

함기 것이 되고 때에 것이 되고 내라이 것이 되고 에 따지고 박이 전신이 되는 것

서울에너지드림센터 Seoul Energy Dream Center

울에너지드림센터 Seoul Energy Dream Center



서울에너지드림센터 적용 기술 현황

2012 vs. 2017

서울에너지드림센터 시설연구팀장 이선우



Passive House

플러스에너지 하우스

잉역에너지 생산 및 판매

제로에너지 하우스

신재생에너지 적극 도입

1.51 하우스

패시브하우스 (EU 2013년 의무화)

3*l* 하우스

세미패시브하우스

71 하우스

저에너지 건물 (독일 건축물 에너지설계 기준, 2002년 제정)

171 하우스

2001년 이후 건물 (에너지절약설계기준 도입 후)

221 이상 하우스

2001년 이전 건물 (에너지절약설계기준 도입 전)

401 하우스

유리커튼월 건축물

Die fünf Grundprinzipien
The five basic principles



- A. Superinsulation
- B. Very low thermal bridges



Passive house*를* 위한

요소기술

C. Compact building form



D. High efficiency window



E. Excellent air-tightness

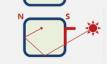


F. High-efficiency equipment



G. Ventilation system with very high heat recovery





1㎡당 1년 동안 사용되는 난방 등유의 양으로 표현 e.g.) 101 하우스: 1㎡당 1년에 10리터의 등유를 사용하는 집

http://www.passipedia.org/basics

Zero-Energy Building

■ 제로에너지 건축물이란?

단열재, 이중창 등을 적용하여 건물 외피를 통해 외부로 손실되는 에너지양을 최소화하고 태양광·지열과 같은 신재생에너지를 활용하여 냉난방 등에 사용되는 에너지로 충당함으로써 에너지소비를 최소화 하는 건물

Characteristics of a Zero-Energy House

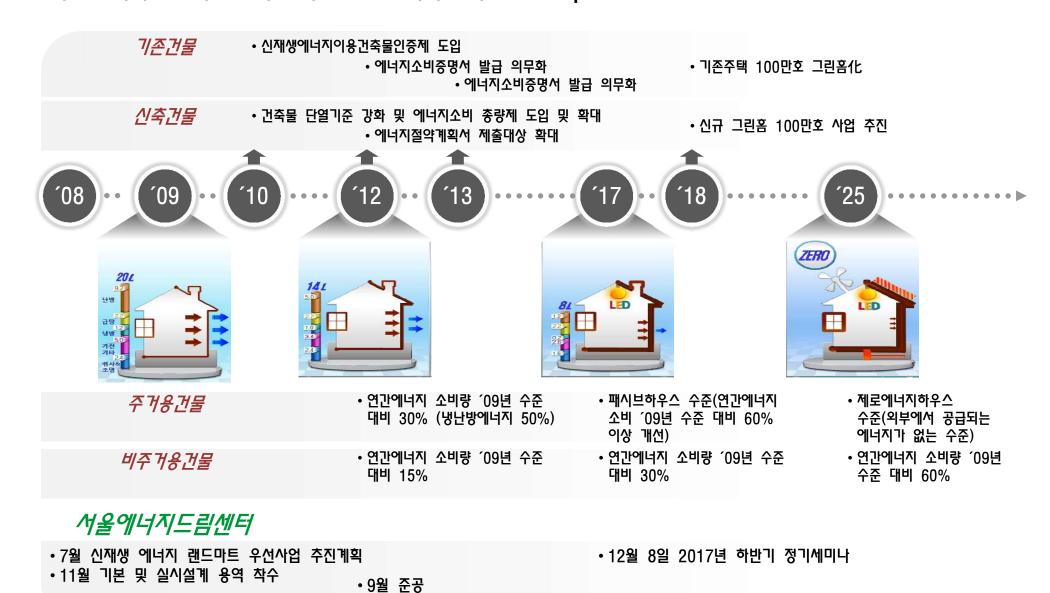
- Correct orientation
- Form as compact as appropriate for the climate and function
- Extensive use of white or very light colored surfaces
- Super-insulated walls, roof, and floor
- Airtight construction with a heat recovery unit for ventilation
- High-performance, properly oriented windows
- Windows fully shaded in summer
- Passive solar space heating
- Active solar domestic hot water
- High-efficiency appliances
- High-efficiency electric lighting
- High-efficiency heating and cooling equipment (e.g., earth-coupled heat pump)
- Photovoltaics on roof that produce the small amount of electricity still needed



Zero-Energy Building

• 12월 착공

■ 건물 부분에서의 온실가스 감축을 위한 건물 에너지 절약 Road Map



• 12월 개관

월드컵 공원



1970's Beautiful island

Peaceful island full of grass and various orchids, called duck island as home of migratory bird.











1978 ~ 1993 Landfill site

Buried 97 million tons of garbage for 15 years from 1978 to 1993. 8.5ton cargo truck x 13 million trucks











1991 ~ 1996 Eco-friendly park

Hanuel park and Noeul park with average 95m height







서울에너지드림센터

■ 시설규모: 연면적 3,777m²(지하1층, 지상3층), 대지면적 13,104m², 건축면적 2,066 m²

■ 건축주: 서울특별시

■ 설계 : 프라운호퍼 컨소시움 (원설계/Fraunhofer(독일) + 국내설계/㈜Parsons Brinckerhoff)

