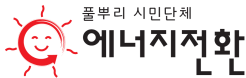


# 에너지전환 연속강좌4: 적은 것으로 더 쾌적하고 건강하게

허진혁



2008년 12월 8일



# 목차

- ① 왜 건물에너지인가?
- ② 패시브하우스의 이해
- ③ 열회수 환기장치와 실내공기질
- ④ 에너지강좌를 마치며



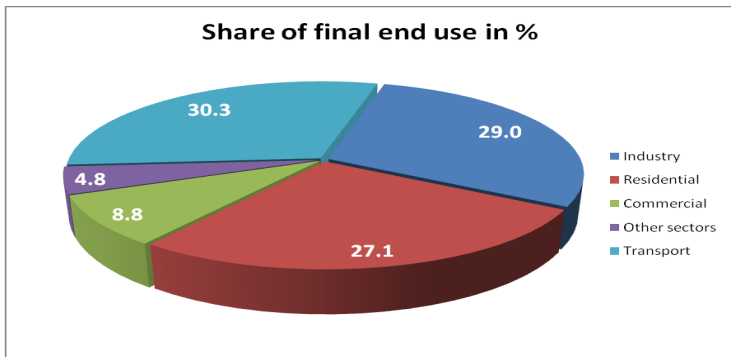
# 목차

- 1 왜 건물에너지인가?
- 2 패시브하우스의 이해
- 3 열회수 환기장치와 실내공기질
- 4 에너지강좌를 마치며



# 건물의 세계 에너지 소비: 전체의 40%

Figure 1. Energy consumption in different sectors.



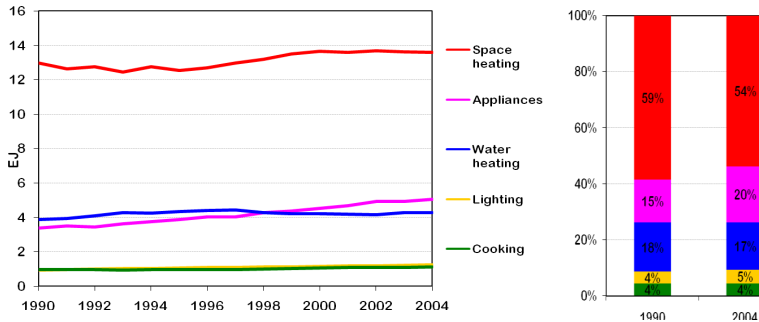
According to the IEA statistics for energy balance for 2004-2005, (2007 edition), the total final energy use globally accounts for 7209 Mtoe (Mega Tonnes Oil Equivalents). The residential and commercial sectors account for respectively 1951 Mtoe and 638 Mtoe, which is almost 40 % of the final energy use in the World<sup>1</sup>. The major part of this consumption is in buildings.

출처: Laustsen (2008) 

# 건물 에너지의 쓰임: 난방, 가전제품, 온수, 조명, 요리

난방이 50% 이상

Figure 2. Energy use in residential buildings.



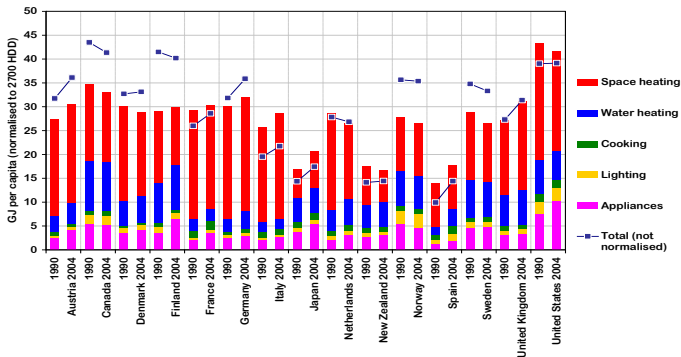
Source: 30 Years of Energy Use in IEA countries. A large part of the energy consumption in residential buildings are used for direct building related use such as space heating, which accounts for more than 50 % in selected IEA Countries.

출처: Laustsen (2008)



# 나라별 비교

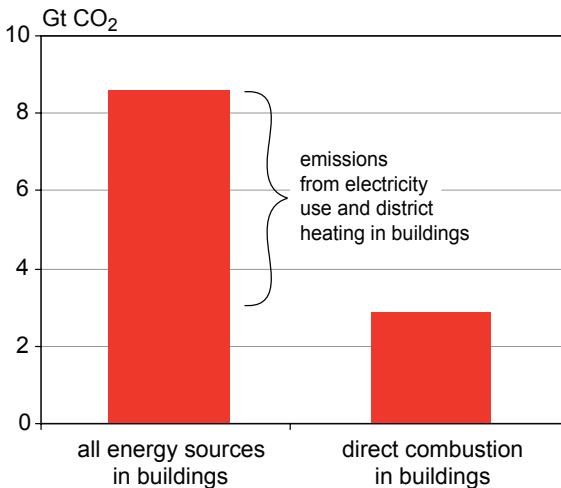
Figure 3. Subdivision of energy consumption in residential buildings in select IEA countries.



Source: 30 Years of Energy Use in IEA countries<sup>2</sup>. As illustrated, the use of energy is different in individual countries both in concern of level as in the subdivision. The graph also shows issues on comparison and normalisation, which will be targeted later in this paper.

출처: Laustsen (2008) 

# 건물의 세계 온실가스 배출: 전체의 25%



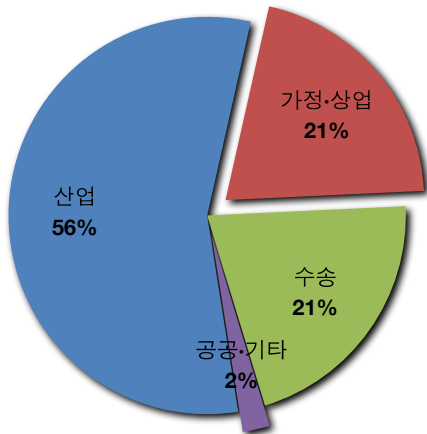
**Figure :** Carbon dioxide emissions from building, 2004


Sources: IEA, 2006e and Price et al. 2006.



# 한국 최종에너지 소비

## 2006년 부문별 최종에너지 소비



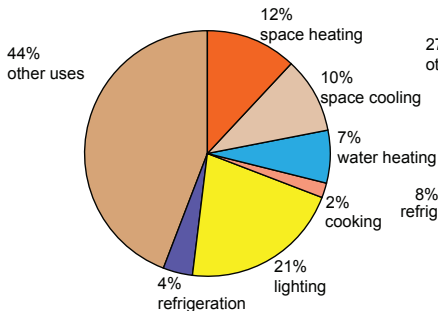
출처: 에너지경제연구원 통계 



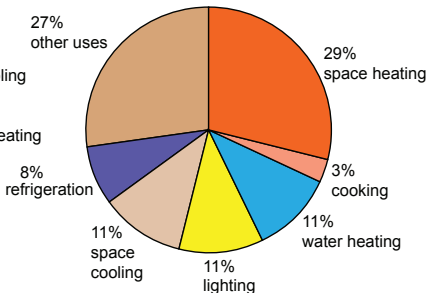
# 건물에서 쓰이는 에너지

미국의 상업용·주거용 건물

**U.S. commercial building energy use 2005**



**U.S. residential building energy use 2005**



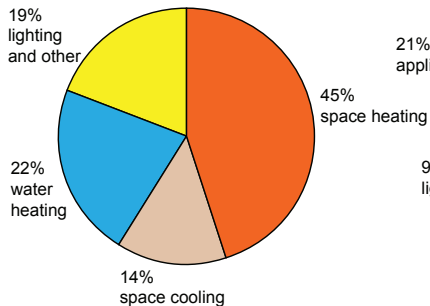
출처: IPCC FAR



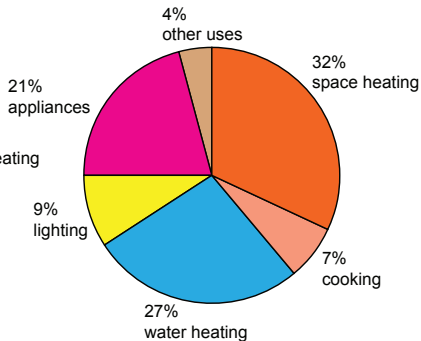
# 건물에서 쓰이는 에너지

중국의 상업용·주거용 건물

**China commercial building energy use 2000**



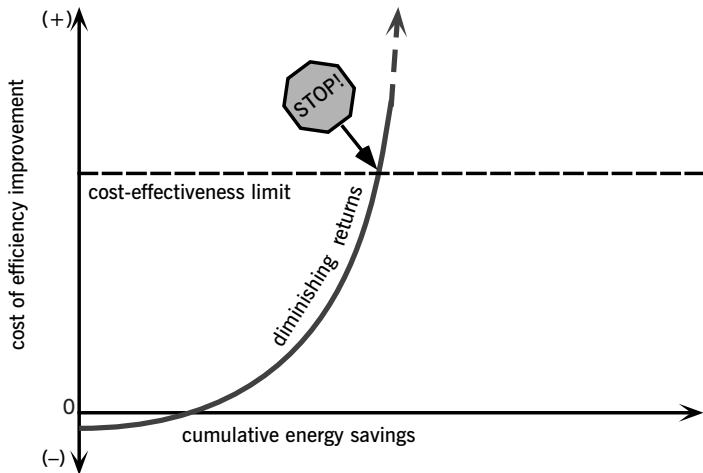
**China residential building energy use 2000**



