



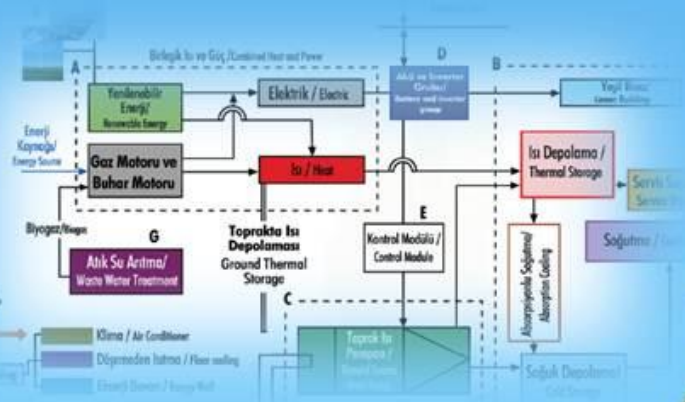
tmmob
makina mühendisleri odası
ankara şubesi

SÖYLEŞİ
2011

YEŞİL BİNALARDA MEKANİK TESİSAT

Prof. Dr. Birol KILKIŞ
(Başkent Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü)

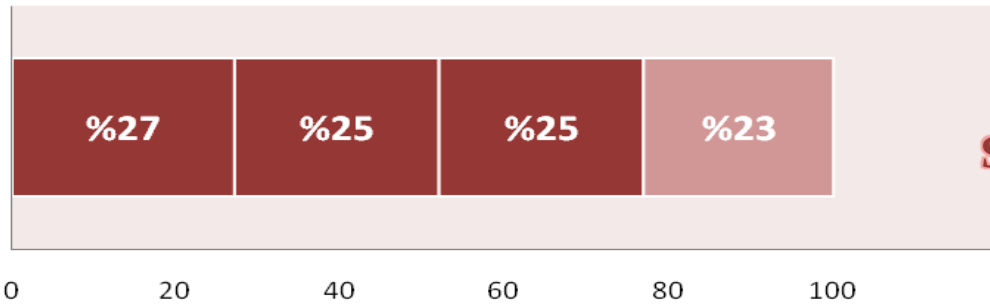
05 Ocak 2011 - Çarşamba
Saat: 18³⁰



Akışlılığın Közüvçeleme Gelişirme



Enerji Kaynaklarımız



■ Mevcut Yerli ■ Yenilenebilir Enerji ■ Verimlilik ■ İthal

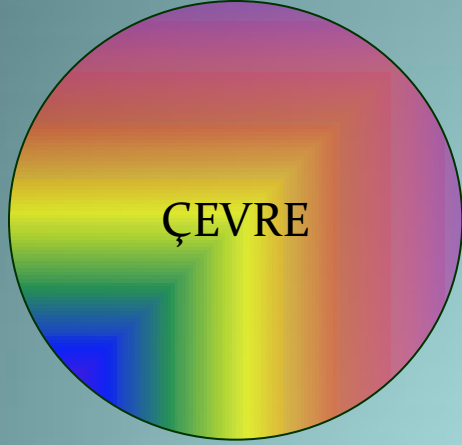
**Sürdürülebilirlik
Düzeyimizin
Yükselmesi**

?

YEŞİL TESİSTTA YÜKSEK PERFORANS METRİKLERİ

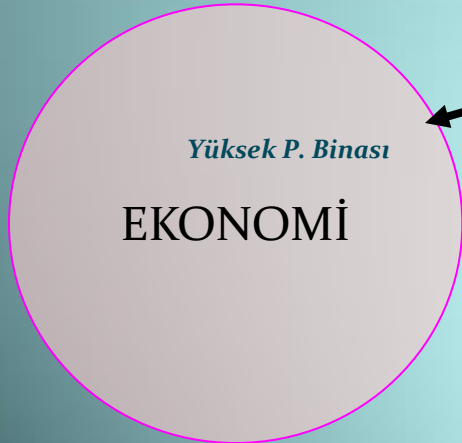
1. **Çevre Performansı** (Çevre Faktörü): Tüm atık ve salımların en aza indirgenmesi
2. **Konfor Performansı** (İnsan Faktörü): Isıl, iç mekan, hava kalitesi, aydınlatma
3. **Enerji Performansı** (Enerji faktörü): Sürdürülebilir enerji ve ekserji verimi
4. **Parasal Performans** (Ekonomi Faktörü): En fazla yarar/maliyet oranı

