

제로에너지 건축물 구현을 위한 기획, 설계 방안

- 단독주택단지 사례를 중심으로

2021.06.17

사단법인 한국녹색건축기술협회(KOSATA) 이사

(주) 미래환경플랜 건축사사무소

박창영 대표이사

제로에너지 건축물 구현을 위한 기획, 설계 방안

- 단독주택단지 사례를 중심으로

목차

1. 제로에너지 건축물이란?

- 1.1 그린뉴딜 시대의 제로에너지 건축물
- 1.2 제로에너지 건축물 인증제도 및 현황
- 1.3 제로에너지 건축물 구현

2. 제로에너지건축물 실무 사례

- 3.1. 패시브 우수 사례
- 3.2 액티브 / 신재생 우수 사례

1. 제로에너지 건축물 이란?

- 1.1 그린뉴딜 시대의 제로에너지 건축물
- 1.2 제로에너지 건축물 인증제도 및 현황
- 1.3 제로에너지 건축물 구현

국가적 정책 방향

• 제로에너지건축, 건축을 넘어 도시로! (국토교통부, 제로에너지건축 보급 확산 방안 발표) _ 2019. 6. 21.

국토교통부		보도자료	
국토교통부	2019. 6. 21.(금) 총 14매(본문 7, 붙임 7)	보다나온 정부	
담당부서	녹색건축과	담당자	• 과장 김태오, 사무관 김준, 주무관 이연주 ☎ (044)201-3768, 3769, 3774
	공공주택추진단	담당자	• 단장 김규철, 사무관 김수현 ☎ (044)201-3352, 4441
	국가건축정책위원회	담당자	• 서기관 박기범, 사무관 박선정 ☎ (02)397-5504, 5516
보도일시	2019년 6월 21일(금) 조간부터 보도하여 주시기 바랍니다. ※ 통신·방송·인터넷은 6. 20.(목) 11:00 이후 보도 가능		

제로에너지건축, 건축을 넘어 도시로 이제 시작합니다.
- 국토교통부, 제로에너지건축 보급 확산 방안 발표 -

- ◆ 제로에너지건축 단계적 의무화 추진
 - '20년 1천㎡ 이상 공공건축물을 시작으로 '30년까지 단계적 의무화 추진
 - [20년] 공공(1천㎡) → [25년] 공공(5백㎡), 민간(1천㎡) → [30년] 모든건축물(5백㎡)
- ◆ 지구단위 제로에너지 시범사업 추진
 - 시범사업지구로 "구리시 갈매역세권, 성남시 복정1" 공공주택지구 지정
 - 시범사업 성과를 바탕으로 향후 3기 신도시 등으로 확대 검토
- ◆ 다양한 유형의 건축물 맞춤형 확산 추진
 - [공동주택] 과천·화성·인천에 3개 제로에너지 시범단지(2,389호) 추진
 - [단독주택] 세종·동탄2·부산에 임대형 단독주택단지(480호) 공급

- 내년부터 1천㎡ 이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 제로에너지 건축이 단계적으로 의무화되고, "구리시 갈매역세권", "성남시 복정1" 공공주택지구에 도시단위 제로에너지 시범사업이 최초로 시행된다.
- 국토교통부(장관 김현미)는 제로에너지건축 단계적 의무화를 위한 세부로드맵, 제로에너지개념을 건물에서 도시로 확대 적용한 "지구단위 제로에너지 시범사업" 등을 포함한 「제로에너지건축 보급 확산 방안」을 국가건축정책위원회 심의를 거쳐 6월 21일 발표하였다.

① ZEB 의무화 로드맵 개편

: 제로적 여건변화 등을 고려한 수정된 세부 로드맵에 따라 제로에너지건축 단계적 확대



② 대지 외(Off-Site) 신재생에너지 생산·인정제도 도입

: 대지 내(On-Site)에서 물리적 한계로 신재생에너지설비의 설치가 비효율적이거나 불가능한 문제를 해소하고, 지구·도시단위 제로에너지 확대 기반 마련
(건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준 개정, '19.3)



③ 건물에서 지구·도시 단위로 제로에너지 확산

④ 다양한 유형의 건축물(민간, 공동주택, 단독주택) 맞춤형 확산 추진

제로에너지 건축물 인증 기준

3가지 조건을 모두 충족해야 하며, 에너지자립률에 따라 등급별 인증 부여

•제로에너지 건축물 인증 등급 기준

- ZEB 1 : 자립률 100% 이상
- ZEB 2 : 자립률 80% 이상
- ZEB 3 : 자립률 60% 이상
- ZEB 4 : 자립률 40% 이상
- ZEB 5 : 자립률 20% 이상

1 건축물 에너지 효율등급 1++ 이상

2 에너지 자립률 20% 이상

3 BEMS 또는 원격검침전자식 계량기 설치



건축물 에너지효율등급 1++ 이상

건물의 에너지소요량을 바닥면적으로 나눠 에너지소비량 산출

건물에너지 해석 프로그램(ECO2) 평가

↓
주거용 : 90 kWh/m²·년 미만
비주거용 : 140 kWh/m²·년 미만

에너지자립률 20% 이상

건축물의 단위면적당 1차에너지소비량 대비 에너지생산량 비율

건물에너지 해석 프로그램(ECO2) 평가

↓
건물에서 사용하는 총 에너지중 신재생에너지 비율

BEMS 또는 계량기 설치

건물에너지관리시스템(BEMS) 또는 원격검침전자식계량기 설치

체크리스트 평가항목별 적용여부 판단

↓
에너지 사용량을 계측, 실시간으로 관리하는 시스템

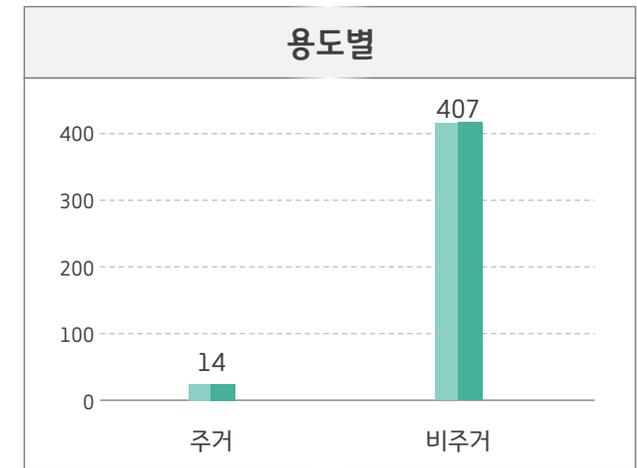
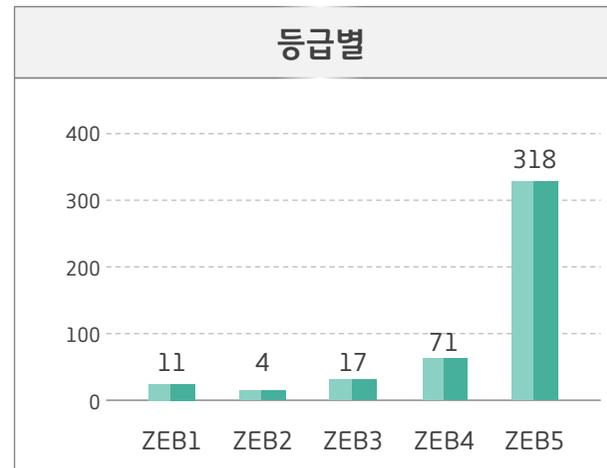
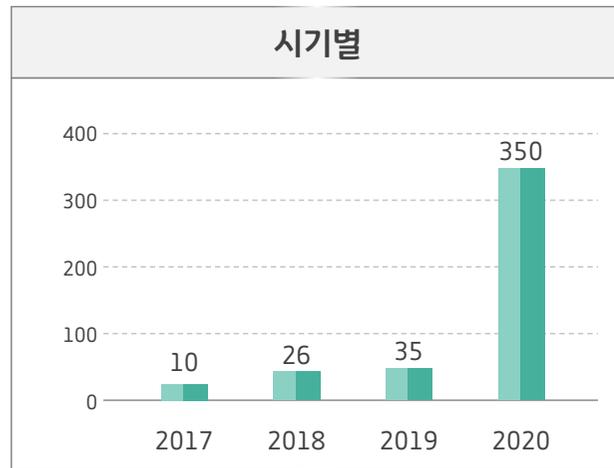
1.2