출처: IPCC FAR



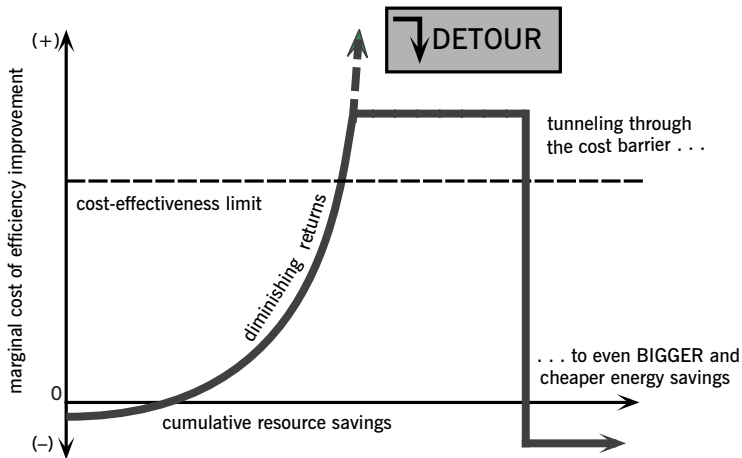
## 한계효용 체감의 법칙



출처: Hawken et al. (1999)

# 비용의 벽 헤쳐나가기

## 'TUNNELING THROUGH THE COST BARRIER'



출처: Hawken et al. (1999)



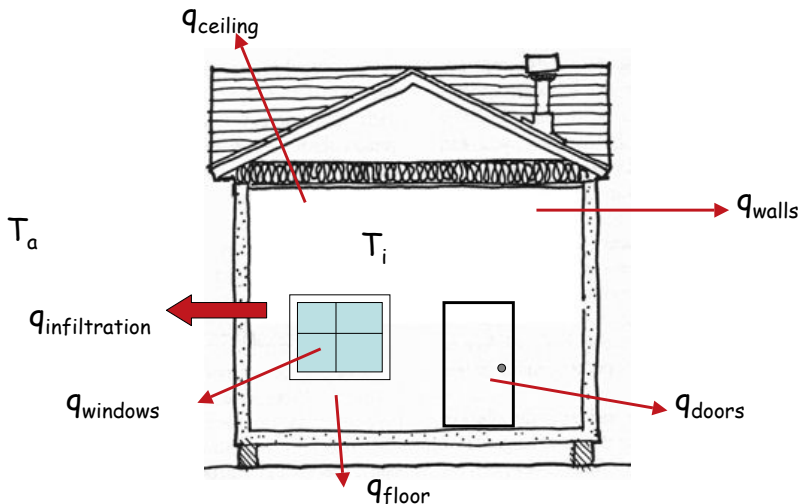


# 목차

- 1 왜 건물에너지인가?
- 2 패시브하우스의 이해
- 3 열회수 환기장치와 실내공기질
- 4 에너지강좌를 마치며



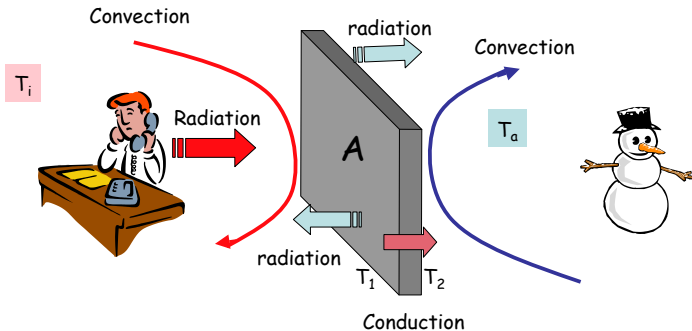
## 열 손실의 이해



$$q_{tot} = q_{walls} + q_{windows} + q_{ceiling} + q_{floor} + q_{doors} + q_{infiltration}$$



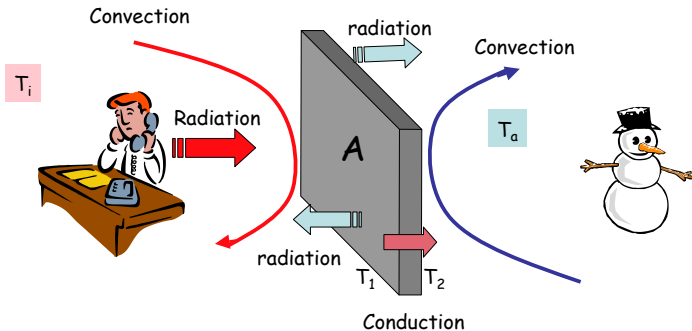
## 열 손실의 이해



$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$



## 열 손실의 이해



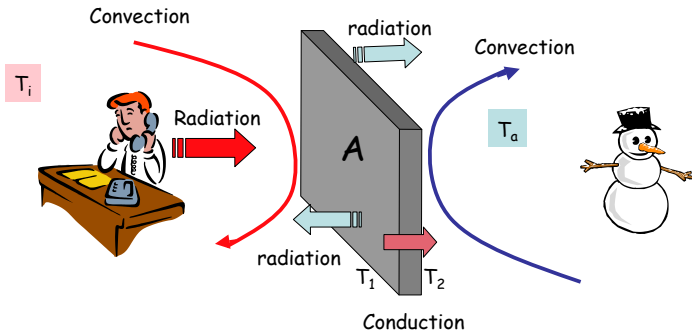
$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$

• R-value : 열 저항  $\text{W/km}^2$

• U-value : 열 전달 계수  $\text{W/m}^2$

$$U = \frac{1}{R}$$

## 열 손실의 이해

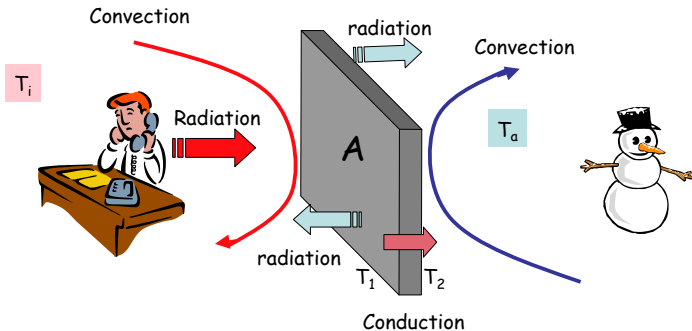


$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$

- R-value : 열 저항  $\text{W/Km}^2$
- U-value : 열 전달 계수  $\text{Km}^2/\text{W}$

$$U = \frac{1}{R}$$

## 열 손실의 이해

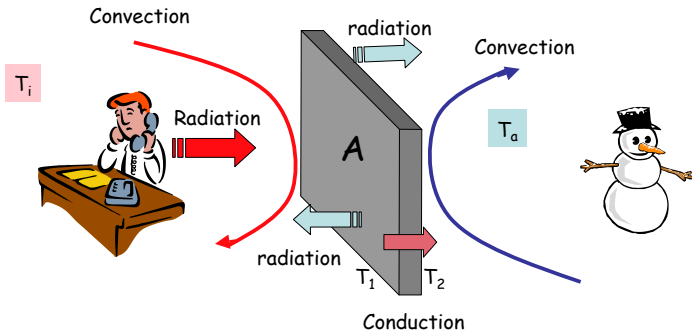


$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$

- R-value : 열 저항  $\text{W}/\text{K}\cdot\text{m}^2$
- U-value : 열 전달 계수  $\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$U = \frac{1}{R}$$

## 열 손실의 이해

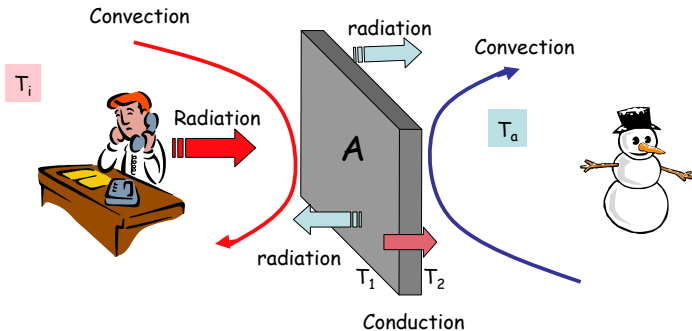


$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$

- **R-value** : 열 저항  $\text{W}/\text{K}\cdot\text{m}^2$
- **U-value** : 열 전달 계수  $\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$U = \frac{1}{R}$$