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK DÖRTLEMİ



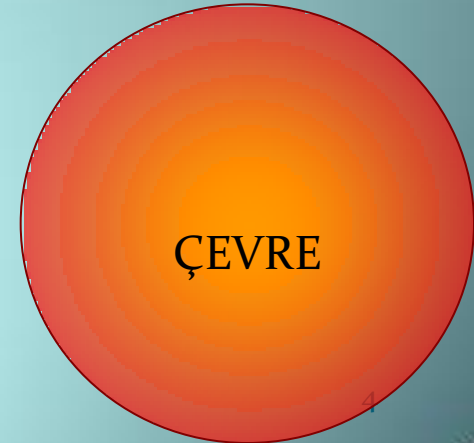
Salımlar
Azaltılmalı

Konfor ve Yaşam Kalitesi

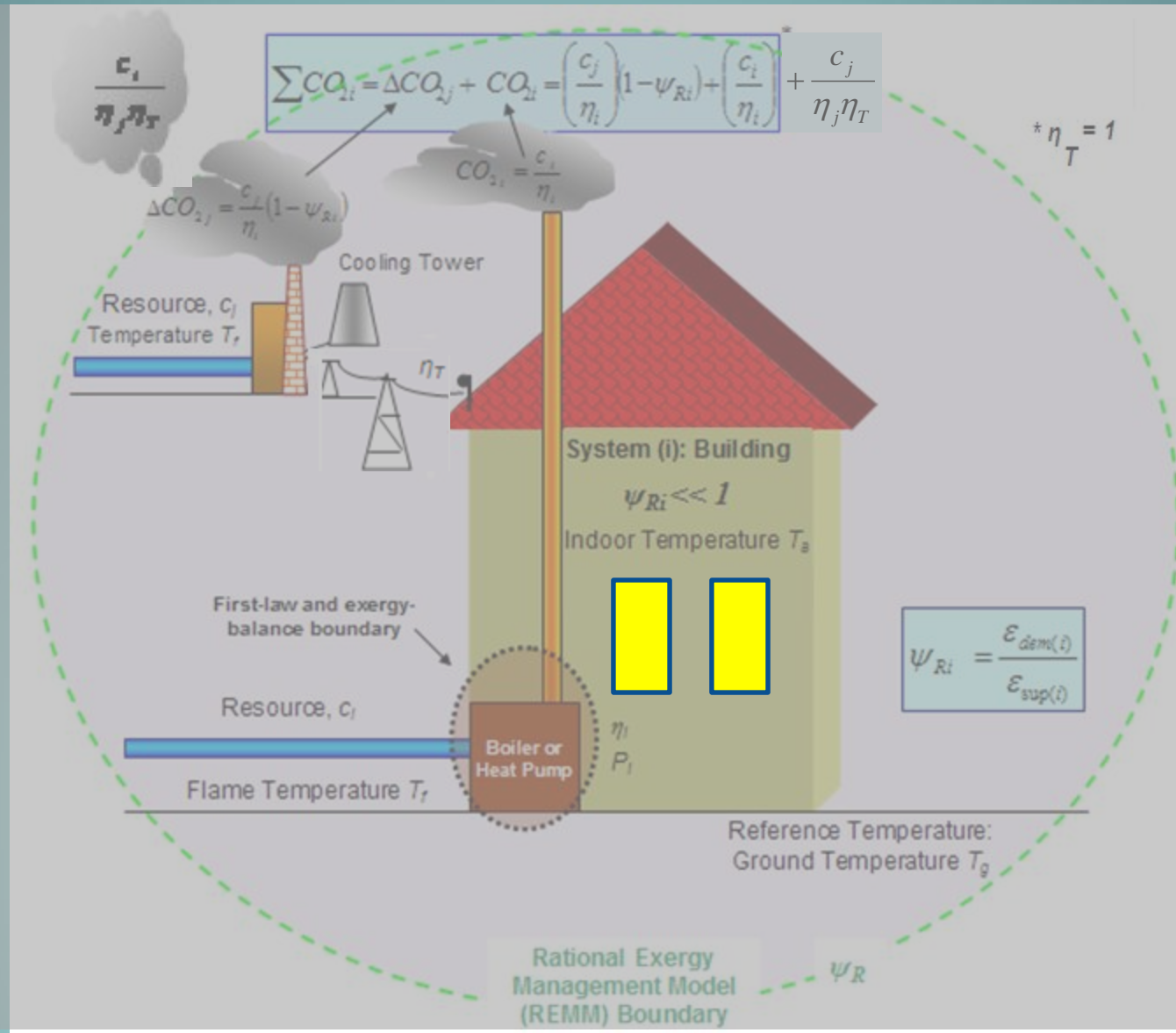


Enerji Tasarrufu

Piyasa Koşulları



Bir binanın aslında üç yerde bacası var!



ÇEVRE PERFORMANSI

Karbon Salım Metriği

$$\sum CO_{2i} = CO_{2i} + \Delta CO_{2j} = \left(\frac{c_i}{\eta_i} \right) + \left(\frac{c_j}{\eta_i \eta_T} \right) (1 - \psi_{Ri}) + \left(\frac{c_j}{\eta_j \eta_T} \right)$$

$$\psi_{Ri} = \frac{\left(1 - \frac{T_{ref}}{T_a} \right)}{\left(1 - \frac{T_{ref}}{T_f} \right)}$$

EKSERJİK KARBON AYAKİZİ

$$\sum CO_{2i} = CC \sum CO_{2i} \approx \left[\begin{array}{c} c_i \\ \eta_i \end{array} \right] (2 - \psi_{Ri}) \times P_h \left(\frac{c_j}{j \eta_T} \right) \times P_e$$

4

3 Direct

1 Avoidable

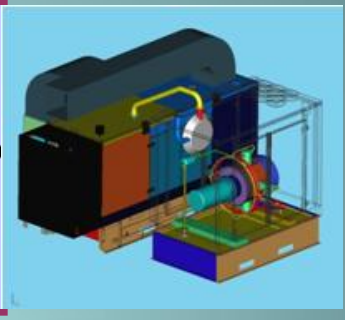
2

Secondary

Çözüm nereden başlamalı?



$$\psi_R = \frac{\left(1 - \frac{278}{291}\right)}{\left(1 - \frac{278}{2000}\right)} = \frac{0.0447}{0.861} = 0.05 \rightarrow \%5 \text{ efficiency}$$



This means that, about 95 % of the useful work potential of the natural gas consumed is irreversibly destroyed.

Instead, the same amount of natural gas could be first allocated to better useful works i.e. power production, steam production etc like in a poly-generation system. The same space heating function could then be accomplished by the waste heat.

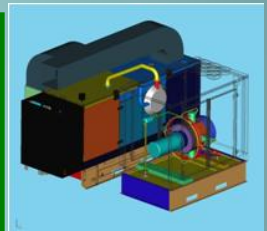
PES*

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right] \times 100$$

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{0.95}{0.95} + \frac{0}{0.52}} \right] \times 100 = 0$$



$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{0.51}{0.95} + \frac{0.40}{0.52}} \right] \times 100 = 0.23$$

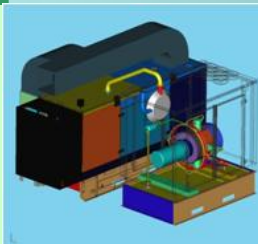


* EU. 2004. Directive 2004/8/EC, on the Promotion of Cogeneration Based on Useful Heat Demand in the Internal Energy Market and Amending Directive 92/42/EEC. EU Official J. L52/50, V. 47, pp. 50-60.

EKSERJİ TABANLI PES_R

$$PES_R = \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta} \right) \times \frac{(2 - Ref\psi_R)}{(2 - \psi_R)}} \right] \times 100$$

$$PES_R = \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.51}{0.95} + \frac{0.40}{0.52} \right) \times \frac{(2 - 0.27)}{(2 - 0.65)}} \right] \times 100 = 0.40$$



✓ Fuel Savings

$$PES_R = \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.85}{0.95} + \frac{0.18}{0.52} \right) \times \frac{(2 - 0.27)}{(2 - 0.35)}} \right] \times 100 = 0.23$$



Power



✓ Fuel Savings

Baz Senaryo: Kazanlı Isıtma ve Enterkonnekte Sistemden Elektrik Temini

Bir binanın HVAC ve güç taleplerinden oluşan salımlarının tüm boyutları şu şekilde tanımlanabilir:

$$\sum CO_{2i} = CO_{2i} + \Delta CO_{2j} = \underbrace{\left(\frac{c_i}{\eta_i}\right)}_1 + \underbrace{\left(\frac{c_j}{\eta_i \eta_T}\right)(1 - \psi_{Ri})}_2 + \underbrace{\left(\frac{c_j}{\eta_i \eta_T}\right)}_3$$

Örnek

Aşağıdaki veriler, santralde ve binada aynı tür yakıt kullanıldığı ve ısı verimlerin benzer oldukları kabulü ile değerlendirildiğinde birim elektrik ve ısı yükleri için toplam salım:

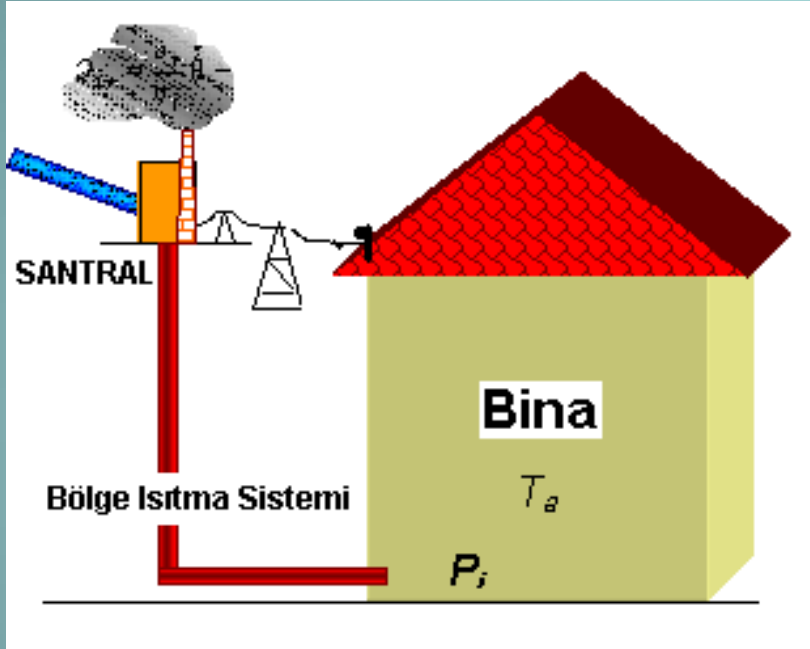
$$\sum CO_{2i} = \left(\frac{c_i}{0.7}\right) + \left(\frac{c_j}{0.7 \times 0.75}\right)(2 - \psi_{Ri}) = 5.16c_i$$

Doğal gaz için c_i 0.2 kg CO₂/kW·h alınırsa, birim toplam enerji yükü başına CO₂ salımı 1.03 kg CO₂/kW·h olur.

ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME

Bölge Isıtması

Aynı bina santral atık ısı ile çalışan bir bölge ısıtma sistemine bağlanırsa akılcı ekserji verimi yükselir. Örneğin:



$$\psi_{Ri+j} = 1 - \frac{\left(1 - \frac{283}{360}\right)}{\left(1 - \frac{283}{2000}\right)} = 0.75$$

$$\sum CO_{2i} = \left(\frac{c_j}{\eta_i \eta_T}\right) (2 - \psi_{Ri})$$

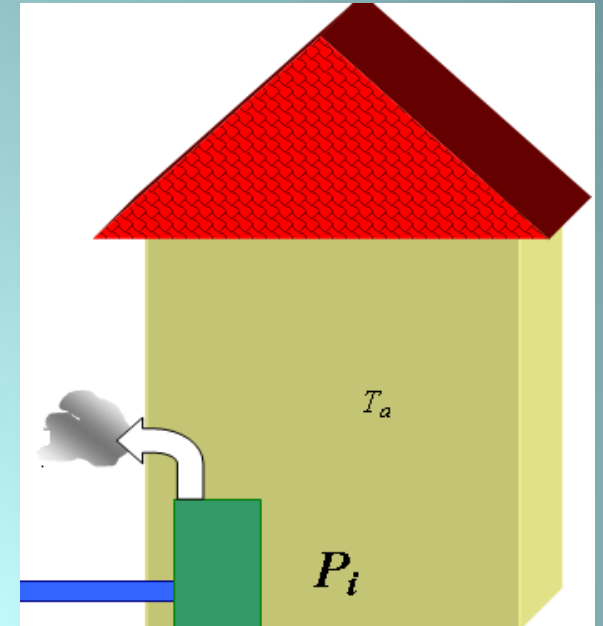
Bu örnekte salım azalmaktadır:

$$\sum CO_{2i} = \left(\frac{0.2}{0.7 \times 0.75}\right) (2 - 0.75) = 0.48 \text{ kg CO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$$

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİRLİKTE ÜRETİM

Aynı binaya küçük ölçekli birlikte üretim sistemi kurulursa çevresel yarar daha da artar:

$$\sum CO_{2i} = \left(\frac{c_j}{\eta_{CHP}} \right) (2 - \psi_{Ri}) \times \left[1 - \frac{PES}{100} \right] (1 + C)$$



Örnek:

η_{CHP} : 0.91

ψ_{Ri} : 0.70

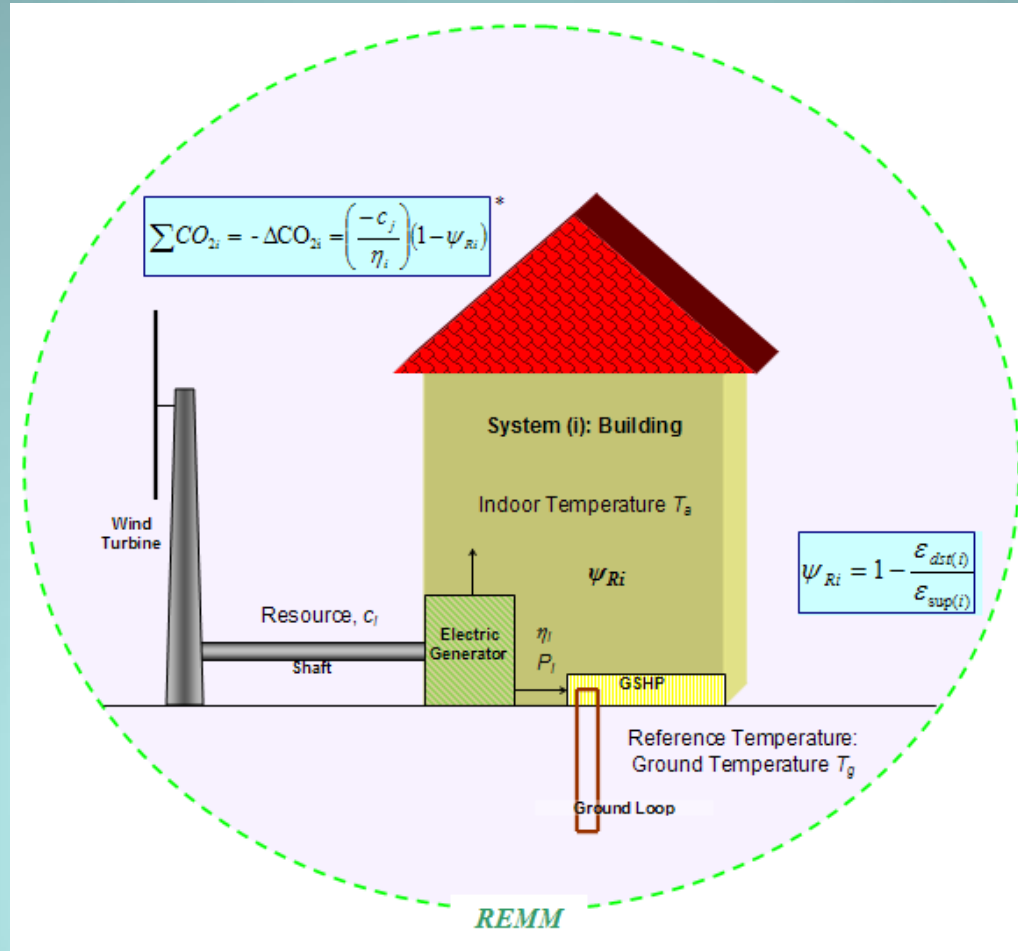
PES : 25 %

C : 0.8

Bu kabullerle CO_2 salımı $0.34 CO_2/kW \cdot h$ olur.