▶▶ 제로에너지 건축물 인증제도 및 현황

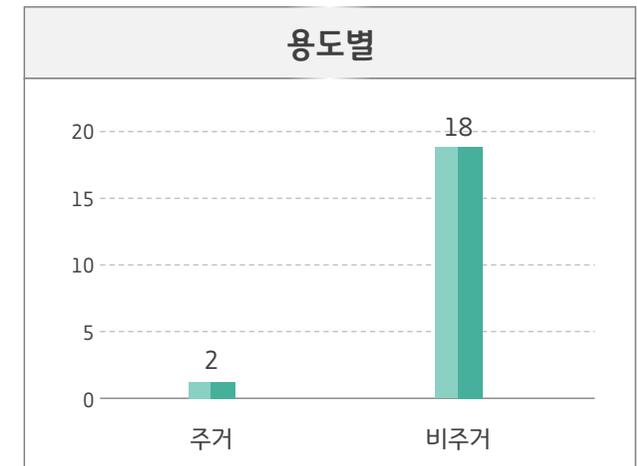
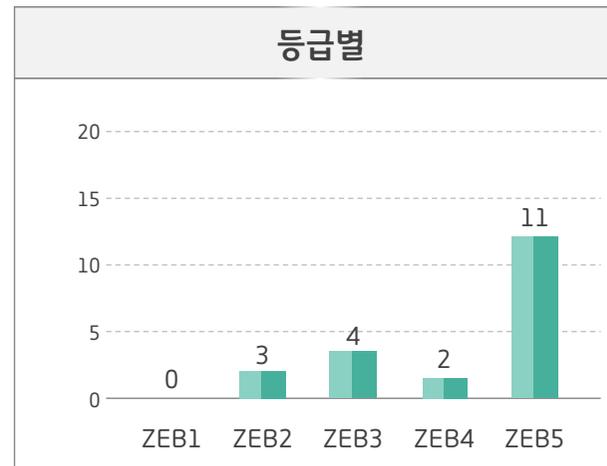
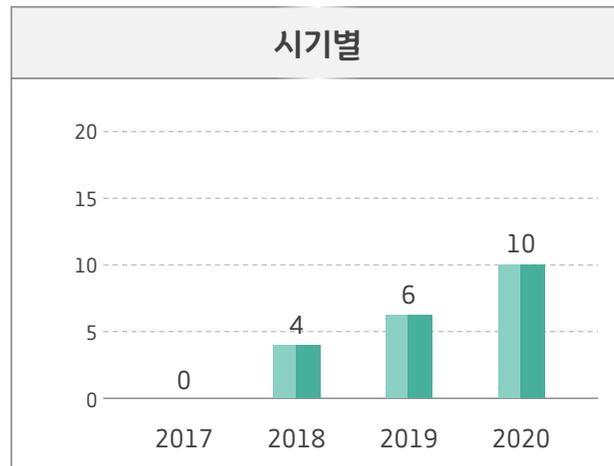
제로에너지 인증 현황

* 제로에너지빌딩 인증시스템(<https://zeb.energy.or.kr>) 20.11.03 확인

• 예비인증 - 총 421건



• 본인증 - 총 20건



1.2

▶▶ 제로에너지 건축물 인증제도 및 현황

제로에너지 인증 현황 _ (주거)

* 제로에너지빌딩 인증시스템(<https://zeb.energy.or.kr>) 20.11.03 확인

• 단독주택

구분	건물명	지역	구분	에너지자립률	인증등급	인증일자
1	운중동 L 프로젝트	경기	예비인증	85.05	ZEB2	20.02.11

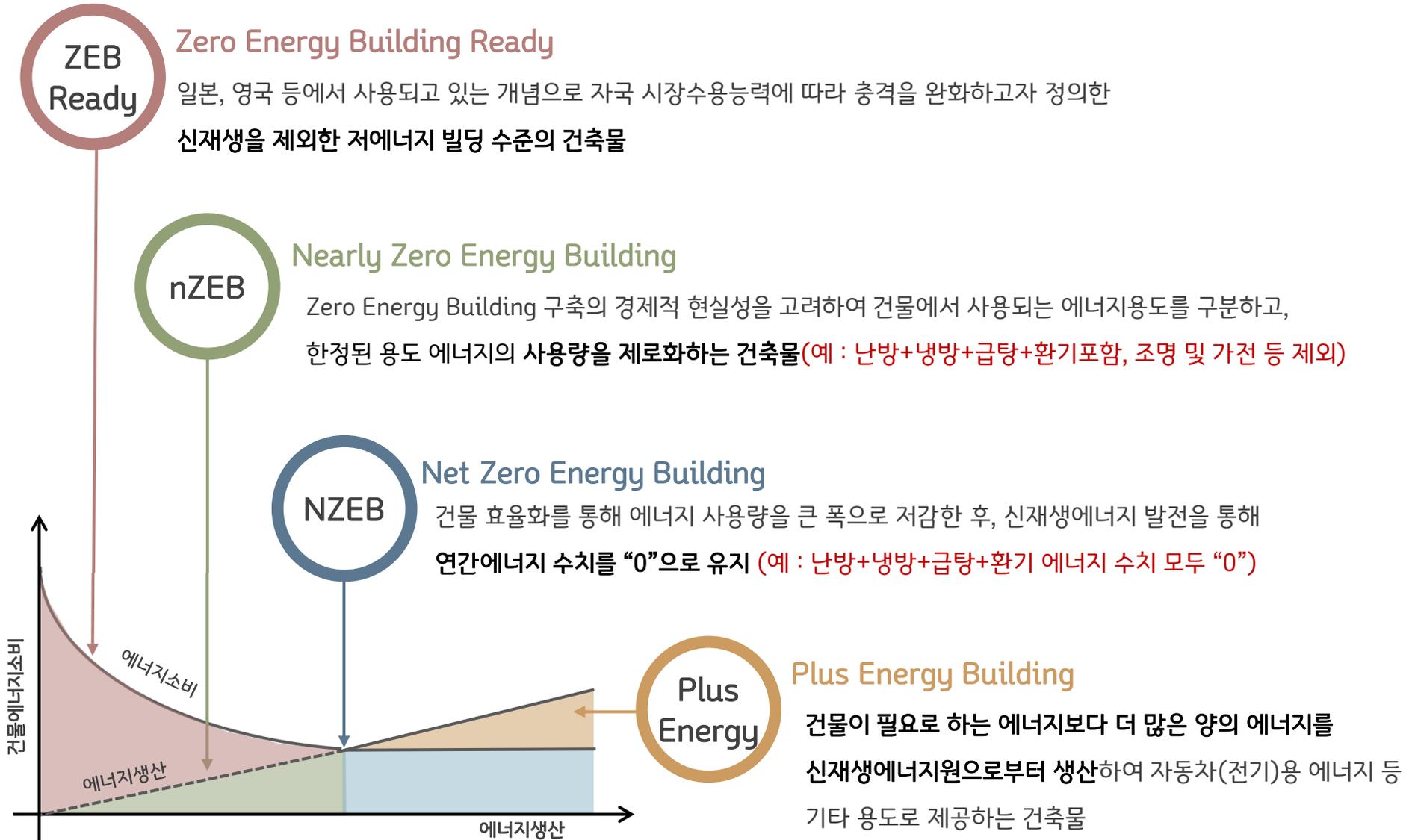
• 블록형 단독주택 단지

구분	건물명	지역	구분	에너지자립률	인증등급	인증일자
1	부산 에코텔타시티 스마트빌리지 건설공사(주거)	부산	예비인증	109.4	ZEB1	20.08.29
2	행정중심복합도시 1-1 생활권 B12BL (세종 로렌하우스)	세종	본인증	83.13	ZEB2	20.03.09
3	오산세교 패시브하우스 임대주택 (524-2 외58동)	경기	예비인증	29.56	ZEB5	17.07.13
4	패시브하우스 임대주택 B12-1, 2BL	세종	예비인증	35.48	ZEB5	17.07.13
5	김포한강 패시브하우스 임대주택	경기	예비인증	31.56	ZEB5	17.07.13

• 공동주택

구분	건물명	지역	구분	에너지자립률	인증등급	인증일자
1	화성 남양뉴타운 B11BL 민간참여 공동주택	경기	예비인증	20.23	ZEB5	20.07.26
2	구리갈매역세권 A-2BL 공동주택	경기	예비인증	24.88	ZEB5	20.02.24
3	구리갈매역세권 A-3BL 공동주택	경기	예비인증	22.75	ZEB5	20.02.21
4	구리갈매 A-5BL 공동주택 (주거)	경기	예비인증	24.32	ZEB5	20.02.20
5	제로카본 그린홈	경기	예비인증	101.6	ZEB1	19.12.10
6	과천시식정보타운 S-3BL (신혼희망타운)	경기	예비인증	21.69	ZEB5	19.11.29
7	인천검단 AA10-2BL	인천	예비인증	29.79	ZEB5	19.10.16
8	힐스테이트 레이크 송도	인천	예비인증	23.37	ZEB5	19.06.27
9	화곡동 하이원에코빌	서울	본인증	55.35	ZEB4	18.03.19
10	힐스테이트 레이트 송도	인천	예비인증	22.36	ZEB5	17.06.16

제로에너지건축물 일반적 정의

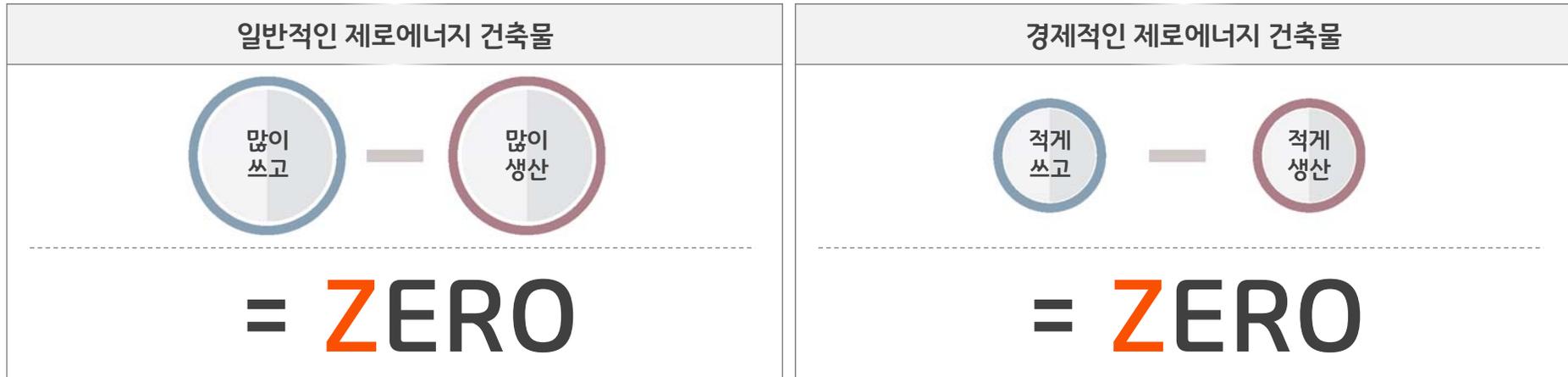


제로에너지란 ?

