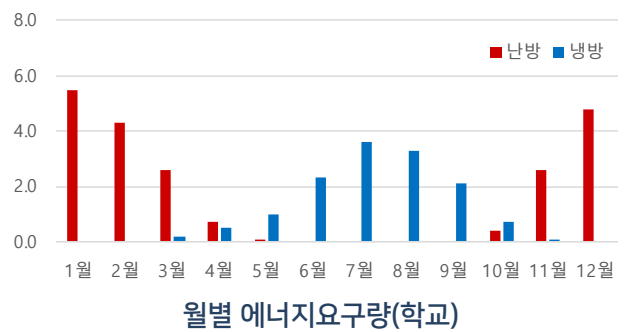
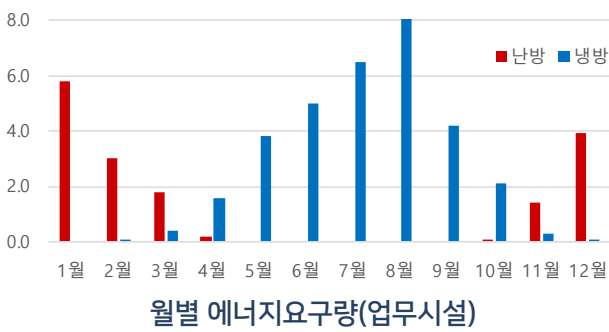


에너지요구량 및 소요량(업무시설)

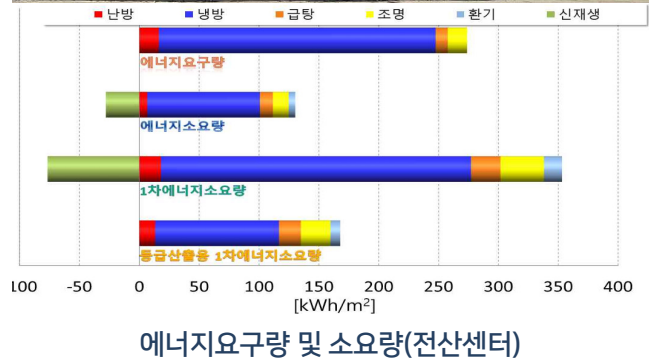
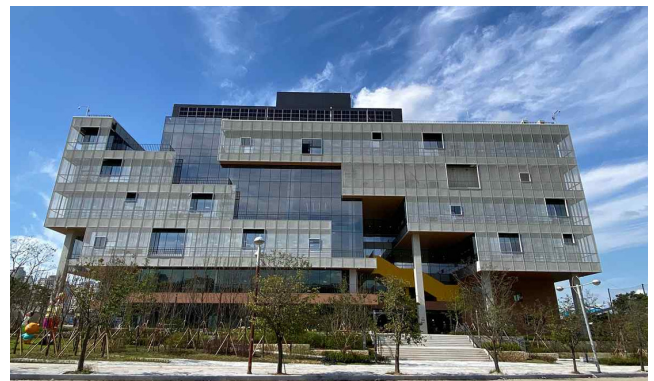
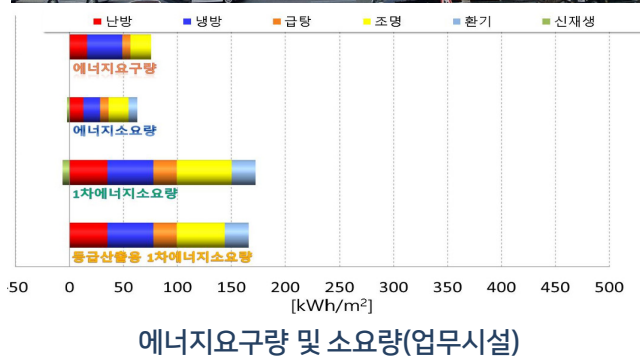
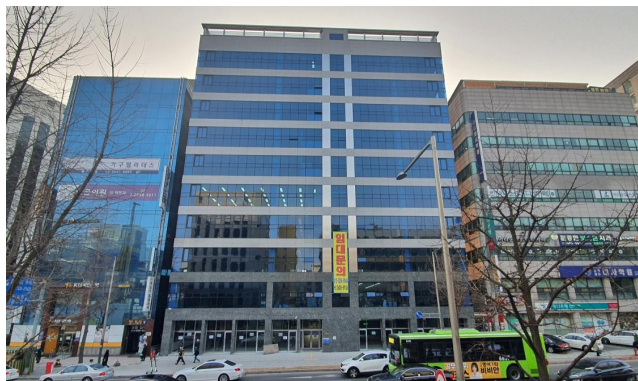


