طراحی انرژیِ صفر در پایدارسازی ساختمانها

Zero Energy Design (ZED)

to Make the Buildings Sustainable

دکتر احداله اعظمی

استاد مدعو گروه معماری، دانشگاه مدیترانه شرقی، قبرس شمالی

Dr. Ahadollah Azami

Department of Architecture

Eastern Mediterranean University

(EMU)

TRNC

E-mail: Ahadollah.Azami@emu.edu.tr

+90-533-877-6452

@ahad.azami

+98-914-309-1559

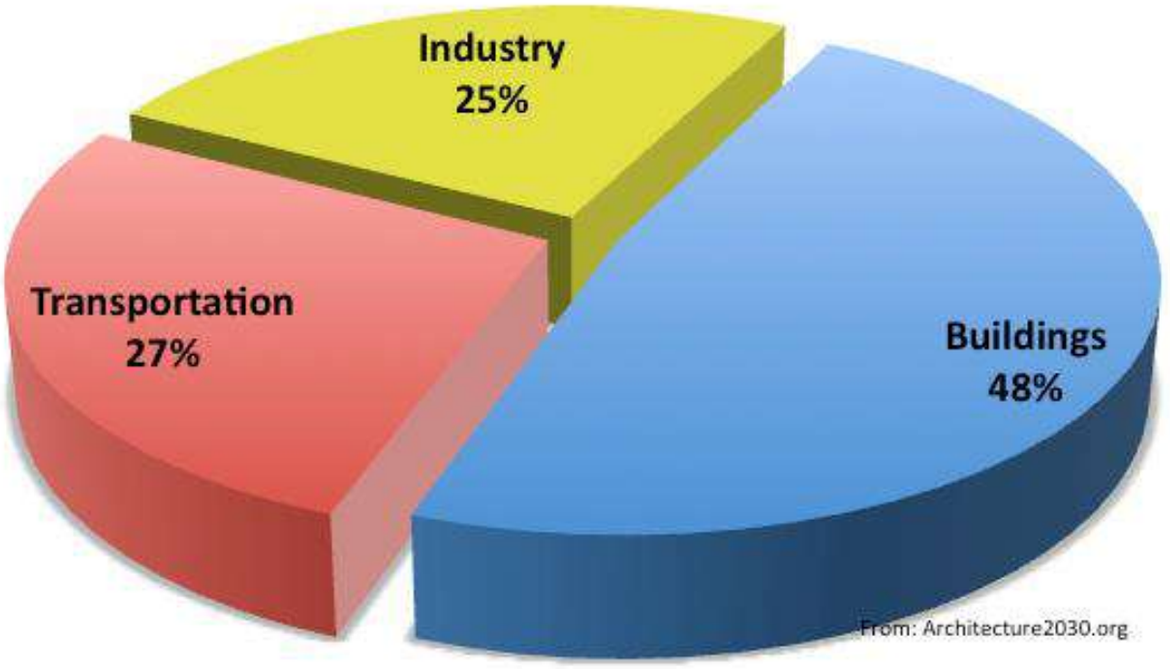
توسعه پایدار و طراحی پایدار Sustainable Development & Design

توسعه پایدار: تامین نیازهای نسل حاضر بدون آنکه نیازهای نسل آینده به خطر بیفتد.

طراحی پایدار: در پی ایجاد جوامع، ساختمانها و محصولاتی است که با بینش توسعه پایدار مرتبط باشند. و در حقیقت روندی است که سلامتی سیستم هایی که زندگی را پایدار می کنند بهبود می بخشد.

چرا ساختمانها؟

- مصرف انرژی در ساختمان ها در جهان ۳۸ تا ۴۸ درصد می باشد که بیشتر از مصرف انرژی خودروهای سواری و سنگین می باشد.
- ساختمانها حدود ۴۰ درصد مصرف انرژی در ایران را به خود اختصاص می دهند.
- هر چقدر مصرف انرژی بیشتر باشد، اثرات منفی انتشار آلاینده توسط ساختمانها تحت عنوان ردپای کربن نیز بیشتر خواهد شد.



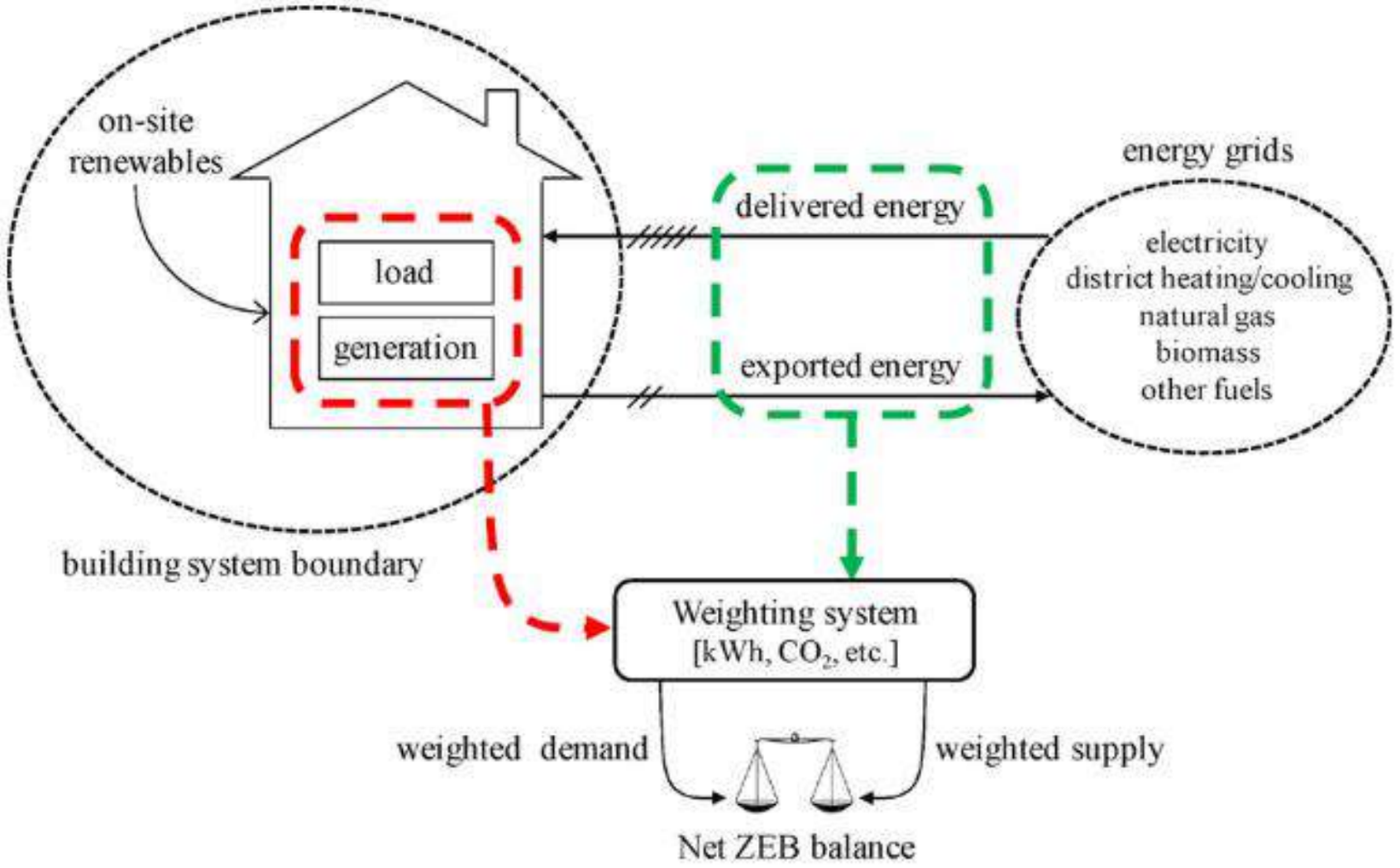
انرژیِ صفر = صفر° انرژی	مثلا	شهرِ فولاد = فولاد° شهر

ساختمان انرژیِ صفر (صفر° انرژی) (Zero Energy Building):

ساختمان با عملکرد انرژی بسیار بالا که بتواند باقی نیاز انرژی سالانه خود را از طریق انرژی های تجدیدپذیر تولیدی در خود سایت ساختمان تامین کند.

بالانس ساختمان صفر انرژی
مبتنی بر بار/تولید یا ارسالی/دریافتی انرژی برای هر کدام از حاملهای انرژی

در نهایت میزان تقاضای انرژی می باید با میزای انرژی تولیدی از منابع انرژی تجدیدپذیر برابر باشد.



گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر (صفر ° انرژی)

- گام ۰-پژوهش و آنالیز مصرف انرژی
- گام ۱- کاهش مصرف انرژی
- گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی
- گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)
- گام ۴- هماهنگی موارد بالا

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

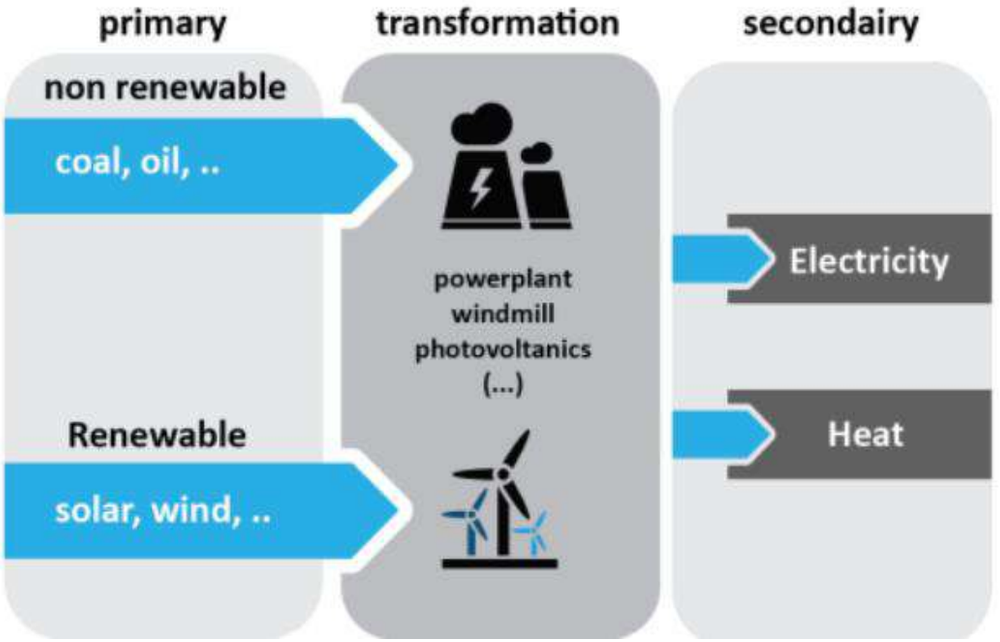
- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