- 제로에너지 건축물 정의 (녹색건축물 조성 지원법 제2조)

건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고
신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물

- 경제적인 제로에너지 건축물



에너지자립률 뿐만 아니라 건물의 에너지요구량 최소화에 대한 중요성 인지 및
단계별 에너지통합설계 적용으로 경제적인 제로에너지 건축물 실현 가능

제로에너지 건축물 구현방법

- 단계별 에너지 통합 설계



※ 출처 : 제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서 (2020.03, 한국에너지공단 건물에너지실)

2. 제로에너지 건축물 실무 사례

2.1 패시브 우수 사례

2.2 액티브 / 신재생 우수 사례

2.1

▶▶ 패시브 우수 사례

패시브 (Passive Design) 우수사례 (주거_블록형 단독주택 단지) 개요 및 현황

- 제로에너지 단독주택 임대리츠 2호 _ 발주처 : 한국토지주택공사 (LH)



화성동탄(2) 신도시

구분		내용	
대지 위치		경기도 화성시	
대지 면적		77,569㎡	
대지 특성		대지 레벨차 최대 32.5M	
세대수		332세대 (84Type)	
연면적		31,899.4㎡	
기상 조건	평균온도		12.7℃
	전일 사량	연간	7,774.9W/㎡
		난방기	4,220.6W/㎡



행복도시

구분		내용	
대지 위치		세종특별자치시	
대지 면적		19,630㎡	
대지 특성		주변주택 및 공원위치	
세대수		78세대 (84Type)	
연면적		7,388.4㎡	
기상 조건	평균온도		12.7℃
	전일 사량	연간	8,512.5W/㎡
		난방기	4,705.0W/㎡

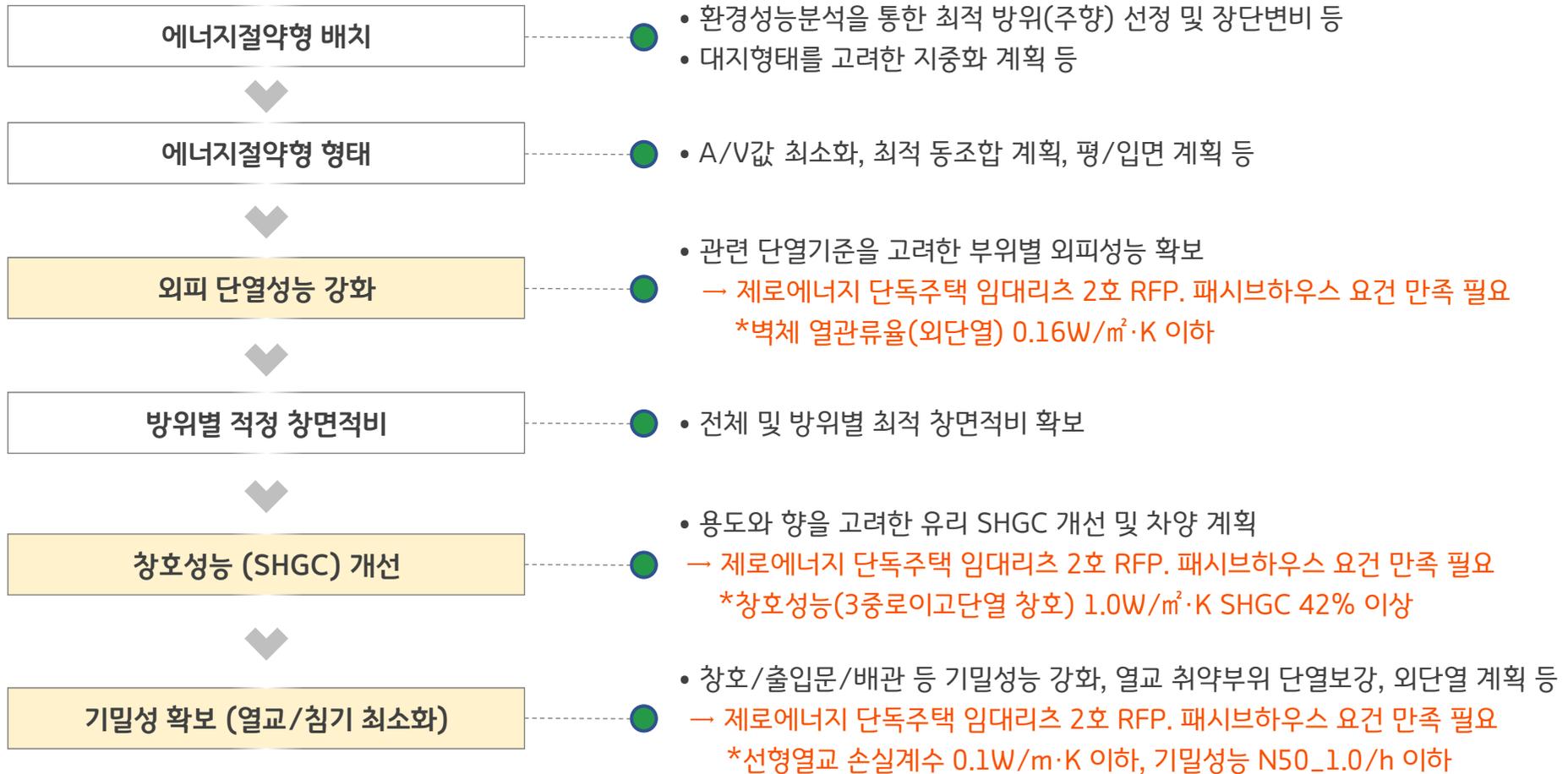


부산 명지지구

구분		내용	
대지 위치		부산진해 경제자유구역	
대지 면적		20,097㎡	
대지 특성		L자형태, 동측 해안가	
세대수		68세대 (84Type)	
연면적		6,425.4㎡	
기상 조건	평균온도		14.6℃
	전일 사량	연간	8,247.9W/㎡
		난방기	4,707.4W/㎡

패시브 기술 요소

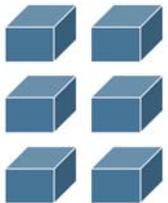
• 프리패시브 및 패시브 계획



패시브디자인 최적화를 통해 에너지요구량 최소화

패시브 기술 요소 검토

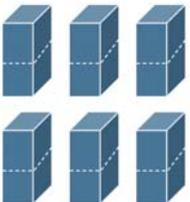
• CASE1) 평면 형태 및 동조합 검토



[A타입] - 1층 1호 6동

- 외기 직접면적 : 1,845.3㎡
- A/V비 : 0.69

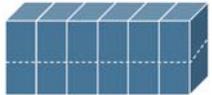
▼



[B타입] - 2층 1호 6동

- 외기 직접면적 : 1,495.6㎡
- A/V비 : 0.56

▼

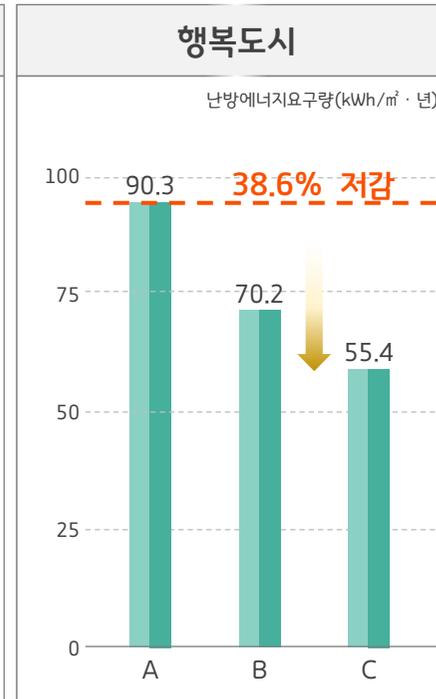


[C타입] - 2층 6호 1동

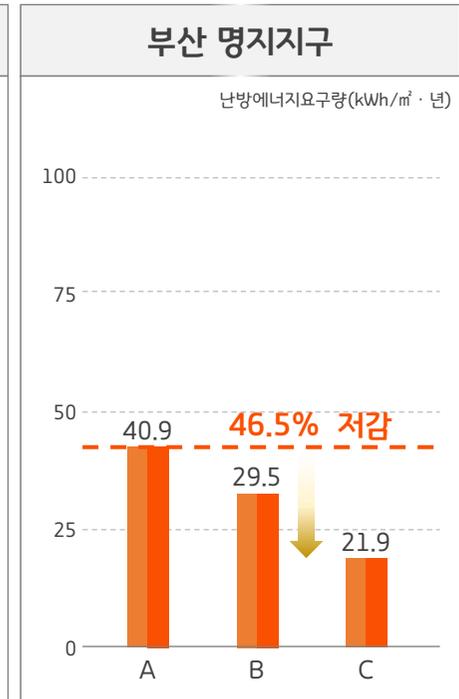
- 외기 직접면적 : 1,077.9㎡
- A/V비 : 0.41



구분	A	B	C
난방요구량	85.3	65.8	52.1
비율(%)	100	77.1	61.1



구분	A	B	C
난방요구량	90.3	70.2	55.4
비율(%)	100	77.7	61.4



구분	A	B	C
난방요구량	40.9	29.5	21.9
비율(%)	100	72.1	53.5

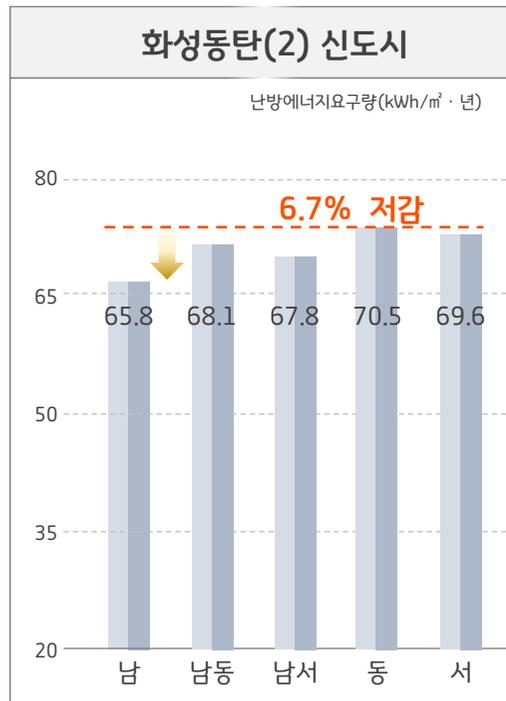
단독세대 대비 **다세대 합벽 (A/V비 최소화)** 형태가 에너지요구량 저감에 유리함
부산 명지지구는 다양한 타입 적용 가능