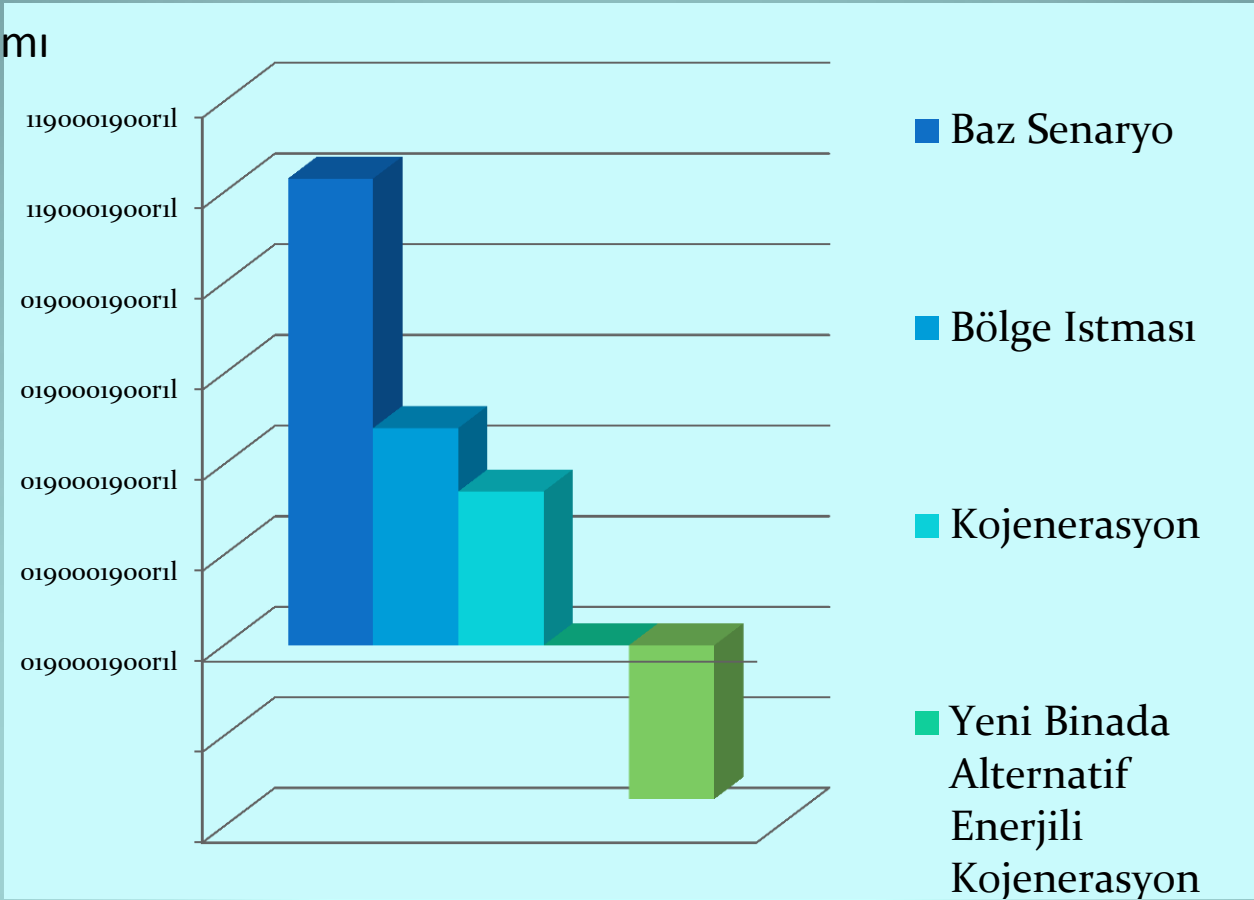
ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME

Alternatif Enerjili Birlikte Üretim

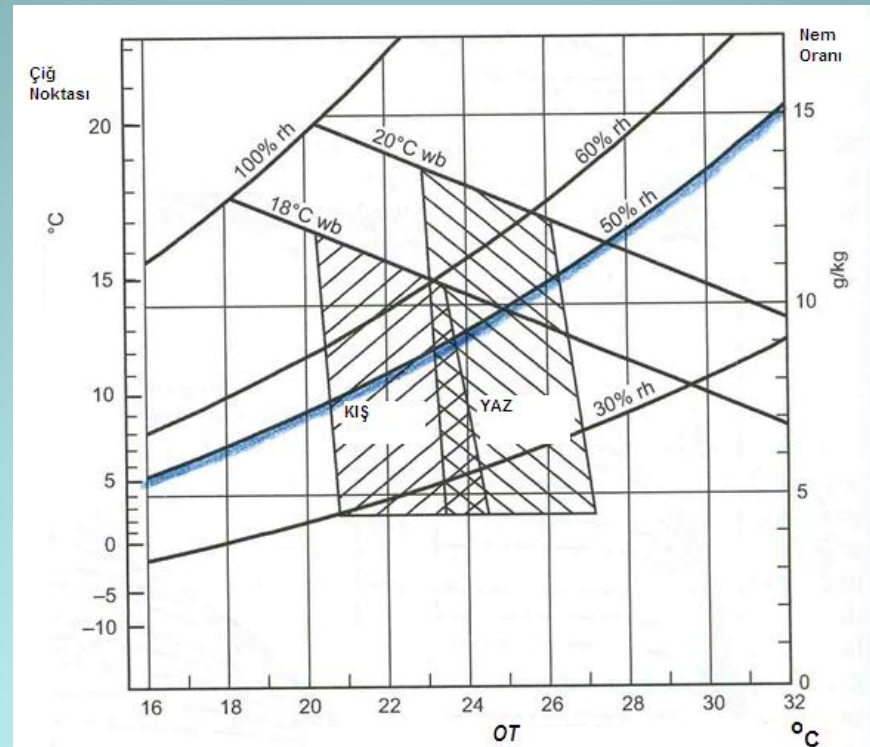


KARŞILAŞTIRMA

Birim CO₂ Salımı

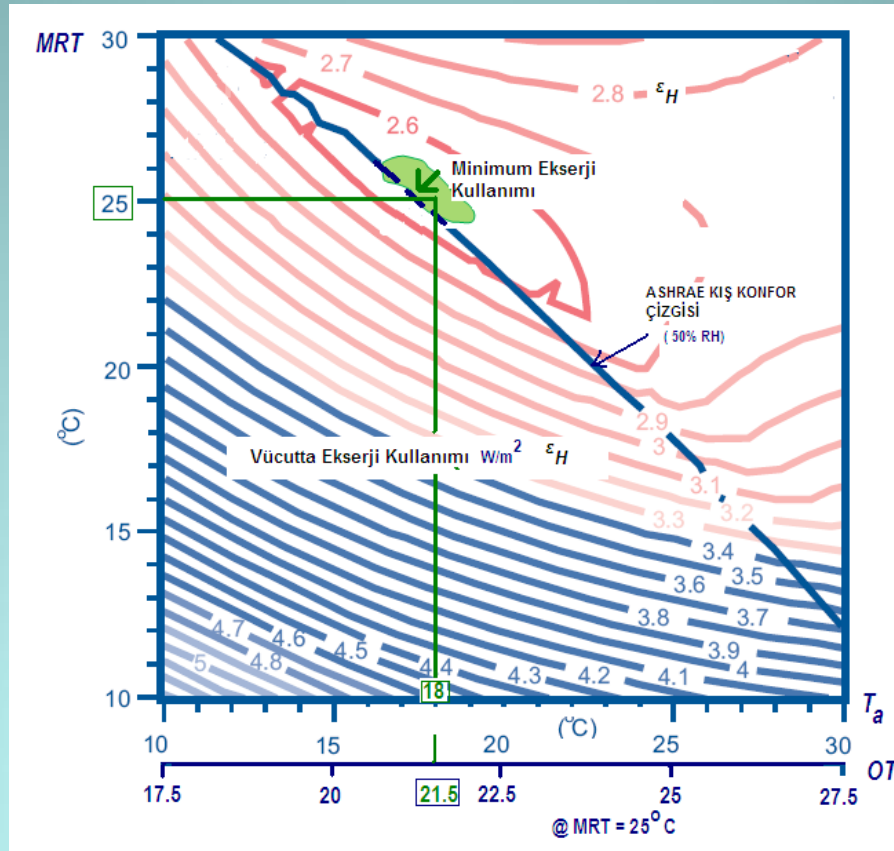


KONFOR METRİĞİ



$$OT = (T_a + MRT) / 2$$

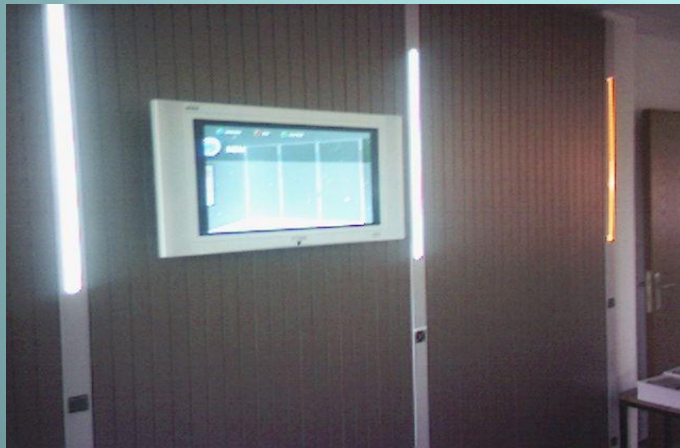
EKSERJİK KONFOR



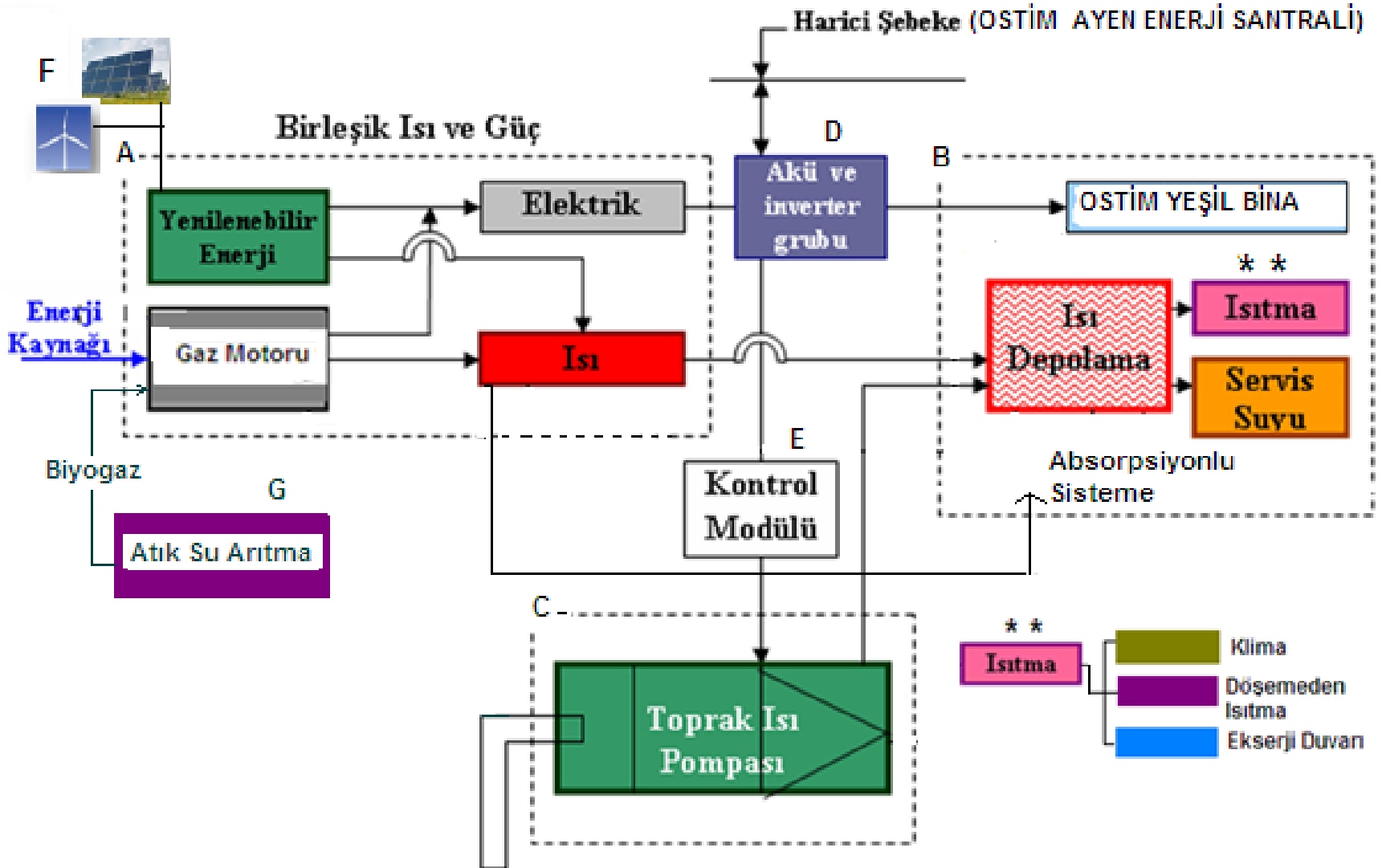
Yenilenebilir Enerji Oranı, *AER*

$$AER = \frac{\psi_R}{1 - \left(\frac{Q_A}{Q} \right)}$$

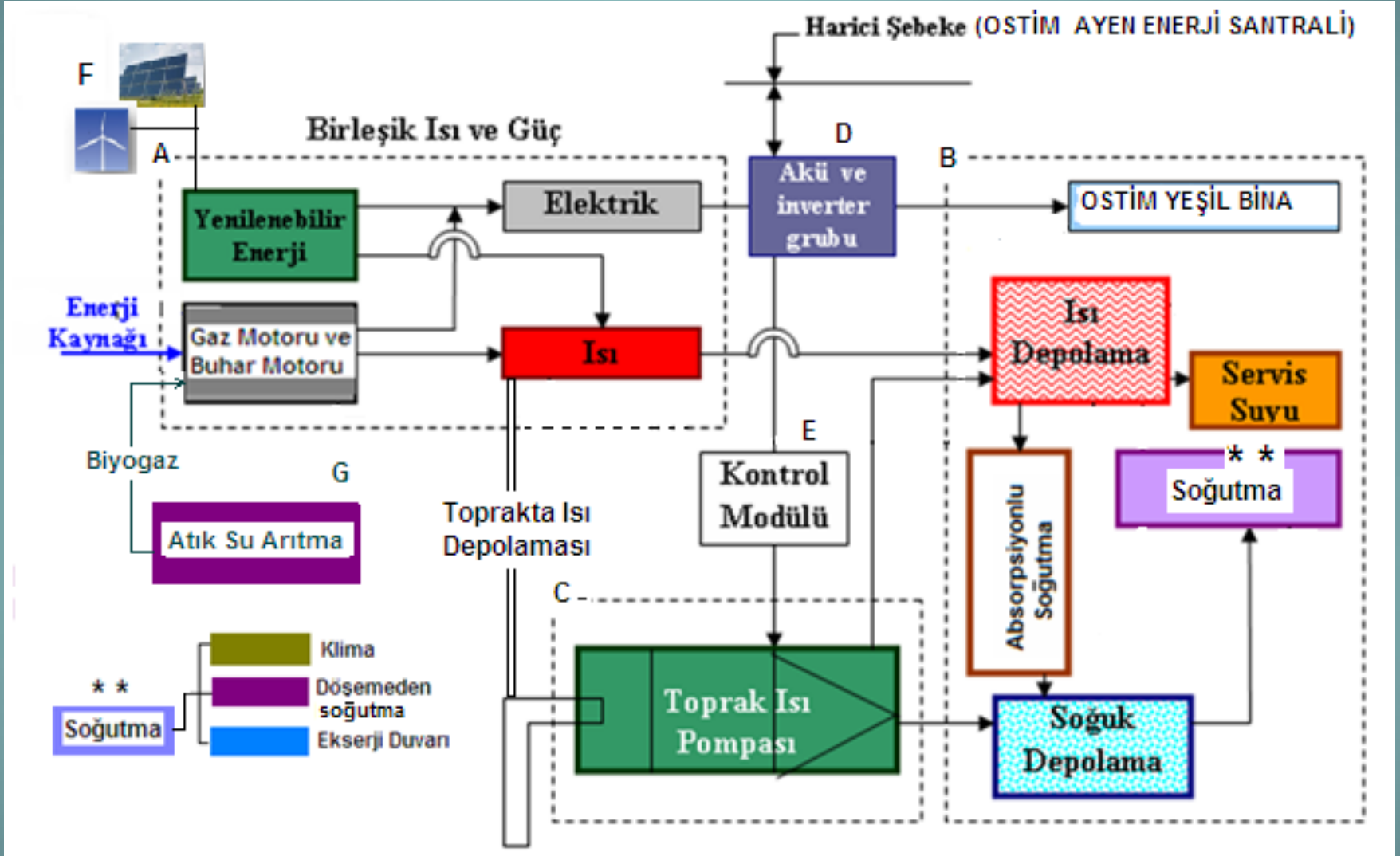
ÖRNEK UYGULAMA- OSTİM YÜKSEK PERFORMANS BİNASI



KIŞ İŞLETMESİ



YAZ İŞLETMESİ



AVRUPA PARLAMENTOSU VE KONSEYİNİN 11 ŞUBAT 2004 TARİH ve 2004/8/EC SAYILI YÖNERGESİ

$$E_{CHP} = C \cdot H_{CHP} \quad \{E_{CHP} \text{ ve } H_{CHP} > 0\}$$

C, güç-faydalı ısı oranıdır.

$$CHPE_{\eta} = C \cdot CHPH_{\eta} \quad \{E_{CHP} \text{ ve } H_{CHP} > 0\}$$

Birleşik Isı ve Güç Teknolojileri	C
Faydalı ısı geri kazanımlı kombine çevrim gaz türbini	0.95
Geri basınç buhar türbini	0.45
Buhar yoğuşmalı türbin	0.45
Faydalı ısı geri kazanımlı gaz türbini	0.55
İçten yanmalı motor	0.75

Birincil Enerji Tasarrufu Yüzdesi (*PES*)

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{RefH\eta} + \frac{CHPE\eta}{RefE\eta}} \right] \times 100$$

$$PES = \left[1 - \frac{1}{CHPH\eta \left(\frac{1}{RefH\eta} + \frac{C}{RefE\eta} \right)} \right] \times 100$$

“Yüksek verimli” olarak tanımlanacak birlikte üretim tesisi en az % 10 enerji tasarruf etmelidir.

SİSTEM	RefH η	RefE η
Buhar	0.90	0.52
Proses 1S1S1	0.85	0.52

Örnek