## 열 손실의 이해

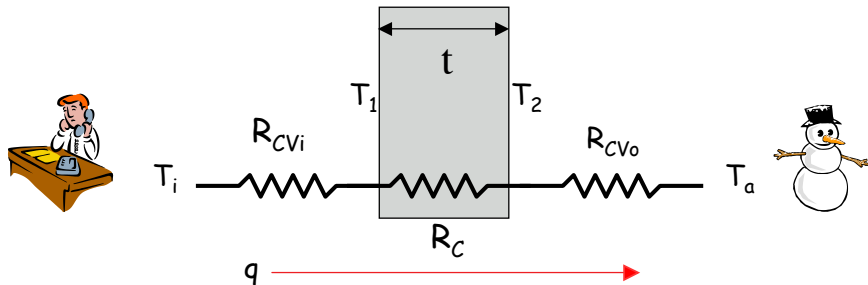


$$q = \frac{A \Delta T}{R} = U A \Delta T \quad \sim \quad I = \frac{V}{R}$$

- **R-value** : 열 저항  $\text{W}/\text{K m}^2$
- **U-value** : 열 전달 계수  $\text{K m}^2/\text{W}$

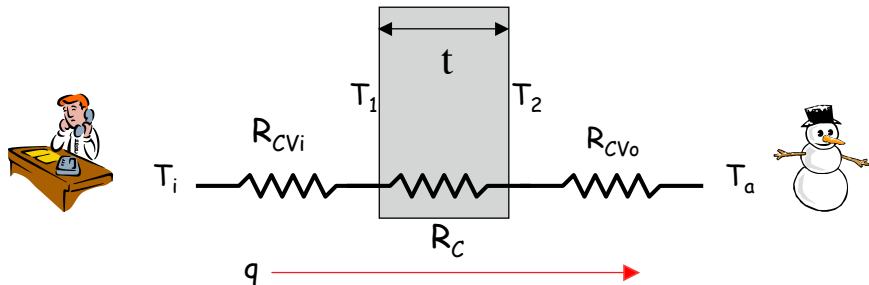
$$U = \frac{1}{R}$$

## 전기 회로의 비유



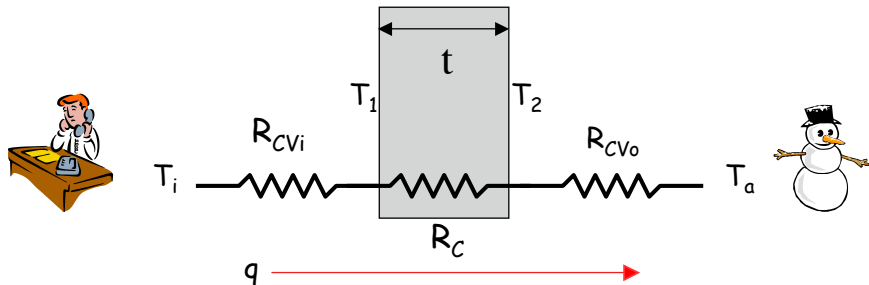
$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CVi}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CVo}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

## 전기 회로의 비유



$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CV_i}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CV_o}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

## 전기 회로의 비유

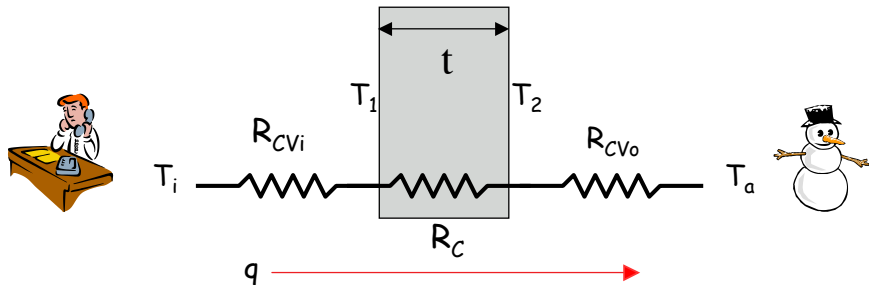


$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CV_i}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CV_o}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

$$R_{CV_i} + R_C + R_{CV_o}$$



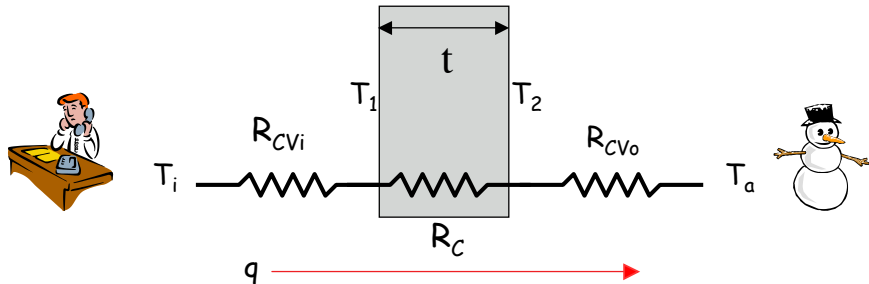
## 전기 회로의 비유



$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CV_i}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CV_o}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

$$R_{CV_i} + R_C + R_{CV_o} = \frac{A}{q}(T_i - T_1) + \frac{A}{q}(T_1 - T_2) + \frac{A}{q}(T_2 - T_a)$$

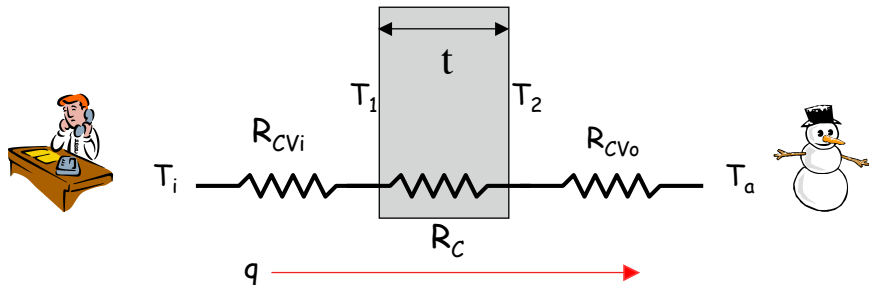
## 전기 회로의 비유



$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CV_i}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CV_o}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

$$R_{CV_i} + R_C + R_{CV_o} = \frac{A}{q}(T_i - T_a)$$

## 전기 회로의 비유

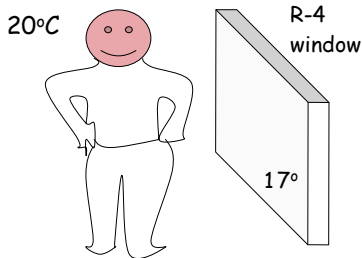
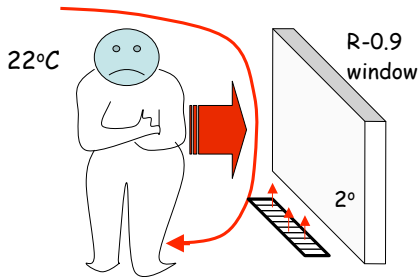


$$q = \frac{A(T_i - T_1)}{R_{CV_i}} = \frac{A(T_1 - T_2)}{R_C} = \frac{A(T_2 - T_a)}{R_{CV_o}} = \frac{A(T_i - T_a)}{R_{total}}$$

$$R_{CV_i} + R_C + R_{CV_o} = R_{total}$$

# 단열의 효과

단창 vs 이중창(LOW-E, 아르곤 주입)

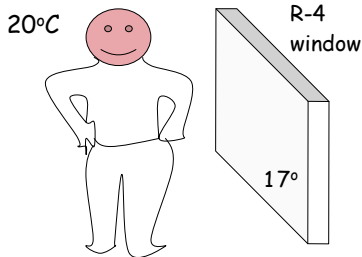
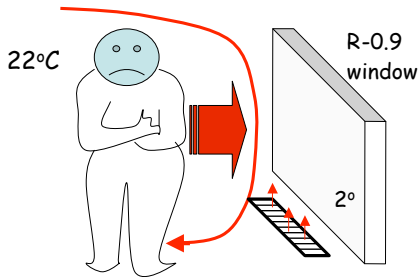


- 안락함
- 에너지 절약
- 불필요한 창문 및 난방기구
- 결로 방지



# 단열의 효과

단창 vs 이중창(LOW-E, 아르곤 주입)

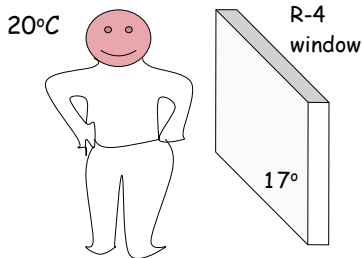
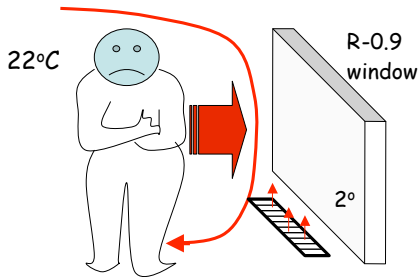


