

패시브하우스 설계 기준

2010년 04월 07일

한국건설기술연구원
건축도시연구본부
선임연구원 윤용상



CONTENTS

1. 배경
2. 패시브하우스 요소기술
3. 패시브하우스 사례



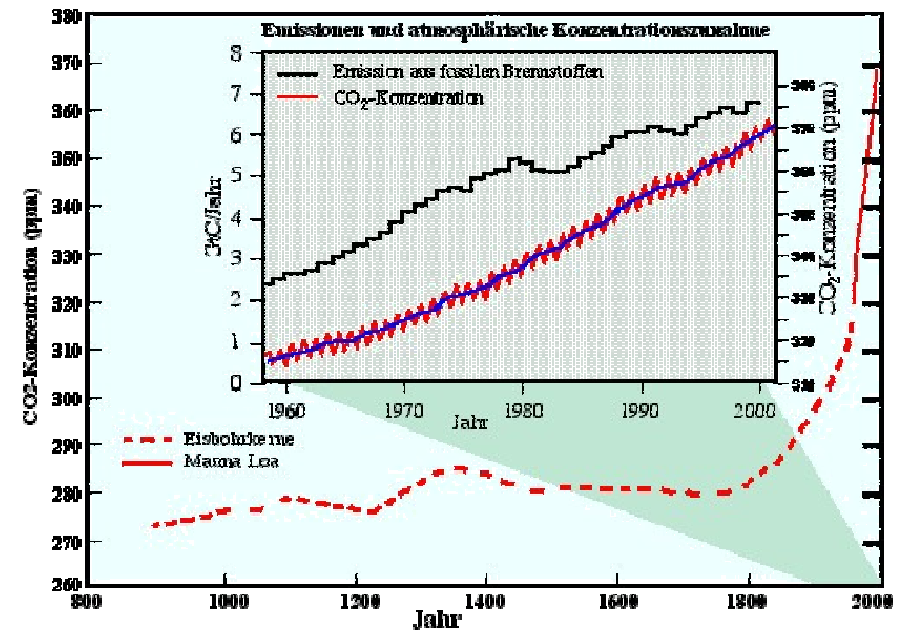
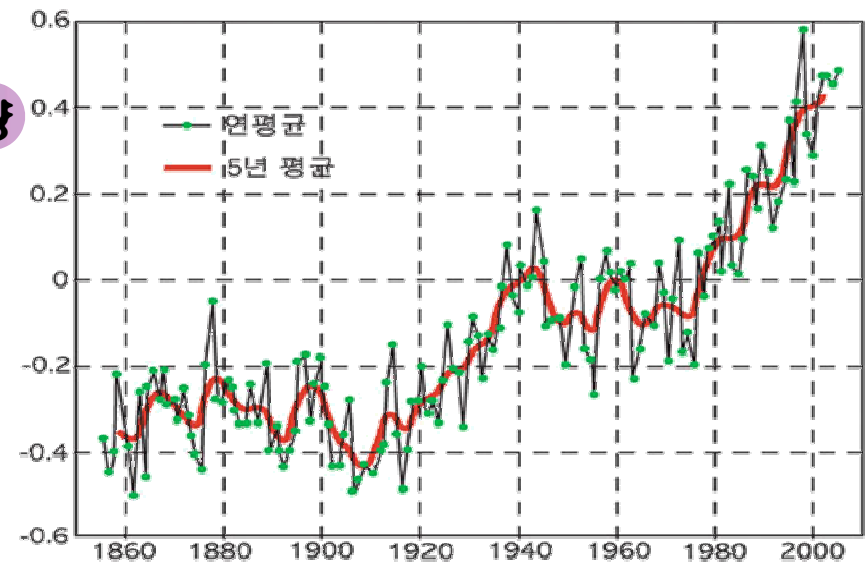
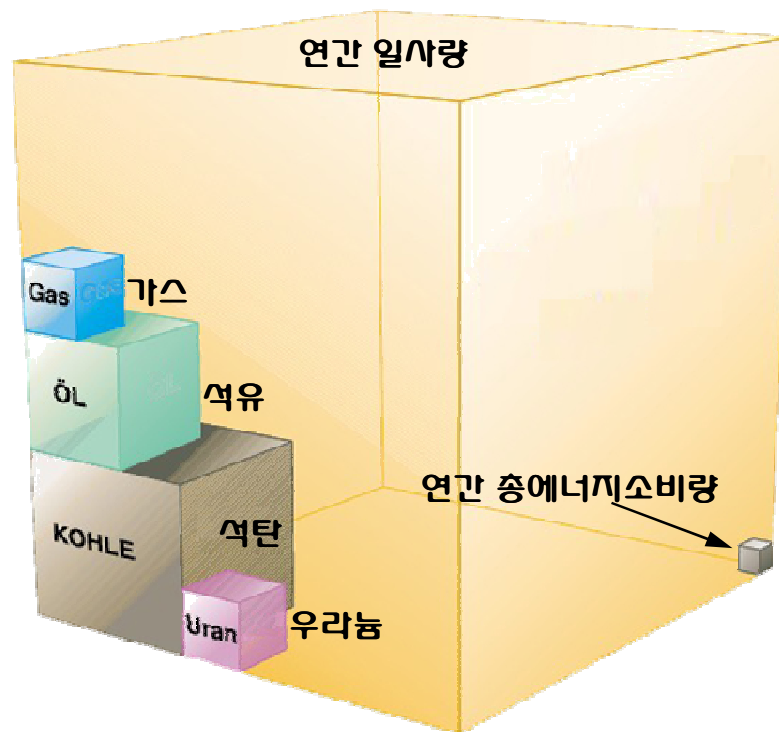
배경

배경

[자원고갈 및 기후변화]

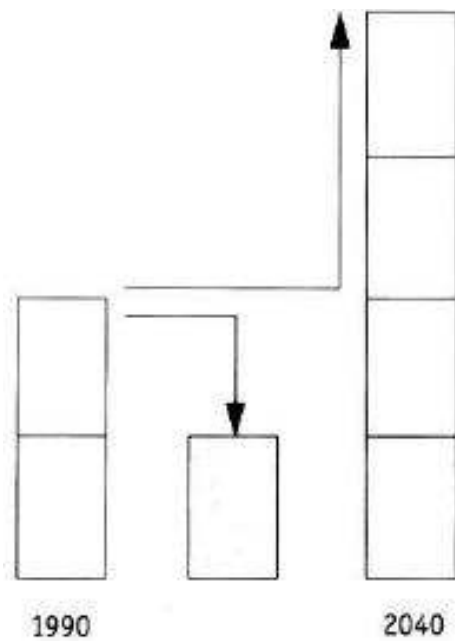
연평균기온 상승 및 CO₂ 배출량

에너지원별 보유량 vs 소비량

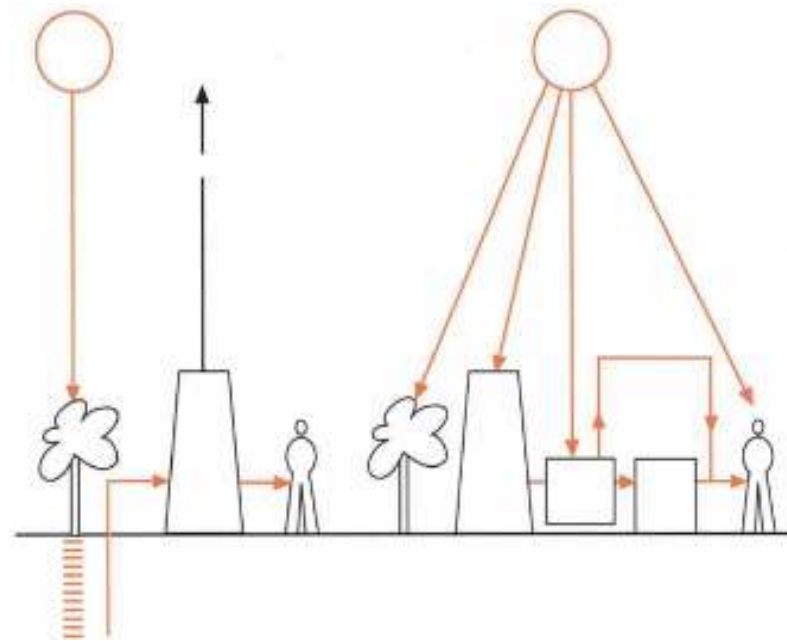


배경

[에너지 패러다임의 변화]



