

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA  
MİMARİDE GÜNEŞ ENERJİLİ ETKEN SİSTEMLERİN  
TASARIM ÖĞESİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNE  
YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Yüksek Mimar Esra SAKINÇ

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında  
Hazırlanan**

**DOKTORA TEZİ**

Tez Savunma Tarihi: 10 Nisan 2006

Tez Danışmanı : Prof. Müjgan Şefhanoğlu SÖZEN (YTÜ)

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zerrin YILMAZ (İTÜ)

: Prof. Dr. Abdurrahman KILIÇ (İTÜ)

: Prof. Dr. Oya PAKDİL (YTÜ)

: Doç. Dr. Seda TÖNÜK (YTÜ)

**İSTANBUL, 2006**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ .....	iii
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ .....	ix
ÖZET .....	x
ABSTRACT .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	4
2.1 Sürdürülebilir Yapı .....	7
2.2 Sürdürülebilir Mimarlık .....	9
2.2.1 Sürdürülebilir Yapılarda Güneş Enerjisinden Etken Yararlanma Sistemleri.....	15
3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ETKEN YARARLANMA SİSTEMLERİ .....	17
3.1 Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri.....	18
3.1.1 Isıl Toplaçlar .....	19
3.1.1.1 Düzlemsel Isıl Toplaçlar .....	19
3.1.1.2 Düzlemsel Isıl Toplaçların Verimi .....	24
3.1.2 Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri.....	28
3.1.2.1 Toplaç Alt Sistemi .....	29
3.1.2.2 Saklama Alt Sistemi .....	29
3.1.2.3 Devre Alt Sistemi .....	32
3.1.2.4 Denetim Alt Sistemi .....	32
3.1.2.5 Sistem Çalışma Biçimleri.....	33
3.1.2.6 Sistem Verimi.....	37
3.1.3 Güneş Enerjili Isıtma Sistem Tasarımı .....	39
3.2 Fotovoltaik Sistemler.....	46
3.2.1.1 Pv Hücre ( PV Cell).....	46
3.2.1.2 Pv Hücrenin Verimi .....	49
3.2.1.3 Pv Toplaçlar (Pv Molule).....	52
3.2.1.4 Pv Toplaç Verimi.....	54
3.2.2 Pv Sistemler.....	56
3.2.3 Pv Sistem Yapılandırma Biçimleri.....	60
3.2.4 Pv Sistem Verimi.....	63
3.2.5 Pv Sistem Tasarımı .....	65
3.3 Güneş Enerjili Su Isıtma ve Pv Sistemlerinin Karşılaştırılması.....	70

4.	ETKEN SİSTEMLERİN YAPILARDA DEĞERLENDİRİLMESİ.....	74
4.1	Etken Sistemlerin Mimari Öge Olarak Değerlendirilmesi.....	74
4.1.1	Mimaride Estetik Yeterlilik.....	75
4.1.2	Toplaç Alanlarının Mimari Estetik Üzerindeki Etkileri .....	77
4.2	Etken Sistemlerin Yapılarda Değerlendirilme Biçimleri.....	79
4.2.1	Yapıya Eklenen Sistemler .....	79
4.2.2	Yapı Bütünleşik Sistemler.....	81
4.2.2.1	Yapı Bütünleşik Etken Sistemlerin Yapı Kabuğunda Değerlendirilmesi.....	83
4.2.2.2	Yapı Bütünleşik Su Isıtma Sistemleri.....	87
4.2.2.3	Yapı Bütünleşik Pv Sistemler .....	90
5.	ETKEN SİSTEMLERİN ÖĞE OLARAK DEĞERLENDİRİLDİĞİ TASARIM YAKLAŞIMI.....	93
5.1	Etken Sistemlerin Mimari Tasarıma Etkileri .....	94
5.2	Etken Sistemlerin Mimari Öge Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Tasarım Yaklaşımı .....	95
6.	ETKEN SİSTEMLERİN ÖĞE OLARAK ELE ALINDIĞI TASARIMLARDA UYGUN YAPI BİÇİMLENMESİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM.....	107
6.1	Yaklaşımın Amacı .....	108
6.2	Yaklaşımın Tanımı .....	108
6.3	Yaklaşımın Kapsamı ve Sınırları.....	110
6.4	Yaklaşımın Adımları.....	110
7.	YAKLAŞIMIN ANKARA İKLİM KOŞULLARINDA SINANMASI.....	113
7.1	Kabuller.....	113
7.2	Yapının Konum ve Biçim Özellikleri.....	113
7.3	Yapı Yüzeylerinin Güneşlenme Özellikleri .....	118
7.3.1	Yapı Seçeneklerinin Aldığı Toplam Yararlı Güneş Enerjisi Miktarları .....	122
7.3.2	Yapıların Aldığı Toplam Güneş Enerjisi Değerleri.....	124
7.4	Yapı Seçeneklerinin Değerlendirilmesi .....	126
7.5	Yapı Seçeneklerinin Aylık Güneşlenme Özellikleri .....	127
7.6	Yapı Seçeneklerinin Enerji Gereksinim Özellikleri .....	130
7.7	Yararlı Yüzeylerin Enerji Gereksinimini Karşılama Oranları .....	131
8.	SONUÇ ve ÖNERİLER .....	159
	KAYNAKLAR.....	164
	EKLER.....	173
Ek 1	Yapıya Eklenen Etken Sistem Uygulamalarına Örnekler.....	174
Ek 2	Yapı Bütünleşik Su Isıtma Sistem Uygulamalarına Örnekler.....	177
Ek 3	Yapı Bütünleşik Pv Sistem Uygulamalarına Örnekler .....	181
Ek 4	Ecotect Programı Yapı Yüzü Güneşleme Değerleri Çıktıları .....	185
Ek 5	İlgili Tanımlar.....	205
	ÖZGEÇMİŞ.....	207

## **SİMGE LİSTESİ**

<i>T<sub>i</sub></i>	Akışkanın giriş sıcaklığı
<i>T<sub>a</sub></i>	Dış hava sıcaklığı
<i>I</i>	Toplaç üzerine gelen güneş ışıınımı niceliği
<i>Ac</i>	Toplaç alanı
<i>Fr</i>	Toplaç ısı kaldırma faktörü.
<i>UL</i>	Toplacın dış ortama olan toplam ısı kayıp katsayısı.
<i>t</i>	Camın iletim katsayısı

## **KISALTMA LİSTESİ**

Pv	Fotovoltaik
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
BIST	Building Integrated Solar Thermal
BIPV	Building Integrated Photovoltaic
IEA	International Energy Agency
DOE	US Department of Energy
UFC	Unified Facilities Criteria
DSHW	Domestic Solar Hot Water
WBDG	Whole Building Design Guide
RE SURGENCE	Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Çevre sorunlarının ortaya çıkış nedenleri.....	4
Şekil 3.1 Sıvı akışkanlı camlı düzlemsel toplaçlar .....	21
Şekil 3.2 Vakum tüplü toplaç .....	23
Şekil 3.3 Düzlemsel toplaçların ısı dengesi .....	24
Şekil 3.4 Değişik güneş ışınımı değerlerinde düzlemsel toplaçın verim eğrileri .....	26
Şekil 3.5 Aynı tipteki düzlemsel toplaçların verim eğrileri.....	26
Şekil 3.6 Güneş enerjili su ısıtma sistem şeması.....	28
Şekil 3.7 Silindirik Depolar.....	30
Şekil 3.8 Yeraltı depoları .....	31
Şekil 3.9 Su ısıtma sistemleri çalışma biçimleri.....	34
Şekil 3.10 Büyük kapasiteli su ısıtma sistemleri .....	36
Şekil 3.11 Güneş enerjili su ısıtma sistem tasarımı akış şeması.....	44
Şekil 3.12 Pv hücrenin çalışması .....	47
Şekil 3.13 Pv hücrenin yapısı .....	47
Şekil 3.14 Pv toplaçın yapısı .....	52
Şekil 3.15 Çerçevesiz Pv toplaçların kesit ve görünüşü .....	53
Şekil 3.16 İnce film toplaçlar .....	54
Şekil 3.17 Pv toplaç verimi .....	55
Şekil 3.18 Pv toplaç dizileri .....	57
Şekil 3.19 Kendine yeter Pv sistem şeması.....	61
Şekil 3.20 Şebeke bağlantılı Pv sistem şeması.....	61
Şekil 3.21 Karma Pv sistem şemaları .....	62
Şekil 3.22 Pv sistem tasarımı şeması .....	68
Şekil 4.1. Yapı biçimlenmesi ve estetik yeterlilik.....	77
Şekil 4.2 Toplaç alanlarının mimari estetiğe etkileri.....	78
Şekil 4.3 Geleneksel çatı görünümlü güneş enerjili su ısıtma sistem kesiti.....	88
Şekil 4.4 Geleneksel çatı görünümlü güneş enerjili su ısıtma sistem detayı.....	88
Şekil 4.5 Paslanmaz çelik çatı bütünleşik açık toplaç .....	89
Şekil 4.6 Pv toplaç kullanımının gelişimi (1990-2001).....	90
Şekil 4.7 Pv toplaçların çatı boşluklarında kullanımı .....	91
Şekil 4.8 Pv toplaçların duvarlarda yapı bütünleşik kullanımı .....	92
Şekil 5.1 Temel hedeflerin belirlenmesi .....	97
Şekil 5.2 Ana kararların tanımlanması.....	99
Şekil 5.3 Ön tasarım süreci .....	100
Şekil 5.4 Tasarım aşaması.....	102
Şekil 5.5 Gelişmiş tasarım aşaması.....	104
Şekil 5.6 Etkin sistemlerin değerlendirildiği yapı tasarımı şeması.....	106
Şekil 7.1 Yapı seçenekleri plan ve kesitleri .....	115
Şekil 7.2 Çatı seçenekleri plan ve kesitleri .....	115
Şekil 7.3 Yapıların yöneliş özellikleri ve duvar seçeneklerinin tanımlanması .....	115
Şekil 7.4 Çatı seçenekleri perspektif.....	116
Şekil 7.5 Yapı seçenekleri perspektif.....	117
Şekil 7.6 Yapı yönleri .....	117
Şekil 7.7 Çatı seçeneklerinin aldığı güneş enerjisi değerleri .....	119
Şekil 7.8 Yapı seçeneklerinin yararlı duvar yüzeylerine gelen güneş enerjisi değerleri .....	120
Şekil 7.9 Yapı duvar yüzeylerine gelen toplam güneş enerjisi değerleri.....	121
Şekil 7.10 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam yararlı güneş enerjisi değerleri.....	123
Şekil 7.11 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri.....	125
Şekil 7.12 Çatı 3 ve Çatı5, +30 yönünde aylık güneşlenme özellikleri.....	127

Şekil 7.13 Duvar 1 ve 4'ün +30 yönünde aylık güneşlenme özellikleri.....	128
Şekil 7.14 Yapı yüzeylerinin, +30 yönünde güneşlenme özellikleri.....	129
Şekil 7.15 Yapı seçeneklerinin aylık enerji gereksinim özellikleri.....	130
Şekil 7.16 Çatı 3, yük karşılama özellikleri .....	131
Şekil 7.17 Çatı 5, yük karşılama özellikleri .....	132
Şekil 7.18 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %20 sistem verimi için yük karşılama oranları .	134
Şekil 7.19 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %30 sistem verimi için yük karşılama oranları .	136
Şekil 7.20 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %40 sistem verimi için yük karşılama oranları .	138
Şekil 7.21 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %20 verim).....	140
Şekil 7.22 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %30 verim).....	142
Şekil 7.23 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %40 verim).....	144
Şekil 7.24 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %20 verim).....	146
Şekil 7.25 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %30 verim).....	148
Şekil 7.26 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %40 verim).....	150
Şekil 7.27 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %20 verim).....	152
Şekil 7.28 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %30 verim).....	154
Şekil 7.29 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %40 verim).....	156

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Sürdürülebilir gelişmenin ilkeleri.....	7
Çizelge 2.2. Sürdürülebilir yapı temel hedef ve ilkeleri .....	8
Çizelge 2.3 Mimaride Geleneksel tasarım ile ekolojik tasarımın karşılaştırılması .....	11
Çizelge 2.4 Yapıların enerji tüketimini belirleyen etkenler .....	13
Çizelge 3.1 Düzlemsel ısı toplaçların ülkeler bağlamında kullanım alanları(m2) .....	20
Çizelge 3.2 Düzlemsel toplaçların dünya genelinde kullanım oranı .....	20
Çizelge 3.3 Düzlemsel toplaç verimini belirleyen etkenler. ....	25
Çizelge 3.4 Değişik toplaç tiplerinin uygulama alanları.....	27
Çizelge 3.5 Sistem çalışma biçimlerinin özellikleri .....	35
Çizelge 3.6 Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin verimini belirleyen etkenler.....	38
Çizelge 3.7 Pv hücre yarı iletken malzemeleri.....	49
Çizelge 3.8 Yarı iletken malzemelerin Pv hücre verimleri .....	49
Çizelge 3.9 Pv hücre verimini belirleyen etkenler.....	51
Çizelge 3.10 Pv toplaçların verimini belirleyen etkenler.....	54
Çizelge 3.11 Gerçek koşullarda Pv toplaç verim değerleri.....	55
Çizelge 3.12 Pv sistemlerin verimini belirleyen etkenler .....	64
Çizelge 3.13 Güneş enerjili su ısıtma ve Pv sistem karşılaştırması.....	72
Çizelge 4.1 Yapı bütünlük etken sistem uygulamalarının yararları .....	82
Çizelge 4.2 Yapı kabuğunda değerlendirilen toplaç alanlarının görevleri.....	84
Çizelge 4.3 Çatı biçimlenişinde belirleyici olan etkenler .....	85
Çizelge 4.4 Duvar bütünlük etken sistemlerin yapı tasarımına etkileri.....	86
Çizelge 7.1 Yapı konum özellikleri .....	113
Çizelge 7.2 Yapı seçenekleri biçim özellikleri.....	113
Çizelge 7.3 Çatı seçenekleri alanları.....	117
Çizelge 7.4 Yapı seçenekleri duvar alanları.....	117
Çizelge 7.5 Çatı seçenekleri güneşlenme yoğunlukları (kWh/m2) .....	118
Çizelge 7.6 Çatı seçenekleri güneşlenme verimleri (%) .....	118
Çizelge 7.7 Duvar alanları güneşlenme yoğunlukları (kWh/m2).....	118
Çizelge 7.8 Duvar alanları güneşlenme verimleri .....	118
Çizelge 7.9 Çatı alanlarının aldığı güneş enerjisi değerleri (kWh) .....	119
Çizelge 7.10 Yapı duvar yüzeylerinin aldığı güneş enerjisi değerleri (kWh).....	120
Çizelge 7. 11 Yararlı duvar yüzeylerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri.....	120
Çizelge 7.12 Yapıların duvar yüzeylerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri .....	121
Çizelge 7.13 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam yararlı güneş enerjisi miktarları (kWh).....	122
Çizelge 7.14 Yapıların toplam güneş enerjisi değerleri.....	124
Çizelge 7.15 Yapının yük ve güneş enerjisi gereksinim miktarları.....	130
Çizelge 7.16 Çatı 3 yük karşılama oranları .....	131
Çizelge 7.17 Çatı 5 yük karşılama oranları .....	132
Çizelge 7.18 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %20 sistem verimi için yük karşılama oranları.....	133
Çizelge 7.19 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %30 sistem verimi için yük karşılama oranları.....	135
Çizelge 7.20 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %40 sistem verimi için yük karşılama oranları.....	137
Çizelge 7.21 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %20 verim).....	139
Çizelge 7.22 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %30 verim).....	141
Çizelge 7.23 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %40 verim).....	143
Çizelge 7.24 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %20 verim).....	145
Çizelge 7.25 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %30 verim).....	147
Çizelge 7.26 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %40 verim).....	149
Çizelge 7.27 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %20 verim).....	151
Çizelge 7.28 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %30 verim).....	153



Çizelge 7.29 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %40 verim)..... 155

## ÖNSÖZ

Doktora süresince yardımını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen'e;

Değerli eleştirileriyle çalışmaya katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Zerrin Yılmaz ve Doç. Dr. Seda Tönük'e;

Tezin son sürecinde işinin iki katına çıkmasını hiç sorun etmeyen Nuri İlgürel'e, Şensin Aydın'a ve anlayışlarından dolayı bilim dalındaki tüm öğretim görevlilerine,

Çalışmaların en ağır zamanlarında beni zorlayan, desteğini hiç azaltmayan ve yoğun çalışma temposu süresince anlayışıyla yardımlarını esirgemeyen yol arkadaşım Cem'e ve uzun süren bu yolculuğumda inançlarını hiç eksiltmeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Varlığıyla beni  
büyüten biricik kızıma .....

## ÖZET

Hayatın birçok alanında değişimi öngören *sürdürülebilirlik* felsefesi; insan işlevlerinin belli konfor koşulları içinde yapabildiği için tasarlanan yapılara da yeni birçok ölçüt getirmektedir. Her türlü kaynak tüketiminin azaltılması, fosil enerji kullanımının sınırlandırılması, zararlı atıkların denetlenmesi gibi ilkeleri benimseyen sürdürülebilir yapılarda, temiz enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, tasarıma yeni açılımlar getirmektedir.

Güneş, taşıdığı büyük potansiyel ve özgür dağılımından dolayı yapılarda birçok ayrı biçimde kullanılabilen önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda “etkin biçimde” kullanımının artırılması; doğanın korunması ve sağlanacak ekonomik yarar açısından sürdürülebilir yapılarda önemli bir alanı oluşturmaktadır. Ancak, etken sistemler, toplaç alanlarıyla bina görünüşü üzerinde etkili olduğundan, enerji üretiminin yanında, mimari sorumluluklar da yüklenmektedir. Bu açıdan yaklaşıldığında, mimari ve sistem tasarımı konularının ayrı ayrı değil, tasarım sürecinde bir arada ve bütünlük içinde ele alınması gereği ortaya çıkmaktadır.

Güneş enerjili etken sistemlerin tasarım ögesi olarak değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşımı geliştirmeyi amaçlayan bu çalışmanın bölümleri aşağıda özetlenmiştir.

1. Bölümde, konunun araştırılma nedenleri ve gerekliliği açıklanmıştır.
2. Bölümde, sürdürülebilirlik kavramı çıkış nedenleriyle birlikte incelenerek, yapıya getirdiği yeni ölçütler tanımlanmış ve güneş enerjili etken sistemlerin yeri ve önemi belirlenmiştir.
3. Bölümde, yapılarda yaygın olarak kullanılan güneş enerjili su ısıtma ve Pv sistemler ayrıntılarıyla incelenerek, verim gereksinimleri ortaya konmuş ve tasarım süreçleri mimari alana yönelik olarak sistematikleştirilerek şemalar oluşturulmuştur.
4. Bölümde, mimari estetik, yapı biçimlenmesi konuları incelenerek, etken sistemlerin yapı görünüşüne etkileri belirlenmiş ve günümüzde yaygın olarak kullanılan *yapı bütünlüğü etken sistemler* ayrıntılı olarak incelenmiştir.
5. Bölümde, 3. bölümde oluşturulan sistem tasarım süreci ile yapı tasarım süreci, bir arada değerlendirilerek bütünlüğü tasarım kapsamında; güneş enerjili etken sistemleri öge olarak değerlendiren bir tasarım yaklaşımı geliştirilmiştir.
6. Bölümde, etken sistemlerin bir öge olarak ele alındığı tasarım sürecinde; yapılarda, -toplaçların yerleştirileceği- yararlı yüzeylerin oluşturulmasına ve bu yüzeylerin, gereksinim duyulan enerjiyi karşılama oranlarının belirlenmesine yönelik bir yöntem geliştirilmiştir.
7. Bölümde, yöntem aracılığıyla, Ankara iklim koşullarında, oluşturulan çok katlı konut yapı seçenekleri, belirlenen kabuller doğrultusunda incelenerek, yapıların yüzeyler aracılığıyla aldığı güneş enerjisinin özellikleriyle, gereksinim duyulan enerjinin özellikleri karşılaştırılmıştır.
8. Bölümünde ise çalışmayla elde edilen sonuçlar ve öneriler sıralanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Güneş enerjili etken sistemler, güneş enerjili su ısıtma sistemleri, Pv Sistemler, Yapı bütünlüğü etken sistemler, Enerji etkin yüzeyler.

## **ABSTRACT**

The Sustainable Development which predicts changes on our way of lives, also affects the contents of buildings that are designed to ensure comfort conditions for human activities also by protecting natural environment at the same time. The necessity for increase in the usage of clean energy sources in sustainable buildings; brings new aspects to architectural design.

Because of its great potential and free access, solar energy is an important renewable energy source that is used in many different ways in buildings. To improve the effective usage of solar active systems in buildings is a considerable issue to maintain nature and get economic benefits. However, as the solar active systems affect the appearance of buildings by their collector areas, they also had a responsibility for architecture and city. From this way of view, it is an obligation to consider system and architectural design together in an integrated manner.

The aim of the study is to develop a design approach that evaluates solar active systems as a basic architecture design criterion. In the study, utilization of systems as a part of the building has evaluated in the context of sustainability.

The sections of this thesis can be summarized as below.

**Section 1:** The reasons and necessity of the research is explained.

**Section 2:** The concept of sustainable development is investigated in detail and determined to its affects on buildings.

**Section 3:** Solar hot water and Pv systems are investigated in detail to put forth the conditions for effectives and to constitute system design schemes.

**Section 4:** the effects of active systems to building appearance are determined by searching architectural aesthetic and building form issues. And also the system application techniques are searched and the techniques of building integrated solar systems are investigated in detail.

**Section 5:** The effects of building integrated solar system to building design are searched and a design approach has been constituted in the context of sustainability.

**Section 6:** A method has been constituted which aims to form useful building surfaces that have good solar access and to determine the meeting ratio of the load by the energy gained from useful surfaces.

**Section 7:** The approach has been tested for Ankara climate conditions.

**Section 8:** Conclusions and suggestions have been listed that is fined out from the investigations.

**Key Words:** Solar active systems, solar hot water systems, Pv systems, building integrated solar thermal systems, building integrated Pv systems, solar active integrated systems, efficient building envelope surfaces.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insanın yaşamını belli ölçütler içinde devam ettirebilmesi için zorunlu olan enerji gereksinimi konusu, konfor ölçütlerinin ve nüfusun artmasıyla birlikte, kaynak sınırlılığının da anlaşılması sonucunda, dünya genelinde önemle üzerinde durulan, uluslar arası bir boyut kazanmıştır. Yaşanan enerji krizleri ve çevre sorunları, ülkeleri yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına yöneltirken, alternatif enerji kaynaklarından etkin biçimde yararlanma da birçok ülkenin enerji politikalarında önemli yer almaktadır.

Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında karşılan ciddi çevre ve enerji sorunları ile birlikte, artan yaşam niteliğinin gelecekte de karşılanması isteği, doğanın ve tüm kaynakların korunumunu hedefleyen sürdürülebilirlik felsefesi gibi, enerji kullanımına yönelik yeni yaklaşımların değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Birçok ülkede toplum düzeyinde kabul gören sürdürülebilirlik yaklaşımı, toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan yapıların da yeniden değerlendirilmesine ve tanımlanmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilirlik, “sağlamlık, işlevsellik, estetik” olarak özetlenen yapı tanımına “doğa, çevre, enerji korunumu, konfor” gibi konuları da eklemekte ve kapsamının genişleyerek değişmesine neden olmaktadır.

Sürdürülebilirlik bağlamında genişleyen tanımı doğrultusunda, yapının sağlaması gereken zorunlulukların artması ve bunların uygulanabilmesi için birçok ülke, yapılarla ilgili yeni yasal düzenlemelere gitmekte ve yaptırımlar getirmektedir.

Avrupa Birliği, yapılar tarafından harcanan enerjinin azaltılmasıyla, önemli ölçüde enerji ve kaynak korunumunun sağlanacağı, zararlı atıkların azaltılacağı ve iklim değişikliği konularında önemli ilerlemelerin kaydedilebileceği öngörüsüyle, yapıların enerji performansına ilişkin yeni bir direktifi 16 Aralık 2002 yılında kabul etmiş ve 4 Ocak 2003 tarihinde Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde yayımlamıştır. Temel amacı yapıların enerji performansını arttırmak olan direktif, yapıların iklim, yerel özellikler gibi konular doğrultusunda oluşturulan enerji performans değerlerini karşılamasını ve görülebilir bir konumda performans sertifikasının bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır. Üye ülkelerde 4 Ocak 2006’da zorunlu duruma gelecek olan direktifle ilgili olarak Türkiye’de de Bayındırlık ve İskan Bakanlığı uyum çalışmalarının tamamlanması için görevlendirilmiştir. (Özgür, 2004)

Söz konusu direktifin 4. bölümünde, kaynak tüketiminin ve zararlı atıkların önlenmesinde yararlı olacağından yeni binalarda yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılması ve inşaat öncesinde, teknik, çevresel ve ekonomik hesaplamaların içinde değerlendirilmesi istenmektedir.

Güneş, taşıdığı potansiyel, hemen her yere ulaşabilmesi, yenilenebilir olması ve yapılarda değişik biçimlerde değerlendirilebilmesinden dolayı sürdürülebilir yapılar için önerilen alternatif kaynaklardan en önemlisi ve en çok kullanılanıdır. İklimle dengeli tasarım ilkeleri gözetilerek, güneş enerjili edilgen ve etken sistemlerden en etkin biçimde yararlanmak, sürdürülebilir yapıların -enerji etkinliği açısından- kilit yaklaşımını oluşturmaktadır.

Etken sistemlerin yapılarda uygulanma örnekleri; artan enerji gereksinimi, yenilenebilir kaynaklarını en üst düzeyde değerlendirme yaklaşımı, sürdürülebilirliğin toplumlar tarafından kabul görmesi, teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte ürünlerin ekonomik ve kolay uygulanabilir olması sonucunda son yıllarda çeşitlenerek artmıştır. 1970'lerden beri, geniş bir kullanım alanı olan güneş enerjisinden sıcak su elde etme sistemlerine, gelişmekte olan Pv sistemlerinin eklenmesiyle, güneş enerjisinden etken yararlanma sistemleri mimaride artan bir kullanım alanı oluşturmaya başlamıştır.

Yapılarda güneş enerjisini değerlendiren bu sistemler, yapının görsel niteliği ve işletmesi üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Yapılarda kullanılan etken sistemlerin, uygun olmayan kullanımı, ekonomik kayıplara ve görsel kirliliğe neden olduğundan, yüksek verimli ve yapıyla uyumlu çözümlerin üretilmesi sürdürülebilir tasarım kapsamında mimarın başlıca görevi olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle Türkiye gibi güneş enerjisinden çokça yararlanabilen; 8.1 milyon m2 toplaç kullanımıyla dünyada 4. sırada olan (Refocus, 2004) ve bu kullanımın ciddi görsel kirliliğe neden olduğu bir ülkede güneş enerjili etken sistemler, yapı ögesi olarak ele alınarak, etkin ve yapı ile uyumlu, estetik sınırlar içinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Mimara birçok açılımla birlikte, büyük bir sorumluluğu da beraberinde getiren güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda iyi nitelikli olarak uygulanması; sistemlerin yüksek verimle çalışmasına, yapıyla uyumunun sağlanmasına ve ekonomik olarak yapılabilir olmasına bağlıdır. Verim estetik ve maliyet arasında optimizasyonun sağlanması ise; sistemlerin yapısal özellikleri ve verim gereksinimleri doğrultusunda, mimari öge olarak ele alınması, tasarım ölçütü olarak kabul edilerek tasarımın tüm aşamalarında göz önünde bulundurulması ve uygulama süresince özenle ele alınması ile olanaklıdır.

Güneş kuşağı içinde olan ülkemizde ise, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasına karşın, etken sistemlerden yararlanma; potansiyelin ve olması gereken niteliğin çok altında kalmaktadır. Yeterli ve iyi nitelikli olmayan etken sistem uygulamalarından ötürü Türkiye, gerekli ekonomik yararı sağlayamamakta ve şehirler de toplaç kirliliği tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır. Sürdürülebilirlik bağlamında ve enerji performans gerekliliği doğrultusunda yapılarda güneş enerjili etken sistemlerin kullanımının yaygınlaşacağı, ülkemizdeki uygulama örnekleri ve etken sistem – mimari üzerine çalışmaların az olduğu göz önüne alındığında; bu yönde yapılacak araştırmalara gereksinim olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, özellikle büyük kapasiteli etken sistemlerin yapılarda iyi nitelikli olarak uygulanabilmesi için, sistemlerin ölçüt olarak değerlendirildiği bir tasarım yöntemi ve tanımlanan bu tasarım sürecinde, uygun yapı biçimlenmesinin ve yönlendirmesinin belirlenmesine yardımcı olacak bir yaklaşımın geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Çok katlı yapılarda gereksinim duyulan büyük boyutlu sistem uygulamalarını hedefleyen bu çalışma kapsamında, yapılarda iyi nitelikli sistem uygulamalarının temel ilkesi olan verim estetik maliyet optimizasyonunun sağlanması için yaygın olarak kullanılan Güneş enerjili su ısıtma ve Pv sistemlerin özellikleri incelenerek verim gereksinimleri belirlenmiştir. Bu belirlenmeler doğrultusunda, su ısıtma ve Pv sistemlerin planlanmasını sistematik olarak ele alan tasarım yaklaşımları geliştirilmiştir.

Dünya genelinde etken sistemlerin yapılarda uygulanma biçimleri incelenerek, bu sistemlerin yapılara ve tasarıma etkileri belirlenerek, bir önceki aşamada geliştirilen sistem tasarım yöntemiyle, bütünleşik tasarım yöntemi bir arada ele alınarak, etken sistemlerin ölçüt olarak değerlendirildiği sürdürülebilir yapıların, tasarımına yönelik bir yöntem geliştirilmiştir.

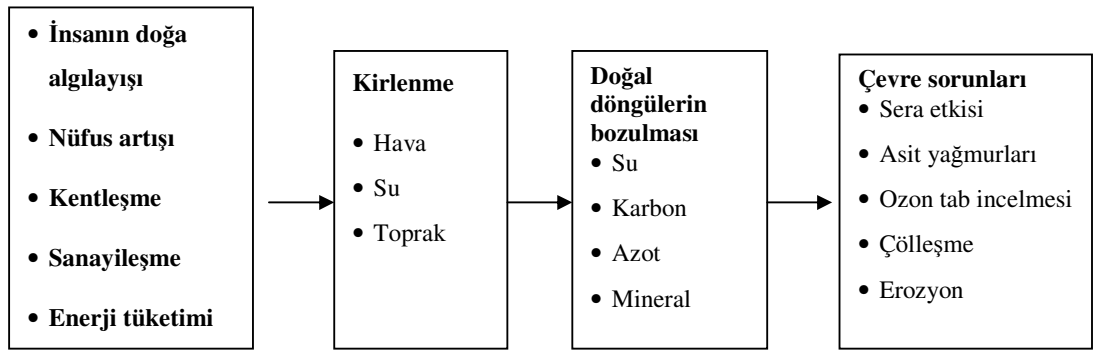
Etken sistemlerin yapılarda iyi nitelikli olarak uygulanması için, “yapıların sistem verimlerini sağlayacak şekilde biçimlendirilmesi ve sistemlerin yapı görünüşüyle bütünleşmesi” temel yaklaşımı göz önüne alınarak, güneş enerjisinden etkin olarak yararlanabilecek yapı biçimlenmesinin ve yönlendirmesinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Oluşturulan yaklaşımla elde edilen sonuçlar, yapı biçimlenmesinin yanında olası sistem uygulamalarının boyutlandırılması, yapı yüzlerinde yerleştirilmesi, sistem öğelerinin seçimi, maliyeti ile ilgili öngörüler de sağlamaktadır.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

*“Sürdürülebilirlik, bu günün gereksinimlerinin, gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini giderme yetisini tehlikeye atmadan karşılama becerisidir.”*

World Commission on Environment and Development, 1987.

Var olduğu günden beri yaşam koşullarını iyileştirmek ve geliştirmek için çalışan insanın hemen hemen tüm eylemlerinin altında yaşamını daha sağlıklı, daha konforlu ve daha zevkli hale getirme çabası vardır. İnsan, bu amacını gerçekleştirmek için, 20. yüzyılın ikinci yarısının başlarına kadar, içinde yaşadığı doğal ortamın sunduğu tüm kaynakları sınırsızca kullanmayı kendinin bir hakkı olarak görmüştür. İnsanın çevresiyle kurduğu sağlıklı ilişki sonucu, ekolojik dengelerin bozulması, şekil 2.1’de nedenleri gösterilen çevre sorunlarının evrensel bir boyut kazanması ve bunun insan yaşamı üzerindeki etkilerinin neler olabileceğinin anlaşılması insanın kendini ve doğayı yeniden değerlendirmesine ve yeni bir bakış açısıyla algılamasına neden olmuştur.



Şekil 2.1 Çevre sorunlarının ortaya çıkış nedenleri

Bu değişimlerin sonucunda; insan için daha iyi yaşam koşullarının geliştirilebilmesi ve büyümenin sürekliliğinin garanti altına alınması için, kaynakların paylaşımı ve dağıtımını, çeşitliliğin devamını, çevre kaynak ve ekolojik dengelerin korunumunu sağlamayı hedefleyen **sürdürülebilirlik** yaklaşımı bir dünya görüşü olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirlik yaklaşımının temel amacı çevrenin bozulma sürecini durdurmak ve geri çevirmek için gerekli önlemlerin neler olduğunun ortaya konması ve her alandaki insan eylemlerinin bu amaç doğrultusunda yeniden düzenlenmesidir. Sürdürülebilirlik kavramı, yaşamın her alanına etki eden çok kapsamlı ve bütüne yönelik bir yaklaşım olarak siyasal kültürel ve toplumsal hareketlerle karşılıklı etkileşim içinde gelişmeye ve değişmeye devam etmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1972 yılında Stockholm’de yapılan Dünya Çevre Konferansı’nın Raporunda yer verilen “eko-gelişme” kavramı çerçevesindeki tartışmalara



bağlı olarak gelişmiştir. 1972 'de Roma Kulübü tarafından yayımlanan "Büyümenin Sınırları" başlıklı çalışma, büyüme ile kaynaklar arasındaki ilişkiye dikkat çekmektedir. Roma Kulübü tarafından hazırlanan rapora göre, sorunları gidermek ya da en aza indirmek için "denetimsiz" büyümenin durdurulması gerekmektedir. "Sıfır Büyüme Raporu" olarak anılan bu rapor, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında yaklaşım farklılıkları nedeniyle yoğun tartışmalara neden olmuş ve ekonomik gelişme, sanayileşme süreçleri ve çevre arasındaki sorgulamayı tetiklemiştir. Daha sonra 1977'de Dennis Pirages'in Sürdürülebilir Toplum yapısıyla sürdürülebilirlik bilim çevrelerinde tartışmaya başlanmıştır. Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu'nun 1987 'de yayımladığı "Ortak Geleceğimiz" başlıklı rapor ilgili çevrelerde yüksek oranda destek bulmuş ve "sürdürülebilirlik" küresel ölçekte kabul gören bir kavram haline gelmiştir. (İncedayı, 2003)

Sürdürülebilirlik yaklaşımının temelde gereksinimler ve sınırlamalar gibi iki kavram üzerinde şekillendiği söylenebilir. *Gereksinimler*; yiyecek, giyecek, barınma ve iş olanağı olarak, kabul edilebilir düzeyleri ve herkesin yaşam niteliğini yükseltebilmesi için gerekli olanakların sağlanmasını, *sınırlamalar* ise, tüm doğal kaynakların, yaşam alanlarının ve çeşitliliğin korunum ve niteliklerinin denetimini, içermektedir. (Hui,S.C.,2002)

Herhangi bir çevrenin devamlılığını sağlaması için kaynak tüketiminin kaçınılmaz olduğu göz önüne alındığında, tüketim olmadan ve enerji kullanımını sınırlandırılarak büyümenin ve gelişimin sürdürülmesi olanaksız olacaktır. Burada çelişkili olarak görünen, büyümenin sürdürülmesini sağlamak ancak bunu yaparken, büyümenin temel aracı olan kaynakların sınırlı kullanımının öngörülmesidir. Bu açıdan yaklaşıldığında sürdürülebilirlik yaklaşımı çelişkili iki kavram üzerine temellenmiş gibi görünmektedir ve bu sürdürülebilirliğin tartışmalara neden olmasına, anlaşılmasının ve kabul görmesinin zorlaşmasına neden olmaktadır. (Kremers, 1995)

Sürdürülebilirlik ise çelişen bu iki etkeni dengelemek ve denetlemek üzerine gelişen çok boyutlu, dünya düzeninde ve yaşam biçimlerinde oluşan sosyal ve kültürel bir yükselmeyi ve değişimi işaret eden bir kavramdır. Sürdürülebilirlik sınırsız gelişim, ilerleme ve tüketim üzerine kurulu dünya düzenine yeni bir bakış açısı getirmekte ve düzenin sürmesi için doğal kaynak ve çevre konularına özen gösterilmesi, korunması gerekliliğini ortaya koyan ve bu konular doğrultusunda, büyümenin bundan sonra nasıl olması gerektiğini tanımlayan bir kavramdır.

Sürdürülebilir gelişme ile ilgili tanımlar değişen siyasal, toplumsal yapıya ve söz konusu

alana (ekonomi, çevre, yapı, kültür vb.) bağlı olarak sürekli gelişmekte ve değişmektedir. 1970'lerden günümüze sürdürülebilirlik ile ilgili bazı tanımlar aşağıdadır. (Murcott, 1997)

- "Sürdürülebilir toplum kendi çevresinin sınırları içinde kendine yeten toplumdur. Bu toplum büyümeyen bir toplum değildir. Yalnızca büyüme sınırlarının farkında olan ve büyümenin değişik yollarını arayan bir toplumdur." J.Coomer., the nature of the quest for a sustainable society Oxford: Pergamon Press. 1979
- "Biz doğaya dikkat edersek oda bize dikkat eder. Eğer sistemin bir bölümünü korumak istiyorsak, sistemin tümünü korumalıyız, bu anlamda koruma bu çağın önemli bir gerçeğidir. Sürdürülebilir gelişmenin özü de budur. Sürdürülebilirlikle birçok yön vardır. Birincisi yoksunluk ve yoksulluğun giderilmesi, ikincisi kaynakların korunması ve artırılması, üçüncüsü kavramı ekonomiyle sınırlamamak ve kültürel sosyal gelişmeyi de göz önüne almak, dördüncüsü ve en önemlisi, ekonomi ve ekolojinin tüm karar evrelerinde birleştirilerek ele alınmasıdır." H.Gro Brundtland Prime Minister. Sir Peter Scott Lecture, Bristol, 1986
- "Sürdürülebilir gelişme: gelecekteki nesillerin gereksinimlerini giderme yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün gereksinimlerinin karşılanmasını sağlama yetisidir. Kaynak kullanımında, yatırımların idaresinde, teknolojik gelişmelerin yönlendirilmesinde ve sanayide olacak değişimlerinin gelecek ve bugünün gereksinimleri için tutarlı olarak yapılmasıdır." World Comm. on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press, 1987.
- "Sürdürülebilirlik: Çevrenin korunması konusunda, tüm toplumların, zenginler ve fakirlerin uyum içinde olacağı, sosyal ve ekonomik eylemler için yeni bir yaklaşım ve yeni bir yaşam biçimidir." Saburo Kato. Salzburg Seminar on Environment and Diplomacy. Salzburg Austria, 1994.

Sürdürülebilir gelişmenin ancak, ekonomik ve toplumsal alanda büyümenin devam etmesini ve aynı zamanda çevrenin korunumunu ve kaynakların dengeli dağılımını öngören üç boyutlu bir yaklaşımla gerçekleşebileceği öngörülmektedir. İstenen hedeflere ulaşabilmek için, sürdürülebilirliğin, çevresel, ekonomik, toplumsal alanlarda bir arada ele alınması ve uygulanması gerekmektedir. Sürdürülebilir bir gelişme için bu üç alanda uygulanması gereken ilkeler çizelge 2.1'de sıralanmıştır. (Agenda 21,1999)

Çizelge 2.1 Sürdürülebilir gelişmenin ilkeleri

<b>Çevresel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaynak tüketiminin azaltılması,</li> <li>• Her türlü zararlı atık maddenin ve üretimlerinin azaltılması,</li> <li>• Atık maddelerinin tümünün geri dönüşümünün sağlanması,</li> <li>• Yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması,</li> <li>• Toksin içeren maddelerin kullanımının engellenmesi</li> </ul>
<b>Ekonomik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ulusların ve nesiller arasındaki eşitliğin desteklenmesi,</li> <li>• Eşit olmayan alış verişten kaçınılması,</li> <li>• Bir toplumun zenginliği için bir diğeri yoksullaştırılmaması,</li> <li>• Fiyatlandırmanın gerçek maliyet üzerinden yapılmasının sağlanması,</li> <li>• Yatırım ve kaynak sağlama politikalarının etik boyutlarının sağlanması,</li> <li>• Harcama ve kazançların eşit dağılımının sağlanması,</li> <li>• Yerel ekonomilerin desteklenmesi</li> </ul>
<b>Toplumsal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İnsan yaşamının niteliğinin artırılması,</li> <li>• Sosyal eşitliğin tüm insanlık için sağlanması,</li> <li>• Kültürel ve toplumsal bütünleşmenin sağlanması,</li> <li>• Kendini gerçekleştirme ve kendi kararlarını vermenin önemsenmesi,</li> <li>• Toplumlara yetki ve kapasite artırımına olanak verilmesi</li> </ul>

Sürdürülebilirlik, bu üç alanın, kendi gelişimini, diğerlerinin gelişimi ve korunmasıyla gerçekleştirmesi gerektiğini savunmaktadır. Buradaki önemli nokta, hiçbir şeyden vazgeçmeden, her alanda eşit ve dengeli büyümenin gerçekleştirilmesi gerekliliğidir. Sürdürülebilirlik, gittikçe sınır tanımayan, fiziksel psikolojik toplumsal vb. insan gereksinimleri ile dünyanın sınırlı olanakları arasında bir denge oluşturarak, insanın doğadan yararlanmasını gelecekte de sürebilmesi için geliştirilmesi gereken yöntemlere temel oluşturmayı hedefleyen bir düşünce biçimini tanımlamaktadır.

İnsanın doğa ile kurduğu dinamik ilişki sürecinde sürekli olarak değişen ve gelişen sürdürülebilirlik görüşünün, insanın tüm eylemleri üzerinde etkili olmaktadır. Bu açıdan yaklaşıldığında insanı bir şekilde doğadan koparan, bir şekilde doğa ile uyumu arayan yapı sektörünün her alanının sürdürülebilirlik yaklaşımından etkilendiği ve köklü değişimlerle karşı karşıya olduğu bilinmektedir.

## 2.1 Sürdürülebilir Yapı

Sürdürülebilir yapı kavramı, yapım sektörünün sürdürülebilir gelişmenin sağlanması için çevresel, sosyo-ekonomik ve kültürel gerçeklere karşı verdiği bir karşılık olarak ortaya çıkmıştır ve tanımı, kapsamı gelişmeler doğrultusunda değişmektedir. Yapım sektörü, ilk önceleri özellikle enerji bağlamında sınırlı kaynaklarla nasıl baş edebileceği ve güneş mimarisi konuları ile uğraşmıştır. Gelişen sürdürülebilirlik anlayışı ile birlikte yapının çevre üzerindeki etkilerinin nasıl azaltılabileceği konularını tartışan yapı sektöründe, son on yıldır, malzeme, yapı bileşenleri, yapım teknolojileri, enerji tabanlı tasarım yaklaşımları

tartışılmaktadır. Günümüzde ise kültür, ekonomi gibi toplumsal konuların yapım sektörü ve çevre üzerindeki değişimleri ile ilgili yaklaşımlar tüm bu tartışmalara eklenmiştir.

Sürdürülebilir yapı, “yapma ve doğal çevre üzerinde en az olumsuz etkiye sahip, kendisi ve yakın çevresi açısından ekonomik, sosyal ve çevresel etkinliği yüksek olan ve yapı üretimi sürecini geniş kapsamlı bir bütünsellik içinde değerlendiren uygulamadır” olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilir yapının temel hedefleri ve içerikleri çizelge 2.2’de ayrıntılı olarak sıralanmıştır. (Agenda 21, 1999)

Çizelge 2.2. Sürdürülebilir yapı temel hedef ve ilkeleri

<p><b>Kaynak Kullanımının Azaltılması</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji etkin yapı tasarımı,</li> <li>• Enerji etkin yapım süreci,</li> <li>• Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi,</li> <li>• Geri dönüşümü malzeme seçimi,</li> <li>• Yeniden kullanım,</li> <li>• Enerji etkin malzeme seçimi,</li> <li>• Yağmur sularının değerlendirilmesi,</li> <li>• Atık suların değerlendirilmesi,</li> <li>• Arazinin etkin kullanımı ve çok parçalanmasının önlenmesi,</li> </ul>
<p><b>Çevre ve doğal ortamın korunması ve iyileştirilmesi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğal çevreye uyum,</li> <li>• Doğal bitki örtüsünün korunması ve iyileştirilmesi,</li> <li>• Çevrenin ekosisteminin anlaşılması ve korunması,</li> <li>• Her türlü atığın azaltılması, denetlenmesi,</li> <li>• Geri dönüşümlü malzeme kullanımı,</li> <li>• Enerji tüketiminin azaltılması</li> <li>• Temiz enerji kaynaklarının kullanılması,</li> </ul>
<p><b>İnsan sağlığının ve konforunun en üst düzeyde sağlanması</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uygun iç iklimsel koşulların oluşturulması,</li> <li>• Uygun nitelikli havalandırma koşullarının sağlanması,</li> <li>• Görsel konfor koşulların sağlanması,</li> <li>• Gürültü, kirlilik ve kötü kokuların denetlenmesi,</li> <li>• Uygun akustik koşulların sağlanması</li> <li>• Zehirli madde içeren malzemelerin kullanılmaması,</li> <li>• Sosyal ve kültürel etkinlikler için alanlar oluşturulması</li> <li>• Ulaşım koşullarının sağlanması</li> </ul>
<p><b>Yerin sosyo-ekonomik, kültürel ve politik gerçeklerinin gözetilmesi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toplumların sosyal ve ekonomik gerçeklerinin anlaşılması,</li> <li>• Toplumsal çeşitliliğin korunması,</li> <li>• Kültürel çeşitliliğin korunması ve zenginleştirilmesi,</li> <li>• Toplumsal gereksinim ve isteklerin anlaşılması,</li> <li>• Toplumların kendi yaşam ortamlarının oluşturulma sürecine etkin katılımlarının sağlanması</li> </ul>

Yukarıda sıralanan hedefler ve ilkeler doğrultusunda, sürdürülebilir bir yapının temel özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

Sürdürülebilir yapı,

- İnsan sağlığını ve konforunu en üst düzeye sağlar.
- İnsanın yaşam kalitesini yükseltmeye yöneliktir.
- Kaynak tüketiminde korunum sağlar.
- Yapım ve kullanım sürecinde en az enerjiye gereksinim duyar, enerji korunumunu sağlar.
- Alternatif enerjilerin kullanımını sağlayan sistemlerden yararlanır.
- İçinde bulunduğu çevreye saygılı ve uyumludur.
- Atık üretimi en az seviyededir ve denetimlidir.
- Yapım niteliği en üst düzeydedir ve uzun ömürlüdür.
- Yeniden kullanılabilen ve dönüşümlü malzeme kullanır.
- Kullanıcısının sosyal ve kültürel gereksinimlerini sağlar.
- Kullanıcısının kişisel seçimlerine uygundur.

Sürdürülebilir yapının, mimarlık alanında değişik yaklaşımlar ve yorumlarla ele alınması, geniş bir tasarım yaklaşımı çeşitliliğine neden olduğu söylenebilir. Mimarlık alanında, sürdürülebilir bina hedeflerini benimseyen, temelde birbirine benzeyen, ancak kaynaklarda değişik adlarla karşımıza çıkan, ayrı tasarım yaklaşımlarını sürdürülebilir mimarlık başlığında incelemek olanaklıdır.

## 2.2 Sürdürülebilir Mimarlık

Sürdürülebilir mimarlık, Kremers (1995) tarafından, “doğal kaynakların kullanımını azaltmak için bağımlılığı ve kaynak tüketimini en aza indirmeyi amaçlayan mimari tasarım yaklaşımı” olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir mimarlık; binaların tasarımına, yapımına, işletmesine, çevre alanlarına yöneliktir ve binaların çevresi ve kullanıcılarıyla olan ilişkisini düzenlemeyi amaçlar. Sürdürülebilir mimarlığın amacı, çevresine duyarlı, az enerji tüketen, çevre üzerinde en az olumsuz etkiye sahip, kullanıcılarına sağlıklı iç ortamlar sunan ve konfor koşullarını optimum düzeyde sağlayan binaların tasarlanmasıdır. (Shaviv, 1998)

Sürdürülebilir mimarlık, bir tarzı ya da belirleyici bir görünüşü tarif etmeden, bir binanın ömrü boyunca nasıl olması gerektiğini ve görünüşü ardında neleri barındırması gerektiğini tanımlar. Sürdürülebilir mimarlığın amacı özel yöntemler kullanarak, insan gereksinimlerini; gelişim, sosyal eşitlik, ekoloji ve ekonomi arasında bir denge oluşturarak sağlamaktır. Günümüzde sürdürülebilir mimarlık kapsamında, temelde aynı amaçlar doğrultusunda çalışan, özde belli konular üzerine yoğunlaşan *ekolojik*, *bioklimatik*, *enerji etkin* tasarım ya da mimari olarak adlandırılan yaklaşımlar özellikle tasarımcı ve kullanıcıların kişisel yaklaşımları doğrultusunda yaygın biçimde uygulanmaktadır.