에너지요구량 및 소요량(식당)

◎ 업무시설/학교



◎ 업무시설/전산센터



◎ 데이터센터



전산실



항온항습기



밀폐형 냉각탑

구분	대규모사무실 (EHP)	전산실 (EHP)	구분	전기 히트펌프	항온항습기	구분	냉각탑 개방형	냉각탑 밀폐형
1차 소요량	130.9	880.6	1차 소요량	냉방 COP 차이만 편차	냉방 COP 차이만 편차	1차 소요량	1,575.4	1,645.0
등급용 1차 소요량	130.9	210.9	등급용 1차 소요량			등급용 1차 소요량	570.4	593.2

항목	A사설	B사설	C사설	D사설	E사설	F사설	G사설
연면적	2829.4	5915.9	7417.2	20932.1	39202.6	47382.6	50353.2
평가면적	1987.9	4574.1	5079.2	9171.8	26632.6	30003.4	30417.2
에너지요구량(냉방)	301.0	18.7	59.5	315.6	28.7	227.4	78.8
에너지요구량(합계)	333.6	103.3	147.9	362.3	150.2	269.1	132.0
등급용 1차소요량(냉방)	90.5	27.9	139.4	461.7	81.9	173.9	87.0
등급용 1차소요량(합계)	138.0	165.8	267.5	570.4	255.7	246.8	145.3
전산실비율	49.9	-	8.4	50.3	-	36.9	11.5
냉방방식	히트펌프	히트펌프	히트펌프+스크류압축	히트펌프+터보냉동기	지역냉방, 흡수식	히트펌프	히트펌프+흡수식
공조기적용	0%	50%	50%	75%	85%	69%	95%
조명밀도	3.54	7.15	6.64	6.37	6.31	3.88	4.86
태양광용량	121.5	-	58.8	246.1	-	1000.0	1107.3
지열용량	-	714.4	452.1	-	376	-	2511.326
등급	1++등급	1+등급	2등급	6등급	1등급	1등급	1+등급
신청지역	전남	충남	세종	서울	인천	경기	경기
에너지지침률	31.8	4.5	12.6	4.0	0.2	9.6	30.7
평가면적당태양광 용량	0.06	-	0.01	0.03	-	0.03	0.04

※ 전산실 비중 50% 건축물 비교

항목	A시설	B시설	C시설	D시설	E시설	F시설	G시설
연면적	2829.4	5915.9	7417.2	20932.1	39202.6	47382.6	50353.2
평가면적	1987.9	4574.1	5079.2	9171.8	26632.6	30003.4	30417.2
에너지요구량(냉방)	301.0	18.7	59.5	315.6	28.7	227.4	78.8
에너지요구량(합계)	333.6	103.3	147.9	362.3	150.2	269.1	132.0
등급용 1차소요량(냉방)	90.5	27.9	139.4	461.7	81.9	173.9	87.0
등급용 1차소요량(합계)	138.0	165.8	267.5	570.4	255.7	246.8	145.3
전산실비율	49.9	-	8.4	50.3	-	36.9	11.5
냉난방방식	히트펌프	히트펌프	히트펌프+스크류압축	히트펌프+터보냉동기	지역난방, 흡수식	히트펌프	히트펌프+흡수식
공조기적용	X	50%	50%	75%	85%	69%	95%
조명밀도	3.54	7.15	6.64	6.37	6.31	3.88	4.86
태양광용량	121.5	-	58.8	246.1	-	1000.0	1107.3
지열용량	-	714.4	452.1	-	376.0	-	2511.3
등급	1++등급	1+등급	2등급	6등급	1등급	1등급	1+등급
신청지역	전남	충남	세종	서울	인천	경기	경기
에너지지침률	31.8	4.5	12.6	4.0	0.2	9.6	30.7
평가면적당태양광용량	0.06	-	0.01	0.03	-	0.03	0.04