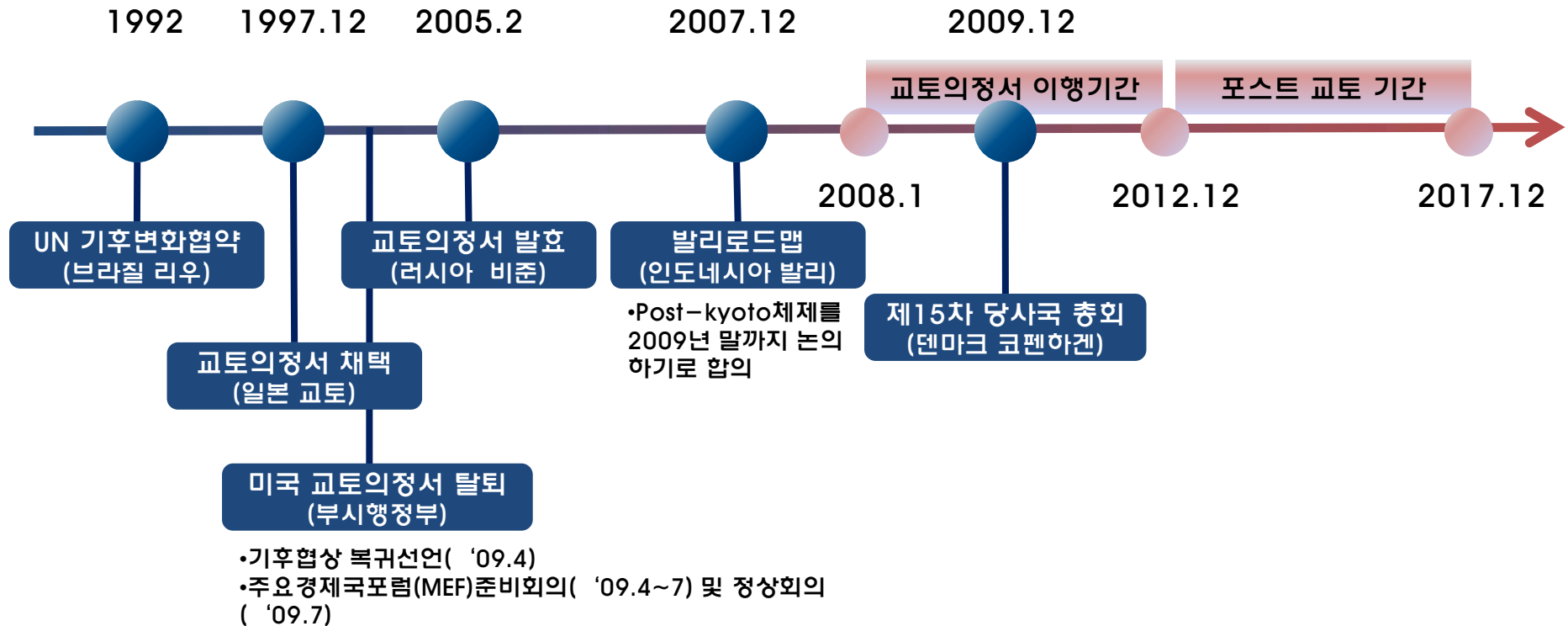
기후변화대책을 위한
CO₂ 저감 필요성



태양광 이전 시대와 태양광 시대 개념도

배경

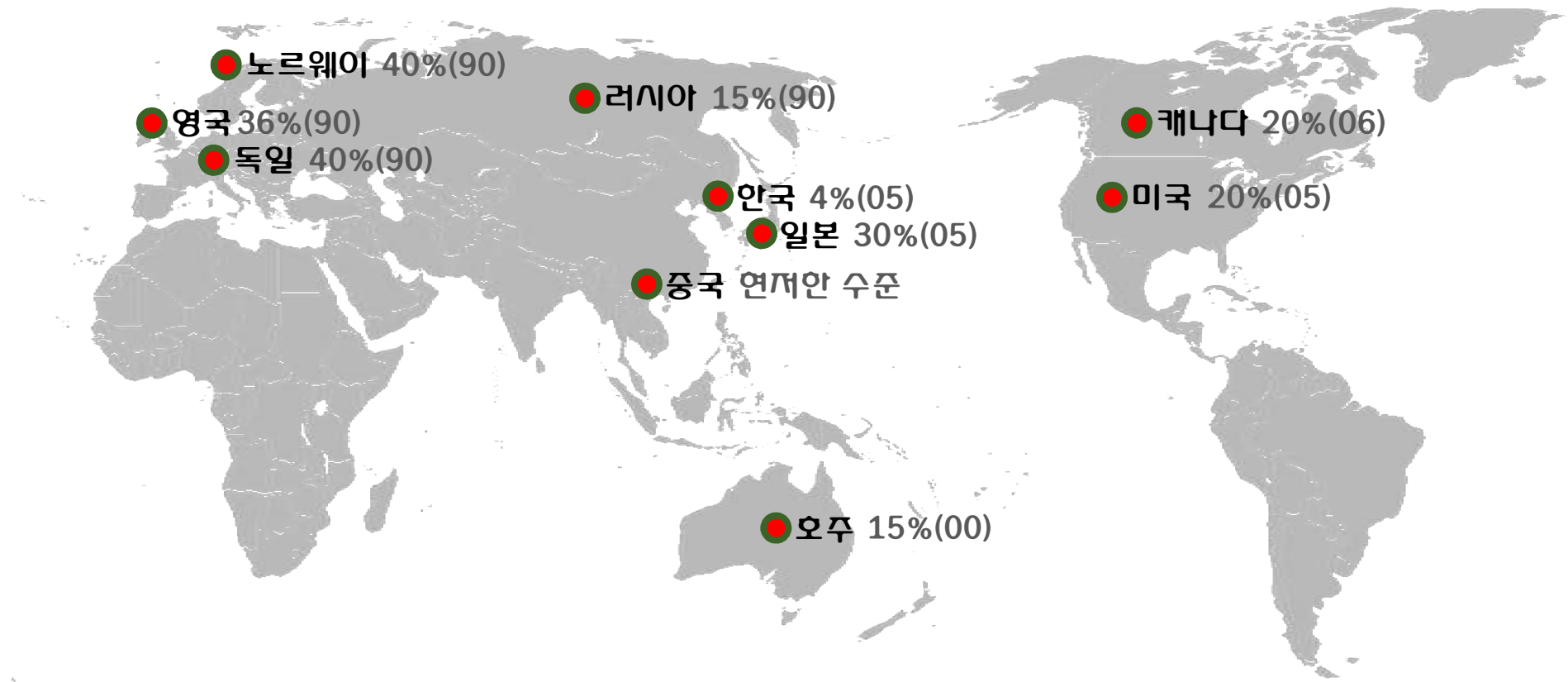
[기후변화 해외 동향]



- 제15차 당사국 총회(코펜하겐, '09.12) : 교토의정서 1차 공약기간 만료에 따라 이후의 체제를 결정해야 하는 역사적 순간
이를 위해 2009년 중 UN 협상회의 7회, 주요경제국포럼(MEF), G8, G20, UN 기후변화 정상회의 등 개최

배경

포스트 교토 온실가스 감축 목표(안)



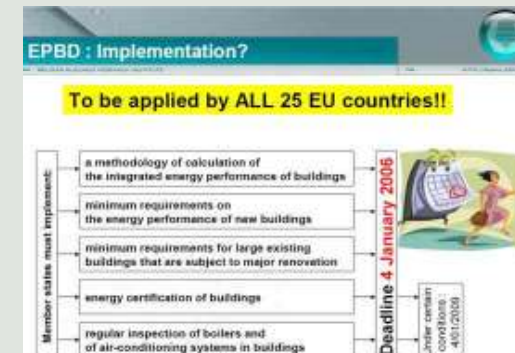
배경

[유럽연합 건물 에너지절약 관련 정책]

EN 2002/91/EC (EPBD : Energy Performance of Buildings Directive)

- 2012까지 22% 에너지 절감 목표로 유럽 연합의회에서 회원국 공통의 에너지 절약 정책 수립
- 2009부터 모든 유럽연합국가에서 의무 시행

- 모든 신축건물에 대한 에너지성능 등급 표시 의무화
- 신축, 매매, 임대 계약시 에너지성능등급 인증서 첨부 의무화
- 기존 건축물에 대한 에너지성능등급 인증서 발부 의무화



- 유럽연합 27개국은 2009년 1월부터 건축여가, 매매, 임대 등의 부동산 거래 시 에너지 인증서 (Energy Certificate) 첨부 의무화

배경

[영국 – Carbon free Home]

- 에너지와 탄소배출량 평가 의무화 : 2008년 5월부터 모든 신축주택에 적용
- 탄소제로 의무화 : 2016년부터 모든 신축 주택에 적용
- 2050년까지 전력생산에서 화석 연료 사용 제로, 이산화탄소 배출량 최소 60% 저감
- 2030년까지 모든 주택 에너지 효율화

❖ The Code for Sustainable Homes

(www.communities.gov.uk)



Building Regulation Part L 대비 CO₂ 배출 저감률

Code level 1 – 10%

Code level 2 – 18%

Code level 3 – 25%

Code level 4 – 44%

Code level 5 – 100%

Code level 6 – Zero carbon (inc. appliances)

배경

[영국 - Carbon free Home 사례]

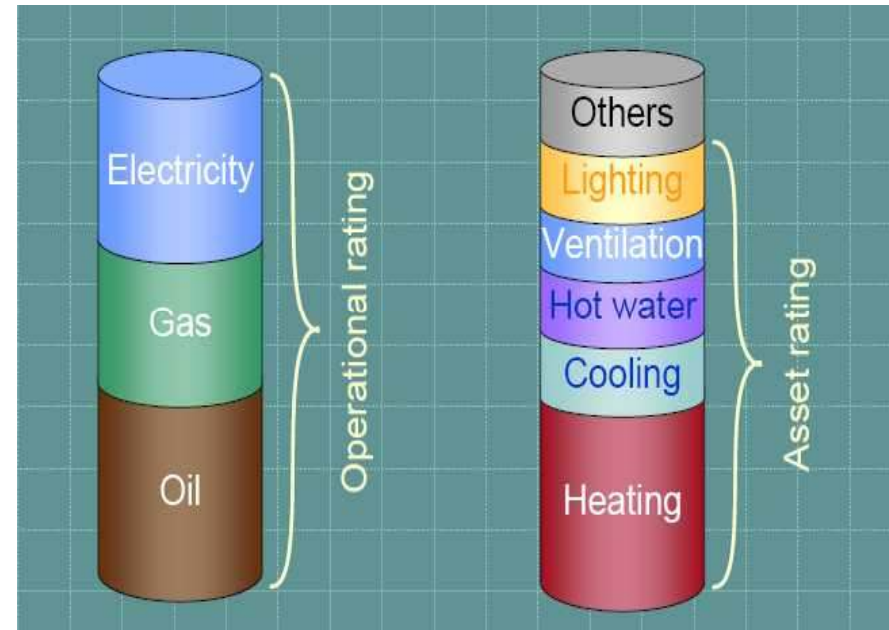
- 2005년 6월 영국건축연구소(Building Research Establishment, BRE)에서 런던 근교에 탄소제로 실업주택을 위한 'BRE 이노베이션 파크' 건립
- Offsite 2007 박람회에서 세계 최초 탄소제로주택 (zero emission house)인 Kingspan Lighthouse 선보임
- 현재 9개의 실업주택을 통하여 혁신적인 신기술을 제시 및 연구·개발 진행
- 100% 재생에너지, 지속 가능한 건축자재, 저장탱크를 활용한 빗물 정화



배경

[영국 건물에너지효율등급 인증서(안) 사례]

Building Energy Performance >		As built:	In use:
Certificate type	FULL	Asset rating	Operational rating
Building type	Office		
Whole or part of building	Whole building		
Very Energy Efficient			
A 에너지절약형 건물			
B		B	
C			
D 설계 단계			D
E 운영 단계			
F			
G			
Not Energy Efficient 에너지다소비 건물			
Asset rating method: UK National Standard 2004		Calculated	Actual
Operational rating method: UK Office Tailored Benchmarks 2002		48	83
Units used: Kg CO2 per sq m of net area per annum			
Occupancy level: Square metres net lettable area per person		14	12
Equipment heat gain level: Watts per square metre net		12	12
Weekly occupancy hours: Hours per week		55	58
Heating performance ratings		A B C D E F G	A B C D E F G
HVAC performance ratings		A B C D E F G	A B C D E F G
Lighting performance ratings		A B C D E F G	A B C D E F G
Management rating (for in use performance only)			A B C D E F G
Internal Environmental Quality			Not assessed
Risk level			Not assessed
Further information can be found in the Energy Log Book			
GB 2004			
Certifying organisation:		Building name:	
Street:		Organisation:	
PO Box:		Street:	
City:		City:	
Contact:		Contact:	
Email:		Email:	

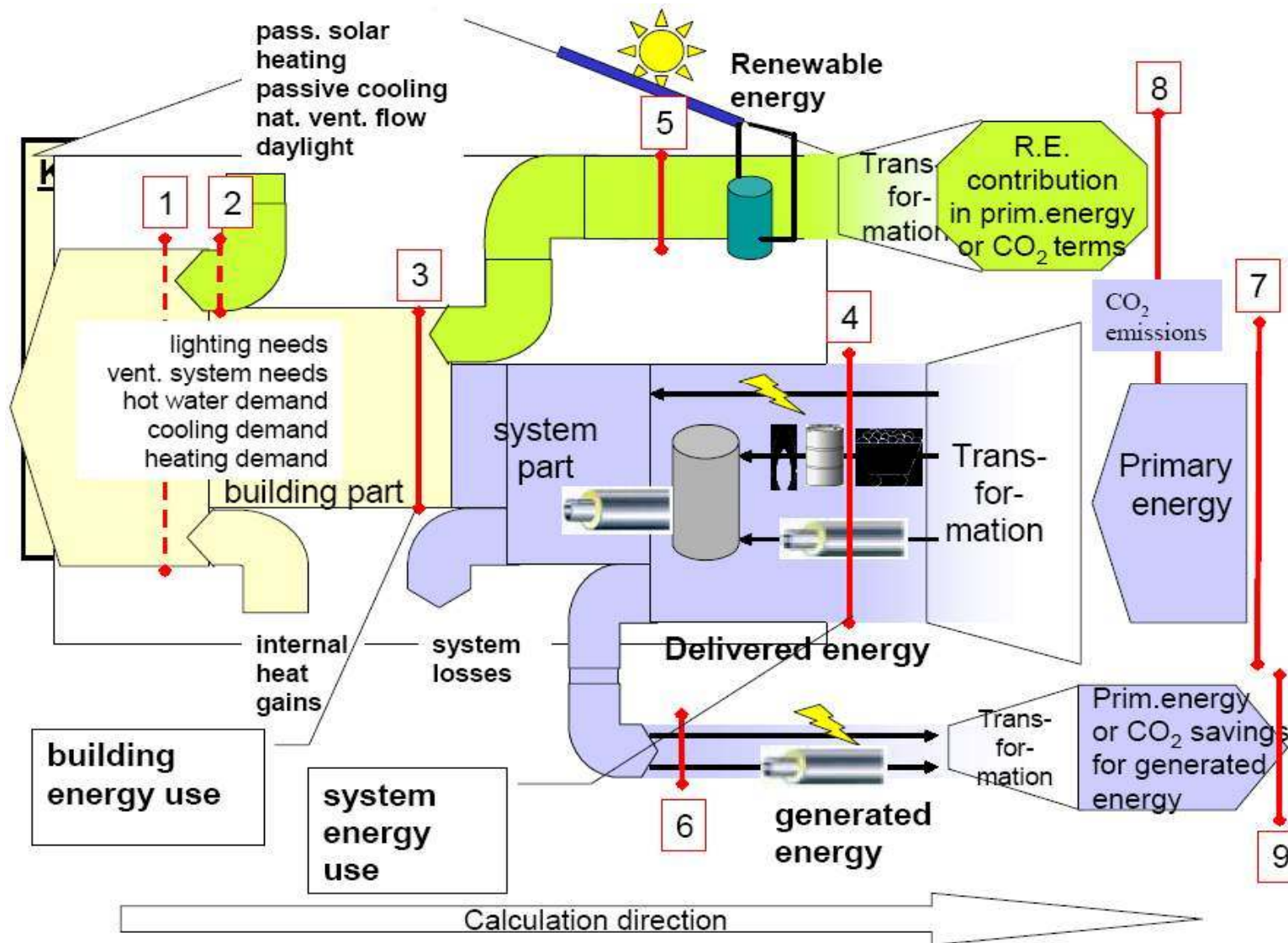


에너지 평가 (운영단계)