Buhar çevrimine dayalı bir ünitenin faydalı ısı verimi $CHPH\eta$ 0.55, birlikte üretilen elektrik verimi $CHPE\eta$ 0.33 dür. Çizelgeden $RefH\eta = 0.90$, $RefE\eta = 0.52$ okunur. Bu verilerle PES % 19.7 dir.

Bu verim yüzde % 10 alt sınırdan yüksek olduğu için yüksek-verimli birlikte üretim koşulunu karşılamaktadır.

Akılcı Ekserji Verimi ve Birlikte Üretim

Akılcı Ekserji Verimi, ψ_{Ri} ; herhangi bir (i) uygulamasının talep ettiği ekserjiye (ε_{appi}) karşın arzedilen ekserjinin (ε_{max}) ne kadar e dengede (yakın) olduklarını sorgulamaktadır.

Akılcı ekserji verimi, ekserji talebi ile ekserji arzı arasındaki uyumun ve dengenin bir ölçütüdür. HVAC yükleri çok düşük ekserji kaynakları ile karşılanabilir. Buna karşın, doğal gaz ve diğer fosil yakıtlar çok yüksek ekserjiye sahiptirler.

$$\psi_{Ri} = \frac{\varepsilon_{appi}}{\varepsilon_{max}} = \frac{\left(1 - \frac{T_{ref}}{T_{appi}}\right)}{\left(1 - \frac{T_{ref}}{T_f}\right)}$$

Örnek

Bir (*i*) binasının doğal gazlı ısıtma sistemi için, aşağıdaki tasarım sıcaklıkları ($T_{appi} = T_a$: Oda sıcaklığı) verilmiştir. Referans sıcaklığı olarak toprak sıcaklığı (283 K) alınmıştır. Bu koşullarda, (*i*) binasının akılcı ekserji verimi, ψ_{Ri} ;

$$\psi_{Ri} = \frac{\left(1 - \frac{283}{293}\right)}{\left(1 - \frac{283}{2000}\right)} = 0.04$$

KARBON SALIMLARINDA AZALMA

$$\Delta CO_2 = \left(\frac{120kW - h \times 0.6}{0.33} + \frac{160kW - h \times 0.2}{0.85} \right) (2 - 0.04) - \left(\frac{(120 + 160)}{0.91} kW - h \times 0.2 \right) \left(\frac{1}{0.61} \right) = (501 - 101) \text{ kg CO}_2/\text{h}$$