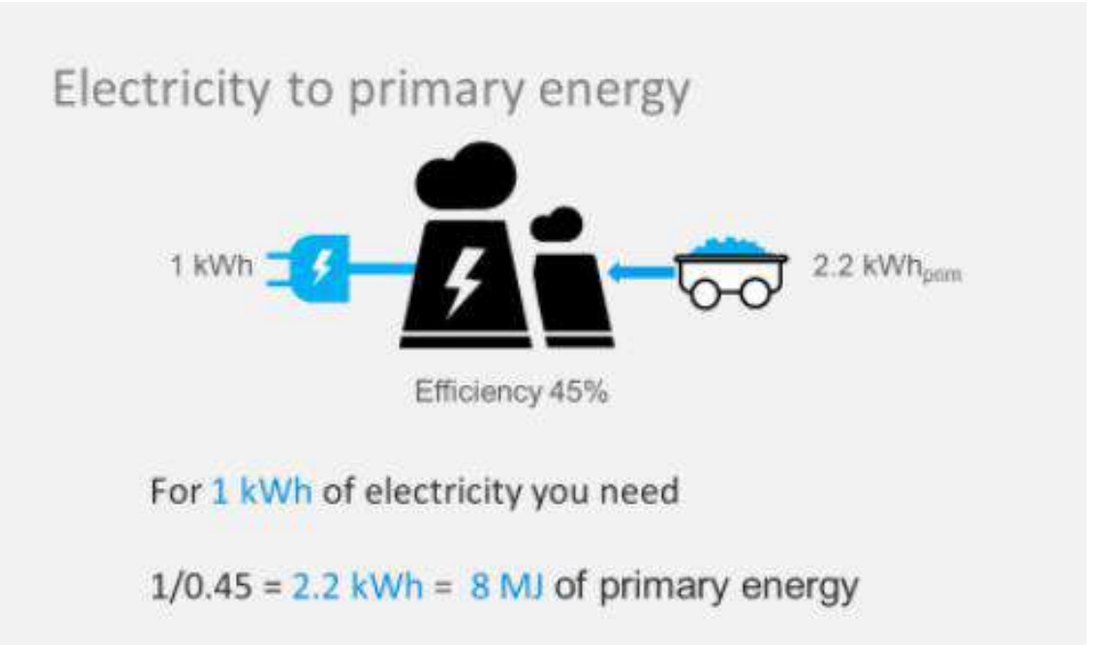
انرژی مورد نیاز

■ انرژی اولیه مورد نیاز برای تولید ۱ کیلووات ساعت الکتریسیته بستگی به راندمان نیروگاه انرژی مورد نظر دارد.

■ در صورتی که راندمان نیروگاه به طور متوسط ۴۵ درصد باشد برای تولید برق ۱ کیلووات ساعت، ۲/۲ کیلووات ساعت (۸ مگاژول) انرژی اولیه مورد نیاز است.

تذکر : ۱ کیلووات ساعت=۳/۶ مگاژول





چگالی انرژی سوخت های متداول مورد استفاده در ساختمان

چگالی انرژی هر مترمکعب گاز طبیعی برابر ۹/۸ کیلووات ساعت یا ۳۵/۲ مگاژول می باشد.
(۹/۸*۳/۶=۳۵/۲ مگاژول)

تذکر: ۱ کیلووات ساعت=۳/۶ مگاژول

Fuel	Volume/amount	Energy density (چگالی انرژی سوخت ها)
Natural gas	1 m^3	**35.2 MJ** 9.8 kWh
Petrol	1 liter	**34.9 MJ** 9.7 kWh
Diesel	1 liter	**38.2 MJ** 10.6 kWh
Kerosine	1 kg	**43.5 MJ** 12.1 kWh
Biomass	1 kg	**15.1 MJ** 4.2 kWh
LPG /propane	1 kg	**49.6 MJ** 13.8 kWh
Butane	1 kg	**49.1 MJ** 13.6 kWh
Coal	1 kg	**28.6 MJ** 9.7 kWh
Brown coal	1 kg	**20.5 MJ** 5.7 kWh
Dry Wood	1 kg	**19.0 MJ** 5.3 kWh

■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای انرژیِ صفر

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

اجزای غیرفعال (ایستا) Passive Components

1■ پوشش ساختمان

- بهره وری
- عایق
- جرم حرارتی
- محوطه فضایی

تذکر: جنبه های اصلی بهره وری انرژی در پوشش ساختمان عبارتند از:

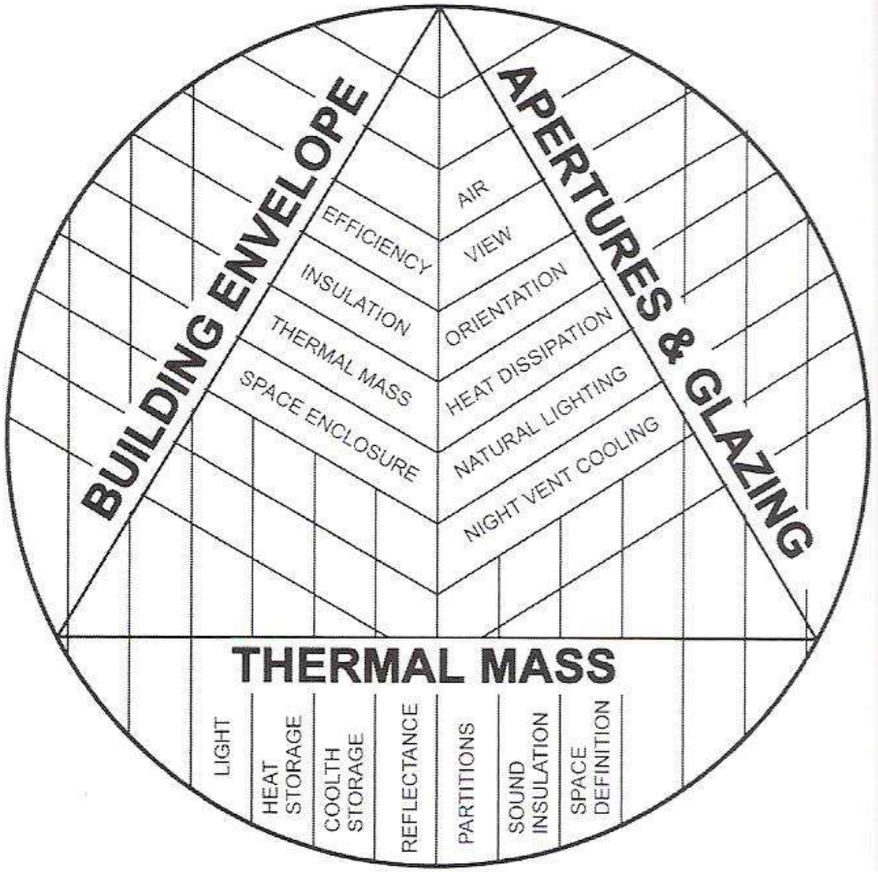
- عایق کاری
- کاهش هوای نفوذی
- ساختار کارا انرژی

2■ روزنه ها و سطوح شفاف

- هوا
- دید به سمت بیرون
- جهت گیری
- تلفات حرارت
- نور طبیعی (نور روز)
- سرمایش تهویه ای شب هنگام

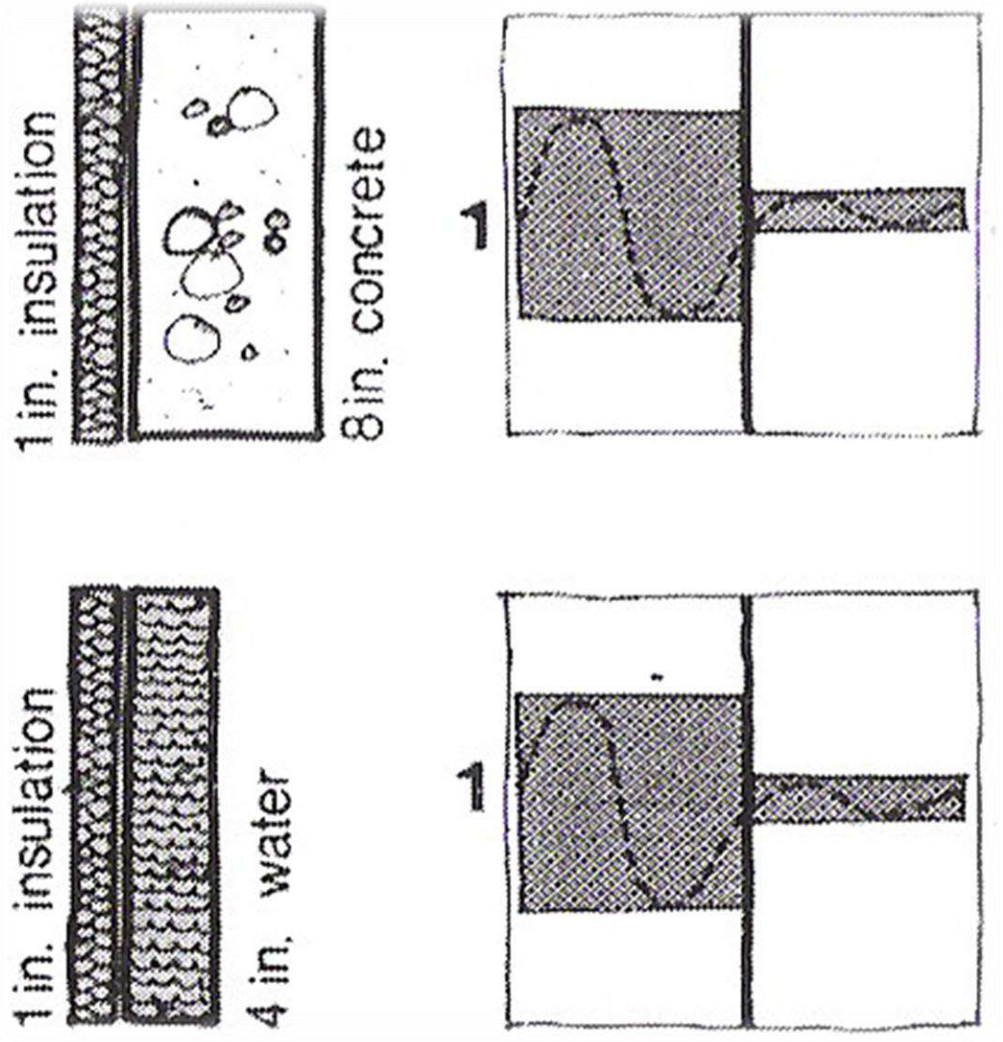
3■ جرم حرارتی

- سبک وزن
- ذخیره گرمایشی
- ذخیره سرمایشی
- پارتیشن ها
- عایق کاری صوتی
- تبیین فضایی