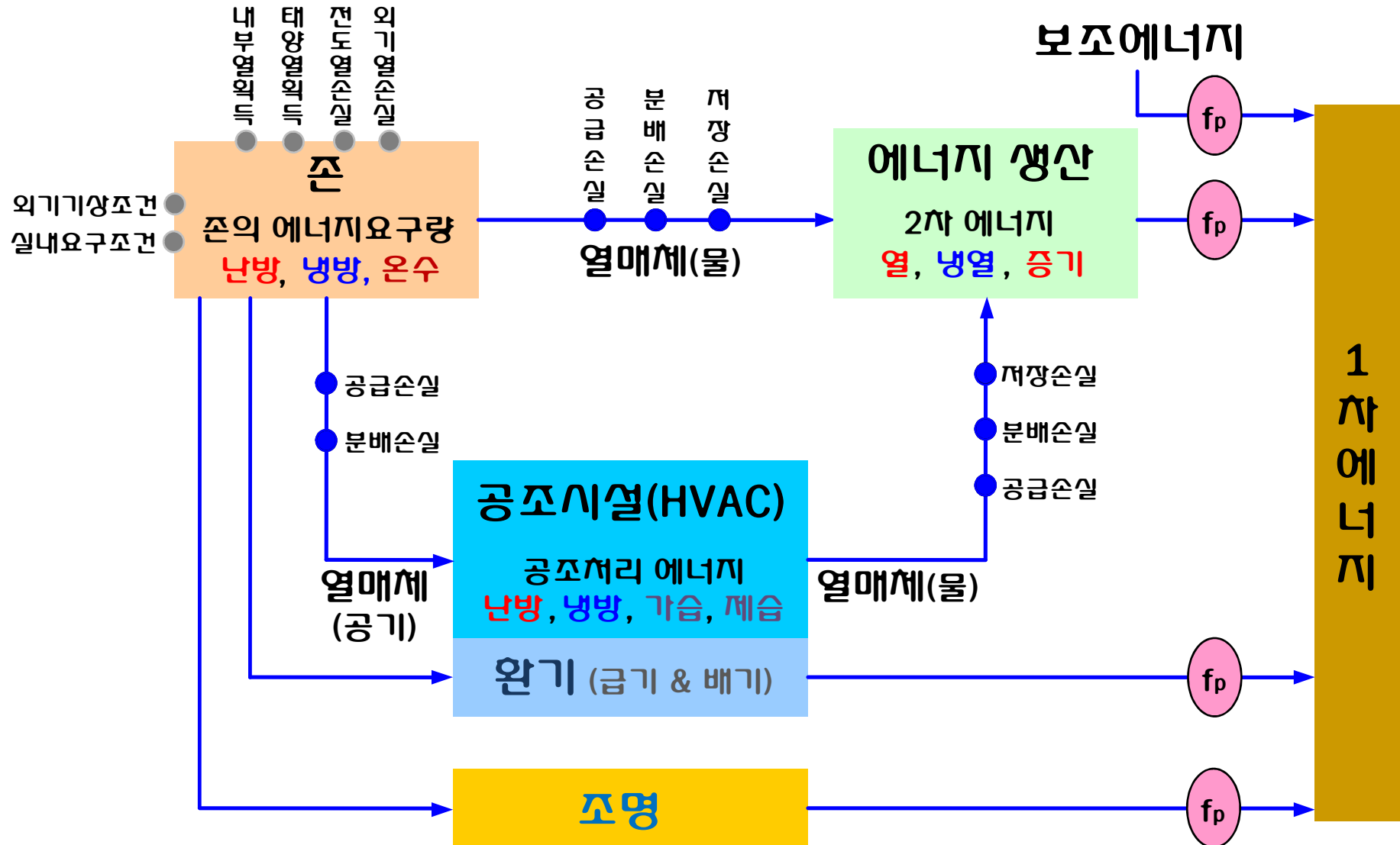
에너지 평가 (설계단계)

배경

[ISO 13790 건물 에너지성능 평가 개요도]

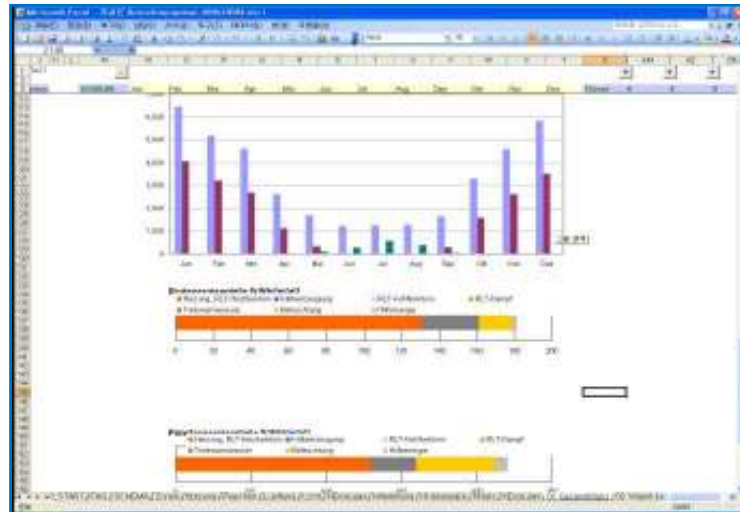


【 DIN 18599 건물 에너지성능 분석 개요 】



배경

[ISO 13790, DIN V 18599에 따른 건물 에너지성능평가 결과 예시]



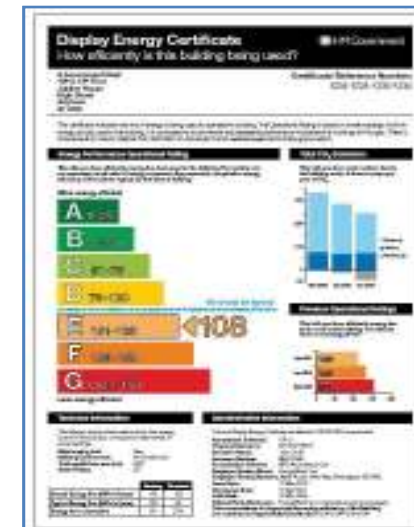
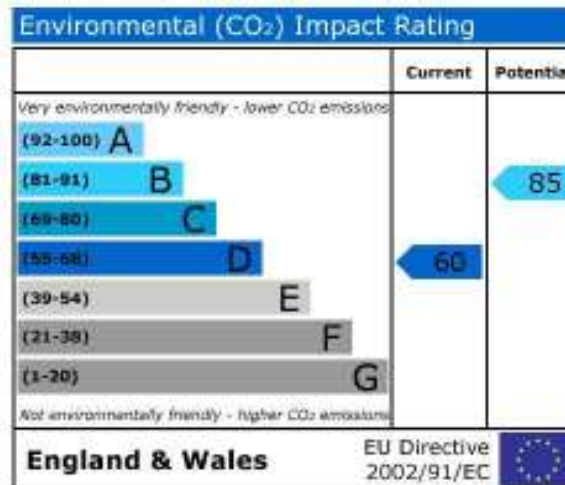
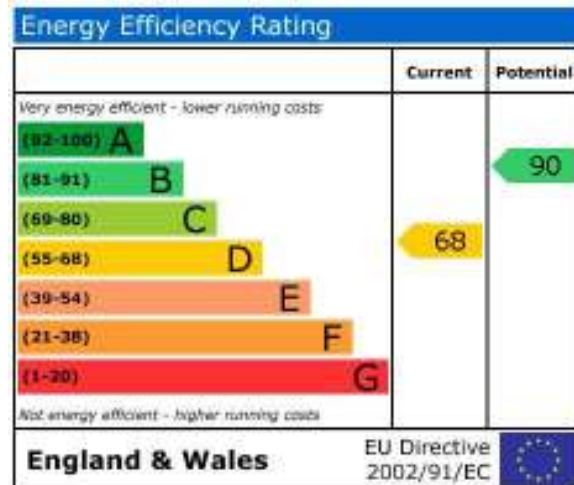
설계 및 입주단계

-  난방에너지 및 CO₂배출량
-  냉방에너지 및 CO₂배출량
-  급탕에너지 및 CO₂배출량
-  조명에너지 및 CO₂배출량
-  완기에너지 및 CO₂배출량

운영유지관리단계

-  전력에너지 및 CO₂배출량
-  가스에너지 및 CO₂배출량
-  유류에너지 및 CO₂배출량

[건물 에너지효율등급 인증서 예시]



배경

【녹색성장 기본법】

녹색성장 기본법 제정 배경



- ✓ 새로운 국가 비전인 “저탄소 녹색성장” 의 효율적 · 체계적 추진을 위한 제도적 기반 필요
- ✓ 녹색성장위원회(녹색성장기획단)중심으로 동 법 제정안 마련 (‘09.2.7 국회제출)

“녹색성장은 온실가스와 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장입니다. 녹색기술과 청정에너지로 신성장동력과 일자리를 창출하는 신국가 발전패러다임입니다.” (‘08.8.15, 건국 60주년 기념식)

녹색성장 기본법(안) 주요 내용

•제43조(온실가스 배출량 및 에너지 사용량 등의 보고)

- 온실가스 다배출 업체 및 에너지다소비 업체의 온실가스 배출량 및 에너지사용량의 보고
- 온실가스 종합정보 관리체제 구축 · 운영

•제45조(총량제한 배출권 거래제의 도입)

- 총량제한(Cap&Trade) 배출권 거래제를 도입 실시할 수 있음
- 구체적인 할당방법, 등록 · 관리방법, 거래소 설치 · 운영, 도입시기 등은 따로 법률로 정함

우리나라 온실가스 감축 목표 시나리오



우리나라 온실가스 감축 목표 시나리오



우리나라 건축물 부문 에너지절약 로드맵



[출처 : 녹색성장위원회의 제6차 외의 발표자료]

업무용 건축물 에너지효율등급 인증서

업무용 건축물 에너지효율등급 예비인증서			
건축물 개요		인증 개요	
건축물명		인증번호	
준공예정 연도		인증기관	
주소		운영기관	
층수			
연면적			
주용도			
에너지효율등급		CO₂ 배출량	
단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m ² ·년)	등급	단위면적당 CO ₂ 배출량(kg/m ² ·년)	배출량
	3		60
용도별 에너지소요량 및 CO₂ 배출량			
구분	단위면적당 에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/m ² ·년)
난방			
급탕			
냉방			
조명			
합계			
* 단위면적당 에너지소요량 : 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 단위면적당 에너지량 * 단위면적당 1차에너지소요량 : 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량 * 단위면적당 CO₂배출량 : 에너지소요량에서 산출한 단위면적당 이상화합소 배출량			
년 월 일 인증기관의장 인			