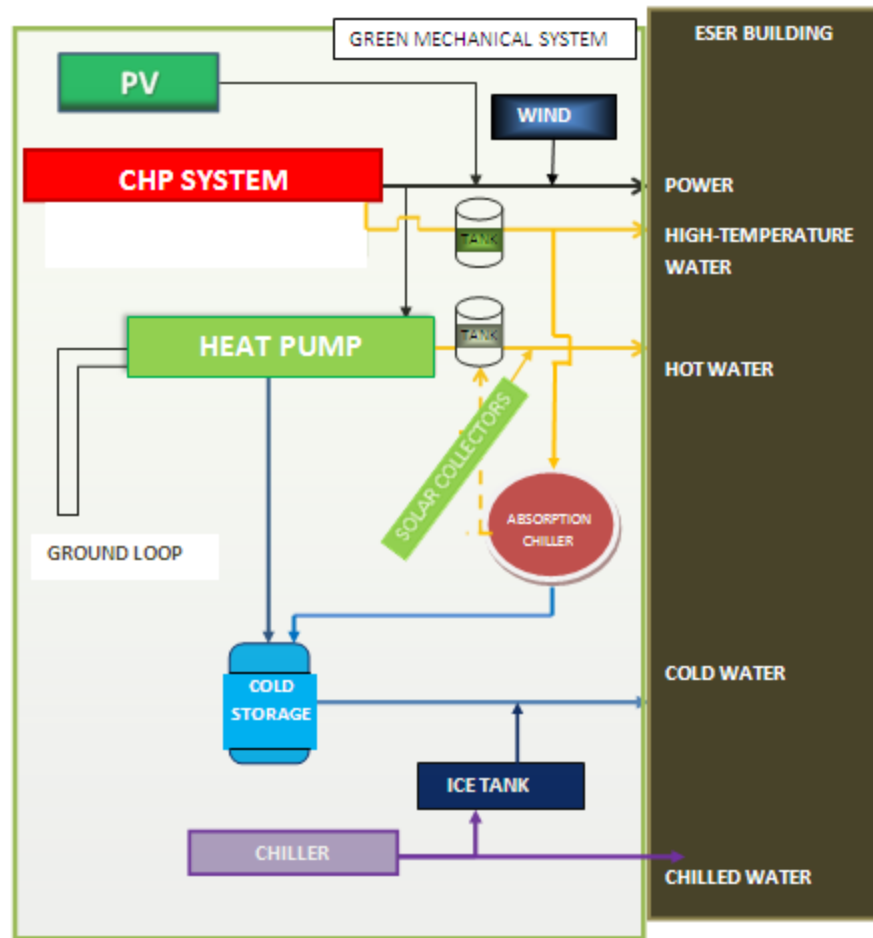
PERFORMANS

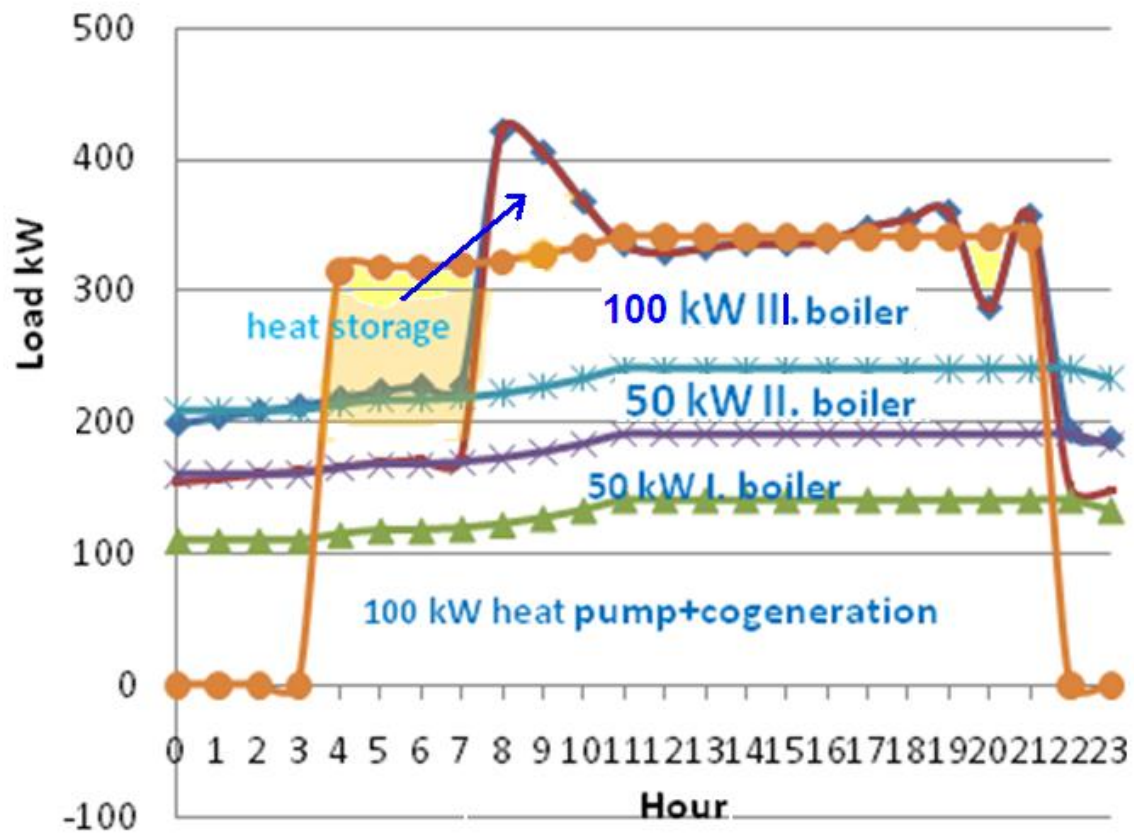
GÜÇ VE ENERJİ SİSTEMLERİ Kurulacak Kapasite [kW]	YAZ			KIŞ		
	GÜÇ [kW]	ISI [kW]	SOĞUK [kW]	GÜÇ [kW]	ISI [kW]	SOĞUK [kW]
<i>Birleşik Isı ve Güç CHP</i>	2 x 60 = +120	+160		2 x 60	+160	
<i>Isı Pompası</i>	-20		+50 ¹	-20	60 ²	
<i>Güneş Toplaçları</i>		+10 ³			+5	
<i>Güneş Fotogözerleri</i>	+6			+3		
<i>RüzgarTürbini</i>	+10 ⁴			+15		
<i>Toprakta Taze Hava Ön Koşullandırma</i>	+5	+5	+5		+3	
<i>Absorpsiyonlu Soğutucu</i>	-30	-110 ⁵ +10 ⁶	+85	-10	-35+5	+32
<i>Buzlu Su Deposu</i>			(125 kW-h)		(125 kW-h)	
<i>Sıcak Su Deposu</i>		(200 kW-h)			(200 kW-h)	
<i>Batarya ve UPS</i>	100 kW-h			(100 kW-h)		
<i>Toprakta Isı Depolama</i>		-50 ⁷				
<i>Tromb Duvarı</i>					+10	
NET ARZ	+86	+25	+140	+108	+208	+32
TALEP	-86 ⁸	-25 ⁹	-136	+108 ¹⁰	-200 ¹¹	-30 ¹²
FARK	-	-	+4	-	+8	2