- 안락함
- 에너지 절약
  - 불필요한 창문 및 난방기구
  - 결로 방지



# 단열의 효과

단창 vs 이중창(LOW-E, 아르곤 주입)

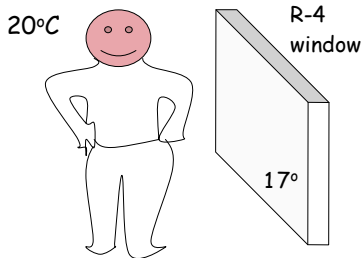
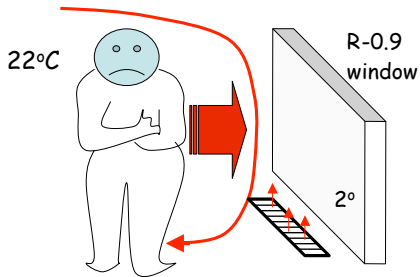


- 안락함
- 에너지 절약
- 불필요한 창문 및 난방기구
- 결로 방지



# 단열의 효과

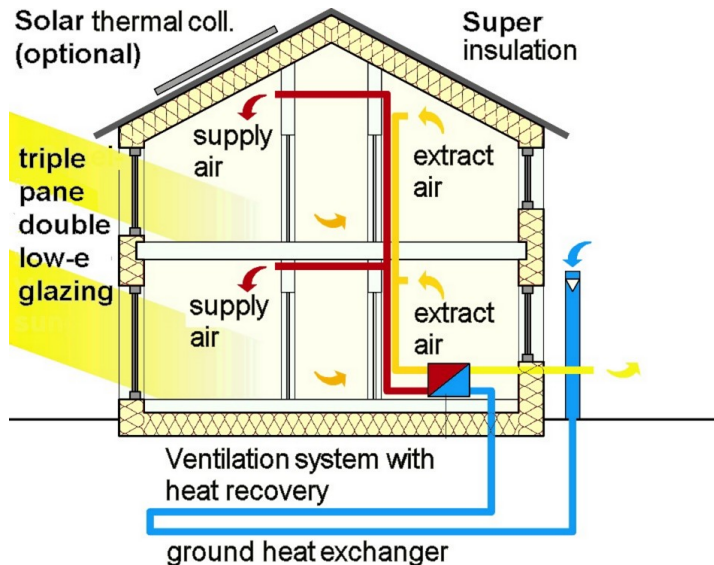
단창 vs 이중창(LOW-E, 아르곤 주입)



- 안락함
- 에너지 절약
- 불필요한 창문 및 난방기구
- 결로 방지

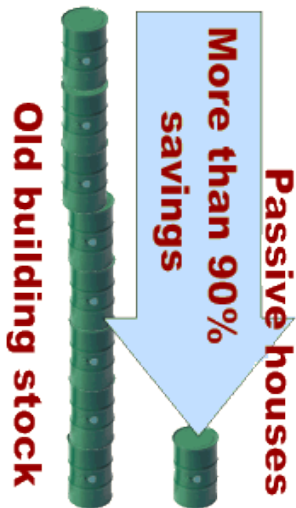


## 패시브하우스의 개념



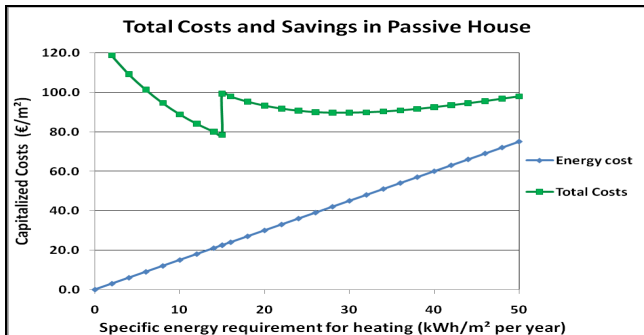


# 패시브하우스의 에너지 절감



# 패시브하우스의 비용

Figure 19. The total for improved efficiency in a Passive House.



When additional costs and savings in by improved efficiency in buildings are added, the costs will show a drop by 15 kWh/m<sup>2</sup> per year. The total costs for a building over lifetime for a passive house will hence be cheaper in a passive house (15 kWh/m<sup>2</sup> per year) compared to a house build according to a building regulation which require 50 kWh/m<sup>2</sup> per year.<sup>118</sup>

출처: Laustsen (2008) 

## 패시브하우스의 정의

“실내에서 순환하는 공기를 계속 재사용하지 않고 외부에서 집안으로 공급되는 공기에 대한 후속난방(post-heating)이나 후속냉방(post-cooling)을 통해서만 실내의 쾌적성을 성취할 수 있는 건축물”

- 연간 난방에너지 소비  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
- 최대 난방에너지 부하  $\leq 10 \text{ W/m}^2$

$$\frac{30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Person} \times 0.33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \times 30 \text{ K}}{30 \text{ m}^2/\text{Person}} = 10 \text{ W/m}^2$$

- 기밀성:  $n_{50} \leq 0.6 / \text{h}$
- 연간 총 1차에너지 소비 (냉·난방, 온수, 전력)  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$  이하



## 패시브하우스의 정의

“실내에서 순환하는 공기를 계속 재사용하지 않고 외부에서 집안으로 공급되는 공기에 대한 후속난방(post-heating)이나 후속냉방(post-cooling)을 통해서만 실내의 쾌적성을 성취할 수 있는 건축물”

- 연간 난방에너지 소비  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
- 최대 난방에너지 부하  $\leq 10 \text{ W/m}^2$

$$\frac{30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Person} \times 0.33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \times 30 \text{ K}}{30 \text{ m}^2/\text{Person}} = 10 \text{ W/m}^2$$

- 기밀성:  $n_{50} \leq 0.6 / \text{h}$
- 연간 총 1차에너지 소비 (냉·난방, 온수, 전력)  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$  이하



## 패시브하우스의 정의

“실내에서 순환하는 공기를 계속 재사용하지 않고 외부에서 집안으로 공급되는 공기에 대한 후속난방(post-heating)이나 후속냉방(post-cooling)을 통해서만 실내의 쾌적성을 성취할 수 있는 건축물”

- 연간 난방에너지 소비  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
- 최대 난방에너지 부하  $\leq 10 \text{ W/m}^2$

$$\frac{30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Person} \times 0.33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \times 30 \text{ K}}{30 \text{ m}^2/\text{Person}} = 10 \text{ W/m}^2$$

- 기밀성:  $n_{50} \leq 0.6 / \text{h}$
- 연간 총 1차에너지 소비 (냉·난방, 온수, 전력)  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$  이하



## 패시브하우스의 정의

“실내에서 순환하는 공기를 계속 재사용하지 않고 외부에서 집안으로 공급되는 공기에 대한 후속난방(post-heating)이나 후속냉방(post-cooling)을 통해서만 실내의 쾌적성을 성취할 수 있는 건축물”

- 연간 난방에너지 소비  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2$
- 최대 난방에너지 부하  $\leq 10 \text{ W/m}^2$

$$\frac{30 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{Person} \times 0.33 \text{ Wh/m}^3 \cdot \text{K} \times 30 \text{ K}}{30 \text{ m}^2/\text{Person}} = 10 \text{ W/m}^2$$

- 기밀성:  $n_{50} \leq 0.6 / \text{h}$
- 연간 총 1차에너지 소비 (냉·난방, 온수, 전력)  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2$  이하



# 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치



# 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치





# 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치



## 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치



## 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치



## 패시브하우스의 구성

- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치

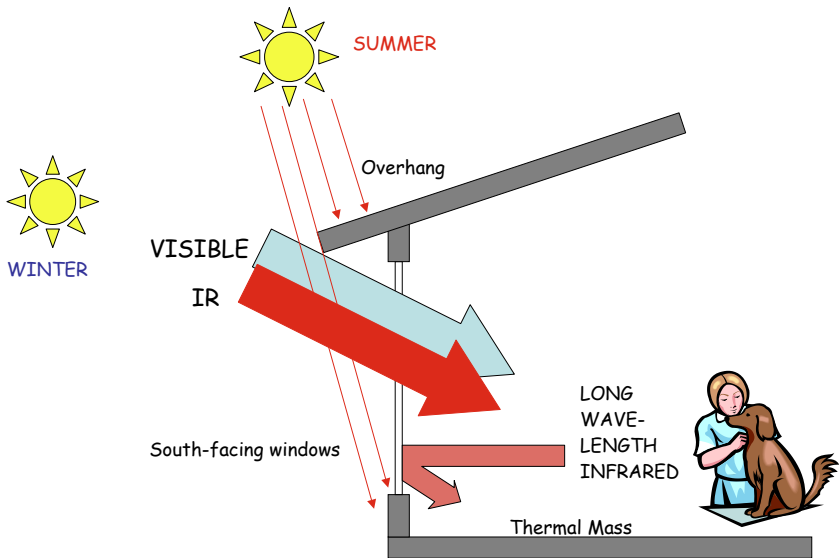


## 패시브하우스의 구성

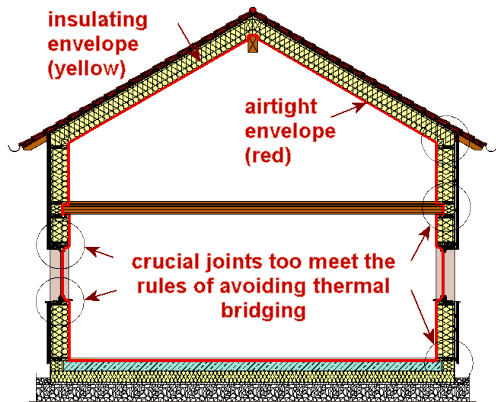
- 패시브한 태양에너지 이용
- 철저한 단열: 벽, 지붕, 바닥의 U값  $0.10 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 열교의 최소화: 열교 없음 기준 ( $\leq 0.01 \text{ W/mK}$ )
- 고기능 창호: U값  $0.70 \sim 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 높은 기밀성 확보
- 열회수 환기 장치 (Heat Recovery Ventilation)
- 고효율 냉난방 장치