2.1

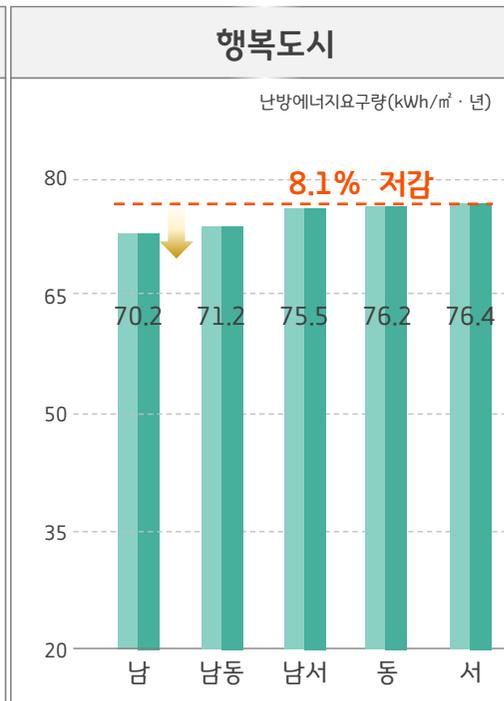
▶▶ 패시브 우수 사례

패시브 기술 요소 검토

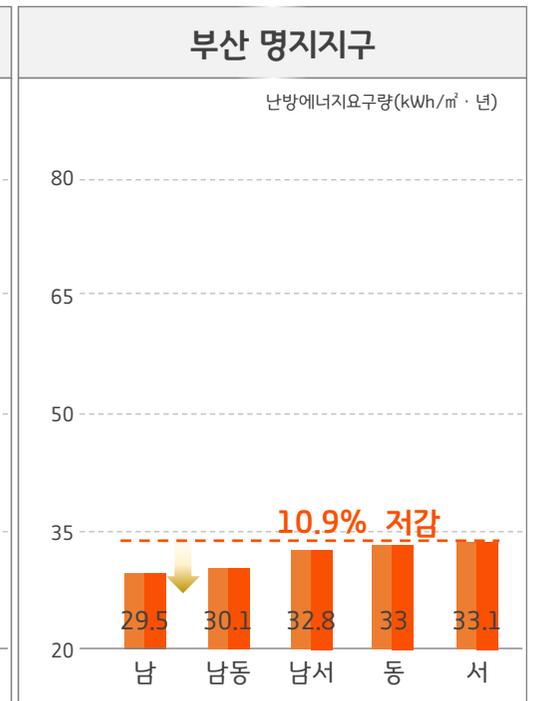
• CASE2) 주향 방위 검토



구분	남	남동	남서	동	서
난방요구량	65.8	68.1	67.8	70.5	69.6
비율(%)	93.3	96.6	96.2	100	98.7



구분	남	남동	남서	동	서
난방요구량	70.2	71.2	75.5	76.2	76.4
비율(%)	91.9	93.2	98.8	99.7	100

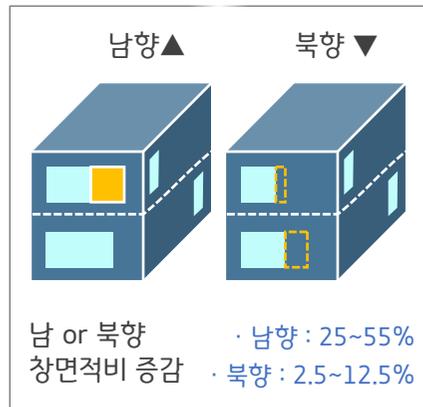
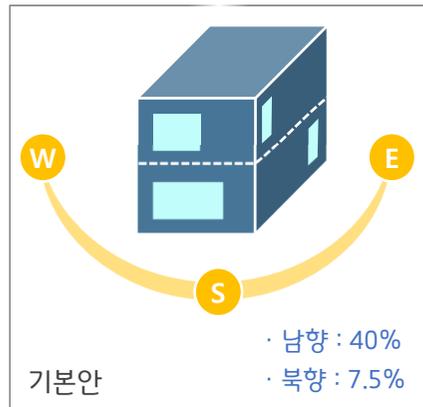


구분	남	남동	남서	동	서
난방요구량	29.5	30.1	32.8	33	33.1
비율(%)	89.1	90.9	99.1	99.7	100

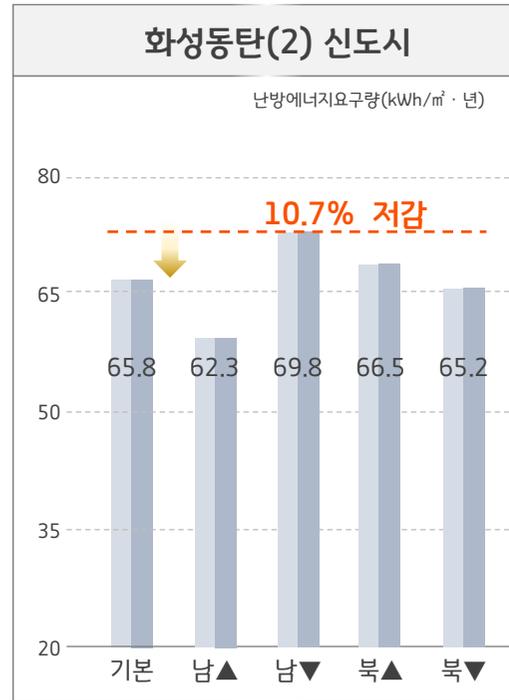
남향 배치가 에너지요구량 저감에 가장 유리하나,
설계 다양성 관점에서 남동, 남서향까지 허용

패시브 기술 요소 검토

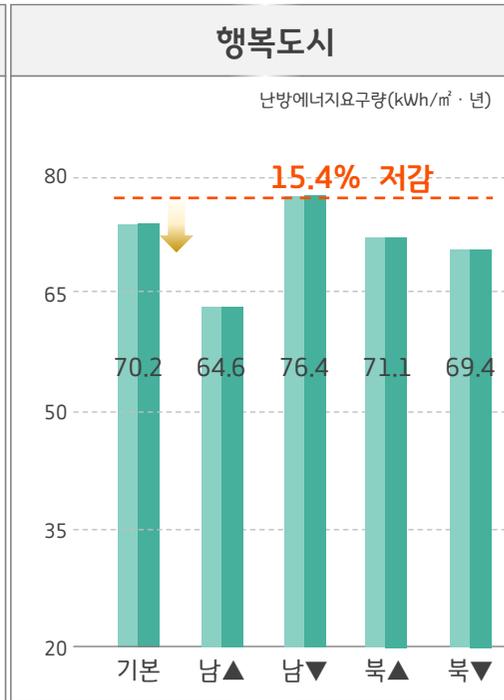
• CASE3) 창면적비 검토



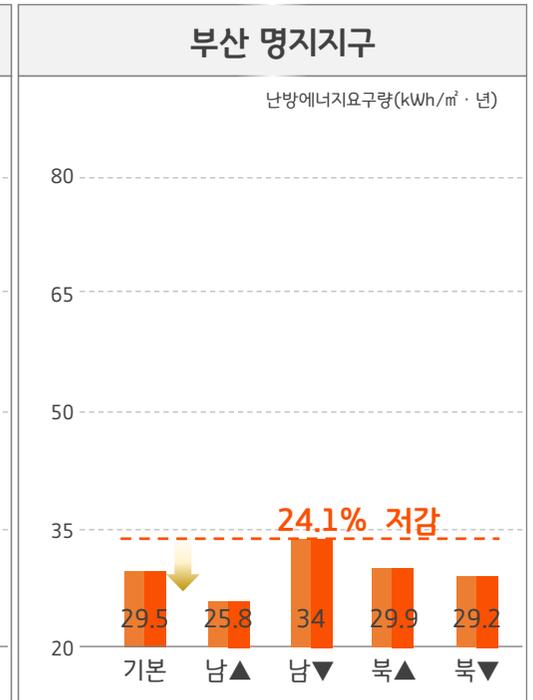
- ① 창면적비 분석 기본 조건 : 전체 창면적비 22% / 향별 남향 40%, 북향 7.5%, 동향 및 서향 20% (2층 1호 1동 기준, 현관문 면적 제외)
 ② 창면적비 변경 검토 조건 : 남향 ▲ +15%, ▼ -15% / 북향 ▲ +5%, ▼ -5% (동향/서향은 창면적비에 의한 변화량이 상대적으로 작아 분석에서 제외)