PERFORMANS PARAMETRESİ	HESAP YÖNTEMİ	SONUÇ ve AÇIKLAMA
Enerji Verimi, η	Doğal gaz giriş değerleri ve birleşik ısı ve güç üretimi çıktısından	% 91
Akılci Ekserji Yönetimi Verimi, ψ_R (Referans sıcaklığı, T_g kışın toprak sıcaklığı olarak 278 K şeklinde kabul edilmiştir). İç hava tasarım sıcaklığı T_a 291 K (18°C) (operatif sıcaklık: 20°C) alınmıştır. HVAC sistemine su giriş tasarım sıcaklığı, 323 K T_s (50°C) dir.	$\psi_R = \frac{\left(1 - \frac{T_g}{T_a}\right)}{\left(1 - \frac{T_g}{T_s}\right)}$	Isıtmada yararlı CHP ısısının kullanımına ilişkin ψ_R değeri % 32 dir. Isı pompası COP değeri 3.5 alındığında toprak ısısının katkısı ile bu değer % 61 olmaktadır.
PES	Denklem 1	En az % 21 en fazla % 45
PES_R	Kaynakça [11, 12]	Ekserji verim artışı dâhil edildiğinde en az % 35 en fazla % 70.
AER	$AER = \frac{\psi_R}{1 - \left(\frac{Q_A}{Q}\right)}$	Sadece ısıtmadaki alternatif enerji kapasite oranı. Bu hesapta ψ_R 0.61, Q_G : güneş, toprak, ısı pompası (20 kW elektrik girdisi hariç), Trombe duvarı ve toplam ısı geri kazanım kapasite toplamı 188 kW ve 200 kW talep (Q) (Çizelge 2) hesabı ile $Q_A/Q = 0.94$, $AER = 10$.
BEO	Denklem 2	Söz konusu yeşil binada mevsimsel COP 3.5 için BEO : 1.5 . $BEO > 1.15$. Bu nedenle, AB Direktifine [10] uygun. NOT: Enterkonnekte sisteme bağlı bir termik santralden beslenen bir ısı pompası AB Direktifi koşullarını sağlamayabilmektedir.
CO ₂ salımında azaltma	Denklem 3	Kömür santrali baz alındığında % 80 (Eksoz filitresi dâhil).

ESER BİNASI





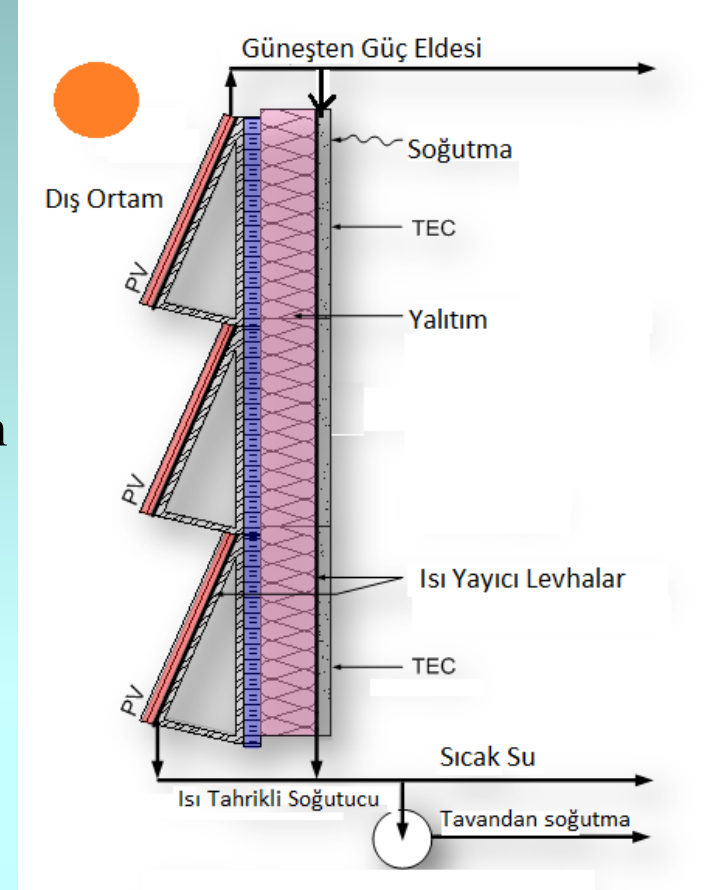




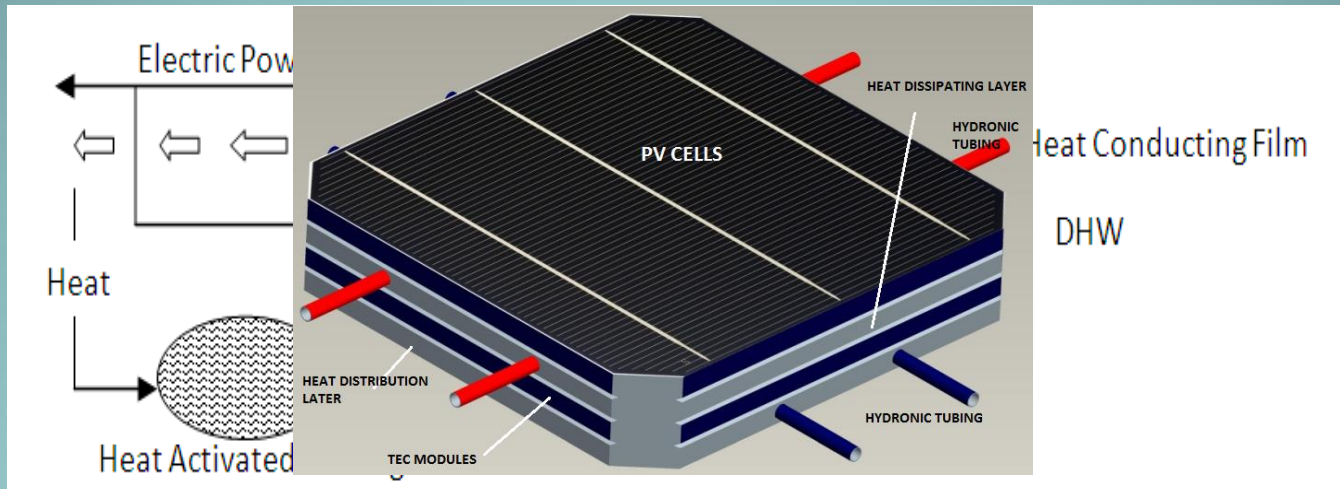
GÜNEŞ ENERJİSİNİ DAHA AKILCI KULLANALIM

• Güneş Enerjili Duvar

Geliştirilen bu sistemle bir binanın öncelikle güneğe bakan dış cephesine örülen güneşli üçlü üretim sistemi ile güneşten elektrik gücü, sıcak su ve yazın çift etkili konfor soğutması, kışın çift etkili konfor soğutması elde edilmektedir. Üretilen elektriğin bir bölümü termo-elektrik elemanlar tarafında kullanılmaktadır.



SOLAR TRI-GENERATION



SONUÇ

- Yeşil tesisat ekonomi yanı sıra sera gazı salımlarının azaltılmasında önemli bir işleve sahiptir.
- Bu avantajların gerçekçi ölçütü enerji ve ekserji verimlerinin birlikte yorumlanmaları ile oluşur.
- Birlikte üretim sistemleri bina enerji sektöründe önemli bir potansiyele sahiptir.
- Bu potansiyelin daha da artması bu sistemlerin ısı pompaları ve alternatif enerji kaynakları ile tümleşmesi ile mümkündür.
- MMO, ve diğer meslek odaları bu konuya ciddiyetle eğilmeli özel çalışma grupları oluşturmalıdır.
- Hazırlanacak kanunlarda neyin birlikte üretim neyin birlikte üretim olmadığı dikkatle göz önünde tutulmalıdır.
- Tüm mühendislerimizin çekinmeden bu “yeni” sistemleri projelendirip uygulamaları yerinde olacaktır. Aslında bu sistemler her ölçekte olmak üzere 1900’ ler den beri uygulanmaktadır.