- **İklimle Dengeli Tasarım (Bioklimatik Tasarım)**

İklimle dengeli tasarım, yerleşimlerin oluşmaya başladığı ilk zamanlardan beri, insanın yapılarla iklimsel konforunu en az enerji ile en iyi biçimde oluşturulmasında etkin biçimde yüzyıllardır değerlendirilen bir yaklaşımdır. Ancak gelişen teknoloji, yerel boyuttan evrensel boyuta taşınan beğeni ölçütleri, zorlayıcı ekonomik koşullar, kentleşme ile son zamanlarda etkinliliğini kaybetmiş görünse de sürdürülebilir bina tasarımının temel ve değişmez ögesidir. İklimle Dengeli Tasarım, ek teknik sistemlere gerek duymadan iklimsel konforu sağlamak amacıyla tüm yapma çevrenin tasarımını bir bütün olarak ele alan yaklaşımdır. (Buldurur, 1983). İklimle Dengeli Tasarım yaklaşımı, iç ortamda insan için en uygun ısısal konfor koşullarının sağlanmasında, iklim ve çevre koşullarından yararlanmayı amaçlar. İklimle Dengeli tasarım, konfor koşullarının sağlanmasını, en az ısınma ve soğutma yükleri ile gerçekleştirmeyi hedefler. İklimle dengeli tasarım, sıradan mimari elemanları, yapının enerji etkinliğini arttırmak ve konfor koşullarını doğal yöntemlerle sağlamak için kullanır.

Yapının çevreyle uyumu ve iç ortam konfor koşullarının en az enerji ile oluşturulabilmesi için, yapının içinde bulunduğu iklim ve çevre koşullarının belirlenmesi ve tasarlanan binanın yapısal özelliklerinin bu koşulların doğrultusunda yapılması gerekmektedir. Bu ise sürdürülebilir tasarım yaklaşımının temel öğelerinden biridir. Bulunduğu yerin iklimsel ve çevresel özellikleri uyumlu olmayan bir binanın sürdürülebilir olmasının olanaklı olamayacağı açıktır. Daha önce de belirtildiği gibi, iklimle dengeli tasarım, her yapıda özenle ve kesinlikle ele alınması gereken, yapı tasarımının temel yaklaşımıdır.

- **Ekolojik Tasarım**

Ekolojik tasarım, çoğu zaman sürdürülebilir tasarım ile eş anlamlı olarak da kullanılan, sürdürülebilir bina uygulamalarında en sık karşılaşılan kavramlardan biridir. Mimari tasarım çalışmaları *doğa-insan-toplum* bütününde sağlıklı bir sürdürülebilirliği sağlayacak bir biçimde ele alınması gerekliliği üzerine temellenen ve ekolojik ilkeleri içeren tasarım, doğal sistemlerle sosyal sistemin ilişkilerine mekansal içerik kazandırılması gibi zor bir görevi tanımlamaktadır. (Tönük, 2001) Ekolojik Tasarım, sürdürülebilirlik çerçevesi içinde, çevre konularına ve doğaya, insanın doğa ile eşitliğine vurgu yapan bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir tasarım kapsamında ekolojik konuların, geleneksel tasarım ve ekolojik yaklaşımda nasıl ele alındığını özetleyen çalışma çizelge 2.2’de verilmiştir. (Van Der Ryn, ve Cowan S., 1996)

Çizelge 2.3 Mimaride Geleneksel tasarım ile ekolojik tasarımın karşılaştırılması

Konu	Geleneksel tasarım	Ekolojik tasarım
<b>Enerji kaynakları</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ağırlıklı olarak fosil yakıt tüketir,</li> <li>Geri dönüşümü zayıf zararlı atık üretir,</li> <li>Doğal dengeyi etkiler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Güneş, rüzgar, biomas vb. yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirir,</li> <li>Güneş enerjisi tasarımın temel verisidir.</li> </ul>
<b>Malzeme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malzeme niteliği düşüktür,</li> <li>Zehirli madde içerir,</li> <li>Çevreye zararlıdır,</li> <li>Malzemeler geri dönüşümlü değildir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geri dönüşümlü malzeme seçimi önemlidir,</li> <li>Tasarımında tekrar kullanım, dönüşüm, esneklik, kolay onarım ve dayanıklılık esas alınır.</li> </ul>
<b>Kirlilik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok miktarda atık oluşur</li> <li>Atıkların denetimi zayıftır,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En azda atık,</li> <li>Atık miktarı ve biçimi ekosistemlerin kaldırma yeteneğiyle dengelidir.</li> </ul>
<b>Ekolojik Duyarlılık</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çevre raporlarının sınırlamaları doğrultusunda zorunlu gereksinimleri sağlar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapının içinde olduğu çevrenin ekolojik yapısına saygılı yaklaşır,</li> <li>Tasarımda yapının çevreye etkilerinin ayrıntılı ele alır.</li> </ul>
<b>Ekoloji ve Ekonomi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Karşı çıkar</li> <li>Kısa vadeli düşünür</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kabul eder,</li> <li>Uzun vadeli düşünür</li> </ul>
<b>Tasarım Ölçütü</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekonomi</li> <li>Gelenek</li> <li>Uygunluk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>İnsan</li> <li>Ekosistemin sağlığı</li> <li>Ekolojik ekonomi</li> </ul>
<b>Ekolojik Bağlama Duyarlılık</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapının içinde bulunduğu çevrenin ekolojik çeşitliliği etkin tasarım girdisi olarak alınmaz</li> <li>Yörenin özelliklerine duyarlı değildir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yörenin özelliklerine duyarlıdır,</li> <li>Yörenin bitki örtüsü, toprağı, malzemesi, kültürü, iklimi, topografyasına duyarlıdır,</li> <li>Yöre özellikleri bağlamında çözümler üretir.</li> </ul>
<b>Kültürel Bağlama Duyarlılık</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yerel olanakları değerlendirmez,</li> <li>Yapı global bir kültürün parçası olarak ele alınır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yerin geleneksel bilgisine, yerel malzemelere ve teknolojilerine saygılıdır ve katkı sağlar.</li> </ul>
<b>Biyolojik Kültürel ve Ekonomik Çeşitlilik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biyolojik kültürel ve ekonomik çeşitliliği ezen, yüksek enerji ve malzeme kullanımlı standartlaşmış tasarım anlayışını benimser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yaşamsal çeşitliliği ve yerel kültürleri sürdüren tasarım anlayışını benimser,</li> </ul>
<b>Bilgi düzeyi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tasarımda ayrı disiplinlerin işbirliğini kısıtlı tutar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Birçok disiplinini ve bilimsel alanı tasarım süresince bir arada ele alır.</li> <li>Geniş kapsamlıdır.</li> </ul>
<b>Ölçek Anlayışı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tek zamanda bir ölçekte çalışır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Çok ölçekli çapraz çalışır,</li> <li>Büyük ölçeğin etkilerini küçük ölçeğe ve küçüğü büyüğe yansıtır.</li> </ul>
<b>Yapı Sistemleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğal süreçleri göz önüne almayan birbirinden belirgin sınırlarla ayrılmış sistemleri kullanır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tüm sistemlerin birbiriyle uyumlu çalışır.</li> <li>İç bütünlük ve tutarlılığı sağlamaya yönelik tasarım sürecini kullanır.</li> </ul>
<b>Doğanın Rolü</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tasarım denetimi ve öngörüyü sağlamak için doğanın üstüne yüklenir</li> <li>Kısıtlı oranda belirlenmiş kullanıcı gereksinimini karşılar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğayı bir ortak olarak algılar</li> <li>Enerji ve malzeme kullanımına yönelmek yerine doğanın kendi tasarım zekasını kullanır.</li> </ul>
<b>Yaklaşım mecazları</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Makine</li> <li>Üretim</li> <li>Bölüm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hücre</li> <li>Organizma</li> <li>Ekosistem</li> </ul>
<b>Katılım</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesleki söylemlere tutunur.</li> <li>Önemli kararlarda toplum katılımını desteklemez.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Görüşme ve tartışma ortamının oluşturulmasına özen gösterir,</li> <li>Herkesin tasarım sürecine katılmasını destekler.</li> </ul>
<b>Yapının anlatımı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğa ve teknoloji gizli kalır</li> <li>Tasarım her seferinde yeni bir şey öğretmez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğa ve teknoloji görünür kılınır</li> <li>Tasarım doğal sistemlere yaklaşmayı amaçlar.</li> </ul>

- **Enerji Etkin Tasarım**

Enerji tüketimi, insan gereksinimlerinin karşılanması ve gelişimin sürebilmesi için vazgeçilmez bir olgudur. Ancak, günümüzde enerji kaynaklarının sınırlı olduğunun ve denetimsiz tüketimin zararlarının ortaya konması, geleneksel enerji kaynaklarının kullanımının sınırlandırılması sonucunu doğurmuştur

Günümüzde çoğu yapılaşmalarda, enerji gereksiniminin karşılanmasında fosil kaynakların kullanımı, hem kaynak tüketiminde hem de çevre kirlenmesinde yapıların önemli bir yer tutmasına neden olmaktadır. Yapılarda, yenilenemeyen enerji kullanımının en aza indirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımının sağlanması; kaynak tüketimi, zararlı atıkların ve çevreye verilen zararın azaltılmasını sağladığından sürdürülebilir yapının en önemli konularından biridir. (Bkz Ek 5) Yapılarda enerjinin etkin olarak kullanılması, hem çevre, hem de ekonomik ve sosyal açıdan, yerleşimler üzerinde olumlu sonuçlara neden olacağı açıktır.

Enerji Etkin Yapı Tasarımı *“bir binanın, yapım aşamasından kullanım aşamasına kadar tüm yaşam sürecinde, enerji gereksinimi en aza indirebilecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok yararlanabilecek biçimde planlanması”* olarak tanımlanmaktadır. (Agenda 21, 1999) Diğer bir deyişle tutumlu, doğal kaynakları en verimli şekilde değerlendirebilen, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan ve olabildiğince kendi kendine yetebilecek biçimde planlanan binalar, enerji etkin yapılardır. Enerji etkin bir bina, kullanıcı konforunu yükseltip, daha sağlıklı yaşam ortamları sunmak için, enerji giderlerini ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirir. (Kelvin Grove, 2004) Bina, yapım sürecinde tükettiği enerjinin dışında ömrü boyunca,

- Isıtma, soğutma,
- Aydınlatama,
- Havalandırma,
- Bina işlevine bağlı etkinlikler,

için enerjiye gereksinim duyar. (Göksal, vd., 2002) Bu gereksinimler için yapının tüketeceği enerji oranı; kullanıcı sayısına, tüketim alışkanlıklarına, dış çevre koşullarına, yapının tasarımına ve uygulanma özellikleri gibi etkenlere bağlı olarak değişir. Yapılarda enerji tüketimini belirleyen etmenler, Çizelge 2.3 de ayrıntılı olarak sıralanmıştır.



Çizelge 2.4 Yapıların enerji tüketimini belirleyen etkenler

Dış iklim koşulları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sıcaklık</li> <li>• Nem</li> <li>• Yağış</li> <li>• Rüzgar</li> <li>• Güneş ışınımı miktarı</li> </ul>
Dış çevre koşulları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gölgeleme</li> <li>• Bitki örtüsü özellikleri ve biçimi</li> <li>• Sulu alanlar,</li> <li>• Çevre alanların yansıtma özellikleri</li> </ul>
Yapı kabuğu özellikleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesit özellikleri</li> <li>• Boyut</li> <li>• Saydam alan oranı</li> </ul>
Yapı biçimi özellikleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı kabuğu alanının toplam alana oranı</li> <li>• Taban alanının mutlak değeri</li> <li>• Kat sayısı ve bina yüksekliği</li> </ul>
Yönlenme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı konumunun doğu batı doğrultusunda olması</li> <li>• Yapı konumunun kuzey güney doğrultusunda olması</li> <li>• Yapı konumunun KD-GB doğrultusunda olması</li> <li>• Yapı konumunun KB-GD doğrultusunda olması</li> </ul>
Planlama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mekan işlev ve organizasyonu</li> <li>• Mekanların bina içi konumu</li> <li>• Mekanların kullanım zamanlaması</li> </ul>
Detaylandırma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı kabuğu kesiti</li> <li>• Yalıtımın detayları</li> <li>• Doğrama – duvar detayları</li> <li>• Detayların uygulanma niteliği</li> </ul>
Havalandırma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğal havalandırma koşulları</li> </ul>
Gün ışığından yararlanma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pencere boyutları</li> <li>• Çatı açıklıkları</li> <li>• Işık rafları</li> </ul>

Bir bina enerjisi, sürekli değişen iklim koşullarına karşı kullanıcı konforunu sağlamak için birçok sistemi etkileşimli olarak çalıştırarak harcar. Enerji etkin bina için, tasarım aşamasından başlayıp işletim süresince devam eden bir dizi kararın aynı doğrultuda alınmasını gerektirmektedir. ( IEA Task 23, 2003). Enerji etkin bina oluşturabilmek, planlama, öngörü ve devamlılık gerektirmektedir. En baştan ve tüm ömrü boyunca enerjiyi etkin biçimde kullanan bir binanın, sürekli bir kaynak korunumunu sağlayacağı açıktır.

Yukarıda kısaca anlatılan tasarım anlayışlarının tümünü kapsayan sürdürülebilir mimarlık, tasarımın geleneksel yapılanmasına ek olarak, çevre ve enerji ile ilgili her türlü konudan etkilenir. Bu durum, zaten çok kapsamlı olan mimari tasarım eylemine yeni uzmanlık alanları gerektiren birçok konuyu ekler. Bu durumda, geleneksel tasarım yöntemleri eksik ve yetersiz kaldığından sürdürülebilir mimarlık, her aşamasında, çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması ve insan sağlığının gözetilmesi kararlarını kapsayan, uzlaşma ve bazı şeylerden vazgeçmemeyi öngören bütünlük tasarım yöntemlerine gereksinim duyar. (Agenda21, 1999)

### **Bütüncül Tasarım Yaklaşımı**

Bütüncül tasarım, “binayı teknik donanımı, strüktürü ve çevresiyle bir bütün olarak ele alan ve karmaşık sistemlerin bir arada etkin olarak çalışabilmesi için birçok ayrı disiplinin tasarımın her aşamasında bir arada çalışmasını öngören yaklaşım” olarak tanımlanabilir.

Bütüncül tasarım yaklaşımı; tasarımın en başından, enerji sistemleri, bina donanımları gibi öğelerin mimariyi tamamlayıcı unsurlar olarak değil, bina bütününe bir parçası olarak kabul ele alınmasını öngörür. Bütüncül tasarım yaklaşımda tasarım yalnızca malzemenin, sistemlerin ve bina bileşenlerinin nasıl bir araya ya da üst üste geldiğine değil, aynı zamanda tüm sistemlerinin, çevresel ve toplumsal destek sistemleriyle nasıl bütünleştiği de gözetir.

Bütüncül tasarım yaklaşımında, binanın enerji etkin olması, çevreye duyarlı olması ve insan konforunu en üst seviyede sağlayacak tüm yaklaşım ve teknik donanımın bir arada ele alınması esastır. Binanın sağlıklı ve ekonomik olarak işleyebilmesi için bu yöntem ve sistemlerinin çalışma gereksinimleri ve koşullarının iyi anlaşılması, birbirileri ile ilişkilerinin tanımlanması bina tasarımını doğrudan belirlediğinden tüm konuların yapı üretim sürecinin en başından bir arada ele alınması bütüncül tasarım yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır.

Binanın tüm sistemleri ile bir bütün olarak tasarlanabilmesi ise, projede görev alacak tüm disiplinlerin belirlenen hedefler doğrultusunda tasarımın en başından etkileşimli çalışması ile olanaklıdır. Bütüncül tasarım yaklaşım ilkeleri, (WBDG, 2005)

- Yapıdaki tüm bileşenlerin birbirinin çalışmasını etkilediği ve tasarım kararlarının bu sistemlerin çalışma verimleri üzerinde etkili olduğunun anlaşılması
- Enerji etkinliği için tüm yöntem ve sistemlerin bir arada değerlendirilmesi
- Mühendislik çevre enerji ile ilgili uzmanların tasarımın en başından bir arada çalışması
- İşbirliği ve fikir alışverişini temel alan etkin takım çalışmasının sağlanması,
- Kullanıcı ve mal sahibinin tasarım sürecinde etkin biçimde katılımı,
- Mimarın tasarımı tüm alanlarla açması ve bilgilerinden yararlanması, takım lideri konumunu alması,
- Birçok değişkeni kapsayan performans hedeflerinin belirlenmesi ve bunları gerçekleştirebilecek tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi,
- Yenilikçi tasarım araç ve yöntemlerinin değerlendirilmesi,
- Bilgisayar benzeşim programlarının kullanımı,
- Yapı tasarımında birden fazla tasarım yaklaşımı seçeneğinin oluşturulması ve bunların olası sonuçlarının sınanması ile uygun seçeneğin geliştirilmesi, olarak sıralanabilir.

Son yıllarda sürdürülebilir yapı uygulamaları deneyimleri, istenen sonuçlara ulaşılmasında bütüncül tasarım yaklaşımlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. (Hassid, 2000) Bütüncül tasarım yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar ve uygulama örneklerinden elde edilen sonuçlar, yapının karmaşıklığına ve büyüklüğüne bağlı olarak ortaya konulacak bütüncül tasarım yöntemlerinin istenen sonuçlara ulaşmada büyük önemi olduğunu vurgulamaktadır.

### **2.2.1 Sürdürülebilir Yapılarda Güneş Enerjisinden Etken Yararlanma Sistemleri**

Yapıların enerji gereksinimlerinin karşılanmasında yenilenebilir kaynakların etkin biçimde değerlendirilmesi sürdürülebilir yapıların önemli yaklaşımlarından biridir. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde; taşıdığı potansiyel, erişimin genişliği, ısı ve ışık enerjisi olarak yapılarda birçok gereksinime cevap vermektedir. Günümüzde güneş enerjisinden yararlanma konusu sürdürülebilir yapıların tasarımında önemli bir alanı oluşturmaktadır.

Yapıların buldukları iklim bölgesinin koşulları doğrultusunda güneş enerjisinden en uygun şekilde yararlanması ve konfor koşullarını en az enerji harcayarak oluşturması sürdürülebilir binaların öncelikli tasarım ölçütüdür. Ancak yapıların enerji etkin tasarımıyla birlikte güneş ışınımından enerji üretmesi ve kendi gereksinimlerinin bir bölümü ya da tümünü karşılaması için güneş enerjili etken sistem kullanımı, sürdürülebilir gelişmenin çevresel ekonomik ve toplumsal hedeflerinin gerçekleşmesinde önemli bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisinden etken yararlanma sistemleri,

- Atmosfere atılan zararlı gazlarda,
- Sera gazlarında,
- Güç üretim alanında,
- Şehirleşmenin çevreye verdiği zararlarda,

azalmaya etkin olarak katkıda bulunduğundan sürdürülebilirliğin önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Uzun yıllardır enerji giderlerinin azaltılması amacıyla yapılarda kullanılan güneş enerjili etken sistemler, günümüzde sürdürülebilirliğin kapsamlı hedefleri, bütüncül yaklaşımı ve ilerleyen teknolojik gelişmelerle birlikte yeni bir boyut kazanmıştır. (Hestnes, 2003)

Geçmiş yıllarda daha çok verim ve ekonomisiyle değerlendirilen, yapının işletimine ek bir sistem olarak dahil edilen etken sistemler, sürdürülebilir yapı yaklaşımıyla birlikte, yapının bir parçası olarak değerlendirilmekte, verim ve ekonominin yanında yapıda estetik yeterliliği de sağlaması beklenmektedir.

Sürdürülebilirlik kapsamında yapıyla bütünleşik olarak ele alınan etken sistemler, enerji üretiminin yanında yapıya mimari ve toplumsal açıdan artı değer kazandıran uygulamalar olarak görülmektedir. Yapının planlanması ve biçimlendirilmesinde etkin rolü olan etken sistemler, yapı tasarımının önemli bir ögesi olarak değerlendirilmesi, nitelikli yapıların ve yapılı çevrenin oluşturulması açısından önemlidir.

Sürdürülebilir gelişim kapsamında, etken sistemlerin kullanımının yaygınlaşması amaçlandığı göz önüne alınırsa, bu sistemlerin yapılarda nitelikli olarak değerlendirilmesi, gerek enerji üretiminin niceliği gerekse yapılı çevrenin niteliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Etken sistemlerin yapılarda sürdürülebilir gelişimin öngördüğü ölçütte kullanılabilmesi, yapıyla bütünleşebilmesi ve estetik yeterliliğin sağlanabilmesi için bu sistemlerin özelliklerinin, öğelerinin, yapılanmalarının ve çalışma biçimlerinin anlaşılması gereksinimlerinin ortaya konması önemlidir.

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ETKEN YARARLANMA SİSTEMLERİ

Bilindiği gibi güneş yenilenebilir enerji kaynaklarının arasında önemli bir yer tutmaktadır ve yüzyıllardır güneş enerjili edilgen ısıtma yöntemleri, yapıların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Güneş ışınımından daha etkin biçimde yararlanmak için geliştirilen etken yararlanma sistemleri; özellikle son yıllarda teknolojik gelişmelerle, ısı ve elektrik enerjisi üretilen bunların gerekli yerlerde kullanımını ve yapılarda kolayca uygulanmasını olanaklı hale gelmiştir.

Güneş Enerjisinden Etken Yararlanma sistemleri, *güneş ışınımını enerjiye dönüştürüp, bu enerjinin etkin kullanımına olanak sağlayan bileşenlerin tümü* olarak tanımlanabilir. Daha geniş bir tanımla, Güneş Enerjisinden Etken Yararlanma Sistemleri, amaca göre üretilmiş toplaçlar aracılığıyla yutulan güneş ışınımını, istenen biçimdeki enerjiye dönüştürüp bunun yapıda kullanımına olanak veren mekanik ve/ya elektronik elemanların bütününden oluşan sistemlerdir. Bu sistemler aracılığı ile güneş ışınımı,

- Isı,
- Elektrik,
- Isı ve elektrik,

enerjisine dönüştürülebilmektedir.

Güneş ışınımını enerjiye dönüştüren bu sistemler, ürettikleri enerjilere göre;

- Isı enerjisi üreten, **Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri** (Solar Thermal systems),
- Elektrik enerjisi üreten, **Işıl Elektrik (Fotovoltaik) Sistemler** (PV systems),
- Isı ve elektriği aynı anda üreten **Güneş Enerjili Isıtma / Pv Sistemler** (T/Pv)

olarak sınıflandırılmaktadır.

Güneş enerjili etken sistemler, ürettikleri enerjinin özelliklerine bağlı olarak değişik öğelerden oluşmakta ve ayrı biçimlerde yapılandırılmaktadır. Yapılarda kullanım biçimleri de teknik ve teknolojik özellikleri doğrultusunda ayrımlar göstermektedir.

Yapılarda etkin ve büyük kapasiteli güneş enerjili etken sistem kullanımında tasarımcının sistemler konusunda donanımlı olması, genel verim ve uygulama ilkelerinin bilinmesi, esnek tasarım seçeneklerinin ve iyi nitelikli uygulamaların gerçekleşmesi açısından önemlidir.

Bu çalışma kapsamında ülkemizde ve dünyada yaygın kullanımı olan güneş enerjili su ısıtma ve teknolojik ilerlemeler doğrultusunda ileriki yıllarda yapılarda yaygın olarak kullanımı öngörülen Fotovoltaik sistemler ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

### 3.1 Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri

Güneş ışınımlarını toplaçlarla ısı enerjisine dönüştürüp; bu ısıyı su, hava vb bir akışkan ile doğrudan; ya da bir depolama ünitesinde değerlendirerek kullanımını sağlayan mekanik ve/veya elektronik sistemlerin bütününe, *Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri (etken güneş ısıtma sistemleri)* denir. Güneş enerjili etken ısıtma sistemleri yapılar da,

- Kullanım / havuz suyunun ısıtılması,
- İklimlendirme havasının ön ısıtılması ve
- Mekan ısıtması için kullanılmaktadır.

Isıtma sistemleri, ısının dağıtılmasında kullanılan akışkana göre iki grupta toplanır:

1. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri
2. Güneş enerjili hava ısıtma sistemleri.

Yukarıda adı geçen güneş enerjili ısıtma sistemleri, elde edilecek ısının niceliğine göre,

#### 1. Düşük sıcaklık (20–100 °C),

- Kullanım için sıcak su elde edilmesi,
- Yapı ısıtılması-soğutulması
- Yüzme havuzlarının ısıtılması,

#### 2. Orta sıcaklık (100–300°) C

- Sanayide kullanım için buhar üretimi,
- Büyük ısıtma – soğutma sistemleri,
- Büyük ölçekli bölge, mekan ya da kullanım suyunun ısıtılması

#### 3. Yüksek sıcaklık (>300° C)

- Güneş fırınları.

uygulamaları olmak üzere üç grupta da toplanmaktadır. (Şerefhanoglu, 1987)

Isıtma sistemlerinin genel çalışma ilkesi, ısının toplaçlar aracılığı ile toplanması, gerekli durumlarda toplanan ısı enerjisinin daha sonra da kullanılabilmesi için depolanması ve ilgili alanlara dağıtılması esasına dayanır. (Şerefhanoglu, 1988) Sistemde kullanılan akışkanın sıvı ya da hava olması durumunda değişik yapılanmalarda olacağı açıktır. Ancak sistem su ya da hava ısıtmalı olsun tüm güneş enerjili sistemlerde toplaçlar en önemli ve değişmez öğedir. Sistemlerin kurulum amacı, gereksinim duyulan enerji miktarı, iklim koşulları, ekonomik koşullar sistemde kullanılacak ısıtılacak nitelikleri üzerinde belirleyicidir.

### 3.1.1 Isıl Toplaçlar

Güneş ışınımından ısı enerjisinin üretildiği toplaçlardır. Isıl toplaçlar; biçimlerine göre,

- Düzlemsel
- Yoğunlaştırıcı

Akışkana göre,

- Sıvı akışkanlı
- Hava akışkanlı

Ürettikleri ısı enerjisine göre,

- Düşük ısılı
- Orta ısılı
- Yüksek ısılı olarak sınıflandırılabilir.

#### 3.1.1.1 Düzlemsel Isıl Toplaçlar

Düzlemsel toplaçlar, biçimsel olarak düz bir yapıdadır. Kullanım amacına göre gelişen teknoloji ile birlikte birçok değişik biçimde üretilen düzlemsel ısı toplaçlar temel olarak ısının aktarıldığı akışkana bağlı olarak,

1. Sıvı akışkanlı düzlemsel toplaçlar (flate plate collectors)

- Camlı toplaçlar (glazed collectors)
- Açık toplaçlar (unglazed collectors)
- Vakum tüplü toplaçlar (evacuated tube collectors)

2. Hava akışkanlı düzlemsel toplaçlar

- Camlı toplaçlar (glazed collectors)
- Açık toplaçlar (transpired (unglazed) collectors) olarak sınıflandırılmaktadır.

Düzlemsel ısı toplaçlar, özellikle kullanım suyunun (domestic solar hot water DSHW) ısıtılmasında dünya genelinde çok geniş bir kullanıma sahiptir. Uluslararası Enerji Dairesi'nin (International Energy Agency IEA) 2001'de dünya güneş ısı marketinin %90 nını oluşturan .26 ülke genelinde yaptığı çalışmanın raporuna göre, dünya genelinde düzlemsel toplaç kullanımında ilk beş sıradaki ülkelerdeki dağılım çizelge 3.1 de sıralanmıştır. (Refocus, 2004)

Çizelge 3.1 Düzlemsel ısı toplaçların ülkeler bağlamında kullanım alanları(m2)

Ülke	Camlı Sıvı Akışkanlı	Açık Sıvı Akışkanlı	Vakum Tüplü	Camlı Hava Akış.	Toplam (m2)
Çin	11.200.000		20.800.000		32.000.000
Amerika	1.400.000	22.900.000	551.000	227.000	25.000.000
Japonya	12.000.000				12.000.000
Türkiye	8.100.000				8.100.000
İsrail	3.900.000				3.900.000

Düzlemsel toplaçların dünyada kullanımına bakıldığında toplaç tipine bağlı olarak kullanımı çizelge 3.2 de sıralanmıştır.

Çizelge 3.2 Düzlemsel toplaçların dünya genelinde kullanım oranı

Düzlemsel Toplaç Tipi	Kullanım Miktarı (m2)
Camlı Sıvı Akışkanlı	49.000.000
Açık Sıvı Akışkanlı	27.700.000
Vakum Tüplü	22.300.000
Camlı Hava Akışkanlı	270.000
Açık Hava Akışkanlı	1.300.000

Dünya genelinde 100 milyon m<sup>2</sup> den fazla düzlemsel ısı toplaç üretim teknolojisinin kolaylığından, uzun yıllardır kullanılmasından, ekonomik oluşundan dolayı yapılarda kullanılmaktadır. Yukarıdaki verilerden de anlaşıldığı gibi toplam düzlemsel toplaç kullanımının yarısına yakını camlı sıvı akışkanlı düzlemsel toplaçlar oluşturduğundan, çalışma kapsamında bu toplaç tipi ayrıntıları ile incelenmiştir.

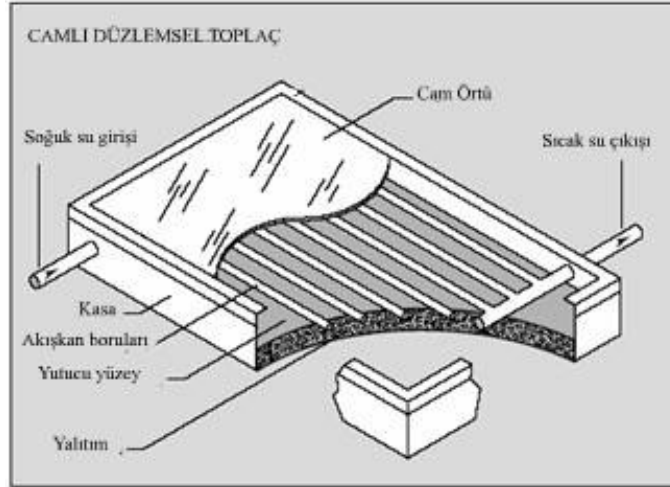
### Sıvı Akışkanlı Camlı Düzlemsel Toplaçlar

Sıvı akışkanlı camlı düzlemsel toplaçlar basitçe, akışkanın dolaştığı borulardan, soğurucu bir yüzeyden, bu yüzeyi koruyan ve ser etkisi ile verimini arttıran geçirgen bir örtü elemanından, ısı kayıplarının en azda tutulması için yalıtım malzemesinden ve bu elemanları bir arada uygun şekilde tutmaya yarayan bir kasadan oluşur. (Şekil 3.1, DOE, 1996)

Bu toplaçların güneş ışınımından akışkana geçirdikleri enerjinin büyüklüğü,

- Geçirgen örtü tabaka
- Yutucu tabaka ve
- Yalıtkan tabaka'nın özelliklerine doğrudan bağlıdır (Kılıç ve Öztürk, 1983)





Şekil 3.1 Sıvı akışkanlı camlı düzlemsel toplaçlar

#### Geçirgen örtü tabaka

Bir toplacın istenen verimde olabilmesi için, yutucu yüzeyinin ısı kayıplarının en aza indirilmesi, rüzgar, yağmur gibi dış hava koşullarından korunması gerekir. Geçirgen örtü tabakasının amacı, güneş ışınımı içeri alıp çevreye olan ısı kayıplarını azaltmaktır. Toplaçlarda kullanılan örtü tabakasının öncelikle saydam olması, kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı büyük, yutucu yüzeyin yayımladığı uzun dalga boylu ışınımın dışarı çıkmaması için de uzun dalga boylu ışınımını geçirme oranı küçük olmalıdır. Ucuz ve kolay bulunabilir olmalı, morötesi ışınımlardan etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli, kolay işlenebilmeli ve çevre etkilerine de dayanıklı olmalıdır.

Uygulama da örtücü yüzey olarak genellikle cam ve plastik esaslı saydam malzemeler kullanılmaktadır. Cam, sera etkisi yarattığından, yüksek ısıya dayanıklı olduğundan ve güneş ışınımından etkilenmediğinden düzlemsel toplaçlarda tek ya da çift cam biçiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### Yutucu tabaka:

Düzlemsel toplaçların en önemli bileşenidir. Yutucu yüzeyler, güneş ışınımının yutulduğu ve ısı olarak akışkana iletiildiği alanlardır. Toplacın ön yüzünün tümünü kaplayan bu tabakanın niteliğini belirleyen üç temel etken,

- Yüksek oranda yutuculuk,
- Yüksek iletim,
- Işınım yoluyla düşük ısı kaybı olarak sıralanabilir.

Yutucu yüzeylerin, öncelikle güneş ışınımını yutma katsayısının büyük, uzun dalga ışınım yayımının düşük olması ve ısının, yutucu yüzeyin arkasındaki boruların içinden geçirilen akışkana verimli bir şekilde iletebilmesi için kullanılan malzemelerin ısı iletim katsayısının yüksek, ısı geçişinin çabuk ve iyi olması gerekmektedir.(Paul, 1977)

Isıyı soğurma ve iletme yetisi olan ve güneş ışınımına dayanabilecek tüm malzemeler yutucu yüzey olarak kullanılabilir. Bunlarla beraber, malzemenin, yapım kolaylığı, elde edilebilir olması, kolay işlenebilmesi ve ekonomik olması da önemlidir. Yutucu yüzeylerde siyaha boyanmış bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik gibi malzemeler kullanılmaktadır. Düzlemsel topaçlarda yüksek verim için,

- Yutucu yüzeyin, yutma katsayısının ve ısı iletkenliğinin yüksek olması,
- Yutucu yüzeyin kesitinin ince olması,
- Yutucu yüzey ile borular arasındaki uzaklığın en azda olması,
- Boruların ince ve ısı iletkenliği iyi malzemelerden yapılması,
- Yutucu yüzeyle boruların bileşim niteliğinin iyi olması,
- Yutucu yüzey ile boruların malzemelerinin benzer olması

önemlidir. Yüksek verimli topaçların tasarımında ise yutucu tabakada seçici yüzeyler (Bkz Ek5 ) kullanılmaktadır. (Stine, 2001)

#### Yalıtkan tabaka

Topaçların güneş ışınımını almayan alt ve yan kısımlarından gerçekleşen, ısı kayıpları topaç verimini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Işınım ve taşınım yoluyla olan ısı kayıplarının azaltılması için, bu bölgeler ısı iletim katsayısı küçük malzemelerle kaplanır. Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletim katsayısının yanında, yüksek sıcaklığa dayanabilirliği, neme direnci, şekil değiştirme, yanma ve genişleme özellikleri de göz önünde bulundurulur. Cam yünü, köpük ve poliüretan, ısı iletim katsayılarının küçüklüğü ve hafifliği nedeniyle en çok kullanılan topaç yalıtım malzemeleridir.

Yalıtım malzemesi ile yutucu yüzey arasında hava boşluğu bırakılması ve yalıtım malzemesinin üzeri ışınım yansıtma oranı büyük olan alüminyum folyo vb bir malzeme ile kaplanması durumunda ısı kayıpları azaltılırken, yalıtım malzemesinin yüksek sıcaklıklara çıkması da önlenir. Düzlemsel topaçların taşıma ve tesisata montajının kolaylığı için yüzey alanı, genellikle 1-2 m<sup>2</sup> arasında tutulur. Topaçların kalınlığı, yalıtımın kalınlığına ve saydam örtünün sayısına bağlı olarak 10-20 cm arasında değişmektedir. (Kılıç ve Öztürk, 1983)

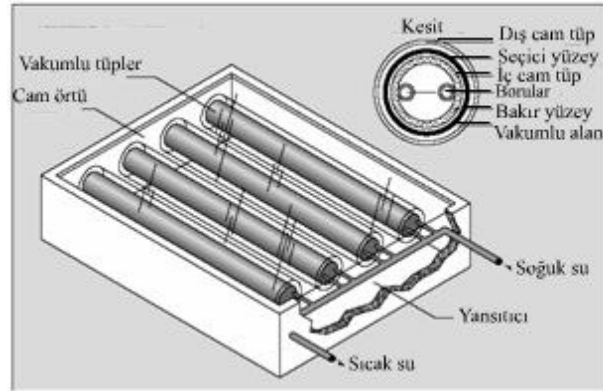
### Sıvı Akışkanlı Açık Toplaçlar (Unglazed Collectors)

Koruyucu örtünün ve soğurucu yüzeyin kullanılmadığı suyun geçtiği boruların hem soğurucu yüzey hem de taşıyıcı olduğu bu toplaçlar camlı toplaçlara göre daha basit ve ucuzdur.

Daha çok havuz suyunun ısıtılması gibi düşük ısı uygulamalarda kullanılan bu toplaçlar, donmaya karşı önlem gerektirmez ve aşırı ısınma olmamasından dolayı kauçuk ya da plastik malzemelerden üretilirler. (DOE, 1996)

### Vakum Tüplü Toplaçlar

Özellikle dış ortam sıcaklığının düşük ve doğrudan güneş ışınımının az olduğu soğuk bölgelerde daha iyi verim alabilmek için geliştirilen vakum tüplü toplaçlar taşınım ve iletim yoluyla ısı kayıplarına en aza indirmek için aradaki havanın alındığı iç içe iki ayrı tüpten oluşan sıraların paralel olarak bağlanmasıyla elde edilen düzlemsel toplaçlardır. ( Bkz. Şekil 3.2, DOE, 1996)

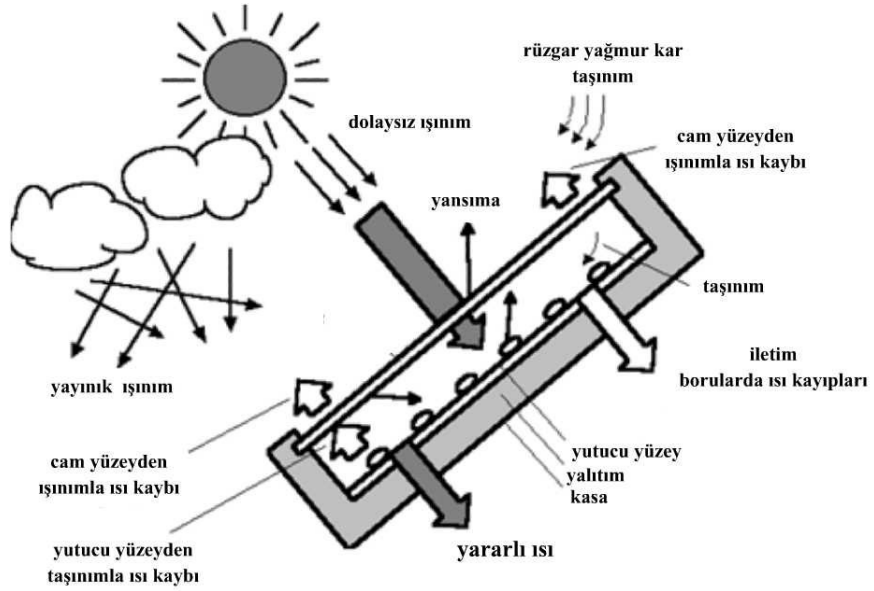


Şekil 3.2 Vakum tüplü toplaç

İç kısımdaki tüp, güneş ışınımının yutulduğu, seçici yüzey ile kaplanmış yutucu yüzeyi oluşturur. Güneş ışınımı dış tüpten içeri girerek yutucu tüpe gelir ve elde edilen ısı enerjisi akışkana iletilir. Toplaç, tüplerin oluşturduğu çok sayıdaki sıranın birbirine paralel olarak bağlanması ile oluşur. Vakum tüplü toplaçlar modüler bir yapıya sahiptir ve sıcak su gereksinimine bağlı olarak tüpler toplaca eklenebilir ya da çıkartılabilir. Ticari kullanıma uygun birbirinden değişik tasarımlı, iç içe tüp sayısı üç olan, ısı transferi bitişleri, akışkanların özellikleri ayrı olan toplaçlar üretilmektedir. Isı kayıplarının az olmasından, yüksek yutuculuğun sağlanmasından, güneş ışınımının dik ulaşımından dolayı yüksek verim ve ısı sağlanan vakum tüplü toplaçların pahalı olmaları kullanımını azaltan en önemli etkidir. (Technology Fundamentals, 2004)

### 3.1.1.2 Düzlemsel Isıl Toplaçların Verimi

Toplaç üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüde yansır, bir kısmı yine saydam örtüde yutulur, geri kalan kısmı ise yutucu yüzeye ulaşır. (Bkz. Şekil 3.3) (DOE, 1996) Yutucu yüzeye gelen enerjinin bir kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken bir kısmı yutucu yüzeyde depolanır, geri kalanı ışınım taşınım ve iletim yoluyla çevreye yayılır. (Şerefhanoglu, 1988) Bir düzlemsel toplacın verimi, büyük ölçüde dış sıcaklık değerine, akışkanın toplaca giriş sıcaklığına, güneş ışınımı değerlerine bağlı olarak değişir ve toplaç üzerine gelen güneş enerjisinin, toplacın akışkana ilettiği enerjiye oranı olarak tanımlanır. (Szokolay, 1975)



Şekil 3.3 Düzlemsel toplacın ısı dengesi

Toplaç verimini belirleyen başlıca etkenler;

- Toplaç yüzeyine gelen güneş ışınımı niceliği
- İklimsel özellikler ve
- Toplacın niteliğidir.

Toplaç verimini belirleyen etkenlerin ayrıntıları Çizelge 3.1’de sıralanmıştır.

Çizelge 3.3 Düzlemsel toplaç verimini belirleyen etkenler.

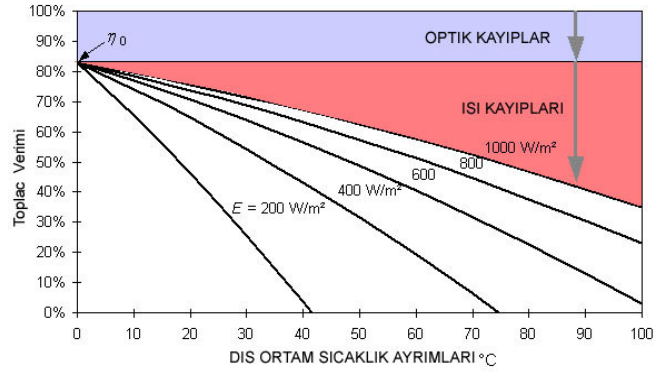
<b>Güneş Işınımı Niceliği</b>	<b>Astronomik etkenler</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Güneş değişmezi,</li> <li>• Yer ve güneş arasındaki uzaklık,</li> <li>• Güneşin sapma açısı</li> <li>• Zaman açısı</li> </ul>
	<b>Coğrafi etkenler</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bulunulan bölgenin enlemi</li> <li>• Bulunulan bölgenin boylamı</li> <li>• Deniz yüzeyinden yükseklik</li> </ul>
	<b>Geometrik özellikler</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Güneşin düşey açısı</li> <li>• Güneşin güney açısı</li> <li>• Toplacın güney açısı</li> <li>• Toplacın düşey açısı</li> </ul>
	<b>Atmosferik özellikler</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bulutluluk oranı</li> <li>• Toz</li> <li>• Kir</li> <li>• Atmosfer kalınlığı</li> </ul>	
<b>İklimsel Özellikler</b>	<b>Çevre Etkileri</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı yoğunluğu</li> <li>• Gölgeleme</li> <li>• Bitki örtüsü</li> </ul>
<b>Toplaç Niteliği</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dış hava sıcaklığı</li> <li>• Yağış oranı</li> <li>• Kar yükü</li> <li>• Rüzgar yükü</li> </ul>
	<b>Örtü Elemanının Niteliği</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Güneş ışınımını geçirme katsayısı</li> <li>• Güneş ışınımını yutma katsayısı</li> <li>• Güneş ışınımını yansıtma katsayısı</li> </ul>
	<b>Yutucu Yüzeyin Niteliği</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Güneş ışınımını yutma katsayısı</li> <li>• Isı iletim katsayısı</li> <li>• Kalınlığı</li> </ul>
<b>Toplam Isı Kayıpları</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yalıtım Özellikleri</li> <li>• Örtü Elemanının Özellikleri</li> <li>• Detaylandırma Özellikleri</li> </ul>	

Çizelge 3.1’de sıralanan değişkenlerin özelliklerinden de anlaşılacağı gibi; güneş ışınımının sürekli olarak başka doğrultudan gelmesi, atmosfer koşullarının belirli olmayan değişimleri kesin bir toplaç veriminin hesaplanmasına izin vermediğinden, düzlemsel toplaçların verimlerinin değerlendirilmesinde,

“Toplanan enerji = Yutulan güneş enerjisi – toplaçın ısı kayıpları”

olarak tanımlanan toplaçın ısı dengesinden yararlanılır. (Bkz Ek5)

**Yutulan enerji miktarı;** toplacın optik verimi, üzerine gelen güneş enerjisi oranı ve toplaç alanına bağlı olarak değişirken, **toplacın ısı kayıpları;** yalıtım özelliklerine, toplacın alanına ve dış hava toplaç sıcaklığı ayırımına bağlıdır

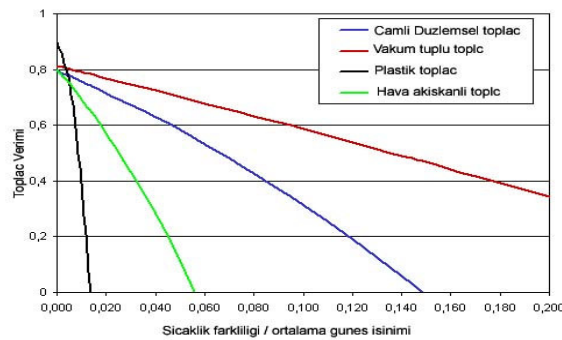


Şekil 3.4 Değişik güneş ışınımı değerlerinde düzlemsel toplacın verim eğrileri

Şekil 3.4'de, (Weiss, 2000) değişik güneş ışınımı değerlerinde bir toplacın verim eğrileri görülmektedir. Toplacın ısısı( $T_i$ ) ile dış hava sıcaklığı ( $T_a$ ) arasındaki ayırım büyüdüğünde ısı kayıpları artmakta ve düşük güneş ışınımında verim hızla düşmektedir. Pratik olarak verim eğrisinin eğimi toplam ısı kayıp katsayısı değerini verir. Toplam ısı kayıp katsayısı ve bu eğrinin verim eksenin kestiği noktadaki maksimum verime göre toplacın iyi veya kötü olduğuna karar verilmektedir.

### Düzlemsel Isıl Toplaçların Karşılaştırılması

Düzlemsel ısı toplaçların, özelliklerine bağlı olarak verimlerinin ayrı olacağı açıktır. Isı kayıplarına bağlı olarak düzlemsel ısı toplaçların verimlerinin de ayrı olacağı açıktır. Şekil 3.8'de camlı sıvı akışkanlı, vakum tüplü, açık sıvı akışkanlı ve hava akışkanlı toplaçların verimleri görülmektedir. (Weiss, 2000)



Şekil 3.5 Ayrı tipteki düzlemsel toplaçların verim eğrileri

Şekil 3.5'deki eğrilerden de anlaşılacağı gibi değişik toplaç tiplerinin verimleri arasında büyük ayrımlar bulunmaktadır. Toplaç tipleri arasındaki bu verim ayrılığı toplaçların değerlendirilmesinde geçerli bir ölçüt olarak ele alınmaz çünkü toplaç tipi seçimini belirleyen temel etken verim eğrileri değil, sistemin kurulum amacıdır. Verim eğrileri daha çok aynı tipteki toplaçların değerlendirilmesinde ve seçiminde kullanılır. Toplaç verimlerinin bilinmesi sistem verimi ve hesaplamalarının yapılabilmesi için şarttır. (Brunold, 1994)

Toplaç tipinin seçimi amaçlanan uygulamanın özelliklerine bağlıdır. Değişik uygulamalar için önerilen toplaç biçimleri aşağıdaki Çizelge 3.4'de belirtilmiştir. (Weiss, 2000)

Çizelge 3.4 Değişik toplaç tiplerinin uygulama alanları

UYGULAMA	A	B	C	D	E
Açık hava havuz suyunun ısıtılması	++	+	+	-	-
Tek aile konut suyunun ısıtılması	-	++	++	+	-
Çok aileli konutların suyunun ısıtılması	-	++	++	-	-
Kullanım suyu ve mekan ısıtılması	-	+	++	++	+
Mekan ısıtılması	-	+	++	++	++
Düşük (50 C kadar) sıcaklıkta su gereksinimi (oteller, kapalı havuz suyu, kamp alanları vb)	-	++	++	-	-
Orta (80C kadar) sıcaklıkta su gereksinimi (çamaşırhane, araba yıkama vb.)	-	+	++	++	-
Yüksek (150 C )sıcaklıkta su gereksinimi	-	-	-	++	-

++ çok iyi, + iyi, - iyi değil

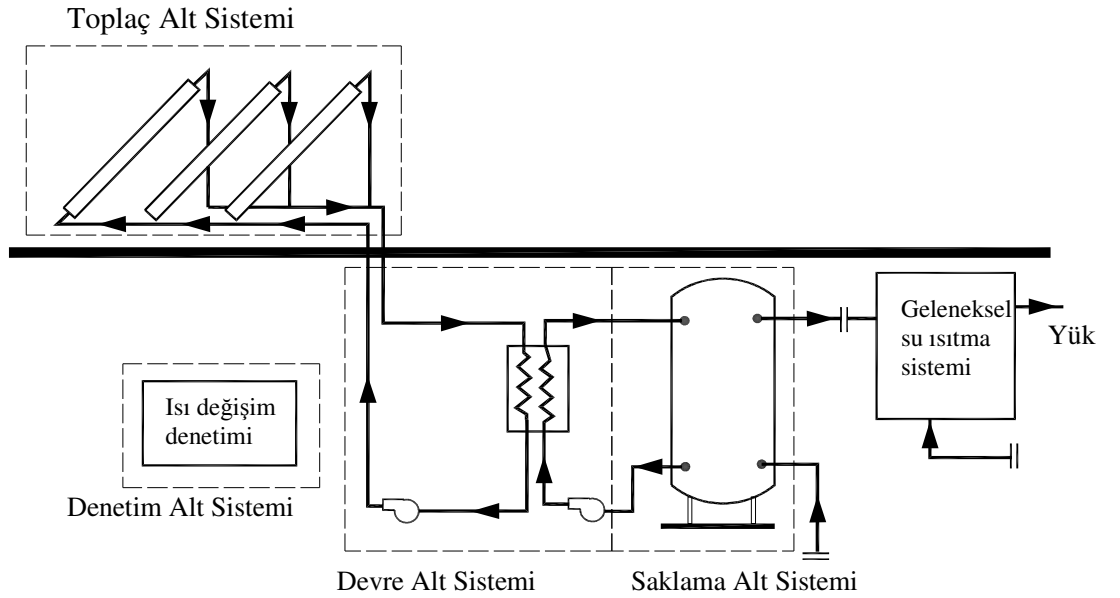
- A** Açık toplaç (Plastik yutucu yüzeyli)  
**B** Camlı düzlemsel toplaç  
**C** Seçici yüzeyli camlı düzlemsel toplaç  
**D** Vakum tüplü toplaç  
**E** Hava akışkanlı düzlemsel toplaç

### 3.1.2 Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, “güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştürüp, bu ısıyı su ortamında saklayan ve dağıtan elemanların bütünüdür” olarak tanımlanabilir. Gereksinimin karmaşıklığına ve büyüklüğüne bağlı olarak sistemlerin ayırım göstermesine karşın, tüm güneş enerjili su ısıtma sistemleri, suyun ısıtılması, depolanması ve dağıtılması temeline dayanır. Güneş enerjisinin dönüşümü ile üretilen sıcak su, sistemin özelliklerine bağlı olarak, yıkanma, çamaşır, bulaşık gibi kullanıcı gereksinimlerinin karşılanması için doğrudan kullanılabilir gibi geleneksel ısıtma sisteminin desteklenmesi için de kullanılabilir.