■ **감리** : 길 종합건축사사무소

■ 시공: 대경건설㈜

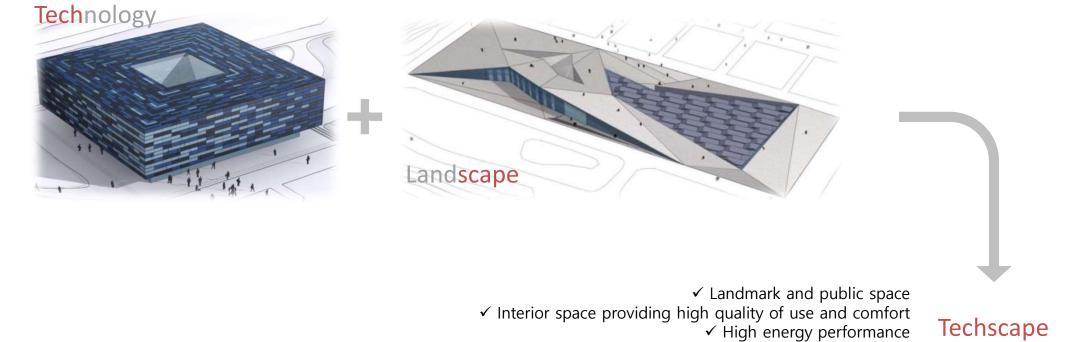
■ ZEB 특징 : 패시브 요소(70%), 액티브 요소(30%) 적용

■ **에너지효율등급** : 1등급 (1차에너지소요량 53.5 kWh/m²yr.) → *현재의 등급제도에서는 1+++등급에 해당*

■ **친환경건축물인증** : 우수(그린2등급)



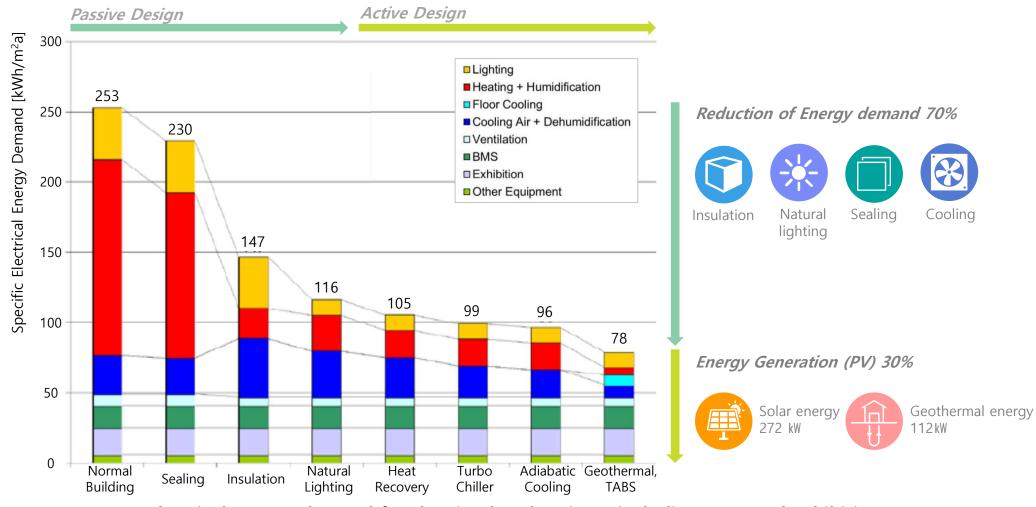
Design Concept





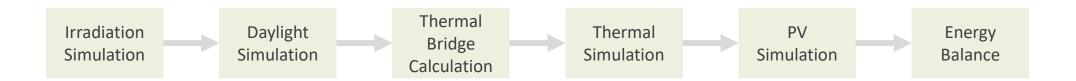
ZEB Strategy





<Electrical energy demand for the simulated variants including BMS and exhibition>

Optimization



Passive design

- 고단열 외피 (패시브하우스 기준 자동조명제어 시스템4) 적용) (1)
- 외부 자동 베네시안 블라인드 ② 고효율 냉난방시스템 (히트펌프,
- 자연채광 활용 ③

Active design

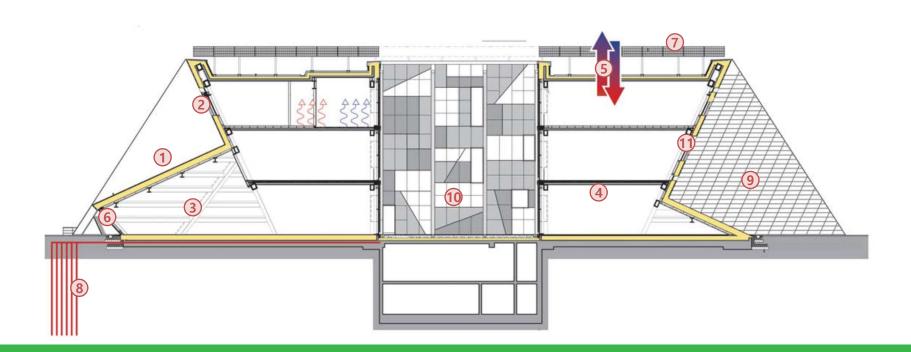
- 폐열회수 환기시스템 (고효율 • 열교차단+고기밀외피 AHU-단열냉각, 현열교환기) (5)
 - 자기 베어링 터보 냉동기) ⑥
 - 인버터 제어 순환펌프, 환기팬