Optimizing Thermal Mass and Insulation

بهینه سازی جرم حرارتی و عایقکاری



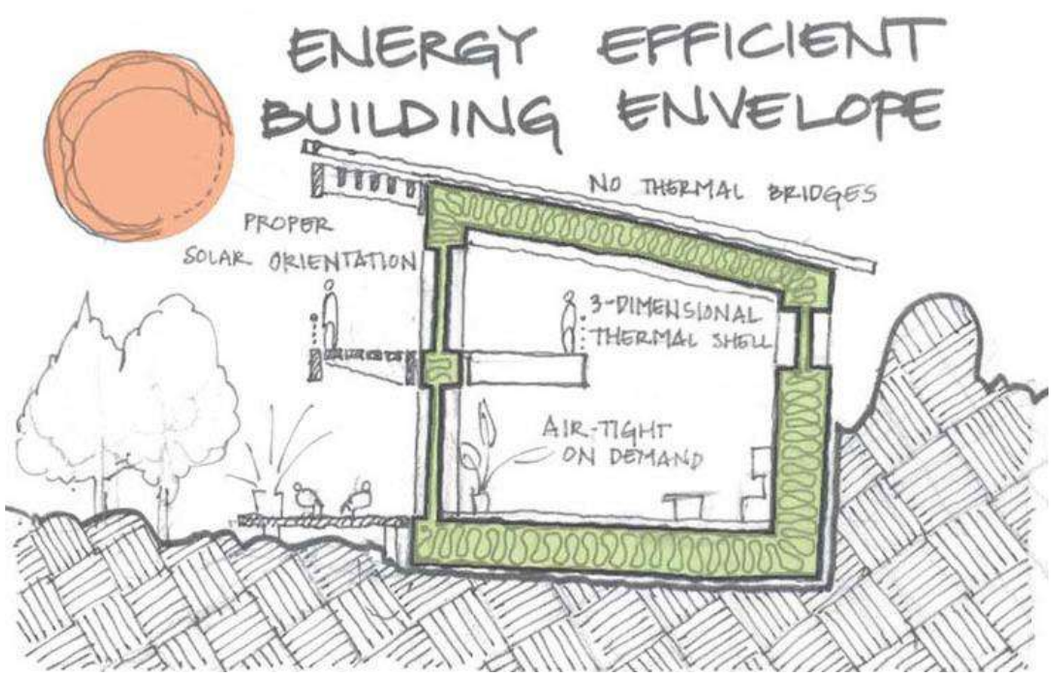
عملکرد استفاده از ۲۰ سانتی متر بتن به عنوان جرم حرارتی آبی در داخل (شکل بالا) معادل استفاده از ۱۰ سانتی متر جرم حرارتی آبی (شکل پایین) می باشد.

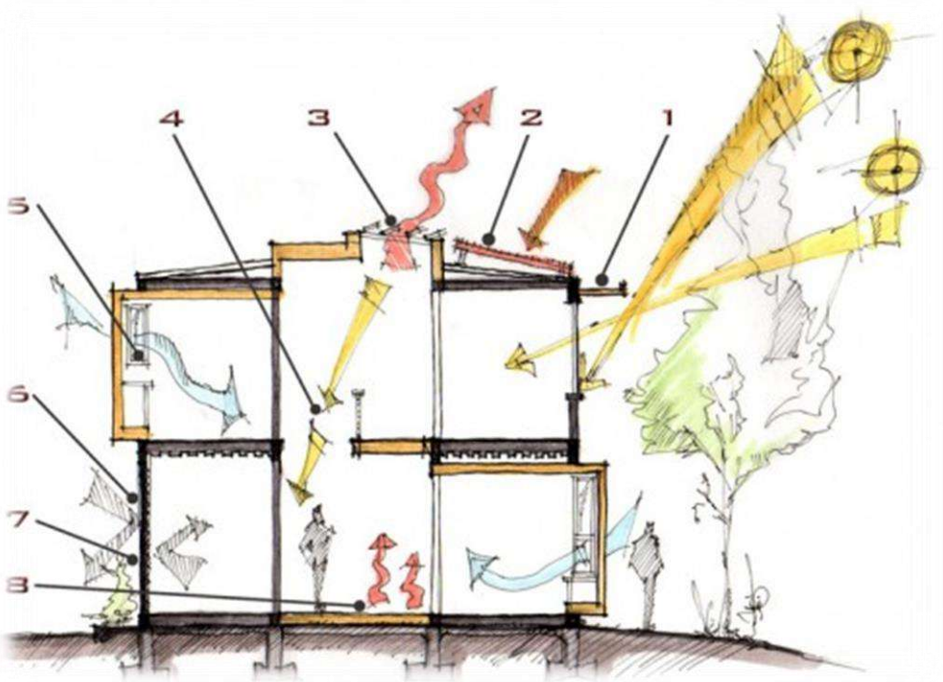
Thermal Mass

جرم حرارتی

Heat Distribution

پخش حرارت





تابش خورشیدی در روزهنگام زمستان در جرم حراتی داخل ساختمان جذب شده و در شب هنگام به فضا بازپس داده می شود.

بالانس انرژی و تلفات حرارتی

■ تلفات انرژی در ساختمان ناشی از مجموع تلفات حرارتی (Q_T) و تلفات تهویه ای (Q_V) می باشد.

■ دریافت های انرژی در ساختمان نیز مجموع دریافت های خورشیدی (Q_S) از سطوح شفاف و دریافت های حرارتی داخلی(Q_I) است.

$$Q_H = Q_T + Q_V - [\eta \times (Q_S + Q_I)]$$

Example: $Q_H = (40.9 + 6.3) - [0.89 * (22.9 + 13.8)] = 47.2 - 32.63 = 14.57$ kWh/year

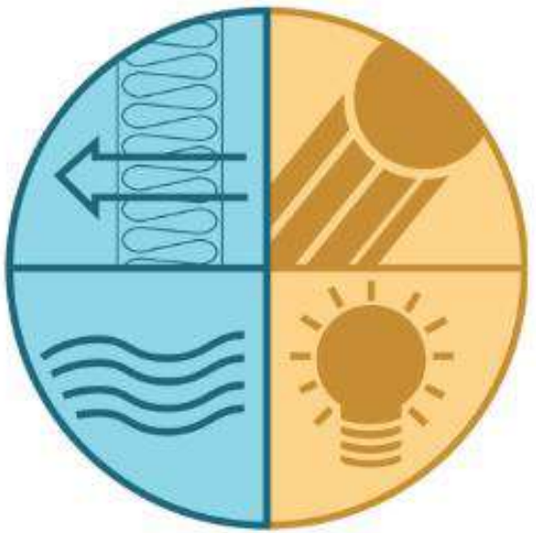
Q_T Heat Losses due to Transmission

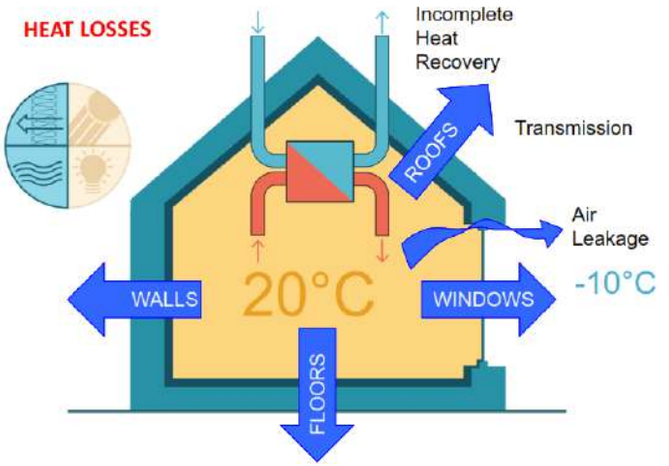
Q_V Heat Losses due to Ventilation

Q_S Heat Gains due to Solar Radiation

Q_I Heat Gains due to Internal Gains

η = utilization factor for gains





بالانس انرژی و تلفات حرارتی

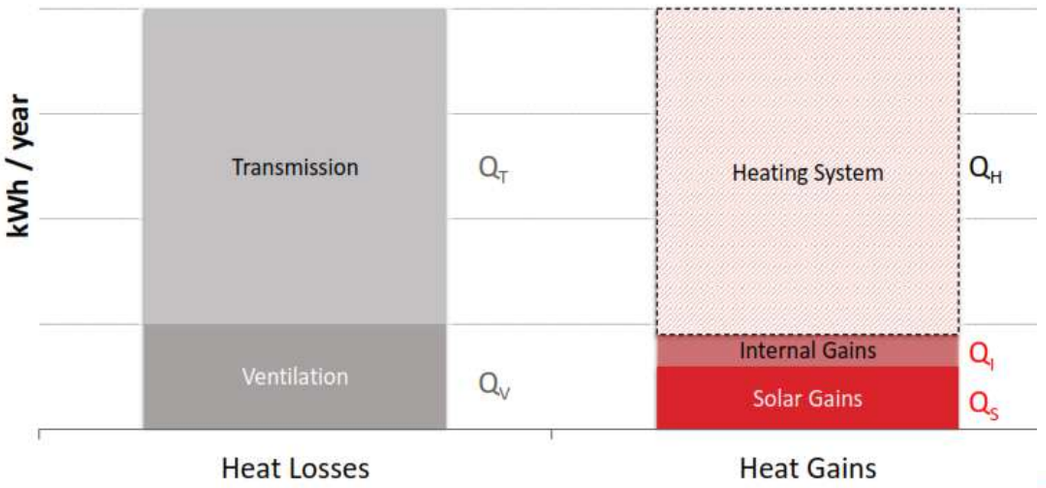
■ تلفات انرژی در ساختمان ناشی از مجموع تلفات حرارتی (Q_T) و تلفات تهویه ای (Q_V) می باشد.

■ دریافت های انرژی در ساختمان نیز مجموع دریافت های خورشیدی (Q_S) از سطوح شفاف و دریافت های حرارتی داخلی(Q_I) است.

■ جهت تقرب به طراحی انرژی صفر می باید تفاوت تلفات و دریافت ها به حداقل برسد که طبق استاندارد پسیوهاوس می باید کمتر از ۱۵ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال باشد.

Energy Balance

$$Q_H = Q_T + Q_V - [\eta \times (Q_S + Q_I)]$$



محاسبات تلفات حرارتی (انتقال حرارت از پوسته ساختمان)

$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_t$$

Q_T (Transmission Loss) =

Area of the thermal envelope (m^2)

×

U-Value ($W/m^2 \cdot K$)

×

Temp. Correction Factor (if needed)