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, sistemin karmaşıklığına bağlı olarak değişim gösterse de, genel bir yaklaşımla 4 alt sistemden oluşur (Şekil 3.6) (UFC, 2002)

- Toplaç Alt sistemi
- Saklama Alt sistemi
- Devre Alt sistemi
- Denetim Alt sistemi



Şekil 3.6 Güneş enerjili su ısıtma sistem şeması



### 3.1.2.1 Toplaç Alt Sistemi

Toplaç Alt Sistemi, güneş ışınımından ısı enerjisi elde ederek bunu akışkana iletmek için gereken tüm elemanlardan oluşan sistemdir.

Toplaç alt sistemi genel olarak,

- toplaç dizilerinden,
- toplaçları ayakta tutan taşıyıcı sistemden,
- iç dolaşım borularından

oluşur. (UFC, 2002)

Toplaç dizileri: özellikle büyük sistemde, ayrı toplaçlar, birleştirilerek gruplandırılır. Küme olarak adlandırılan bu gruplar, borular aracılığı ile birleştirilerek toplaç dizisini oluşturur. Toplaç içindeki akışkanın düzenli dolaşımının sağlanması için küme ve dizi boyutlandırılması önemli konulardır. Etkin bir sistem verimi açısından toplaç dizilerindeki dolaşımın düzenli ve dengeli olması önemlidir.

Taşıyıcı sistem: toplaçları taşıyan ve güneş ışınımının istenen biçimde ulaşımı için toplaçların uygun konumda sabitlenmesini sağlayan sistemdir. Taşıyıcı sistemin yüksek ve düşük ısılara, çevresel koşulların neden olacağı bozulmalara karşı dayanıklı olması, ağırlığı kaldırması, olabildiğince hafif ve ekonomik olması tasarım sırasında göz önüne alınan konulardır.

### 3.1.2.2 Saklama Alt Sistemi

Saklama alt sistemi, toplanan ısı enerjisinin gereken zamanlarda yükün karşılanması için korunumunu sağlayan sistemdir. Depo ya da depolardan, depoyu taşıyan, koruyan ve gerektiğinde ısı dönüşümünün gerçekleştiği tüm elemanlardan oluşur. Isı enerjisinin gereksinim duyulduğunda kullanılabilmesi için saklandığı alanlar olan depolar, toplaçlardan sonra sistemin en önemli ögesidir. Doğru seçim ve boyutlandırma sistemin verimi açısından büyük önem taşır. Sıcak su sistemlerinde depolar konumuna göre, (Fujita Research, 1998)

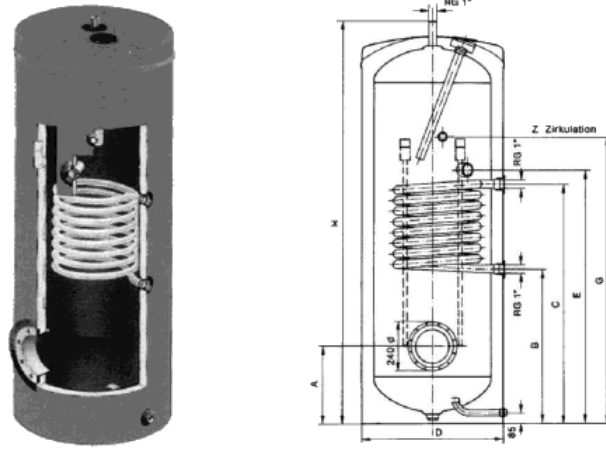
- Açık depolar
- Yeraltı depoları

ya da saklama süresine bağlı olarak,

- Kısa dönem
- Uzun dönem

olarak sınıflandırılmaktadır.

**Açık depolar:** Alüminyum, galvanizli sac, beton, fiberglas vb. malzemelerden üretilen, taşıyıcı bir yüzeyin üzerine yerleştirilerek sisteme bağlanan, küçük ve orta ölçekli sistemlerde, kısa dönem saklama yani günlük sıcak su gereksinimi için kullanılan depolardır. Bu tür depoların biçimlendirilmesinde, yüzey alanı büyüklüğü ve uygulama kolaylığı etkili olur. Aynı hacimdeki küresel bir deponun dış yüzey alanı, kübik ve silindirik depolara göre daha küçük olmasına karşın, küresel depoların üretimi zor olduğundan su ısıtma sistemlerinde genellikle sıcak su ile soğuk suyun karışmadığı düşey silindir depolar kullanılır. (Şekil 3.7) (Frei, 1998)



Şekil 3.7 Silindir Depolar

Yüksekliği genişliğine göre büyük olan depolarda, yüzey alanının artmasına bağlı olarak ısı kayıpları artar. Deponun alt ve üst bölgelerindeki sıcaklık ayrımları da artar. Depolarda,

- Kullanılan malzemenin ısı iletkenlik katsayısına,
- Yapılan yalıtıma
- Deponun yüzey alanı büyüklüğüne,
- Depo ve çevre sıcaklıkları arasındaki ayrıma

bağlı olarak depodan çevresine ısı kaybı olur. Bu ısı kayıplarının en azda tutulması için depoların dış kısmının cam yünü, strafor benzeri ısı yalıtımı malzemeleri kaplanması sistem verimi açısından önemlidir. Isınan suyun yukarıda olduğu göz önüne alındığında özellikle depoların üst kısımlarının ısı köprüleri oluşturulmadan iyi yalıtımı önem kazanır. Toplaçlarda dolaşan akışkanın su olmadığı durumlarda elde edilen ısı, depolardaki suya deponun alt kısmındaki bir ısı çevirmcisi tarafından iletilir. Sıcak su depolarının büyüklüğü, yükün özelliklerine ve iklim koşullarına bağlı olarak belirlenir.

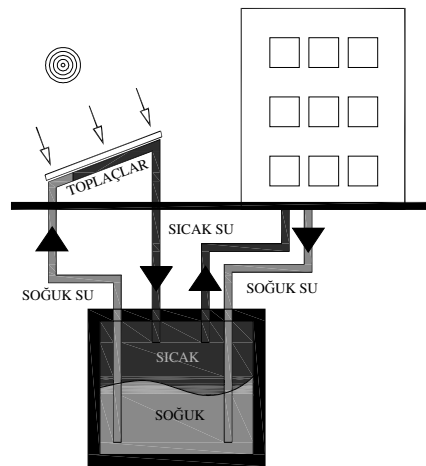
Sistemde açık depoların kullanılması durumunda dikkat edilecek konular,

- Deponun yeterli düzeyde ve uygun biçimde yalıtılması,
- Deponun boru bağlantıları içindeki suyun devrine izin vermeyecek biçimde oluşturulması,
- Sıcak su tüketiminin olmadığı zamanlarda deponun içindeki sıcak suyun boşaltılması,
- Depolarda suyun kaynama noktasını geçmemesi için sıcaklık algılayıcısının bulunması,
- Sıcak su depolarında kullanılan malzemenin korozyona dirençli, sızdırmaz ve uzun ömürlü olması, olarak sıralanabilir. (NC Solar Center, 2002)

### **Yeraltı Depoları**

Kullanıcı sayısının çok olduğu, 1000-10.000 m<sup>3</sup> suyun ısıtıldığı büyük sistemlerde saklanmanın yer altında sağlandığı depolardır. Yeraltı depolarının yapılandırılmasında en önemli konu sıcak suyun saklanma süresi olduğundan genellikle kısa ve uzun dönem saklama olarak sınıflandırılmaktadır. (Fujita Research, 1998)

*Kısa Dönem Depolama (short term storage):* Kısa dönem saklama gece gündüz ayrımı boyunca gerekli ısının sağlanmasını amaçlar. Yıllık su gereksiniminin %10-20 sini karşılamayı amaçlayan, daha çok yaz aylarındaki sıcak su gereksinimi için tasarlanan depolardır.



Şekil 3.8 Yeraltı depoları

*Uzun Dönem Depolama (long term storage):* Hem mekan hem de kullanım suyunun ısıtılması için kullanılan bu depolar yıllık su gereksiniminin %50-80 nini karşılamayı amaçlayan ve yazın ısıtılan suyun kış aylarında da kullanımı için tasarlanan depolardır. Uzun dönem saklamada, nisan-ekim ayları arasında sistem, mekan ısıtılması için kapatılarak deponun

içindeki suyun yüksek derecelerde ısıtılması sağlanır. Kış aylarında deponun üzerindeki sıcak su çekilerek alınır ve soğuyarak dönen su deponun altına verilir. Aynı şekilde toplaçlara giden su deponun altından çekilirken ısınarak gelen su deponun üstüne verilir ve depodaki sıcak su ile soğuk suyun karışımı önlenerek sıcak suyun sürekli ve verimli kullanımı sağlanır. (Şekil 3.8) (Dalenback, 1997)

Sistemlerin çevrenin ve uygulamanın özelliklerine ve ekonomik koşullara bağlı olarak değişik biçimlerde yeraltı depoları oluşturulmaktadır. Bu tür depoların bakım ve onarımı güç ve pahalı bir işlem olduğundan, depoların tasarımında yalıtım, dayanıklılık, konum, biçim ve boyut, işçilik ve yüksek nitelik dikkat edilmesi gereken konulardır.

### 3.1.2.3 Devre Alt Sistemi

Devre alt sistemi, ısı enerjisini toplaçlardan depoya ileten sistemdir. Isı iletim akışkanı, pompa(lar), borular, ısı iletim sıvısı, genleşme tankı, değişik biçimlerdeki valflar, ve gerekli durumlarda ısı dönüştürücüsü sistemin elemanlarıdır. Bir devre alt sistemi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken konular;

- Sistemin aşırı soğumaya ve ısınmaya karşı korunması,
- Boru ve kanalların bozulmaya paslanmaya karşı dayanıklı olması,
- Sistemin ısı kayıplarının en azda tutulması,
- Toplaçla depo arasındaki boruların kısa tutulması ve korunması,
- Sistemde su kaçırlarının önlenmesi,
- Sistemde basıncın denetlenmesi ve gerekli çıkışların bırakılması,
- Pompa sayısının ve pompa için harcanan enerjinin en azda tutulması

olarak sıralanabilir. (UFC, 2002)

### 3.1.2.4 Denetim Alt Sistemi

Denetim alt sistemi, sistemin ne zaman çalışması ya da durması gerektiğine karar vererek sistemin güvenilir biçimde çalışmasını sağlayan öğelerden oluşur. Genel bir yaklaşımla bir denetim sistemi, elektronik denetim ünitesinden, ısı alıcılarından, programlama arayüzlerinden oluşur. Denetim alt sisteminde en önemli konu kullanılan denetim yöntemidir. Birçok sisteminin denetiminde, “ısı farkları” yöntemi kullanılır. Toplaçların ve depoların (soğuk bölüm) üzerine yerleştirilen ısı alıcıları ile bu bölgelerdeki suyun sıcaklığı ölçülür. İki bölgede ölçülen ısılar arasındaki farkın, belirlenenden az ya da çok olması durumunda sistemin çalışması ya da durması sağlanır.

### 3.1.2.5 Sistem Çalışma Biçimleri

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde, akışkanın toplaç alanları ile depo arasında sürekli ve sağlıklı dolaşımı, sistemin verimi ve güvenilirliği açısından en önemli konudur. İklim koşulları, kullanım amacı, sistemin büyüklüğü ve estetik kaygılar gibi konular göz önüne alındığında, bu dolaşımın güvenilir biçimde olması için değişik yapılanmalar ortaya çıkmaktadır.(Şerefhanoglu, 1987)

Akışkanın toplaç alanları ve depo arasındaki dolaşımını belirleyen iki önemli konu,

1. akışkanın devrede dolaşımının nasıl sağlanacağı
2. akışkanın özelliğine bağlı olarak nasıl bir devrede dolaştırılacağıdır.

Akışkanın, toplaçlarla depo arasındaki dolaşımı doğal ya da zorlanmış yöntemle sağlanır.

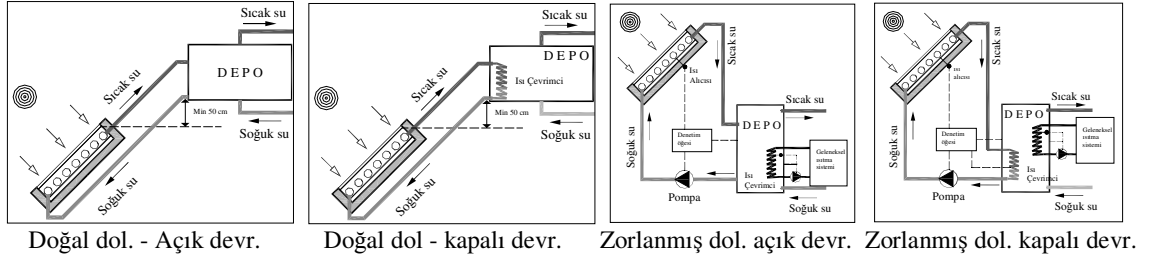
- **Doğal dolaşım;** akışkanın pompalanmasına gereksinim olmadan, suyun ısınarak yukarı doğru hareketlenmesi olgusundan yararlanılarak dolaştırılmasıdır. Akışkanın doğal dolaşım ile döndürüldüğü sistemlerde deponun toplaç alanına yakın ve en az 50 cm yukarda olması gerekir. Bu tür sistemlerde toplaç alanları ile depo alanlarının konumlandırılmasında esnek seçeneklerin oluşturulması olası değildir.
- **Zorlanmış dolaşım,** akışkan depoyla toplaçlar arasındaki dolaşımı bir pompa aracılığı ile sağlanır. Bu tür sistemlerde deponun toplaca göre konumu bağlayıcı bir durum oluşturmadığından toplaç ve deponun yerleştirilmesinde esnek tasarım seçeneklerinin oluşturulması olasıdır.

Akışkan, kullanım suyu ya da antifriz özellikli olmasına bağlı olarak açık ya da kapalı devre içinde dolaşır.

- **Açık devre;** kullanım suyunun doğrudan toplaçlarda dolaştırılarak ısıtıldığı ve sisteme aktarıldığı sistemlerdir. Depodan toplaçlara gelen suyun sıcaklığı düşük olduğundan ve ısı doğrudan kullanım suyuna aktarıldığından sistem verimi yüksektir. Kullanım suyunun ısı akışkan olarak kullanıldığı açık devre sistemlerde; aşırı ısınmaya, donmaya, kireçlenme ve paslanmaya karşı önlem alınmalıdır.
- **Kapalı devre;** su ya da başka bir akışkanın toplaçlar ile depo arasında oluşturulan kapalı bir sistem içinde dolaştığı ve ısının depodaki suya bir çevrimciden aktarıldığı sistemlerdir. Donma sorununun ve sistem suyunun uygun nitelikte olmadığı durumlarda sistemin sağlıklı ve güvenilir biçimde çalışmasını sağlar. Ancak kullanım suyunun ısıtılması için bir çevrimcinin kullanılması verimin açık devreye göre düşük olmasına neden olur.

İklime, gereksinim özelliklerine, sistemin büyüklüğüne, ekonomik koşullara, estetik kaygılara bağlı olarak, güneş enerjili su ısıtma sisteminin çalışma biçimine bağlı olarak ,

- Doğal dolaşimli - açık devre,
  - Doğal dolaşimli - kapalı devre,
  - Zorlanmış dolaşimli - açık devre,
  - Zorlanmış dolaşimli - kapalı devre,
- sistemlerden biri seçilir.



Şekil 3.9 Su ısıtma sistemleri çalışma biçimleri

#### **Doğal dolaşimli - açık devre sistemler;**

“Termosifon tipi su ısıtıcı” olarak da adlandırılan bu sistemler ekonomik ve kolay uygulanır olmasından dolayı, en yaygın kullanılan su ısıtma sistemleridir. Toplaçlarda ısınan su genişerek doğal dolaşım ile toplacın üst kısmından depoya doğru akar, bunun yerini deponun altındaki soğuk su alır. Güneş ışınımı olduğu ve toplaç sıcaklığı depo sıcaklığından büyük olduğu sürece bu dolaşım devam eder.

#### **Doğal dolaşimli - kapalı devre sistemler;**

Sistemde kullanılan antifriz özellikli akışkan kapalı bir devrenin içinde ısınarak, doğal dolaşım ile toplacın üst kısmından depoya doğru hareket eder. Bir ısı çevrimcisinin içinden geçerek ısısını depodaki suya iletir ve soğuyarak tekrar toplaçlara döner. Akışkanın sıcaklığı toplaç sıcaklığından düşük olduğu sürece bu dolaşım, kapalı bir devre içinde doğal dolaşım ile devam eder.

#### **Zorlanmış dolaşimli - açık devre sistemler;**

Bu tür sistemlerde, toplaçla depo sıcaklığı arasındaki ısı ayrımı belli bir düzeyin altında ya da üstünde olduğu zaman, kullanım suyu bir pompa aracılığıyla toplaç ve depolar arasındaki devrede dolaştırılarak depoya aktarılır. Bu tür sistemlerde, pompaların çalışmasını belirleyen denetim alt sisteminin nitelikleri sistem verimini ve işletim masraflarını doğrudan belirler.

### Zorlanmış Dolaşım - Kapalı Devre Sistemler

Bu tür sistemlerde, toplaçla depo sıcaklığı arasındaki ısı ayırımı belli bir düzeyin altında ya da üstünde olduğu zaman, antifrizli bir akışkan pompa aracılığıyla kapalı bir devre içinde dolaştırılır ve depodaki suyun bir çevrimci aracılığı ile ısıtılması sağlanır. Bu sistemlerde de denetim sisteminin özellikleri sistem verimi açısından önemlidir. Doğal dolaşım sistemlere oranla daha pahalı ve karmaşık bir yapılanması olmasına karşın, zorlanmış dolaşım - kapalı devre sistemler, depoların konumlandırılmasının esnek olması, soğuk hava koşullarında güvenilir çalışması, denetime olanak sağlaması ile özellikle büyük boyutu uygulamalar için en uygun seçimi oluşturmaktadır.

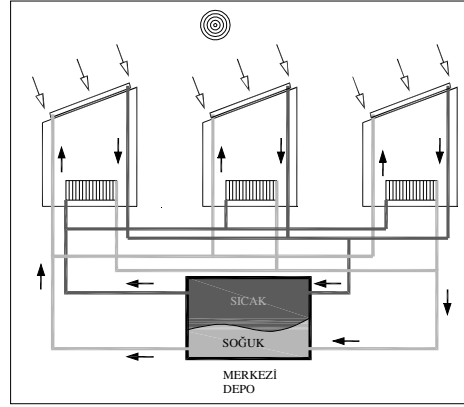
Yukarıda özellikleri tanımlanan güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çalışma, olumlu ve olumsuz özellikleri çizelge 3.5’de ve yapılanma biçimleri şekil ‘de gösterilmiştir. (Olson, 2001)

Çizelge 3.5 Sistem çalışma biçimlerinin özellikleri

	Çalışma özellikleri	Olumlu özellikleri	Olumsuz özellikleri
Doğal dolaşım - açık devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompa gerekmez</li> <li>Akışkan kullanım suyudur</li> <li>Depo toplaçların üstünde yer alır</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekonomiktir</li> <li>Verim yüksektir</li> <li>İşletme bakım kolaydır</li> <li>Az bileşenli ve basittir.</li> <li>İşletim masrafı yoktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Korozyon olasılığı vardır</li> <li>Donma olasılığı vardır</li> <li>Soğuk iklimlerde uygun değildir.</li> <li>Mimariyle uyumu zordur</li> </ul>
Doğal dolaşım - kapalı devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompa gerekmez</li> <li>Akışkan antifriz özelliklidir</li> <li>Depo toplaçların üstünde yer alır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekonomiktir</li> <li>Soğuk iklimlerde uygundur</li> <li>Donma olasılığı düşüktür</li> <li>İşletim masrafı yoktur</li> <li>Korozyon olasılığı yoktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mimariyle uyumu zordur</li> <li>Verim düşüktür</li> <li>Depo yerleşimi esnek değildir</li> </ul>
Zorlanmış dolaşım - açık devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompa gerekir</li> <li>Akışkan kullanım suyudur</li> <li>Depo toplaçlardan ayrı olabilir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Depo yerleşimi esnektir</li> <li>Mimariyi zorlamaz</li> <li>Verim yüksektir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Donma sorunu vardır</li> <li>Korozyon sorunu vardır</li> <li>Çok bileşenli ve karmaşıktır</li> <li>İşletim gideri vardır</li> <li>Pahalıdır</li> </ul>
Zorlanmış dolaşım - kapalı devre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pompa gerekir</li> <li>Akışkan antifriz özelliklidir</li> <li>Depo toplaçlardan ayrı olabilir</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tüm koşullarda güvenilirdir</li> <li>Soğuk iklimler için uygundur</li> <li>Depo yerleşimi esnektir</li> <li>Mimariyi zorlamaz</li> <li>Donma sorunu yoktur</li> <li>Korozyon sorunu yoktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pahalıdır</li> <li>Elektrik tüketir</li> <li>İşletim gideri vardır</li> <li>Çok bileşenli ve karmaşıktır</li> <li>Verim düşüktür</li> </ul>

### Büyük kapasiteli su ısıtma sistemleri

Çok büyük toplaç alanlarıyla elde edilen ısıyı, birleştirilmiş büyük bir depoya aktaran ve birçok ayrı birimin aynı sıcak sudan yararlanmasına olanak veren sistemlerdir. Bu tür sistemlerde uygun alanlara yerleştirilen büyük toplaç alanlarından elde edilen ısı, merkezi bir depoda toplanır ve/ ya da saklanmakta ve mekan ısıtılmasında ya da sıcak su olarak kullanılır. Belli bir bölgenin sıcak su gereksiniminin de karşılanmasında uygulanan bu sistemlerin, ısı saklama kapasitesi bir kaç 1000 m<sup>3</sup> den 100.000 m<sup>3</sup> kadar değişebilmektedir. (Dalenback, 1999)



Şekil 3.10 Büyük kapasiteli su ısıtma sistemleri

Büyük ölçekli su ısıtma sistemlerinin küçük ölçekli sistemlere göre en büyük farklılığı depoların yapılanmasıdır. Bu tür sistemlerde deponun yapılanmasını belirleyen en önemli konu sıcak suyun ne kadar süre için saklanacağıdır. Kısa dönem saklama için yalıtımlı büyük boyutlu açık su depoları kullanılırken, uzun dönem ısı saklama için genellikle yeraltı depoları kullanılmaktadır. Bu sistemlerde ısıtılan suyun, yeraltında özel yalıtımlı olarak tasarlanan depolarda saklanmasıyla %50-80 ısı korunumu sağlanabilmektedir. Büyük kapasiteli sistemlerde kullanılan toplaçlar, tipik sistemlerde kullanılan toplaçlara oranla daha büyük (8-12 m<sup>2</sup>) ve yüksek verimli olmaktadır. (Dalenback, 1996) Bu sistemlerde, toplaçların belli alanlarda toplu olarak uygulanması ve depo alanlarında oluşan kayıpların dağınık sistemlere göre daha az olmasından dolayı, verim daha yüksektir. Ancak depo alanlarının özelliklerinden ve büyük toplaç alanlarından ötürü ilk yatırım maliyeti yüksektir ve geri ödemesi zaman almaktadır. Bu sistemler, özellikle toplu konutlar, hastaneler gibi yapıların kullanım suyunun ön ısıtılmasında ya da kısa dönem saklama sağlayan büyük yalıtımlı depoların ek ısıtıcılarla desteklenmesiyle, blok ya da bölge sıcak suyunun ön ısıtılması için de kullanılmaktadırlar. (Dalenback, 1999)



### 3.1.2.6 Sistem Verimi

Güneş enerjili etken su ısıtma sistemlerinde, uygun maliyetli bir tasarım için “sistem verimin” ne olacağı, en önemli konulardan biridir. Sistem verimi, genel olarak sistemin aldığı enerji ile elde edilen enerjinin oranı olarak tanımlanır ve çizelge 3.6’da belirleyici olan etkenler ayrıntıları ile sıralanmıştır.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde, sisteme giren enerji oranının çok değişken olmasından, denetlenememesinden ve çıktı enerjinin belirlenmesinde yaşanan zorluklardan dolayı kesin bir verim değerinin hesaplanması olanaklı değildir. (Stine, 2001)

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerin verimini değerlendirmek için günümüzde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları;

- *Etkinlik oranı (Solar fraction SR)*: güneş enerjili su ısıtma sistemi tarafından sağlanan enerjinin toplam enerji gereksinimine oranı.
- *Verim faktörü (solar utilization factor)*: toplaç üzerine gelen güneş ışınımı niceliğinin sistem çıktısına oranı
- *Yararlı enerji çıktısı (useful solar output USO)*: sistemin yüke ilettiği yararlı enerji oranı
- *Düzeltilmiş yararlı enerji çıktısı (normalized useful solar output)*: toplaçın birim alanından alınan enerji oranı.

olarak sıralanabilir. (NAHB,2002) Kullanılan hesaplama ya da ölçme yöntemlerinde yıllık ya da aylık ortalama verim değerlerine ulaşılmaktadır.

Yüksek verimli bir sistem tasarımının gerçekleştirilmesi için iklim verilerinin özenle ele alınması, kurulum amacı, büyüklüğü ve yapılandırılması arasındaki dengenin sağlanması önemlidir. Yüksek verimli bir sistem tasarımı için,

- İklim verilerine uygun sistem seçimi
- Sistemin doğru boyutlandırılması
- Sistem elemanlarının nitelikli seçimi
- Sistemin uygun yapılandırılması
- Isı kayıplarının en azda tutulması

gibi konuların özenle ele alınması gerekmektedir. (DOE, 1995)

Çizelge 3.6 Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin verimini belirleyen etkenler

<b>Toplaç verimi</b>	Güneş Işınımı Niceliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Astronomik etkenler</li> <li>• Coğrafi etkenler</li> <li>• Geometrik özellikler</li> <li>• Gölgeleme etkenleri               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı yoğunluğu</li> <li>• Topografya</li> <li>• Bitki örtüsü</li> </ul> </li> </ul>
	İklimsel Özellikler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rüzgar yükü</li> <li>• Yağış oranı</li> <li>• Kar yükü</li> <li>• Dış hava sıcaklığı</li> </ul>
	Toplaç Niteliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Örtü tabakasının optik özellikleri</li> <li>• Yutucu yüzeyin optik özellikleri</li> <li>• Yutucu yüzeyin Isı iletim katsayısı</li> <li>• Yutucu yüzeyin kalınlığı</li> <li>• Yutucu yüzey - boru birleşimi</li> <li>• Yalıtım özellikleri</li> <li>• Detaylandırma Özellikleri</li> </ul>
<b>Sistem öğelerinin niteliği</b>	Depo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyut, biçim</li> <li>• Yalıtım</li> <li>• Sayı</li> <li>• Konum</li> </ul>
	Isı çevrimcisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isı iletim katsayısı</li> <li>• Kalınlık</li> </ul>
	Isı iletim akışkanı	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akış hızı</li> <li>• Isı tutma katsayısı</li> <li>• Donma sıcaklığı</li> </ul>
	Pompa/lar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sayı</li> <li>• Güç</li> </ul>
	Borular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzunluk (yapı iç /dış)</li> <li>• Yalıtım</li> <li>• Malzeme</li> <li>• Basınç ayarı (gaz çıkışı)</li> </ul>
	Denetim alt sistemi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isı alıcıları</li> <li>• Sayaçlar</li> <li>• Bilgisayar programları</li> </ul>
<b>Sistemin çalışma biçimi</b>	Doğal dolaşım - açık devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donma sorunu</li> <li>• Korozyon sorunu</li> </ul>
	Doğal dolaşım - kapalı devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çevrimci özellikleri</li> <li>• Donma sorunu</li> </ul>
	Zorlanmış dolaşım - açık devre,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korozyon sorunu</li> <li>• Toplaç depo uzaklığı</li> </ul>
	Zorlanmış dolaşım - kapalı dev.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çevrimci özellikleri</li> <li>• Toplaç depo uzaklığı</li> </ul>
<b>Sistemin yapılanması</b>	Sistem kurulum amacı	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem öğelerinin seçimi</li> </ul>
	Sistemin büyüklüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem öğelerinin boyutlandırılması</li> </ul>
	Gereksinimlerin niteliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem öğelerinin ilişkilendirilmesi</li> <li>• Yedek/geleneksel ısıtma sistem özellikleri</li> <li>• Yedek geleneksel ısıtma sistemi ile ilişkilendirme</li> </ul>
<b>Yük</b>	Nicelik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanıcı sayısı</li> <li>• Tüketim oranı</li> </ul>
	Nitelik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşlev (konut, hastane, çamaşırhane vb.)</li> <li>• Kullanım alışkanlıkları</li> </ul>

### 3.1.3 Güneş Enerjili Isıtma Sistem Tasarımı

Yenilenebilir bir enerji kaynağından yararlanarak, enerji korunumu sağlama, enerji giderlerini ve çevreye verilen zararları azaltma gibi amaçlarla tasarlanan bir güneş enerjili ısıtma sisteminin geri ödemesinin, geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında daha ekonomik olması, uygulanabilir olması açısından en önemli ölçütür. Bir sistemin ekonomik olması ise,

- İlk yatırım maliyetine,
- Geri ödeme süresine,
- Bakım onarım maliyetine

bağlı olarak değerlendirilmektedir.

Kurulacak bir güneş enerjili sıcak su sisteminin ekonomik olması için, ilk yatırım maliyetinin az, sistem veriminin yüksek ve bakım – onarım maliyetinin düşük olması gerektiği açıktır. Bu gereklilikleri yerine getirmesi beklenen bir güneş enerjili sıcak su sisteminin tasarımında ilkesel bir yaklaşım olarak, (UFC,2002)

1. Yapılabilirlik ön araştırması,
2. Sistem seçimi,
3. Sistemin planlaması ve boyutlandırması,

aşamaları temel alınabilir.

#### 1.Yapılabilirlik ön araştırması:

Sistemin tasarımından önce geri ödeme süresinin, en az veri ile (konum işlev vb.) yaklaşık olarak hesaplanması ve sonuçlar uygun görülürse ayrıntılı maliyet hesaplarının yapılması gerekir. Geliştirilen bilgisayar programları ile hesaplanan sistemin yapılabilirliği, sistem tasarımının gerçekleşmesi için ilk aşamadır. Sonuçların olumsuz çıkması durumunda sistem tasarımına başlanmamalıdır.

#### 2. Sistem Seçimi:

Nasıl bir sisteme gereksinim olduğunun; yani açık ya da kapalı devreli, zorlanmış ya da doğal dolaşım, tek ya da çift depolu, vb gibi gereksinimlerin belirlenmesi sistem planlaması ve boyutlandırmasının yapılabilmesi için gereklidir. Sistem seçimini belirleyen konular ise,

- Sistemin kullanım amacı
- Ekonomik koşullar
- Güneş ışınımı miktarı
- İklim

- Yapı konumu
- Enerji gereksinimi (yük)
- Şebeke suyu niteliği
- Estetik kaygılar

olarak sıralanabilir.

#### *Sistemin kullanım amacı*

Sistemin ön ısıtma için mi yoksa tam ısıtma gereksinimleri için mi tasarlandığı en önemli konulardan biridir. Düşük ısılı sistemle kullanım suyunun ön ısıtılması gerçekleştirilir. Sıcak su gereksinimi ise bu ılık suyun gaz elektrik gibi geleneksel sistemlerle ısıtılması ile karşılanır. Bu durumda sistem basit, toplaç alanı ve yalıtım az olur.

Yüksek ısılı sistemler tam sıcak su gereksinimi karşılayacak biçimde tasarlanır. Geleneksel ısıtma sistemleri yalnızca gereksinim duyulduğunda kullanılmak üzere yedek sistemler olarak bulunur. Yüksek ısılı bir etken sistem daha az yakıt masrafını sağlarken kurulumu daha pahalı sistemlerdir.

#### *Ekonomik koşullar*

Ekonomik yeterlilik, sistemin seçiminde önemli bir etkendir. Basit sistemlerin yüksek verimle ve düşük işletim masrafları ile oluşturulabildiği ve sistemin karmaşıklığı arttıkça maliyetin arttığı bilinen bir gerçektir.

#### *Güneş ışıması miktarı:*

Sistemin, kurulacağı yerin enlemine, coğrafyasına bağlı olarak aldığı yıllık ya da aylık ortalama güneş ışıması miktarı, üreteceği enerjiyi doğrudan belirlediğinden güneş enerjisi miktarının bilinmesi önemlidir.

#### *İklim,*

İklim ve yapı işlevinin sistem için uygun olup olmadığı ortaya konması önemlidir. İklim koşulları; güneş ışımasını niceliği, ısıtma ve soğutma yükleri, toplaçlardaki ısı kayıpları üzerinde doğrudan etkilidir. Ayrıca buzlanma, kar ve rüzgar yükü gibi etkenler sistemin yapılanması üzerinde etkili olduğundan iklim konusu güneş enerjili su ısıtma sisteminin gereksinimlerinin belirlenmesinde ve yapılandırılmasında en önemli belirleyicidir. Bu nedenlerden dolayı iklim özelliklerinin belirlenmesi ve yerel iklim koşullarının ayrıntılı olarak değerlendirilmesi sistem tasarımının en önemli konularından biridir. (DOE, 2001)

*Yapı konumu;*

Sistemin kurulacağı arazinin, eğimi, topografyası, içinde bulunduğu yapılaşmanın yoğunluğu, gibi özellikler güneş ışınımı niceliğini etkilediğinden sistemin istenilen verimle çalışabilmesi için yapı konumunun ayrıntılı analizi gereklidir

*Enerji gereksinimi (Yük)*

Kullanıcı sayısına ve sistemin kurulum amacına bağlı olarak sistemin ne kadar suyu ısıtacağı ne kadarının nasıl saklanacağı ve ne kadar ek ısıtmaya gereksinim duyacağı sistem seçiminde etkilidir.

*Şebeke suyu niteliği:*

Şebeke suyunun sertlik derecesi, toksin durumu, temizliği, basıncı gibi konular sistem seçiminde etkilidir.

*Estetik kaygılar:*

Sistem elemanlarının yapıda yerleşiminin, bina programını ve yapı görüntüsünü belirlediğinden; mimari ve planlama ile uyum içinde olması sistem tasarımında etkilidir.

Yukarıda açıklanan etkenlere bağlı olarak, sistemin kurulum amacına yönelik, yüksek verimle çalışacak en uygun sistem biçimine karar verilir.

**3. Sistemin planlanması ve boyutlandırılması**

Sistem seçimine ve biçimlenmesine bağlı olarak gerekli tüm alt sistem öğeleri belirlenir. Toplaç alanının ve deponun boyutlandırılması, bunlara bağlı gerekli yapı zorunluluklarının belirlenmesiyle uygun sistem yapılanmasına karar verilir ve güneş enerjili su ısıtma sisteminin tasarımı tamamlanır.

Tanımlanan bu adımların gerçekleştirilebilmesi için güneş enerjili ısıtma sistemi tasarımında izlenecek bir yöntem, Unified Facilites Criteria (UFC, 2002) da belirtilen ilkeler doğrultusunda aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

**1. Analiz çalışmaları:**

Bilindiği gibi, güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin verimi birçok ayrı etken ve bunların birbirleriyle olan etkileşimine bağlıdır. Sistem tasarımına başlamadan önce sürecin sağlıklı biçimde ilerlemesi ve sonuçlanması için, güneş ışınımı özellikleri, iklimsel özellikler, atmosfer, toplaçların konumlandırılması düşünülen alanın ve şebeke suyu özellikleri ile ilgili bilgilerin ayrıntılı biçimde toplanması ve aralarında ilişkilerin ortaya konması,

**2. Sistemin kurulum amacının belirlenmesi;**

Analiz çalışması ile elde edilen verilere ve ekonomik koşullara bağlı olarak sistemin kurulum amacına karar verilmesi,

**3. Sistemin ekonomik yapılabilirliğin sınanması;**

Analiz çalışmaları verileri ve sistemin kurulum amacının göz önüne alınmasıyla kurulacak sistemin geri ödeme süresine bağlı olarak ekonomik açıdan uygulanabilir olduğunun sınanması, sonucun olumsuz çıkması durumunda sistem kurulum amacının yeniden değerlendirilmesi, olumlu olması durumunda bir sonraki aşamaya geçilmesi,

**4. Yükün hesaplanması;**

Yapı işlevi, kullanım amacı, kullanıcı sayısı, iklim koşulları, suyun girdi ve çıktı sıcaklıkları, kullanım alışkanlıklarına bağlı olarak ısıtılacak su ve enerji gereksinim miktarının hesaplanması,

**5. Sistem seçiminin gerçekleştirilmesi;**

İklimsel özellikler, ekonomik koşullar, şebeke suyu koşulları, yükün nicel ve nitel özellikleri doğrultusunda, sistemin kurulum amacına uygun sistem yapılanmasına karar verilmesi,

**6. Sistem öğelerin belirlenmesi ve seçimi**

Yapılandırma özelliklerine bağlı olarak sistemin gereksinim duyduğu tüm öğelerin belirlenmesi, iklimsel koşullara, ekonomik yeterliliğe, sistemin verim gereksinimleri doğrultusunda, sistem öğelerinin niteliklerine karar verilerek var olan ürünler arasından seçilmesi,

**7. Sistem öğelerinin boyutlandırması;**

Sistemim karşılayacağı yükün nicel ve nitel boyutuna bağlı olarak özellikle toplaç alanı ve deponun boyutlandırılması,

**8. Sistemin planlanması;**

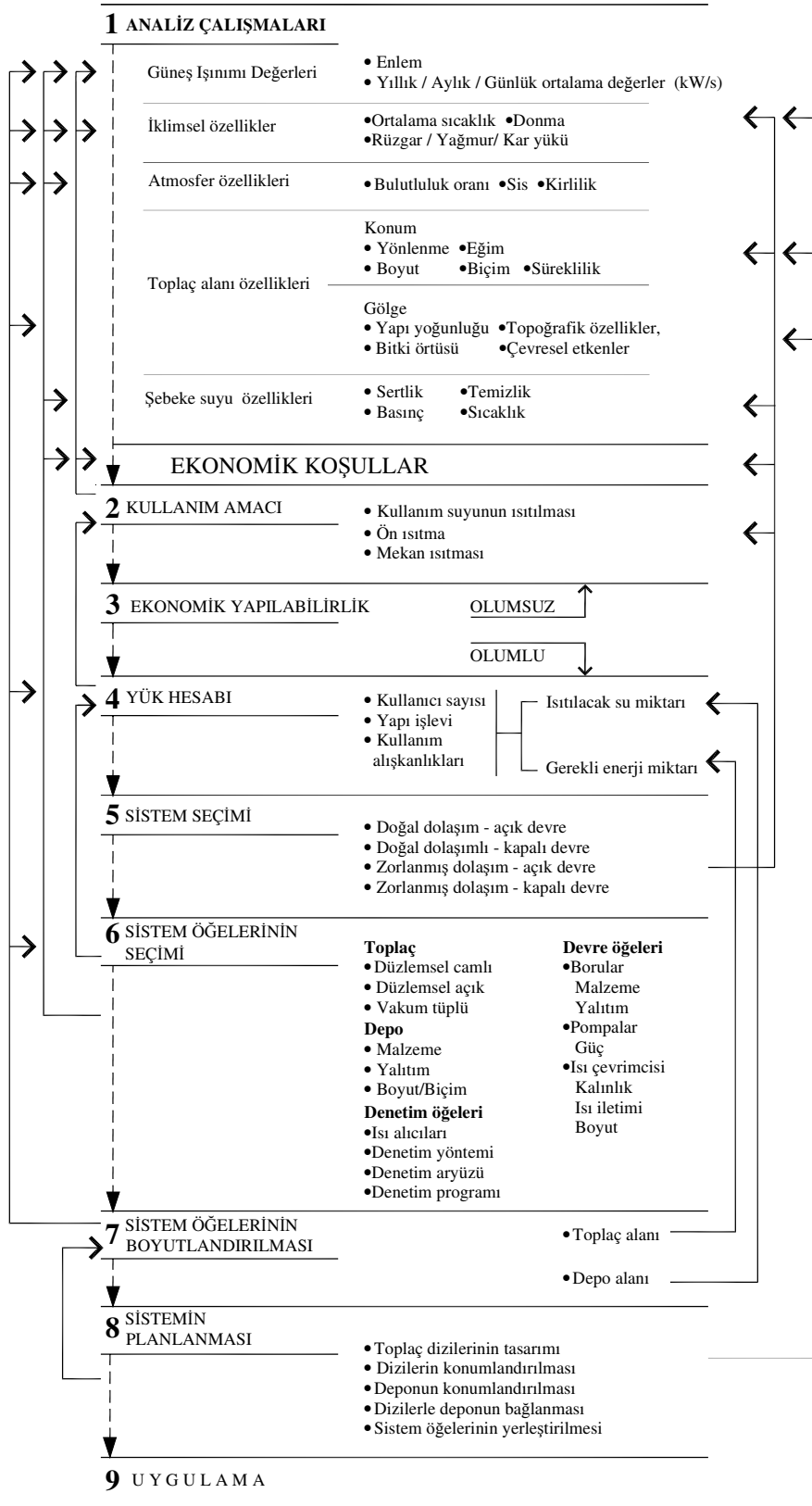
Sistemin kurulum amacına yönelik olarak en iyi verimin elde edilmesi için sistem öğelerinin birbirleri olan bağlantılarının, konumlarının belirlenmesi, ilişkilerinin ayrıntılı olarak planlanması ve projeler aracılığı ile gösterilmesi.

## **9. Sistemin uygulanması;**

Proje çalışmalarıyla elde edilen en uygun planlama doğrultusunda; toplaç alanları, depo/lar, ek ısıtma sistemleri gibi öğelerin yapı üzerinde ve içinde verim etkenlerinin göz önüne alınmasıyla yerleştirilmesi.

Günümüzde yukarıda adımları ilkesel olarak ortaya konan güneş enerjili su ısıtma sistemi tasarımında yardımcı olan, verim değerlendirmeleri ve ekonomik sonuçları da hesaplayan birçok bilgisayar programı mühendis ve mimarların kullanımına sunulmuştur. Bu bilgisayar programları, sistemin kurulacağı bölgenin iklim verileri doğrultusunda, değişik sistem öğeleri seçeneklerini sunmakta ve ayrı yapılandırma biçimlerinin verim ve ekonomiklik açısından sınanması sağlamaktadır. Ancak bu programların etkin biçimde kullanımı, olası sonuçların öngörümü ve yapı tasarımı sürecinde mimari ve sistem verimi optimizasyonun sağlanabilmesi için iyi bir sistem kurulumunda belirleyici olan tüm etkenlerin, aralarındaki ilişkinin ve tasarım adımlarının iyi anlaşılması önemlidir.

Sistem tasarım adımları, aralarındaki ilişkiler ve belirleyici olan etkenler şekil 3.11'deki güneş enerjili su ısıtma sistem tasarımı şemasında gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Güneş enerjili su ısıtma sistem tasarımı akış şeması



Günümüzde -özellikle büyük ölçekli- uygulamalarda, olası adımları yukarıda sıralanan biçimde olan sistem tasarımlarında bilgisayar benzetim (simülasyon) programları kullanılmaktadır. Tasarım sürecinde birçok ayrı planlama seçeneği üzerinde çalışılmakta ve en uygun sistem bu seçenekler arasından belirlenmektedir.

Şekil 3.19'daki şemada da görüldüğü üzere, başarılı bir güneş enerjili sıcak su sistem tasarımı için birçok ayrı değişkenin ekonomik koşulların sınırlamaları ile birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak, ilkesel olarak yüksek verimli bir güneş enerjili su ısıtma sistem tasarımı için özen gösterilmesi gereken konular,

- Toplaç alanları yönelim ve açı olarak uygun konumda yerleştirilmesi,
  - Toplaç alanlarının gölgelenme durumu incelenmesi ve gerekli önlemler alınması,
  - Toplaçların zarar görmesinin engellenmesi,
  - Toplaç alanlarının oluşturduğu yansımaların çevre üzerindeki etkilerinin incelenmesi,
  - Düzenli bakımın sağlanması için toplaçlara erişimin kolay ve rahat olması, yakınında su kaynağının ve bir akıtma sisteminin bulunması,
  - Büyük toplaç alanlarının temizlik elemanlarının ağırlığını kaldıracak biçimde tasarlanması,
  - Sistemin toplam ısı kayıplarının azaltılması,
  - Depo ile toplaçların arasındaki uzaklığın kısa olması,
  - Deponun merkezi ısıtma sisteminin yanında olması,
  - Toplaçların, deponun, boruların ve kanalların yalıtımının optimize edilmesi,
  - Yüksek ısı gerektiren uygulamalarda yalıtımın artırılması,
  - Boru ve kanalların bina içinden geçmesi,
  - Boruların bina içindeki dolaşımının yaz koşullarındaki etkilerinin göz önüne alınması,
  - Denetim sistemlerinin yapılandırmasında karmaşıklıktan kaçınılması,
  - Denetim teknolojileri, bilgisayar ve algılama teknolojileri, bakım ve onarım masraflarını arttıracığından özenle ve gerekli olduğu kadar sisteme dahil edilmesi,
  - Bakım masraflarının düşük olması,
  - Hareketli parçaların az olması,
  - Sistem yapılandırılmasının basit olması,
- olarak sıralanabilir.

### 3.2 Fotovoltaik Sistemler

Güneş ışınımindan toplaçlar aracılığı ile elektrik enerjisi üretip, bu enerjinin kullanımına olanak sağlayan bileşenlerin tümüne **Fotovoltaik (PV) Sistemler** denir. Pv sistemler, basit ya da karmaşık değişik yapılanmalarla, yol aydınlatması, deniz fenerleri, taşıt araçları, yapılar, elektrik santralleri, gibi birçok ayrı alanda elektrik üretimi için kullanılmaktadırlar.

Bir Pv sistemin temel görevleri,

- elektrik enerjisi üretmek,
- üretilen enerjiyi gerekli durumlarda saklamak,
- enerjiyi kullanım alanlarına güvenilir biçimde aktarmak,

olarak sıralanabilir. Bu görevleri gerçekleştirmek için yapılandırmasına bağlı olarak;

- Toplaç alanları,
- Saklama üniteleri (piller),
- Çevrim aygıtları (convector),
- Düzenleyici aygıtlar,
- Denetim elemanları

gibi öğelerin tümünden ya da bir kısmından oluşabilen Pv sistemlerin tümünde, (Pv) toplaçlar, sistemlerin değişmez ve en önemli öğesidir.