Renewable energy

- 태양광 발전 시스템 (272kW) 7 바람개비 형태 반사벽 9

Architectural measures

- 지열 냉난방 시스템 (8) 중정을 통한 자연채광 유입 (10)
 - 역삼각형 입면 (경사진 벽) 🕕



Passive design

고단열 외피

- 패시브하우스 기준 단열 성능 확보
- 일반 건축물 성능 대비 3배 강화된 벽체시스템 적용

구분		열관류율 (U-value) [W/m²K]		
		적용	패시브하우스 기준	법규 기준*
외벽	수직벽 (중정)	0.111	0.15	0.26
	경사벽	0.139	0.15	
지붕	평지붕	0.119	0.12	0.15
	경사지붕	0.110	0.12	
바닥		0.107	0.15	0.26
창호	수평띠창, 중정 커튼월	0.66	0.7	1.5
G 오	외부 커튼월	0.69	0.7	

* 건축물의 에너지절약 설계기준 (중부지역)



3중 유리

경사벽: 563mm

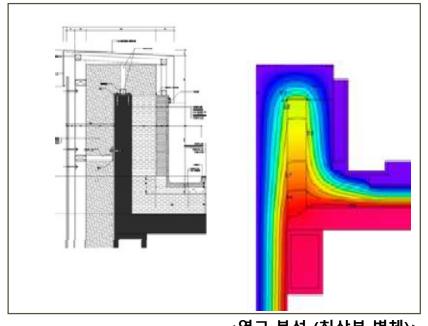
단열재(암면): 250mm

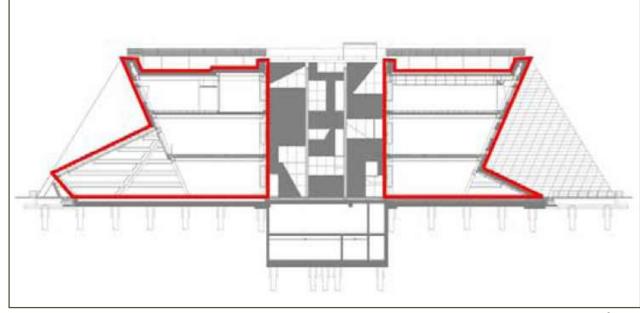
Passive design

열교차단 + 고기밀 외피

- 패시브하우스 기준 기밀 성능 확보
- 주요 기밀화 기법 : 연결부위 기밀 테이핑, 배관, 배선 관통부위 코킹, 시공 품질관리

	환기회수 [ach/h]		
구분	적용	패시브하우스 기준	법규 기준
침기량 (Depressurization)	0.38	0.6	
누기량 (Pressurization)	0.54	0.6 -	





<열교 분석 (최상부 벽체)>

<Blower Door Test 기밀면>

Passive design

외부 자동 베네시안 블라인드

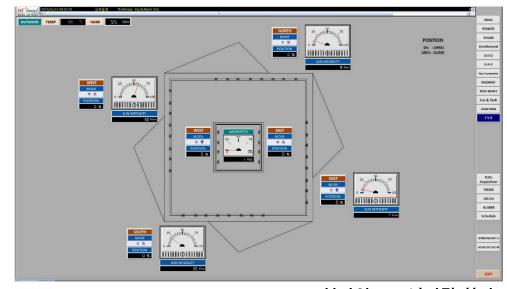
- 블라인드 수 : 56개 (건물 외측 32개, 중정 24개)
- 외부 환경 감지 : Sun, Wind, Wind Direction, Outdoor Temperature, Rain 센서 사용
- 한계 최대풍속 : 15m/s (54km/h)

블라인드 제어시스템

- 제어 기준 조건 : 건물 운영시간, 풍속/풍향, 일사량, 기상 상태(비, 눈, 최저온도),
- 기능 우선순위 : 안전→수동→타이머→에너지절약→쾌적
- 에너지 절약 기능
 - 난방에너지 절약 : 실내온도가 기준값 이하일 경우 일
 사량의 크기에 따라 개폐 제어
 - 냉방에너지 절약 : 냉방 시 일사 유입 차단
- 제어 변수 : 차폐 높이, 슬랫 각도(일별 3개의 각도와 제 어 시간을 월 단위로 설정)
- 재실자 제어 (리모컨) : 14개 (27개 제어 그룹)



<블라인드 제어시스템 초기 화면>



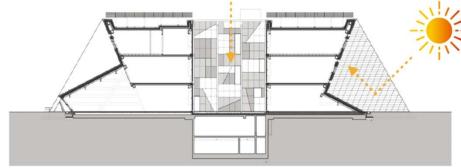
<블라인드 모니터링 화면>

Passive design

자연채광 활용

- 중정을 둠으로써 실의 깊이를 줄여, 모든 곳에 자연광이 다다를 수 있도록 계획
- 인조 대리석 경사벽을 통한 자연채광 반사 (반사율 60%)
- 자동 외부 블라인드에 의한 현휘 방지







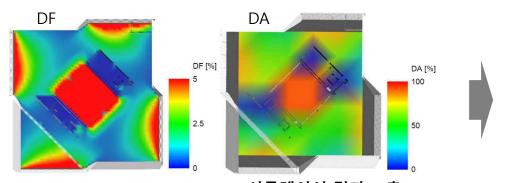


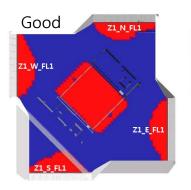


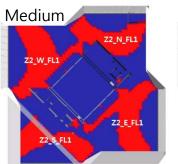
빛환경 분석

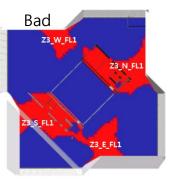
- Radiance를 활용한 빛환경 시뮬레이션 실시
- Daylight Factor (DF) : 건물 내 대부분의 공간에서 2% 이상
- Daylight Autonomy Factor (DA) : 100lx와 300lx에 대한 평가 실시