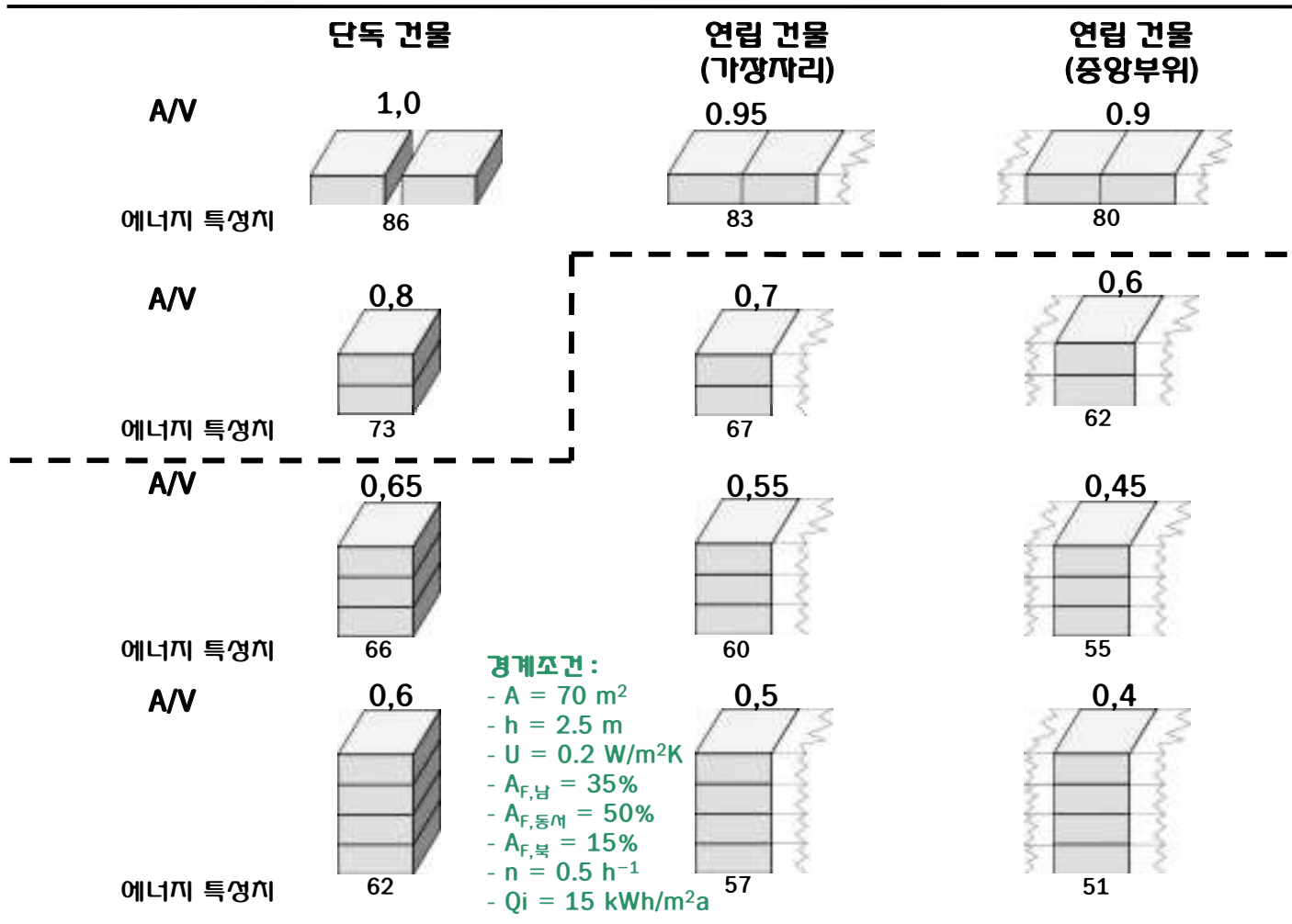
업무용 건축물 에너지효율등급 인증서			
건축물 개요		인증 개요	
건축물명		인증번호	
준공연도		인증기관	
주소		운영기관	
층수			
연면적			
주용도			
에너지효율등급		CO₂ 배출량	
단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m ² ·년)	등급	단위면적당 CO ₂ 배출량(kg/m ² ·년)	배출량
	3		60
용도별 에너지소요량 및 CO₂ 배출량			
구분	단위면적당 에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/m ² ·년)	단위면적당 CO ₂ 배출량 (kg/m ² ·년)
난방			
급탕			
냉방			
조명			
합계			
* 단위면적당 에너지소요량 : 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 단위면적당 에너지량 * 단위면적당 1차에너지소요량 : 에너지소요량에 연료의 채취, 가공, 운송, 변환, 공급 과정 등의 손실을 포함한 단위면적당 에너지량 * 단위면적당 CO₂배출량 : 에너지소요량에서 산출한 단위면적당 이상화합소 배출량			
년 월 일 인증기관의장 인			



패시브하우스 요소 기술

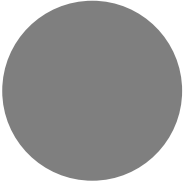
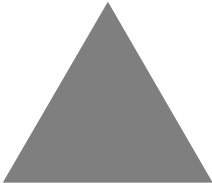
A/V값에 따른 건물 에너지소비특성 분석

건물유형에 따른 A/V 및 에너지 특성치



평면 형태에 따른 열손실 부위 분석

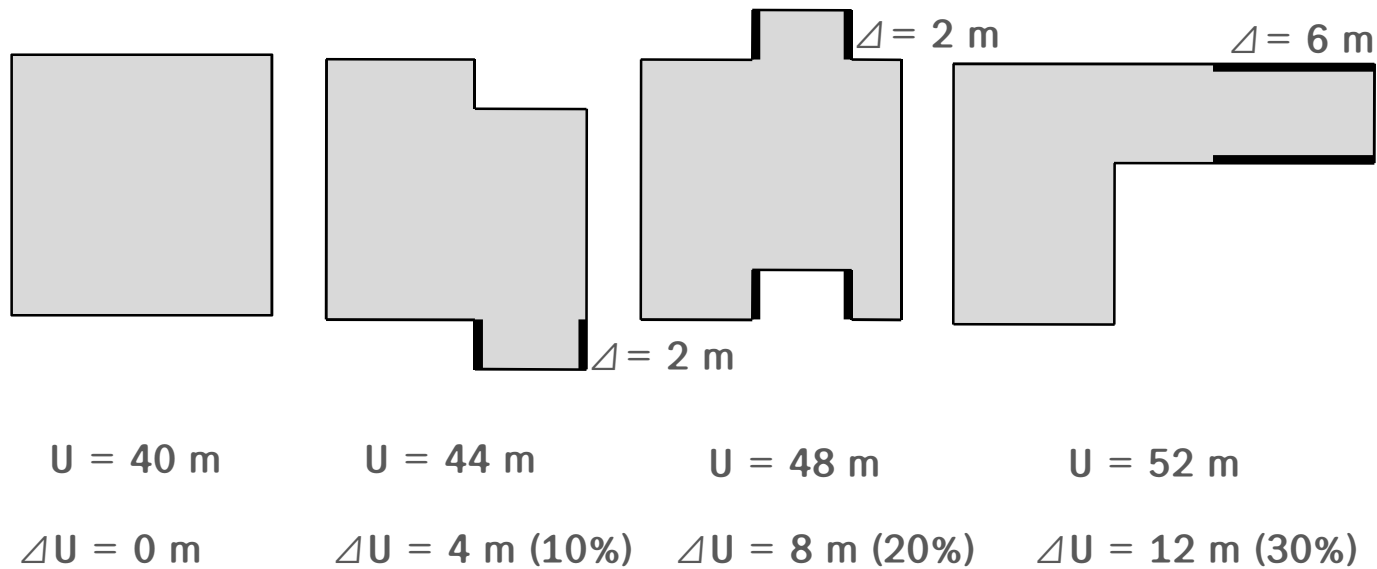
평면형태에 따른 U/A_{WF} (외곽둘레/주거면적) 관계

평면형태					
U/A_{WF} [%]	0,41	0,43	0,47	0,51	0,55
%	87	92	100	107	117

경계조건 :
- $A = 100 \text{ m}^2$
- $d = 40 \text{ cm}$

평면 형태에 따른 열손실 부위 분석

평면의 진입에 따른 둘레길이 변화



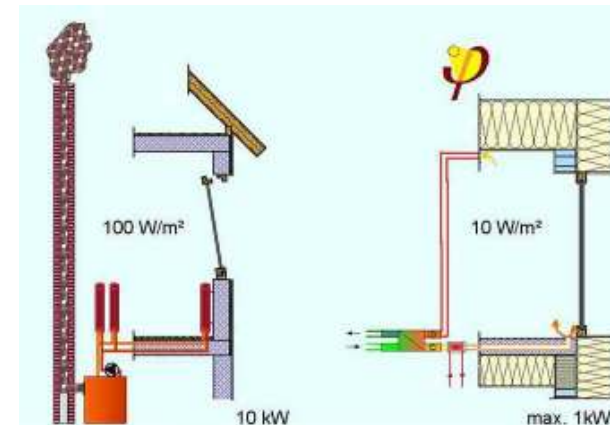
경계조건:
- A = 40 m²
- d = 20 cm

패시브하우스

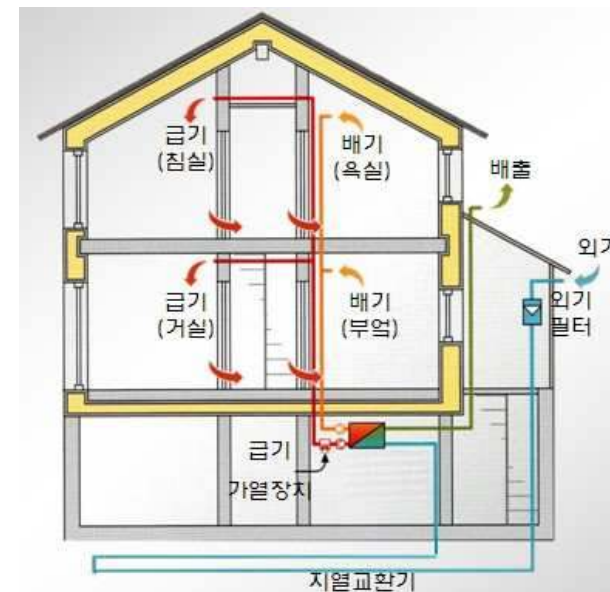
[패시브하우스 정의 및 성능 기준]

패시브하우스란 난방 보일러가 필요 없는 건물

- 연간 난방에너지 요구량 $\leq 15\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- 난방, 온수에 대한 1차에너지 요구량 $\leq 40\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- 난방, 온수, 환기, 전력에 대한 1차에너지 요구량 $\leq 120\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- 50pa에서 침기에 의한 환기량 $\leq 0.6\text{h}^{-1}$
- 고단열 성능, $U \leq 0.15\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
- 열교가 없을 것
- 컴팩트한 건물 형태
- 남향 및 그림자의 영향을 받지 않아 태양열을 패시브하게 최대한 활용
- 슈퍼 유리 및 창틀, $U \leq 0.8\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, g값은 대략 0.5
- 배기 폐열 회수장치 효율, $\eta \geq 75\%$
- 고효율 가전 제품
- 태양열집열판 또는 열펌프에 의한 온수공급
- 지열을 이용하여 급기 예열



기존 건물(좌), 패시브하우스(우)