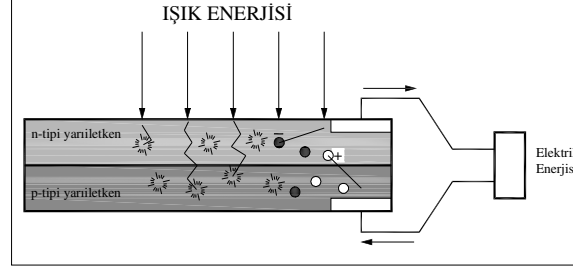
Güneşin görünür ışınımları olan ışık enerjisinden elektriğin üretildiği ve yük alanlarına aktarıldığı Pv toplaçların yapısı, özellikleri ve çalışma biçimleri Pv sistemlerin temel belirleyicisidir. Üretim teknolojisine, yarı iletken malzeme özelliklerine, gereksinime bağlı olarak değişik tiplerde üretilebilen Pv toplaçların temel birimini ise *Pv Hücreler* oluşturur. Pv hücre, toplaçların ve Pv sistemlerin güç, maliyet, verim, biçim, görünüş gibi özelliklerini belirleyen temel yapı taşıdır. (DOE, 1997)

#### 3.2.1.1 Pv Hücre ( PV Cell)

Pv hücreler fotovoltaik ilkeye dayalı olarak, üzerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşan, silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür gibi yarı iletken malzemelerden üretilen birimlerdir.

Bilindiği gibi güneş ışığı, tayfsal yapısına bağlı olarak değişik oranda enerji içeren fotonlardan oluşur. Fotonlar Pv hücrelerinin üzerine geldiğinde yansır, ya da yutulur. Yüze gelen fotonlar yutulduğunda enerjisi, yarı iletken malzemenin atomik yapısında bulunan

elektronlardan birini bulunduğu konumundan ayrılarak açığa çıkmasını ve elektrik akımının bir parçası olmasını sağlar. Bir iletken yardımıyla oluşan bu akımın dışarı aktarılmasıyla Pv hücre aracılığı ile elektrik enerjisinin üretimi gerçekleşir.(Şekil 3.12) (www.sandia.gov/pv)



Şekil 3.12 Pv hücrenin çalışması

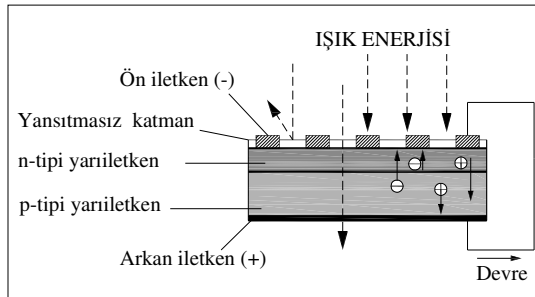
### Pv hücrenin yapısı

Kare dikdörtgen daire gibi değişik şekillerde olabilen Pv hücrelerinin boyutları 1cm ile 15 cm arasında, kalınlıkları ise 0.2-0.4 mm arasında değişebilmektedir.

Tipik bir güneş hücresinin katmanları

- Saydam örtü tabakası,
- Yansıtmasız katman,
- Elektronların devreye girmesini sağlayan üst iletken,
- Elektronların harekete başladığı yarı iletken malzeme,
- Elektrik devresinin tamamlandığı alt iletken

olarak sıralanmaktadır. Pv hücrenin niteliği, gücü ve verimi bu katmanların özelliklerine bağlıdır. (Şekil 3. 13) (DOE, 2005)



Şekil 3.13 Pv hücrenin yapısı

*Örtü tabakası:*

Yarı iletken malzemeyi ve elektrik iletkenlerini dış hava koşullarından koruyan saydam tabakadır. Bu tabakanın güneş ışınımını geçirme özellikleri toplacın verimini belirler.

*Yansıtmasız katman (Seçici Yüzey):*

Toplaç üzerine gelen güneş ışınımının bir bölümü örtü tabakasında bir kısmı ise yarı iletken malzemenin yüzeyinde yansır. Hücrenin verimli çalışabilmesi ise yarıiletken malzemede yutulan ışığın niceliğine bağlı olduğundan yansımaların azaltılması gerekir. Yarı iletken malzeme üzerinde oluşan yansımaların azaltılmasında; yüzeyin yansıtıcılığı az olan silikon monoksit gibi ince bir malzeme ile kaplanması, yarı iletken malzemenin yüzeyinin yansımaları tekrar kendi üzerine yansıtacak biçimde kimyasal aşındırma yöntemi ile pürüzlendirilmesi yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

*Elektrik İletkenleri:*

Pv hücreleri üzerinde bulunan ön ve arka iletkenler, üretilen enerjinin dışarıya alınmasında köprü görevi gördüğünden hücrenin niteliğini belirleyen önemli etkenlerden biridir. Arka iletken, hücrenin altında levha biçiminde oluşturulur. Hücrenin üst kısmında ise iletken olarak, güneş ışınımının yarı iletken malzemeye erişiminin sağlanması için metal ızgaralar kullanılır. Izgaranın telleri, iyi bir iletim sağlayacak ve çok direnç oluşturmayacak kadar kalın, ışığın yarıiletken malzemeye gelmesini engellemeyecek kadar ince olması gerekir. (DOE, 2005)

*Yarı iletken Malzemeler*

Güneş hücreleri Silikon başta olmak üzere çok değişik yarı iletken malzemelerden üretilmektedir. Yarı iletken malzemenin;

- atomik yapısı (kristalize oranı),
- enerji dönüşüm verimi
- belli bir kalınlıkta ışığı yutma miktarı (yutuculuk oranı)
- güneş ışığı tayfında yararlanabildiği dalga boyu aralığı (kopma enerjisi Bkz Ek 5)
- kullanılma kalınlığından ve üretim biçiminden kaynaklanan maliyet artışı

özellikleri Pv hücre tasarımında ve yarı iletken seçiminde belirleyici temel etkenlerdir.

Yarı iletkenler, üretildikleri malzemelere, malzemenin yapısına ya da üretim teknolojilerine göre sınıflanabilmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve gelecekte kullanılacağı öngörülen yarı iletken malzemeler çizelge 3.7' de sıralanmıştır.

Çizelge 3.7 Pv hücre yarı iletken malzemeleri

<b>Kristalize yarı iletkenler</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekli Kristalize Silikon (Single-Crystalline Si),</li> <li>• Çoklu Kristalize Silikon (Multicrystalline Si),</li> </ul>
<b>İnce film (Thin Film) yarı iletkenler</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copper Indium Diselenide (CIS)</li> <li>• Cadmium Telluride (CdTe)</li> <li>• Biçimsiz silikon (Amorphous Si)</li> <li>• Gallium Arsenide (GaAs)</li> </ul>

Son 25 yıldır kristalize silikon Pv hücre üretiminde en çok kullanılan malzeme olmuştur. Ancak ince film teknolojisindeki son gelişmeler, birçok uzmanı ince film Pv hücrelerin gelecekte piyasanın liderleri olacağına ve Pv endüstrisinin amacı olan düşük maliyet ve güvenilir enerji kaynağı amacını gerçekleştireceğine inandırmıştır. (Andresen, 2002) Yarı iletken malzeme özellikleri doğrultusunda Pv hücrelerin yaklaşık verimleri çizelge 3.8’de verilmiştir. (Endecon, 2001)

Çizelge 3.8 Yarı iletken malzemelerin Pv hücre verimleri

(%)	Pazar verimi	Ölçülen max. verim	Max. lab. verim
<b>Tekli kristal</b>	12-15	22.7	24.0
<b>Çoklu kristal</b>	11-14	15.3	18.6
<b>Amorf Silikon</b>	6-8	10.2	12.7
<b>Cadmimum Telluride</b>	7-10	13.0	16.0
<b>Copper Indium Disenenide (CIS)</b>	8-12	13.0	18.8

### 3.2.1.2 Pv Hücrenin Verimi

Bir Pv hücrenin verimi, üzerine gelen güneş ışığı miktarının, üretilen elektrik enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi bir Pv hücrenin verimi temelde, üzerine gelen ışık enerjisi özelliklerine ve hücrenin niteliğine bağlı olarak değişir. Bir hücrenin veriminde etkili olan diğer konular ise, hücre öğelerinin niteliği ve yapılandırılması, yani hücre tasarım özellikleridir.

Hücre veriminde etkili olan fizikler olgular aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Tekrar birleşme (recombination),
- Doğal direnç,
- Isınma,
- Yansıma,
- Elektriksel direnç

Bir hücrede kullanılan malzemelere ve yapım teknolojisine bağlı olarak Pv hücrede oluşan bu olgular ve hücre üzerine gelen ışık enerjisi özellikleri hücre verimini belirleyen en önemli etkenlerdir. ([www.sandia.gov/pv](http://www.sandia.gov/pv))

#### *Işık Enerjisi*

Güneşten yayımlanan enerji geniş bir tayfsal aralığı içerir Pv hücreler bu tayfsal aralığın küçük bir kısmını oluşturan görünür ışınlardan yani ışıktan yararlanırlar. Işık enerjisi, Pv hücrenin verimini nicel ve nitel özellikleri doğrultusunda etkiler. Işığın niceliği ve niteliği yayımlandığı kaynağa bağlıdır ve Pv sistemlerde güneş ışık kaynağı olarak değerlendirildiğinden normal koşullarda ışığın nicel ve nitel özellikleri değişken bir yapıdadır. Ancak Pv hücrelerin verim hesaplarında ışık sabit bir değer olarak ele alınmaktadır.

#### *Tekrar birleşme*

Akım oluşturan elektronların, elektrik akımına dahil olamadan boşluklara yeniden bağlanması verimi etkileyen en önemli sorunlardan biridir. Elektronlar doğrudan boşluklara yeniden bağlanabildiği gibi, malzemedeki kaynaklanan bozuk alanlara, ara yüzeylere ya da yüzeylere birleşerek oluşacak akımın azalmasına neden olurlar.

#### *Doğal direnç*

Bir Pv hücrede akımın oluşması sürecinde, yarı iletken malzemenin kendisinde, ince üst yüzeyde ve hücre ile elektrik iletkenlerinin arasında oluşan doğal dirençlerin nicelikleri Pv hücrenin verimini etkiler.

#### *Isı:*

Pv hücreler, malzemesinin özelliğinden ötürü düşük ısılarında verimli çalışırlar, ısı yükseldikçe verimleri düşer. Hücreye gelen güneş ışınımının özelliklerinden ve ışığın büyük kısmının da ısı enerjisine dönüşmesinden ötürü oluşan ısı yükselmesi Pv hücre ve sistem verimi açısından temel konulardan biridir.

### Yansımaya

Pv hücrelerin üst yüzeyinde güneş ışığının yansımaya verimi düşüreceğinden Pv tasarımında yansımaların azaltılması için gerekli önlemlerin alınması gerekir.

### Elektriksel direnç

Yarı iletken malzeme içinde oluşan akımın hücreden dışarı alınmasında iletkenlerin boyutuna bağlı olarak elektriksel direnç oluşur. Bu direncin azaltılmasında iletken tasarımı ve teknolojisi hücre tasarımının önemli konularından biridir.

Yarı iletken malzemenin özellikleri değiştirilemezken, hücrenin yapılandırılmasında uygun malzeme seçimi ve dikkatli bir tasarım ile verim geliştirilebilir. Işığın yapısına ve malzeme özelliklerine bağlı olarak üzerine gelen ışık enerjisinin yaklaşık %55'ni değerlendiremeyen (Bkz Ek 5) Pv hücrenin verimini belirleyen etkenler çizelge 3.9'da sıralanmıştır.

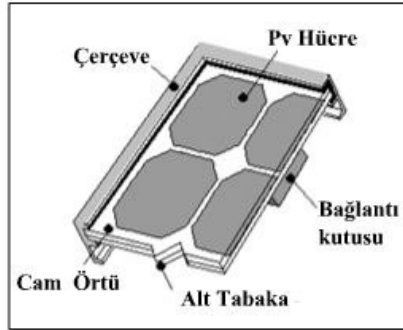
Çizelge 3.9 Pv hücre verimini belirleyen etkenler

<b>Işık enerjisinin özellikleri</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nicelik</li> <li>Nitelik (tayfsal yapısına bağlı olarak taşıdığı foton enerjisi)</li> </ul>
<b>Hücre öğelerinin nitelikleri</b>	<b>Yarı iletken malzeme</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atomik yapısı</li> <li>Enerji dönüşüm verimi</li> <li>Işık yutma katsayısı</li> <li>Kopma enerjisi</li> <li>Kalınlık</li> </ul>
	<b>Seçici yüzey</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yansıtma katsayısı</li> <li>Yutma katsayısı</li> </ul>
	<b>Elektrik iletkenleri</b>
<b>Hücre çalışmasına bağlı olgular</b>	<b>Tekrar birleşme</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yarı iletken özellikleri</li> <li>Bozulmalar</li> <li>Kırılmalar</li> </ul>
	<b>Doğal direnç</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yarı iletken özellikleri</li> </ul>
	<b>Isının artması</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dış sıcaklık</li> <li>Kopma enerjisi</li> <li>Işık enerjisinin ısı enerjisine dönüşüm oranı</li> </ul>
	<b>Yansımaya</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Koruyucu katman yansıtma katsayısı</li> <li>Yarı iletken yansıtma katsayısı</li> </ul>

### 3.2.1.3 Pv Toplaçlar (Pv Molule)

Bir Pv hücresi yaklaşık 1-2 watt elektrik enerjisi üretir. Ancak bu enerjinin birçok uygulama için çok az olduğu açıktır. Güç çıkışını artırmak amacıyla, çok sayıda Pv hücresinin bir yüzey üzerinde birbirine paralel ya da seri bağlanmasıyla oluşturulan, yapıya Pv toplaç (Pv modüle, güneş modülü) denir ve genellikle aşağıda sıralanan katmanlardan oluşur. (Şekil 3.14) ([www.sandia.gov/pv](http://www.sandia.gov/pv))

- Pv hücrelerden,
- Koruyucu tabakadan,
- Yansıtmasız yüzeyden,
- Tüm elemanları bir arda tutan çerçeveden,
- Elektrik bağlantı kutusundan (junction box)



Şekil 3.14 Pv toplacın yapısı

Gelişen teknoloji ile toplaçlar bir kaç ayrı biçimde üretilmektedir.

Pv toplaçlar biçimsel olarak,

- Düzlemsel toplaçlar
  - Çerçeveli toplaçlar
  - Çerçevesiz toplaçlar
- Yoğunlaştırıcı toplaçlar
- Esnek toplaçlar

Pv hücrenin malzemesine göre

- Kristalize toplaçlar
- İnce Film toplaçlar

olarak sınıflandırmaktadır.

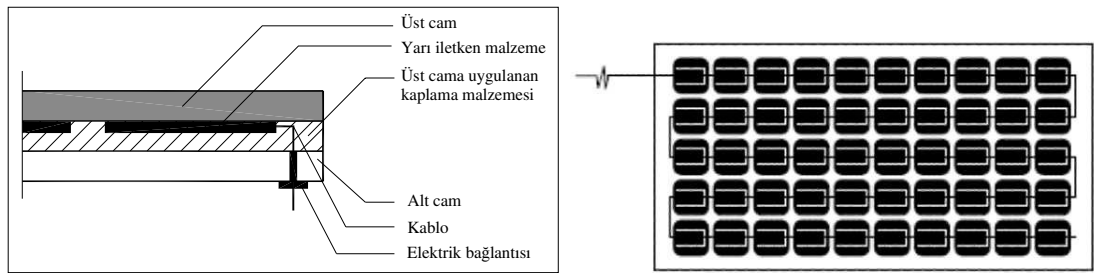


### Çerçevesiz Pv Toplaçlar:

Pv hücreleri alüminyum vb. bir malzemeyle çerçeveleyerek bir arada tutan toplaç türüdür. Günümüzde birçok uygulamada değişik boyutlarda ve biçimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

### Çerçevesiz Pv Toplaçlar

Pv hücrelerin iki cam ya da cam ve arka tutucu yüzey arasına alınarak, yan boşlukların yine cam bir mühürle kapatılması ile ayrı bir çerçeveye gereksinim olmadan üretilen toplaçlardır. Cam Pv toplaçlar (glass to glass Pv modüle), olarak da adlandırılan çerçevesiz toplaçlar, kullanılan yarıiletken malzemenin özelliklerine, kaplama yöntemlerine, elektriksel donanımına bağlı olarak değişik biçimde üretilmektedir. (Eiffert ve Kiss, 2000) Şekil 3.15’de plan ve kesiti görülen çerçevesiz cam Pv toplaçlar; yapılar, camın kullanıldığı her alanda değerlendirilebilmektedir.



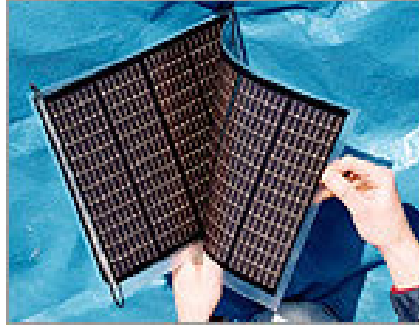
Şekil 3.15 Çerçevesiz Pv toplaçların kesit ve görünüşü

### Kristalsilikon Toplaçlar

Bu toplaçlarda yüksek verimli tek ya da çok kristal silikon yarı iletken malzemesi kullanılmakta ve ayrı hücreler iki cam tabaka arasına ya da bir cam ve Tedlar gibi örtücü bir film arasına yerleştirilmektedir. Çerçevesiz ya da çerçevesiz olarak üretilmektedir.

### İnce Film Toplaçlar

Biçimsiz silikon (amorf silikon), CIS ( copper indium Diselendi) ve CdTr (cadmium Telluride), gibi yarı iletken malzemeler kullanıldığı toplaçlardır. Tek bir yüzey olan bu yarıiletken malzeme iki cam arasında; üst ya da alt cama tutturularak veya metal plastik vb. bir malzeme üzerinde çerçevesiz ya da çerçevesiz olarak geniş alanlarda kullanılabilir. Ayrıca esnek bir yapıda da üretilebilen ince film toplaçlar değişik uygulamalara olanak tanıyabilmektedir. (Şekil 3.16) ([www.ece.umar.edu](http://www.ece.umar.edu))



Şekil 3.16 İnce film toplaçlar

### 3.2.1.4 Pv Toplaç Verimi

Bir Pv toplaçın verimi,

- *Güç verimi:*(watt) en yüksek güç ya da tüm gün üretilen ortalama güç,
- *Enerji verimi:* Birim zamanda (Wh), birim alandan (Wh/m<sup>2</sup>); birim kütlede (Wh/kg); birim maliyetten (Wh/\$)gibi belli bir birimden üretilen enerji oranı,
- *Çevrim verim:* toplaçın, üzerine gelen güneş ışınımından elde ettiği enerji, (toplaçın ürettiği enerji/güneş enerjisi x100)

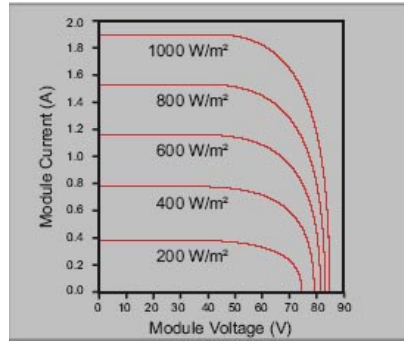
olarak tanımlanmaktadır. (Gregg, 2005))

Pv toplaçların verimini belirleyen temel etkenler, toplaç üzerine gelen güneş ışığı ve toplaçın niteliğidir. Bir Pv toplaçın verimi üzerinde etkili olan konular çizelge 3.10' belirtildiği gibi sıralanabilir.

Çizelge 3.10 Pv toplaçların verimini belirleyen etkenler

<b>Güneş Işığının Niceliği</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Astronomik özellikler</li> <li>• Coğrafi özellikler</li> <li>• Geometrik özellikler</li> <li>• Atmosferik özellikler</li> <li>• Çevre Etkileri</li> </ul>
<b>Güneş Işınımı Niteliği</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Işığın tayfsal yapısı</li> </ul>
<b>Pv hücre verimi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yarı iletken malzeme özellikleri</li> <li>• Seçici yüzey niteliği</li> <li>• Elektrik iletkenlerinin niteliği</li> <li>• Hücre tasarım özellikleri</li> </ul>
<b>Toplaç niteliği</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pv hücrelerin bağlantı özellikleri</li> <li>• Elektriksel direnç</li> <li>• Koruyucu tabaka yansıtma çarpanı</li> <li>• Koruyucu tabaka yutma çarpanı</li> </ul>

Pv topplaçların verimlerinin gerçek çalışma koşullarında değişken olacağı ve güç çıktılarının sabit olamayacağı açıktır. Ancak Pv topplaçlar belli koşullar altında belli bir enerjiyi üretmesi için tasarlanır. Pv topplaçların en yüksek güç çıktı değerleri, laboratuvar ortamında, standart test koşullarında (STC) yüksek ışık düzeylerinde, uygun hava kütlesi değerinde ve düşük hücre ısısında ölçülür. Toplaç verimleri genel olarak 1000 W/m<sup>2</sup> ışık enerjisi altında, 25 C ısıda ve 1.5 AM G koşulları sabit alınarak hesaplanmaktadır. Şekil 3.17 de lab. koşullarında bir Pv toplacın değişik ışık akıları altındaki verim eğrileri görülmektedir. (Perez, 1991)



Şekil 3.17 Pv toplac verimi

Topplaçların kullanım süreçlerinde karşılaştıkları gerçek koşullar, ölçüm koşulları ile aynı değildir. Topplaçlar, sürekli değişen güneş ışınımı ve ısı değerlerinde çalışmak zorundadır. Özellikle de iklim koşullarına ve enleme bağlı olarak topplaçlardaki sıcaklık yüksek değerlere ulaşır. Değişen çevre koşullarına bağlı olarak, Pv topplaçlar laboratuvarında ölçülen ya da hesaplanan verim değerlerinde çalışmazlar. Çizelge 3.11’de, bir Pv toplacın sabit koşullar altında hesaplanan ve bir yıl süreyle normal çalışma koşulları altında ölçülen elektriksel değerleri görülmektedir. (Perez and Shutze, 1995)

Çizelge 3.11 Gerçek koşullarda Pv toplac verim değerleri

	Hesaplan değerler	Ölçülen değerler	Hesap yüzdesi %	
<b>Isc</b>	5.00	5.43	108.6	<b>Amper</b>
<b>Voc</b>	22.03	18.70	84.9	<b>Volt</b>
<b>Pmax</b>	85.00	68.78	80.9	<b>Watt</b>
<b>Vpmax</b>	18.00	14.36	79.8	<b>Volt</b>
<b>Ipmax</b>	4.72	4.79	101.5	<b>Amper</b>
<b>Pv tepm</b>	25	51	202.0	<b>°C</b>
<b>Isınım</b>	100	106	106.0	<b>mW/cm2</b>

Hesap değerleri ile gerçek koşullardaki verim değerleri arasında olan bu ayrımlardan dolayı Pv toplaçların çalışma sürecindeki veriminin öngörülmesi için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri NOCT (Normal Operating Temperature) normal çalışma sıcaklığı ölçümüdür ve yüksek ısı altında Pv toplaçın verimi değerlendirilir. Bir diğer yaklaşım ise, gün boyunca değişen oranlarda gelen güneş ışığı miktarını göz önüne alan AMPM standardıdır. Bu yöntem, en yüksek ışık enerjisi değerini değil tüm gün koşullarını göz önüne alarak ışık enerjisi, dış sıcaklık ve hava kütlesi bakımından tüm gün için ortalama değerler alır. (Perez, 1991)

### 3.2.2 Pv Sistemler

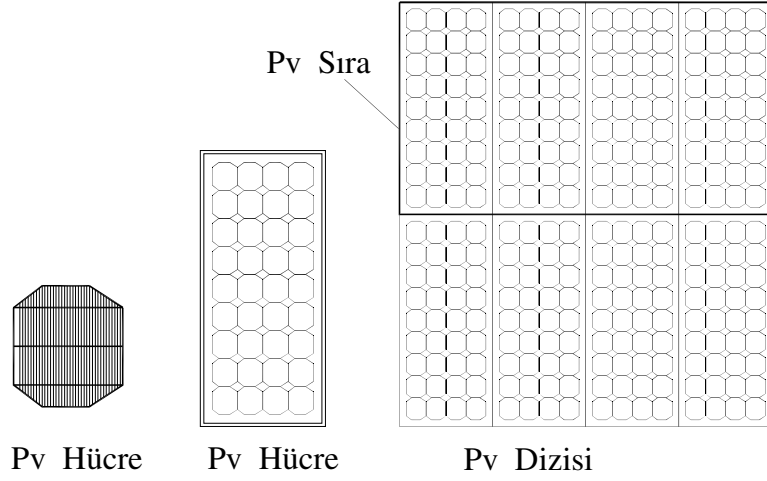
Daha önce de tanımlandığı gibi, güneş ışığından elektrik üreten ve yükü karşılayan tüm birim ve alt sistemlerin bütününe *Fotovoltaik (PV) Sistemler* denir. Bir Pv sistemin etkin bir biçimde çalışması için Pv toplaçların yanı sıra, üretilen elektriğin yk tarafından kullanılabilir duruma getirilmesi ve bu enerjinin dağıtımını için birçok aygıtın dengeli bir biçimde, bir arada çalışması gerekir. Pv sistemler, enerji gereksiniminin özelliklerine, ekonomik koşullara, şebeke koşullarına bağlı olarak birçok ayrı biçimde oluşturulabilir. Yapılanması nasıl olursa olsun, maliyet, verim, ömür, geri ödeme, evre konuları ve güvenirliği ile optimum bir etkinliği sağlaması beklenen Pv sistemlerin hepsi temel olarak üç alt sistemden oluşur:

- enerji üretimini gerçekleştiği **toplaç dizileri**,
- Üretilen enerjinin kullanıldığı alan, **yk**,
- bu iki sistemi birbirine bağlayan yani üretilen enerjinin yüke aktarılmasını sağlayan aygıtların oluşturduğu **denge sistemi** (Balance of System BOS) ([www.sandia.gov](http://www.sandia.gov))

#### **Toplaç Dizileri:**

Bilindiği gibi, uygulamaların çoğunda enerji gereksiniminin büyüklüğüne bağlı olarak çok sayıda toplaçın birlikte çalışması gerekir. Enerji ıkışımını arttırılması, istenen düzeye ulaşması için, Pv toplaçların seri yada paralel bağlanarak bir arada kullanılmasıyla bir kaç watt'dan mega wattlara kadar enerji üretebilen sistemler oluşturmak olasıdır.

Pv toplaçların seri bağlanması ile sıralar (string) ve bunların uygulamanın özelliklerine bağlı olarak seri yada paralel olarak bağlanması ile diziler (array) oluşturulur. Böylece, bir Pv sistem gerekli olan enerjiyi değişik boyutlarda tasarlanabilen diziler aracılığı ile üretir.



Şekil 3.18 Pv toplaç dizileri

Dizilerin ürettiği elektrik enerjisi oranı sistem verimini belirleyen en önemli etken olduğundan diziler Pv sistemlerinin en önemli birimdir.

Bir Pv dizisinin verimini belirleyen temel etkenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Dizilerin aldığı güneş ışığı niceliği,
- Kullanılan hücre ve toplaçların verimi,
- Dizilerin uygun biçimde tasarımı,
- Dizilerin bakım onarımı,

Dizilerin oluşturulması sırasında toplaçların birbirine bağlanmasından ve kablolarda olan kayıplar sistem veriminin %2 dolaylarda azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kablo boyutlandırması, dirence bağlı kayıplar üzerinde belirleyici olduğundan, toplaç dizilerinin tasarımı dikkatle ele alınması gereken bir konudur. (DOE, 2005) Sistemin bir bileşeninde oluşan bozulmanın tüm sistem verimini düşüreceğinden bakım/onarım konuları Pv toplaçların temizliği, oluşan hasarların zamanında tamiri verimli bir sistem için önemlidir. Pv toplaçların temel birimi hücreler; kırılma, iç bağlantı bozuklukları, direnç artması gibi bozulmalarla karşı karşıya olsa da, hareketli parçaları olmayan sabit ve sağlam malzemeler olarak değerlendirilir ve uzun ömürlü ve güvenilir kabul edilir. Bundan dolayı toplaç ve dizilerin güvenilirliği dizi tasarımında daha önemli bir konu olarak ortaya çıkar. Cam tabakanın kırılması, elektrik yalıtımının bozulması gibi bozulmalar, toplaçı etkisiz kılacağından, uygulama ve kullanım sürecinde önlemlerin alınması gerekmektedir. (Eiffert and Kiss, 2000)

**Yük:**

Yük, toplaçların üreteceği elektrik enerjisinin kullanılacağı alandır ve bir elektrik akımında gücü kullanan tüm aygıt ve uygulamalar olarak tanımlanır. Genelde amper ya da Watt olarak değerlendirilen yük; yapıda kullanılan aydınlatma sistemi, buzdolabı, saç kurutma makinesi, ütü, su motoru gibi tüm elektrikli aygıtların gereksinim duyduğu güç ile kullanım sürelerinin çarpımıyla elde edilen değerlerin toplanması ile hesaplanır. Bir sistemin karşılayacağı elektrik yükün hesaplanması için, gün boyunca tv, radyo, buzdolabı, lambalar, su pompası vb. gibi birçok değişik aygıt ve uygulamanın gereksinim duyduğu enerji miktarının belirlenip listelenmesi gerekir.

Bazı aygıt ya da uygulamalar, tüm gün boyunca elektrik enerjisine gereksinim duyarken bazıları gün içinde belli zamanlarda çalışır. Yapının günlük elektrik enerji gereksinimi, aygıtların çalışma sırasında harcadıkları güç miktarı ile çalışma saatlerinin çarpımı ile bulunan değerlerin toplanması ile belirlenir. Tüm aygıtların ay boyunca harcadıkları enerjinin hesaplanmasıyla aylık ortalama yük gereksinimi belirlenir. Yük hesabında haftanın günlerine, yılın aylarına bağlı oluşabilecek enerji gereksinimi ayrılıklarının göz önüne alınması daha gerçekçi hesapların yapılabilmesi açısından önemlidir.

**Denge Sistemi**

Bir Pv sistemin dengeli ve verimli çalışabilmesi için üretilen enerjinin yüke iletimindeki arabirimlerin birbirleri ile uyum içinde çalışması önemlidir. Bundan ötürü, toplaçlardan üretilen enerjinin yük alanına iletilmesini sağlayan tüm ara elemanlar bütününe denge sistemi (Balance of System BOS) denmektedir. Denge sistemi; Pv sistemin genel yapısına bağlı olarak, aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır: (DOE, 2005)

- Taşıyıcı sistem,
- Güç düzenleme sistemi,
- Saklama sistemi,
- Bağlantı elemanları,
- Kablolama,

*Taşıyıcı sistem:*

Pv dizilerini, belli bir yönelim ve eğimle sabit ya da hareketli bir biçimde ayakta tutan yapılardır. Bu taşıyıcıların rüzgar, yağmur ve kar yükleri gibi dış hava koşullarına dayanıklı olması gerekir.

### *Güç Düzenleme Sistemi:*

Pv lerden üretilen enerjinin yükü karşılayabilecek yeterlilikte ve uygunlukta olabilmesi için gerekli işlevlerin gerçekleştiği sistemdir. Bir güç düzenleme sisteminin -Pv sisteminin yapılandırmasına göre ayırım göstermekle birlikte- temel işlevleri,

- Pv dizilerinin ürettiği güç çıkışını yükün gereksinim duyduğu akım ve voltaj değerlerinde tutmak,
- Pv dizilerinden üretilen doğru akım (DC) elektriğin alternatif (AC) akıma çevirmek,
- Pv sistemin şebeke bağlantılı olması durumunda üretilen akımı, şebeke akımına uyumlu hale getirmek,
- Üretilen güç ve yük arasında oluşan değişimleri denetlemek ve gerekli sistemleri devreye sokmak,
- Bakım onarım sırasında personel ve şebekenin olası tehlikelerden korunması için gerekli önlemleri almak,
- Sistemden üretilen gücü izlemek,

olarak sırlanabilir.

Sistemin dengeli bir biçimde çalışması için ayrı işlevleri yerine getiren bir güç düzenleme sistemlerinde genel olarak Pv sistemin özelliklerine bağlı olarak bulunması gereken aygıtlar ise şunlardır:

- Voltaj – akım düzenleyici,
- Şarj denetleme ayıtları,
- DC – AC Akım çevirimci (inverter)
- Denetleme birimleri
- Ölçüm birimleri
- Güvenlik birimleri

Pv topaclar elektrik enerjisini DC akım olarak üretir. Sistemde yük alanındaki aygıtların AC akım ile çalışması durumunda DC akımın AC akıma çevrilmesi gerekir. DC-AC akım çevrimcileri bu işlevi yerine getiren elektronik aygıtlardır ve çalışma verimleri Pv sistemin verimini doğrudan etkilediğinden topaclarlardan sonra en önemli sistem öğeleridir. Çevrim aygıtlarında olan kayıplar, sistemde oluşan toplam kayıpların %6-10'nu oluşturduğundan, sistemin yapılanmasına ve gereksinimine göre çevrimci seçimi ve niteliği sistemin verimi açısından önemlidir.

Ölçüm ve denetleme birimleri; yükün gereksinim duyduğu enerjinin tümünün ya da bir bölümünün Pv topaclar tarafından sürekli ve güvenilir biçimde sağlanmasını gerçekleştiren sistemlerdir. Gerekli durumlarda yedek sistemlerin çalışması ya da şebeke gücüne bağlanmak için Pv sistemin ürettiği gücün ölçülmesi ve denetlenmesi, sürekliliğin ve güvenilirliğin sağlanması açısından önemlidir. Güvenlik birimleri, sistemde oluşan sorunların belirlenmesi ve gerekli durumlarda personel ve aygıt güvenliğinin sağlanması için önlemlerin alınması için oluşturulan birimlerdir. Denge sisteminde bulunan aygıtların seçimi, birbiri ile uyumu ve dengeli bir biçimde çalışması Pv sisteminin verimli çalışmasını ve tasarımını belirleyen temel konudur.

#### *Saklama (Pil Akü) depolama:*

Şebekeye bağlı olmayan sistemlerde, güneş ışınımının olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda yükün devamlı olarak karşılanabilmesi için depolama ünitelerine gereksinim vardır. Üretilen elektrik enerjini depolamada *Piller* den yararlanır. Güneşli günlerde elde edilen enerji, üretiminin yetersiz olduğu zamanlarda kullanılmak üzere pillerde saklanır.

Piller, sistemin sürekliliğini sağlamakla beraber, kendilerine aktarılan enerjinin ancak %80'nini geri verdiklerinden, verimin büyük oranda düşmesine de neden olurlar. Bina içinde belli bir hacme gereksinimi olan pillerin düzenli olarak denetlenmesi ve yenilenmesi gerekir.

### **3.2.3 Pv Sistem Yapılandırma Biçimleri**

Günümüzde, değişik gereksinimlere, ekonomik koşullara, yapı işlevine, çevresel zorlamalara bağlı olarak Pv sistemler;

1. Kendine yeter sistemler (stand alone systems),
2. Şebeke bağlantılı sistemler (utility grid connected),
3. Karma (hybrid) sistemler,

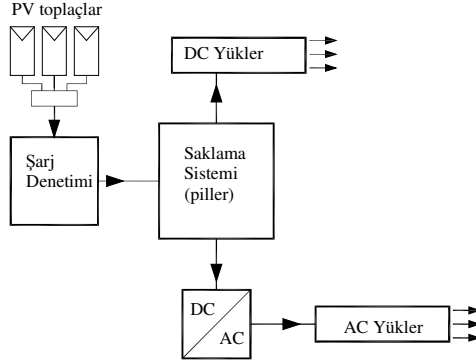
olmak üzere 3 ayrı biçimde yapılandırılabilir. (Thomas, 2001)

#### *Kendine Yeter Sistemler:*

Pv dizileri ve depolama sisteminden oluşan bu sistemlerde destekleyici bir ek kaynak yoktur. Pv topacların ürettiği elektrik, yükün tamamının karşılanmasında kullanılır. Bu tür Pv sistemlerde güneş ışığının yeterli olmadığı sürelerde yükün karşılanmasının sürekliliği için saklama sisteminin mutlaka olması gerekir. Basit bir kendine yeter Pv sistemde, güneşli saatlerde üretilen elektrik enerjisi pillerde depolandıktan sonra doğrudan kullanım alanlarına aktarılır. Genellikle, bu tür sistemler durak, parkometre, fener gibi küçük birimlerde



kullanılmaktadır. Kendine yeter Pv sistemlerin ürettikleri enerjinin karşılaması gereken yükün alternatif akım olması durumunda sisteme DC – AC çevrimcilerinin de eklenmesi gerekmektedir.

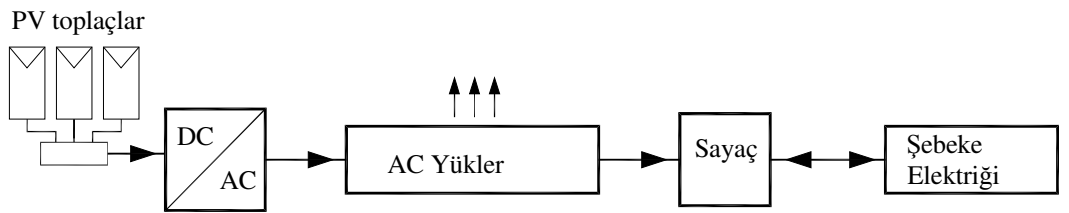


Şekil 3.19 Kendine yeter Pv sistem şeması

Kendine yeter sistemlerde, pillerin niteliği, sayısı, bakım onarımı, DC – AC çevrimci niteliği sayısı, sistemin yapılandırılması, kablolama ve bağlantı özellikleri sistem verimi üzerinde etkilidir. ( [www.ece.umr.edu](http://www.ece.umr.edu))

#### Şebeke Bağlantılı Sistemler:

Ortak üretim (cogeneration) sistemler olarak da adlandırılan bu sistemlerde yükün gerektirdiği elektrik enerjisi, Pv sistemin ve genel şebekenin ortaklaşa çalışmasıyla karşılanır. Bu tür sistemlerde, Pv sistem aracılığı ile üretilen elektriğin yeterli olmadığı durumlarda şebekeden elektrik alınır, gereksiniminin üzerinde elektrik üretildiğinde ise fazla enerji şebekeye satılır. Herhangi bir saklama sistemine gereksinim olmayan bu sistemlerde şebekeden alınan verilen elektriğin oranı bir sayaç sistemi yardımıyla belirlenir.

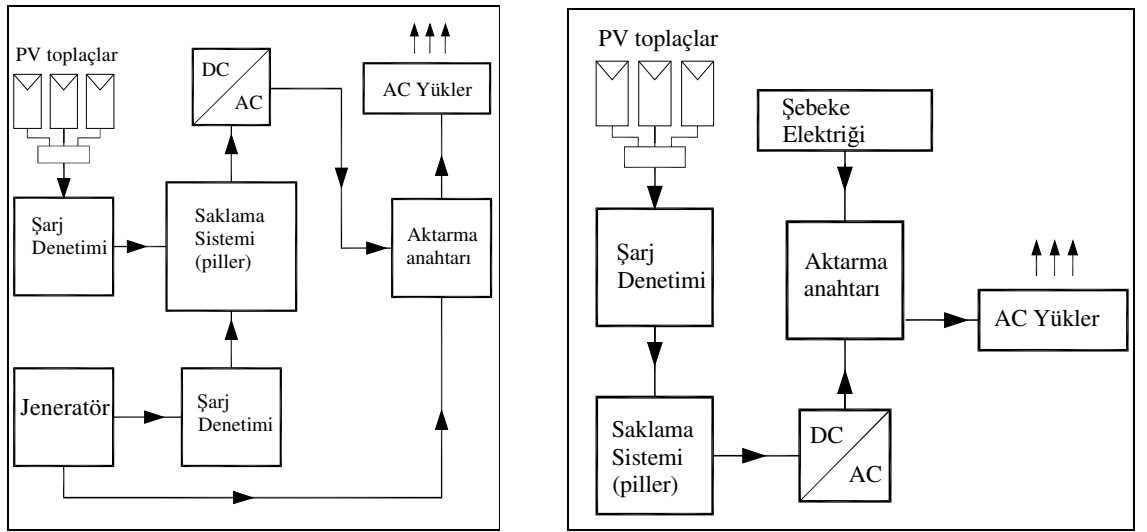


Şekil 3.20 Şebeke bağlantılı Pv sistem şeması

Bu tür sistemlerde en önemli konu, şebeke ile sistem arasında enerji niteliği uyumunun ve güç dengesinin kurulmasıdır. Pv sistemin ürettiği enerjinin şebeke enerjisine uyumunun sağlanması için çevrim işleminin özel elektronik aletlerle yapılması ve denetlenmesi gerekmektedir. Sistemde kullanılan DC – AC çevrimcilerin nitelik ve sayıları, sistemin planlama özellikleri, kablolama, bağlantı özellikleri, şebeke özellikleri gibi konular sistemin verimin belirlediğinden bu tür sistemlerde aygıt seçimi ve denge sisteminin yapılandırılması, sistem verimi açısından büyük önem taşır. (Endecon Energy, 2001)

#### *Karma sistemler:*

Karma sistemlerde saklama sisteminin yanı sıra, fazladan güç gereksinimi olması durumunda sisteme enerji sağlayacak ve saklama aygıtlarını (piller) dolduracak, katı yakıtlı yada doğal gazlı geleneksel elektrik üretim sistemleri de bulunur. Karma sistemler daha karmaşık denetleme sistemlerine gereksinim duymasına karşın diğer sistemlere göre daha güvenilirdir.



Şekil 3.21 Karma Pv sistem şemaları

Bu tür sistemlerde gerekli enerjinin sağlanmasında geleneksel sistemlerden ya da şebeke elektrigiinden de yararlandığından daha az Pv toplaç alanları yeterli olabilmektedir. Jeneratör gibi ek kaynakların kullanıldığı karma sistemler genelde, uzak yerleşim alanları gibi elektrik şebekesinin erişiminin zor olduğu ya da küçük sağlık birimleri gibi kesintisiz enerjiye gereksinim duyulan uygulamalarda kullanılmaktadır. ([www.ece.umn.edu](http://www.ece.umn.edu)).

### 3.2.4 Pv Sistem Verimi

Bir Pv sistemin verimi, sistemden sağlanan elektrik enerjisi miktarının üzerine gelen güneş ışığı niceliğine oranı olarak tanımlanmaktadır. Üzerine gelen güneş ışığıyla belli bir nicelik ve nitelikteki elektrik yükünün karşılanması için uygulanan Pv sistemlerin verimini belirleyen temel etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Toplaç dizilerinin verimi
- Sistem yapılandırması
- Sistem öğelerinin nitelikleri
- Yükün nicel ve nitel özellikleri

Günümüzdeki teknolojik olanaklarla iyi tasarlanmış bir Pv sistem bile dizilerin ancak %15 verimle çalışması ve diğer alanlarda olan kayıplara bağlı olarak, yaklaşık %11 verimle çalışır. (Gregg, 2005)

Pv sistemlerin verim hesaplamaları da güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde olduğu gibi değişken güneş enerjisi verilerine bağlı olduğundan kesin bir verim değerinden söz etmek olası değildir. Genelde toplaç verimleri standart koşullar altında belirlendiğinden ve bu koşullar gün içinde nadiren bir araya geldiğinden bu değerler üzerinden yapılan hesaplamaların gerçeği yansıtmayacağı ortadadır.

Pv sistem tasarımında, verim üzerinde etkili olan konuların iyice anlaşılması, konuya bütüncül bir yaklaşımın gerçekleştirilmesi ve yapılacak hesaplamaların gerçekçi olabilmesi açısından önemlidir. Pv sistemin verimi üzerinde belirleyici olan etkenler ayrıntılı olarak çizelge 3.12 de sıralanmıştır.

Çizelge 3.12 Pv sistemlerin verimini belirleyen etkenler

Toplaç dizisi verimi	Güneş Işınımı Niceliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Astronomik etkenler</li> <li>• Coğrafi etkenler</li> <li>• Geometrik özellikler</li> <li>• Atmosferik özellikler</li> <li>• Gölgeleme etkenleri               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı yoğunluğu</li> <li>• Topografya</li> <li>• Bitki örtüsü</li> </ul> </li> </ul>
	Güneş Işınımı Niteliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Işığın tayfsal yapısı</li> </ul>
	İklimsel Özellikler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rüzgar yükü</li> <li>• Yağış oranı</li> <li>• Kar yükü</li> <li>• Dış hava sıcaklığı</li> </ul>
	Toplaç niteliği	<p><b>Toplaç öğelerinin nitelikleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pv hücre niteliği               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yarı iletken malzeme                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomik yapısı</li> <li>• Enerji dönüşüm verimi</li> <li>• Işık yutma katsayısı</li> <li>• Kopma enerjisi</li> <li>• Kullanım kalınlığı</li> </ul> </li> <li>Seçici yüzey                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yansıtma katsayısı</li> <li>• Yutma katsayısı</li> </ul> </li> <li>Elektrik iletkenleri                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyutlandırma</li> <li>• Gölgeleme oranı</li> <li>• Direnç</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• Koruyucu tabaka               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geçirme katsayısı</li> <li>• Yansıtma katsayısı</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Toplacın tasarım özellikleri</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pv hücrelerin birleşimi</li> <li>• Kablolama</li> <li>• Bağlantı özellikleri</li> <li>• Elektriksel direnç</li> </ul>
	Bakım onarım	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temizlik</li> <li>• Bozulma kırılmaların belirlenmesi</li> </ul>
Sistem yapılandırması ve Sistem öğelerinin nitelikleri	Kendine yeter sistemler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saklama ünitesi sayısı ve verimi</li> <li>• Şarj denetleme ünitesi özellikleri</li> </ul>
	Şebeke bağlantılı sistemler,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC /AC çevrimci sayısı ve verimi</li> <li>• Denetim ünitesi özellikleri,</li> <li>• Koruma ünitesi özellikleri,</li> <li>• Şebeke özellikleri ve uyumu</li> </ul>
	Karma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC /AC çevrimci sayısı ve verimi</li> <li>• Denetim ünitesi özellikleri,</li> <li>• Saklama ünitesi özellikleri,</li> <li>• Şarj denetleme ünitesi özellikleri</li> </ul>
Yük	Nicelik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tüketim oranı</li> <li>• Sistemin yükü karşılama oranı</li> </ul>
	Nitelik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşlev (konut, hastane, çamaşırhane vb.)</li> <li>• Kullanım alışkanlıkları</li> <li>• Yoğun tüketim zamanları</li> </ul>

### 3.2.5 Pv Sistem Tasarımı

Pv sistem uygulaması, - yüksek maliyetine karşın - gelişen çevre bilinci ve sürdürülebilir yapı yaklaşımının kabul görmesi ile özellikle zenginleşmiş ülkelerde hızla yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda sağlanan gelişmelerle, Pv sistemlerin maliyetleri ve geri ödeme süreleri azalmakta, yapılarda uygulama örnekleri hızla artmaktadır. (IEA, 2002)

Pv sistemler, yıllık enerji giderlerini azaltmak, yerleşimlere uzak bölgelerde enerji gereksinimini karşılamak, çevre konularına karşı duyarlı anlayışı sergilemek, yenilikçi bir yaklaşımı değerlendirmek gibi değişik nedenlerle yapılarda uygulanmaktadır.

Herhangi bir nedenle yapıda Pv sistem kullanımına karar verilmesi durumunda, Pv sistem tasarımındaki temel aşamalar şöyle sıralanmaktadır:

1. Ekonomik olarak yapılabilirliğinin ortaya konması,
2. Sistem yapılanmasının belirlenmesi,
3. Sistemin boyutlandırılması ve planlanması

#### 1.Yapılabilirlik ön araştırması:

Pv sistemler pahalı uygulamalar olduğundan özellikle büyük sistemlerin tasarımında, sistemin kurulacağı alanın konumuna bağlı olarak veriminin, geri ödeme süresinin, sağlanacak yararın ne olacağının, tasarımın en başında, en az veri ile (konum işlev vb.) yaklaşık olarak hesaplanması önemlidir. İlk yaklaşım hesapları sistemin ekonomik olarak yapılabilir olduğunu gösterirse, ayrıntılı maliyet hesapları daha sonraki aşamalarda yapılabilir. Günümüzde geliştirilen birçok bilgisayar benzetim programı ile sistemlerin ekonomik yapılabilirliğinin hesabı kolaylıkla hesaplanabilmektedir. İlk maliyet hesaplarının olumsuz olması durumunda sistemin uygulanmasından vazgeçilmesi gereği ortaya çıkacağı açıktır.

#### 2. Sistem yapılandırılmasının belirlenmesi:

Yapıda uygulanacak Pv sistemin planlanabilmesi ve boyutlandırılabilmesi için sistem yapılandırılmasının -kendine yeter, karma yada şebeke bağlantılı- belirlenmiş olması gerekmektedir. Sistem seçimini belirleyici olan başlıca etkenler şunlardır:

- Sistemin kurulum amacı,
- Ekonomik koşullar,
- Sistemin şebekeye uzaklığı,
- Şebeke özellikleri,
- Yönetmelikler ve uygulamalar.

### **3. Sistemin planlanması ve boyutlandırılması:**

Sistem seçimiyle birlikte; -pil, AC-DC çevrimci, denetim elemanları gibi- sistem yapılanması için gerekli olacak tüm öğelerin belirlenmesi gerçekleştirilebilir. Belirlenen sistem öğelerinin niteliklerine bağlı seçiminde etkili olan konular,

- Ekonomik koşullar,
- Yükün nicel ve nitel özellikleri,
- Güneş ışıını değeri,
- Sistem öğeleri uyumu

olarak sıralanabilir. Sistem öğelerinin belirlenmesi ve seçiminden sonra yükün nicel ve özelliklerine bağlı olarak toplaç dizisi alanının büyüklüğüne, AC – DC çevrimci ve / ya da pillerin sayısına karar verilebilir. Sistem öğelerinin belirlenmesine ve boyutlandırmasına bağlı olarak, sistem öğelerinin yerleştirildiği ve birbiri ile ilişkilendirildiği planlanma ve projelendirme aşamasına geçilebilir.