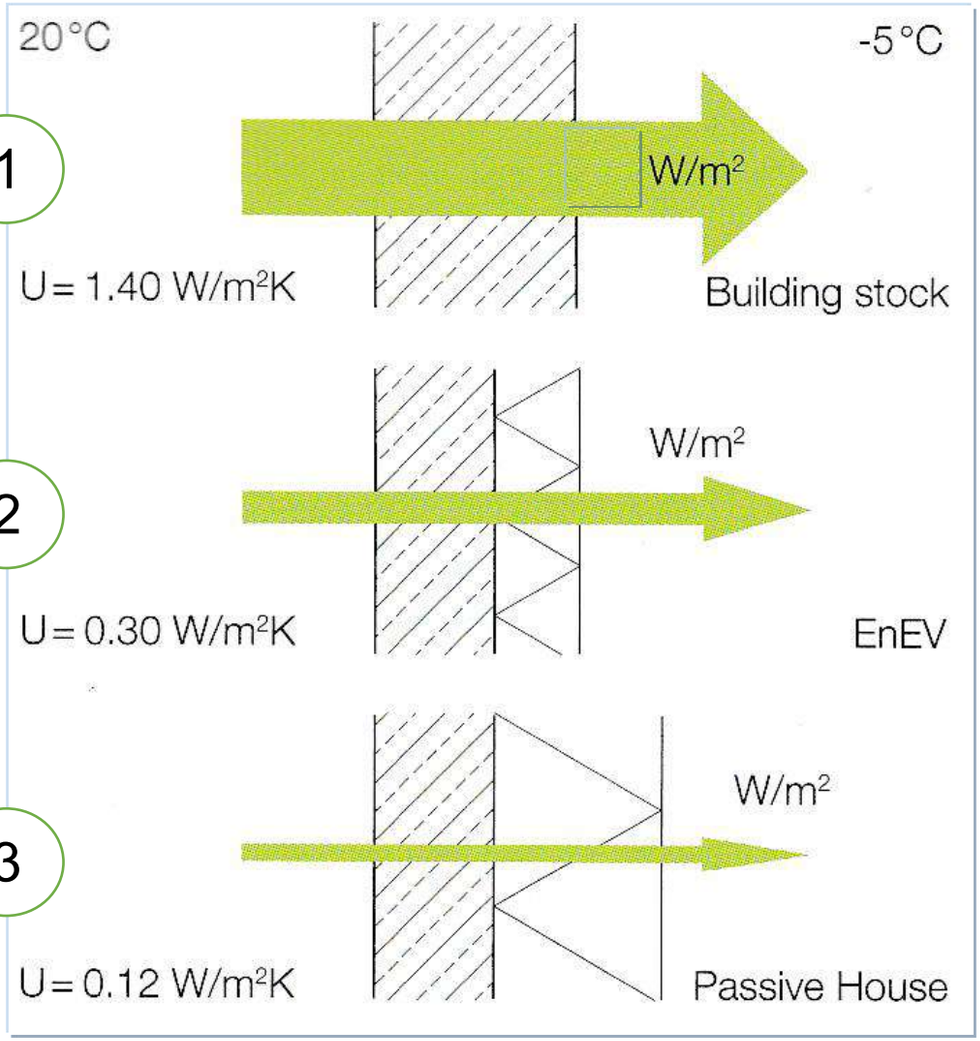
×

Yearly Heating Degree Hours (kKh/yr)

=kWh/a

Example: Q_T = 900m^2 * 0.15 W/m^2K * 1.0 (ambient element) * 75 kKh/year (Vancouver)
= 10,125 kWh/year

مقایسه تاثیر میزان ضریب انتقال حرارت(U) در استانداردها و لایه های مختلف



سوال: در صورتی که دمای بیرون و داخل به ترتیب ۲۰ و ۵- درجه سانتیگراد، با ضرایب انتقال حرارت مختلف، سطح لایه انتقال حرارت یکسان برابر با ۱ متر مربع، و دیگر فاکتورها یعنی ft و GT نیز ثابت باشند، کدامیک کمترین انتقال (تلفات) حرارتی را خواهد داشت؟

پاسخ:

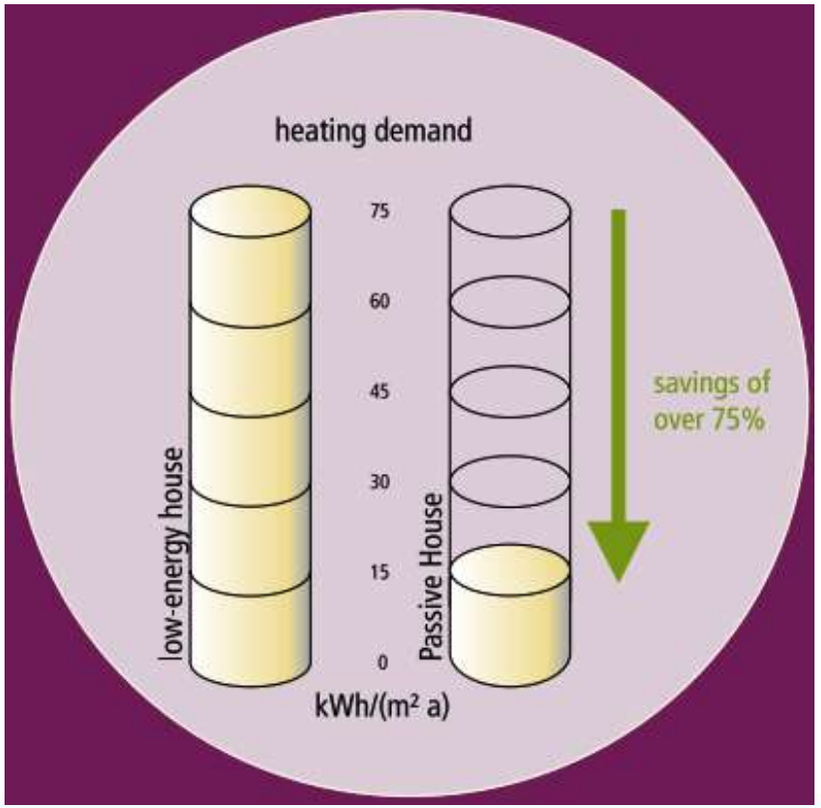
$$Q_T = A \times U \times f_t \times G_t$$

1. QT=1*1.4*(20-(-5))= 35 kWh/a
2. QT=1*0.3*(20-(-5))= 7.5 kWh/a
3. QT=1*0.12*(20-(-5))= 3 kWh/a

بنابراین دتایل سوم که طبق استاندارد پسیوهاوس می باشد، ۸۸ درصد انتقال حرارتی کمتر نسبت به دتایل اول دارد.

استاندارد ساختمانهای غیرفعال یا پسیوهاوس (Passive House Standard)

■ استاندارد پسیو هاوس (Passive House Standard) به اختصار (PHS) استانداردی بین المللی است که حدود ۳۰ سال پیش از آلمان آغاز شده و در اغلب کشورهای پیشرفته جهان توسعه و گسترش یافته است. اصول علمی این استاندارد توسط مجامع علمی و دانشگاهها و اساتید، مهندسان و دانشمندان مطرح حوزه انرژی و ساختمان تحقیق و تثبیت شده است. PHS قابلیت اعمال در تیپ های مختلف ساختمانی اعم از مسکونی، آموزشی، تجاری، صنعتی، درمانی و غیره را در اقلیم های متنوع جهان داشته، بهره وری انرژی سرمایشی/گرمایشی تا **۹۰ درصد** در مقایسه با ساختمان های متعارف و بیش از **۷۵ درصد** در قیاس با ساختمانهای نوساز را در کنار آسایش حرارتی بیشتر برای کاربران ساختمانهای مزبور به ارمغان می آورد.



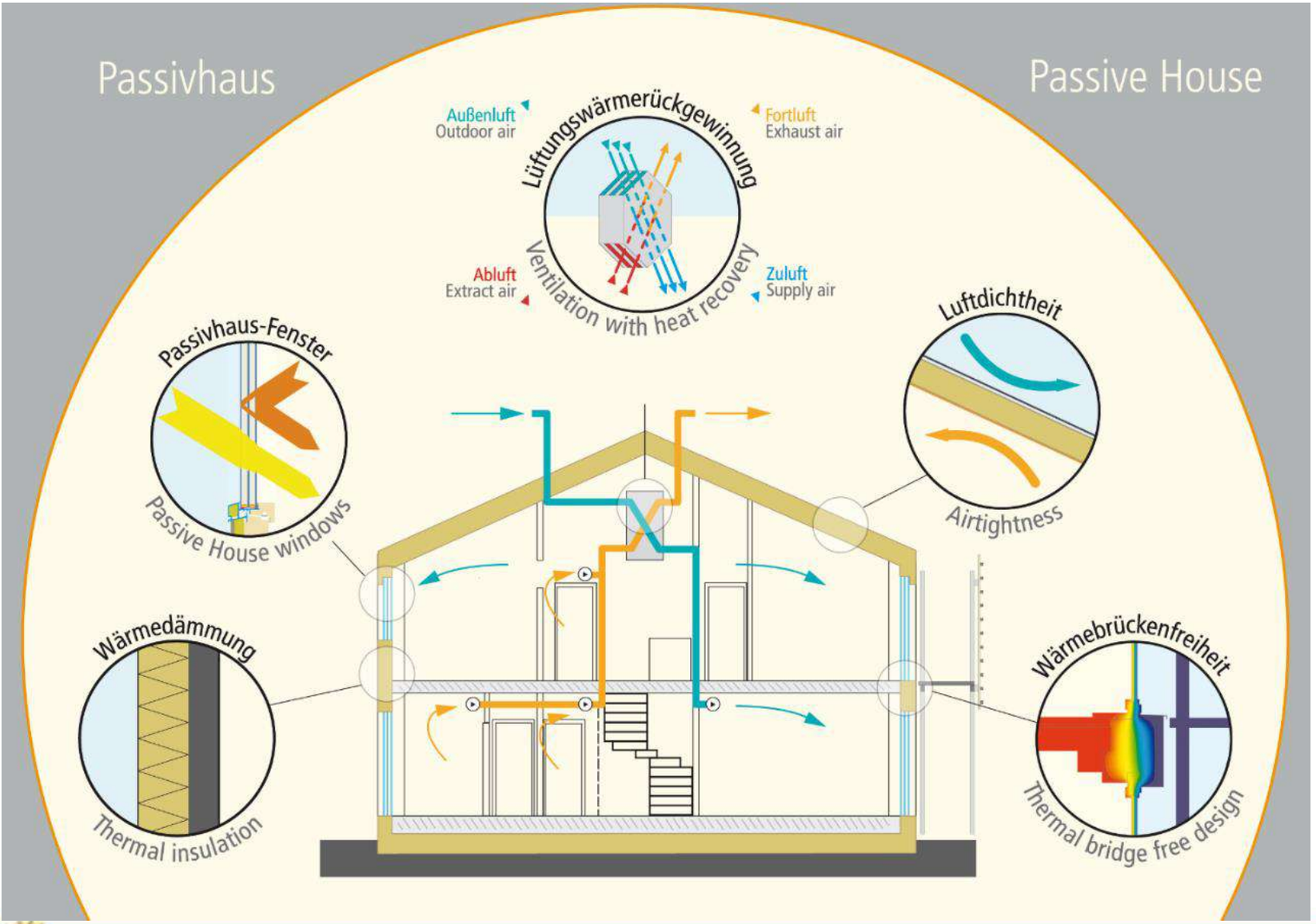
■ پسیوهاوس فراتر از یک استاندارد بوده با ارایه راهکار اقتصادی واقع بینانه، تنها حدود **۵ درصد** هزینه ساخت بیشتر نسبت به ساختمانهای نوساز معمولی دارد که آن هم در طول عمر ساختمان به سرعت و در کوتاهترین زمان ممکن جبران می شود.

■ استاندارد پسیوهاوس **(PHS)** نزدیک ترین مسیر برای رسیدن به هدف طراحی و اجرای ساختمانهای با کارآیی بالای انرژیِ صفر می باشد.