패시브하우스 개념도

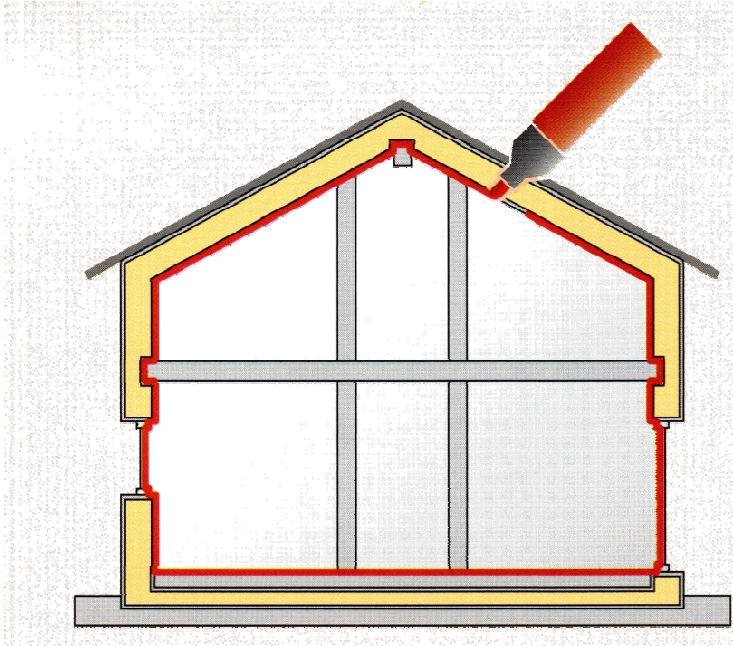
패시브하우스 요소기술 - 고단열



- 외기에 접하는 부위 열관류율, $U \leq 0.15\text{W/m}^2\text{K}$
- 일반 단열재 25~40cm 적용
- 진공단열재는 일반단열재 대비 8~10배 성능
- 진공 단열재 10~40mm 적용



패시브하우스 요소기술 - 고기밀

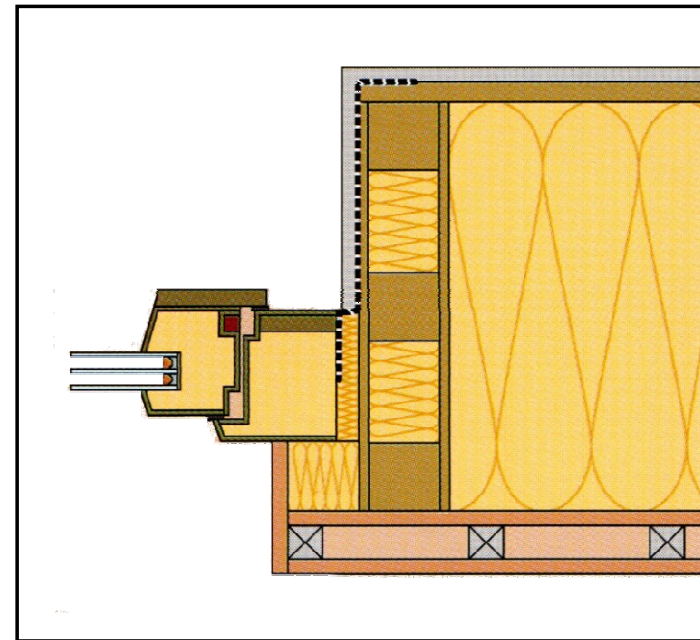
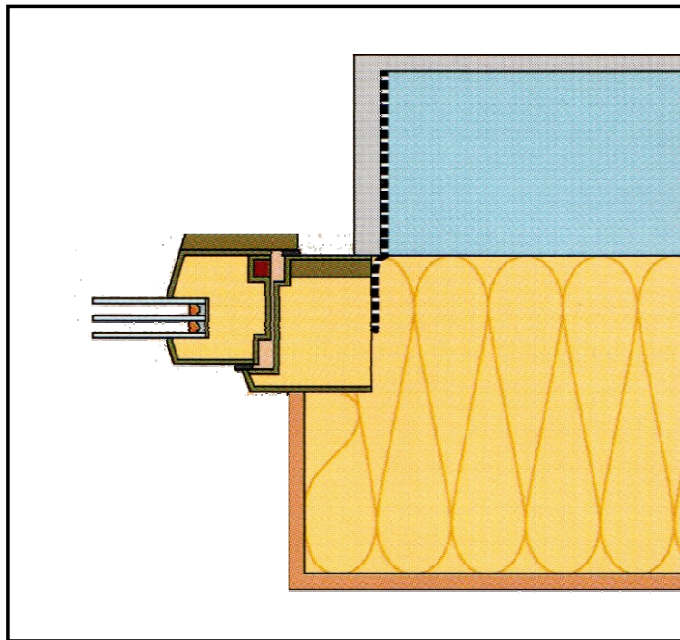
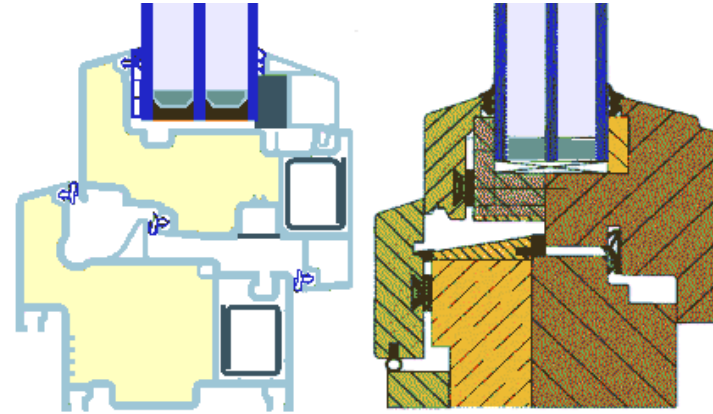


- 붉은 색으로 그려진 부분의 기밀성능이 보장되도록 한다.
- 노란색으로 칠해진 부분에서 열교가 발생하지 않도록 한다.
- $n_{50} \leq 0.6 \text{ h}^{-1}$
- Blower-Door Test 필요

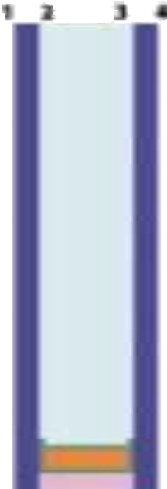
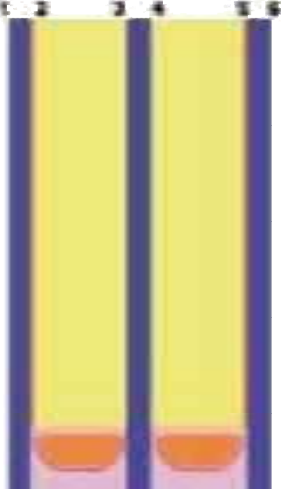


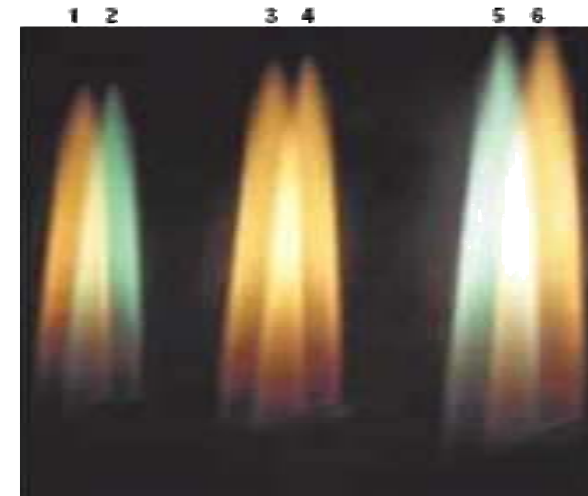
패시브하우스 요소기술 - 고효율 창호

- 매우 낮은 열관류율 값 : $U \leq 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 유리 : 3중 Low-E 유리, 단열간봉
- 창호면적에서 창틀이 차지하는 비율 : 30~40%
- 기존 창틀 : $U = 1.5 \sim 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 창을 단열재 위에 얹어 열교 없애기



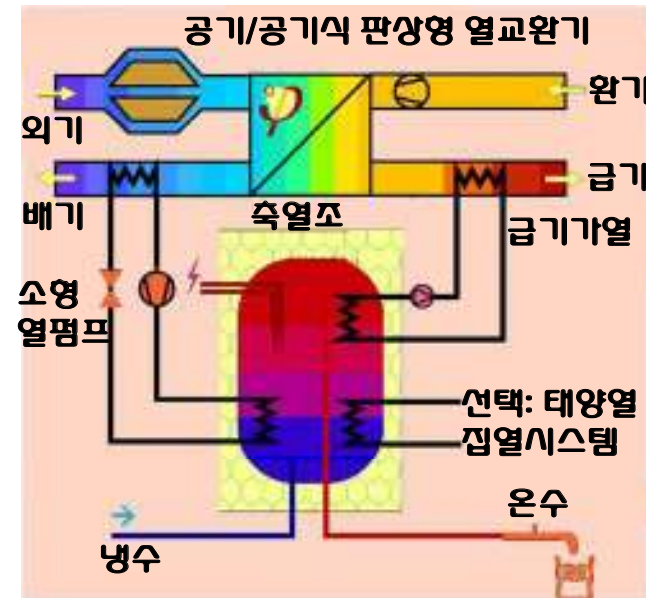
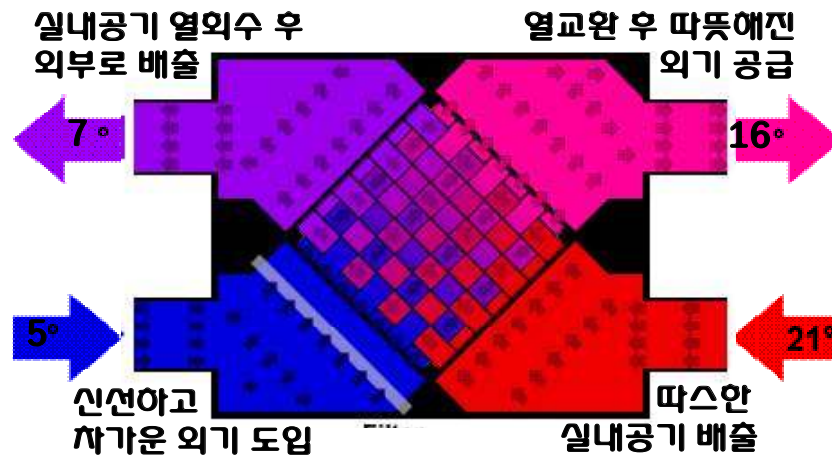
패시브하우스 요소기술 - 고효율 창호

Einscheiben Verglasung	2fach Verglasung mit Luftschicht, Alu Randverbund	2fach WSIVG mit Beschichtung auf 3, Edeigasfüllung aber Alu-Randverbund	3fach WSIVG mit Be- schichtung auf 2 und 5, thermisch getrenntem Randverbund und Edeigasfüllung
$U_g = 5.6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_g = 2.8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_g = 1.0 \dots 1.6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_g = 0.5 \dots 0.8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
$\vartheta = -2^\circ\text{C}$	$\vartheta = 9^\circ\text{C}$	$\vartheta \geq 14^\circ\text{C}$	$\vartheta \geq 17^\circ\text{C}$
$g = 0.85$	$g = 0.76$	$g = 0.5 \dots 0.68$	$g = 0.4 \dots 0.6$
			