Tanımlanan bu adımların gerçekleştirilebilmesi için Pv sistem tasarımında izlenecek bir yöntemde adımlar;

**1. Analiz çalışmaları;** sistemin tasarımı sürecinde gerekli olan, güneş ışıını değeri, iklim, yapı (toplaç alanı) konumu, elektrik şebekesinin özellikleri, yönetmelik ve uygulamalar ile ilgili verilerin toplanması ve analizi,

**2. Sistemin kulum amacının belirlenmesi;** ekonomik koşullar ve analiz değerlendirmeleri doğrultusunda sistemin kurulma amacına karar verilmesi,

**3. Sistemin ekonomik yapılabilirliğin sınılanması;** elde edilen veriler ve sistemin kulum amacının göz önüne alınmasıyla kurulacak sistemin verim, maliyet, geri ödeme hesapları doğrultusunda ekonomik yapılabilirliğinin ortaya konması,

**4. Yükün hesaplanması;** yapıda kullanılan elektrikli aletlerin tüketim miktar ve sürelerine bağlı olarak aylık, yıllık ortalama elektrik tüketiminin hesaplanması ve sistemin ne kadarını karşılayacağına bağlı olarak üretmesi gereken gücün hesaplanması,

**5. Sistem yapılanmasının belirlenmesi;** kulum amacı, yapı işlevinin ve şebeke koşullarının zorunlulukları, yükün nicel ve nitel özellikleri ve ekonomik koşullar doğrultusunda sistem yapılanmasına karar verilmesi,

**6. Sistem öğelerin belirlenmesi ve seçimi;** karar verilen sistem yapılanması doğrultusunda

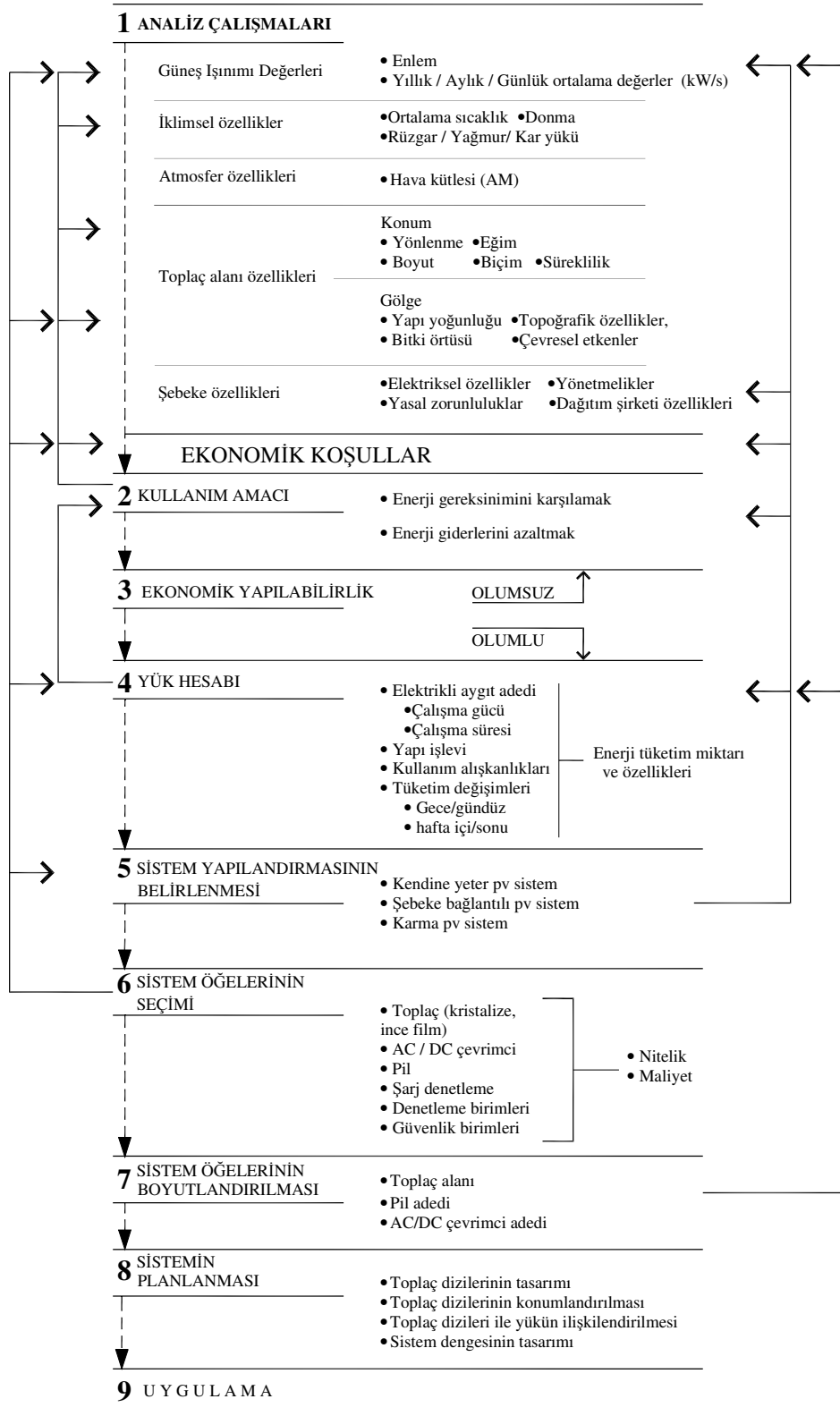
sistemde olması gereken tüm ögelerin listelenmesi, güneş ışıını değelerine, yükün niceliğine ve ekonomik yeterliliğe, bağı olarak sistem ögelerin seçilmesi,

**7. Sistem ögelerin boyutlandırılması;** güneş ışıını niceliğine, niteliğine ve yükün niceliğine bağı olarak toplaç dizilerinin alanlarının, pil ve/ya da AC / DC çevrimci adetlerinin hesaplanması,

**8. Sistemin planlanması;** sistem ögelerin birbirleri olan bağlantılarının, konumlarının belirlenmesi, planlanması, projenin çizilmesi,

**9. Sistemin uygulanması,** yapılan proje çalışmaları sonucu oluşturulan en uygun planlama doğrultusunda toplaç alanları, piller, ac /dc çevrimciler gibi sistem ögelerin yapı yüzeyine ve içine yerleştirilmesi;

olarak sıralanabilir. Pv sistem tasarım adımları, aralarındaki ilişkiler ve belirleyici olan etkenler şekil 3.22'daki Pv sistem tasarımı şemasında gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Pv sistem tasarımı şeması



Yüksek verimli bir Pv sistem tasarımı için ilkesel olarak özen gösterilmesi gereken konular,

- Yapıda alınacak önlemlerle elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması, elektrik tüketimi-konfor optimizasyonunun sağlanması,
- Toplaç dizilerinin enleme göre mümkün olan en uygun konumla yerleştirmesi,
- Toplaçların gölgelenme durumlarının incelenmesi ve önlenmesi,
- Yapının elektrik yükü ile Pv sistemin güç çıkışı uyumunun sağlanması,
- Pv toplaçların sıcaklıklarının çok yükselmemesi için gerekli önlemlerin alınması, toplaçların düzenli olarak havalanmasının sağlanması,
- Bakım ve onarım için toplaçlara rahat ulaşımın sağlanması,
- Sistem bileşenlerinin yüksek verimli olmasına özen gösterilmesi,
- Sistemde oluşacak kayıpların en aza indirilmesi,
- Kablolama döşeminde boyutlandırmaya özen gösterilmesi, karmaşıklıktan kaçınılması, basit çözümlerin sağlanması,
- Toplaç dizilerinin rüzgar yağmur kar gibi dış koşullara karşı dayanıklılığının sağlanması,
- Kabloların ve bağlantı noktalarının güneşe, rüzgara ve suya karşı dayanıklı ve korunumlu olması,
- Özellikle saklama gerektiren sistemlerde, depolama birimleri için oluşturulan hacmin toplaçlara yakınlığının sağlanması

olarak sıralanabilir.

### 3.3 Güneş Enerjili Su Isıtma ve Pv Sistemlerinin Karşılaştırılması

Yukarıdaki bölümlerde ayrıntıları ile incelenen etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesi durumunda, gerek sistem olarak, gerekse toplaç konumlandırılması bakımından yapıların planlandırılması ve biçimlendirilmesinde etkili olacağı açıktır. Bu sistemlerin arasındaki benzerlikler ve ayrımların ortaya konması yapılarda değerlendirilmeleri durumunda yapı tasarımı üzerindeki benzer etkilerin belirlenmesi açısından önemlidir.

Temel olarak güneş enerjisini bir kaynak olarak değerlendiren, toplaç dizileri üzerine en çok oranda güneş ışınımı erişiminin sağlanması esasına dayanan su ısıtma ve Pv sistemlerinin arasındaki temel ayırım ve benzerlikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Her iki sistemde yüksek verim, düşük maliyet temel tasarım ilkesidir.
- Her iki sistemde güneş temel enerji kaynağıdır.
- Su ısıtma sistemleri güneş ışınımının uzun dalga boylu ısı enerjisinden, Pv sistemler ışık enerjisinden yararlanır.
- Su ısıtma sistemlerinde ısı enerjisi toplayıcı yüzeyler aracılığı bir akışkana iletilirken, Pv sistemlerde ışık enerjisi, yarıiletken malzeme aracılığı ile Fotovoltaik ilkeye bağlı olarak elektrik enerjisine dönüştürülür.
- Her iki sistemde de enerji dönüşümü toplaçlarda gerçekleşir ve toplaçlar iki sistemin de en önemli ve değişmez ögesidir.
- Isıl toplaçların üretim teknolojisi basit ve ucuzdur. Pv toplaçların üretim teknolojisi ise karmaşık ve pahalıdır.
- Isıl toplaçların verimi Pv toplaçların verimine oranla çok daha yüksektir.
- Isıl toplaçların -sıvı bir akışkanın borular içinde dolaştırıldığından- kalın, ışık geçirmez yapısı; değişik biçimlenişlere ve mimaride esnek tasarımlara olanak sağlamaz ve yapı yüzeylerinde konumlandırılma seçenekleri sınırlıdır. Pv toplaçlar ise ince yapısı, ışığı geçirebilecek şekilde biçimlendirilebilmesi, cam özelliklerini gösterebilmesi, üretilen enerjinin hafif ve ince bir malzeme olan kablolar aracılığı ile iletilebilmesinden dolayı yapı yüzünde konumlandırılması daha kolaydır ve mimari tasarımda esnek tasarımlara olanak sağlar.
- Her iki sistem, yüksek verimin elde edilebilmesi için, toplaçların konumlandırılacağı en çok oranda güneş enerjisi alan belirli ölçülerdeki yapı yüzeylerine gereksinim duyar.

- Her iki sistemde de toplaçların yönü eğimi ve gölgelenme oranı verim üzerinde belirleyicidir.
- Her iki sistemde toplaç konumlandırma ilkeleri aynıdır.
- Toplaç alanlarının boyutlandırma özellikleri yük özelliklerine ve toplaç seçimine bağlıdır. Gereksinim duyulan toplaç alanı hesapları sistemlerin yapılanmasına bağlı olarak birbirinden ayrıdır.
- Toplaç özelliklerine bağlı olarak, su ısıtma sistemlerinin toplaç alanlarının biçimlendirilmesi, Pv toplaç alanlarının biçimlendirilmesine oranla daha sınırlıdır.
- Su ısıtma sistemlerinin öğelerinin üretim teknolojileri daha basit ve ekonomiktir. Pv sistem yapılanmalarında kullanılan öğelerin üretim teknolojileri daha karmaşık ve pahalıdır.
- Yüksek verim, düşük maliyet ve kısa geri ödeme süresi tüm etken sistemlerin tasarımında temel yaklaşımlardır.
- Su ısıtma sistemlerinin geri ödeme süreleri, yüksek verim ve düşük maliyetlerinden dolayı, Pv sistemlere göre çok daha kısadır.
- İklim, etken sistemlerin tasarımında önemli bir veridir. Ancak değişen iklim koşulları, ısı enerjisi ve ısı iletimini gerçekleştiren akışkan üzerinde daha belirleyici olduğundan iklim, su ısıtma sistemlerinin tasarımında Pv sistemlere oranla daha özenli ve ayrıntılı ele alınması gereken bir konudur.
- Isı artışı, su ısıtma sistemlerinde verimin temel belirleyicisiyken, Pv sistemlerde hücre verimini dolayısı ile sistem verimini düşürdüğüden denetim gerektiren önemli bir konudur.
- Su ısıtma sistemlerinde tesisatın gerektirdiği kurulum özellikleri Pv sisteme oranla daha zor ve mimari üzerinde daha belirleyicidir.

Su ısıtma ve Pv sistemler arasındaki ayrımlar ve benzerlikler çizelge 3.13 de sıralanmıştır.

Çizelge 3.13 Güneş enerjili su ısıtma ve Pv sistem karşılaştırması

	<b>Su Isıtma Sistemleri</b>	<b>Pv Sistemler</b>
Enerji kaynağı	Güneş	Güneş
Enerji girdisi	Isı	Işık
Enerji çıktısı	Isı	Elektrik enerjisi
<b>Yapımsal özellikler</b>		
Enerji üretimi	Düzlemsel ısı toplaçlar	Pv toplaçlar
Enerji aktarımı	Akışkan sıvı / borular	Elektrik kabloları
Enerji saklama	Depo	Pil/ler
Sistem gereksinimleri	Pompa/lar Denetleme birimleri	AC /DC çevrimci/ler Denetleme birimleri
<b>Toplaç özellikleri</b>		
Koruyucu örtü	Cam	Cam
Enerji iletimi	Sıvı akışkan – borular	İletkenler, ince film
Isı Yalıtımı	Gerekir	Gerekmez
Verim	Yüksek	Düşük
Üretim teknolojisi	Basit	Karmaşık
Maliyet	Düşük	Yüksek
Boyut	Büyük ve standart	Değişken
Biçim	Dikdörtgen	Gereksinime özel üretim
Kesit	Kalın (10 -20 cm)	İnce (0.2-0.4 mm)
Renk	Siyah	Siyah mavi vb
<b>Verim etkenleri</b>		
Güneş ışıını değeri	Astronomik etkenler Coğrafi etkenler Geometrik özellikler Atmosferik özellikler	Astronomik etkenler Coğrafi etkenler Geometrik özellikler Atmosferik özellikler
İklimsel koşullar	Isı kayıpları	Isı artışları
Sistem verimi	Sistem öğelerinin niteliği Sistem yapılanması	Sistem öğelerinin niteliği Sistem yapılanması
Toplaç konumu	Güney açısı Eğim açısı	Güney açısı Eğim açısı
Çevresel etkenler	Gölgelenme oranı	Gölgelenme oranı
<b>İklim etkisi</b>		
Isı	Verimi artırır	Verimi düşürür
Nem	Neme dayanıklı yapılanma	Neme dayanıklı yapılanma
Yağmur yükü	Isı kayıpları artışı Verimde azalma	Suya dayanıklı yapılanma
Kar yükü	Isı kayıpları artışı Verimde azalma Temizlik gereksinimi	Temizlik gereksinimi
Rüzgar yükü	Isı kayıpları artışı Verimde azalma	Taşıyıcı sistem tasarımı
Donma	Isı kayıpları artışı Verimde azalma Akışkan denetimi	Donmaya dayanıklı yapılanma
<b>Ekonomik değerler</b>		
Sistem maliyeti	Düşük	Yüksek
Verim	Yüksek	Düşük
Geri ödeme süresi	Kısa	Uzun

Su ısıtma sistemleri ile Pv sistemlerin gerek teknoloji, gerekse yapılanma olarak büyük ayrımlar gösterdiği açıktır. Ancak, sistem yapılanmaları bir yana bırakıldığında, boyut biçim renk ve doku bakımından yapı biçimlenişi ve mimarisi üzerinde etkili ve belirleyici olan toplaç alanlarının konumlandırması, boyutlandırılması ve biçimlendirilmesi güneş ışınımı özelliklerine bağlı olarak temel ilkeler açısından aynıdır. Yüksek verim düşük maliyet, temel tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanan etken sistemlerin uygulanmasında, yüksek oranda güneş enerjisi alan uygun biçimdeki yüzeylerin varlığı sistem tasarımlarının temelini oluşturan ortak konudur.

Bu açıdan yaklaşıldığında, toplaç alanlarının yüksek oranda güneş ışınımını alabilmesi için yapı yüzeylerinin oluşturulması ve biçimlendirilmesi ilkeleri tüm etken sistemlerde benzerdir. Bu sistemlerin yapılarda değerlendirilmesi durumunda ise, bu yüzeylerin yapı biçimlenişinde ve görünüşü üzerinde etkili olacağı açıktır. Toplaçların yapısal özelliklerine bağlı görsel özellikleri ve değişen biçim özellikleri bir yana bırakıldığında yapı biçimlenişi ve konumlandırmasının yapı yüzeylerinin güneş ışınımı alma niceliği üzerindeki etkilerinin etken sistemlerin tasarım ögesi olarak değerlendirilmesinde önemli bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır.

Yük özelliklerine bağlı olarak en fazla oranda güneş ışınımı alan belli boyutlardaki yüzey alanına gereksinim duyan etken sistemler; yapılarda değerlendirilmeleri durumunda, yapının biçim, konum, görünüş ve mimarisi üzerinde etkili olacakları açıktır.

Yapının gerek mimarisi gerekse planlaması üzerinde belirleyici etkileri olan etken sistemlerin; özellikle verim ve yapılanma ilkelerinin tasarımcı tarafından iyi anlaşılması bu sistemlerin yapılarda etkin biçimde değerlendirilmesinde önemlidir. Özellikle sürdürülebilir bina yaklaşımıyla kapsamlı ve karmaşık bir boyut kazanan tasarım sürecinin etkin biçimde gerçekleşmesi ve bitmiş bir ürün olarak binanın istenen hedeflere ulaşması için etken sistemlerin yapı tasarımına getireceği zorunlulukların, sınırlamaların ve gereksinimlerin tasarım ögesi olarak kullanılabilmesi için etken sistemlerin tüm tasarım süresince bütün boyutları ile değerlendirilmesi önemlidir.

#### 4. ETKEN SİSTEMLERİN YAPILARDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılarda etken sistem kullanımı, yapıların enerji gereksinimlerinin karşılanması ve ekonomik yarar elde edilmesinin yanında, sürdürülebilirliğin çevre ve kaynak korunumu, zararlı atıkların azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ilkelerine de hizmet ettiği için, sürdürülebilir bina yaklaşımında önemli bir uygulama ve tasarım alanını oluşturmaktadır.

Yapıların insan gereksinimlerini karşılaması ve uygun yaşam alanları oluşturması gibi yararlarının ötesinde; insanın, yaşamın şartı olarak gördüğü ve içinde bulunmak istediği “estetik” sağlamakla ilgili sorumlulukları da vardır. Mimari bir ürün olan yapılarda, etken sistemlerin değerlendirilmesi durumunda “teknik uyum” sistem etkinliği, “estetik uyum” ise yapının görünüşü açısından önemle ele alınması gereken temel konulardır. Etken sistemlerin, gerek çalışma gerekse mimari açıdan, yapının bütünüyle tam bir uyum içinde olması, yapılarda iyi nitelikli etken sistem uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Yapı yüzeylerinde kullanılan toplaçlar; bina görünüşleri ve -yaygın olarak kullanılmaları durumlarda- kent dokusu üzerinde de etkili olduğundan, “**estetik**”, yapılara uygulanan etken sistemlerin tasarımlarında, göz önüne alınması gereken temel konularından birini oluşturmaktadır. Etken sistemlerin yapılarda iyi nitelikli uygulanması için; “**verim – estetik – ekonomi**” konularının bir arada ele alınarak, aralarında optimizasyonun sağlanması gerekmektedir. Etken sistemlerin yapılarda kullanımında “verim ekonomi ve estetik” konularını bir arada etkin bir biçimde değerlendirilebilmesi için, etken sistemlerin bir tasarım ölçütü olarak ele alınması, sürecin en başından tasarıma dahil edilmesi ve **toplaç alanlarının mimari öge** olarak değerlendirilmesi gereklidir.

##### 4.1 Etken Sistemlerin Mimari Öge Olarak Değerlendirilmesi

*“Mimarlık sadece fayda gütmenin ötesindedir. Mimarlık plastik bir olgudur”*

*Le Corbusier*

Günümüzde gelişen teknolojik olanaklar ve sürdürülebilirlik kapsamında artan kişi konfor ve yaşam kalitesi ölçütleri doğrultusunda, etken sistemlerden yapıya enerji sağlama, verim ve ekonomi ötesinde, yapının bir birleşeni, mimari bir artı değer, anlamsal bir içerik ve simgesel bir anlatım görevlerini de yerine getirmesi beklenmektedir. Tüm bu görevleri bir arada yerine getirebilmesi için etken sistemlerin, yapının biçimlenişi ve mimari estetiği ile ilişkilendirilmesi, toplaç alanlarının mimari öge olarak ele alınması ve sistemlerin bir tasarım ögesi olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

#### 4.1.1 Mimaride Estetik Yeterlilik

“Neden olan durum ya da nesne karşısında duyulan beğeni, hayranlık, heyecan, mutluluk” olarak tanımlanan güzellik, insanın doğası gereği içgüdüsel olarak yaptığı her eylemde aradığı, bulamadığında huzursuz olduğu ve bütün yaratıcı eylemlerinin temelini oluşturan bir duygudur. (Şentürer, 1995) Güzellik ve güzele dair her şeyi kapsayan **estetik**, güzellik ve beğeni ile ilgili tüm kavram ve uğraşları ele alan, sanat üzerine tüm felsefi düşünceleri kapsayan bir kavram (Anon 1971) olarak tanımlanmaktadır. İnsan varlığının, yaşam koşullarını yükseltme çabasının temelinde olan estetik arayışı ve gereksinimi; .yaşam kalitesinin niteliğini belirleyen ve gelişimini sağlayan temel unsurlardan biridir.

Temelde insanın barınma gereksinimi karşılamak üzere bölgenin malzemeleri, toplumsal bilgi birikimi ve becerileri doğrultusunda oluşan teknikler ile inşa edilen yapılar, insanların güzellik ve konfor arayışları ile zaman içinde mimari bir boyut kazanmıştır. İnsan gereksinimleri ve yaratıcılığı güzellik düşü ile doğayı da örnek alarak ve kullanarak kendi dünyasını, yapılı çevreyi ve ‘mimariyi’ (Şentürer, 1995) oluşturmuştur. Mimari yapılar, insanların güzele ve güzelliğe dair anlayışını, gelişimini somut olarak sergileyen, toplumsal ürünlerdir.

“İçinde yaşamak veya çeşitli eylem ve işlevleri gerçekleştirmek üzere kurulan inşaat” (Hasol D. 1980) olarak tanımlanan yapı; mimari bir ürün olarak, barınma, güvenlik ve konfor koşullarını sağlamanın ötesinde güzel olma ve belli estetik yeterlilikleri sağlamakla da sorumludur. Bir yapı, kullanılan teknoloji, gereç, işlev, biçim ve ekonomisi (Hasol D. 1980) ile değerlendirilirken yapının bir mimarlık ürünü olması için başka koşulları da yerine getirmesi beklenmektedir. Kuban D., Mimarlık Kavramları kitabında mimarlığı özel bir yapı eylemi olarak ele almakta ve sadece belirli gereksinimleri karşılayan bir yapı değil, bilinçli bir güzel yaratma eylemi, bir güzel sanat olarak değerlendirilmesi gerektiğini; mimarlıkta, diğer yapı etkinliklerinden ayrı olarak, anlam, simge ve estetik, gibi yararın ötesinde birçok etmenin etkili olduğunu vurgulamaktadır. Aynı şekilde Hasol D., mimarlığı “insanların yaşamasını kolaylaştırmak ve barınma, eğlence dinlenme gibi eylemlerin sürdürülebilmelerini sağlamak için mekan düzenleme sanatı ve toplum yapısına, toplum gereksinimlerine ekonomik verilere teknolojik gelişmelere bağlı olan bir sanat” olarak tanımlanmaktadır.

Bu tanımlardan; mimari yapı, “içinde çeşitli eylemler için barındırdığı insanın, tüm gereksinimlerini ve konfor koşullarını sağlayan; birçok ayrı öge, sistem ve gerecin belirlediği biçimlenişle, bulunduğu çevre bağlamında, anlamsal ve estetik bir değer taşıyan sanat ürünü” olarak tanımlanabilir. Günümüzde işlevsellik, konfor koşulları, enerji etkinliği,

sağlamlık, güvenlik, temizlik, çevreye saygı gibi birçok konuyu bir arada değerlendirmesi beklenen sürdürülebilir yapıların, bu görevlerin yanı sıra estetik ve mimari açında belli bir yeterlilik düzeyine ulaşması; sürdürülebilir yapıların kabulü ve yaygınlaşması için temel yaklaşım ve gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. (IEA, 2003)

Mimarinin görsel algısında temel unsur olan **yapı yüzeyleri**, insanın yapılı çevre ile kurduğu ilişkinin de temelini oluşturmaktadır. Yüzeylerin tanımladığı **biçim**, yapının algılanmasına, kavranmasına niteliği doğrultusunda yorumlanmasına ve değerlendirilmesine olanak tanımakta, mimari anlatımını ve anlamını ortaya koymaktadır.

Görsel olarak algılanan biçimin neden olduğu duygu, estetik algısını oluşturduğundan biçim, yapının mimarisi üzerinde ağırlıklı olarak estetik alanında baskındır. Biçimin estetik boyutunun niteliği ise, biçimi oluşturan öğelere, bu öğelerin bir araya gelme –düzenleme- özelliklerine ve insanın güzellik arayışına, yaklaşımına bağlıdır.

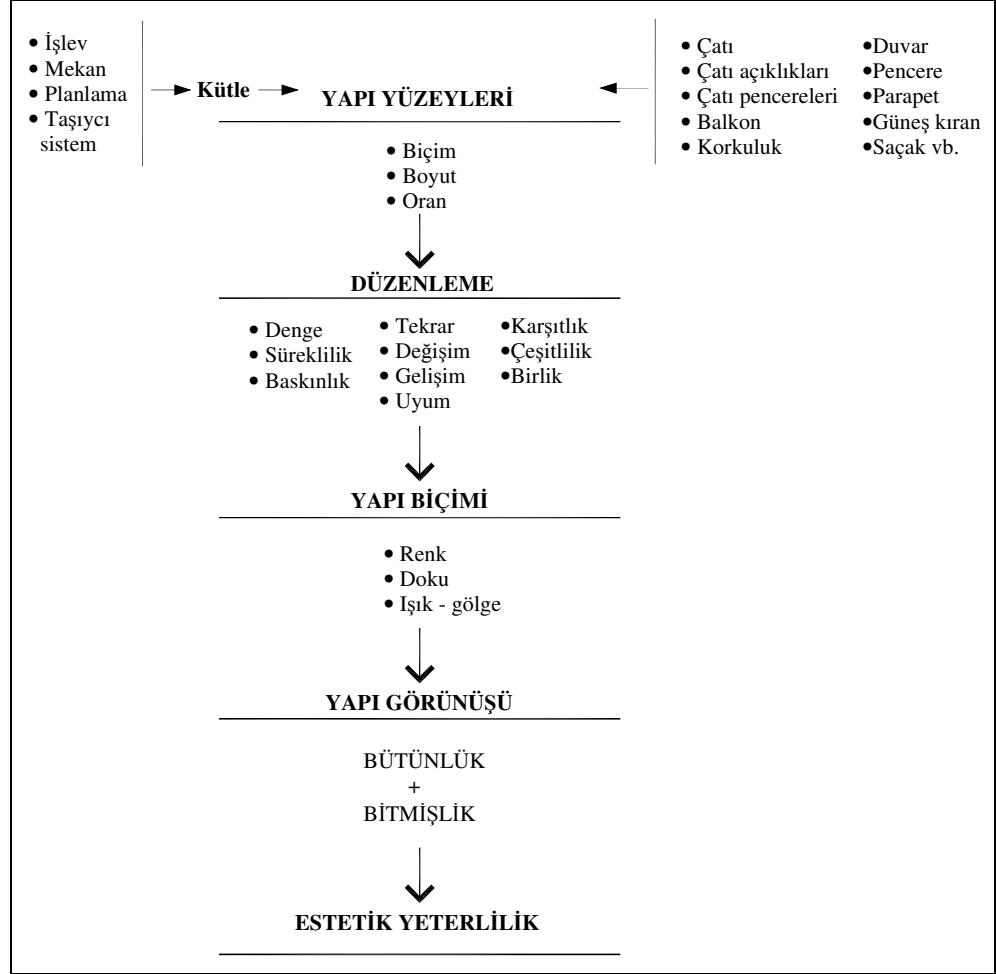
Biçimi oluşumuna etki eden temel öğelerin bazıları; işlevin, planlamanın, mekanların ve taşıyıcı sistemin oluşturduğu **kütle**, kütlelerin tanımladığı **dış yüzeyler**, dış yüzeyleri oluşturan **yapı öğeleri** ve bu öğelerin özellikleri olarak sıralanabilir.

Yapının kütsel oluşumuyla birlikte değişik özelliklerdeki yapı yüzü öğelerinin düzeni yapının biçimini belirler. Yapı yüzeyi öğelerinin düzeni (kompozisyon) ve bu düzenin niteliği, yapının biçimi ve estetiği üzerinde de belirleyicidir. Bir düzenin, niteliğini belirleyen temel ilkeler “*denge, süreklilik ve baskınlık*” olarak sıralanırken, bunları tamamlayıcı alt öğeler “*tekrar, değişim, gelişim, uyum, karşıtlık, çeşitlilik ve birlik*” (Alberti, 1956) olarak sıralanmaktadır. Yapı yüzeylerinde kullanılan malzemelerin *renk, doku* özellikleri, *ışık gölge* gibi olgular; belirli yaklaşım ve ilkeler doğrultusunda oluşturulan yapı biçimini tamamlayan, vurgulayan ya da yumuşatan ve **yapı görünüşünü** belirleyen diğer unsurlardır.

Belli ilkeler doğrultusuna biçimlendirilen yapının, estetik olarak algılanması, bir güzellik duygusu yaratması içinse, yapı görünüşünün “**bütünlük**” ve “**bitmişlik**” temel şartlarını sağlaması gerekmektedir. (Şentürer, 1995)

Mimaride estetik yeterliliğin sağlanması için, yapının biçimlenişi ve görünüşünün oluşumunda etkili olan unsurlar şekil 4.1’deki şemada tanımlandığı gibi sıralanabilir.





Şekil 4.1. Yapı biçimlenmesi ve estetik yeterlilik

#### 4.1.2 Toplaç Alanlarının Mimari Estetik Üzerindeki Etkileri

Toplaç alanları kullanıldıkları yapı yüzeylerini; verimsel gereksinimlerinden dolayı **biçimsel**, yüzeysel özelliklerinden dolayı **görsel** olarak etkiler.

Bölüm 3’de belirtildiği üzere, toplaç alanlarının

- yönü
- eğimi
- boyutu

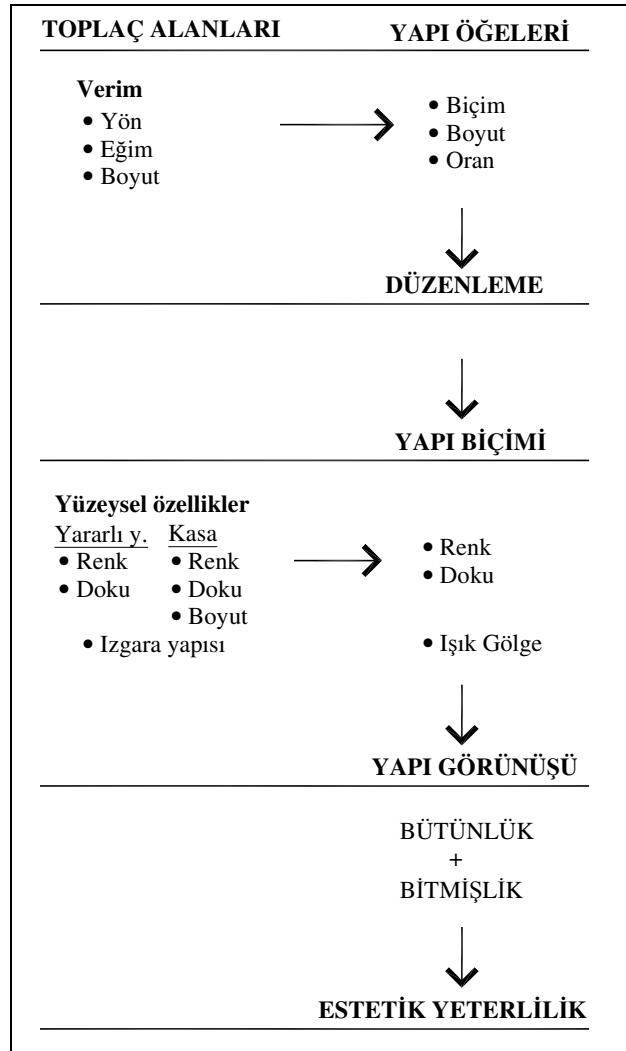
sistem verimi üzerinde belirleyici olduğundan etken sistemler, bu özellikleri sağlayan yeterli yapı yüzeylerine gereksinim duyar. Yapının sistemin verimsel gereksinimleri sağlayacak şekilde biçimlendirilmesi yüksek verimli ve mimariyle uyumlu sonuçların sağlanması açısından önemlidir.

Toplacın genel görünüşünü, kullanılan yutucu yüzey ve kasa malzemelerinin renksel ve dokusal özellikleri belirlerken bu toplaçların bir dizi olacak şekilde bir araya getirilme (ızgara) özellikleri toplaç yüzeylerinin dokusal yapını belirler. Toplaç alanlarının;

- Renksel
- Dokusal,
- Diziliş

gibi yüzeysel özellikleri yapının görünüşü üzerinde etkilidir.

Etken sistemlerin, yapı estetiği üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Toplaç alanlarının mimari estetiğe etkileri

Yapılarda kullanılan etken sistemlerin büyüklüğü arttıkça mimari üzerinde etkileri daha da belirgin olmaktadır. Uzun yıllar daha çok verimlilikleriyle değerlendirilen etken sistem uygulamaları günümüzde; sürdürülebilirliğin kabul görmesi, bütüncül tasarım yaklaşımının tasarımlarda değerlendirilmesi, estetik olgunun sistem kabulünü arttırdığı gerçeğiyle, özellikle gelişmiş ülkelerde yapılarda;

- Yapı mimarisini desteklemek,
- Yenilikçi bir tasarım anlayışını sergilemek,
- Yapının çevreye olan duyarlılığını göstermek,
- Yapının mimari anlatımına katkı sağlamak,
- Yapının mimari anlatımını belirlemek

gibi amaçlarla da değerlendirilmektedir.(Hestnes, 2003)

Toplumsal ekonomik ve çevresel konuların bir arada ele alındığı sürdürülebilirlik kapsamında etken sistemlerin kullanıldığı yapıların belli estetik olguları sağlaması; kullanıcı kabulü, yapı çevrenin niteliği, insanların kültürel değerlerinin devamı ve yaşam kalitelerinin artması bakımından yapı tasarımında önemle ele alınması gereken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır.

Etken sistemlerin etkin olarak kullanıldığı yapıların estetik yeterliliğinin sağlanmasında, sistemlerin uygulanma biçimleri büyük önem kazanmaktadır.

## **4.2 Etken Sistemlerin Yapılarda Değerlendirilme Biçimleri**

Çevresel, ekonomik, enerji korunumu, prestij gibi birçok ayrı amaçla yapılarda kullanılan etken sistemler; ekonomik ve teknolojik yeterlilik, yapı özellikleri, kullanıcı ve uygulayıcının bilinç ve bilgi düzeyi doğrultusunda yapılarda;

1. Yapıya eklenen sistemler
2. Yapıyla bütünleşik sistemler

olmak üzere iki biçimde değerlendirilmektedir.

### **4.2.1 Yapıya Eklenen Sistemler**

Eklenen sistemler, etken sistemlerin binaların bütününden ayrı bir biçimde ele alınan, enerji üretimi dışında bir görevi olmayan, yapıdan bağımsız, ek bir sistem olarak kullanıldığı uygulamalardır. Bu tür sistemlerde toplaçlar yapının uygun olan yüzeylerine taşıyıcı ayaklar aracılığıyla yerleştirilirken sistemin diğer öğeleri, yapıdaki uygun alanlara konumlandırılmakta ve sistem döşemi yapının diğer ilgili döşemleriyle ilişkilendirilmektedir.

Eklenen sistem uygulamaları, özellikle var olan yapıların büyük çoğunluğunda ekonomik olmasından, yapıda büyük boyutlu değişimler gerektirmemesinden, basit yapılandırılmalarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, var olan yapıların çoğunun tasarımında, etken sistemlerin bir tasarım ölçütü olarak ele alınmamış olması; sistemlerin uygulamasında ve işletilmesinde, verimsel ve estetik yeterliliğin sağlanmasında birçok zorluğa neden olmaktadır. (Bkz ek 1) Karşılaşan zorlukların etken sistemin özelliklerine – su ısıtma, Pv- bağlı olarak ayrımlar göstermektedir ancak ilkesel olarak eklenen sistem uygulamasında karşılaşılan zorluklar,

1. Yapıların yüksek enerji gereksinimi,

- Yapıların planlama ve detaylandırma özelliklerinden kaynaklanan düşük enerji kazançları ve yüksek enerji kayıpları
- Kullanıcıların yüksek enerji tüketimi

2. Toplaçların konumlandırılması,

- Yapı yüzeyinde verim işletim ve bakım açısından uygun çözümlere olanak sağlayan yapı yüzeylerinin bulunması,
  - Uygun yönelim
  - Uygun eğim açısı
  - Yeterli boyut
  - Süreklilik ve düzgünlük
  - Ulaşım kolaylığı ve bakım gereksinimleri
  - Gölgeleme oranı
- Toplaç alanlarının yapı yüzeylerine taşıtılması,
  - Taşıyıcı sistem ilişkilendirmesi
  - Yapı yüzeylerinde oluşan hasarlar
  - Yapı bileşenlerinin su ve ısı yalıtımlarının hasar görmesi

3. Sistem öğelerinin yapıya yerleşimi ve yapı sistemleriyle uyumu,

- Sistem öğelerinin toplaç alanları ile uygun konumlandırılması
- Sistem öğelerinin yapı içinde konumlandırılmasında yeterli ve uygun alan sağlanması
- Yapıda var olan sistemlerle teknolojik ve yapımsal uyumsuzluklar

#### 4. Estetik yeterliliğin sağlanması.

- Yapının mimarisi ile uyumsuzluklar
- Niteliksiz uygulamaları, bitmemişlik ve temiz olmayan görünüm,ler,
- Sistem öğelerinin gizlenmesindeki zorluklar,
- Yeterli olmayan bakım koşulları
- Yapının içinde bulunduğu çevre bağlamında belirli bir mimari özelliği göstermesi
- Toplaç alanlarının görünüş özelliklerinin tanımladığı mimari anlatım olarak sıralanabilir.

Nitelikli etken sistem tasarımı, toplaç alanlarının mimari öge olarak ele alınması, yapıda enerji etkinliğini arttırmaya yönelik düzenlemelerin yapılması, detaylandırma ve özenli işçilikle yukarıda sıralanan sorunların en aza indirilmesi olanaklıdır.

Özellikle gelişmiş ülkelerde; yönetmelik ve yaptırımlar, kullanıcı tasarımcı ve uygulayıcıların bilinç ve bilgi düzeyin gelişmiş olması, eklenen sistem uygulamalarının, verim ekonomi ve estetik açıdan, istenen nitelikte olmasını sağlamaktadır. (Bkz. Ek 1) Ancak etken sistemlerin yalnızca enerji üretme boyutuyla değerlendirildiği, uygulamaların bireysel girişimlerle bilinçsiz olarak gerçekleştirildiği ülkelerde, sistemler gerek verim gerekse estetik açıdan gerekli niteliğin çok altında kalmaktadır. Kötü uygulamalar toplaç kirliliğine, yapı ve kent estetiğinde bozulmalara, düşük verim değerlerine neden olduğundan, eklenen sistemlerin kentin; iklimsel, tarihsel, dokusal özellikleri göz önüne alınarak uygulanması önemlidir. Bu koşulların sağlanması için etken sistem uygulamalarını yerleşimin gereksinimlerine göre düzenleyen yasal yönetmelik ve yaptırımların oluşturulması gereklidir.

#### **4.2.2 Yapı Bütünleşik Sistemler**

Yapı bütünleşik sistemler (Building Integrated Systems), toplaç alanlarının, enerji üretiminin yanında yapının bütünlüğü içinde yapı elemanı olarak değerlendirildiği, çok işlevli sistemlerdir. Bu tür sistemlerde toplaçlar, kullanıldıkları yapı ögesinde yapıya ait görevlerini de yerine getirmekle sorumludur ve “enerji üreten yapı elemanları” olarak tanımlanabilirler.

Yapı bütünleşik etken sistemlerinin ilk uygulamalarında öncelikli yaklaşım, toplaç alanlarının diğer yapı elemanlarından ayrı olduğu gerçeğini saklayarak görünmez biçime getirmek ve böylece tam bir bütünleşmeyi sağlamaktır. Bu yaklaşım sürdürülebilir yapı anlayışıyla beraber değişmeye başlamıştır. Özellikle Pv toplaçlarda sağlanan teknolojik ve ekonomik gelişmeler, sürdürülebilir yapıların zorunlu kıldığı çevresel ve ekonomik yaptırımlar, yapı bütünleşik sistemlerin sunduğu olanaklar, etken sistemlere olan yaklaşımın değişmesine neden olmuştur.

Etken sistemleri yapının bir parçası olarak değerlendiren yapı bütünleşik etken sistemler, geniş kapsamlı sürdürülebilir yapıların; çevresel, ekonomik ve mimari açıdan yeterli niteliği sağlaması için kullanılması zorunlu bir uygulama biçimidir. (Reijenga, 2000) Günümüzde sürdürülebilir yapı anlayışının getirdiği enerji etkin yapı ilkeleri ile birlikte bütüncül tasarım yaklaşımının kabul görmesi, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar, toplaç üretiminde sağlanan teknolojik gelişmeler ve bilgisayar benzetim programlarının gelişmesi, yapıyla bütünleşik etken sistem uygulamalarının -özellikle Avrupa Amerika birleşik devletleri ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerde- artmasına neden olmuştur. (Hestness, 2003)

Toplaç alanlarının; konumlandırıldığı yapı ögesinin bir elemanı olması ve yapıya ait görevleri yerine getirmesi ilkesine dayanan yapı bütünleşik sistem uygulamalarının sağladığı estetik, ekonomik verimsel ve çevresel sosyolojik gibi ölçülemeyen yararlar bu sistemlerin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Eklenen sistemlerle karşılaştırıldığında, özellikle estetik ve sistem niteliği açısından daha iyi sonuçların elde edildiği yapı bütünleşik etken sistem uygulamalarının yararları ayrıntılı olarak çizelge 4.1 de sıralanmıştır.

Çizelge 4.1 Yapı bütünleşik etken sistem uygulamalarının yararları

<b>Verim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toplaç alanlarının etkin kullanımı</li> <li>• Enerji kayıplarının sınırlandırılması</li> <li>• Sistem uyumunun sağlanması</li> <li>• Enerji niteliğinin artması</li> </ul>
<b>Ekonomik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı malzemesi giderlerinde azalma</li> <li>• İşletim maliyetinde azalma</li> <li>• İşçilik giderlerinde azalma</li> <li>• Ulaştırma maliyetinde azalma</li> <li>• Etkin alan kullanımı</li> <li>• Sistemin metrekare maliyetinin azalması</li> </ul>
<b>Estetik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapıyla uyum</li> <li>• Mimari yaklaşımla uyum</li> <li>• Mimariye artı değer katma</li> <li>• Tasarım seçeneklerinin artması</li> </ul>

Yapı bütünleşik sistem uygulamaları, sistem ve mimari niteliğinin artmasında etkin olduğu gibi, yapılı çevre üzerindeki olumlu etkileri, yapı sahibine getirdiği saygınlık, toplum üzerindeki etki, çevresel tavrı da ölçülemeyen yararlar olarak sıralanmaktadır. (IEA, 2002)

Günümüzde kullanıcılar ve tasarımcılar etken sistemleri yapılarda enerji üreten aygıtlar olmanın ötesinde, yapı ögesi olarak mimari çekiciliğe katkı sağlayan, belli bir mesajı olan, değişik çözümler sunan, yenilikçi tasarımlara olanak tanıyan uygulamalar olarak algılanmaktadır. (Hestnes, 2003)

Yapıların uygun koşulları sağlayan hemen hemen tüm yüzeylerinde değerlendirilen yapı bütünleşik sistemler, toplacın teknolojik ve biçimsel özellikleri doğrultusunda, kullanıldıkları yapı ögesine ve yapı ögesinde kullanılma biçimine, bağlı olarak çok değişik biçimlerde uygulanmaktadır. (Bkz Ek 2-3) Toplaç teknolojisindeki gelişmelerle birçok uygulamaya olanak tanıyan yapı bütünleşik etken sistemler yapılarda;

- Yapı kabuğu bileşenleri (duvar, çatı, pencere vb. )
- Yapı kabuğu ögesi (güneş kırın, saçak, balkon korkulukları vb.)

olarak kullanılmaktadır.

Birçok yapı ögesinde uygulanan bütünleşik toplaçlar; kullanıldıkları alanlarda genellikle, kaplama malzemesi ya da bitmiş ürün biçiminde; duvar, çatı gibi yapı bileşeni olarak uygulanmaktadır. Günümüzde teknolojik gelişmeler ve mimari çözüm gereksinimleri doğrultusunda değişik özellikte yapı bütünleşik toplaçlar üretilmektedir. Ürettiği enerjinin niteliği doğrultusunda biçimlenen toplaçların fiziksel özellikleri, yapı bütünleşik sistemlerin yapılarda değerlendirilme alanlarını ve uygulama biçimlerini belirleyen temel etkidir.

Bu çalışma kapsamında yapı bütünleşik etken sistemlerin yaygın değerlendirilme biçimi olan yapı kabuğu bileşeni olarak kullanımı ayrıntılı olarak ele alınmış ancak yapı kabuğu ögesi olarak kullanımı derinlemesine incelenmemiştir.

#### **4.2.2.1 Yapı Bütünleşik Etken Sistemlerin Yapı Kabuğunda Değerlendirilmesi**

Yapı kabuğunda yapı bütünleşik kullanılan toplaçlar, yükü karşılamak için gerekli oranda enerji üretiminin yanı sıra yapı kabuğuna ait görevleri de yerine getirmek zorundadır. Yapı kabuğu olarak yapıyı dış hava koşullarından korumak ve iç ortam konfor koşullarını sağlamakla yükümlü olan bütünleşik toplaçların yapı yüzü ögesi olarak estetik sorumlulukları da vardır. Bütünleşik kullanılan toplaçlar, geleneksel bir yapı malzemesinden ve etken sistem ögesinden beklenen tüm görevleri yerine getirmesi bunlarla beraber ekonomik ve estetik çözümler sunması beklenir. Herhangi bir etken sistemin yapı kabuğunda değerlendirilmesi durumunda toplaç alanlarının; etken sistem, yapı kabuğu, yapı görünüşü ve ekonomik açıdan yerine getirmesi gereken sorumluluklar çizelge 4.2’de ayrıntılı olarak sıralanmıştır.

Çizelge 4.2 Yapı kabuğunda değerlendirilen toplaç alanlarının görevleri

<b>Etken sistem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji üretimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verim</li> <li>• Güvenilirlik</li> <li>• Süreklilik</li> <li>• Yeterlilik</li> </ul>
<b>Yapı kabuğu bileşeni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dış koşullardan koruma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isı yalıtımı</li> <li>• Su yalıtımı</li> <li>• Neme dayanıklılık</li> <li>• Hava akımı yükleri</li> <li>• Rüzgar yükü</li> <li>• Yağmur kar yükü</li> <li>• Gürültü denetimi</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bakım onarım niteliği</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ulaşılabilirlik</li> <li>• Kolaylık</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dayanıklılık</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşlevsel özellikler</li> <li>• Estetik özellikler</li> </ul>
<b>Yapı görünüşü</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapının bütünüyle uyum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renk</li> <li>• Doku</li> <li>• Malzeme</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estetik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mimariyle uyum</li> <li>• Bütünlük</li> <li>• Bitmişlik</li> </ul>
<b>Ekonomi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapılabilirlik</li> <li>• Geri ödeme süresi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toplaç maliyeti</li> <li>• Kaplama malzemesi maliyeti</li> <li>• Uygulama maliyeti</li> <li>• Bakım onarım maliyeti</li> </ul>

### Yapı Bütünleşik Sistemlerin Çatılarda Değerlendirilmesi

Yapılı mekanların üstünü kapatan, yatayla en fazla 60° açı yapan, tüm saydam ve dolu alanları, kapı ve kapakları kapsayan yapı kabuğu parçası, çatı olarak tanımlanmaktadır. (ASHRAE, 1995) Yapı kabuğu ögesi olarak yapıların biçimlenişinde ve korunmasında etkin rol oynayan, taşıyıcı ve örtü olmak üzere iki ana bölümden oluşan çatılar,

- Uygun yönlenme ve eğim için esnek olasılıklar sunduğundan
- Gölge alma olasılığı daha az olduğundan,
- Sürekli giden geniş yüzeyler oluşturduğundan,
- Bakım, onarım, ulaşım koşullarının kolaylığından,
- Ekonomik çözümlere olanak tanıdığından,

toplaçların konumlandırılmasında etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu özelliklerinden ötürü çatılar, yapı bütünleşik etken sistem uygulamalarında en çok değerlendirilen alanlardır. İklim koşulları, yapı işlevi, yapı boyutları, tasarım yaklaşımı, mimari ve ekonomi gibi temel konular doğrultusunda, çatıların biçimlenmesi ve görünüşünü belirleyen etkenler çizelge 4.3’de sıralanmıştır.