استاندارد پسیوهاوس (PHS)

۵ اصل کلیدی در ساختمانهای پسیوهاوس:

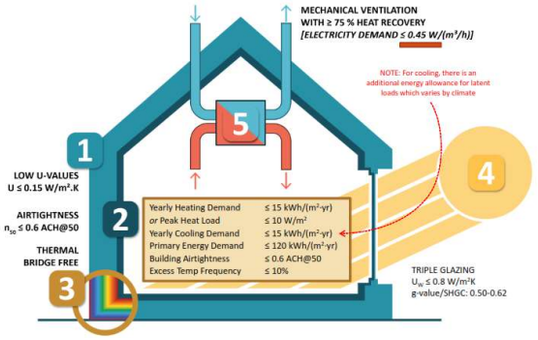
- هوابندی پوشش بیرونی ساختمان
- عایق حرارتی
- فاقد پل حرارتی
- پنجره های پسیوهاوس
- تهویه با بازیافت حرارتی



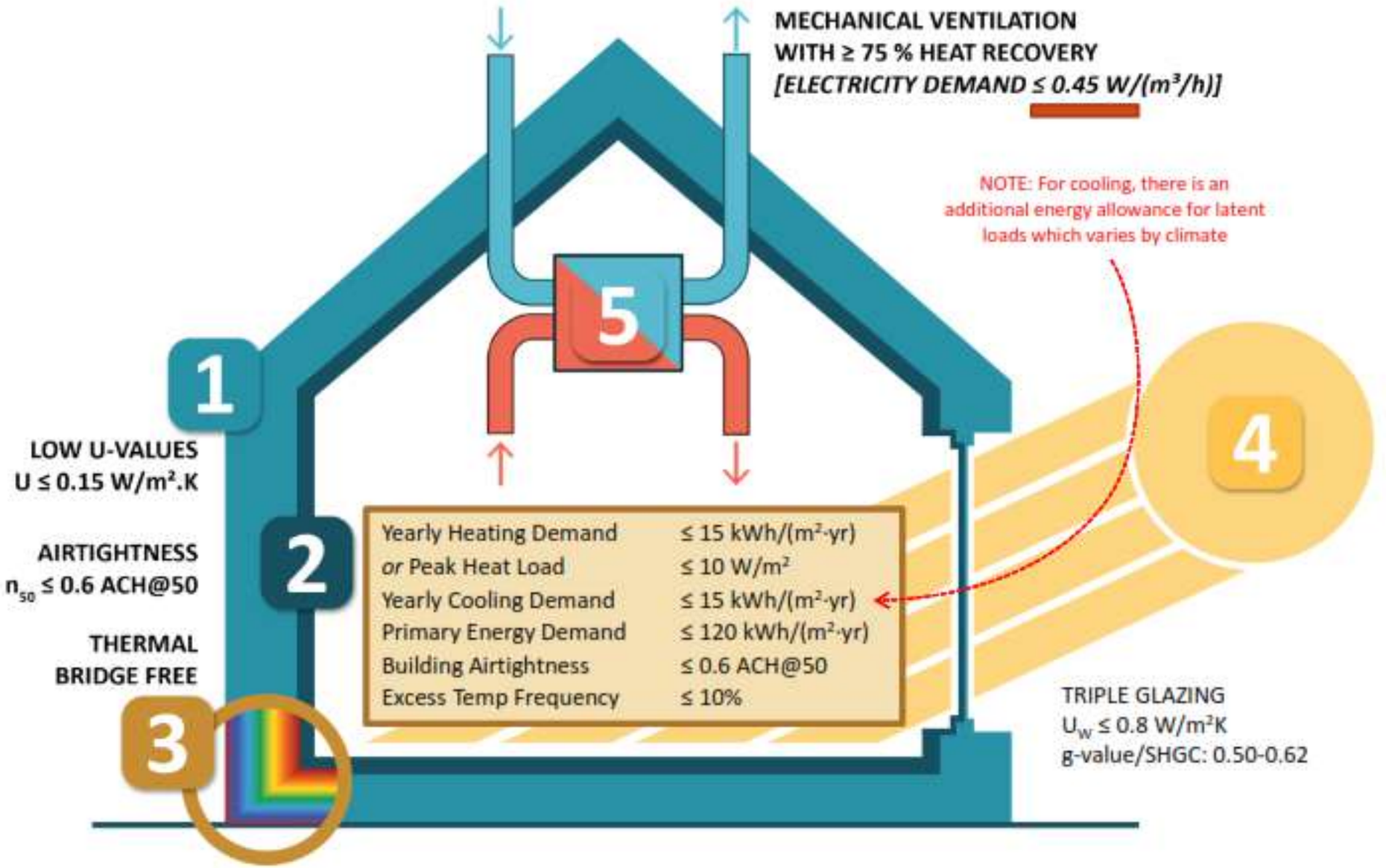
مروری بر معیارهای ساختمانهای با استاندارد پسیوهاوس (PHS)

نیاز گرمایشی	حداکثر **15 کیلووات ساعت** در سال یا **10 وات** (اوج تقاضا) برای هر مترمربع فضای مفید زیربنا
نیاز سرمایشی	تقریبا برابر با نیاز گرمایشی با مقدار اضافی رطوبت زدایی ممکن بسته به اقلیم
نیاز انرژی اولیه	حداکثر **120 کیلووات ساعت** در سال برای کل مصارف خانگی (گرمایش، سرمایش، آب گرم و برق خانگی) برای هر مترمربع فضای مفید زیربنا
هوابندی	حداکثر **0.6 تعویض هوا** در ساعت تحت فشار 50 پاسکال (که با تست فشار در محل انجام در هر دو حالت افزایش فشار و کاهش فشار تایید می شود)
آسایش حرارتی	سالانه در کل فضاهای زیستی داخل ساختمان، نباید بیش از **10 درصد** ساعات، دما از **25 درجه سانتیگراد** تجاوز کند.

جدول: الزامات پسیوهاوس برای ساختمانهای نوساز



مروری بر معیارهای ساختمانهای با استاندارد پسیوهاوس (PHS)



نیاز حرارتی ویژه (q_H)
Specific Demand

نیاز حرارتی ویژه (q_H) در طراحی و ساخت ساختمانهای منطبق بر کانسپت و استاندارد پسیوهاوس (Passive House Standard) –که از کوتاهترین مسیرها برای رسیدن به ساختمانهای انرژی صفر می باشد– اهمیت ویژه ای دارد.

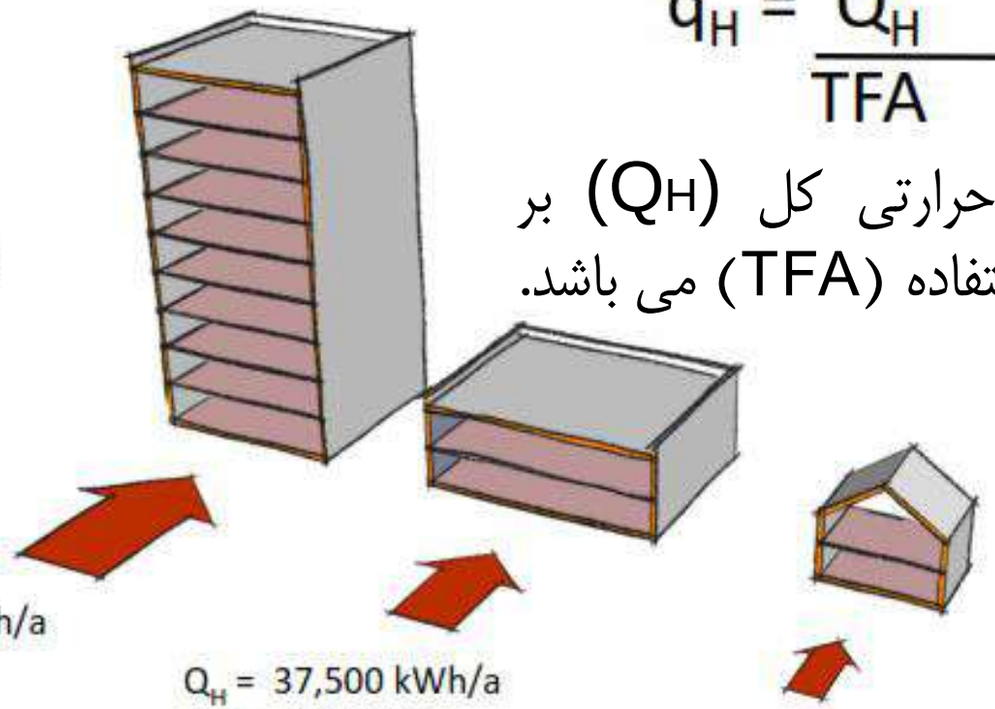
$$q_H = \frac{Q_H}{TFA}$$

(q_H) حاصل تقسیم نیاز حرارتی کل (Q_H) بر فضاهای کنترل شده قابل استفاده (TFA) می باشد.