패시브하우스 요소기술 - 폐열회수 환기장치

교차형 열교환기 작동원리



패시브하우스 요소기술 - 외부 가변형 차양장치

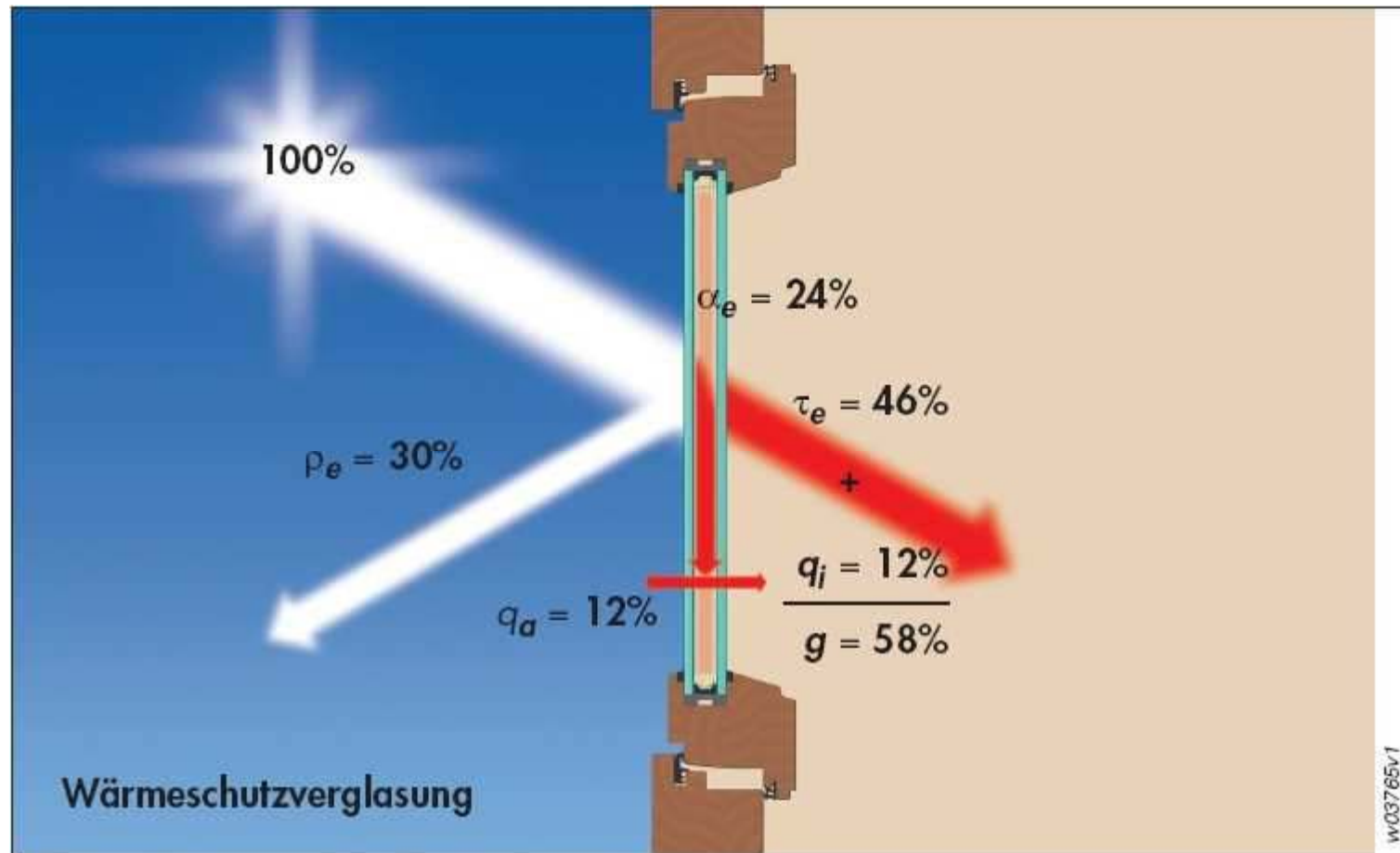


Abb. 4: Gesamtenergiedurchlassgrad

패시브하우스 요소기술 - 외부 가변형 차양장치

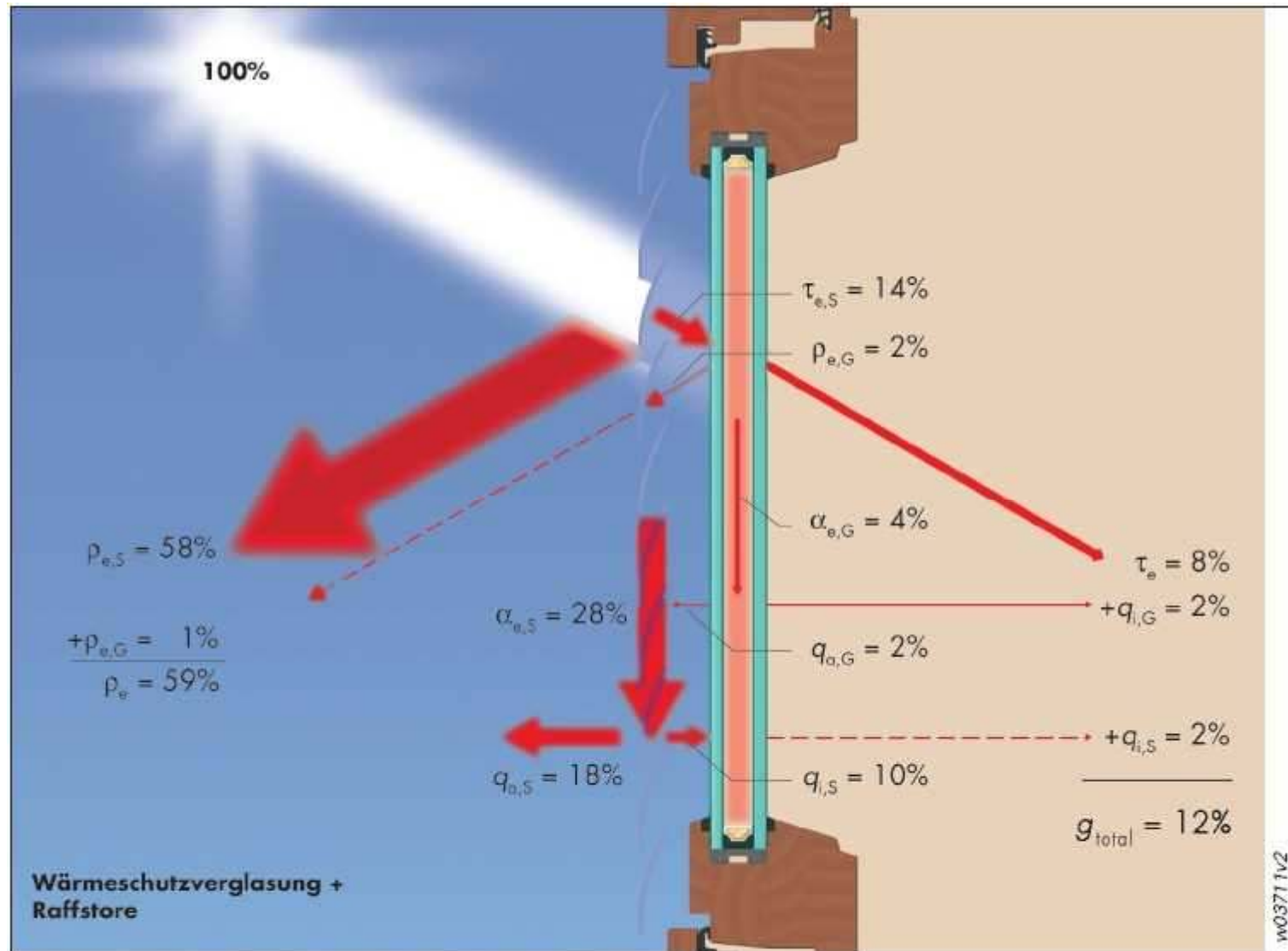
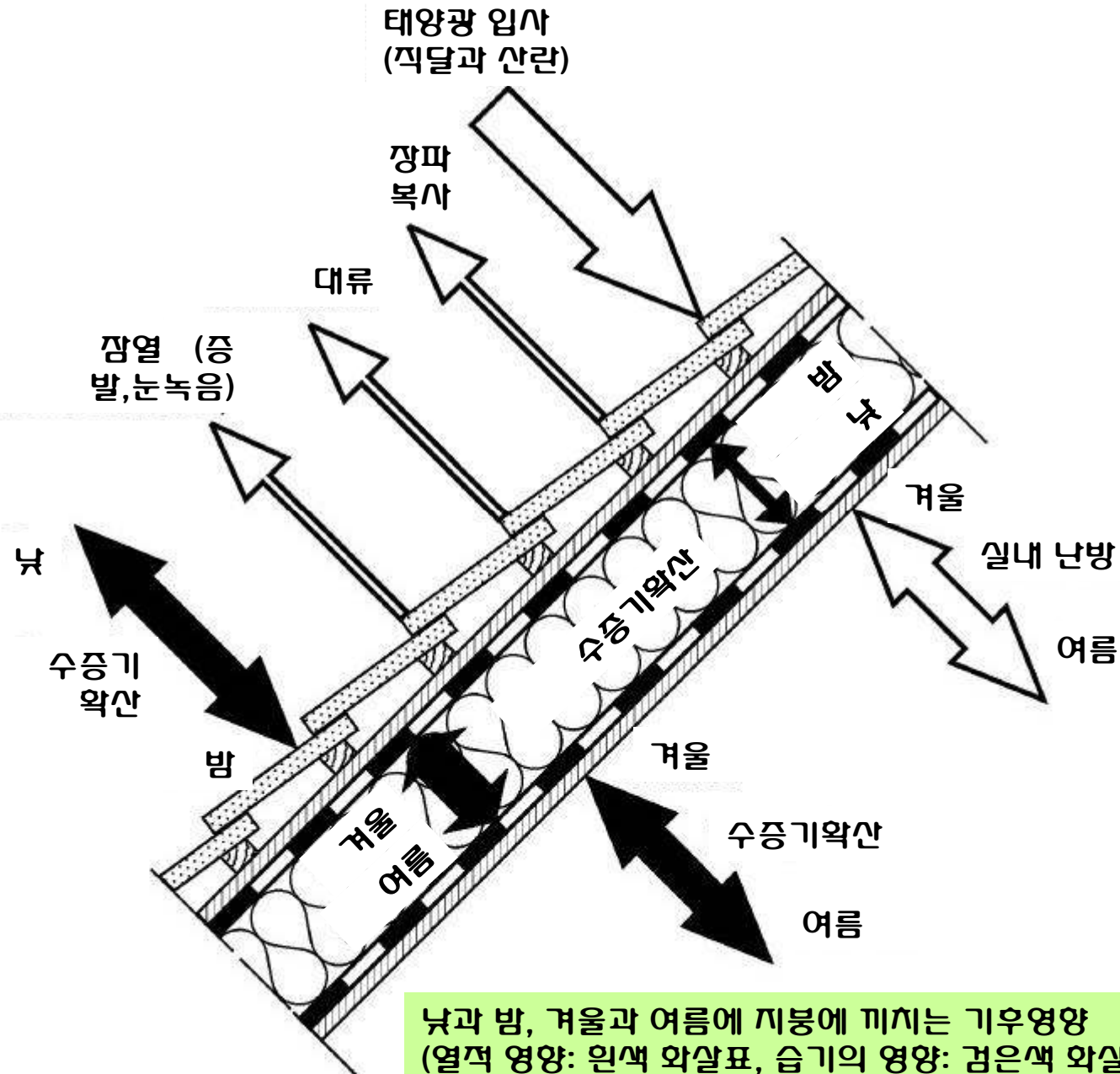
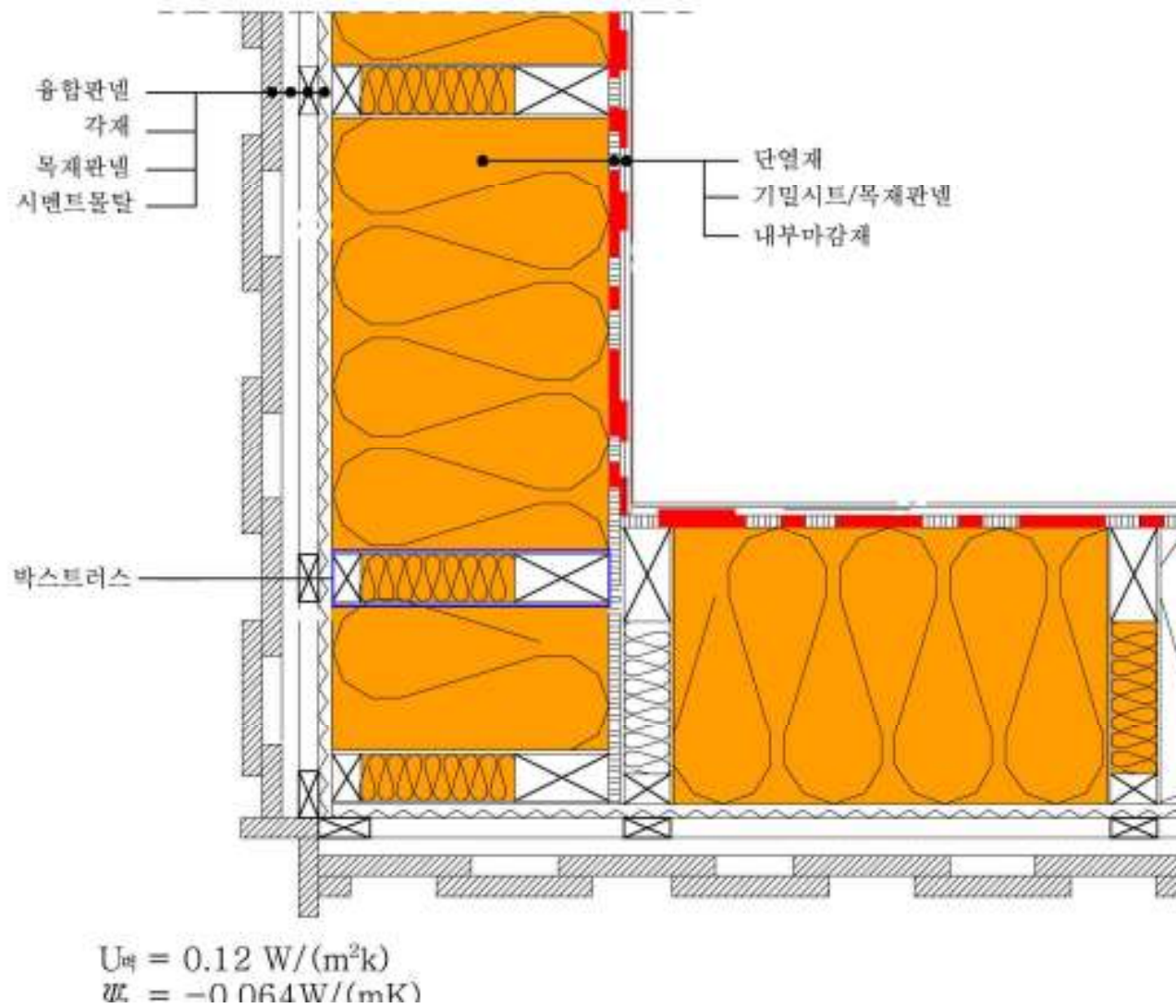