→ 자연채광 성능에 따라 Good/Medium/Bad로 구분하여 조명기구 구획









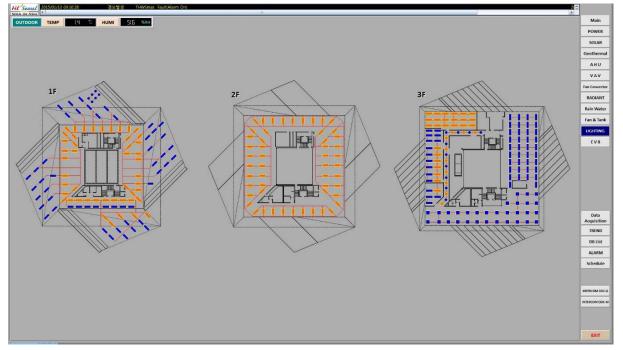
<시뮬레이션 결과 (1층)>

<자연채광 성능에 따른 조닝>

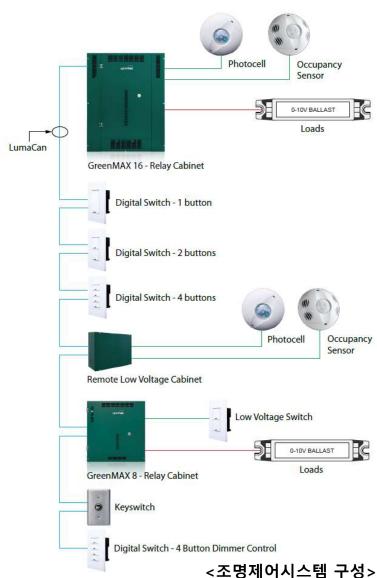
Active design

자동 조명제어시스템

- 조명 기기 : 디밍 기능이 있는 T5와 LED 조합
- 조명제어시스템 : GreenMAX™ (미국 LEVITON社)
- 조도센서와 재실센서 설치
- 공간 사용 목적 및 스케줄에 따라 12가지 제어 모드 적용



<조명시스템 중앙 모니터링 화면>



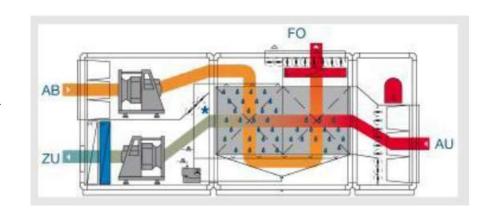
Active design

열회수 환기시스템



증발냉각 → 간접냉각방식 적용

- 여름철 외부 공기가 고온다습할 경우 → 외부공기에 물을 분무 하여도 물이 증발하지 않아 공기의 온도가 낮아지지 않음
- 외기보다 상대적으로 건조한 외부로 버려지는 공기에 물을 분무 하여 온도를 낮춤 → 온도가 낮아진 공기와 공조기로 유입되는 외기와 열교환 하여 외기의 온도를 낮추는 방법