Çizelge 4.3 Çatı biçimlenişinde belirleyici olan etkenler

<b>Çatı örtüsü</b>	<b>Biçim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Düz</li> <li>• Eğrisel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyut</li> </ul>
	<b>Eğim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicelik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yatayla 0°-60° açı</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitelik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tek yana eğimli</li> <li>• Çift yana eğimli</li> <li>• Çok yana eğimli</li> </ul>
<b>Çatı öğeleri</b>	<b>Saydam alanlar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pencereler</li> <li>• Işıklıklar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biçim, Boyut</li> <li>• Düzenleme</li> </ul>
	<b>Bacalar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isı</li> <li>• Havalandırma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biçim, Boyut</li> <li>• Malzeme</li> <li>• Konum</li> </ul>
	<b>Çatı üstü yapılar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merdivenkovaşı</li> <li>• Asansör kovaşı</li> <li>• Havalandırma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biçim, Boyut</li> <li>• Malzeme</li> <li>• Konum</li> </ul>
	<b>Kapı ve kapaklar</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biçim Boyut</li> </ul>

Çatuların biçimsel özellikleri, yapının görünüşü, mimarisi, estetiği ve sistem verimi üzerinde belirleyici olduğundan bütünleşik etken sistem uygulamalarında, çatı tasarımı, mimari anlatımın ötesinde sistem verimi, estetik, ulaşılabilirlik, gelişebilirlik gibi birçok konuyu bir arada ele alan bütüncül bir yaklaşımı gerektirir. (Andersen, 2002)

Çatuların etken sistem olarak değerlendirilmesi durumunda; verim, yapı kabuğu görevleri, mimari etkileşim ve ekonomi konularında belli bir niteliği sağlaması, tüm gereklilikler arasında tam bir optimizasyonun gerçekleşmesi tasarımın temel ilkesini oluşturmaktadır. Etken sistemlerin bütünleşik olarak değerlendirileceği çatıların tasarımda dikkat edilmesi gereken temel ilkeler ise aşağıda sıralanmıştır. (Thomas ve Fordham, 2001)

- Yapının bulunduğu enleme bağlı olarak, çatı en fazla oranda güneş enerjisi alacak şekilde biçimlendirilmelidir.
- Çatı öğeleri, toplaç alanlarına gölge atmayacak biçimde tasarlanmalıdır.
- Çatı yüzeyinin yeterli büyüklükte, düzgünlükte ve süreklilikte olması gereklidir.
- Seçilen toplaç tipi, yapı kabuğu niteliklerini güvenilir biçimde yerine getirmelidir.
- Toplaçların uygulama detayları yapı kabuğu gereksinimlerine cevap vermelidir.
- Bakım ve onarımı için toplaçlara kolay erişim sağlanmalıdır.
- Çatılarda, toplaçların temizliği için su kaynağı, gider gibi donanımlar bulundurulmalıdır.
- Çatının biçiminin yapının mimarisiyle uyumlu olmalıdır,
- Toplaç alanları yapının mimarisiyle uyumlu olmalıdır.
- Çatı maliyetinin ekonomisi göz önünde bulundurulmalıdır.

### Yapı Bütünleşik Sistemlerin Duvarlarda Değerlendirilmesi

Yapılı mekanları kapatan, dik ya da yatayla 60°'den fazla açı yapan, tüm saydam ve dolu alanları, kapıları kapsayan yapı kabuğu parçası, duvar olarak tanımlanmaktadır. (ASHRAE, 1995) Duvarlar, taş duvar, ahşap duvar, beton duvar vb gibi yapıldıkları malzemeye bağlı olarak ya da taşıyıcı duvar, cephe duvarı, sağır duvar, yangın duvarı, kalkan duvarı temel duvarı vb. gibi buldukları yere ve işleve bağlı olarak sınıflandırılabilir. Saydam ve dolu bölümlerin bütünden oluşan ve yapı kabuğunun büyük kısmını oluşturan duvarlar, düzgün ve sürekli geniş alanlar olarak toplaçların konumlandırılması için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak nitelikli güneş ışınımı erişimi için uygun eğim seçenekleri sunması kısıtlı olduğundan kabul edilebilir sistem verimlerinin elde edilmesi çatılara oranla daha zordur.

Duvar bütünleşik etken sistemlerin değerlendirilmesinde, cephelerin biçimlenişi, gölgelenme, yönlenme konuları verim açısından büyük önem taşırken; toplaçların, yapı kabuğu ögesi nitelikleri, maliyetleri ve mimari etkileri bu sistemlerin kullanıldığı yapıların tasarımında önem taşır. Duvar bütünleşik etken sistem uygulamalarında yapı tasarımı üzerinde etkili olan konular çizelge 4.4'de belirtildiği gibi sıralanabilir.

Çizelge 4.4 Duvar bütünleşik etken sistemlerin yapı tasarımına etkileri

<b>Sistem verimi</b>	Duvar yapısı <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biçim</li> <li>• Eğim</li> <li>• Duvar öğeleri</li> </ul>
	Gölge oranı <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapılı çevre</li> <li>• Doğal çevre</li> <li>• Cephe öğeleri</li> <li>• Cephe hareketleri</li> </ul>
<b>Yapı kabuğu niteliği</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dış koşullardan koruma</li> <li>• Gün ışığı gereksinimi</li> <li>• Dış çevrenin algılanması</li> <li>• Bakım onarım niteliği</li> <li>• Dayanıklılık</li> </ul>
<b>Estetik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toplaç alanı özellikleri</li> <li>• Yapıyla uyum</li> <li>• Mimari artı değer</li> </ul>
<b>Ekonomi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapılabilirlik</li> <li>• Geri ödeme süresi</li> </ul>

Güneş enerjili etken sistemlerin duvar bütünleşik olarak kullanılması yapının biçimlenişi ve görünüşünü etkiler. Büyük çoğunlukla dik olan duvarlarda bütünleşik etken sistem kullanılması durumunda dikkat edilmesi gereken tasarım ilkeleri, aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yararlı yüzeyler, en fazla oranda güneş ışınımı alacak şekilde yönlendirileli ve biçimlendirilmelidir.
- Çevre yapıların, bitki örtüsünün ve yapının kendi bölümlerinin yararlı yüzeyleri gölgeleme oranı göz önünde bulundurulmalı, özenli analizi yapılmalıdır.
- Gün ışığı gereksinimi ve dış çevreyi algılama gereksinimi doğrultusunda yararlı yüzeylerin mimari amaçlı kullanım oranı verim açısından göz önünde bulundurulmalıdır.
- Toplaç alanlarının yapının mimarisi ile uyum ve bütünlüğü sağlanmalıdır.
- Toplaç alanlarının yapının mimarisi üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

#### **4.2.2.2 Yapı Bütünleşik Su Isıtma Sistemleri**

Yapı bütünleşik su ısıtma sistemleri uzun yıllardan bu yana yapılarda kullanılan uygulamalardır. Çatı bütünleşik su ısıtma toplaçları için ilk patent başvurusu 1940'lı yıllarda olmuştur. Daha sonraları 1970'lerde bir çok yapıda uygulanan bu sistemler için yeni patent başvuruları 1980-90'lı yıllarda artış göstermiştir. İlk yapı bütünleşik su ısıtma sistemlerinin çoğu çatılar için tasarlanmıştır. (Archibald, 1999). Günümüzde ise; özellikle gelişmiş ülkelerde bu sistemlerin mimarlar ve şehir plancıları tarafından kabul görmesi ve Pv toplaçların yapılarda yenilikçi yaklaşımlarla sağladığı tasarım çeşitliliğinin anlaşılmasıyla yapıyla bütünleşik su ısıtma sistemleri çatı ve duvarlarda değişik biçimlerde kullanılmaktadır. (Stadler, 2001)

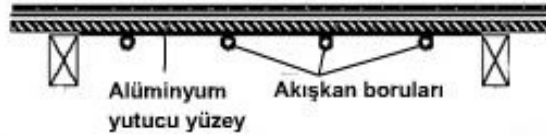
#### **Çatı bütünleşik su ısıtma sistemleri**

Yapı bütünleşik su ısıtma sistemlerinin çatılarda ve duvarlarda değerlendirilmesine olanak tanıyan sistemler geliştirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan çatı bütünleşik su ısıtma sistemlerini iki grupta toplamak olasıdır:

1. *Geleneksel çatı görünümlü bütünleşik sistemler*; toplaçların geleneksel yapı malzemesiyle aynı görünüşte olacak biçimde tasarlanması ve gizlenmesi,
2. *Yapı bütünleşik camlı düzlemsel ısı toplaçlar*; su ısıtma toplaçlarının aynı zamanda çatı örtüsü malzemesi olarak tasarlanması

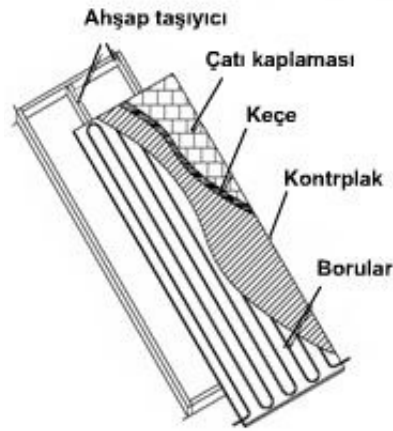
*Geleneksel çatı görünümlü yapı bütünlüğü su ısıtma sistemleri;*

Görsel olarak dışarıdan algılanmayacak biçimde tasarlanan bu sistemler için değişik uygulama teknikleri geliştirilmiştir. 1997'de Florida Solar Energy Center tarafından geliştirilen çatı bütünlüğü yutucu yüzey sistemi bu uygulamalara örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmada asfalt çatı örtüsü ve altındaki çatı kaplaması yansıtmasız yüzey olarak kullanılmakta elde edilen ısı, kontrplak arkasındaki boruların içindeki akışkana iletilmektedir. (NREL, 2002). (Şekil 4.3)



Şekil 4.3 Geleneksel çatı görünümlü güneş enerjili su ısıtma sistem kesiti

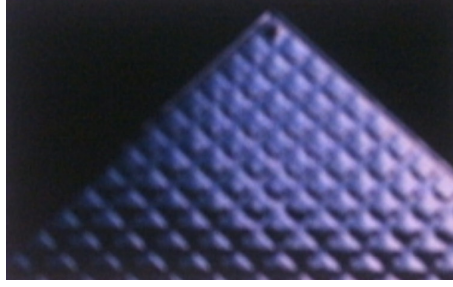
Şekil 4.4'de görüldüğü gibi, bu tür uygulamalarda çatı kaplamasından ısı toplayıcı olarak yararlanılmakta ve etken sistemin varlığı dışarıdan algılanmamakta geleneksel çatı kaplamaları ile aynı görünmektedir.. (NREL, 2002)



Şekil 4.4 Geleneksel çatı görünümlü güneş enerjili su ısıtma sistem detayı

Su ısıtma sistemleri uygulamalarında geliştirilen bir başka çatı bütünlüğü toplaç türü ise, saydam örtü elemanının kullanılmadığı, özel olarak biçimlendirilmiş, ısı toplayıcı yüzeylerin

seçici yüzeyle kaplandığı paslanmaz çelik plaklardan oluşmaktadır. 2 ince paslanmaz çelik tabakadan oluşan, özel bir tasarımla biçimlendirilen bu topplaçlardan tüm yüzey boyunca ısı etkin bir biçimde akışkana aktarılmaktadır. (Şekil 4.5) (Gutierrez, 2002)



Şekil 4.5 Paslanmaz çelik çatı bütünleşik açık topplaç

Özellikle sıcak iklimlerde, düşük sıcaklık uygulamalarında verimli sonuç elde edilen yapı bütünleşik bu topplaçlar su yalıtımı sağladığından çatı kaplaması olarak değerlendirilmektedir. Bu tür topplaçlar, su yalıtımı sağladığından, hava koşullarına dayanıklı olduğundan, uzun ömürlü olduğundan ve esnek çözüm olanakları sağlamakta ve özellikle İspanya İtalya gibi ılıman iklimli güney Avrupa ülkelerinde düşük ısı uygulamalarda değerlendirilmektedir.

#### *Çatı bütünleşik camlı düzlemsel ısı topplaçlar;*

Tüm çatı alanının topplaç olarak değerlendirildiği bu sistemlerde, 1m arayla yerleştirilen alüminyum çerçeveler arasına yerleştirilen yalıtım katmanı ve yutucu yüzeye lehimlenmiş su boruları tüm çatı boyunca döşenmektedir. Boruların üstü daha sonra saydam örtü ile kapatılmaktadır. Yararlı yüzeyin tamamına uygulanan bu topplaçlar, su yalıtımı ve ısı yalıtımı da sağlamakta ve ayrıca bir çatı kaplama malzemesine gereksinim olmamaktadır. Özellikle büyük boyutlu uygulamalarda kullanılan bu sistemler, Avrupa'da bir çok toplu konutta kullanım suyu ve mekan ısıtılması için kullanılmaktadır. (Dalenback, 1999) Bir başka çatı bütünleşik uygulama ise, hazır bitmiş ürün olan topplaçların çatının taşıyıcısı üzerine kaplama malzemesi olarak uygulanmasıdır. (Bkz ek 2)

#### **Duvar bütünleşik su ısıtma sistemleri**

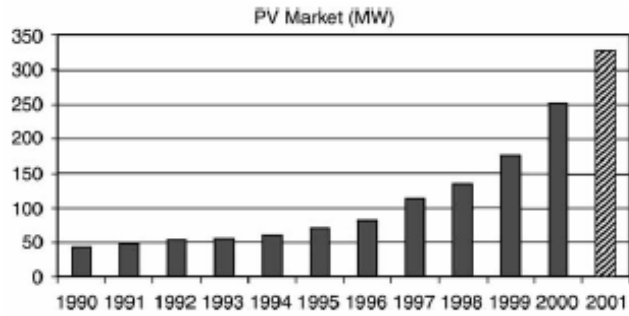
Havalandırma, baca gibi yapı öğelerinin çatıda çok yer kaplaması ve çatılardan yeterli yararlı alan elde edilemediği durumlarda, yapıların duvar alanlarından yararlanmayı amaçlayan duvar bütünleşik topplaçlar geliştirilmektedir. (Matuska, 2004) Daha çok deneysel olarak çalışılan ve uygulanan duvar bütünleşik ısı topplaçlar doğrudan yapı bileşeni olarak tek parça üretilebildiği gibi duvar alanları üzerine de uygulanabilmektedir. (Bkz ek 2)

Yalıtımlı hazır duvar elemanları olarak üretilen duvar bütünleşik su ısıtma toplaçları yapıların yararlı yüzeyleri boyunca uygulanmakta, ayrı bir duvar bileşenine gereksinim duyulmamaktadır. (Stadler, 2001)

Yapı bütünleşik güneş enerjili sıcak su sistemleri, daha çok büyük ölçekli uygulamalarda, yararlı yüzeyin etkin kullanımı ve mimari estetiğin sağlanması amacıyla değerlendirilmektedir. Yapı bütünleşik su ısıtma sistemleri, yapısal özelliklerinden dolayı, ışığın geçişine izin vermediğinden ve esnek kullanım olanakları sağlamadığından, yapılarda mimari öğe olarak kullanımı, Pv sistemlere oranla daha sınırlıdır. Bu tür toplaçların, ısı kayıplarının azaltılması, akışkanın devinim hızının ayarlanması, boruların döşenmesi, depoyla etkin biçimde ilişkilendirilmesi gibi konulardan dolayı yapı yüzünde toplu olarak kullanımı gereği, bu sistemlerin yapı yüzlerinde esnek kullanımını engellemektedir.

#### 4.2.2.3 Yapı Bütünleşik Pv Sistemler

Pv toplaçların üretimi, 1950'li yıllardan günümüze kadar gelen süre içinde, enerji krizi, çevre felaketleri, sürdürülebilir gelişme yaklaşımının kabulü, Pv hücre veriminin artması, maliyetlerinin düşmesi ve teknolojisinin gelişmesi ile yıllık ortalama %30'luk bir artışa ulaşmıştır.(Şekil 4.6) (Green, 2004)



Şekil 4.6 Pv toplaç kullanımının gelişimi (1990-2001)

Pv sistemlerin kullanımındaki bu artışın temelinde, önceki yıllarda daha çok kırsal alanlarda uygulanan sistemlerin kent içindeki eski ve yeni yapılarda değerlendirilmeye başlaması önemli bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilirlik yaklaşımının yapılarda görsel bir sembolü olarak da değerlendirilen Pv sistemler, maliyetin düşmesi, şebeke bağlantılı sistem yapılanmasının depolama gereksinimi ortadan kaldırması, toplaç teknolojisinde sağlanan gelişmelerle yapıların saydam ve dolu alanlarda yapı öğesi olarak kullanılabilmeleri sonucunda hızlı bir büyüme ile yeni bir endüstri oluşturmaktadır.

Pv toplaçların, ince yapılanması, cam özelliği göstermesi, su yalıtımı sağlaması, güneş ışığının iç mekanlara erişimine izin verirken ısı ve ışık denetimine olanak sağlaması, temiz ve bitmiş bir görünüşü olması, değişik renklerde üretilebilmesi, eğrisel biçimlerde de kullanılmaya uygun olması, çekici ve hoş mekanlar oluşturabilmesi sonucunda yapıların saydam ve dolu hemen her ögesinde yapı bütünleşik olarak değerlendirilmektedir. Pv toplaçların yapıyla uyumunun kolay olması ve mimari kullanımının çekiciliği yapı bütünleşik Pv sistem uygulamalarının hızla artmasına neden olmaktadır.

### **Çatı bütünleşik Pv sistemler**

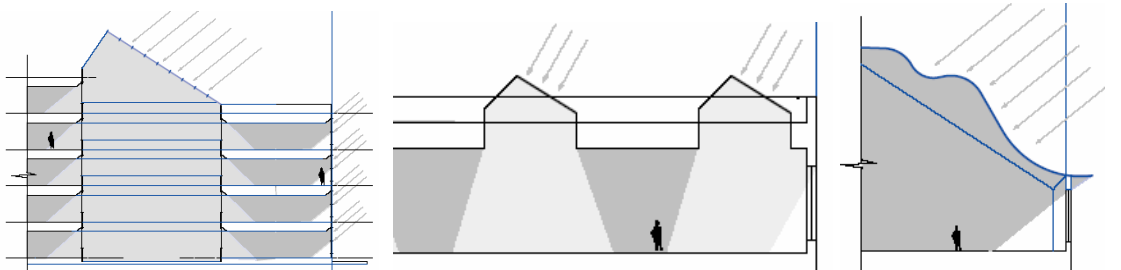
Çatıların; dolu alanlarında örtü malzemesi ya da saydam alanlarında cam yerine kullanılan yapı bütünleşik toplaçlarla oluşturulan sistemlerdir. (Kiss and Kikead, 1993)

*Pv toplaçların çatılarda örtü malzemesi olarak kullanılması;*

Pv toplaçlar, çatılarda örtü malzemesi olarak değişik biçimlerde kullanılmaktadır. Özel üretilen Pv toplaçlarla tüm çatı alanı kaplanabildiği gibi, su yalıtımı sağlanan standart Pv toplaçlar çatılarda geleneksel malzemenin yerine kullanılmaktadır. Çerçevesiz Pv toplaçların küçük birimler biçiminde kiremit özelliğiyle birbirinin üzerine geçirilerek geleneksel çatı görümlü çatı bütünleşik Pv sistem uygulamaları da yapının mimarisine, çevre uyumuna ve kullanıcı tercihine bağlı olarak değerlendirilmektedir.(Bkz ek 3)

*Pv toplaçların çatılarda saydam alanlarında kullanılması;*

Pv toplaçlar çatılarda herhangi bir amaçla oluşturulan değişik biçim ve boyuttaki tüm boşlukların kapatılmasında değerlendirilmektedir. Çatı açıklarının örtülmesi, çatı pencerelerinde ve çatı ışıklıklarında uygun oranda güneş ışınımı alan tüm saydam alanlarda kullanılmaktadır. (Şekil 4.7) (Kiss Cathcart, 1993)

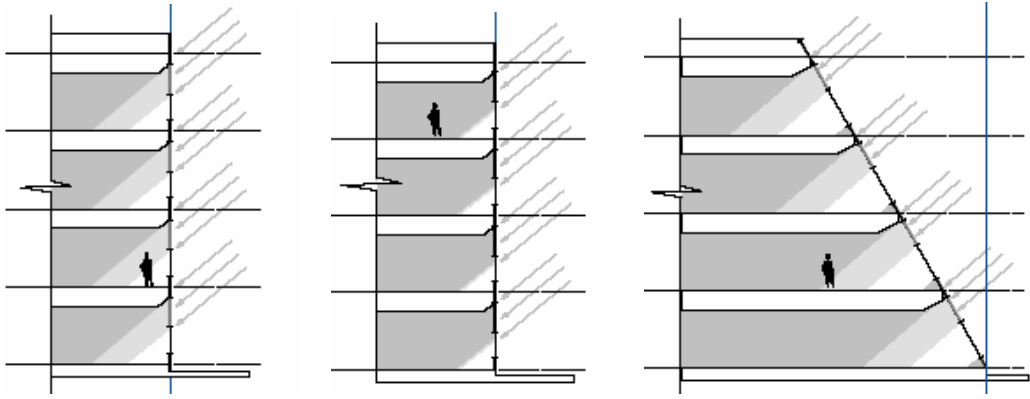


Şekil 4.7 Pv toplaçların çatı boşluklarında kullanımı

Cam Pv toplaçların üretiminde kullanılan yarıiletken malzemenin özelliklerine ve Pv hücrelerin cam toplaç üzerine yerleştirilme aralıklarına bağlı olarak Pv cam toplaç alanlardan içeri alınan güneş ışınımı niceliği denetlenebilmektedir. Çatı boşluklarında cam Pv toplaçların, cam alanlarla birlikte belli bir düzen içinde kullanımı ile değişik mimari çözümler ve iç ortamlar oluşturmak olasıdır. (Bkz ek 3 )

### **Duvar bütünleşik Pv sistemler**

Yapıların duvarlarında kaplama malzemesi olarak ya da saydam alanlarda değerlendirilen sistemlerdir. Pv sistemlerin dolu alanların dışında duvarlarda sıklıkla kullanıldıkları alanlar, giydirme cepheler ve saydam yüzeylerdir. Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, duvar bütünleşik Pv sistemler, dik ya da eğimli cephelerde; gün ışığı gereksinimi, ısı denetimi, ışıklılık denetimi konuları doğrultusunda yarı saydam ya da saydamsız olarak değişik biçimlerde değerlendirilmektedir. (Şekil 4.8) (Kiss Cathcart, 1993)



Şekil 4.8 Pv toplaçların duvarlarda yapı bütünleşik kullanımı

Yapı kabuğu ya da yapı yüzü ögesi olarak değerlendirilen yapı bütünleşik Pv sistemler, yüksek maliyetine ve düşük verimine karşın,

- Mimari olarak temiz ve çekici olduğundan,
- Çatı, duvar, ve saydam alanlarda malzeme maliyetinde azalma sağladığından,
- Kullanıcı kabulü geniş olduğundan,
- Elektrik enerjisi giderlerini azalttığından,
- Güneş denetimine olanak sağlayarak, soğutma yüklerini azalttığından,
- Yenilenebilir enerji kullanımına olanak tanıdığından

yapılarda kullanımları sürdürülebilirlik kapsamında hızla artmaktadır. ( NHAB, 1994)



## 5. ETKEN SİSTEMLERİN ÖĞE OLARAK DEĞERLENDİRİLDİĞİ TASARIM YAKLAŞIMI

Temel görevleri en verimli biçimde belli orandaki enerjiyi üretmek olan etken sistemlerin, verimsel ve yapısal gereksinimleri doğrultusunda yapıların biçimlenişi ve tasarımı üzerinde etkili olacağı açıktır.

Belli nitelikteki değerleri karşılaması hedeflenen yapının tasarımı; insan, doğa, estetik, ekonomi, üretim, tüketim gibi birçok ayrı konuyu bir arada değerlendiren karmaşık, çok parçalı, devingen ve bütüne yönelik bir eylemdir. Yapılar ve mimari tasarım yaklaşımları, insanlığın gelişim sürecinde her türlü bilimsel, teknolojik, sosyolojik, ideolojik gelişmelerden etkilenmiş ve etkilenmektedir. Mimarlığın gelişimi ve değişimi dünya üzerindeki tüm felsefi, bilimsel, toplumsal, teknolojik ve ekonomik koşullar arasındaki karşıtlık, çelişki, zorlamalardan etkilendiği bilinmektedir. Mimarlığın gelecekte de etkin bir meslek alanı olabilmesi için tasarımcıların tüm ilgili değişkenleri bir bütün içinde ele alması gereği, günümüzde kabul gören bir yaklaşımdır. Geleceğin yapıları ortamlarının istenen nitelikte, sürdürülebilir ve yaşam kalitesini arttırmaya yönelik olması için mimari tasarımın, ayrı konuları ve karşıtlıkları bir bütün içinde değerlendirerek, geçmişin kültürü ve bilgisini arkasına alarak, yeni teknolojileri değerlendirerek geleceğe yönelik olmalıdır.

Teknoloji, toplum ve doğal çevre sürekli olarak birbirini etkileyen ortamlardır. Bu etkileşim ortamında artan bir hızla gerçekleşen gelişim ve değişimlerin mimari tasarım sürecini de etkileyeceği açıktır. Yeniye, buluşa ve değişime yönelmek, toplumsal ve teknolojik değişimin olacağını kabul ederek ona göre çalışmalara yönelmek, var olanı daha çok istenecek olana yönelmek geleceğe yönelmektir. (Bayazıt, 1982) İnsanların dünyayı algılayışının hızla değiştiği, teknolojik olanakların günlük hayatı her açıdan etkilediği, daha iyi yaşam koşullarının hedeflendiği ve sürekli değişim ve gelişimin kaçınılmaz olduğu, 21 yüzyılda yapıları çevrenin gelecek nesilleri de güvenilir biçimde barındırabilmesi için geleceğe yönelik tasarım önemli bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda geleceği göz önüne alarak, insanla beraber çevreyi de ön plana çıkaran sürdürülebilirlik ve onun yenilikçi ve teknolojik boyutunu oluşturan güneş enerjisinden etken yararlanma sistemlerinin yapılar da değerlendirilmesi, geleceğe yönelimin önemli bir unsurunu oluşturmaktadır. Uzun yıllardan bu yana güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmeyi amaçlayarak gelişen etken sistemlerin, gelecekte yapılar da yaygın olarak değerlendirilecekleri ve kentlerin, yapı çevrenin oluşmasında biçimsel ve anlamsal bağlamda etkili olacağı kaçınılmaz görünmektedir.

Günümüzde, yapı bütünleşik ve sonradan eklenen sistemler olarak birçok ayrı uygulama tekniği ve teknolojiyle yapılarda değerlendirilen etken sistemlerin, mimariye birçok yeni sorumlulukla birlikte açılımlar, tasarım olanak ve zorlamaları da getirdiği açıktır. Sınırlamalar ve zorunlulukların, tasarım verisi ve mimariye artı değer kazandıran değerler olarak ele alınması, ancak, etken sistemlerin tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesi ile olanaklıdır. Sürdürülebilirlik kapsamında yeni bir boyut kazanan güneş enerjisinden etken yararlanma sistemleri yapının,

- Arazi üzerindeki yerleşimi,
- Planlaması,
- Biçimlendirilmesi,
- Görünüşü,

üzerinde ve binanın yapım ve işletim maliyetinde belirleyicidir. Etken sistem kullanımı yapı tasarımını, yerleşim kararlarından, detaylandırma kararlarına kadar, tüm aşamalarda etkilediğinden tasarım ögesi olarak ele alınması, ortaya çıkacak mimari ürünün, hedeflenen tüm koşulları yerine getirebilmesi açısından önemlidir. Kapsamlı tasarım sürecine gereksinim duyan etken sistemlerin, -karmaşık tasarıma süreci olan- yapılarda etkin olarak kullanılması durumunda, bütüncül tasarım yaklaşımı ile değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yapılarda etken sistem kullanımı, yapının farklı alanlarındaki birçok ayrı konuyu birbiriyle ilişkili bir biçimde etkilemektedir. Etken sistemlerin tasarım ögesi olarak değerlendirilmesi için etkileşim içinde olduğu tüm konuların iyi anlaşılması, tanımlanması ve konuların ilişkilendirilmesi gereklidir.

### **5.1 Etken Sistemlerin Mimari Tasarıma Etkileri**

Bölüm 4’de belirtildiği gibi, etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesinde, sistem verimi, mimari estetik, ekonomi konuları arasında belli bir dengenin sağlanması gereğinin sistem ve yapı tasarımı üzerinde etkilidir.

Etken sistemlerin tasarım ölçütü olarak değerlendirilmesinde,

- İşlevsel ve mimari kaygılarla tasarlanan yapının, planlama ve biçimsel olarak etken sistem gereksinimlerine cevap vermesi,
- Tasarımında verim ve ekonomisi ön planda tutulan etken sistemlerin, yapı ile uyum ve mimari estetiği sağlaması,

gereklilikleri temel yaklaşım olarak ele alınabilir.

### *Etken sistem gereksinimleri;*

Yapılarda değerlendirilen etken sistemlerin, ürettikleri enerjinin yükü karşılama oranı verimi belirlediğinden yapıların enerji gereksiniminin az olması, sistemin etkinliği açısından önemlidir. Etken sistem uygulamasından önce yapının enerji giderlerinin azaltılması, tasarım aşamasında ise yapının en az enerjiye gereksinim duyacak biçimde planlanması etken sistemlerin etkinliği açısından öncelikli bir yaklaşımdır. (DOE, 1995)

Bölüm 2’de belirtildiği gibi, sistemin verimi üzerinde belirleyici olan en önemli konu toplaçlarla üretilen enerjinin niceliğidir. Toplaç alanlarının verimini belirleyen ise, üzerine gelen güneş ışınımının niceliği ve niteliğidir. Bu açılarından yaklaşıldığında, etkin biçimde enerji üretmesi hedeflenen bir etken sistemin mimari tasarım üzerinde etkili olan gereksinimleri,

- Yapının enerji gereksiniminin düşük olması,
- Sistem veriminin yüksek olabilmesi için yapı yüzünde uygun ve yeterli alanların olması

olarak sıralanabilir.

### *Estetik yeterliliğin sağlanması*

Yapı yüzeylerine konumlandırılan toplaç alanları bölüm 4.1.2’de belirtildiği gibi, verimsel gereksinimleri ve biçimsel özellikleri doğrultusunda yapının görünüşü üzerinde belirleyicidir. Tasarım sürecinde toplaç alanlarının yapı yüzeylerinde kullanımının mimariyi ve sistemi ne doğrultuda etkileyeceğinin göz önüne alınması, verimsel ve estetiksel gereksinimlerin sağlanması açısından önemlidir.

## **5.2 Etken Sistemlerin Mimari Öğe Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Tasarım Yaklaşımı**

Karmaşık, çok değişkenli ve bilgi yoğun düşünsel, bir eylem olan yapı tasarımı; belli bir mekan- zaman ilişkisinde, problemin tanımıyla başlayıp çözüm elde edilmesine kadar devam eden bir süreçtir.(Erdem, 1995) Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi, problemin tanımlanması, ilgili tüm konularla ilişkilendirilerek, bütün boyutları ile ortaya konması ulaşılabilecek çözümün niteliği üzerinde doğrudan etkilidir. Etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesinin tasarım probleminin kapsamının genişlemesine ve karmaşıklaşmasına neden olacağı ve işlev, planlama ve görsellik üzerine odaklanan geleneksel tasarım yöntemlerinin, etken sistemlerin yapılarda nitelikli olarak değerlendirilmesi için yeterli olmayacağı açıktır.

Sürdürülebilirlik bağlamında, etken sistemlerin değerlendirildiği yapılarda, istenen *maliyet - verim - estetik* hedeflerine ulaşılabilmesi için, ayrıntılı analiz çalışmaları gerektiren, sürekli maliyet ve enerji performans hesaplarının yapıldığı, bu hesaplar doğrultusunda geri dönüşlerin ve değişimlerin gerçekleştiği, dinamik ve bütünlük bir tasarım sürecine gereksinim vardır.

Etken sistemlerin kullanıldığı yapıların tasarımında,

- Düşük enerji gereksinimli yapılanma,
- Toplaç alanları için yapı yüzlerinde uygun ve yeterli alan,
- Estetik yeterlilik için toplaç alanlarının mimari ile uyum ve bütünlük içinde olması,
- Yapılabilirlik için yüksek verim düşük uygulama ve işletim maliyeti,

hedeflerine ulaşmada değerlendirilebilecek; -bölüm 3.1 ve 3.2’de tanımlanan sistem verim gereksinimleri, şekil 3.11 ve 3.22’ de tanımlanan etken sistem tasarım adımları ve şekil 4.2’de tanımlanan etken sistem yapı görünüşü ilişkisi doğrultusunda ve IEA Task 23 de tanımlanan “bütünlük tasarım” yaklaşımı bağlamında oluşturulan- yöntemin adımları ve ayrıntıları şöyledir:

### 1. Temel hedeflerin belirlenmesi

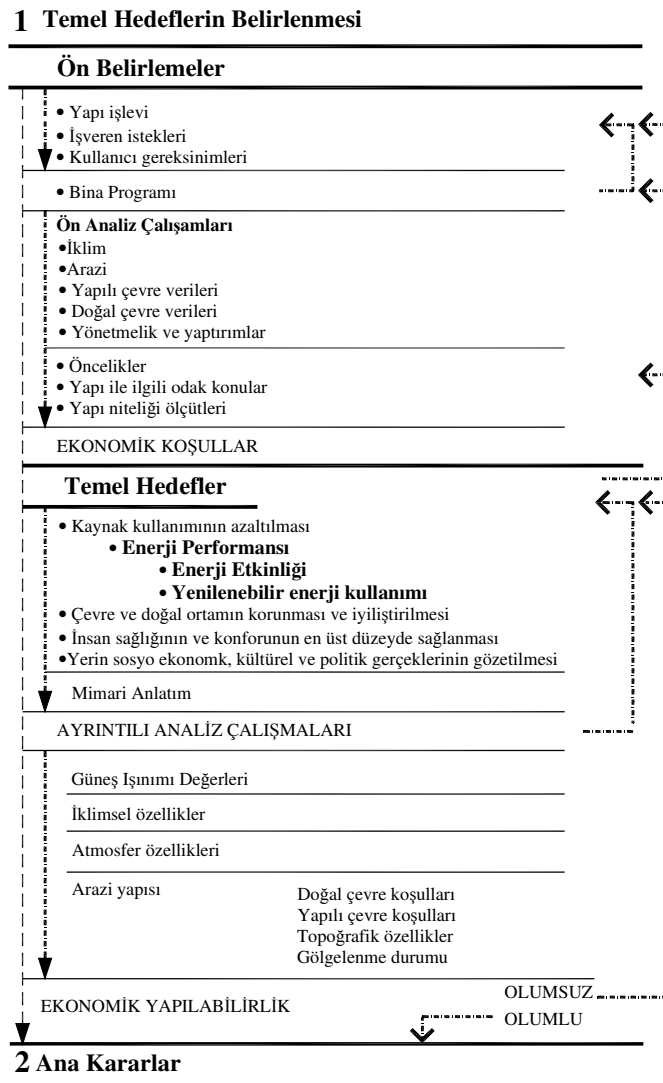
Yapı ile ilgili temel hedeflerin belirlenmesi, yapının tüm niteliklerinin tanımlandığı temel aşamadır. Karmaşık ve kapsamlı konuların bir arda değerlendirildiği bu aşamada, alınan kararlar, yapının bitmiş bir ürün olarak taşınması gereken özellikleri tanımladığından yapının tüm tasarım sürecini de belirler.

Bu aşamada, yapı tasarımında temel belirleyici ölçütlerinden bazıları olan; yapı işlevi, kullanıcı istekleri ve gereksinimleri, iklim ve arazi koşulları, yönetmelikler vb gibi konuların sistematik olarak değerlendirilerek, yapı ile ilgili odak konuların ve önceliklerin belirlenmesiyle, sürdürülebilirlik ve mimari anlatım hedeflerinin belirlenmesi ve tanımlanması gerçekleşir.

Sürdürülebilir yapı bağlamında bir çevre ve kaynak kullanımı konuları doğrultusunda belirlenecek temel hedefler açısından **yapının enerji performans** değeri etken sistem kullanım özelliklerini belirleyen temel konudur. Bu bağlamda, yapılarda değerlendirilen etken sistemlerin, verimsel estetiksel ve ekonomik niteliği bu aşamada enerji konuları ile ilgili belirlenecek temel hedeflere doğrudan bağlıdır

Uzmanlık isteyen birçok konunun aynı anda değerlendirilmesini gerektiren bu aşamada, ilgili konuların uzmanları ile görüş alışverişinde bulunması, konuların birbirleri ile ilişkilendirilmesi

ve ayrıntıların bir arada değerlendirilebildiği bütüncül bir yaklaşımın izlenmesi hedeflerin çevresel, ekonomik ve mimari bağlamda tutarlı olması açısından önemlidir. Uzmanlarından oluşan bir tasarım ekibinin oluşturulması, bu ekipler arasında işbirliği ve iletişimin sağlanması, yapı kullanıcı ve işverenin önerileri ve istekleri ile katılımı, hedeflerin ve yapının niteliği üzerinde etkilidir. Ön belirleme çalışmaları ve ekonomik koşullar doğrultusunda belirlenen temel hedefler, ayrıntılı analiz çalışmaları ve hedeflerin ekonomik yapılabirlik hesapları sonuçları doğrultusunda gözde geçirilerek, gerekli düzenlemelerin yeniden yapılması gerekmektedir. Temel hedeflerin belirlendiği tasarım süreci şekil 5.1'deki şemada gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Temel hedeflerin belirlenmesi

## 2. Ana kararların tanımlanması

Ön belirlemeler ve ekonomik koşullar doğrultusunda belirlenen temel hedeflerin ulaşılabilir olması için, yapıda değerlendirilecek sistem ve yaklaşımlarla ilgili ana kararların alındığı bu aşamada, temel hedeflerle yapı arasında gerçekçi bir ilişkinin kurulması amaçlanmaktadır. Sürdürülebilirlik bağlamında ele alınan yapıda kullanılacak tüm sistemlerin belirlendiği bu aşamada, etken sistemlerle ilgili olarak,

- Sistem tipi, ( ısıtma / Pv)
- Sistem yapılanması,
- Sistem hedefi,

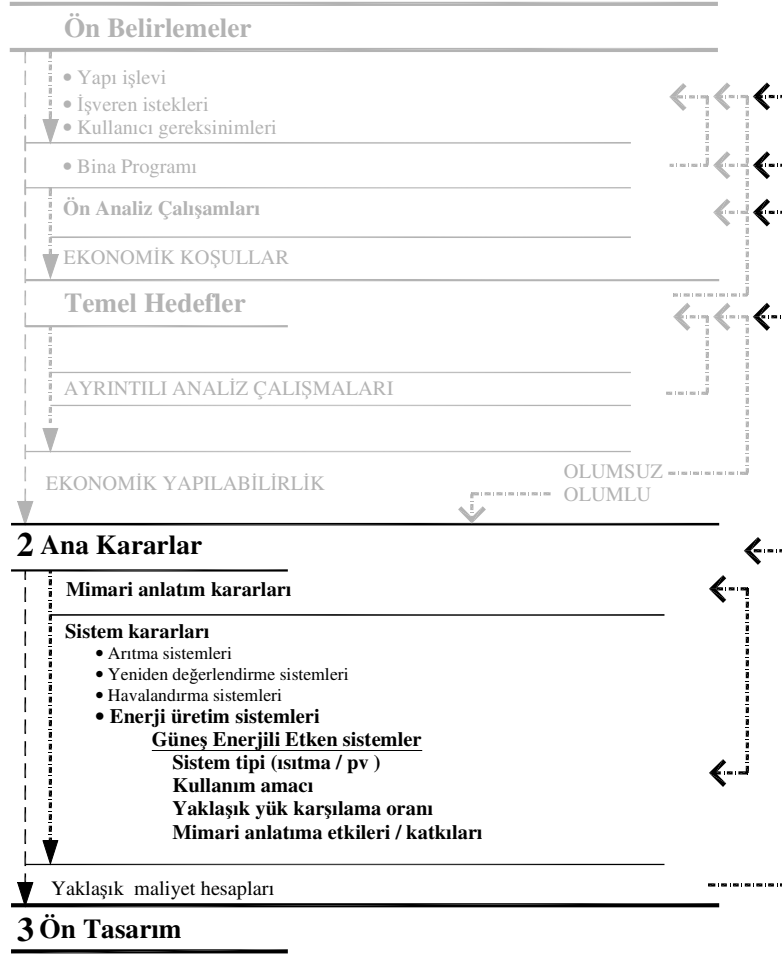
konularında alınacak ana kararlar, ileri aşamalarda gerçekleştirilecek sistem tasarımlarının temelini oluşturmaktadır.

Ayrıca yapının mimari anlatımı ilgili ana kararların belirlenmesi; etken sistemlerin yapı mimarisindeki yeri ve öneminin tanımlanması; yapının biçimlenmesi, görünüşü ve sistemlerin tasarımını belirleyen ana kararları oluşturmaktadır.

Ana kararların tanımlanmasından sonra yapılacak yaklaşık maliyet hesapları doğrultusunda kararların, temel hedeflerin, istek ve gereksinimlerin yeniden gözden geçirilerek gerekli görülen düzenleme ve düzeltmelerin yapılması, yapı tasarım sürecinin hedefler doğrultusunda sağlıklı olarak ilerlemesi açısından gereklidir.

Ana kararların tanımlanmasında izlenebilecek tasarım süreci şekil 5.2’de gösterilmiştir.

## 1 Temel Hedeflerin Belirlenmesi

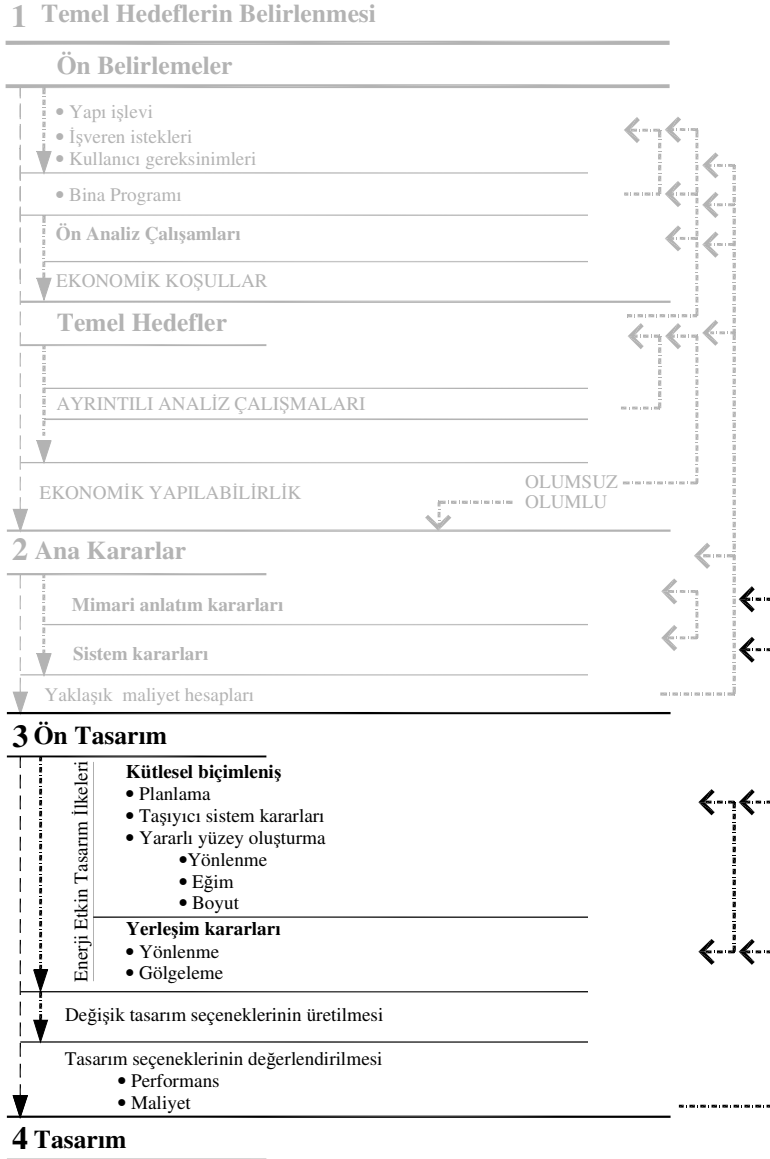


Şekil 5.2 Ana kararların tanımlanması

### 3. Ön tasarım

Kütleli biçimlenme yaklaşımlarından yapı biçimlenmesine doğru ilerleyen bu aşamada, enerji etkin yapı tasarımı ilkeleri bağlamında değişik çözüm önerilerin üretilmesi ve ana kararlara ve temel hedeflere en uygun tasarım seçeneğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu aşamada; temel hedefler ve ana kararlar göz önüne alınarak geliştirilen tasarım seçeneklerinin, maliyet ve performans hesaplamaları doğrultusunda, yeniden ele alınarak düzenlenmesi döngüsü, en uygun biçimlenişin belirlenmesine kadar devam eder. Bu aşamada, etken sistemlerinin yapıda nitelikli olarak değerlendirilebilmesi için yapı biçimlenişinde; etken sistem karar ve hedefleri göz önünde bulundurulması ve -gerekli verimin elde edilmesi için-, uygun yönelim, eğim ve boyutta yararlı alanları sağlayan seçeneklerin oluşturulması gerekmektedir.

Toplaç alanlarının konumlanacağı, fazla güneş ışınımı alan yapı yüzeylerinin biçimlendiği bu aşamada, vaziyet planı çalışmalarının da bu doğrultuda ilerlemesi gerekmektedir. Enerji etkinliği için yapı tasarımı, arazi ve iklim verileri doğrultusunda uygun yönlenme ve yerleşim kararları doğrultusunda ilerlemelidir. Ön tasarım süreci, şekil 5.3 de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Ön tasarım süreci



#### 4. Tasarım

Temel hedefler ve ana kararlar doğrultusunda, yapı biçimlenişi ile sürdürülebilir yapı sistemleri arasında belli bir dengenin ve bütünleşmenin sağlandığı tasarım sürecidir. Bu aşamada, enerji etkin tasarım ilkeleri ve yararlı yüzey oluşturma doğrultusunda ilerleyen yapı biçimlenişi ile yapıda değerlendirilecek etken sistem tasarımlarının eş zamanlı ve karşılıklı etkileşim içinde devam etmesi önemlidir. Yapı biçiminin son durumunu aldığı bu aşamada,

- İklimle dengeli tasarım ilkeleri,
- Edilgen kazanç ilkeleri,
- Gün ışığı kazancı yaklaşımları,
- Güneş denetimi ilkeleri,

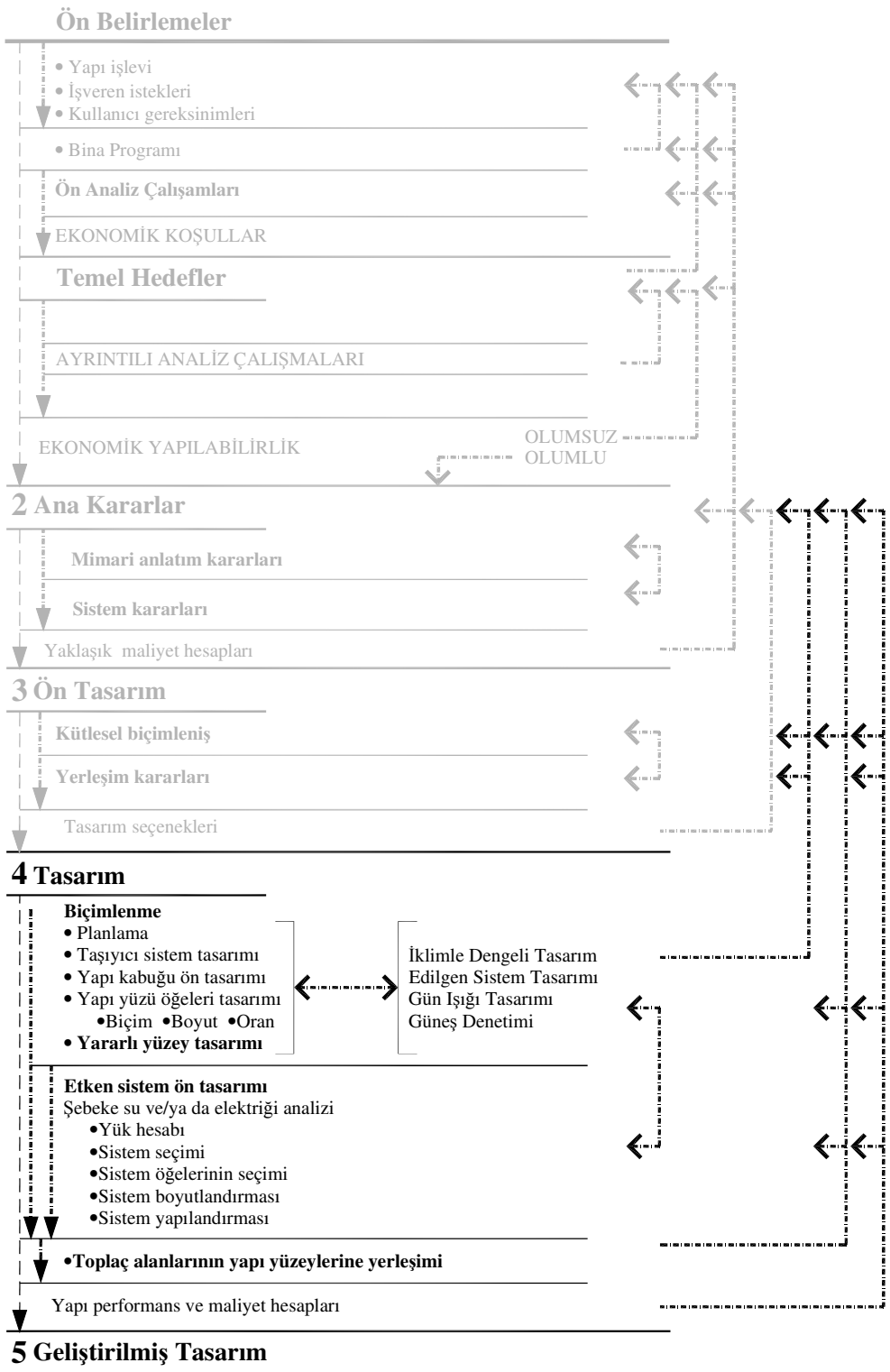
gibi enerji etkin tasarım yöntemlerinin değerlendirilerek, yapı kabuğu tasarımının gerçekleştirilmesi ve bu doğrultuda enerji performans hesaplarının yapılması, ortaya çıkan etken sistem gereksinimleri doğrultusunda yararlı yüzeylerin, estetik yeterlilik bağlamında oluşturulması önemlidir.