# 패시브한 태양에너지 이용

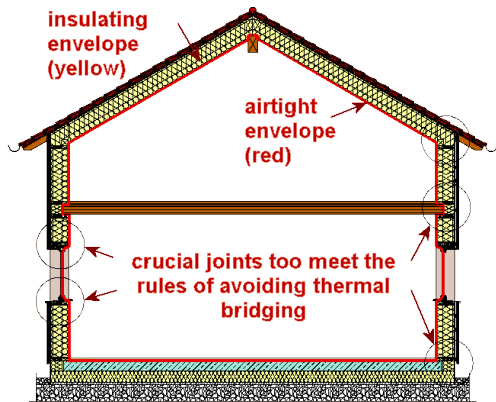


# 철저한 단열과 열교의 제거



- 스트로베일(압축 벧집): 50 cm
- 보통 단열재: 30 cm
- 폴리우레탄 폼: 20 cm

# 철저한 단열과 열교의 제거

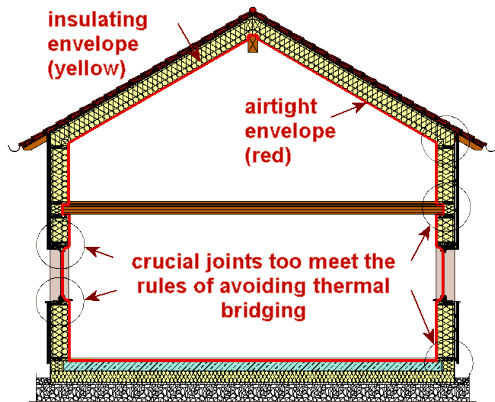


- 스트로베일(압축 벧집): 50 cm
- 보통 단열재: 30 cm
- 폴리우레탄 폼: 20 cm





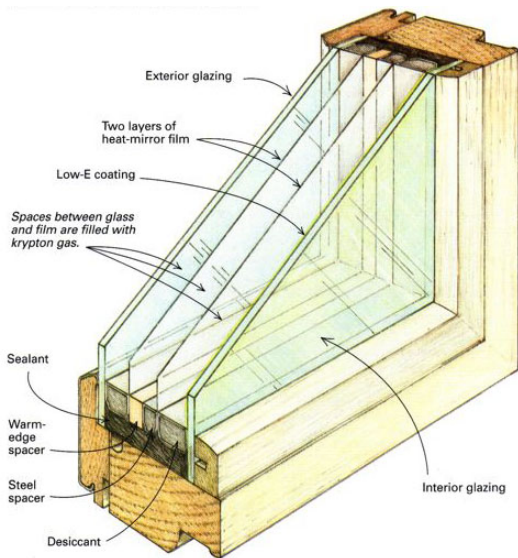
# 철저한 단열과 열교의 제거



- 스트로베일(압축 벚집): 50 cm
- 보통 단열재: 30 cm
- 폴리우레탄 폼: 20 cm



# 고기능 창호



# 높은 기밀성

## BLOWER DOOR TEST



$n_{50}$  :

Blower Door를 이용하여 건물 안의 기압을 50 Pa 낮추었을때, 건물의 틈새로 들어오는 공기로 인한 시간당 건물안 공기 교체율



# 높은 기밀성

## BLOWER DOOR TEST



$n_{50}$  :

Blower Door를 이용하여 건물 안의 기압을 50 Pa 낮추었을때, 건물의 틈새로 들어오는 공기로 인한 시간당 건물안 공기 교체율



# 높은 기밀성

## BLOWER DOOR TEST



$n_{50}$  :

Blower Door를 이용하여 건물 안의 기압을 50 Pa 낮추었을때, 건물의 틈새로 들어오는 공기로 인한 시간당 건물안 공기 교체율

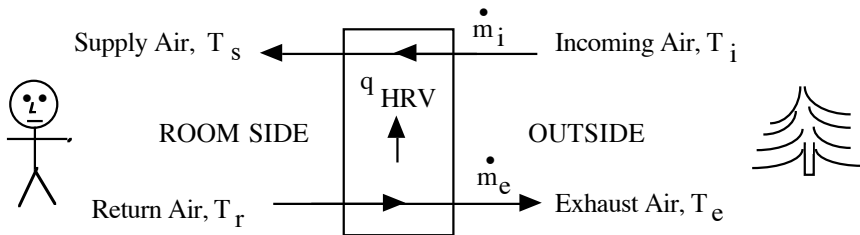


# 목차

- 1 왜 건물에너지인가?
- 2 패시브하우스의 이해
- 3 열회수 환기장치와 실내공기질
- 4 에너지강좌를 마치며



## 열회수 환기장치의 원리

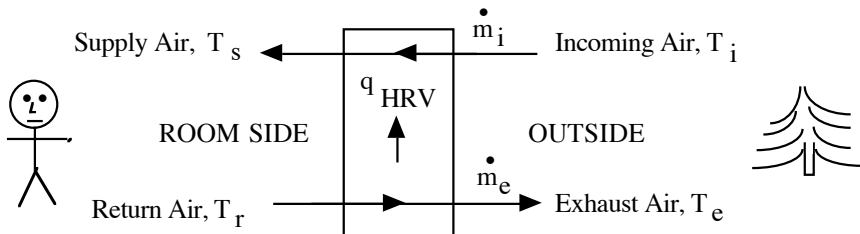


$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_i - T_s}{T_i - T_r}$$

혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}}$$

## 열회수 환기장치의 원리



$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

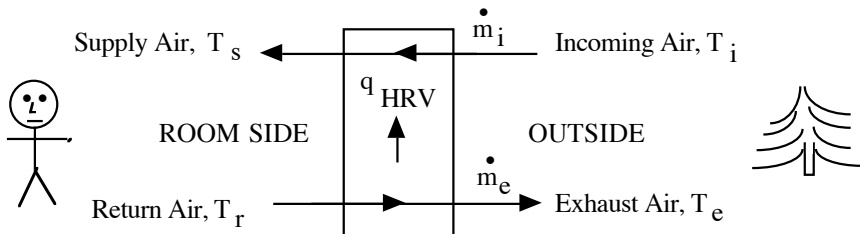
혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$





## 열회수 환기장치의 원리

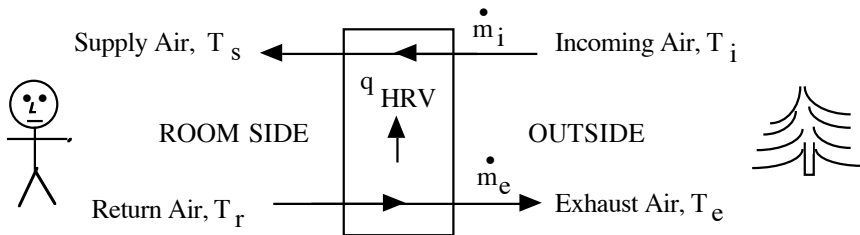


$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$

## 열회수 환기장치의 원리



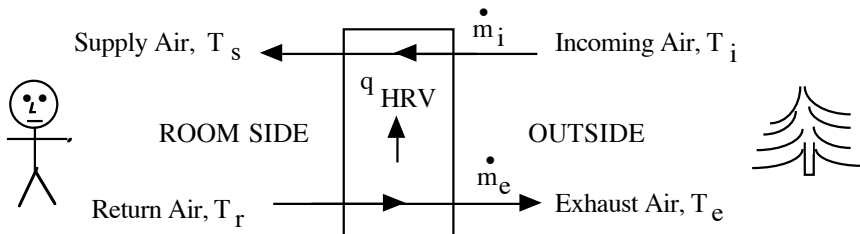
$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$