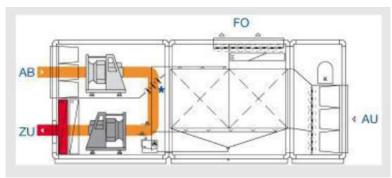


Active design

열회수 환기시스템 - 운전모드

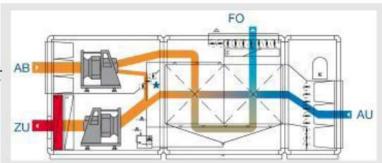
동절기

- 일과시간 전 예열
- 실내공기 재순환 하며 가열
- 혹한기 운전 방법



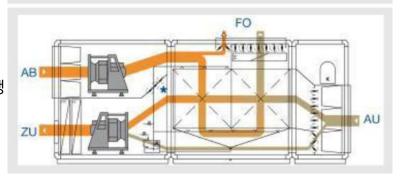
동절기

- 실내 CO₂ 농도에 따라 외기량 결정
- 실내공기는 일부만 AB 지순환하며 가열
- 배기로부터 냉열 또는 온열 회수하 여 에너지 절감



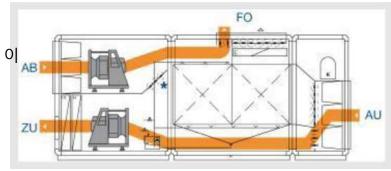
중간기

- 외기 직접 공급
- 열회수 이용하거 나 약간의 외기 냉 방 시도하여 실내 부하 조절



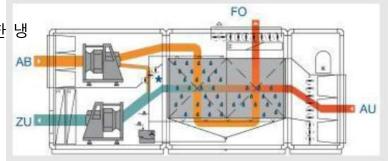
중간기

- 외기온도 17℃ 이 하, 실내온도 27~28일 경우
- 외기냉방



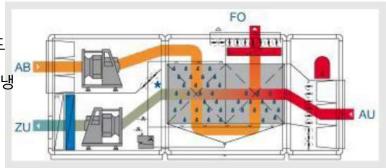
하절기

- 증발냉각에 의한 냉방부하 조절
- 냉각 제습



하절기

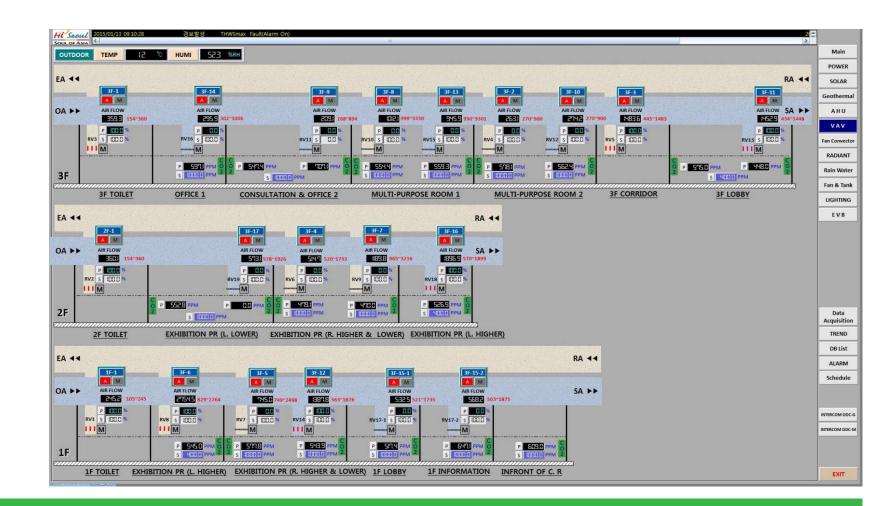
- 장마철 외기온도 와 습도 상승 시
- 증발냉각 제습, 냉 각코일 제습



Active design

열회수 환기시스템 - 제어

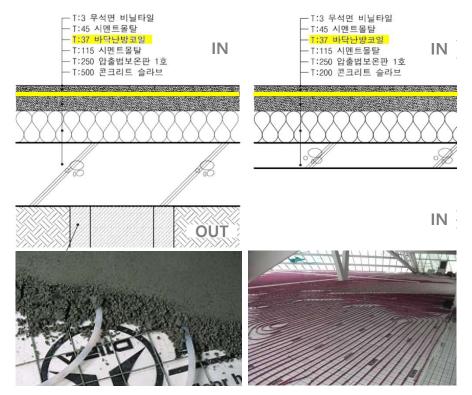
- 각 존 별 CO₂ 센싱에 의한 공기질 관리
- 존 별 VAV의 댐퍼의 개폐 조절 → 풍량 제어

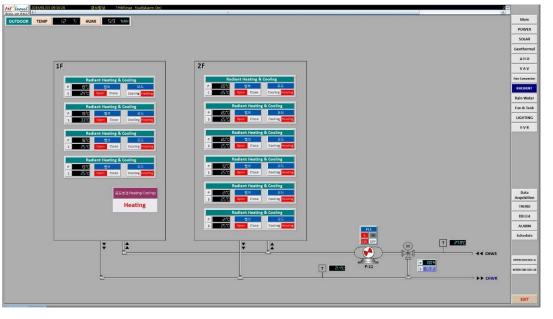


Active design

TABS

- 1, 2층 냉난방 담당 → zone별 실온에 의해 냉온수 공급
- 존별 유량 제어
- 관경 : 10 또는 15A, 피치 : 100mm
- PE-Xa pipe





<슬라브 단면도 및 시공사진>

<TABS 모니터링 화면>

Active design

TABS

Underfloor radiant heating

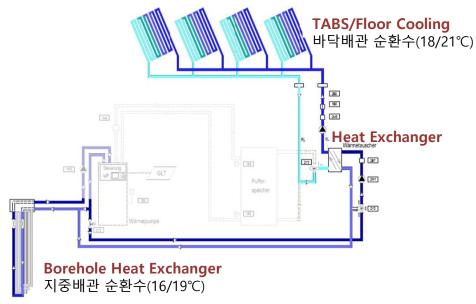
• 히트펌프(전기로 구동)로 온수를 생산, 바닥배관에 공급

• 히트펌프 증발기측 가열을 위해 지중순환수 이용

내관에 공급 이용 Heat Exchanger 사용 안함 Borehole Heat Exchanger 지중배관 순환수(6/0℃)

Underfloor radiant cooling

- 지중배관 순환수와 바닥배관 순환수간 열교환
- 펌프동력 외에는 전력소비 없음
- 지중배관 순환수 온도가 높아 냉방용량이 부족할 경우, 터보 냉동기(백업용)로 냉수를 만들어 공급

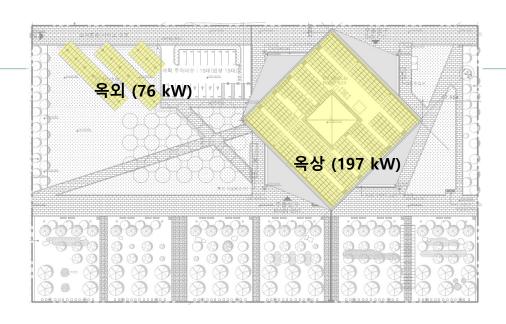


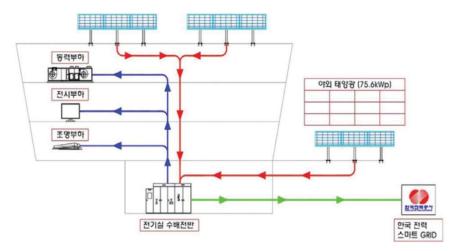
TABS/Floor Heating 바닥배관 순환수(35/30℃)

Renewable energy

태양광 발전 시스템

- 태양광 발전용량 : 272.16[KW/h]
- 태양전지모듈 315Wp x 864매 (SUNPOWER 19.37[%])
- 설치 소요면적 : 1063 m² (1.23 m²/1매)
- 계통연계형 인버터 100KVA 3대 (220V/380v, 60Hz, 90% 이상 효율)
- 고정형 어레이, 중규모, 평판형태양전지모듈