Yapı biçimlenişiyle beraber, havalandırma, tesisat vb. gibi yapı sistemlerin bütüncül bir yaklaşımla çözülmesi, benzetim programlarının kullanımıyla enerji performans ve maliyet hesapları sonucunda çözümlerin yeniden değerlendirilmesiyle tasarımın belli döngüler içinde ilerlemesi, istenen hedeflere ekonomik elde edilmesi açısından gereklidir.

Bu aşamada, etken sistem yapılandırma seçeneklerinin oluşturulması (Bkz Bölüm 3), hesapların yapılması ve sınanması ile beraber yapı yüzeylerinde yararlı alanların son durumlarının oluşturulması ve boyutlandırma hesapları ile bir dengenin oluşturulması önemlidir.

Yapı planlaması ve biçimlenmesinin son durumunu aldığı bu çalışma sonunda maliyet ve performans hesaplarının yapılması, ana tasarım kararlarının ve ön tasarım sonuçlarının göz önüne alınmasıyla tasarım çözüm/lerinin yeniden değerlendirilmesiyle döngüsel bir ilerlemenin gerçekleştirilmesi, hedef ve ana kararlarla tutarlılığın sağlanması açısından önemlidir.

## 1 Temel Hedeflerin Belirlenmesi



Şekil 5.4 Tasarım aşaması

## 5. Geliştirilmiş tasarım

Yüksek performanslı yapılar, tüm öğelerin ve sistemlerin ayrıntılı olarak açıklandığı eksiksiz bir tasarıma gereksinim duyarlar. Tanımların ve şartnamelerin kesin olması sonraki aşamaların sağlıklı ve düzgün ilerlemesi, karışıklıkların azaltılması ve yapım maliyetlerinin artmasını önler. (IEA Task 23, 2003) Geliştirilmiş tasarım, planlanması ve biçimlenmesi tamamlanan yapının detaylandırma çalışmalarının yapıldığı ve tasarımın son halini aldığı, ayrıntılı uygulama projelerinin oluşturulduğu aşamadır. Bu süreçte, yapının tüm sistemleriyle ilgili ayrıntılı çalışmaların tamamlanmasıyla, aralarında ve yapıyla olan optimizasyonun ve uyumun sağlanması, amaçlanmaktadır.

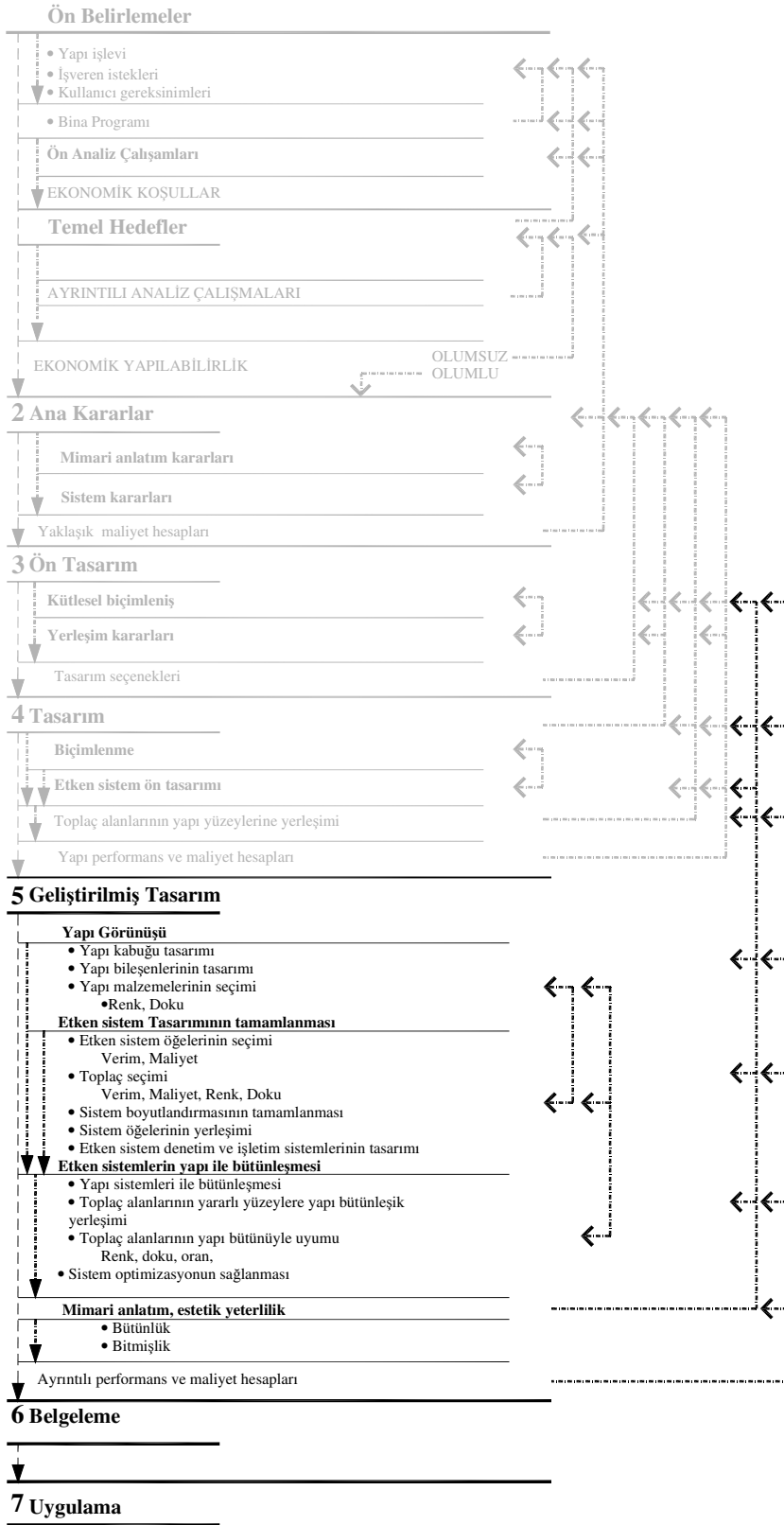
Gelişmiş tasarım aşamasında, güneş enerjili etken sistemlerin öğelerinin seçimi, boyutlandırması, sistem öğelerinin optimal biçimde ilişkilendirilmesi, işletim ve denetim sistemlerinin tasarımının tamamlanması, sistem öğelerinin yapı içindeki konumunun son durumunun belirlenmesi, toplaç dizilerinin yapı üzerindeki yerleşimi, toplaç dizilerinin yapı görünüşüne etkilerinin incelenmesi, yapı ile uyumunun sağlanması ve mimariye etki ve katkılarının tasarlanmasının tamamlanması gerçekleşir.

Ayrıca bu aşamada, yapı kabuğu tasarımının tamamlanması, kesit detaylarının son durumunu alması, yapı yüzü öğelerinin ve malzemelerinin, mimari anlatım hedefleri doğrultusunda belirlenmesi ve toplaçlarla uyumun sağlanması süreci de tamamlanır.

Yapı biçimlenmesi ve detaylandırmasının son durumunu alması için, ayrıntılı performans ve maliyet hesaplarının sonuçları doğrultusunda değişik seçeneklerin değerlendirilmesi, tasarım aşamasında verilen kararların gözden geçirilmesi ve gerekli değişim ve düzeltmelerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Yapının, enerji performans yaklaşımları ve tüm sistemleriyle son durumunu aldığı, yapı görünüşünün hedeflenen mimari anlatım ve estetik yeterliği sağlayacak biçimde oluşturulduğu, ayrıntılı maliyet ve performans hesaplarının gerçekleştiği, bu aşamada projenin istenen hedefleri yakalayıp yakalamadığı belirlenerek, uygulama projelerinin hazırlanması gerçekleştirilmektedir. Gelişmiş tasarım süreci şekil 5.5’de gösterilmiştir.

## 1 Temel Hedeflerin Belirlenmesi



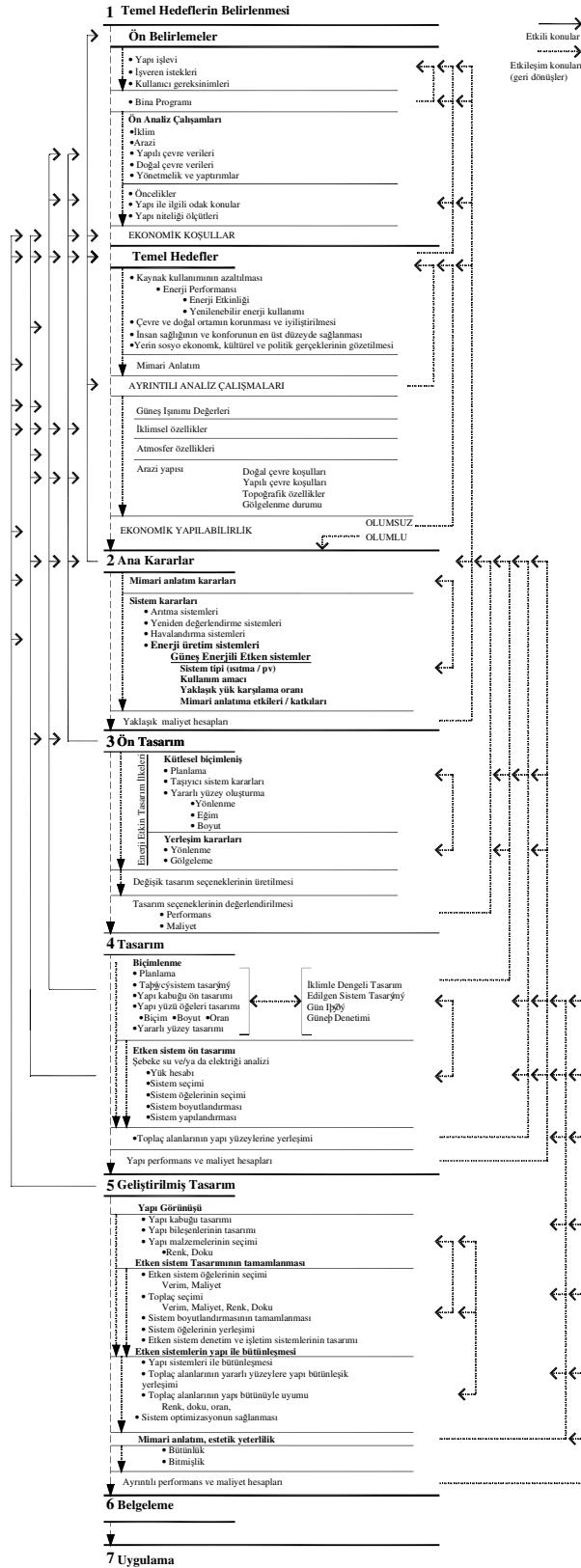
Şekil 5.5 Gelişmiş tasarım aşaması

## 6. Belgeleme

Uygulama için hazırlanan proje ilgili gerekli ayrıntılı olarak hazırlanmış tüm yazılı ve çizili belgelerin oluşturulması için gerekli çalışmaların yapılması.

Yukarda tanımlanan tasarım adımlarının gerçekleştirilmesinde, etken sistem uzmanlarının tasarımın ilk aşamalarından iş birliği içinde çalışılması, tasarımın geliştirilmesi sürecinde birlikte çalışma, sonuçların mimari ve verim açısından istenen sonuçlara ulaşmasında önemlidir. Bütünleşik tasarım yaklaşımı kapsamında uzmanlardan oluşan ekiplerin tasarım ekipleri ile bir arada çalışması önemlidir.

Bütünleşik tasarım yaklaşımı kapsamında etken sistemlerin yapı ögesi olarak değerlendirildiği mimari tasarımın aşamaları şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Etken sistemlerin değerlendirildiği yapı tasarımı şeması

## 6. ETKEN SİSTEMLERİN ÖĞE OLARAK ELE ALINDIĞI TASARIMLARDA UYGUN YAPI BİÇİMLENMESİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Enerji etkin yapılarda yüksek enerji performans hedeflerine ulaşmada, güneş enerjili etken sistemlerin verimi ve etkinliği önemli bir yer tutmaktadır. Bölüm 3.1.2.6 ve 3.2.4'de tanımlandığı üzere, etken sistemlerin verimi ise, toplaç alanlarına gelen güneş enerjisi niceliğine, sistemin öğelerinin ve yapılanmasının niteliğine ve üretilen enerjinin yükü karşılama özelliklerine bağlıdır.

Bölüm 4'de açıklandığı üzere, verim ve ekonominin yanında estetik yeterliliğin sağlanması için, sistemlerin yapı ögesi olarak değerlendirilmeleri ve yapıyla bütünleşik kullanılmaları gerekmektedir. Etken sistemlerin yapı ögesi olarak değerlendirildiği durumlarda, yapı yüzlerinin mimari öge ve yapı elemanı olmalarının yanında enerji üretimi de görevlerinden bir durumuna gelmektedir. Bu açıdan yaklaşıldığında, yapı bütünleşik kullanılan tüm etken sistemler yapı kabuğunda; toplaç alanlarının konumlandırılacağı; yön, eğim ve boyut bakımından yeterli **yararlı yüzeylere** (Bkz Ek 5) gereksinim duyar. Gerekli güneş enerjisinin sağlanacağı yararlı yüzeylerin özellikleri, sistem verimi, yapı biçimi ve görünüşü üzerinde belirleyici olduğundan; tasarımın ön aşamalarında yapı yüzeylerinin güneşlenme miktarlarının hesaplanması, etkinliklerinin belirlenmesi, temel hedefleri belirlenmiş tasarım sürecinin sağlıklı olarak ilerlemesinde etkili veriler sağlayacağı öngörülmektedir.

Bilindiği gibi yapıların ısı ve elektrik enerjisi gereksinimleri yapı işlevi doğrultusunda, yıl boyunca; aya, güne ve saate; yapı yararlı yüzeylerine gelen güneş enerjisinin niceliği de yılın; gününe, saatine, iklimsel ve çevresel koşullara bağlı olarak değişim göstermektedir. Etken sistemlerin çalışma verimlerinin; üretilen enerjinin yükü karşılama oranı ve niteliğine bağlı olduğu göz önüne alınırsa; yararlı yüzeylere gelen güneş enerjisi özellikleri ile gereksinim duyulan enerjinin özellikleri arasındaki ilişkinin tasarımın ön aşamasında belirlenmesiyle; sistem yapılanması, tasarım ve tasarımın geliştirilmesi aşamaları için yararlı bilgiler elde edilmesi olasıdır.

Bu açıdan yaklaşıldığında, yapı yararlı yüzeylerine gelen güneş enerjisinin nicelik ve niteliği ile yükün karşılanması için gerekli olan enerjinin niceliği ve niteliği arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik bir yaklaşım, kapsamlı ve ayrıntılı hesaplar gerektiren sürdürülebilir yapıların tasarım sürecinde etkin biçimde kullanılabilir.

Bölüm 5.2’de tanımlanan, yapının kütleli biçimlenişin belirlendiği *ön tasarım aşaması*; yararlı yüzeylerin biçimlendiği dolayısıyla da etken sistemlerin ilk etkinlik potansiyelinin olduğu aşamadır. Bu aşamada, değişik yapı seçeneklerinin yararlı yüzeylerine gelen güneş enerjisi özellikleri ile, yapının enerji gereksinimi özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesini sağlayacak bir yaklaşımın,

- Yapı seçeneklerinin sistem verimi açısından değerlendirilmesine,
  - Yapı enerji performansı ve etken sistem ile ilgili ana kararların ve temel hedeflerin yeniden değerlendirilmesinde,
  - Sistem veriminin yaklaşık olarak öngörülmesine,
  - Yapının ön enerji performans hesaplarına,
  - Yapının ön maliyet hesaplarına,
  - Tasarım sürecinin ileriki aşamalarında ayrıntılı olarak tasarlanacak etken sistemin yapılanma kararlarına ve öğelerinin seçimine,
- yardımcı olacağı öngörülmektedir.

### **6.1 Yaklaşımın Amacı**

Etken sistemlerin tasarım ögesi olarak ele alındığı tasarımlarda, yapıların güneşlenme ve enerji gereksinimi özellikleri bakımından incelenerek, optimum yararlı yüzey boyutu ile maksimum sistem performansının elde edilmesi için uygun yapı biçimlenmesi ve yönlendirmesinin belirlenmesi.

### **6.2 Yaklaşımın Tanımı**

Yaklaşım; belli iklim koşullarında değişik biçimlenme ve yönlendirme özellikleri doğrultusunda oluşturulan yapı seçeneklerini, güneşlenme verileri ve yük özellikleri açısından karşılaştırılarak değerlendirilmesi ve uygun olan seçeneğin belirlenmesi olarak tanımlanabilir.

Uygun yapı seçeneğinin belirlenmesini amaçlayan yaklaşım temel olarak 3 aşamadan oluşmaktadır:

1. Yapı seçeneklerinin güneşlenme özelliklerinin belirlenmesi,
2. Enerji gereksiniminin nicelik ve nitelik özelliklerinin belirlenmesi,
3. Yapının güneşlenme ve enerji gereksinimi özelliklerinin doğrultusunda yapı seçeneklerinin değerlendirilmesi,



### Aşama 1

Yapı yüzeylerinin güneşlenme özelliklerinin belirlenmesinde izlenecek temel adımlar:

- Yön ve eğime bağlı olarak, yapı yüzeylerinin birim alanına gelen güneş enerjisi miktarlarının -güneşlenme yoğunluklarının- hesaplanması,
- Yapı yüzeylerinin **güneşlenme veriminin** hesaplanması, (Bkz Ek 5)
- Hesaplanan güneşlenme verimleri doğrultusunda yapı **yararlı yüzeylerinin** belirlenmesi,
- Yapı yüzeylerin aldığı enerji miktarının hesaplanması, yararlı yüzeylerin belirtilmesi,
- Yapıların yararlı yüzeyleri aracılığı ile aldığı toplam enerji miktarının hesaplanması,
- Yapıların aldığı toplam güneş enerjisinin hesaplanması
- Uygun yön ve yapı yüzeylerinin belirlenmesi ve bu yüzeylerin aldıkları güneş enerjisinin zamana bağlı değişimlerinin belirlenmesi

### Aşama 2

Yükün karşılanması için gerekli enerji miktarının incelenmesinde izlenebilecek temel adımlar:

- Etken sistemlerin temel kullanım hedeflerinin belirlenmesi
- Yükün niceliği ve niteliğinin belirlenmesi,
- Sistem verim kabullerinin yapılması
- Yükün belirlenen hedefler doğrultusunda karşılanması, kabul edilen sistem verimleri için **güneş enerjisi gereksiniminin** belirlenmesi, (Bkz Ek 5)
- Enerji gereksiniminin zamana bağlı değişiminin belirlenmesi,

### Aşama 3

Yapı seçeneklerinin irdelenmesinde izlenebilecek adımlar,

- Yapı yararlı yüzeylerinin güneşlenme değerleriyle, enerji gereksinim değerlerinin karşılaştırılması,
- Yararlı yüzeylerin yük karşılama oranlarının bulunması
- Yaklaşık alan hesaplarının yapılması
- Yararlı yüzey alanı ile elde edilen enerji eğrisi ile yük eğrilerinin karşılaştırılması

olarak sıralanabilir.

### 6.3 Yaklaşımın Kapsamı ve Sınırları

Yaklaşım, etken sistemlerin tasarım ögesi olarak ele alındığı ve yapı bütünleşik olarak değerlendirildiği çok katlı yapıları temel almaktadır. Seçeneklerin oluşturulmasında plan şemaları temel olarak ele alınmakta, biçimlenmeye bağlı olarak oluşan değişik yapı yüzeyi seçenekleri için yapının aldığı enerji miktarının hesaplanması amaçlanmaktadır.

Yaklaşım ön tasarım aşamasında etken sistem potansiyelini değerlendirmeyi amaçladığından, yapı yüzeyi alanlarını brüt olarak ele alınmakta, duvar ve çatı yararlı yüzeylerinde, mimari kullanımdan kaynaklanan azalmalar değerlendirmeye alınmamaktadır. Yararlı yüzeylerin gölge alma özelliklerinin sistem verimi üzerinde etkili olacağı açıktır. Ancak bu aşamada gölgeleme oranlarını "0" olarak kabul edilmektedir.

### 6.4 Yaklaşımın Adımları

Çok katlı bir konut yapısı için oluşturulan biçimlenme seçeneklerinin, yararlanma ve yükün karşılanması bakımından karşılaştırılmasında izlenecek adımlar aşağıda sıralanmıştır.

#### 1. Yapı konum özelliklerinin tanımlanması

Yapının içinde bulunduğu

- Enlem,
- Boylam,
- Yükseklik,
- Yıllık ortalama güneş enerjisi,
- İklim özelliklerinin tanımlanması.

#### 2. Yapının biçimlenme seçeneklerinin tanımlanması

Yapı seçeneklerinin; plan, kesit vb. verilerle biçimlenme özelliklerinin tanımlanması.

#### 3. Yapı yönelme seçeneklerin belirlenmesi

Yapıların, konumlandırılacağı yön seçeneklerine karar verilmesi ve tanımlanması.

#### 4. Yapı yüzü alanlarının hesaplanması

Belirlenen yapı seçeneklerinin, çatı ve duvar alanlarının hesaplanması.

#### 5. Yapı yüzeylerinin birim alanına gelen güneş enerjisi miktarının belirlenmesi

Enlem ve iklim verileri doğrultusunda, -yönleri ve eğimleri ayrı olan- yapı yüzeylerinin birim alanlarına gelen yıllık ortalama güneş ışınımı miktarlarının (güneşlenme yoğunluğu) belirlenmesi. (kWh/m<sup>2</sup>)

## 6. Yapı yüzeylerinin güneşlenme verimlerinin hesaplanması

çatı ve duvar alanlarının güneşlenme verimlerinin -6.1 ve 6.2 nolu eşitliklerden yararlanılarak hesaplanması.

$$G_{vç} = \frac{E_c}{E_{c\max}} \times 100 \quad 6.1$$

$G_{vç}$ : Çatı güneşlenme verimi

$E_c$ : Çatı yüzeylerinin güneşlenme yoğunlukları (kWh/m<sup>2</sup>)

$E_{c\max}$ : Maksimum güneşlenme yoğunluğu değeri(kWh/m<sup>2</sup>)

$$G_{vd} = \frac{E_d}{E_{d\max}} \times 100 \quad 6.2$$

$G_{vd}$ : Duvar güneşlenme verimi

$E_d$ : Duvar yüzeylerinin güneşlenme yoğunlukları (kWh/m<sup>2</sup>)

$E_{d\max}$ : Maksimum güneşlenme değeri (kWh/m<sup>2</sup>)

## 7. Yapı yararlı yüzeylerinin belirlenmesi

6. adımda hesaplanan, güneşlenme verimi değerleri %80 ve üzeri olan yüzeyler “yararlı” olarak belirlenmesi.

## 8. Yapı yüzeylerinin aldığı enerji miktarının hesaplanması ve yararlı yüzeylerin belirtilmesi

4.adımda hesaplan yüzey alanları değerleri (m<sup>2</sup>) ile, 5. adımda belirlenen güneşlenme yoğunlukları değerlerinin (kWh/m<sup>2</sup>) çarpılmasıyla, çatı ve duvar yüzeylerinin aldığı yıllık ortalama güneş enerjisi miktarının hesaplanması. (kWh)

## 9. Yapıların yararlı yüzeyleri ile aldığı toplam güneş enerjisinin hesaplanması

Yararlı yüzeylere gelen güneş enerjisi miktarının toplanmasıyla, yapı seçeneklerinin yararlı yüzeyleri ile aldığı toplam güneş enerjisi değerlerinin hesaplanması.

## 10. Yapı seçeneklerinin aldığı toplam güneş enerjisi miktarının hesaplanması

Yapı yüzeylerinin aldığı enerjinin toplanmasıyla; yapı seçeneklerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerlerinin hesaplanması.

**11. Yapı seçeneklerinin karşılaştırılması**

Yapıların biçimlenmesi ve yönlenmesine bağlı olarak yüzeyleri aracılığı ile aldığı güneş enerjisi miktarları doğrultusunda karşılaştırılarak uygun biçimlenme ve yönlenmeye karar verilmesi.

**12. Yapı yararlı yüzeylerin zamana bağlı güneşlenmelerinin belirlenmesi**

Belirlenen uygun yönler için, yararlı yüzeylerin aldığı güneş enerjisinin zamana bağlı değişiminin belirlenmesi.

**13. Yükün hesaplanması**

Sistemin kurulum amacı, kullanım amacı, kullanıcı alışkanlıklarına ve aylara, günlere ya da saate bağlı olarak değişen enerji gereksiniminin ayrıntılı olarak hesaplanması.

**14. Enerji gereksinim özelliklerinin belirlenmesi**

Yükün karşılanması için, kurulması öngörülen sistemin verim olasılıkları doğrultusunda yıllık ortalama gerekli güneş enerjisi miktarının ve aylara bağlı değişiminin hesaplanması.

**15. Yararlı yüzeylerin enerji karşılama özelliklerinin belirlenmesi.**

Uygun olarak belirlenen yararlı yüzeylerin, zamana bağlı olarak yükü karşılama oranlarının belirlenmesi

**16. Sistem için gerekli olan yapı yüzü alanlarının hesaplanması**

Yüzele gelen güneş enerjisinin yük karşılama oranı doğrultusunda, sistem için değerlendirilecek yararlı yüzey alanına karar verilmesi.

## 7. YAKLAŞIMIN ANKARA İKLİM KOŞULLARINDA SINANMASI

Ankara iklim koşullarında, eşit taban alanlı, ayrı biçimli yapı seçeneklerinin; kullanım suyunun ısıtılmasına yönelik etken sistem uygulaması için uygun yön ve biçimlenme açısından karşılaştırılarak, optimum yararlı yüzey alanlarının bulunması amaçlanmaktadır.

### 7.1 Kabuller

Yapı ve yük ile ilgili olarak yapılan kabuller aşağıda sıralanmıştır.

- Yapıların taban alanlarının eşittir.
- Yapıların düz ve açık arazidedir ve çevreden gölgeleme yoktur.
- Yapı kabuğu yüzeylerinin alanları brüt olarak ele alınmaktadır.
- Duvar alanlarının %40 -50-60'ı toplaç kullanımı için değerlendirilmiştir.
- Yapıların kat yükseklikler 3m ve kat sayısı 14'tür.
- Yapılarda her katta 4 daire vardır.
- Her dairede ortalama 4 kullanıcı bulunmaktadır.
- Kişi başı sıcak su gereksinimi 50 lt'dir.
- Tüketim miktarı aylara göre eşittir.
- Değişik amaç ve ekonomik koşullar için değerlendirilebilecek sistem verim seçenekleri % 20, 30 ve 40'tır.

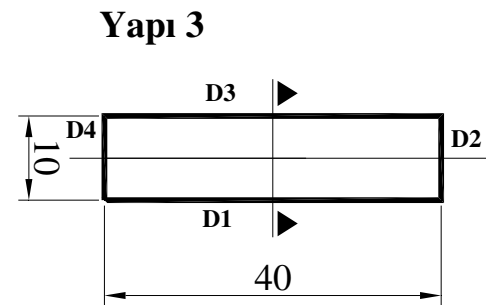
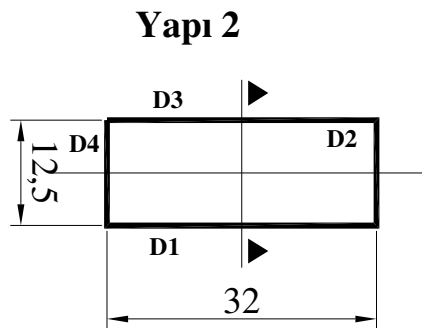
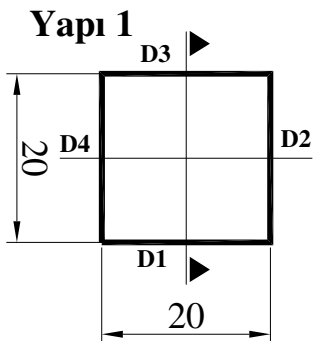
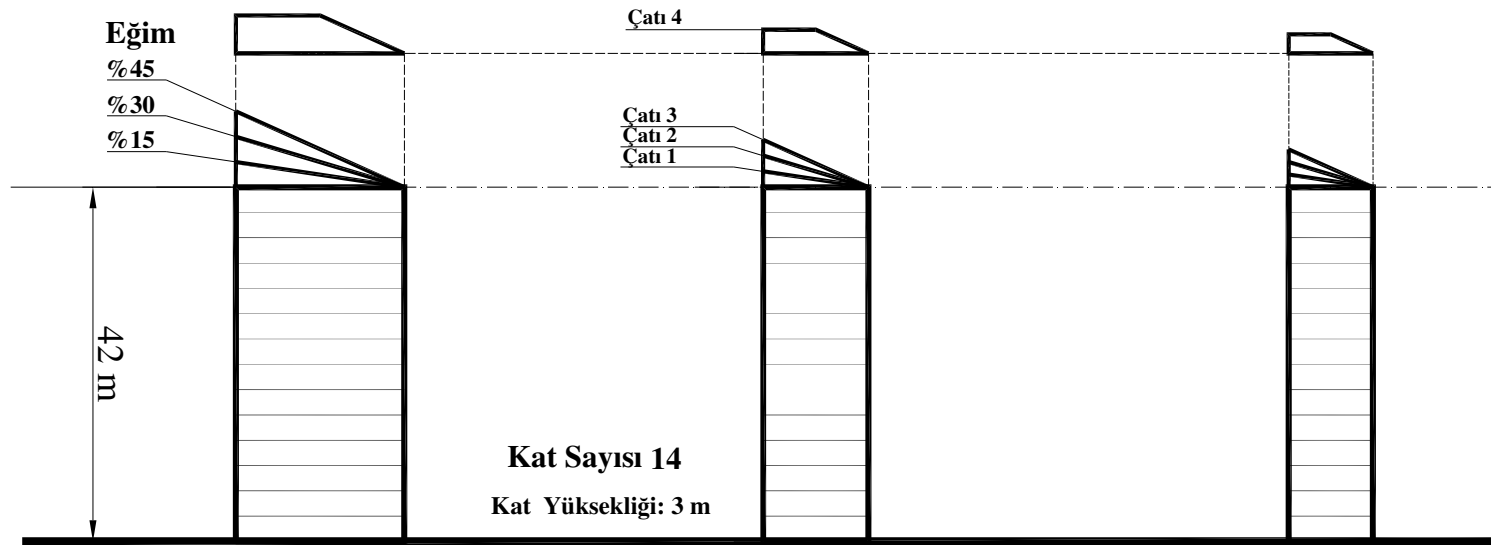
### 7.2 Yapının Konum ve Biçim Özellikleri

Çizelge 7.1 Yapı konum özellikleri

İl	ANKARA
Enlem	39,72° N
Boylam	33,12
Yükseklik	894
Yıllık ortama aldığı güneş enerjisi değeri	1701 kwh/m2
Ortalama sıcaklık	12 °C

Çizelge 7.2 Yapı seçenekleri biçim özellikleri

	YAPI 1	YAPI 2	YAPI 3
<b>Plan</b>			
<b>Biçim</b>	Kare	Dikdörtgen	Dikdörtgen
<b>En (m)</b>	20	12,5	10
<b>Boy (m)</b>	20	32	40
<b>Alan (m2)</b>	400	400	400
<b>Kesit</b>			
<b>Kat yüksekliği (m)</b>	3	3	3
<b>Kat sayısı</b>	14	14	14
<b>Yapı yüksekliği (m)</b>	H=42	H=42	H=42
<b>Katta daire sayısı</b>	4	4	4
<b>Kullanıcı sayısı</b>	224	224	224



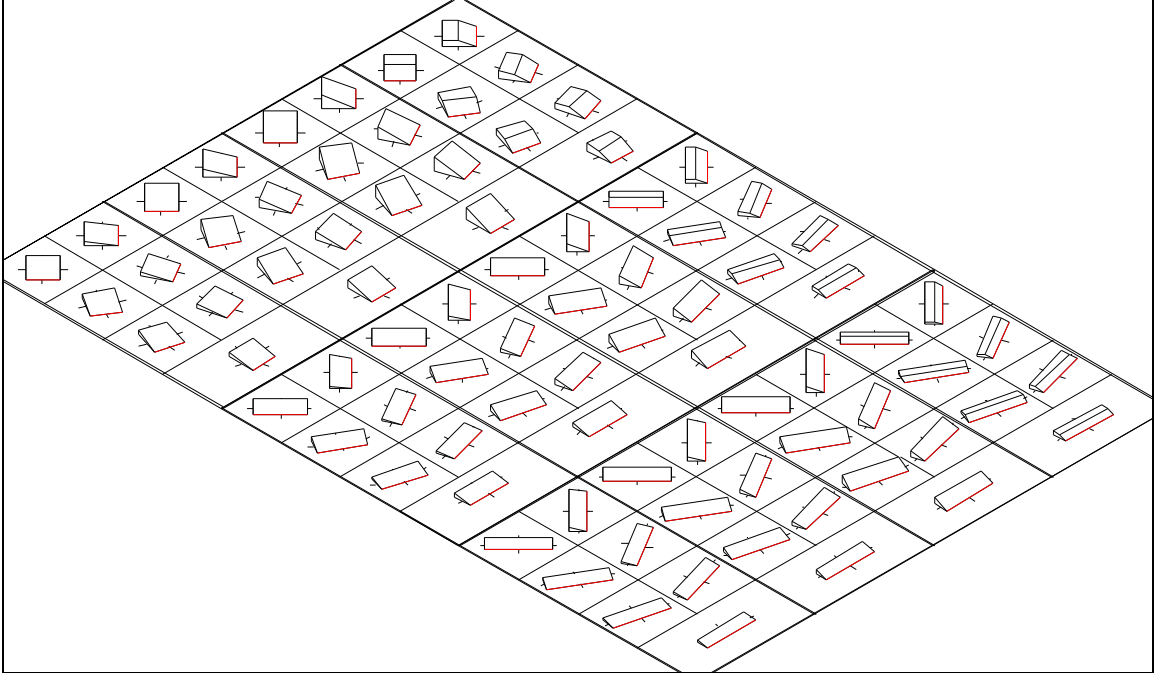
Şekil 7.1 Yapı seçenekleri plan ve kesitleri

<p><b>YAPI 1</b></p> <p><b>Çatı 1</b> Alan=404.5</p>	<p><b>Çatı 2</b></p> <p>Alan = 417.6</p>	<p><b>Çatı 3</b></p> <p>Alan = 438.6</p>	<p><b>Çatı 4</b></p> <p>Alan = 419.3</p>
<p><b>YAPI 2</b></p> <p><b>Çatı 1</b> Alan=404.4</p>	<p><b>Çatı 2</b></p> <p>Alan = 417.6</p>	<p><b>Çatı 3</b></p> <p>Alan = 438.6</p>	<p><b>Çatı 4</b></p> <p>Alan = 419.3</p>
<p><b>YAPI 3</b></p> <p><b>Çatı 1</b> Alan=404.5</p>	<p><b>Çatı 2</b></p> <p>Alan = 417.6</p>	<p><b>Çatı 3</b></p> <p>Alan = 438.6</p>	<p><b>Çatı 4</b></p> <p>Alan = 419.3</p>

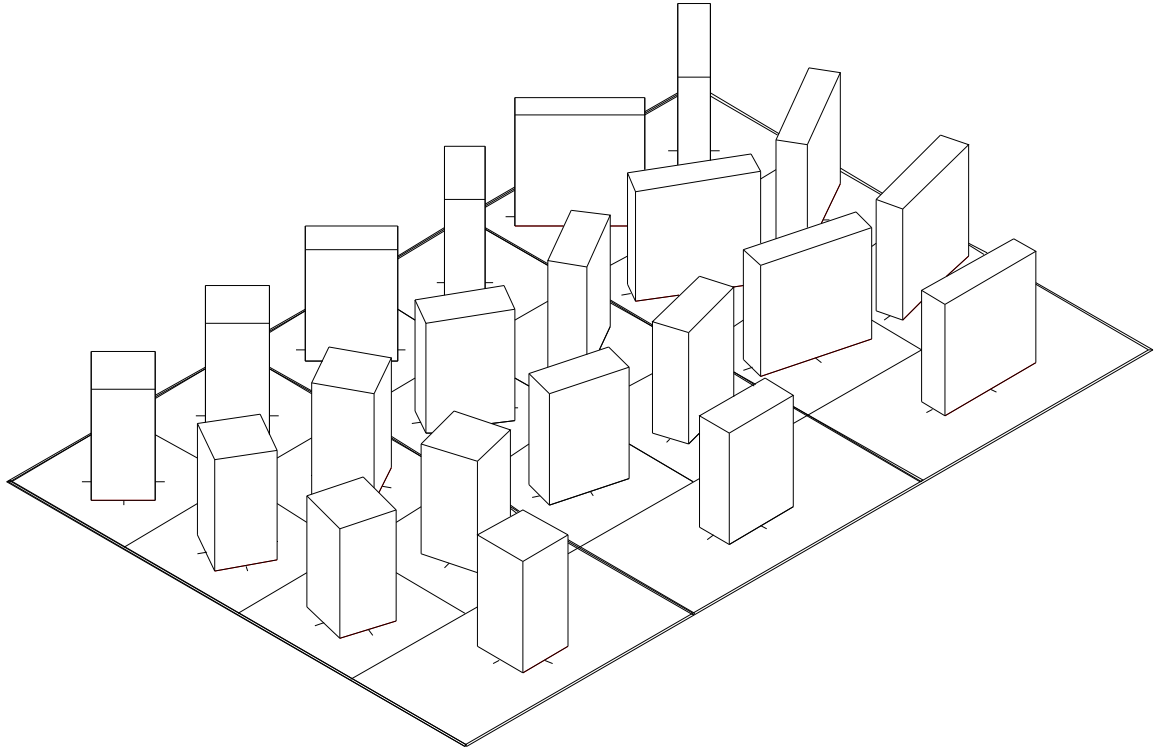
Şekil 7.2 Çatı seçenekleri plan ve kesitleri

<p><b>YAPI 1</b></p>	<p><b>YAPI 2</b></p>	<p><b>YAPI 3</b></p>			

Şekil 7.3 Yapıların yönleniş özellikleri ve duvar seçeneklerinin tanımlanması



Şekil 7.4 Çatı seçenekleri perspektif

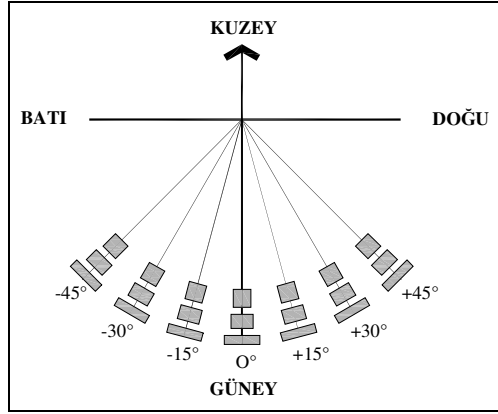




Şekil 7.5 Yapı seçenekleri perspektif

**Yapı Yönlenme Seçenekleri**

Yapıların yön seçenekleri güneye göre, **-45, -30,-15, 0, +15, +30, +45** olarak belirlenmiştir.



Şekil 7.6 Yapı yönleri

**Yapı Seçeneklerinin Yüzey Alanları**

Çizelge 7.3 Çatı seçenekleri alanları

Y1	En (m)	Boy (m)	Alan(m2)
ÇATI 1	20,22	20,00	404,40
ÇATI 2	20,88	20,00	417,60
ÇATI 3	21,93	20,00	438,60
ÇATI 4	20,97	20,00	419,40
ÇATI 5(T)	20,00	20,00	400,00
Y2	En (m)	Boy (m)	Alan(m2)
ÇATI 1	12,64	32,00	404,48
ÇATI 2	13,05	32,00	417,60
ÇATI 3	13,70	32,00	438,40
ÇATI 4	13,10	32,00	419,20
ÇATI 5(T)	12,50	32,00	400,00
Y3	En (m)	Boy (m)	Alan(m2)
ÇATI 1	10,11	40,00	404,40
ÇATI 2	10,44	40,00	417,60
ÇATI 3	10,97	40,00	438,80
ÇATI 4	10,48	40,00	419,20
ÇATI 5(T)	10,00	40,00	400,00

Çizelge 7.4 Yapı seçenekleri duvar alanları

Y 1	En (m)	Boy (m)	Alan (m2)
Duvar 1	20,00	42,00	840,00
Duvar 2	20,00	42,00	840,00
Duvar 3	20,00	42,00	840,00
Duvar 4	20,00	42,00	840,00
Y 2	En	Boy	Alan
Duvar 1	32,00	42,00	1344,00
Duvar 2	12,50	42,00	525,00
Duvar 3	32,00	42,00	1344,00
Duvar 4	12,50	42,00	525,00
Y 3	En	Boy	Alan
Duvar 1	40,00	42,00	1680,00
Duvar 2	10,00	42,00	420,00
Duvar 3	40,00	42,00	1680,00
Duvar 4	10,00	42,00	420,00

### 7.3 Yapı Yüzeylerinin Güneşlenme Özellikleri

#### Çatı ve Duvar Alanlarının Güneşlenme Yoğunluk ve Verimleri

Çizelge 7.5 Çatı seçenekleri güneşlenme yoğunlukları (kWh/m<sup>2</sup>)

	Yön	ÇATI 1	ÇATI 2	ÇATI 3	ÇATI 4		ÇATI 5 T
Yapı 1 Yapı 2 Yapı 3	+45	1517,4	1537,1	1534,6	1472,5	1534,6	1472,5
	+30	1521,9	1545,8	1547	1472,5	1547	
	+15	1522,3	1546,4	1547,8	1472,5	1547,8	
	0	1518,4	1539,1	1537,5	1472,5	1537,5	
	-15	1510,6	1524,3	1516,5	1472,5	1516,5	
	-30	1499,6	1503,1	1487,9	1472,5	1487,9	
	-45	1485,9	1477,3	1452,6	1472,5	1452,6	

Çizelge 7.6 Çatı seçenekleri güneşlenme verimleri (%)

	Yön	ÇATI 1	ÇATI 2	ÇATI 3	ÇATI 4		ÇATI 5 T
Yapı 1 Yapı 2 Yapı 3	+45	98	99	99	95	99	95
	+30	98	100	100	95	100	
	+15	98	100	100	95	100	
	0	98	99	99	95	99	
	-15	98	98	98	95	98	
	-30	97	97	96	95	96	
	-45	96	95	94	95	94	

Çizelge 7.7 Duvar alanları güneşlenme yoğunlukları (kWh/m<sup>2</sup>)

		Yapı Yönü						
Duvar		-45	-30	-15	0	+15	+30	+45
YAPI 1-2-3	1	718,1	746,3	770,7	793,5	819,5	839,8	843,4
	2	843,4	829,3	798,4	750,3	690,3	620,6	550,2
	3	550,2	484,8	433,4	403,5	403,3	425,8	459,8
	4	459,8	502,2	550	597,7	643,9	683,5	718,1

Çizelge 7.8 Duvar alanları güneşlenme verimleri

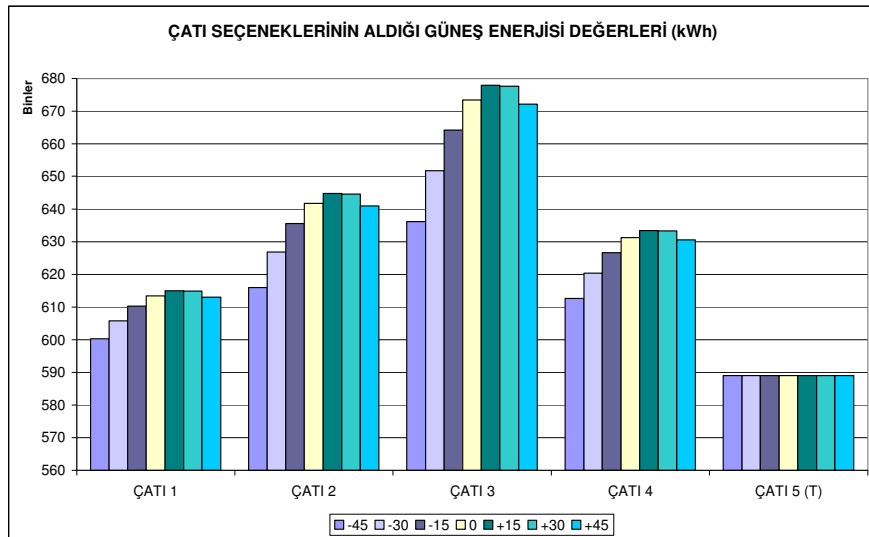
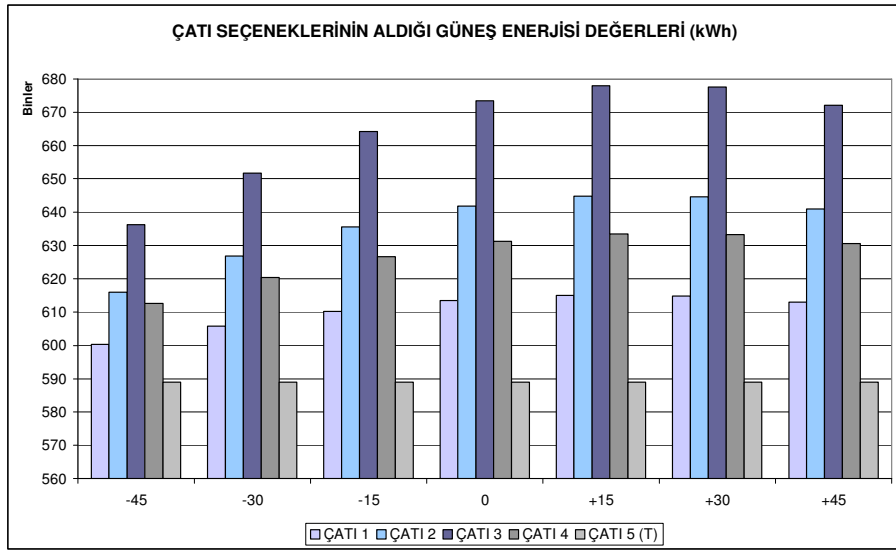
		Yapı Yönü						
Duvar		-45	-30	-15	0	+15	+30	+45
YAPI 1-2-3	1	85	88	91	94	97	100	100
	2	100	98	95	89	82	74	65
	3	65	57	51	48	48	50	55
	4	55	60	65	71	76	81	85

\* Çatı ve Duvar yüzeylerinin birim alanına gelen yıllık ortalama güneş enerjisi değerlerinin hesaplanmasında Ekotect bilgisayar programından yararlanılmıştır (Bkz. Ek 4).