## 열회수 환기장치의 원리



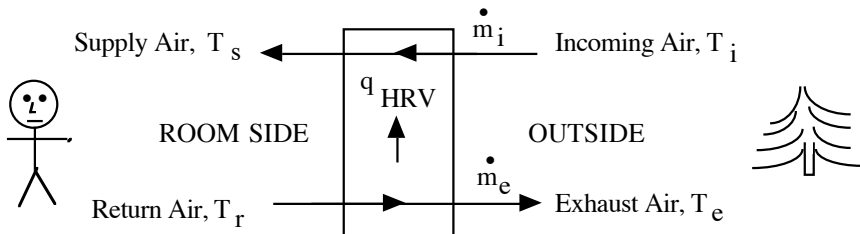
$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$



## 열회수 환기장치의 원리



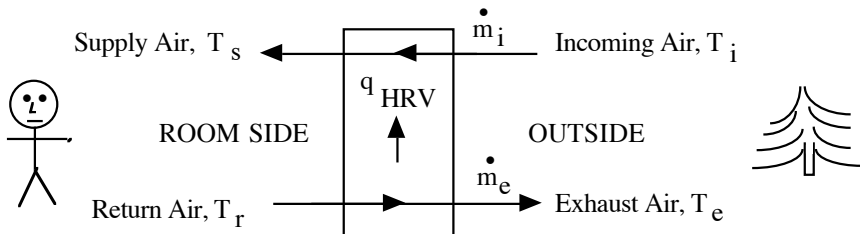
$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

혹은

$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$



## 열회수 환기장치의 원리



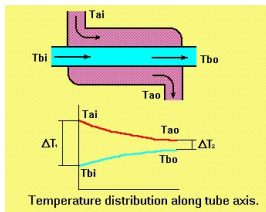
$$\eta = \frac{\text{배기 열 손실}}{\text{최대 배기 열 손실}} = \frac{\text{배기 공기의 온도 저하}}{\text{배기 공기 최대 온도 저하}} = \frac{T_r - T_e}{T_r - T_i}$$

혹은

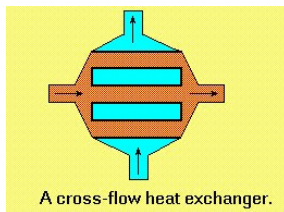
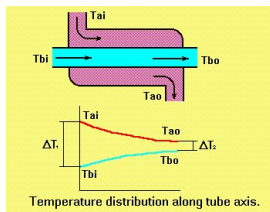
$$= \frac{\text{급기 열 획득}}{\text{최대 급기 열 획득}} = \frac{\text{급기 공기 온도 상승}}{\text{급기 공기 최대 온도 상승}} = \frac{T_s - T_i}{T_r - T_i}$$



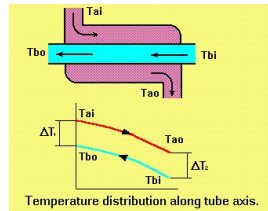
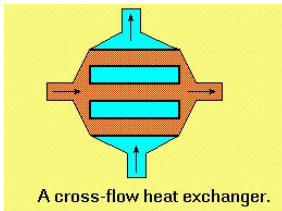
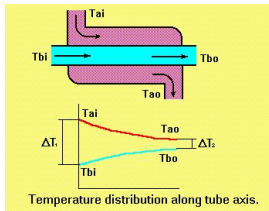
# 열교환기의 원리



# 열교환기의 원리

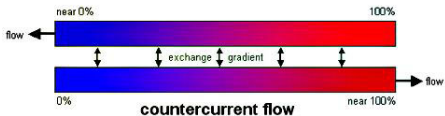
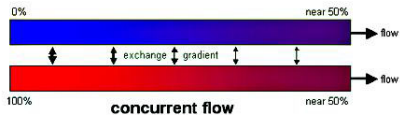
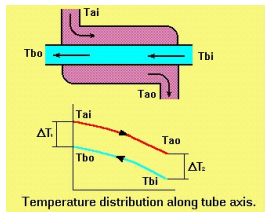
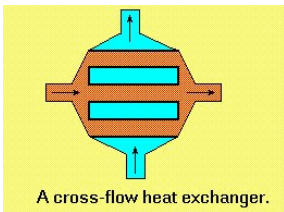
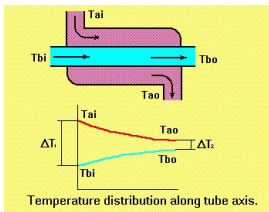


# 열교환기의 원리

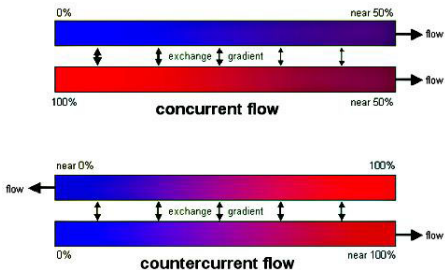
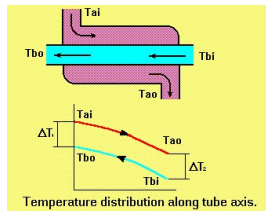
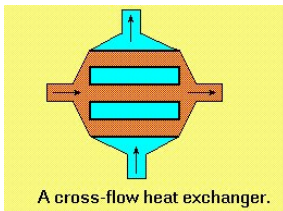
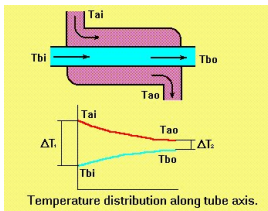




# 열교환기의 원리

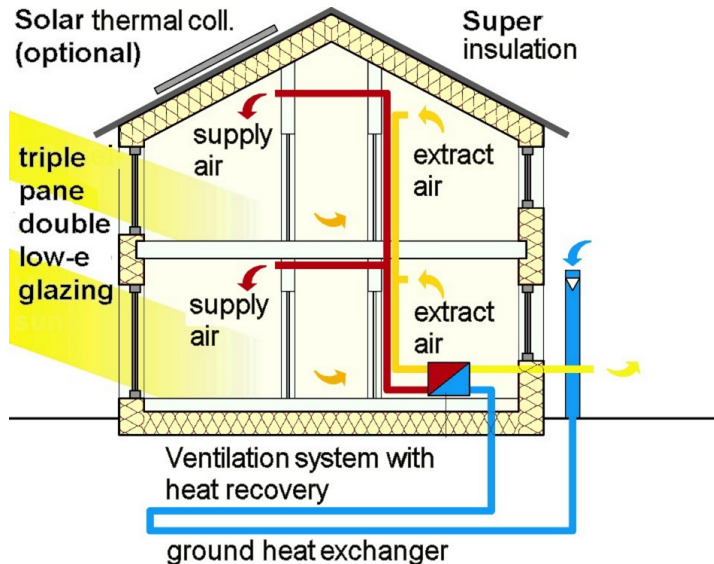


## 열교환기의 원리

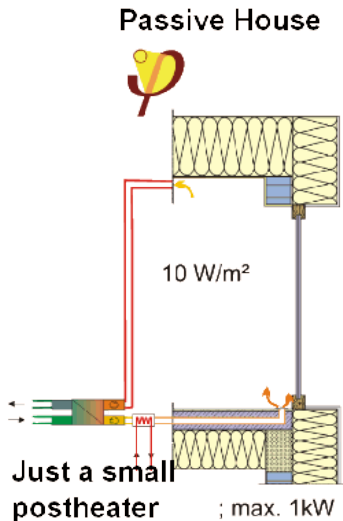
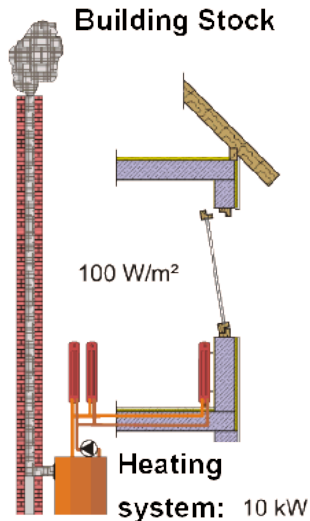


효율: 평행흐름(parallel) < 교차흐름(cross) < 맞흐름(counter-current)

## 패시브하우스의 열회수 환기장치

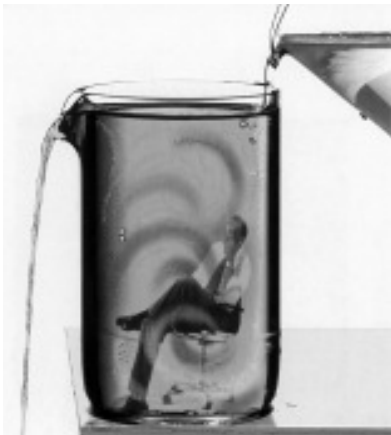


## 패시브하우스의 난방



# 치환 환기

## DISPLACEMENT VENTILATION



## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,

- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



# 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,

- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



# 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하철·지하공간 실내공기질관리법”을 제정·시행하게 되었으며,
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...





## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- **우리나라의 경우,**
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하생활공간 실내공기질관리법”을 제정·운용하게 되었으며,
  - ▶ 2003년에 의료기관, 도서관, 미술관, 신축 공동주택 등을 적용대상으로 확대하여 “다중 이용시설등의 실내공기질관리법”으로 개정하였다.
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하생활공간 실내공기질관리법”을 제정·운용하게 되었으며,
  - ▶ 2003년에 의료기관, 도서관, 미술관, 신축 공동주택 등을 적용대상으로 확대하여 “다중 이용시설등의 실내공기질관리법”으로 개정하였다.
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하생활공간 실내공기질관리법”을 제정·운용하게 되었으며,
  - ▶ 2003년에 의료기관, 도서관, 미술관, 신축 공동주택 등을 적용대상으로 확대하여 “다중 이용시설등의 실내공기질관리법”으로 개정하였다.
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하생활공간 실내공기질관리법”을 제정·운용하게 되었으며,
  - ▶ 2003년에 의료기관, 도서관, 미술관, 신축 공동주택 등을 적용대상으로 확대하여 “다중 이용시설등의 실내공기질관리법”으로 개정하였다.
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



## 실내공기질의 중요성

- 최근까지 주로 도시의 대기오염문제, 오존 및 미세먼지 관리 문제 등 실외공기 문제가 주된 관심이었다.
- 하지만, 사람에게 직접적인 영향을 주는 것은 실내공기의 질이다.
- 우리나라 사람들은 95.4%의 시간을 실내에서 보낸다. 보통 유럽과 미국의 사람들도 90% 이상 실내에서 보낸다.
- 우리나라의 경우,
  - ▶ 환경부에서 1989년 “지하공간환경기준권고치”에 의해 실내오염물질 권고기준을 설정하는 것을 시작으로
  - ▶ 1998년 지하역사 및 지하상가를 적용대상으로 하는 “지하생활공간 실내공기질관리법”을 제정·운용하게 되었으며,
  - ▶ 2003년에 의료기관, 도서관, 미술관, 신축 공동주택 등을 적용대상으로 확대하여 “다중 이용시설등의 실내공기질관리법”으로 개정하였다.
- 실내공기질과 관련된 질병: 새집증후군, 천식, 아토피, 피부염, 알러지, 호흡곤란, 피로, 두통, 재채기, ...



# 오염원이 사람에게 주는 영향



- 오염원이 사람에게 주는 영향

$$\text{누적 노출 } E = \sum (\text{농도} \times \text{시간}) \quad [\text{ppm} \cdot \text{hour}]$$

에너지전환



# 오염원이 사람에게 주는 영향



- 오염원이 사람에게 주는 영향

누적 노출  $E = \sum (\text{농도} \times \text{시간})$  [ppm-hour]

평균 노출  $\bar{E} = \frac{\sum (\text{농도} \times \text{시간})}{\sum \text{시간}}$  [ppm]



# 오염원이 사람에게 주는 영향



- 오염원이 사람에게 주는 영향

누적 노출  $E = \sum (\text{농도} \times \text{시간})$  [ppm-hour]

평균 노출  $\bar{E} = \frac{\sum (\text{농도} \times \text{시간})}{\sum \text{시간}}$  [ppm]





# 오염원이 사람에게 주는 영향



- 오염원이 사람에게 주는 영향

누적 노출  $E = \sum (\text{농도} \times \text{시간})$  [ppm-hour]

평균 노출  $\bar{E} = \frac{\sum (\text{농도} \times \text{시간})}{\sum \text{시간}}$  [ppm]



# 오염원이 사람에게 주는 영향



- 오염원이 사람에게 주는 영향

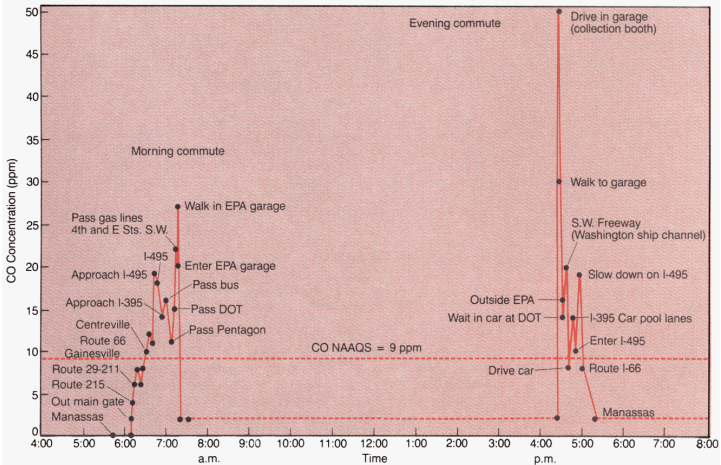
누적 노출  $E = \sum (\text{농도} \times \text{시간})$  [ppm-hour]

평균 노출  $\bar{E} = \frac{\sum (\text{농도} \times \text{시간})}{\sum \text{시간}}$  [ppm]




# 낮시간 일산화탄소(CO) 노출의 예

Daytime CO exposure profile of an EPA employee\*



\*Measured with a personal exposure monitor June 28, 1979

출처: Ott (1975) 

# 콜로라도 주 덴버 시의 장소별 일산화탄소(CO) 농도

Table 2. Raw CO concentrations in 22 microenvironments

No.	Microenvironment Description	Day 1			Day 2		
		No. of obs.*	Mean (ppm)	SE† (ppm)	No. of obs.*	Mean (ppm)	SE† (ppm)
1	Cooking, no gas	307	1.9	0.20	261	2.6	0.23
2	Residence, no smokers	5242	2.4	0.06	5206	2.5	0.06
3	Sleeping	3397	1.4	0.06	3284	1.6	0.06
4	Office, no smokers	447	2.2	0.14	510	3.6	0.17
5	Store or shop, indoor	338	3.3	0.27	328	3.5	0.25
6	Restaurant, indoor	259	3.9	0.27	230	4.4	0.32
7	High exposure	198	8.7	0.95	186	8.3	0.68
8	Health care facility	180	2.6	0.32	146	2.2	0.24
9	School	188	1.6	0.18	195	1.8	0.14
10	Church	70	1.1	0.25	69	2.1	0.44
11	Other public building	50	3.7	0.66	57	2.4	0.39
12	Other outdoor	48	3.4	0.50	32	7.3	1.44
13	Other indoor locations	165	4.8	0.69	142	8.0	1.92
14	Open-air exercise	18	2.3	0.44	19	3.4	0.46
15	Cooking, with gas	146	5.3	0.48	112	4.8	0.46
16	Residence, with smokers	763	3.1	0.19	658	2.5	0.12
17	Office, with smokers	207	3.1	0.25	227	4.2	0.32
18	Walking, cycling, or other transit	292	4.3	0.37	239	4.4	0.42
19	Automobile	1516	7.6	0.29	1513	8.1	0.29
20	Bus	40	8.2	1.22	30	10.0	1.03
21	Truck	79	6.8	0.63	171	7.7	0.80
22	Motorcycle	11	13.2	3.51	9	11.1	2.21

\*Number of observations in microenvironment. An observation was taken whenever a person changed a microenvironment and on every clock hour; thus, each observation had an averaging time of 60 min or less.

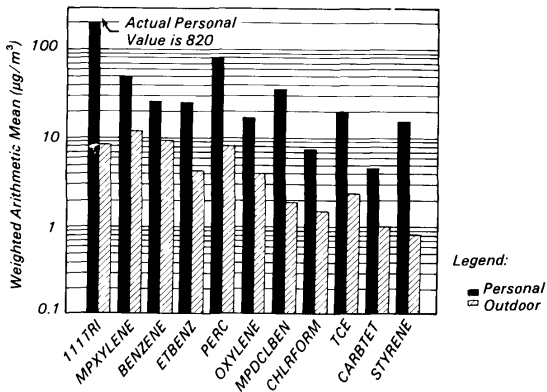
†SE—Standard error, or  $s/\sqrt{n}$ , where  $s$  is the standard deviation.