- 전력 생산 원활 → 건물 소비 전력을 모두 충당하고 잉여 전력은 한전에 역송전
- 조정부아 전기실 수배전반 한국 잔력 스마트 GRID

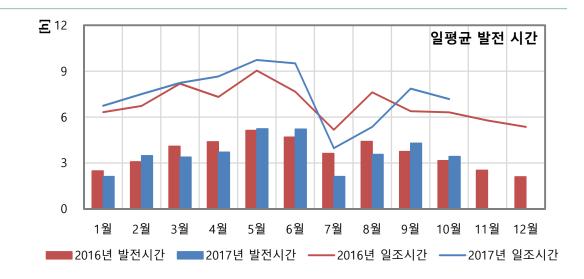
• 전력 생산 원활하지 못할 경우 → 부족한 전력을 한전에 서 수전

<전력 흐름도>

Renewable energy

일평균 태양광 발전 시간

- 프라운호퍼 설계시 : 2.77[h/일] (1011[h]/365[일])
- 서울지역 일평균 일조 시간 : 7.12[h/일]
- 서울에너지드림센터 일평균 발전 시간 : 3.6[h/일]



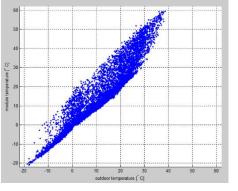
발전 예측치와 실제 발전량 비교

- 시뮬레이션 예측치 < 실제 발전량
- 태양광 발전 패널 효율 : 연간 0.5% 효율 저하 (일반적으로는 연간 1~2% 정도 저하)
- 상대적으로 낮은 모듈온도





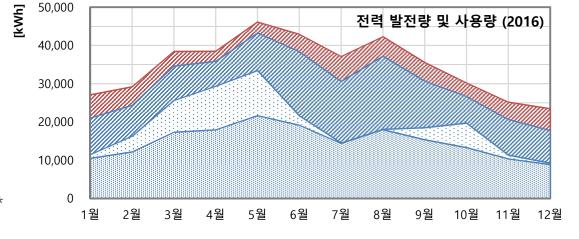




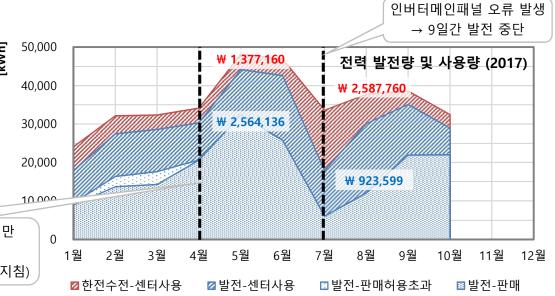
Renewable energy

태양광 발전량과 전력 소비량 (2016년 기준)

- 총 발전량 : 361,029 kWh/yr
- 총 소비량 : 181,287 kWh/yr
- 총 소비량 대비 한전 수전량 : 평균 32%, (22~42%)
- 센터 전기요금: 130~200만원/월
 → 태양광 발전시설이 없을 경우 250~460만원/월
- 한전 송전율 : 발전량의 최대 76% 송전 (2017년 4월* 이후)



→ 2018년 ESS 도입 추진



* 자가용발전설비설치자의 생산전력 50% 미만 판매 허용 제한 조항 폐지 (소규모 신재생에너지발전전력의 거래에 관한 지침)

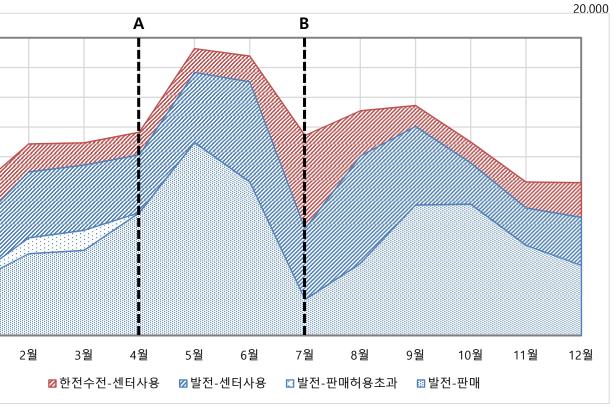
Renewable energy

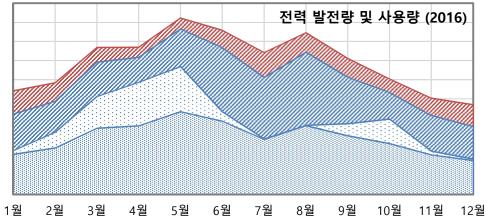
태양광 발전량과 전력 소비량 (2016년 기준)

• 총 발전량 : 361,029 kWh/yr

• 총 소비량 : 181,287 kWh/yr

• 총 소비량 대비 한전 수전량 : 평균 32%, (22~42%)

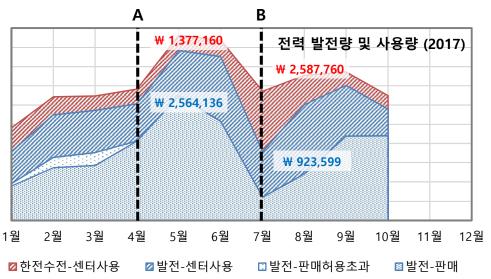




50,000

40,000

30,000



Renewable energy

ESS 도입 - 경제적 효과

2016년				
구분	전력량 kWh]	요금 [원]		
발전량	361,029	-		
한전 수전량	55,162	-21,441,020		
센터 사용량	-186,979	-		
송전량³)	-179,009	13,504,374		
전력손실	-50,203	-		
합;	-7,936,646			

2017년 예상				
구분	전력량 [kWh]	요금 [원]		
발전량	361,029	_		
한전 수전량1)	55,162	-21,441,020		
센터 사용량	-186,979	_		
송전량3)	-229,212	17,591,257		