구분	기본	남▲	남▼	북▲	북▼
난방요구량	65.8	62.3	69.8	66.5	65.2
비율(%)	94.3	89.3	100	95.3	93.4



구분	기본	남▲	남▼	북▲	북▼
난방요구량	70.2	64.6	76.4	71.1	69.4
비율(%)	91.9	84.6	100	93.1	90.8



구분	기본	남▲	남▼	북▲	북▼
난방요구량	29.5	25.8	34	29.9	29.2
비율(%)	86.8	75.9	100	87.9	85.9

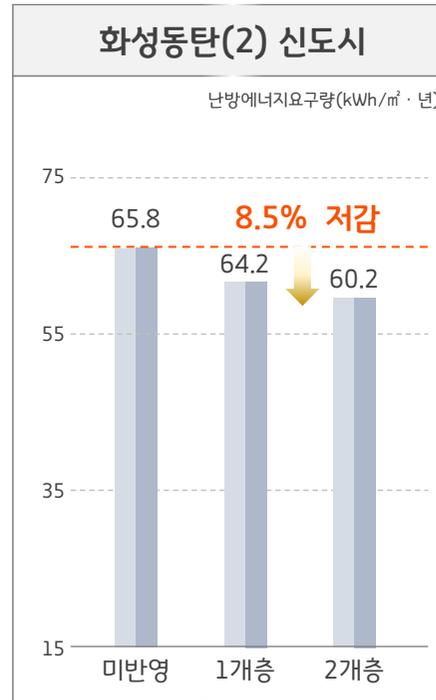
창호의 단열 및 SHGC 성능이 우수하여 남향 창면적비 증가 시 에너지요구량 저감에 가장 유리함

2.1

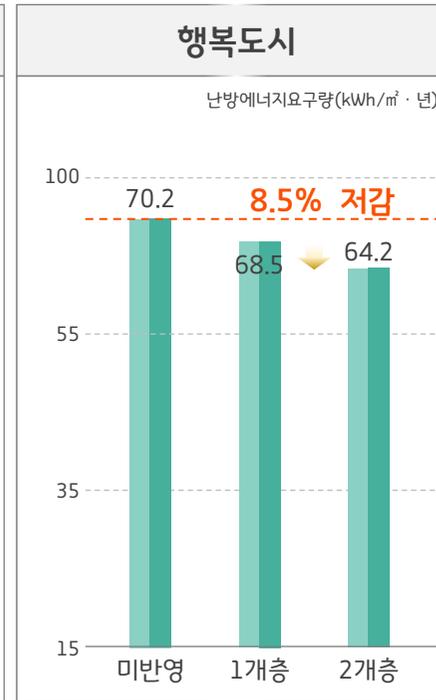
▶▶ 패시브 우수 사례

패시브 기술 요소 검토

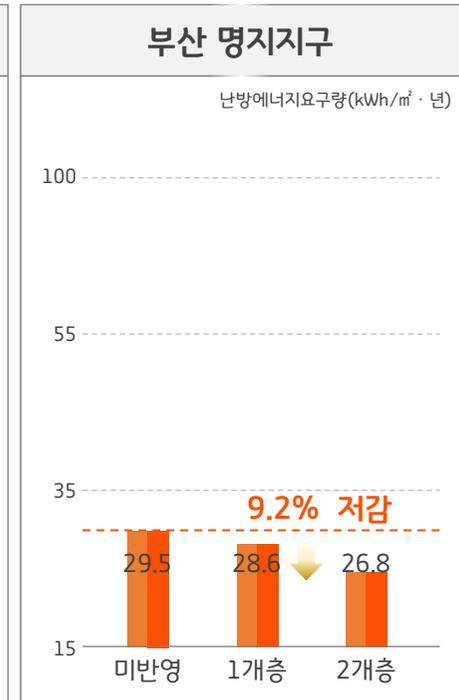
• CASE4) 지중화 검토



구분	미반영	1개층	2개층
난방요구량	65.8	64.2	60.2
비율(%)	100	97.6	91.5



구분	미반영	1개층	2개층
난방요구량	70.2	68.5	64.2
비율(%)	100	97.6	91.5

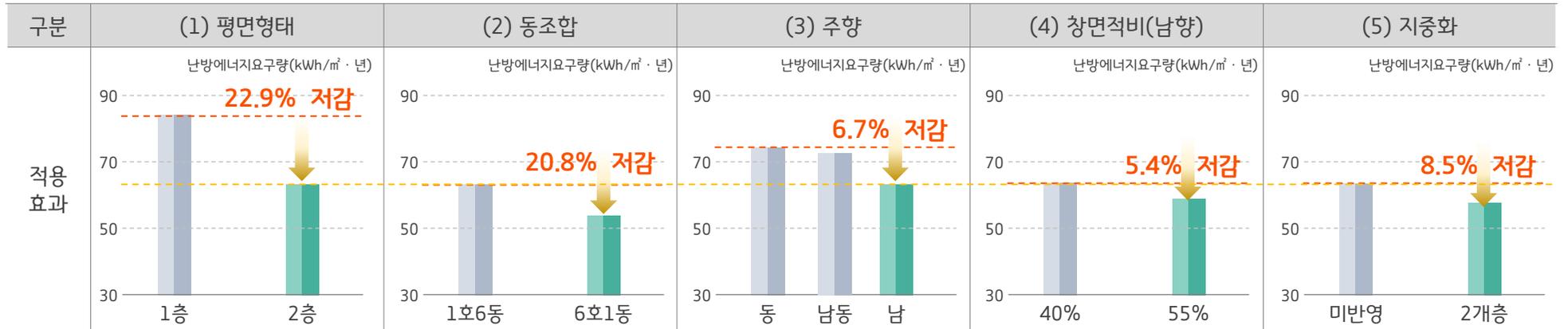


구분	미반영	1개층	2개층
난방요구량	29.5	28.6	26.8
비율(%)	100	96.9	90.8

지중화 반영 시 에너지요구량 저감에 유리함 (대지현황 상 화성동탄(2)만 적용 가능)

패시브 기술 요소 종합 검토

• CASE 분석 대안별 저감률 (화성동탄(2) 신도시 기준)



• 지역별 대안 반영 사항

화성동탄(2)
지중화 반영 개념도



구분	대안 반영사항	절감률	화성동탄(2)	행복도시	부산 명지지구	비고
CASE1	(1) + (2) + (3)남향 + (4) + (5)	68.3%	●			대지내 높은 레벨차 필요
CASE2	(1) + (2) + (3)남향 + (4)	54.7%	●	●	●	대지형태에 따른 배치반영 (최적 주향 선정 필요)
CASE3	(1) + (2) + (3)남동향 + (4)	51.5%		●		
CASE4	(1) + (2) + (4)	48.1%			●	
CASE5	(1) + (4)	27.5%	●	●	●	
CASE6	(1)	22.9%	●	●	●	

지역별 대지 / 환경 영향을 고려한 최적 대안 적용으로 에너지요구량 최소화

2.1

▶▶ 패시브 우수 사례

에너지 통합 설계 최종 적용결과



화성동탄(2) 신도시

구분		내용
세대당 태양광용량		2.250 kWp
에너지 요구량	난방	58.3 kWh/m ² · /년
	전체	97.4 kWh/m ² · /년
1차에너지소요량		64.8 kWh/m ² · /년
에너지자립률		37.4%
건축물에너지효율		1++ 등급
제로에너지인증		ZEB 5등급



행복도시

구분		내용
세대당 태양광용량		1,875 kWp
에너지 요구량	난방	49.4 kWh/m ² · /년
	전체	88.3 kWh/m ² · /년
1차에너지소요량		60.5 kWh/m ² · /년
에너지자립률		37.8%
건축물에너지효율		1++ 등급
제로에너지인증		ZEB 5등급



부산 명지지구

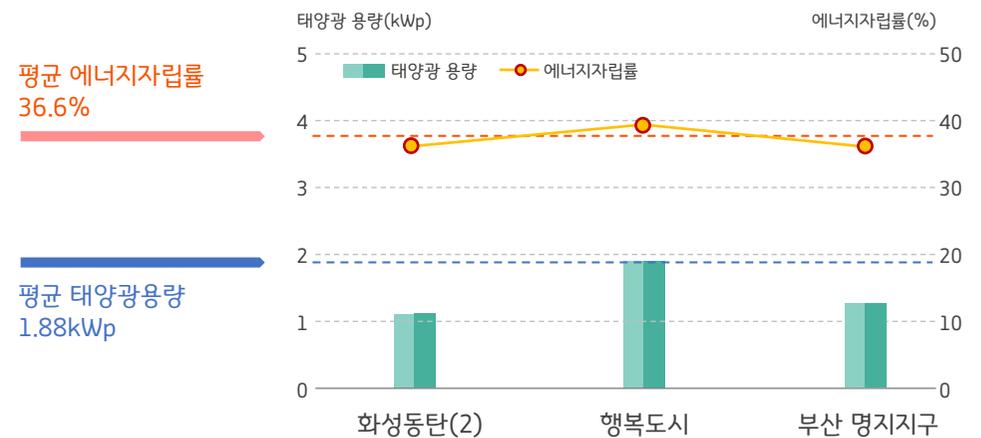
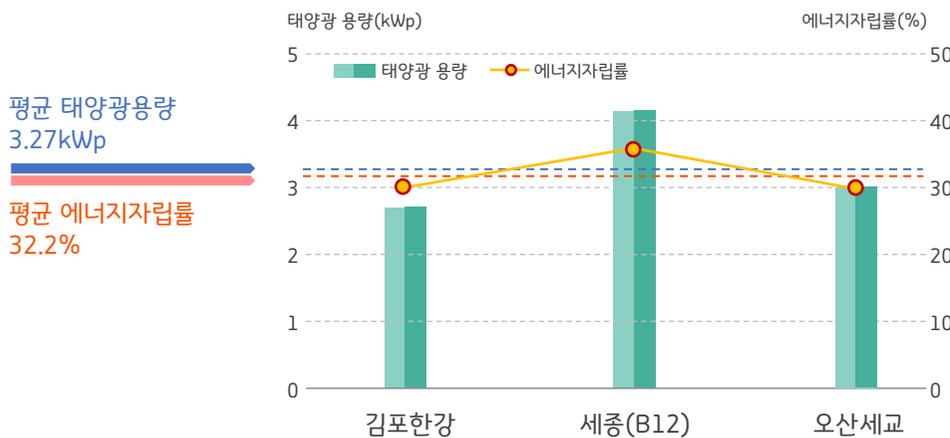
구분		내용
세대당 태양광용량		1.500 kWp
에너지 요구량	난방	34.5 kWh/m ² · /년
	전체	73.1 kWh/m ² · /년
1차에너지소요량		60.2 kWh/m ² · /년
에너지자립률		34.7%
건축물에너지효율		1++ 등급
제로에너지인증		ZEB 5등급