Abb. 5: Darstellung des Gesamtenergiedurchlassgrades eines Systems aus Glas und Sonnenschutz am Beispiel des Raffstore Typ 80 A2, RAL 9010 (reinweiß) mit Wärmeschutzverglasung, $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,61$ (61%)

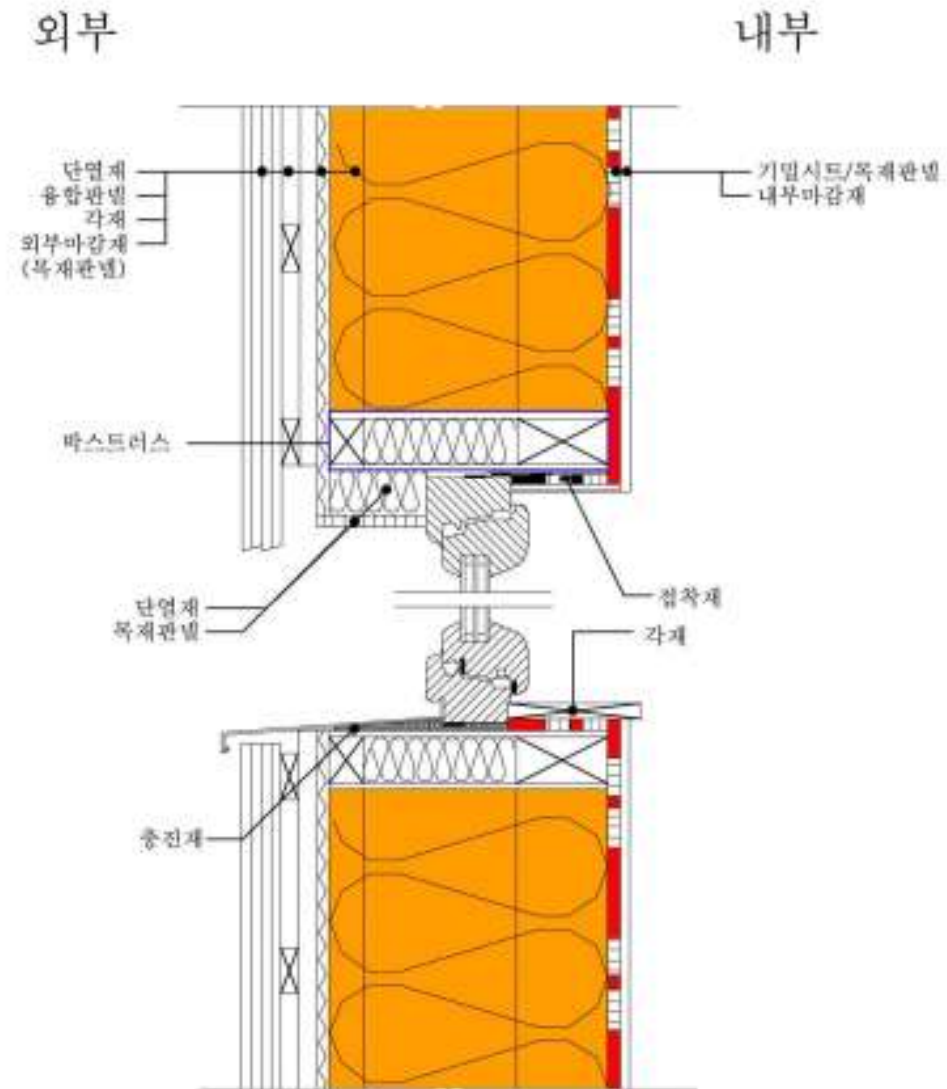
패시브하우스 요소기술



패시브하우스 요소기술

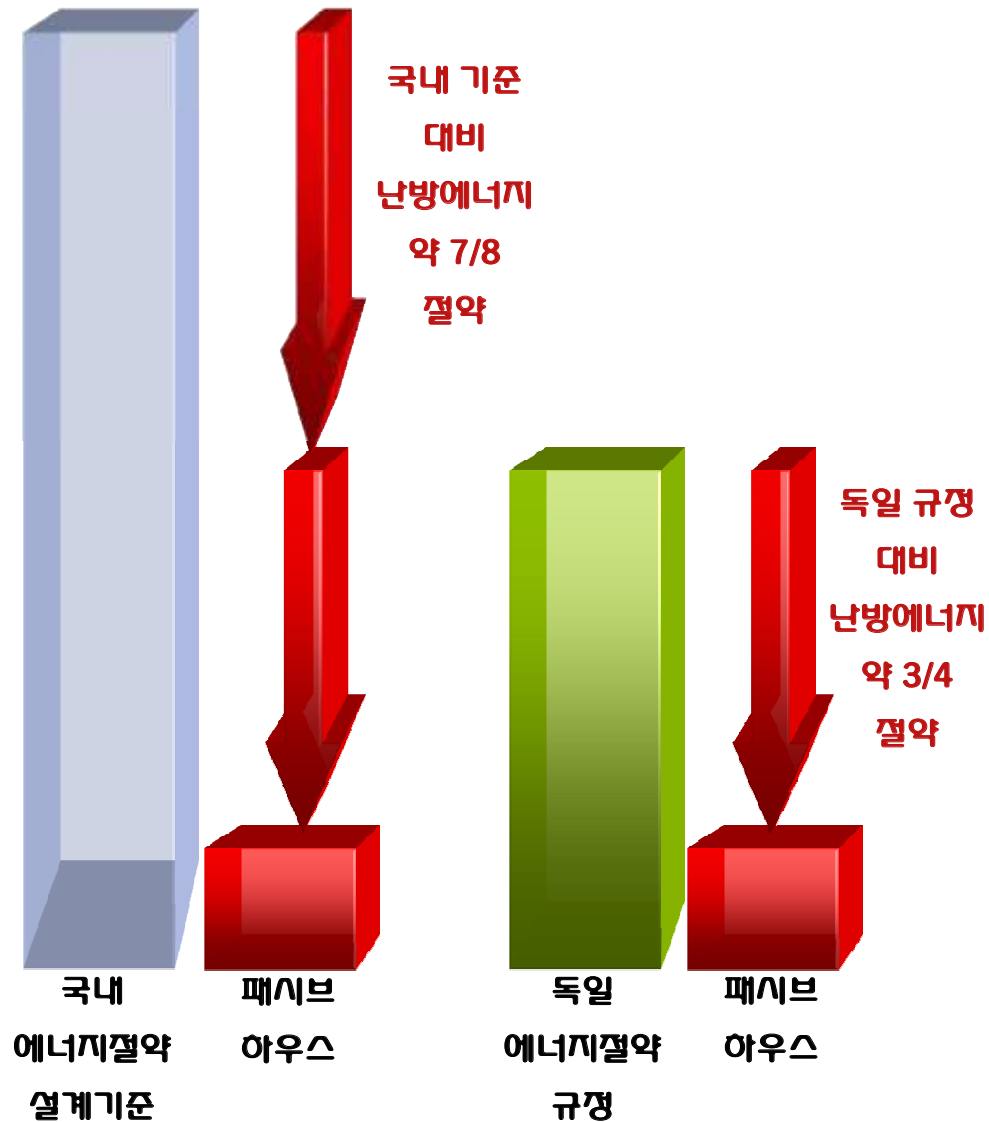


패시브하우스 요소기술



에너지절약형 건축물 – 패시브하우스 장점

[에너지절약 및 이산화탄소 저감]



>> 주요 장점 <<

- 쾌적감 상승
- 1년 내내 신선한 공기 공급
- 난방비가 매우 저렴
- 에너지가격에 민감하지 않음
- 에너지 공급이 매우 안정적임
- 엄청난 환경부하 저감

에너지절약형 건축물 - 패시브하우스 장점

[쾌적한 열환경 창출]



- ▶ 패시브하우스 (왼쪽 고층건물, 외벽표면온도 약 -2°C , 창 표면온도 약 0°C)
- ▶ 기존 병원건물 (오른쪽 고층건물, 외벽온도 약 6°C , 창 표면온도 약 12°C)

에너지절약형 건축물 - 패시브하우스 장점

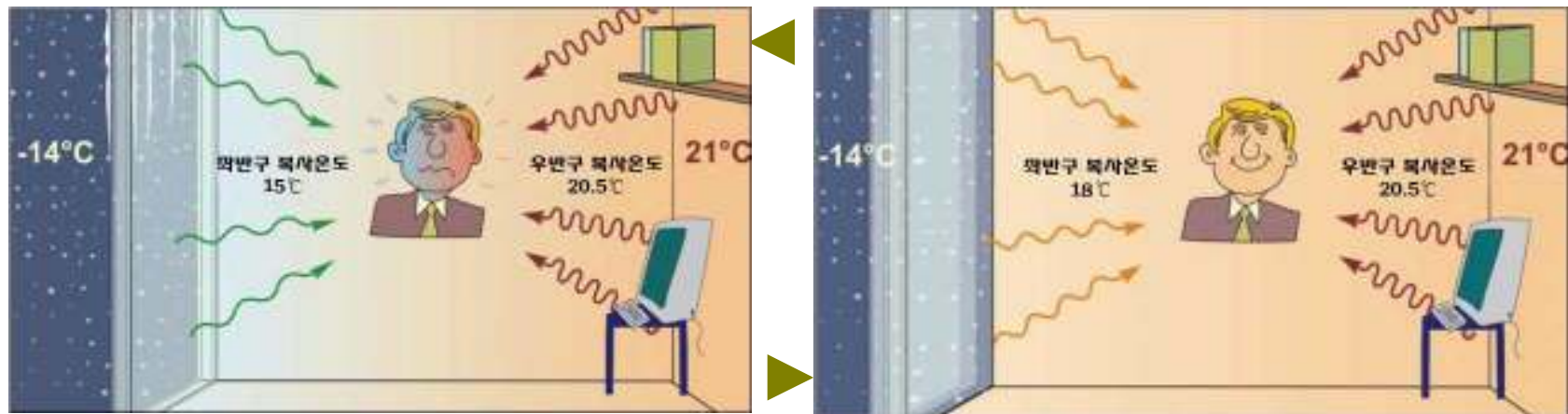
[열교 free]