※ 전산실 비중 50% 건축물 비교

항목	A시설	B시설	C시설	D시설	E시설	F시설	G시설
연면적	2829.4	5915.9	7417.2	20932.1	39202.6	47382.6	50353.2
평가면적	1987.9	4574.1	5079.2	9171.8	26632.6	30003.4	30417.2
에너지요구량(냉방)	301.0	18.7	59.5	306.5	28.7	227.4	78.8
에너지요구량(합계)	333.6	103.3	147.9	343.7	150.2	269.1	132.0
등급용 1차소요량(냉방)	90.5	27.9	139.4	79.8	81.9	173.9	87.0
등급용 1차소요량(합계)	138.0	165.8	267.5	137.3	255.7	246.8	145.3
전산실비율	49.9	-	8.4	50.3	-	36.9	11.5
냉난방방식	히트펌프	히트펌프	히트펌프+스크류압축	(변경)히트펌프	지역난방, 흡수식	히트펌프	히트펌프+흡수식
공조기적용	0%	50%	50%	(변경)0%	85%	69%	95%
조명밀도	3.54	7.15	6.64	(변경)3.54	6.31	3.88	4.86
태양광용량	121.5	-	58.8	(증설)550.0	-	1000.0	1107.3
지열용량	-	714.4	452.1	-	376.0	-	2511.3
등급	1++등급	1+등급	2등급	1++등급	1등급	1등급	1+등급
신청지역	전남	충남	세종	서울	인천	경기	경기
에너지지침률	31.8	4.5	12.6	34.3	0.2	9.6	30.7
평가면적당태양광용량	0.06	-	0.01	0.06	-	0.03	0.04

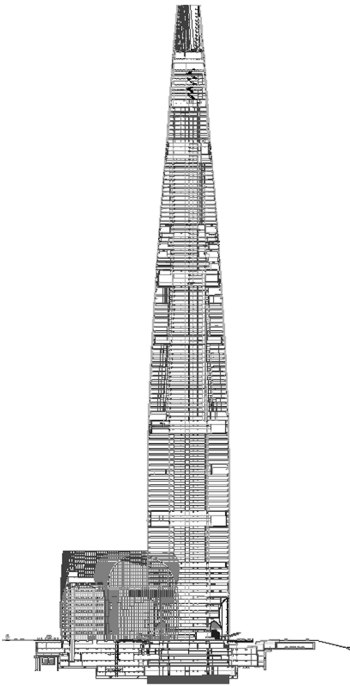
※ 규모가 유사한 건축물 비교

항 목	A시설	B시설	C시설	D시설	E시설	F시설	G시설
연면적	2829.4	5915.9	7417.2	20932.1	39202.6	47382.6	50353.2
평가면적	1987.9	4574.1	5079.2	9171.8	26632.6	30003.4	30417.2
에너지요구량(냉방)	301.0	18.7	59.5	315.6	28.7	227.4	78.8
에너지요구량(합계)	333.6	103.3	147.9	362.3	150.2	269.1	132.0
등급용 1차소요량(냉방)	90.5	27.9	139.4	461.7	81.9	173.9	87.0
등급용 1차소요량(합계)	138.0	165.8	267.5	570.4	255.7	246.8	145.3
전산설비용	49.9	-	8.4	50.3	-	36.9	11.5
냉난방방식	히트펌프	히트펌프	히트펌프+스크류압축	히트펌프+터보냉동기	지역난방, 흡수식	히트펌프	히트펌프+흡수식
공조기적용	0%	50%	50%	75%	85%	69%	95%
조명밀도	3.54	7.15	6.64	6.37	6.31	3.88	4.86
태양광용량	121.5	-	58.8	246.1	-	1000.0	1107.3
지열용량	-	714.4	452.1	-	376.0	-	2511.3
등급	1++등급	1+등급	2등급	6등급	1등급	1등급	1+등급
신청지역	전남	충남	세종	서울	인천	경기	경기
에너지저립률	31.8	4.5	12.6	4.0	0.2	9.6	30.7
평가면적당태양광용량	0.06	-	0.01	0.03	-	0.033	0.036

※ 평가면적 1㎡당 0.06kW 적용

항 목	A시설	B시설	C시설	D시설	E시설	F시설	G시설
연면적	2829.4	5915.9	7417.2	20932.1	39202.6	47382.6	50353.2
평가면적	1987.9	4574.1	5079.2	9171.8	26632.6	30003.4	30417.2
에너지요구량(냉방)	301.0	18.7	59.5	315.6	28.7	227.4	78.8
에너지요구량(합계)	333.6	103.3	147.9	362.3	150.2	269.1	132.0
등급용 1차소요량(냉방)	90.5	27.9	139.4	461.7	81.9	110.1	42.2
등급용 1차소요량(합계)	138.0	165.8	267.5	570.4	255.7	157.5	73.0
전산설비용	49.9	-	8.4	50.3	-	36.9	11.5
냉난방방식	히트펌프	히트펌프	히트펌프+스크류압축	히트펌프+터보냉동기	지역난방, 흡수식	히트펌프	히트펌프+흡수식
공조기적용	0%	50%	50%	75%	85%	69%	95%
조명밀도	3.54	7.15	6.64	6.37	6.31	3.88	4.86
태양광용량	121.5	-	58.8	246.1	-	1000 > 1800	1107 > 1825
지열용량	-	714.4	452.1	-	376.0	-	2511.3
등급	1++등급	1+등급	2등급	6등급	1등급	1+등급	1+++등급
신청지역	전남	충남	세종	서울	인천	경기	경기
에너지저립률	31.8	4.5	12.6	4.0	0.2	42.50	63.7
평가면적당태양광용량	0.06	-	0.01	0.03	-	0.033 > 0.06	0.036 > 0.06