패시브 설계기법 적극 적용으로 에너지요구량 최소화를 통한
신재생에너지 의존도 최소화로 제로에너지 목표 등급 달성을 위한 태양광발전 최소 설치 반영

유사사례 비교 결과

제로에너지 단독주택 임대리츠 1호			
구분	김포한강	세종(B12)	오산세교
세대당 태양광용량	2.680kWp	4.125kWp	3.000kWp
에너지자립률	31.6%	35.5%	29.6%

제로에너지 단독주택 임대리츠 2호			
구분	화성동탄(2) 신도시	행복도시	부산 명지지구
세대당 태양광용량	2.250kWp	1.875kWp	1.500kWp
에너지자립률	37.4%	37.8%	34.7%



최적화 된 패시브 설계 적용으로 태양광발전을 최소화하여 유사사례 대비 동등 수준의 에너지 자립률 확보

■ 액티브/신재생(Active system/Renewable Energy) 우수 사례 개요 및 현황

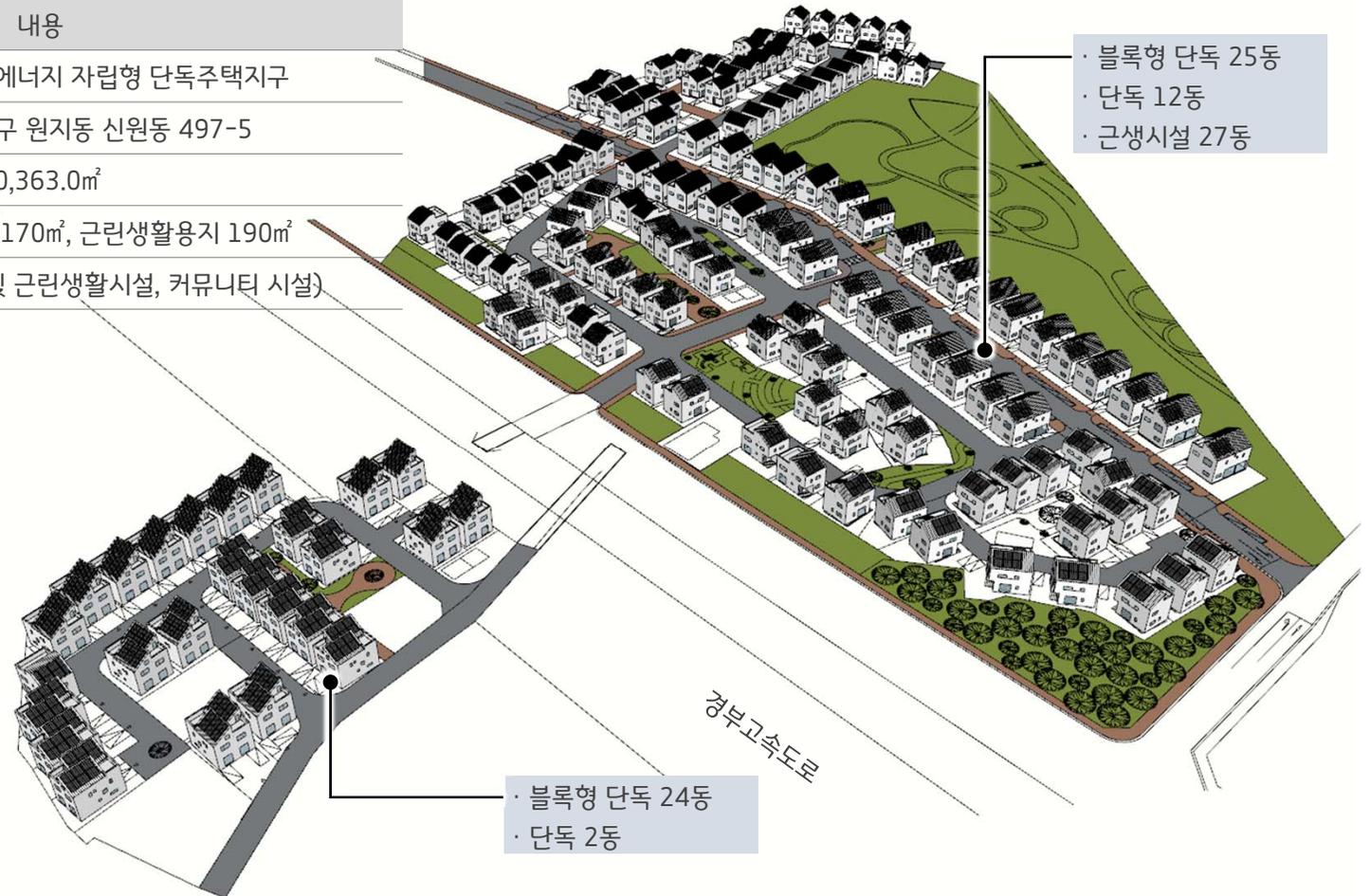
• 제로에너지 단독주택단지 에너지성능분석 및 최적화 설계방안 연구 - 발주처 : 서울기술연구원

과업범위

- ① 제로에너지단지 조성을 위한 기초 설계(기본설계) 가이드라인 도출
- ② 프리 패시브& 패시브 설계, 액티브 설계, 신재생에너지 기술을 활용하여 ZEB 등급 만족 및 경제성 평가 수행

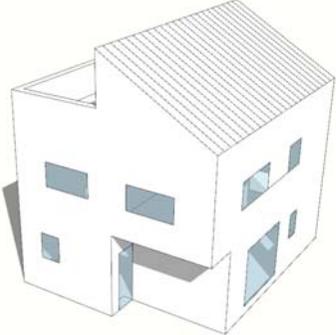
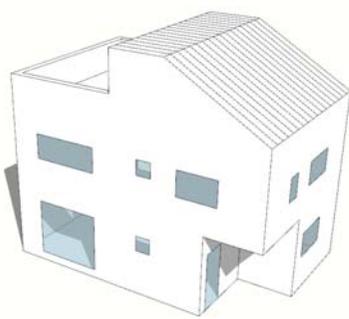
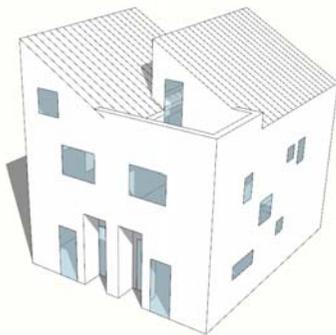
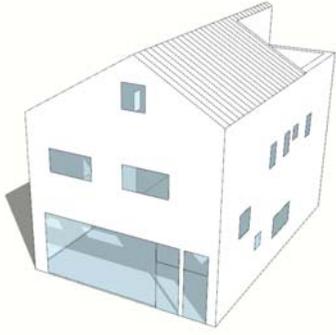
구분	내용
단지명	스마트시티를 위한 에너지 자립형 단독주택지구
대지위치	서울특별시 서초구 원지동 신원동 497-5
대지면적	50,363.0㎡
형태당 필지면적	단독 140㎡, 다가구 170㎡, 근린생활용지 190㎡
세대수	약 120~130호(주택 및 근린생활시설, 커뮤니티 시설)