kWh/m²a

Allows comparison across building types

PHI has strict definitions for TFA



Q_H = 300,000 kWh/a
TFA = 20,000m²

q_H = 15 kWh/m²a

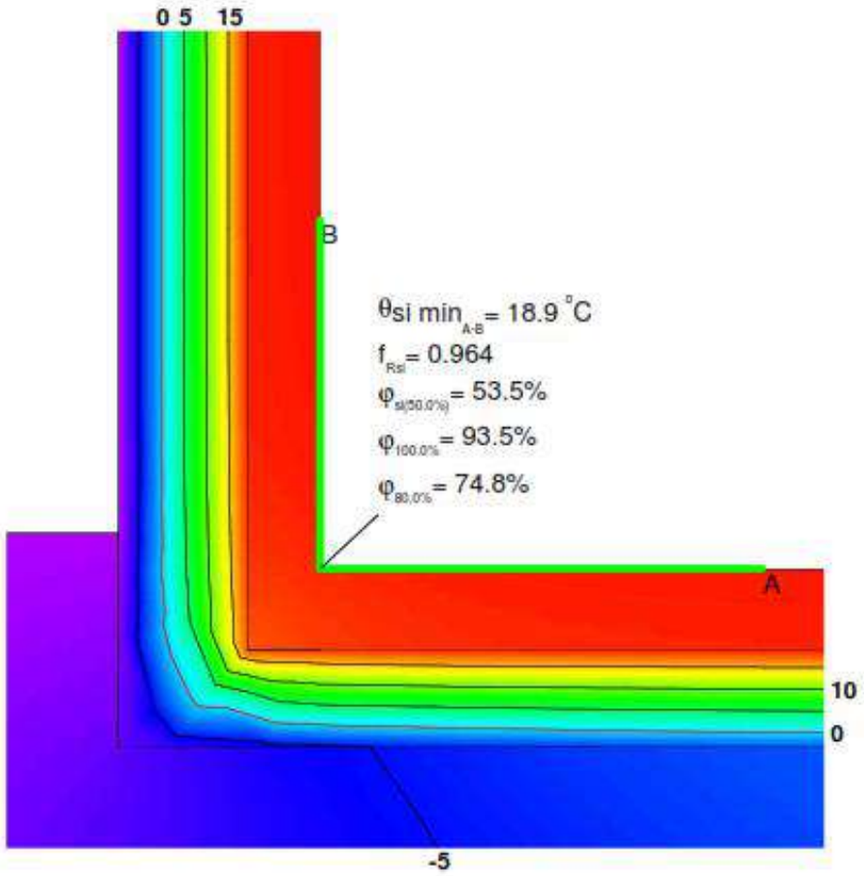
Q_H = 37,500 kWh/a
TFA = 2,500m²

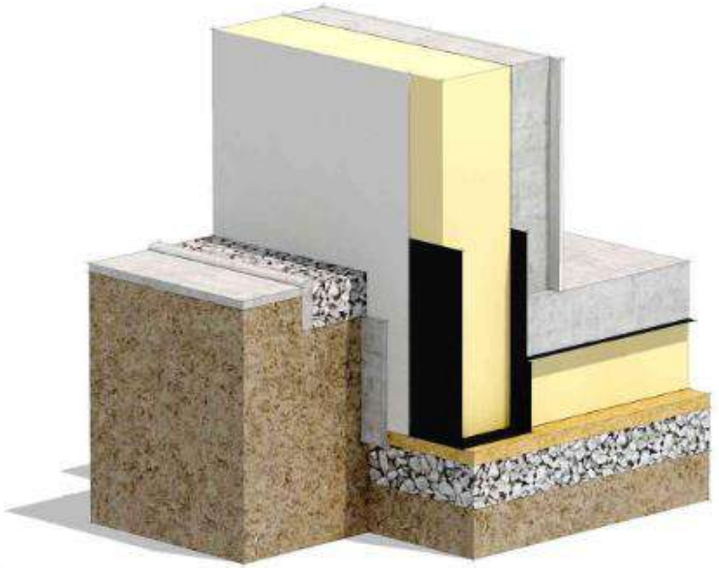
q_H = 15 kWh/m²a

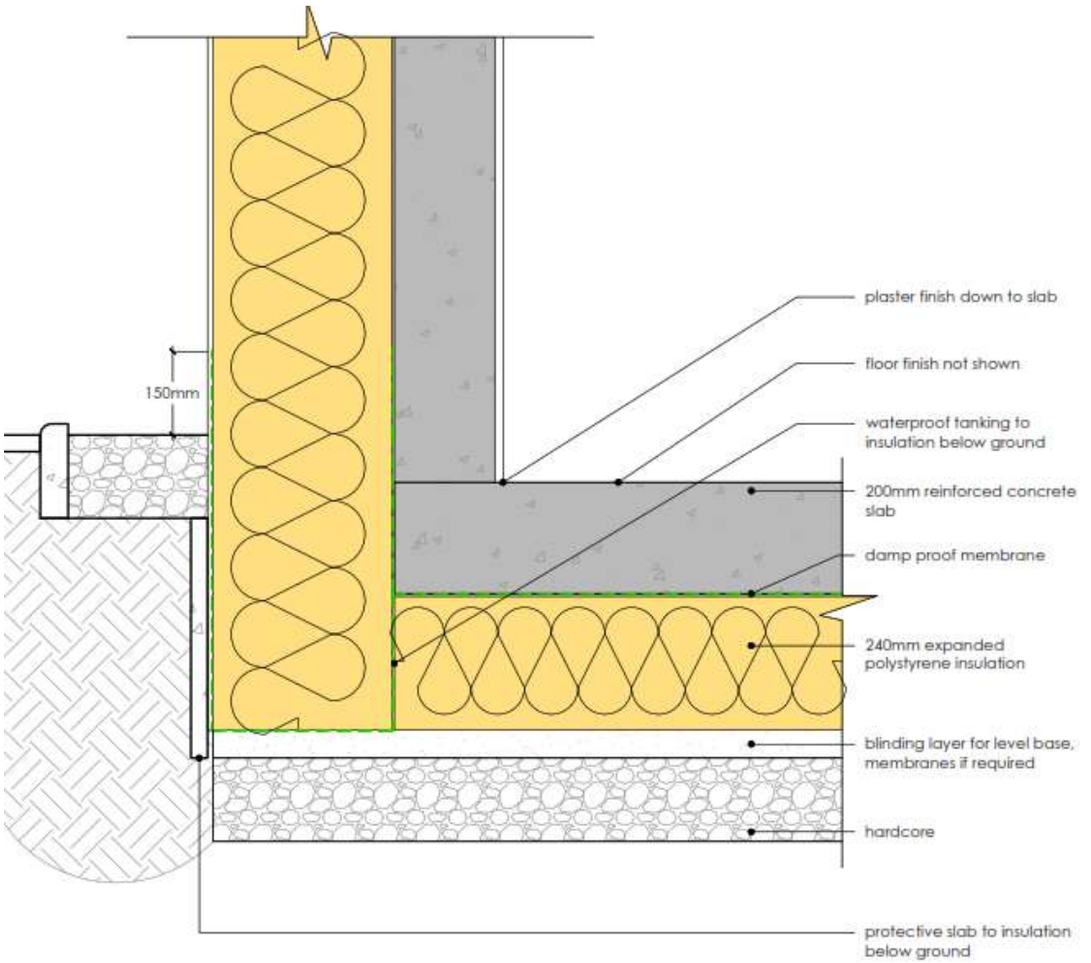
Q_H = 4,500 kWh/a
TFA = 250m²

q_H = 15 kWh/m²a

■ طراحی عایق در ساختمان های با کارآیی انرژی بالا و از جمله انرژیِ صفر می باید به صورت **ممتد و غیر منقطع** باشد. در غیر اینصورت با ایجاد **پل های حرارتی**، تلفات و به تبع آن نیاز انرژی ساختمان افزایش می یابد.



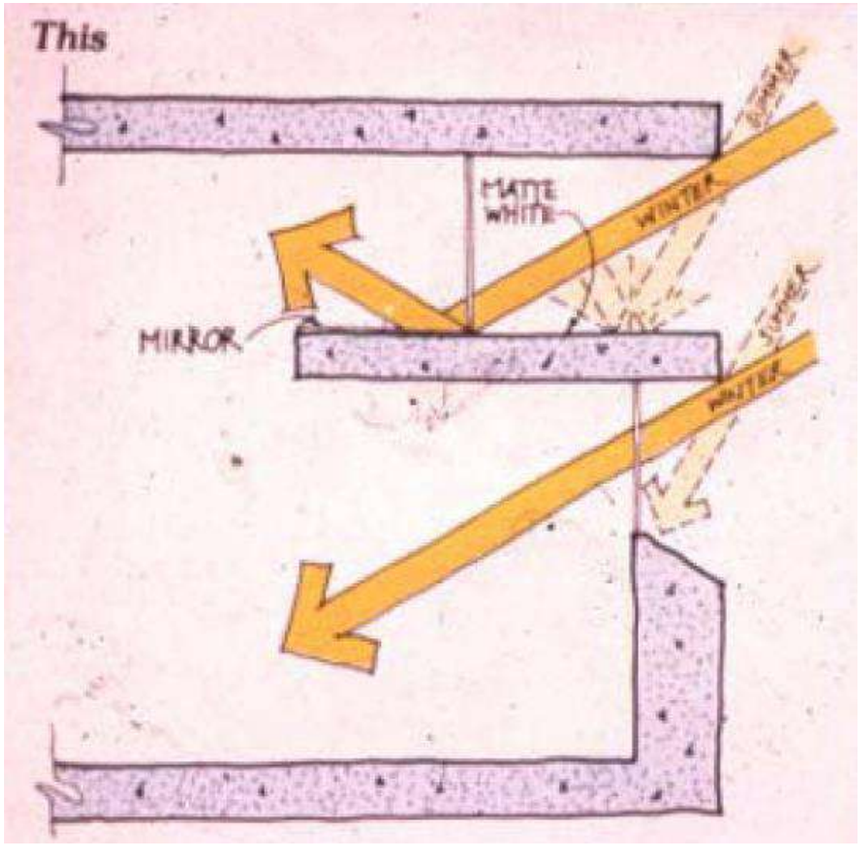




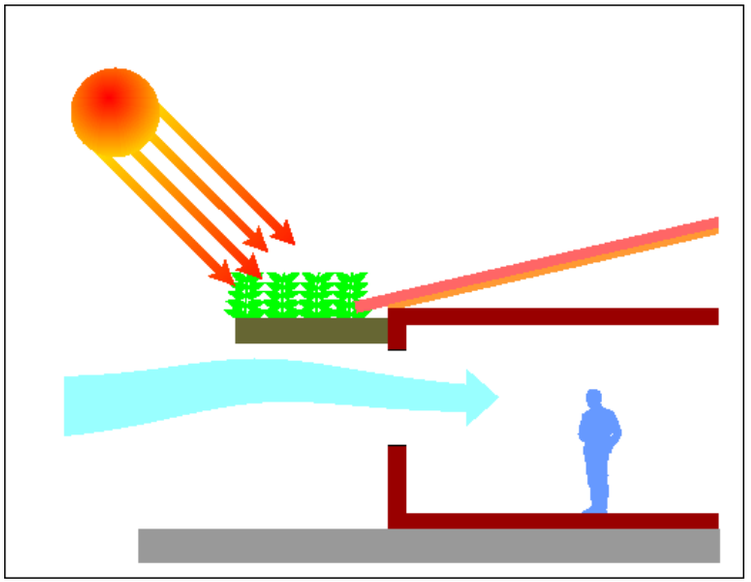
مقادیر U برای سطوح شفاف

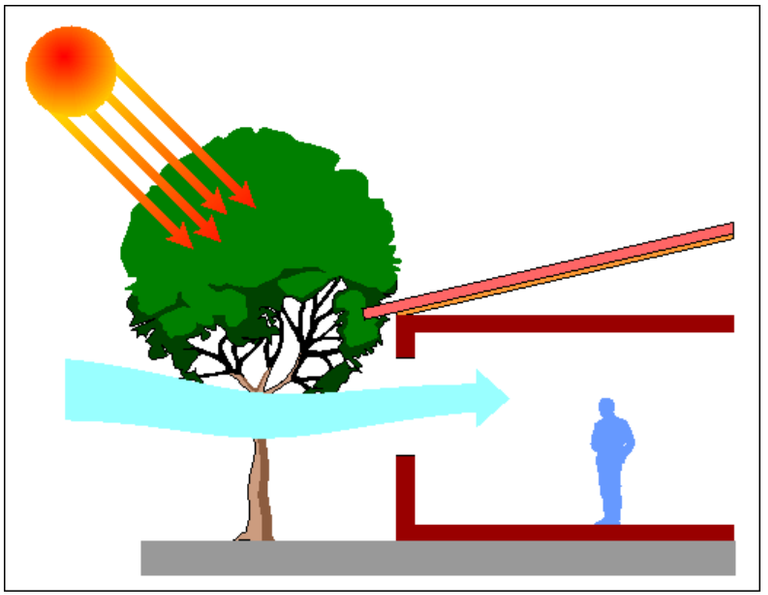
Glazing Type Typical window assemblies	U-value W/m²°C	U-value BTU/ ft²°F	SHGC	T_{vis}
Single-glazed Clear (Alum. frame)	7.37	1.30	0.79	0.69
Double-glazed Clear(Alum. frame)	3.63	0.64	0.65	0.62
Double-glazed Clear (wood or vinyl frame)	2.78	0.49	0.58	0.57
Double-glazed Bronze (Alum. frame)	3.63	0.64	0.55	0.47
Double-glazed Bronze (wood or vinyl frame)	2.78	0.49	0.48	0.43
Double-glazed Low-E (low-emissivity 0.20, wood or vinyl frame)	1.87	0.33	0.55	0.52
Triple-glazed Low-E 0.08 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.70	0.30	0.44	0.56
Double-glazed spectrally selective Low-E 0.04 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.65	0.29	0.31	0.51
Double-glazed spectrally selective Low-E 0.01 w/ argon (wood or vinyl frame)	1.76	0.31	0.26	0.31
Triple-glazed Low-E 0.08 w/ krypton (insulated vinyl frame)	0.85	0.15	0.37	0.48
Triple-glazed Clear w/ air (wood or vinyl frame)	1.93	0.34	0.52	0.53