에너지절약형 건축물 - 패시브하우스 장점

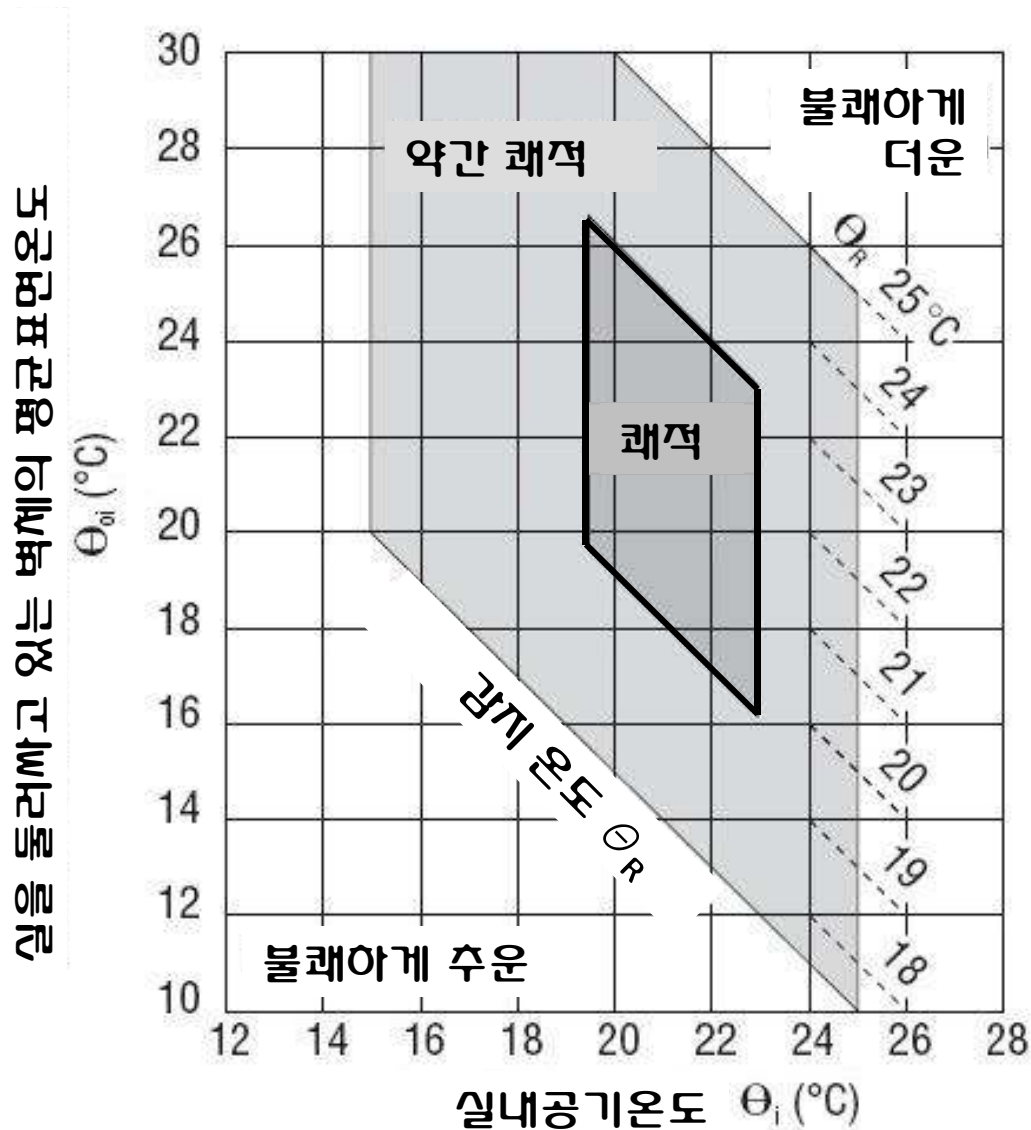
[쾌적한 열환경 창출]

- 고단열 창호 사용으로 영하 기온에서 실내측 유리표면의 평균온도 17℃ 이상
- 창호부분 냉기가 거의 없음
- 쾌적한 공간 창출



에너지절약형 건축물 - 패시브하우스 장점

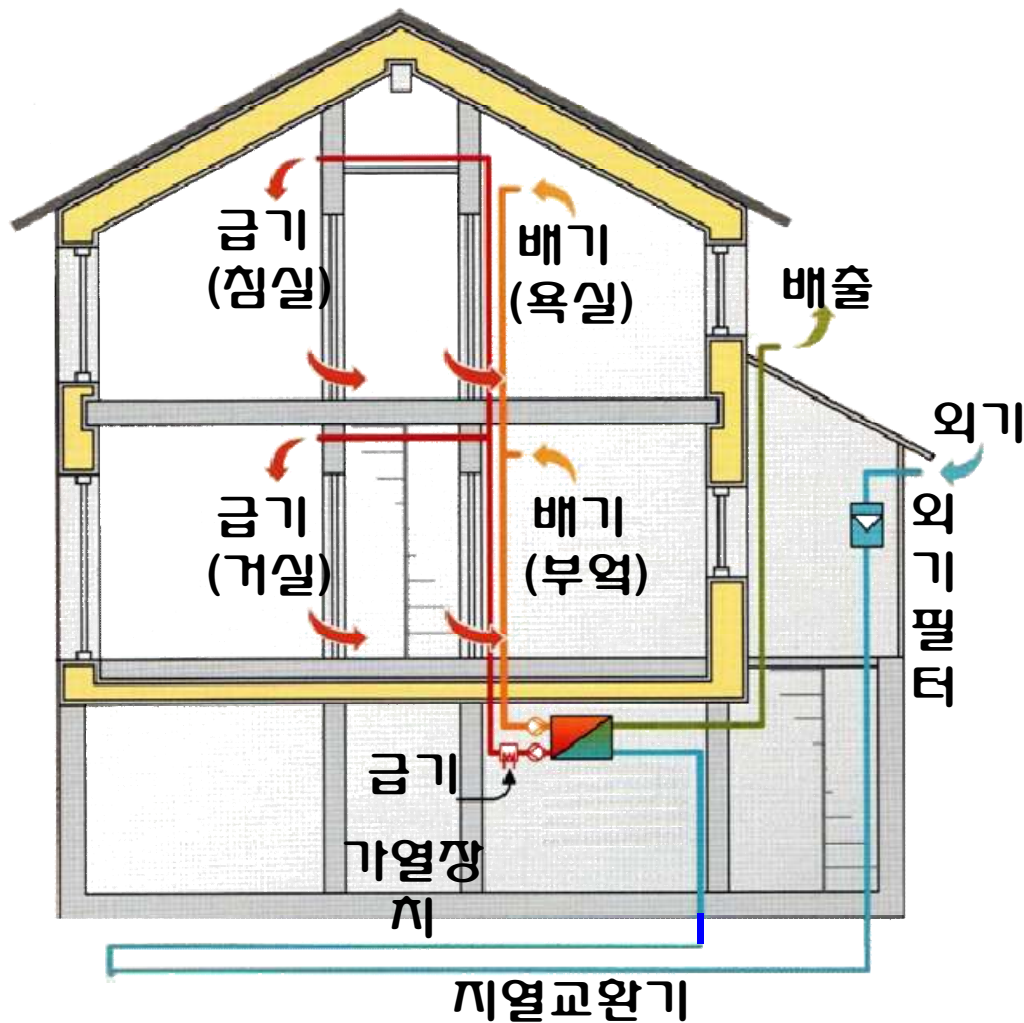
[쾌적한 열환경 창출]



$$\theta_R = \frac{\theta_{oi} + \theta_i}{2}$$

패시브하우스 장점

[쾌적한 실내공기질 향수]



- $30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Per}$ (DIN 1946)
- 가평 : 1인당 30 m^2 거주면적
- 급기량은 $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
- 패시브 하우스에서 온수 최대 온도는 50°C 이하로 제한
- 최대 난방부하 $10 \text{ W}/\text{m}^2$



패시브하우스 사례

패시브하우스 - 사무소건물



67295 BOLANDEN, GERMANY

단열성능 : $U(\text{외벽}) = 0.12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $U(\text{지붕}) = 0.10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $U(\text{바닥}) = 0.13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

창호성능 : $U(\text{유리+창틀}) = 0.88 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $U(\text{유리}) = 0.70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $g_{\text{값}} = 50\%$

경사유리 : 안전유리, $U(\text{경사}) = 0.72 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $g_{\text{값}} = 48\%$

난방 : 목재 펠렛, 기밀성능 : $n_{50} = 0.33/\text{h}$

난방에너지요구량 : $14 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$, 열에너지소요량(난방, 환기, 급탕) : $24 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$

1차에너지소요량 : $120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$

패시브하우스 - 연립주택

80797 MUENCHEN, GERMANY

U(외피) : $0.14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(지붕) : $0.11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(바닥) : $0.15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(창호) : $0.85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(유리) : $0.70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

g값 : 60%

기밀성능 $n_{50} \leq 0.38/\text{h}$

난방에너지요구량 : $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$

1차에너지소요량(난방, 환기, 급탕)
: $36 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$

1차에너지소요량 : $104 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$



패시브하우스 - 초등학교

70376 STUTTGART, GERMANY

U(외피) : $0.16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(지붕) : $0.11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(바닥) : $0.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(창호) : $0.74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

U(유리) : $0.60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

g값 : 45%

기밀성능 $n_{50} \leq 0.46/\text{h}$

난방에너지요구량 : $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$

1차에너지소요량 : $59 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$



패시브하우스 - 단독주택

단독주택 파주 산남리 K씨 주택

- 벽체 열관류율 : $0.16\text{W/m}^2\text{K}$
- 바닥 열관류율 : $0.23\text{W/m}^2\text{K}$
- 천장 열관류율 : $0.13\text{W/m}^2\text{K}$
- 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에서 요구하는 열관류율 성능보다 1.5~2.9배까지 단열 성능 강화
- 창 및 문의 열관류율은 실측 값 부재로 $1.5\text{W/m}^2\text{K}$ 으로 가정.
중부지역 허용기준 $3.84\text{W/m}^2\text{K}$ 의 2.6배 단열성능
- 3.8리터 하우스로 패시브하우스 수준에 근접
- 68% 에너지 절감.



패시브하우스 - 그린생활시설

그린생활시설 동탄 K씨 주택

성능 목표

- $U(\text{외피}) = 0.15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{지붕}) = 0.15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{바닥}) = 0.15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{창호}) = 1.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- 에너지투과율 $\geq 50\%$
- 기밀성능 $n_{50} \leq 0.60/\text{h}$
- 난방요구 $< 20 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
- 2리터 하우스



그린 홈 - 단독주택

단독주택 파주 동패리 K씨 주택

성능 목표

- $U(\text{벽체}) = 0.10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{지붕}) = 0.09 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{바닥}) = 0.11 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- $U(\text{창호}) < 0.80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- 에너지투과율 $\geq 50\%$
- 기밀성능 $n_{50} \leq 0.60/\text{h}$
- 난방요구 $< 8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$
- 0.8리터 아우스



Green Home – 과천 국립과학관

■ Photos



경청해 주셔서 감사합니다 !