출처: Ott et al. (1988)



# 실내와 야외의 11개 독성물질 낮시간 농도

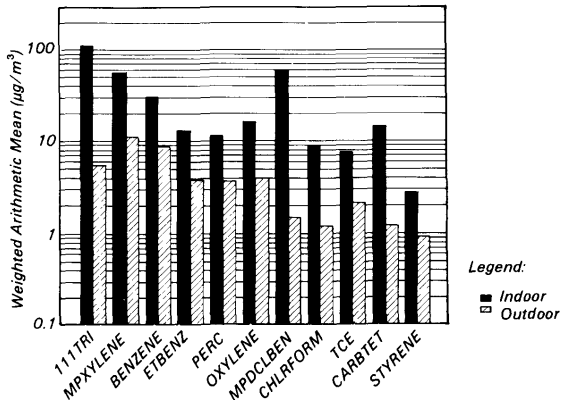
**Figure 15.** *Estimated arithmetic means of 11 toxic compounds in daytime (6:00 am - 6:00 pm) air samples for the target population (128,000) of Elizabeth and Bayonne, New Jersey, between September and November 1981. Personal air estimates based on 340 samples; outdoor air estimates based on 88 samples.*




출처: Wallace (1987)

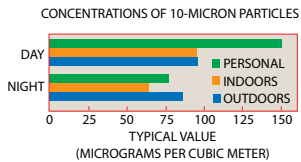
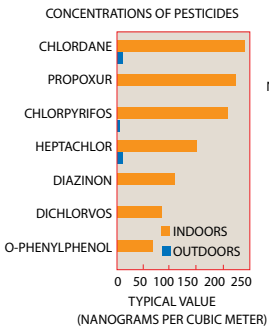
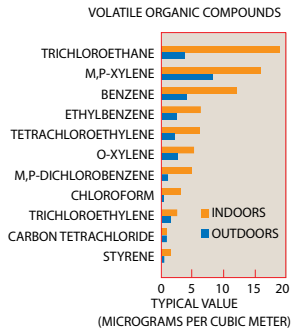
# 실내와 야외의 11개 독성물질 밤시간 농도

**Figure 16.** *Estimated arithmetic means of 11 toxic compounds in overnight (6:00 pm - 6:00 am) air samples for the target population (128,000) of Elizabeth and Bayonne, New Jersey, between September and November 1981. Personal air (i.e., indoor) estimates based on 347 samples; outdoor air estimates based on 84 samples.*



출처: Wallace (1987) 

# 실내와 야외의 여러 독성물질 농도 비교

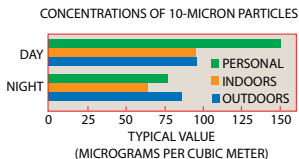
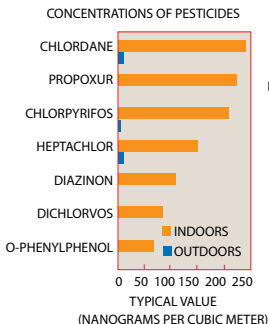
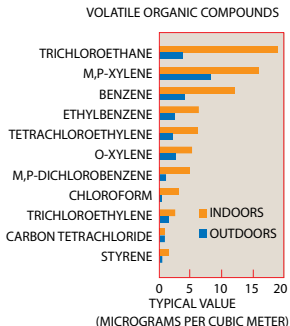


EXPOSURE STUDIES reveal that people come into contact with toxic volatile organic compounds and pesticides more indoors than outside. Most people's exposure to breathable particles during the day is higher than ambient levels in the air (either indoors or outside), because moving about stirs up a "personal cloud."

출처: Ott and Roberts (1998)

- 담배에서 배출되는 벤젠의 양은 전체의 0.1%에 불과하지만, 미국사람들이 노출된 벤젠의 45%는 담배에서 온다.
- 실내공기오염원 : 드라이크린(Tetrachloroethylene), 욕실 (Chloroform), 복사기(Ozone, Formaldehyde, Styrene), 담배, 가스레인지, 살충제, 방향제, 접착제, 온갖 플라스틱 제품들

# 실내와 야외의 여러 독성물질 농도 비교



EXPOSURE STUDIES reveal that people come into contact with toxic volatile organic compounds and pesticides more indoors than outside. Most people's exposure to breathable particles during the day is higher than ambient levels in the air (either indoors or outside), because moving about stirs up a "personal cloud."

출처: Ott and Roberts (1998)

- 담배에서 배출되는 벤젠의 양은 전체의 0.1%에 불과하지만, 미국사람들이 노출된 벤젠의 45%는 담배에서 온다.
- 실내공기오염원 : 드라이크린(Tetrachloroethylene), 욕실 (Chloroform), 복사기(Ozone, Formaldehyde, Styrene), 담배, 가스레인지, 살충제, 방향제, 접착제, 온갖 플라스틱 제품들



# 실내공기 오염원과 그 영향

<표 II-3> 실내공기 오염물질별 건강 영향

오염물질		건강영향
무기성 오염물질 (inorganic pollutants)	CO2	고농도에서 호흡곤란, 사망
	CO	조직의 질식, 순환기 장애, 혈구중, 다중, 단백질, 신경계 이상 증상
	NO2	기관지염, 천식, 폐기종
	SO2	호흡기 장애, 천식, 기관지염
	라돈	폐암, 폐기능 저하
	민지	진폐증, 만성 호흡기질환
	석면섬유	피부질환, 호흡기 질환, 석면증, 폐암, 중피종, 편평상피, 증풍
유기성 오염물질 (organic pollutants)	MMF (man-made fiber)	피부 홍반 등 피부질환, 안구염증, 발암가능성
	VOCs	조혈장기 장애, 신경장애, 피부장애, 피로감, 발암가능성
	포름알데히드	비염, 구토, 설사, 인후자극, 호흡곤란
	담배연기	폐암, 후두암, 간암, 폐렴, 기관지염
생물성 오염물질 (biocontami- nants)	살충제	농도에 따라 다양한 영향을 미침
	바이러스	알레르기성 질환, 호흡기 질환(폐렴), 전염성 질환의 매개체, 감기, 아토피 피부염
	박테리아	
	곰팡이	
	진드기	
	각질(dander)	
곤충(insect)		
기타(식물 등)		

자료: 김윤신, "겨울철 실내공기오염의 문제점과 관리대책", 환경보전, 310권, 1998; 고팡만, 김정열, "사업소 건축물에 대한 실내공기환경의 오염 조절방안에 관한연구", 조선대학교 공학박사 논문집, 제27집, 1992; Paolo Carrer, 「Indoor Air Quality」, European Commission



## 패시브하우스와 실내공기질

- 아토피, 새집증후군 등으로 인한 건강상의 문제로 ‘친환경’ 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 적절한 환기 장치는 이런 문제에 대한 진일보된 해결책이다.
  - ▶ ‘황토집’을 지어 한겨울 환기를 하는 방법이 창문을 여는 것 밖에 없다면?
- 열회수 환기장치를 적용하면, 에너지를 더 많이 절약하면서도 실내공기질을 개선할 수 있다.
- ‘패시브하우스’으로 기후·에너지 ‘위기’의 시대에 안락한 주거공간을 마련할 수 있을 것이다.



## 패시브하우스와 실내공기질

- 아토피, 새집증후군 등으로 인한 건강상의 문제로 ‘친환경’ 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 적절한 환기 장치는 이런 문제에 대한 진일보된 해결책이다.
  - ▶ ‘황토집’을 지어 한겨울 환기를 하는 방법이 창문을 여는 것 밖에 없다면?
- 열회수 환기장치를 적용하면, 에너지를 더 많이 절약하면서도 실내공기질을 개선할 수 있다.
- ‘패시브하우스’으로 기후·에너지 ‘위기’의 시대에 안락한 주거공간을 마련할 수 있을 것이다.



## 패시브하우스와 실내공기질

- 아토피, 새집증후군 등으로 인한 건강상의 문제로 ‘친환경’ 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 적절한 환기 장치는 이런 문제에 대한 진일보된 해결책이다.
  - ▶ ‘황토집’을 지어 한겨울 환기를 하는 방법이 창문을 여는 것 밖에 없다면?
- 열회수 환기장치를 적용하면, 에너지를 더 많이 절약하면서도 실내공기질을 개선할 수 있다.
- ‘패시브하우스’으로 기후·에너지 ‘위기’의 시대에 안락한 주거공간을 마련할 수 있을 것이다.



## 패시브하우스와 실내공기질

- 아토피, 새집증후군 등으로 인한 건강상의 문제로 ‘친환경’ 소재에 대한 관심이 높아지고 있다. 적절한 환기 장치는 이런 문제에 대한 진일보된 해결책이다.
  - ▶ ‘황토집’을 지어 한겨울 환기를 하는 방법이 창문을 여는 것 밖에 없다면?
- 열회수 환기장치를 적용하면, 에너지를 더 많이 절약하면서도 실내공기질을 개선할 수 있다.
- ‘패시브하우스’으로 기후·에너지 ‘위기’의 시대에 안락한 주거공간을 마련할 수 있을 것이다.



# 목차

- ① 왜 건물에너지인가?
- ② 패시브하우스의 이해
- ③ 열회수 환기장치와 실내공기질
- ④ 에너지강좌를 마치며



# 低에너지 사회에 대한 상상력

- 중앙집중적인 高에너지 시스템 ‘수혜자’들의 ‘감춰진 상처’: 자신이 살아가는 환경과의 단절
- 에너지전환의 과정과 결과는 ‘에너지전환’ 이상이다.



## 低에너지 사회에 대한 상상력

- 중앙집중적인 高에너지 시스템 ‘수혜자’들의 ‘감춰진 상처’: 자신이 살아가는 환경과의 단절
- 에너지전환의 과정과 결과는 ‘에너지전환’ 이상이다.