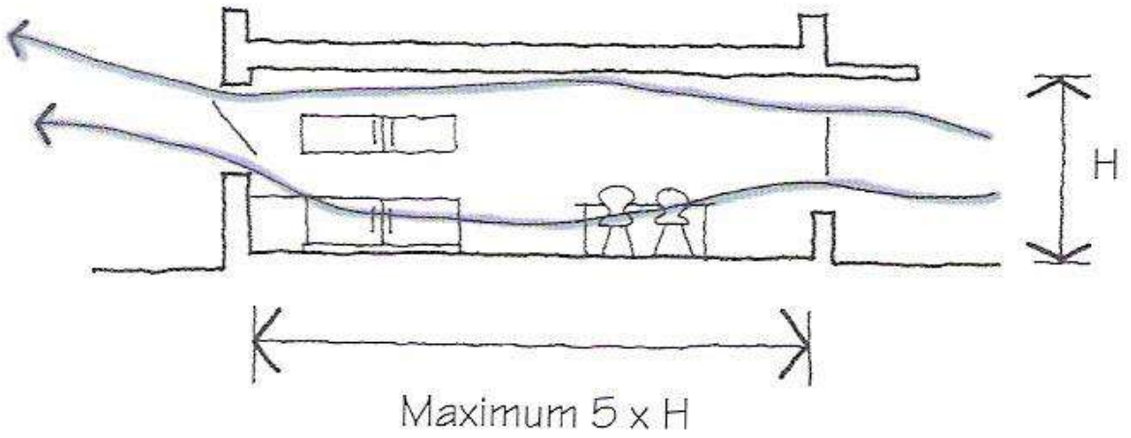
استراتژی طراحی دریافت نورطبیعی: قفسه نور (Light Shelf)



کنترل (ابزارهای سایه اندازی)
Control (Shading Devices)







■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای صفر انرژی

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

- کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده
- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

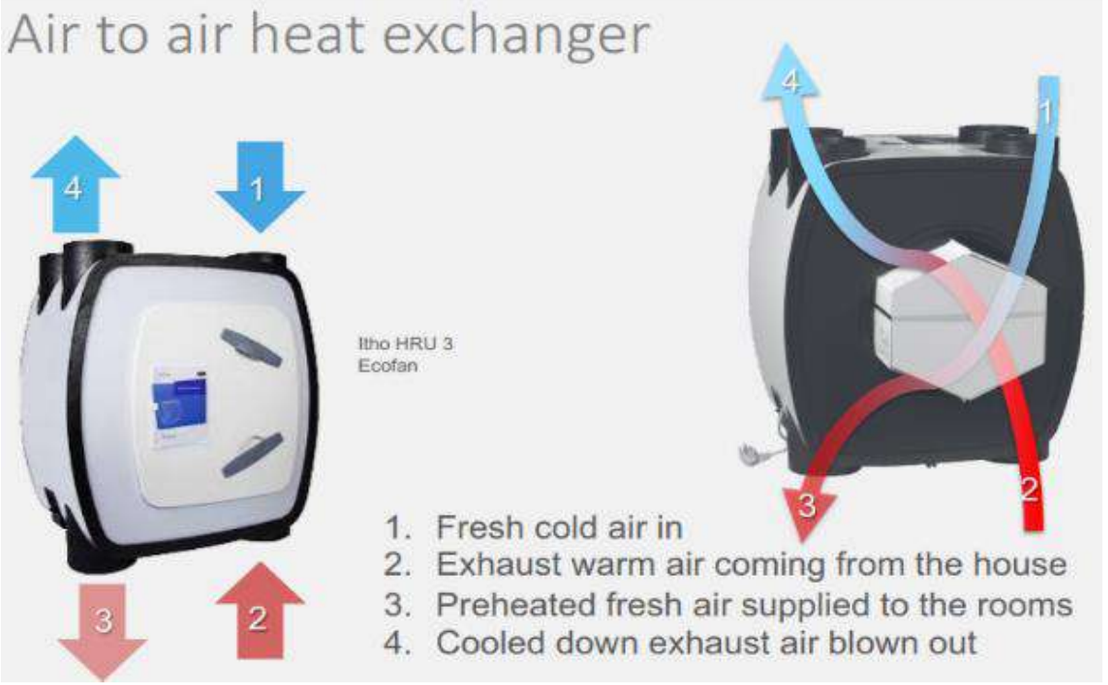
- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

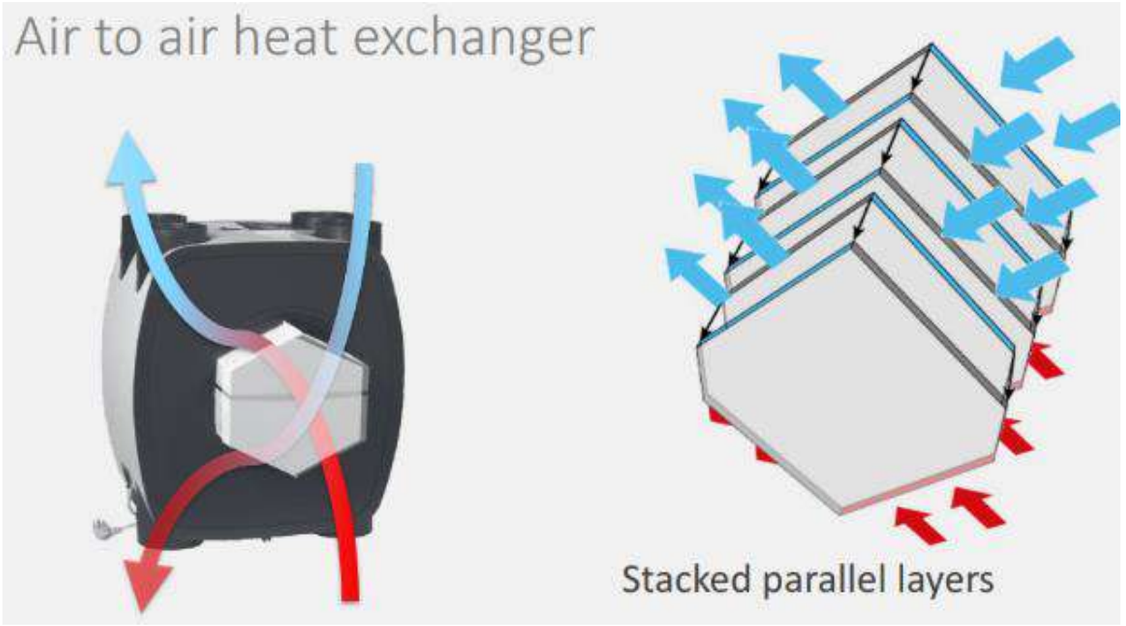
بازیافت تلفات تهویه ای

■ بازیافت حرارتی تهویه ای با استفاده از سیستم های (HRV) صورت می گیرد. که یکی از سیستم های مکانیکی موثر در رسیدن به هدف طراحی/بازطراحی ساختمانهای انرژی صفر می باشد.



■ حداقل بهره وری سیستم های HRV می باید ۷۵٪ باشد.

■ ترجیحا استفاده از HRV های با راندمان ۹۰٪ استفاده شود.



■ گامهای اساسی در طراحی ساختمانهای صفر انرژی

گام ۰- پژوهش و آنالیز مصرف انرژی

- تجزیه و تحلیل مصرف انرژی ساختمان انتخابی
- تحلیل اقلیم منطقه/موقعیت ساختمان انتخابی و انتخاب معیارهای غیرفعال جهت کاهش نیاز انرژی

گام ۱- کاهش مصرف انرژی

-کاهش انرژی مصرفی مانند گرمایش و تهویه کنترل شده

- (معیارهای غیرفعال: با استفاده از عایق حرارتی، سایه اندازی خورشیدی،بام سبز، پنجره های عایقکاری شده بهینه،...)

گام ۲- بازیافت (استفاده مجدد) انرژی

- فرصت استفاده مجدد از جریان انرژی در ساختمان ها (معیارهای فعال: پمپ حرارتی،...)

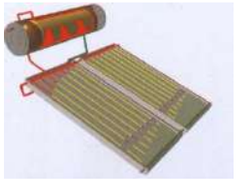
گام ۳- تولید انرژی (از منابع انرژی های تجدیدپذیر)

- فرصت تولید حرارت و الکتریسیته در ساختمان ها

گام ۴- هماهنگی موارد بالا

- اعمال کلیه اقدامات بالا در هماهنگی با کانسپت صفرانرژی بر روی ساختمان معمولی (بدون بهره وری انرژی)