◎ 초고층 건축물



◆ 인증 사례

- 대지면적: 약 87,000㎡
- 건축면적: 약 36,000㎡
- 연면적: 약 806,000㎡
- 규모: 지하 6층, 지상 123층
- 구조: 철골 철근 콘크리트조, 철근 콘크리트조, 철골조
- 주 용 도: 판매시설, 문화 및 집회시설, 업무시설, 숙박시설 등
- 주 난방기기: 증기보일러, -주 냉방기기: 압축식 냉동기
- 신재생에너지: 태양광, 지열
- 인증 등급: 2등급

※ 신·재생에너지(태양광)만으로 자립률 20% 확보 시

◆ 태양광 필요면적

- 45도: 약 63,000㎡ -수평: 약 70,000㎡ -수직: 약 90,000㎡
- 1등급 1등급 1등급

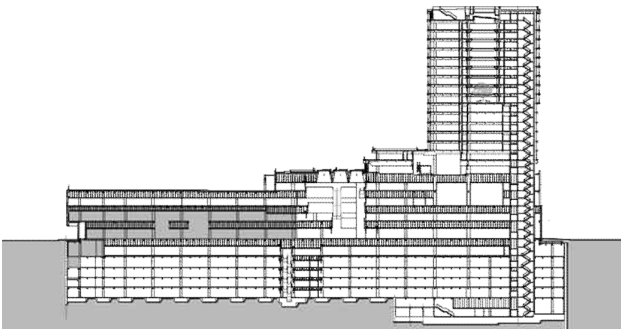
→ 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기, 신재생 모두 고려해야 ZEB 가능

◆ 인증 사례

- 대지면적: 약 130,000㎡
- 건축면적: 약 54,000㎡
- 연면적: 약 525,000㎡
- 규모: 지하 4층, 지상 15층
- 주 용 도: 숙박시설
- 인증 등급: 1+등급



※ 태양광 16,000㎡ 추가(수평) 자립률 20%, 1++등급



◆ 인증 사례

- 대지면적: 약 36,000㎡
- 건축면적: 약 21,000㎡
- 연면적: 약 301,000㎡
- 규모: 지하 6층, 지상 21층
- 주 용 도: 판매시설
- 인증 등급: 1+등급

※ 태양광 13,000㎡ 추가(수평) 자립률 20%, 1++등급

2 에너지관리시스템

◎ (현재) 에너지관리시스템

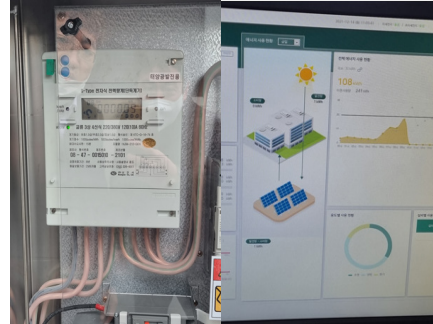
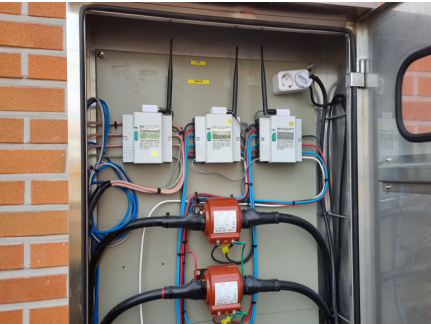
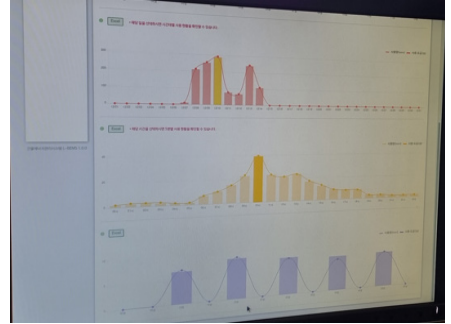