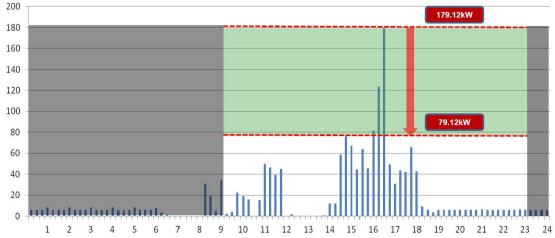
ESS 구축 시			
구분	전력량 [kWh]	요금 [원]	
발전량	361,029	_	
센터 사용량	-186,979	-	
송전량	-174,050	13,357,788 ²⁾	

합계	-3,849,763
----	------------



2016년 대비 4,086,882원 손실 제대항광 발전이 불가봉에 제상되면하진, 관전통 부원 최원병원 전략전

2) 판매단가(2016년 SMP 기준가격 평균): 76.75원/kWh 179.12kW 3) 전기사업법 시행령(2017.3.2.) 개정으로 인하여 송전량 증가



계약전력: 300kW

• 최대전력 : 179.12kW ('15.7.23 16:30 발생)

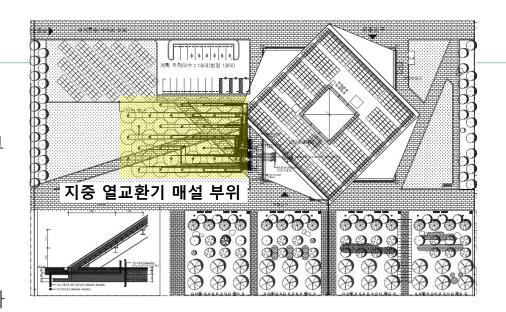
• ESS 설계안 : Peak cut 100kW

(배터리 134kWh & PCS 100kW 구성)

Renewable energy

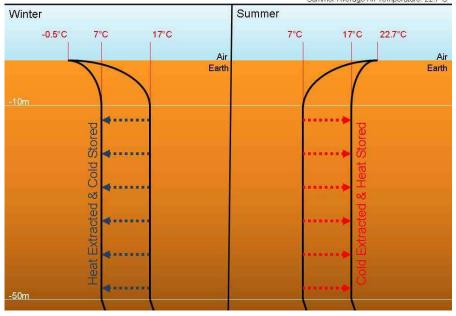
지열 냉난방 시스템

- TABS, Convector, AHU 및 급탕에 필요한 열에너지 공급
- 수직 밀폐형, 50.2m 깊이의 37개 보어홀 (→ 3개 버퍼탱크 로 연결)
- 지중 열교환기 : 길이 100.4m, 관경 30mm
- 사용 유체 : 물
- 용량 : 50W/m (난방), 20W/m (냉방)
- 준공 전 지중열전도도 시험성적서에는 입출구 평균온도차 가 4.1℃로 기재되어 있으나, 운영 결과 약 2℃ 정도의 온 도차 나타남



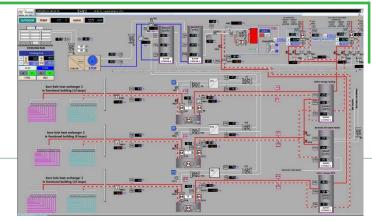
SOIL TEMPERATURES WITH GEOTHERMAL SYSTEM

Annual Average Air Temperature: 11.5°C Winter Average Air Temperature: -0.5°C Summer Average Air Temperature: 22.7°C