대지위치



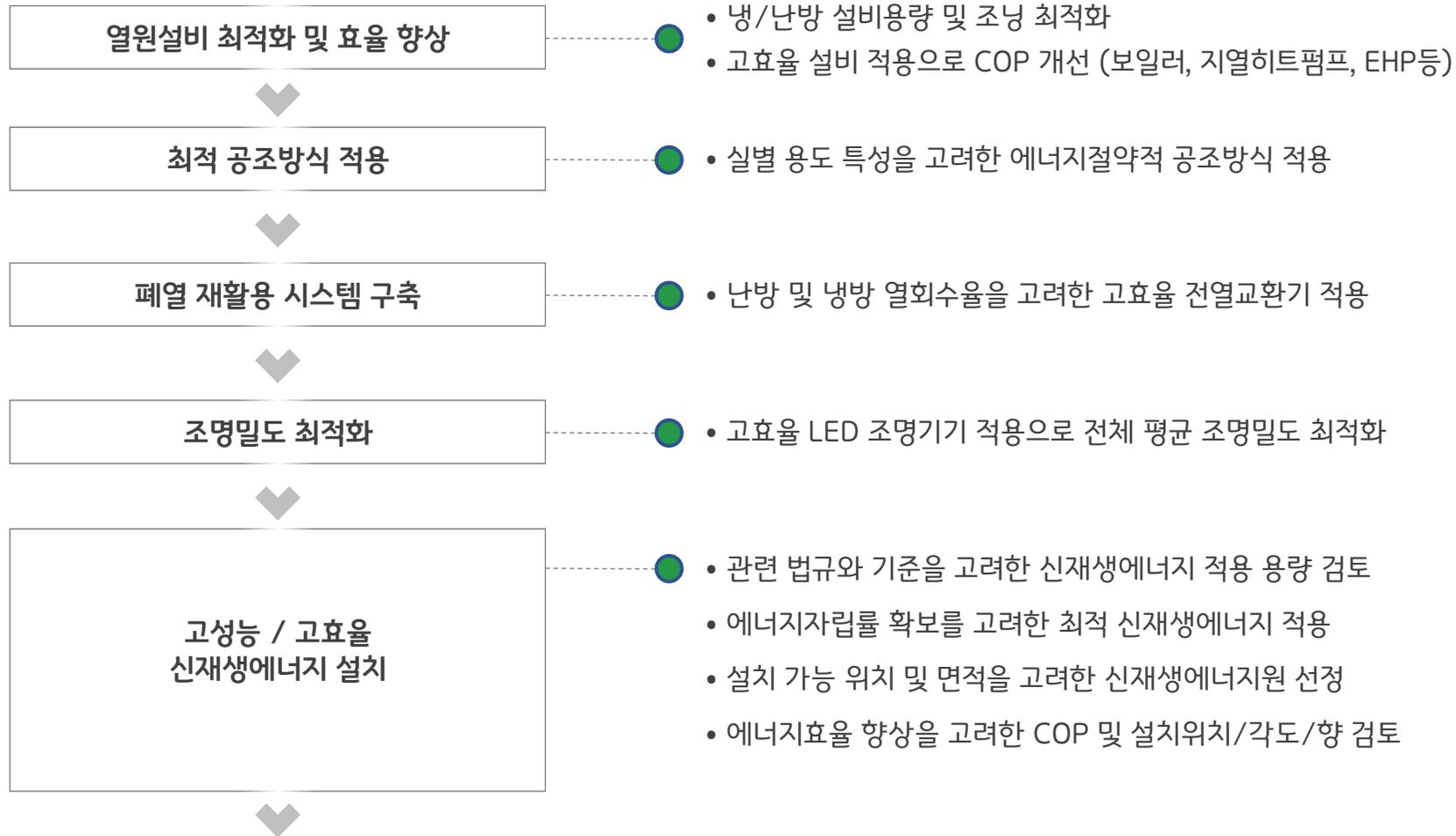
기본타입 선정

• 건물 기본타입 _ 유형별 4개 타입 선정

구분	A Type (53채)	B Type (19채)	C Type (25채)	D Type (28채)
이미지				
형태	단독주택	단독주택	2가구 주택	점포주택
건축적 특징	<ul style="list-style-type: none"> • 주 생활공간 2개층, 다락 1개층 • 전용면적: 126.49 m² • 창면적비: 10.50% 	<ul style="list-style-type: none"> • 주 생활공간 2개층, 다락 1개층 • 전용면적: 123.24 m² • 창면적비: 10.14% 	<ul style="list-style-type: none"> • 주 생활공간 2개층, 다락 1개층 • 전용면적: 153.48 m² • 창면적비: 9.18% • 1개 건물 2개 가구 	<ul style="list-style-type: none"> • 주 생활공간 1개층, 다락 1개층 • 전용면적: 96.00 m² • 창면적비: 8.16% • 1층은 상업시설
건물외피 성능	<ul style="list-style-type: none"> • 기본 설계안의 건물외피성능은 “건축물의 에너지절약설계기준 [별표 1]”의 신축 기준 성능을 준수하도록 설계 (서울, 중부2지역) • 외벽(직접): 0.24 W/m²·K / 외벽(간접): 0.34 W/m²·K / 지붕: 0.15 W/m²·K / 바닥: 0.24 W/m²·K / 창(직접): 1.5 W/m²·K (SHGC 0.50) 			
건축설비 성능	<ul style="list-style-type: none"> • 기본 설계안의 건축설비효율은 주택에 적용되는 일반적인 수준의 효율을 적용 • 보일러효율 88% / 전열교환기 효율 72% / 조명밀도 9 W/m² 			
신재생에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 태양광발전 3kWp 			

■ 액티브 및 신재생 기술 요소

• 액티브 및 신재생에너지 계획



설비효율 향상을 통한 에너지소요량 최소화 및 최적 신재생에너지 적용

제로에너지 달성을 위한 신재생에너지 비교 검토

• 태양광과 타 신재생에너지지원(지열) 비교 검토

- 에너지 절감 효율 및 경제성 측면에서 태양광발전 적용 유리 (지열 적용 시 펌프동력 추가로 인한 절감효과 미미, 천공으로 인한 비용 증가)

등급	등급용 1차에너지 소요량	에너지자립률	건축물 에너지효율	제로에너지인증(ZEB)	초기 설치비용
기본안 (신재생 미적용)	191.7 kWh/m ² ·년	0.0 %	3등급	등급 미달	-
태양광 3kWp	134.2 kWh/m ² ·년	22.7 %	1등급	등급 미달	630만원
지열 35kW	189.1 kWh/m ² ·년	1.51 %	2등급	등급미달	1,480만원

• 등급별 태양광 필요용량 분석 (기본타입 기준)

① 기본타입 검토 결과 : 제로에너지 인증 등급 확보 불가 (에너지자립률은 20% 이상을 만족하나, 1차에너지소요량 90kWh/m²·년 초과로 기준 불만족)

등급	등급용 1차에너지 소요량	에너지자립률	건축물 에너지효율	제로에너지인증(ZEB)
0.00	191.7 kWh/m ² ·년	0.0 %	3등급	등급 미달
3.00	134.2 kWh/m ² ·년	22.7 %	1등급	등급 미달
-	1++ 소요량 미달 or 자립률 40% 초과 (적정 태양광용량 확보 불가)			ZEB 5등급 취득 불가
4.99	89.8 kWh/m ² ·년	40.2 %	1++등급	ZEB 4등급
7.45	39.6 kWh/m ² ·년	60.0 %	1+++등급	ZEB 3등급
9.93	-11.0 kWh/m ² ·년	80.0 %	1+++등급	ZEB 2등급
12.41	-61.6 kWh/m ² ·년	100.0 %	1+++등급	ZEB 1등급

◀ 기본타입 성능분석 결과

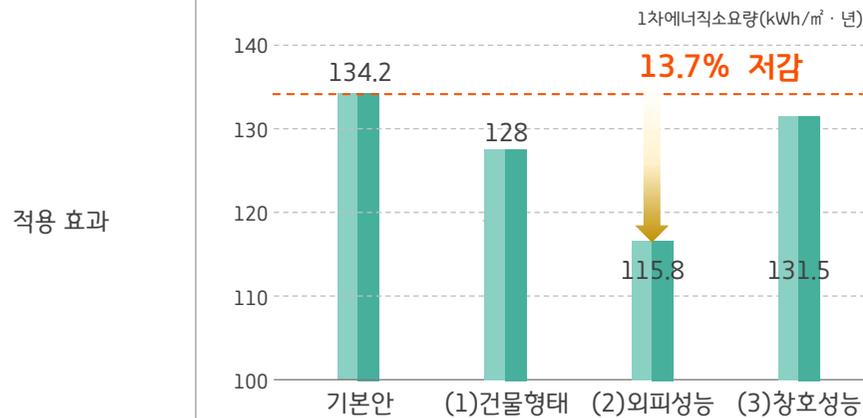
등급별 신재생에너지 용량 최소화를 고려한 부문별 1차에너지 소요량 절감방안 검토 필요

1차에너지 소요량 절감을 위한 부문별 에너지절감 성능 검토

• STEP 1) 패시브 성능 검토

- ① 건물형태 : 층고 및 천장고 축소, 남측향 비율 및 창면적 증대
- ② 외피성능 : 외벽/문 열관류율 향상 (법규 → 신축 공동주택 수준)
- ③ 창호성능 : 열관류율 (1.5 → 0.9) 및 SHGC (0.50 → 0.35) 향상

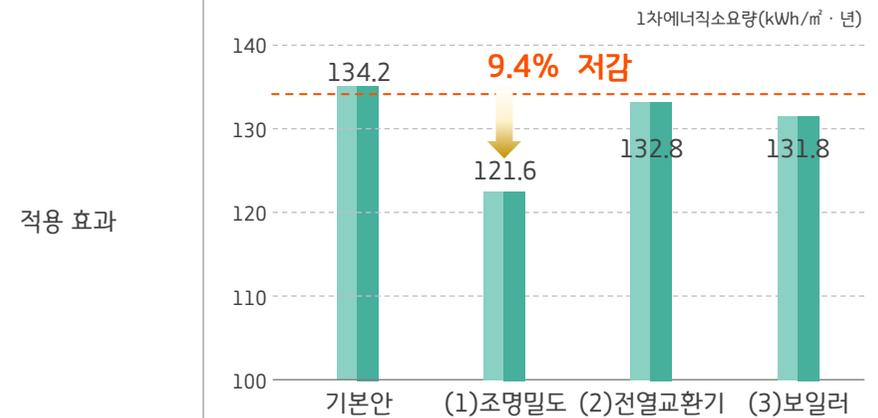
구분	패시브 성능 검토			
	기본안	(1)건물형태	(2) 외피성능	(3) 창호성능
1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	134.2	128	115.8	131.5
1차에너지소요량 비율 (기본안 대비)	100.0%	95.4%	86.3%	98.0%



• STEP 2) 액티브 성능 검토

- ① 조명밀도 : 9W/㎡ → 6W/㎡으로 저감
- ② 전열교환기 : 전열효율 72 → 78%로 향상
- ③ 보일러 : 난방효율 88 → 90%로 향상

구분	액티브 성능 검토			
	기본안	(1) 조명밀도	(2) 전열교환기	(3) 보일러
1차에너지소요량 (kWh/㎡·년)	134.2	121.6	132.8	131.8
1차에너지소요량 비율 (기본안 대비)	100.0%	90.6%	99.0%	98.2%



1차에너지 소요량 절감을 위한 부문별 에너지절감 성능 검토

• STEP 3) 기술요소 복합 검토

[패시브 + 액티브 기술요소 전체 적용 효과 검토]