BEMS와 원격검침전자식 계량기

NO	평가항목	BEMS	원격검침
1	데이터 수집 및 표시	○	○
2	정보감시	○	권장
3	데이터 조회	○	○
4	에너지소비 현황 분석	○	○
5	설비의 성능 및 효율분석	○	권장
6	실내외 환경 정보 제공	○	-
7	에너지 소비량 예측	○	권장
8	에너지비용 조회 및 분석	○	○
9	제어시스템 연동	○	-
10	계측기 관리	-	○
11	데이터 관리	-	○

NO	평가항목	평가방법
1	데이터 수집 및 표시	건물 전체 에너지를 관리하고 표시하는 기능 평가
2	정보감시	수집되는 에너지 정보를 확인 및 관리 기능 평가
3	데이터 조회	건물에너지관리시스템(전자식 원격 검침시스템)을 통하여 수집된 정보의 조회 기능 평가
4	에너지소비 현황 분석	에너지 소비 현황 파악 및 증감 요인 분석 기능 평가
5	설비의 성능 및 효율분석	에너지 사용 설비의 효율을 분석하고 에너지 효율화방안을 도출하는 기능 평가
6	실내외 환경 정보 제공	외기 및 실내의 온도와 습도 등 정보를 분석 및 제어에 활용하는 기능 평가
7	에너지 소비량 예측	건물의 운영에 따른 에너지소비량을 예측하는 기능 평가
8	에너지비용 조회 및 분석	에너지 비용을 파악하고 비용 절감 방안을 도출하는 기능 평가
9	제어시스템 연동	에너지 효율적인 방향으로 설비를 제어하는 기능 평가
10	계측기 관리	데이터를 제공하는 계측기의 관리 수준 평가
11	데이터 관리	데이터 관리 절차 등 수준평가

◎ (현재) 원격검침



◎ (현재) BEMS



◎ (변경안) 에너지관리시스템

‘건축물에너지관리시스템(녹색건축법 제6조의2제2항)’으로 명칭 개선

전자식 원격검침계량기

건축물에너지관리시스템

건축물에너지관리시스템

● 필수, ◐ 권장

[현 행]

• 산업부 공공 BEMS 설치확인 기준 및 KS 항목
• 국토부 ZEB 전자식 원격검침계량기 필수 6개, BEMS 필수 9개 항목

평가항목 구분		산업부		국토부		
		BEMS	KS	전자식 원격검침계량기	BEMS	
공동	1	●	-	-	-	
	2	●	-	-	-	
설치확인	3	●	●	●	●	
	4	●	●	◐	●	
	5	●	●	●	●	
	6	●	●	●	●	
	7	●	●	◐	●	
	8	●	●	◐	●	
	9	●	●	●	●	
	10	●	●	-	●	
	11	●	●	-	●	
	운영성과 확인	12	●	-	-	-
		13	●	●	-	-
ZEB 기준	14	-	-	●	-	
	15	-	●	●	-	



[개 선]

건축물에너지관리시스템
필수 6개 항목, 권장 7개 항목

평가항목 구분	필수여부
1	●
2	●
3	●
4	◐
5	●
6	●
7	◐
8	◐
9	◐
10	◐
11	◐
12	●
13	◐

① 일반사항, 시스템 설치항목 추가
② 계측기 관리, 데이터 관리 항목 삭제 (종합 유지 관리로 변경)

ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)

필수·권장 항목 적용

필수항목	<ul style="list-style-type: none"> • 일반사항 등 6개 항목 의무 관리 • 단, 10,000㎡ 미만 건물은 ①에너지사용량(원별) ②신재생에너지생산량만 확인(기준 개선)
권장항목	<ul style="list-style-type: none"> • 정보감시 등 7개 항목은 건축물 규모, 에너지사용량, 설비의 복잡성에 따라 선택하여 관리

신설 항목 내용

신설항목	<ul style="list-style-type: none"> • (필수) 일반 사항 - 건물 유형 설비 종류 및 관제점 일람표 작성 등 공통사항 • (필수) 시스템 설치 - 계측기 관리 대장, 운영 매뉴얼, 관제점태그 생성규칙, 데이터 처리절차 문서화 등 • (필수) 종합유지관리 - 시스템 정상작동 및 데이터 수집 여부 확인 및 시정, 계측기이력관리 및 교정 • (권장) 시스템 확장성 - 설비 등 증개축에 따른 추가 데이터 축적 관리 가능성
------	---

ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)

◎ 참고서적 및 사이트

1. Zero Energy Building 인증안내서 2020 ver2
2. 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준
3. 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침
4. 건축물에너지효율등급인증시스템 <https://beec.energy.or.kr>
5. 제로에너지건축물인증시스템 <https://zeb.energy.or.kr>
6. ZEB 인증제도 개선사항 안내(한국에너지공단, 2024. 5. 28.)
7. <https://pixabay.com/>