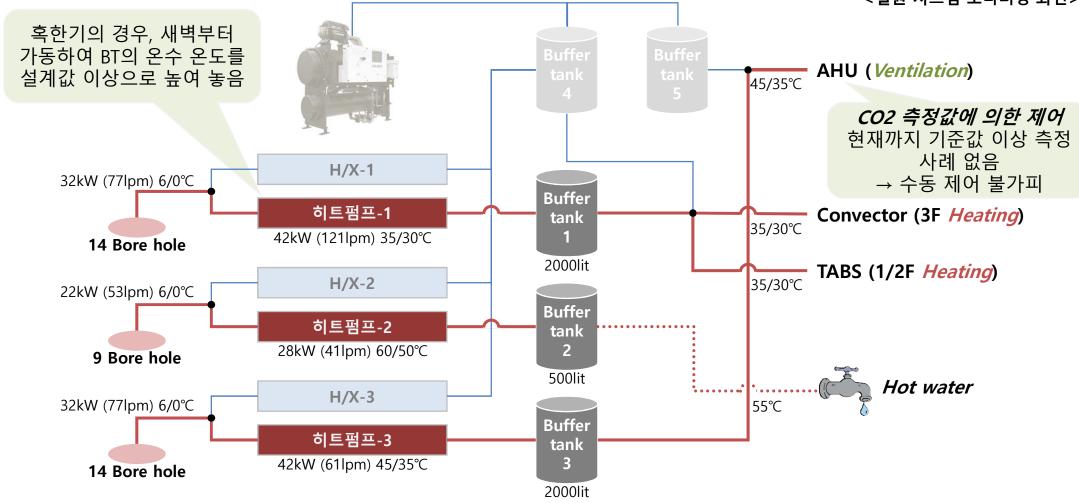


시스템 구성 및 운영

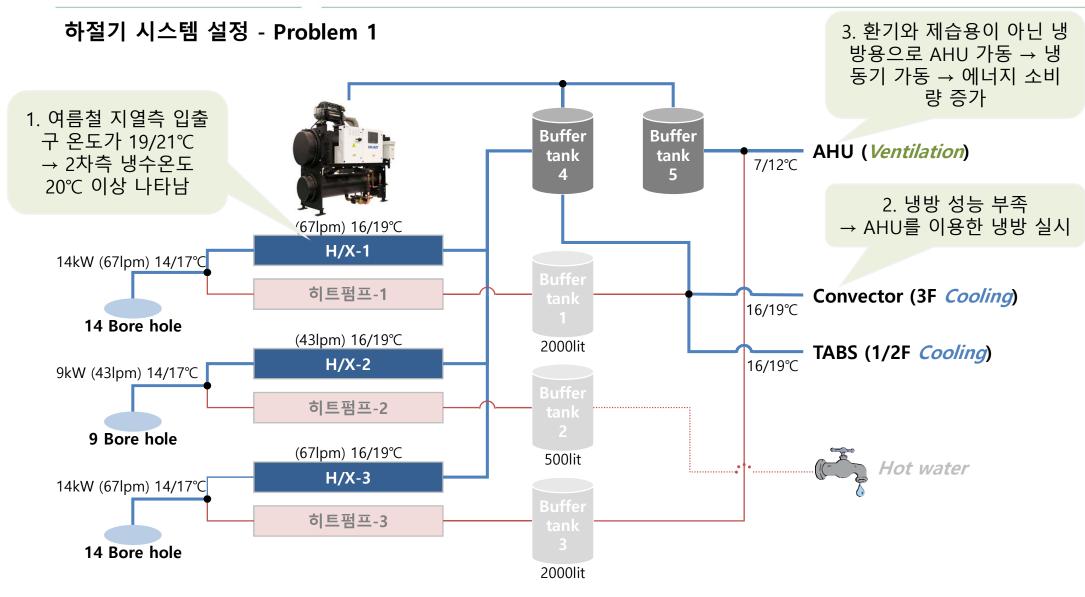
동절기 시스템 설정



<열원 시스템 모니터링 화면>



시스템 구성 및 운영



시스템 구성 및 운영

제로에너지 건물 관리 - Problem 2

건물 운영 및 관리자는 제로에너지건물에 대한 이해를 하고 있는가?

- 서울에너지드림센터의 시설관리자 현황 : 전기·소방 기술자, 냉동가스 기술자
- 제로에너지건물의 경우 일반 건물과 다른 시스템 구성과 운전 특성을 지님
- 관련 자격 시험에는 패시브하우스, 제로에너지건축물, 지열, 태양광 발전 등에 대한 내용이 없음 → 관련 지식 없이 시설관리를 하게 됨
- 최근 관련 기관 및 연구소에서 실무자 교육 프로그램 개설/운영 → 자격 시험이 아닌 교육 이수(1일~5일 기간)의 수준, 필수가 아닌 선택!!
- 기존 건물관리 관련 자격 시험에 신재생에너지, 제로에너지건축물 등의 내용 포함
- 'ZEB 관리자'에 대한 자격 신설
- 직원교육프로그램 구축



시스템 구성 및 운영

제로에너지 건물 관리 - Problem 3

ZEB 건축·설비시스템에 대한 유지관리, 보수는?

- 건물 운영 중 초기 세팅의 변경이 필요하거나 시스템 오류가 발생할 경우 → 일반적으로 시스템 운전 매뉴얼 참조하여 관리
- 서울에너지드림센터 설비시스템의 국적

시스템	제조사	국적	시스템	제조사	국적
AHU	Menerga	독일	VAV	TROX TECHNIK	독일
냉동기	SMARDT	캐나다	히트펌프	Viessmann	스위스
조명제어시스템	LEVITON	미국	외부 블라인드 제어시스템	SOMFY	프랑스
자동문	TORMAX	스위스	3중 유리/가스켓	-	미국/독일

- 외산 제품 매뉴얼: 번역본 (오역 또는 생략된 부분 다수), 영문 매뉴얼 (일부 제품에 한하여 요약본 보유)
 - → 관리 인력으로 시스템 관리의 어려움 발생
 - → 관리업체 또는 전문가를 통한 관리 실시 → 관리비용 발생
- 건축·설비시스템의 국산화
- 시스템 매뉴얼 관리 철저

시스템 구성 및 운영

제로에너지 건물 관리 - Problem 4

ZEB 건축·설비시스템 운영 모니터링?

- SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) system 운영: 190개 포인트, 30초 간격 계측
- 히트펌프와 냉동기의 경우 성능효율 모니터링을 위해 별도 모니터링 시스템 (ClimaCheck Online, 스웨덴) 운영 : 29개 포인트, 1분간격 계측
- → 588,960 data /day, 214,970,400 data/yr
- 제로에너지 건물의 경우, 철저한 모니터링과 데이터 분석을 통한 관리가 요구됨
- 건물의 규모가 커지고 시스템이 복잡해질수록 *데이터 관리를 위한 전문 인력 배치 필요*



시스템 구성 및 운영

제로에너지 건물 관리 - Problem 5

제로에너지 건물의 거주자와 관리자는 에너지 절약을 실천하고 있는가?

- 현재 ESS (energy storage system)이 구축되어 있지 않음 → *발전량 센터 소비량 = 한전 송전*
- 한전 송전 시 SMP 기준단가 적용 : 송전량에 따라 금액차가 크지 않음
- 건물 거주자와 관리자의 에너지 절약의 당위성 부재
- 철저한 소비량 예측을 통한 발전량 산정 필요 → 과도한 시설투자 및 운영 비용 발생 방지
- *Ess의 구축* : 발전이 불가능한 야간 및 흐린 날을 위한 저장
- Micro Grid의 도입 : 잉여 에너지를 주변의 건물에 공급
- 건물 거주자 및 관리자에 대한 에너지 절약 실천 의지





감사합니다.

서울에너지드림센터 시설연구팀장 이선우

lab1@seouledc.or.kr

070-8853-9740