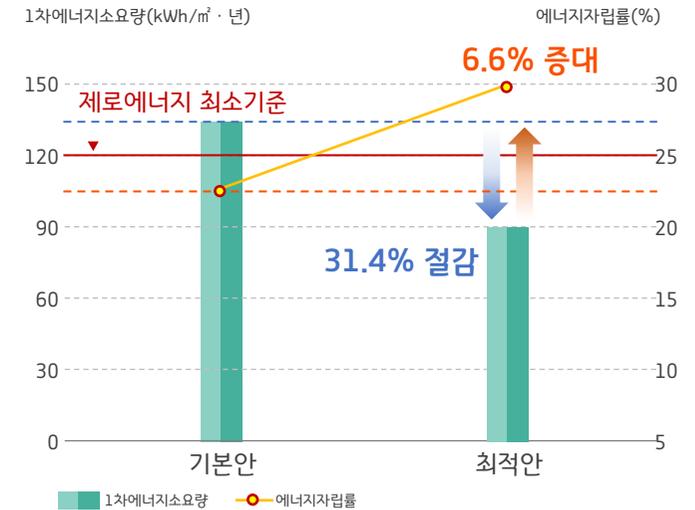
- ① 건물형태 : 층고 및 천장고 축소, 남측향 비율 및 창면적 증대
- ② 외피성능 : 외벽/문 열관류율 향상 (법규 → 신축 공동주택 수준)
- ③ 창호성능 : 열관류율 (1.5 → 0.9) 및 SHGC (0.50 → 0.35) 향상
- ④ 조명밀도 : 9W/m² → 6W/m²으로 저감
- ⑤ 전열교환기 : 전열효율 72 → 78%로 향상
- ⑥ 보일러 : 난방효율 88 → 90%로 향상

패시브+액티브 최적이므로는
제로에너지 등급 기준 만족 불가

제로에너지 등급 기준 만족을 위한
신재생에너지 최적 용량 검토 필요

구분	기본안	최적이
1차에너지소요량	134.2 kWh/m ² ·년	92.1 kWh/m ² ·년
에너지자립률(%)	22.7 %	29.3 %
건축물에너지효율	1등급	1+등급
제로에너지 건축물인증	등급 외(에너지 자립률 불만족)	등급 외(효율등급, 자립률 불만족)

적용 효과



2.2

▶▶ 액티브 / 신재생 우수 사례

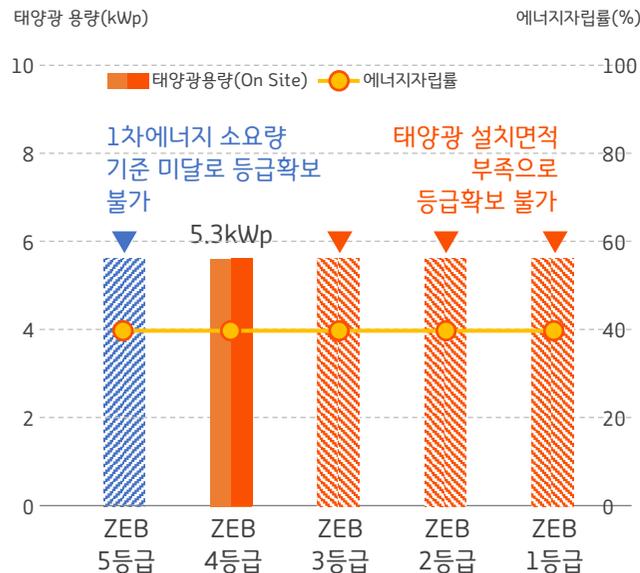
제로에너지 달성을 위한 태양광 필요용량 최종 검토

• STEP 4) 등급별 신재생에너지 필요용량 검토

기본안

구분	5등급	4등급	3등급	2등급	1등급
태양광용량(kWp)	-	5.3	-	-	-
에너지자립률(%)	-	40.3	-	-	-

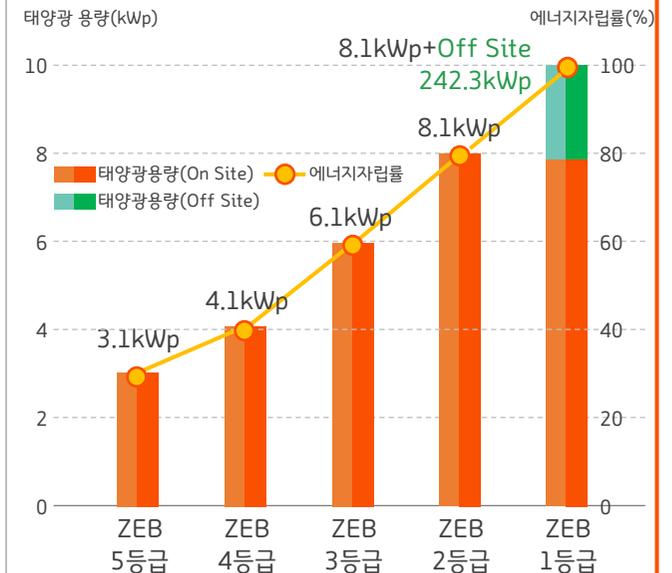
적용 효과



최적안

구분	5등급	4등급	3등급	2등급	1등급
태양광용량(kWp)	3.1	4.1	6.1	8.1	8.1+242.3
에너지자립률(%)	30.6	40	60	80	100

적용 효과



기존안 ZEB 4등급 확보 가능 최적안 ZEB 전등급 확보 가능하나,
1등급 확보를 위해서는 대지 외 (off-site) 태양광 추가 설치 필요

제로에너지 달성을 위한 태양광 설치 방안 검토

• STEP 5) 신재생에너지 Off-Site 적용 방안 검토 [총 태양광 설치용량 : 243kWp]

[공용공간 및 시설 적용 방안]

(A) 공공시설물

(C) PHOTOVOLTAIC PERGOLAS

(B) PHOTOVOLTAIC CANOPY

(B) 개별건물 난간

(A) PHOTOVOLTAIC BALCONY

(D) PHOTOVOLTAIC PARAPETS

(C) 자전거도로

(A) PHOTOVOLTAIC BICYCLE PATH

(B) PHOTOVOLTAIC BICYCLE PATH

(D) 방음벽

(A) PHOTOVOLTAIC NOISE BARRIER

(B) PHOTOVOLTAIC NOISE BARRIER

공용공간 및 시설에서 발전한 전기는 직접적으로 가로등, 공용시설 등 공공 에너지로 활용하거나, ESS 적용을 통한 저장 후 사용 방안 및 DR 사업을 통한 수익창출 방안 등을 적용 가능

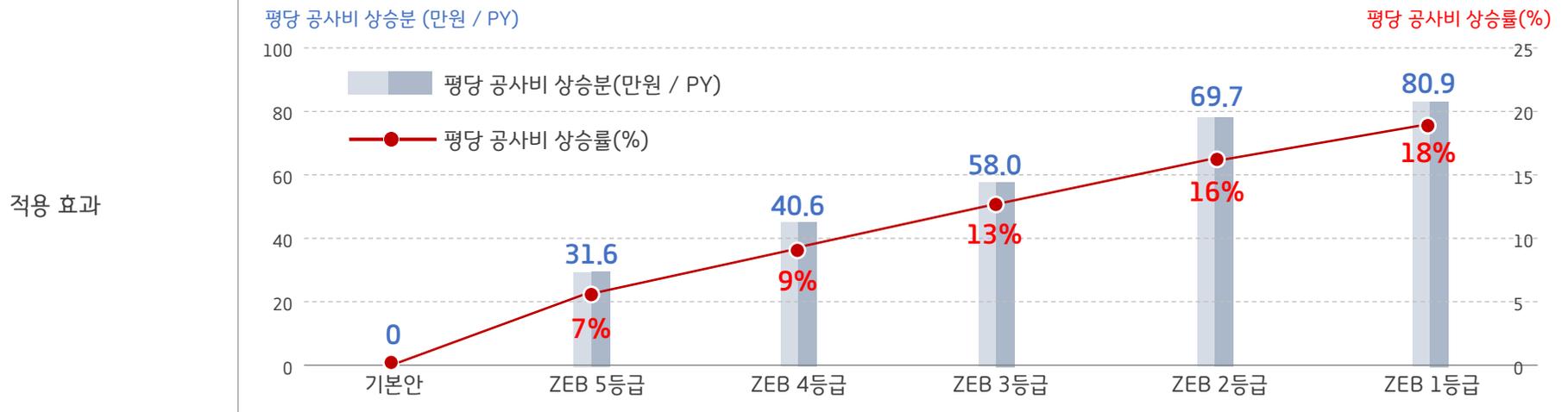
경제성을 고려한 ZEB 등급별 방안 제시

• STEP 6) 경제성을 고려한 ZEB 등급별 기술요소 수준 및 태양광 설치용량 검토

- 최적안 도출 : 각 기술요소별 / 수준별 에너지 절감효과 및 경제성(공사비 상승분)을 고려한 최적안 검토

공통사항 - 건물수 : 123채 / 남향 배치비율 : 86.2% / 창면적비 : 전체 약 10%, 남향 약 50% / 보일러효율 90%

구분		기본안(등급 외)	ZEB 5등급	ZEB 4등급	ZEB 3등급	ZEB 2등급	ZEB 1등급
기술 요소 수준	외벽·문 열관류율	법규	법규 +15%	법규 +30%	공동주택 신축 수준		
	창호 열관류율 / SHGC	1.5 W/m ² ·K / 0.50	1.3 W/m ² ·K / 0.45	1.1 W/m ² ·K / 0.40	0.9 W/m ² ·K / 0.35		
	조명밀도	9 W/m ²	8 W/m ²	7 W/m ²	6 W/m ²		
	전열교환기 효율	72%	74%	76%	78%		
태양광 용량 (On Site + Off-Site)		3.0 kWp	4.5 kWp	4.5 kWp	6.4 kWp	8.5 kWp	8.5 kWp + 243 kWp



경제성 측면에서 최적안
검토 결과



평균 공사비 10% 미만 상향으로 ZEB 4등급까지 달성가능,
평균 공사비 20% 미만 상향으로 ZEB 1등급까지 달성가능

감사합니다.