سیستمهای فعال خورشیدی

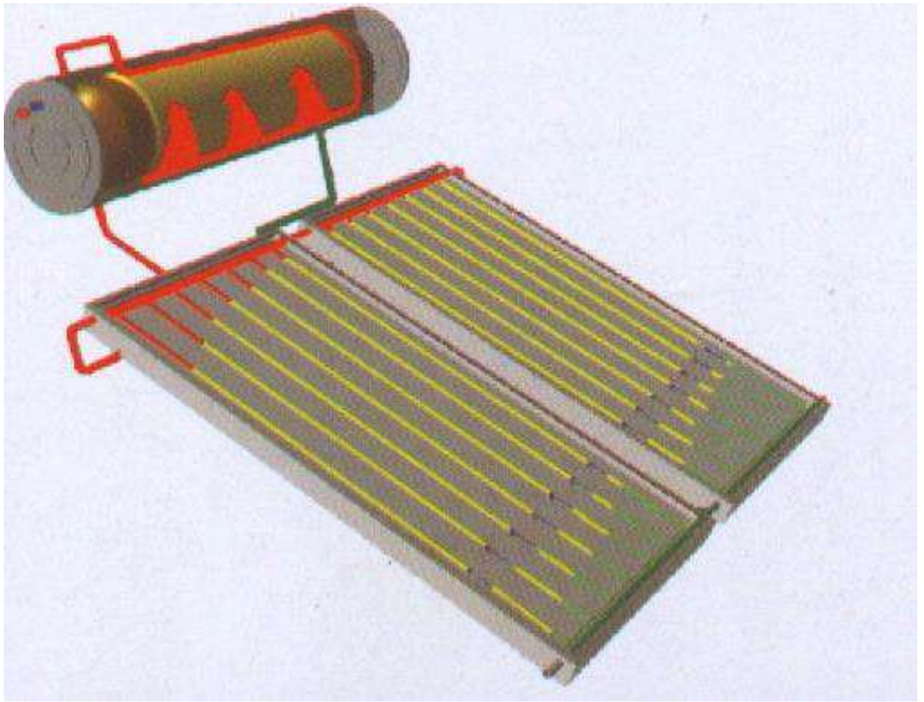


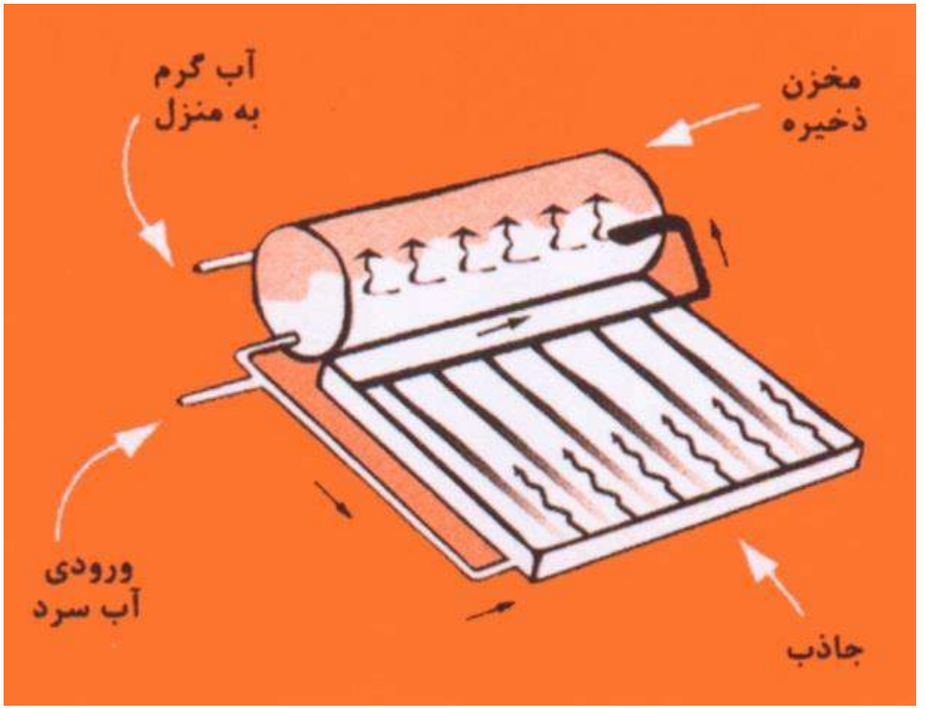
۱- آبگرمکن ها (هواگرم کن ها) ی خورشیدی

۲- صفحات فتوولتاییک (PV)

سیستمهای فعال خورشیدی

۱- **آبگرمکن ها (هواگرم کن ها) ی خورشیدی:** برای تولید آب گرم/هوای گرم خورشیدی

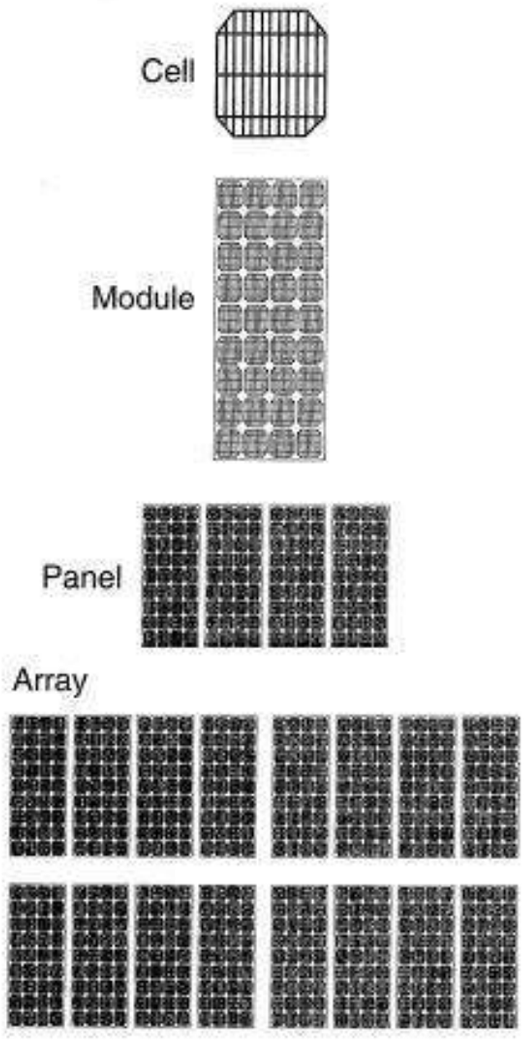




کلکتور خورشیدی (آبگرمکن خورشیدی)

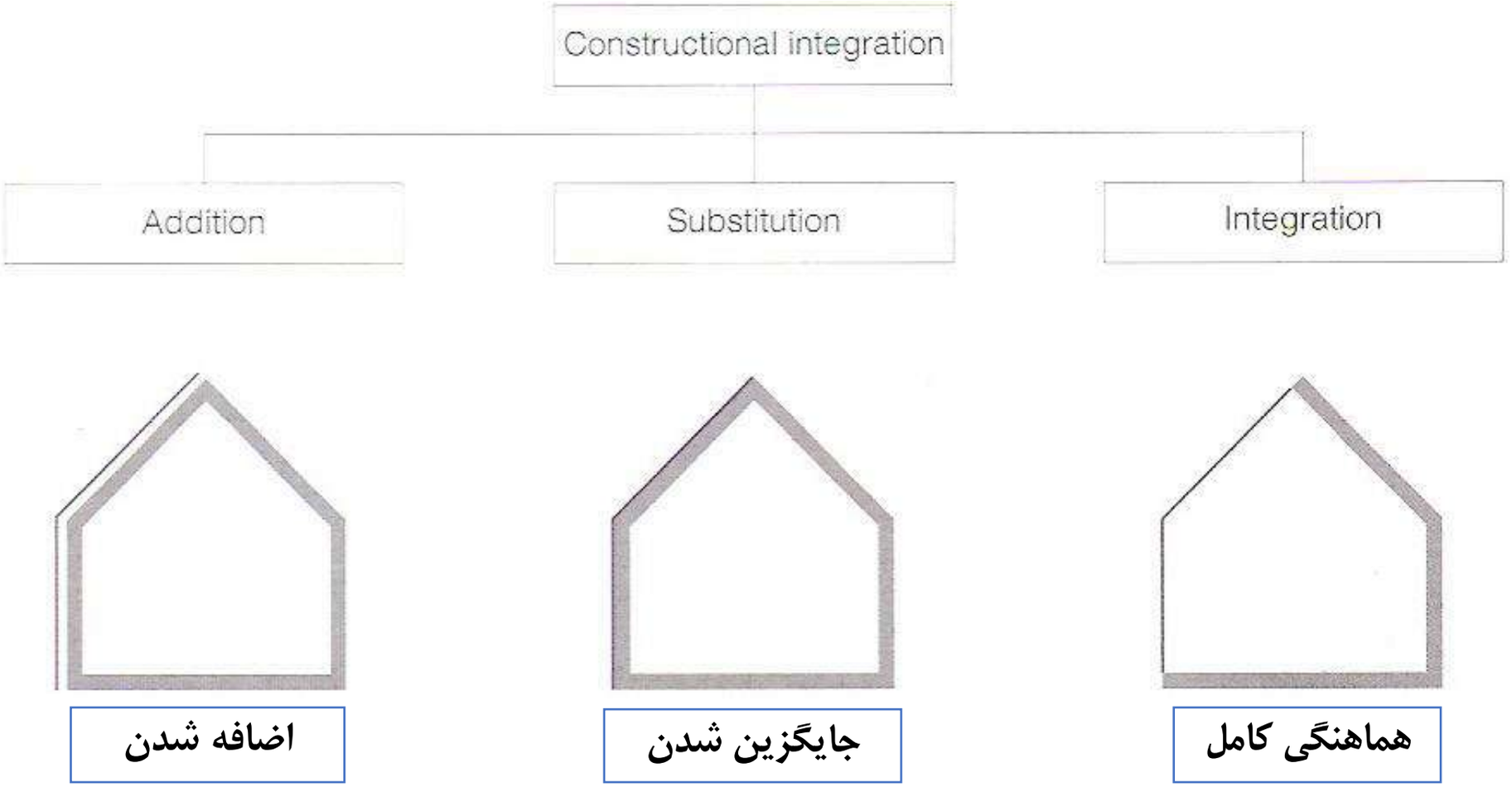
سیستمهای فعال خورشیدی

- **صفحات فتوولتاییک** (PV): برای تولید برق خورشیدی

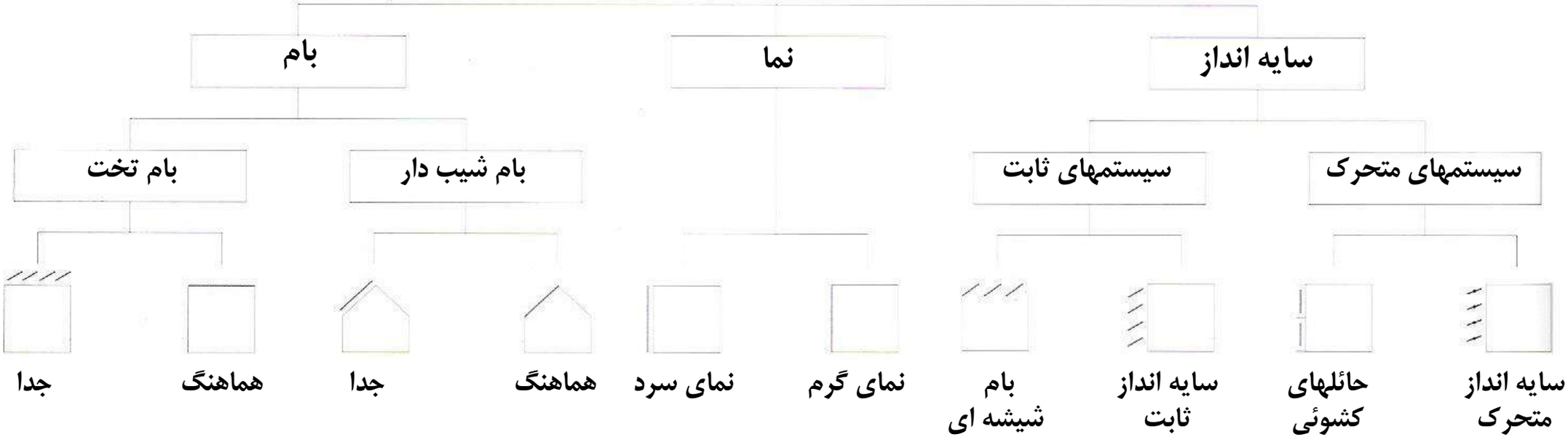


مدول و آرایه سلولها با یکدیگر ترکیب شده و مدول را بوجود می آورند.
مدولها صفحه را شکل می دهند و صفحات با یکدیگر ترکیب شده و آرایه را بوجود می آورند.

هماهنگی ساختمانی PV



محل نصب PV


سایه انداز
نما
بام
سیستمهای متحرک
سیستمهای ثابت
بام شیب دار
بام تخت
سایه انداز متحرک
حائلهای کشوئی
سایه انداز ثابت
بام شیشه ای
نمای گرم
نمای سرد
هماهنگ
جدا
هماهنگ
جدا

E-mail: Ahadollah.Azami@emu.edu.tr

+90-533-877-6452

@ahad.azami

+98-914-309-1559