## Yapı Yüzeylerinin Aldığı Güneş Enerjisi Miktarları

Çizelge 7.9 Çatı alanlarının aldığı güneş enerjisi değerleri (kWh)

YAPI 1 YAPI 2 YAPI 3	Yön/Alan	ÇATI 1	ÇATI 2	ÇATI 3	ÇATI 4	ÇATI 5
	404	417	438	419	400	
	+45	613030	640971	672155	630577	589000
	+30	614848	644599	677586	633293	
	+15	615009	644849	677936	633468	
	0	613434	641805	673425	631213	
	-15	610282	635633	664227	626614	
	-30	605838	626793	651700	620350	
-45	600304	616034	636239	612619		



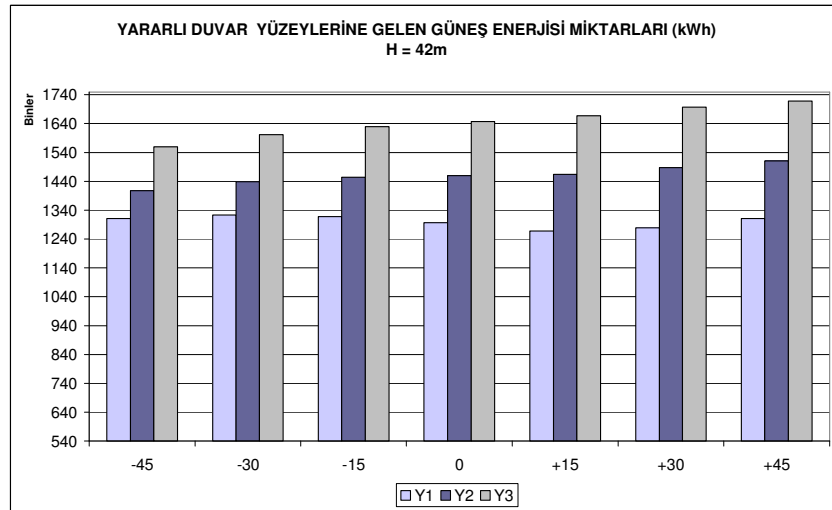
Şekil 7.7 Çatı seçeneklerinin aldığı güneş enerjisi değerleri

Çizelge 7.10 Yapı duvar yüzeylerinin aldığı güneş enerjisi değerleri (kWh)

.	Duv.	m2	-45	-30	-15	0	+15	+30	+45
<b>Yapı 1</b>	1	840	603204	626892	647388	666540	688380	705432	708456
	2	840	708456	696612	670656	630252	579852	521304	462168
	3	840	462168	407232	364056	338940	338772	357672	386232
	4	840	386232	421848	462000	502068	540876	574140	603204
<b>Yapı 2</b>	1	1344	965126	1003027	1035821	1066464	1101408	1128691	1133530
	2	525	442785	435383	419160	393908	362408	325815	288855
	3	1344	739469	651571	582490	542304	542035	572275	617971
	4	525	241395	263655	288750	313793	338048	358838	377003
<b>Yapı 3</b>	1	1680	1206408	1253784	1294776	1333080	1376760	1410864	1416912
	2	420	354228	348306	335328	315126	289926	260652	231084
	3	1680	924336	814464	728112	677880	677544	715344	772464
	4	420	193116	210924	231000	251034	270438	287070	301602

Çizelge 7. 11 Yararlı duvar yüzeylerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri

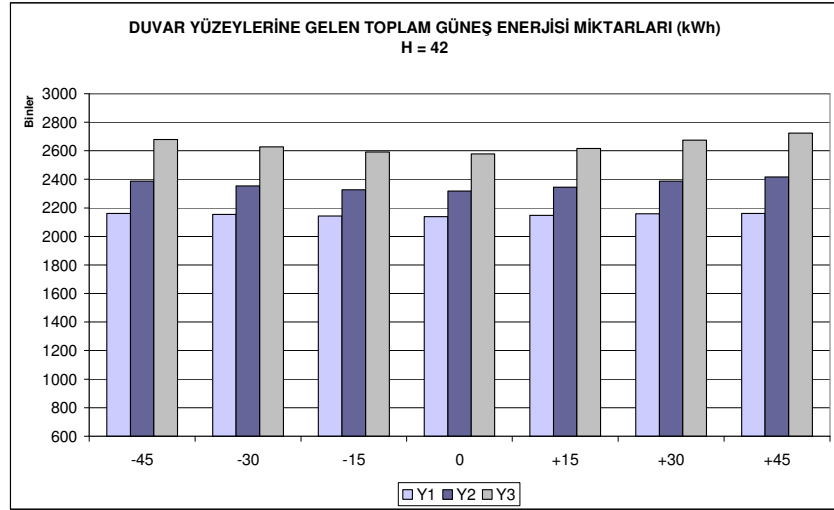
	Yapı Yönü						
	-45	-30	-15	0	+15	+30	+45
<b>Yapı 1</b>	1311660	1323504	1318044	1296792	1268232	1279572	1311660
<b>Yapı 2</b>	1407911	1438410	1454981	1460372	1463816	1487529	1510532
<b>Yapı 3</b>	1560636	1602090	1630104	1648206	1666686	1697934	1718514



Şekil 7.8 Yapı seçeneklerinin yararlı duvar yüzeylerine gelen güneş enerjisi değerleri

Çizelge 7.12 Yapıların duvar yüzeylerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri

	Yapı Yönü						
	-45	-30	-15	0	+15	+30	+45
<b>Yapı 1</b>	2160060	2152584	2144100	2137800	2147880	2158548	2160060
<b>Yapı 2</b>	2388775	2353636	2326220	2316468	2343898	2385619	2417358
<b>Yapı 3</b>	2678088	2627478	2589216	2577120	2614668	2673930	2722062



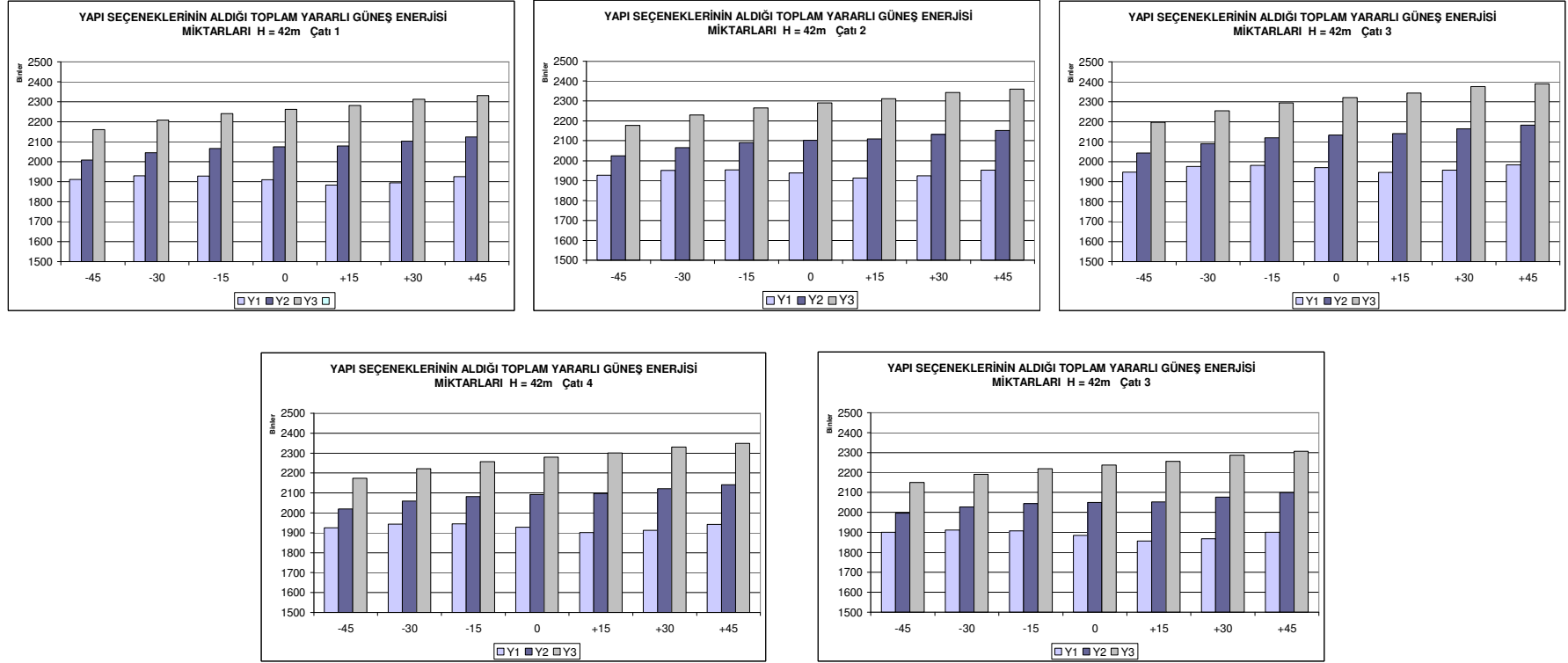
Şekil 7.9 Yapı duvar yüzeylerine gelen toplam güneş enerjisi değerleri

### 7.3.1 Yapı Seçeneklerinin Aldığı Toplam Yararlı Güneş Enerjisi Miktarları

Çizelge 7.13 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam yararlı güneş enerjisi miktarları (kWh)

	Yön	Duvar toplam	ÇATI 1	Yapı toplam	ÇATI 2	Yapı toplam	ÇATI 3	Yapı toplam	ÇATI 4	Yapı toplam	TERAS	Yapı toplam
Yapı 1	+45	1311660	613030	1924690	640971	1952631	672155	1983815	630577	1942237	589000	1900660
	+30	1279572	614848	1894420	644599	1924171	677586	1957158	633293	1912865	589000	1868572
	+15	1268232	615009	1883241	644849	1913081	677936	1946168	633468	1901700	589000	1857232
	0	1296792	613434	1910226	641805	1938597	673425	1970217	631213	1928005	589000	1885792
	-15	1318044	610282	1928326	635633	1953677	664227	1982271	626614	1944658	589000	1907044
	-30	1323504	605838	1929342	626793	1950297	651700	1975204	620350	1943854	589000	1912504
	-45	1311660	600304	1911964	616034	1927694	636239	1947899	612619	1924279	589000	1900660
Yapı 2	+45	1510532	613030	2123562	640971	2151503	672155	2182687	630577	2141110	589000	2099532
	+30	1487529	614848	2102376	644599	2132127	677586	2165115	633293	2120822	589000	2076529
	+15	1463816	615009	2078825	644849	2108664	677936	2141752	633468	2097284	589000	2052816
	0	1460372	613434	2073805	641805	2102176	673425	2133797	631213	2091584	589000	2049372
	-15	1454981	610282	2065263	635633	2090614	664227	2119208	626614	2081594	589000	2043981
	-30	1438410	605838	2044248	626793	2065202	651700	2090110	620350	2058760	589000	2027410
	-45	1407911	600304	2008215	616034	2023946	636239	2044150	612619	2020531	589000	1996911
Yapı 3	+45	1718514	613030	2331544	640971	2359485	672155	2390669	630577	2349091	589000	2307514
	+30	1697934	614848	2312782	644599	2342533	677586	2375520	633293	2331227	589000	2286934
	+15	1666686	615009	2281695	644849	2311535	677936	2344622	633468	2300154	589000	2255686
	0	1648206	613434	2261640	641805	2290011	673425	2321631	631213	2279419	589000	2237206
	-15	1630104	610282	2240386	635633	2265737	664227	2294331	626614	2256718	589000	2219104
	-30	1602090	605838	2207928	626793	2228883	651700	2253790	620350	2222440	589000	2191090
	-45	1560636	600304	2160940	616034	2176670	636239	2196875	612619	2173255	589000	2149636

Yapıların Çatı1, Çatı2, Çatı3, Çatı4 ve Çatı5 seçenekleri ile aldıkları toplam yararlı güneş enerjisi değerleri (kWh)



Şekil 7.10 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam yararlı güneş enerjisi değerleri

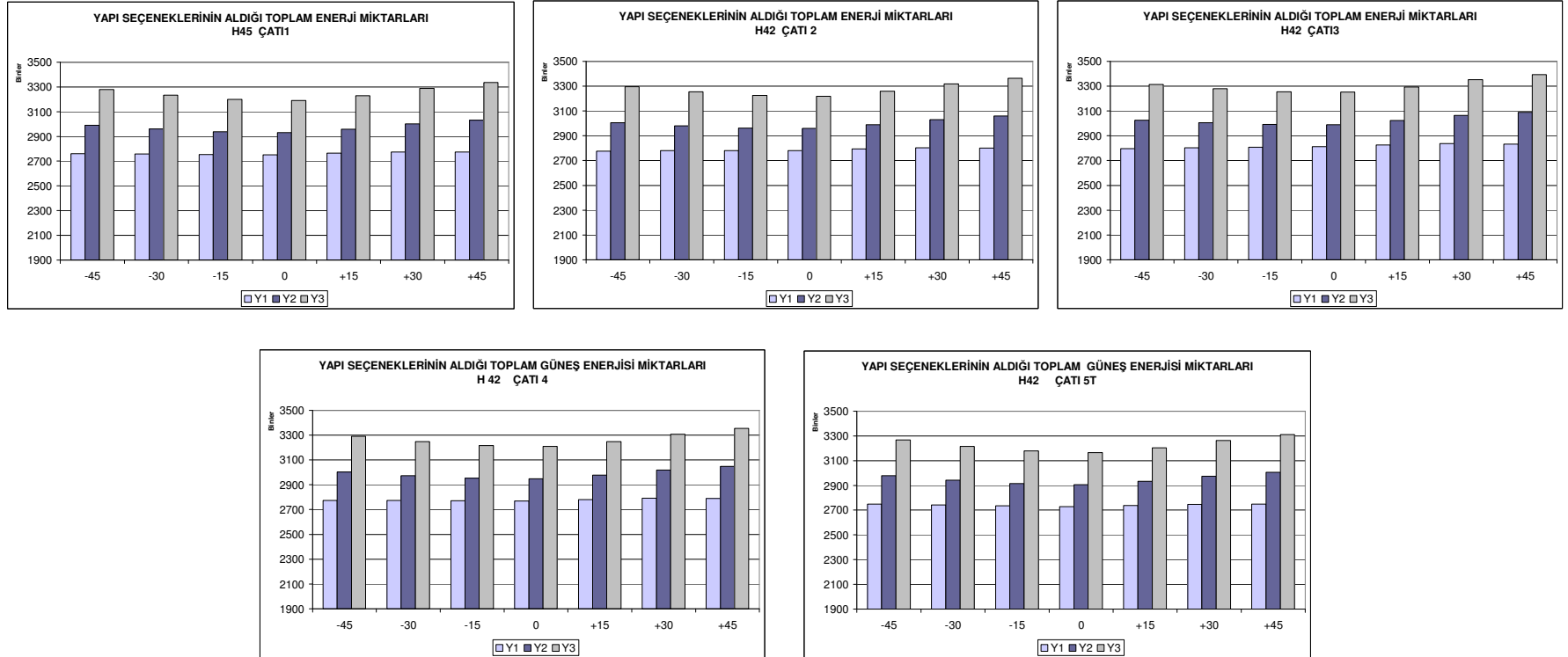
## 7.3.2 Yapıların Aldığı Toplam Güneş Enerjisi Değerleri

Çizelge 7.14 Yapıların toplam güneş enerjisi değerleri

Kat s.	Yön	Duvar toplam	ÇATI 1	Yapı toplam	ÇATI 2	Yapı toplam	ÇATI 3	Yapı toplam	ÇATI 4	Yapı toplam	ÇATI 5	Yapı toplam
Yapı 1	+45	2160060	613030	2773090	640971	2801031	672155	2832215	630577	2790637	589000	2749060
	+30	2158548	614848	2773396	644599	2803147	677586	2836134	633293	2791841	589000	2747548
	+15	2147880	615009	2762889	644849	2792729	677936	2825816	633468	2781348	589000	2736880
	0	2137800	613434	2751234	641805	2779605	673425	2811225	631213	2769013	589000	2726800
	-15	2144100	610282	2754382	635633	2779733	664227	2808327	626614	2770714	589000	2733100
	-30	2152584	605838	2758422	626793	2779377	651700	2804284	620350	2772934	589000	2741584
	-45	2160060	600304	2760364	616034	2776094	636239	2796299	612619	2772679	589000	2749060
Yapı 2	+45	2417358	613030	3030388	640971	3058329	672155	3089513	630577	3047936	589000	3006358
	+30	2385619	614848	3000467	644599	3030218	677586	3063205	633293	3018912	589000	2974619
	+15	2343898	615009	2958907	644849	2988747	677936	3021835	633468	2977366	589000	2932898
	0	2316468	613434	2929902	641805	2958273	673425	2989893	631213	2947681	589000	2905468
	-15	2326220	610282	2936503	635633	2961854	664227	2990447	626614	2952834	589000	2915220
	-30	2353636	605838	2959474	626793	2980429	651700	3005336	620350	2973986	589000	2942636
	-45	2388775	600304	2989079	616034	3004809	636239	3025014	612619	3001395	589000	2977775
Yapı 3	+45	2722062	613030	3335092	640971	3363033	672155	3394217	630577	3352639	589000	3311062
	+30	2673930	614848	3288778	644599	3318529	677586	3351516	633293	3307223	589000	3262930
	+15	2614668	615009	3229677	644849	3259517	677936	3292604	633468	3248136	589000	3203668
	0	2577120	613434	3190554	641805	3218925	673425	3250545	631213	3208333	589000	3166120
	-15	2589216	610282	3199498	635633	3224849	664227	3253443	626614	3215830	589000	3178216
	-30	2627478	605838	3233316	626793	3254271	651700	3279178	620350	3247828	589000	3216478
	-45	2678088	600304	3278392	616034	3294122	636239	3314327	612619	3290707	589000	3267088



Yapıların Çatı1, Çatı2, Çatı3, Çatı4 ve Çatı5 seçenekleri ile aldıkları **toplam güneş enerji** değerleri (kWh)



Şekil 7.11 Yapı seçeneklerinin aldığı toplam güneş enerjisi değerleri

#### 7.4 Yapı Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

Ankara ili iklim koşulları için hesaplanan güneş enerji miktarları ve bu değerler ile oluşturulan grafikler doğrultusunda, Yapı1, Yapı2 ve Yapı3 seçeneklerinin duvar yüzeylerinin güneşlenme miktarları ile ilgili değerlendirmeler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

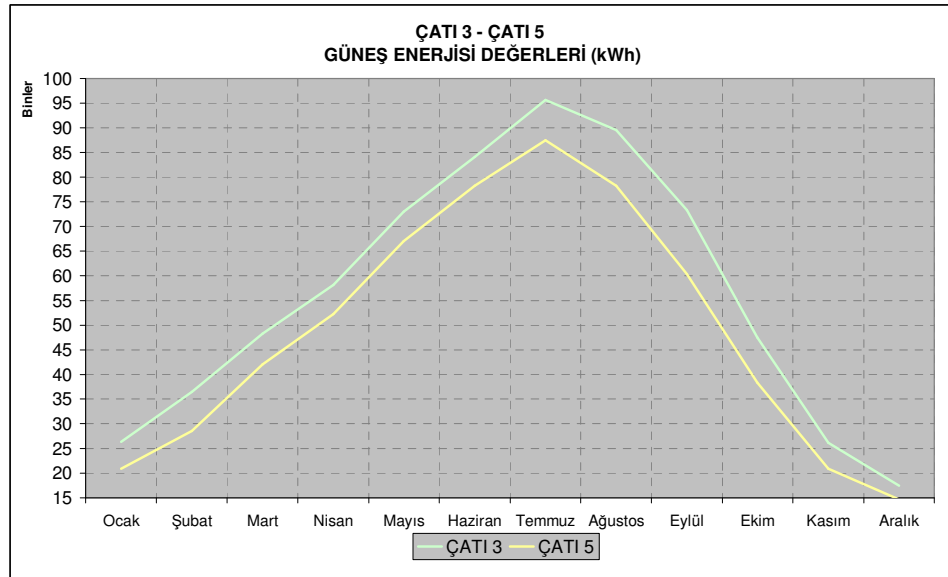
- Tüm çatı seçenekleri; yön ve eğime bağlı olarak yeterli güneşleme verimini sağlamak ve çatı seçeneklerinden 3 ve 2, +15° ve +30° yönlerinde max güneşlenme verimine sahiptir. (Çizelge 7.6)
- Duvar yüzeylerinden; duvar 1 tüm, duvar 2, +30° +45° hariç tüm ve duvar 4, +30° +45° yapı yönlenmelerinde yeterli güneşlenme verimini sağlamak ve duvar yüzeylerinden; duvar 1, +45°, duvar 2, -45° yapı yönlendirmelerinde max. güneşlenme verimine sahiptir. (Çizelge 7.8)
- Çatı seçenekleri, boyutları doğrultusunda, aldıkları güneş enerjisi bakımından tüm yapı yönlendirmeleri için büyükten küçüğe Ç3>Ç2>Ç4>Ç1>Ç5 olarak sıralanmaktadır. (Çizelge 7.9)
- Yapı 1’de, en fazla güneş enerjisini; +45° duvar 1 ve – 45° duvar 2 almaktadır.
- Yapı 2’de, en fazla güneş enerjisini; +45° duvar 1 almaktadır.
- Yapı 3’de en fazla güneş enerjisini; +45° duvar 1 almaktadır.
- Yapıların yararlı duvar yüzeyleri ile aldığı toplam güneş enerjisi miktarları, yöne bağlı olarak büyükten küçüğe aşağıdaki sıralanmaktadır. (Çizelge 7.11)
  - Yapı 1, -30° > -15° > ±45° > 0° > +30° > +15°
  - Yapı 2, +45° > +30° > +15° > 0° > -15° > -30° > -45°
  - Yapı 3, +45° > +30° > +15° > 0° > -15° > -30° > -45°
- Yapıların tüm duvar yüzeyleri ile aldığı toplam güneş enerjisi miktarları, yöne bağlı olarak büyükten küçüğe aşağıdaki gibi sıralanmaktadır. (Çizelge 7.12)
  - Yapı 1, ±45° > +30° > -30° > +15° > -15° > 0
  - Yapı 2, +45° > -45° > +30° > -30° > +15° > -15° > 0
  - Yapı 3, +45° > -45° > +30° > -30° > +15° > -15° > 0

- Yapılar, yararlı duvar yüzeyleri aracılığı ile aldıkları güneş enerjisi miktarı bakımından YAPI 3>YAPI 2>YAPI 1 olarak sıralanmaktadır.
- Yapı seçenekleri, yapı kabukları aracılığı ile aldıkları güneş enerji bakımından büyükten küçüğe YAPI 3>YAPI 2>YAPI 1 olarak sıralanmaktadır.
- Yapıların boyutları kareden dikdörtgene doğru değiştikçe aldığı enerji miktarı artmaktadır.
- Eğimli çatılar için, +15° ve +30° en iyi yönlerdir.
- Yapıların aldığı toplam yararlı enerji bakımından, +45° ve +30° en iyi yönlerdir.
- Yapıların aldığı toplam enerji bakımından, ±45° en iyi yönlerdir.

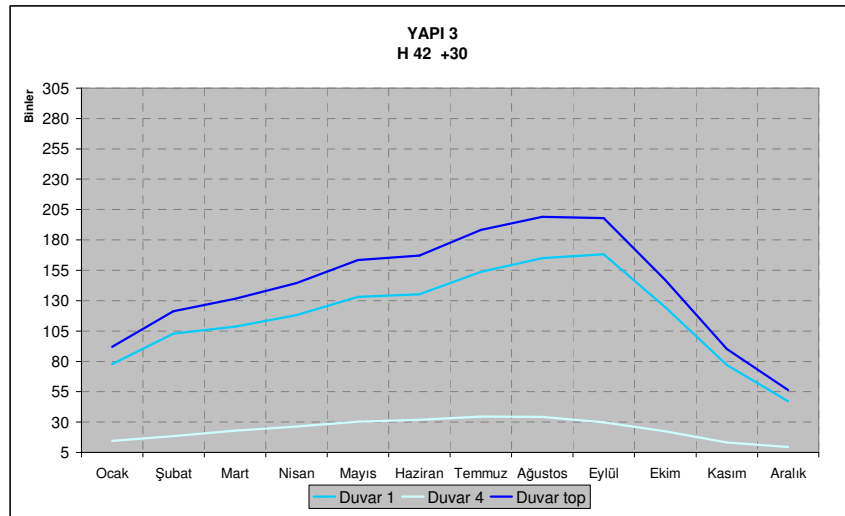
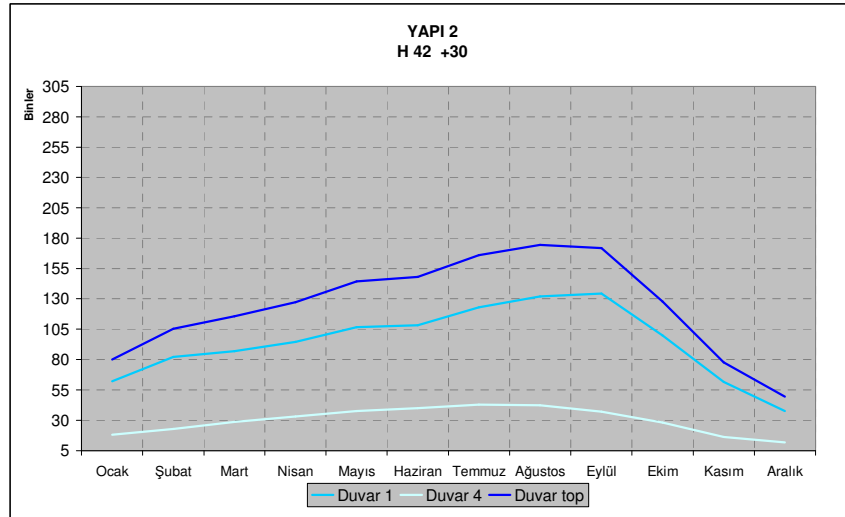
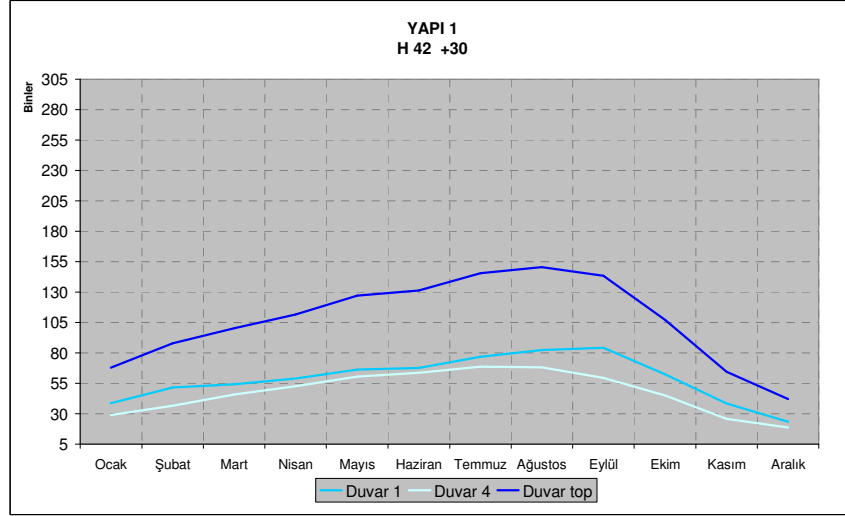
Yararlı yüzeyleri aracılığı ile en fazla güneş enerjisini alan **yapı 3**, etken sistem uygulaması açısından en uygun biçim olarak ve **+30°** yönü optimum yön olarak ortaya çıkmaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde tüm yapı seçenekleri için **duvar 1** ve **duvar 4**, **çatı 3** ve yaygın kullanımından ötürü **çatı 5**, **+30° yönü** için ayrıntılı olarak incelenmiştir. İncelemede, ek 4'de verilen ekotect güneşlenme verilerinden yararlanılmıştır.

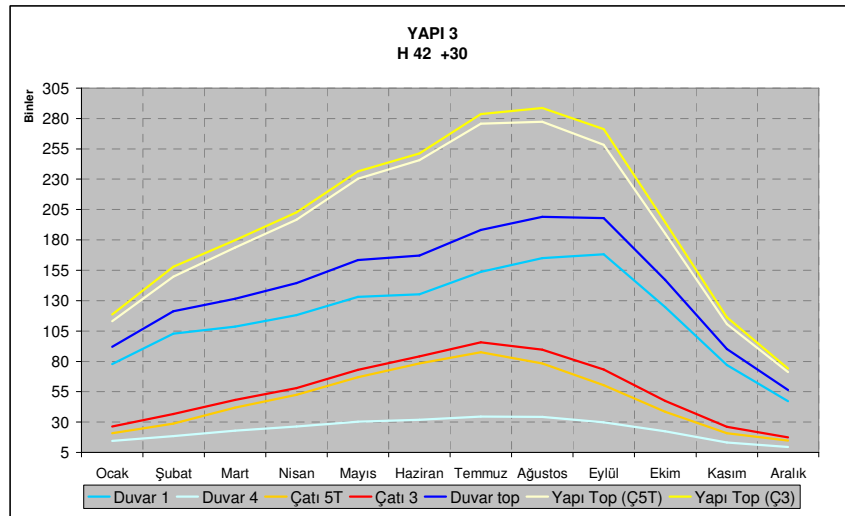
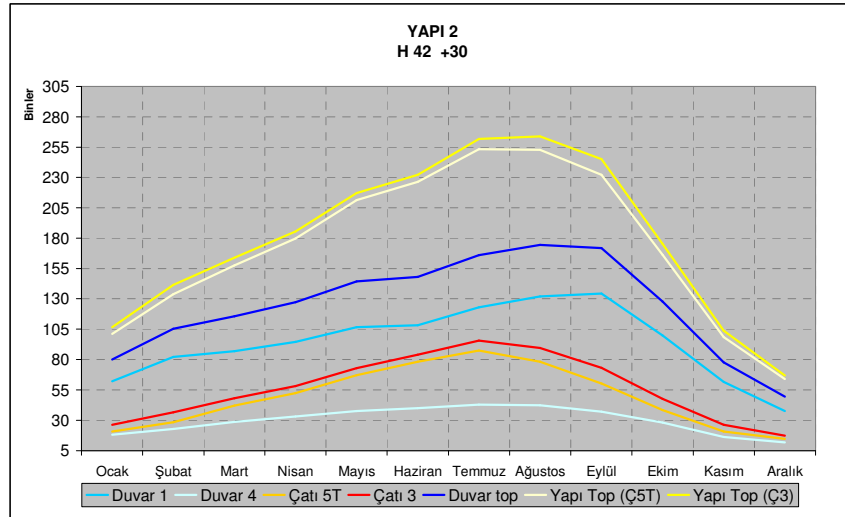
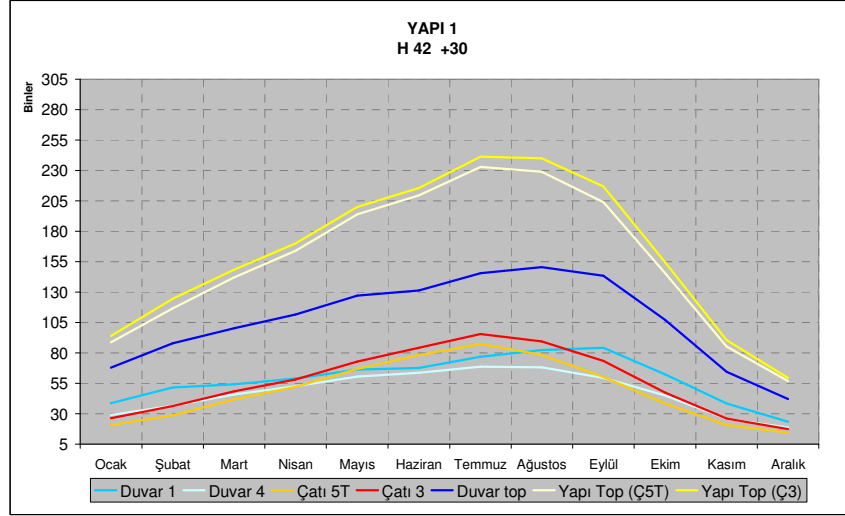
## 7.5 Yapı Seçeneklerinin Aylık Güneşlenme Özellikleri



Şekil 7.12 Çatı 3 ve Çatı5, +30 yönünde aylık güneşlenme özellikleri



Şekil 7.13 Duvar 1 ve 4'ün +30 yönünde aylık güneşlenme özellikleri



Şekil 7.14 Yapı yüzeylerinin, +30 yönünde güneşlenme özellikleri

## 7.6 Yapı Seçeneklerinin Enerji Gereksinim Özellikleri

224 kullanıcılu konut yapılarında, (kişi başı 50lt sıcak su gereksinimi) günlük 11200 lt suyun 50°C ısıtılması için gerekli enerjinin hesaplanmasında 7.1 nolu eşitlikten yararlanılmıştır. (İsısan, 2001)

$$Q = Ms \cdot C \cdot \delta \cdot (T_{\text{ç}} - T_{\text{g}}) \quad (7.1)$$

Ms : Su miktarı

C : Suyun özgül ısısı (4.2 kJ/kg°C)

T<sub>g</sub> : Suyun giriş sıcaklığı (İsısan, 2001)

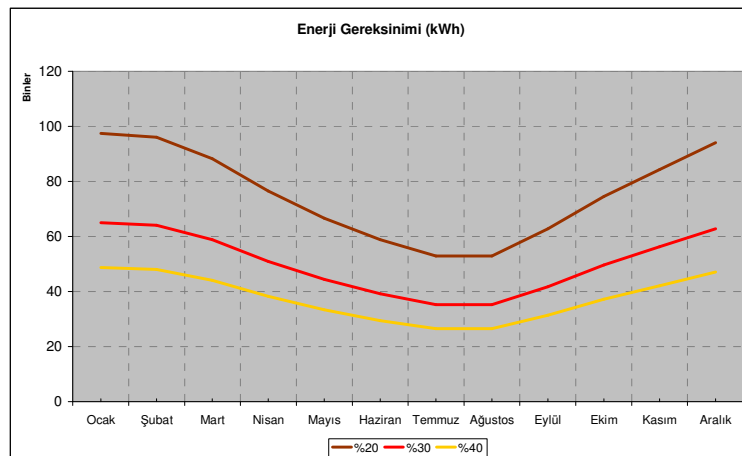
T<sub>ç</sub> : Suyun çıkış sıcaklığı

Etken sistemin % 20, 30, 40 verimle uygulanması durumlarında; yükün karşılanması için gerekli olan güneş enerjisi miktarının hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır

$$\text{Güneş enerjisi} = \frac{\text{Enerji gereksinimi} \times \text{verim}}{100}$$

Çizelge 7.15 Yapının yük ve güneş enerjisi gereksinim miktarları

Yapı 1-2-3		Sistem verimi							% 20	% 30	% 40	
	Günlük (lt)	Aylık (lt)	c	g	t <sub>ç</sub>	t <sub>g</sub>	Δ t	Isı en (kj)	kWh	G. en. (kWh)	G. en. (kWh)	G. en. (kWh)
Ocak	11200	336000	4,2	1	50	0	50	70136640	19482	<b>97412</b>	<b>64941</b>	<b>48706</b>
Şubat	11200	336000	4,2	1	50	1	49	69148800	19208	<b>96040</b>	<b>64027</b>	<b>48020</b>
Mart	11200	336000	4,2	1	50	5	45	63504000	17640	<b>88200</b>	<b>58800</b>	<b>44100</b>
Nisan	11200	336000	4,2	1	50	11	39	55036800	15288	<b>76440</b>	<b>50960</b>	<b>38220</b>
Mayıs	11200	336000	4,2	1	50	16	34	47980800	13328	<b>66640</b>	<b>44427</b>	<b>33320</b>
Haziran	11200	336000	4,2	1	50	20	30	42336000	11760	<b>58800</b>	<b>39200</b>	<b>29400</b>
Temmuz	11200	336000	4,2	1	50	23	27	38102400	10584	<b>52920</b>	<b>35280</b>	<b>26460</b>
Ağustos	11200	336000	4,2	1	50	23	27	38102400	10584	<b>52920</b>	<b>35280</b>	<b>26460</b>
Eylül	11200	336000	4,2	1	50	18	32	45158400	12544	<b>62720</b>	<b>41813</b>	<b>31360</b>
Ekim	11200	336000	4,2	1	50	12	38	53625600	14896	<b>74480</b>	<b>49653</b>	<b>37240</b>
Kasım	11200	336000	4,2	1	50	7	43	60681600	16856	<b>84280</b>	<b>56187</b>	<b>42140</b>
Aralık	11200	336000	4,2	1	50	2	48	67737600	18816	<b>94080</b>	<b>62720</b>	<b>47040</b>
<b>Top.</b>								<b>651551040</b>	<b>180986</b>	<b>904932</b>	<b>603288</b>	<b>452466</b>



Şekil 7.15 Yapı seçeneklerinin aylık enerji gereksinim özellikleri

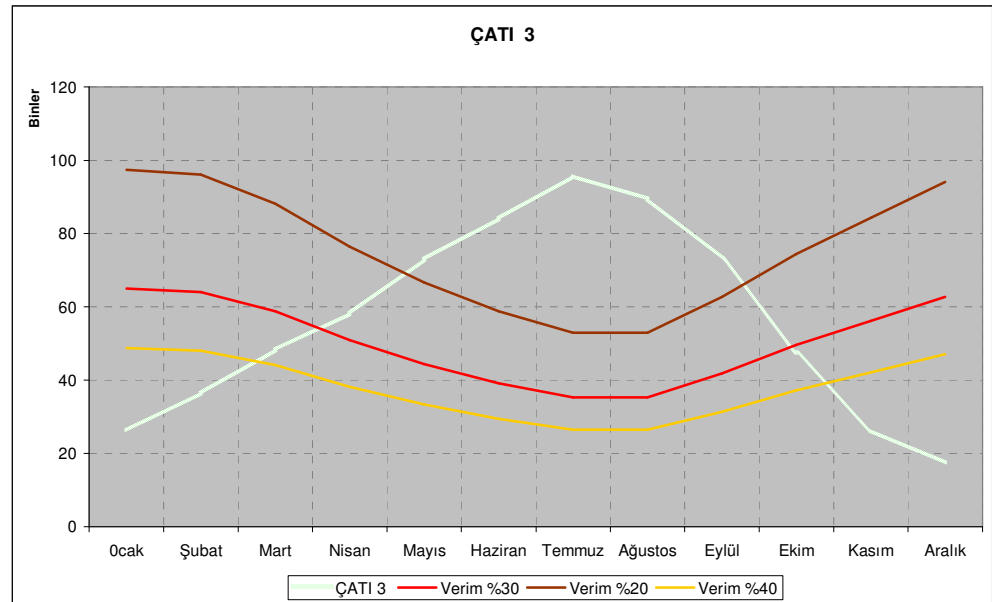
## 7.7 Yararlı Yüzeylerin Enerji Gereksinimini Karşılama Oranları

### Çatı Yüzeylerinin Enerji Gereksinimi Karşılama Oranları

+30 yönündeki Çatı 3 ve Çatı 5 yüzeylerine gelen güneş enerjisinin, %20, 30 ya da 40'm değerlendirilen su ısıtma sistemlerinin uygulanması durumunda enerji gereksinimini karşılama oranları ve özellikleri aşağıdaki çizelge ve grafiklerde gösterilmiştir.

Çizelge 7.16 Çatı 3 yük karşılama oranları

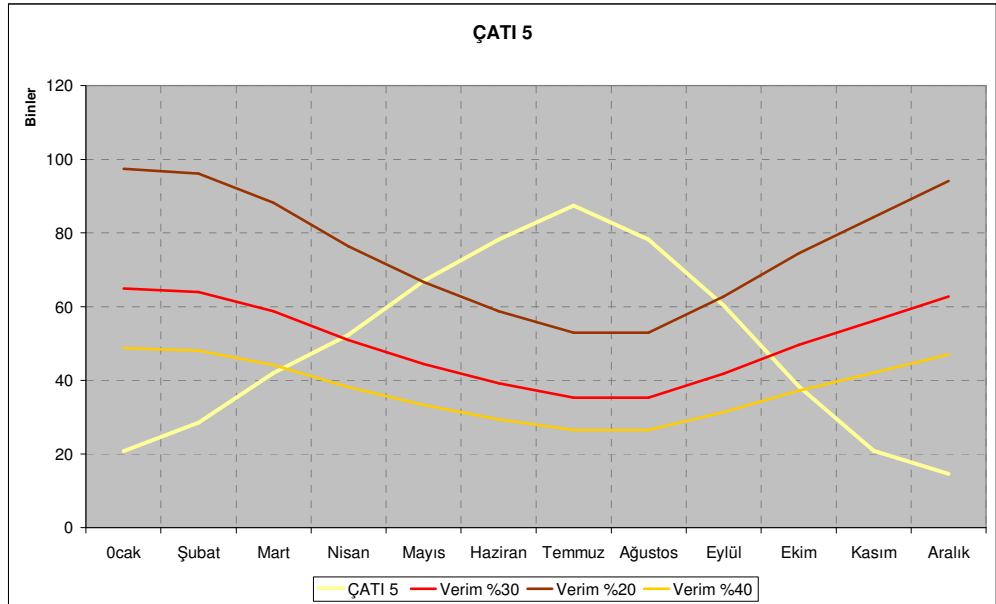
	ÇATI 3	Yük (V %30)	Karşılama oranı	Yük (V %20)	Karşılama oranı	Yük (V %40)	Karşılama oranı
<b>Ocak</b>	26349	64941	0,41	97412	0,27	48706	0,54
<b>Şubat</b>	36463	64027	0,57	96040	0,38	48020	0,76
<b>Mart</b>	48298	58800	0,82	88200	0,55	44100	1,10
<b>Nisan</b>	58125	50960	1,14	76440	0,76	38220	1,52
<b>Mayıs</b>	73001	44427	1,64	66640	1,10	33320	2,19
<b>Haziran</b>	84083	39200	2,14	58800	1,43	29400	2,86
<b>Temmuz</b>	95664	35280	2,71	52920	1,81	26460	3,62
<b>Ağustos</b>	89488	35280	2,54	52920	1,69	26460	3,38
<b>Eylül</b>	73334	41813	1,75	62720	1,17	31360	2,34
<b>Ekim</b>	47506	49653	0,96	74480	0,64	37240	1,28
<b>Kasım</b>	26202	56187	0,47	84280	0,31	42140	0,62
<b>Aralık</b>	17435	62720	0,28	94080	0,19	47040	0,37
<b>Toplam</b>	<b>675948</b>	<b>603288</b>	<b>1,12</b>	<b>904932</b>	<b>0,75</b>	<b>452466</b>	<b>1,49</b>



Şekil 7.16 Çatı 3, yük karşılama özellikleri

Çizelge 7.17 Çatı 5 yük karşılama oranları

	ÇATI 5	Yük (V % 30)	Karşılama oranı	Yük (V % 20)	Karşılama oranı	Yük (V % 40)	Karşılama oranı
<b>Ocak</b>	20869	64941	0,32	97412	0,21	48706	0,43
<b>Şubat</b>	28548	64027	0,45	96040	0,30	48020	0,59
<b>Mart</b>	42035	58800	0,71	88200	0,48	44100	0,95
<b>Nisan</b>	52286	50960	1,03	76440	0,68	38220	1,37
<b>Mayıs</b>	67039	44427	1,51	66640	1,01	33320	2,01
<b>Haziran</b>	78253	39200	2,00	58800	1,33	29400	2,66
<b>Temmuz</b>	87411	35280	2,48	52920	1,65	26460	3,30
<b>Ağustos</b>	78288	35280	2,22	52920	1,48	26460	2,96
<b>Eylül</b>	60363	41813	1,44	62720	0,96	31360	1,92
<b>Ekim</b>	38379	49653	0,77	74480	0,52	37240	1,03
<b>Kasım</b>	20873	56187	0,37	84280	0,25	42140	0,50
<b>Aralık</b>	14659	62720	0,23	94080	0,16	47040	0,31
<b>Toplam</b>	<b>589003</b>	<b>603288</b>	<b>0,98</b>	<b>904932</b>	<b>0,65</b>	<b>452466</b>	<b>1,30</b>



Şekil 7.17 Çatı 5, yük karşılama özellikleri

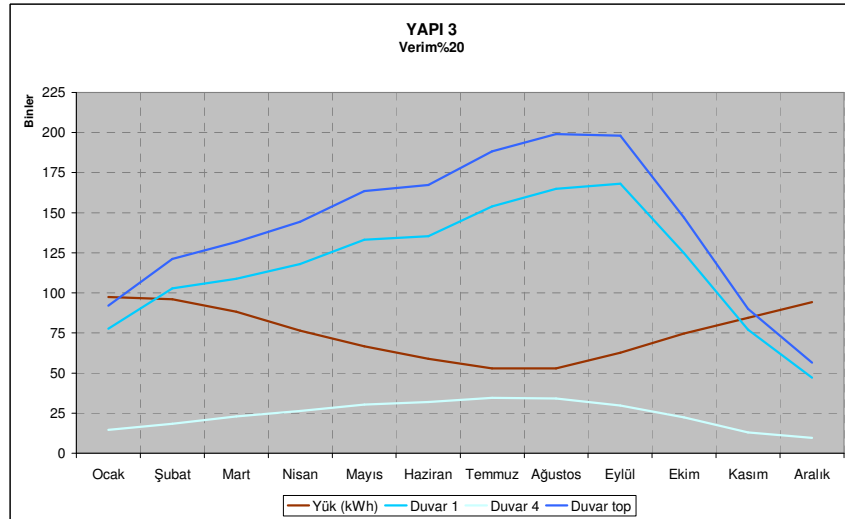
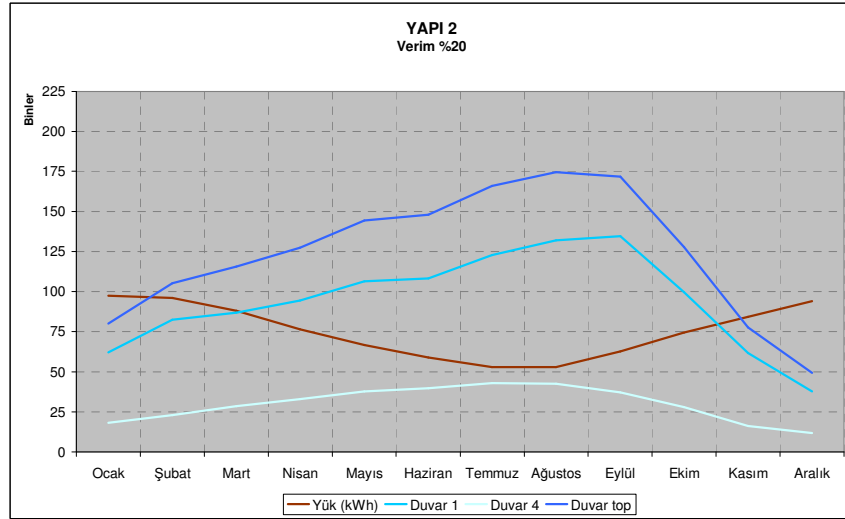
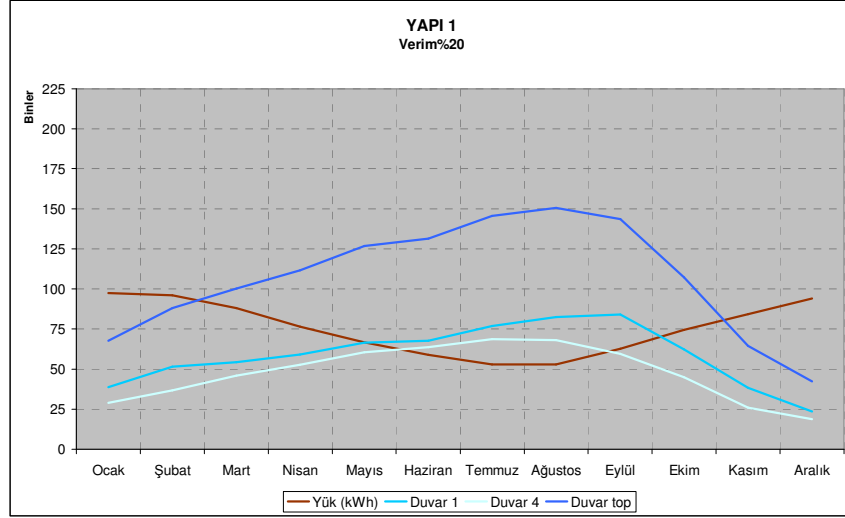


### Duvar Yararlı Yüzeylerinin Enerji Gereksinimi Karşılama Oranları

Yararlı duvar (duvar 1 ve 4); yüzeylerinin % 100, 40, 50 ve 60'nda toplaçların kullanılması ve üzerlerine gelen güneş enerjisinin, %20, 30 ya da 40'nı değerlendiren su ısıtma sistemlerinin uygulanması durumunda; duvar yüzeylerinin enerji gereksinimini karşılama oranları ve özellikleri aşağıdaki çizelge ve grafiklerde gösterilmiştir.

Çizelge 7.18 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %20 sistem verimi için yük karşılama oranları

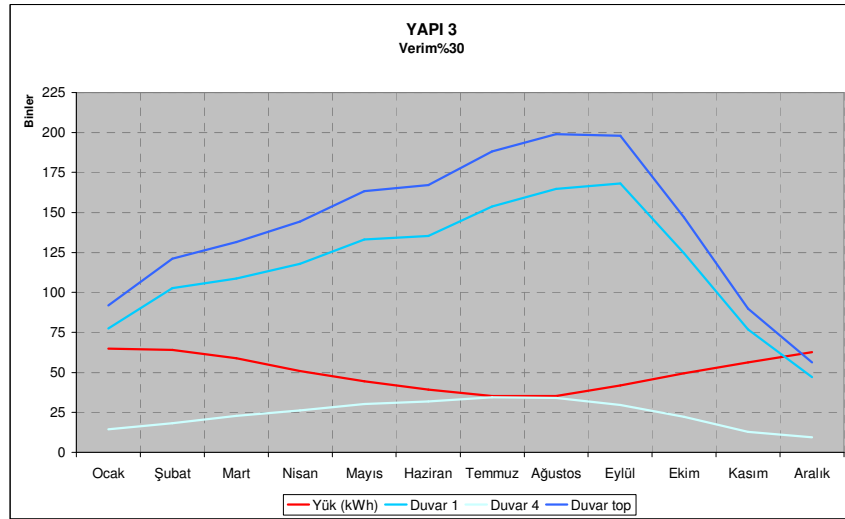
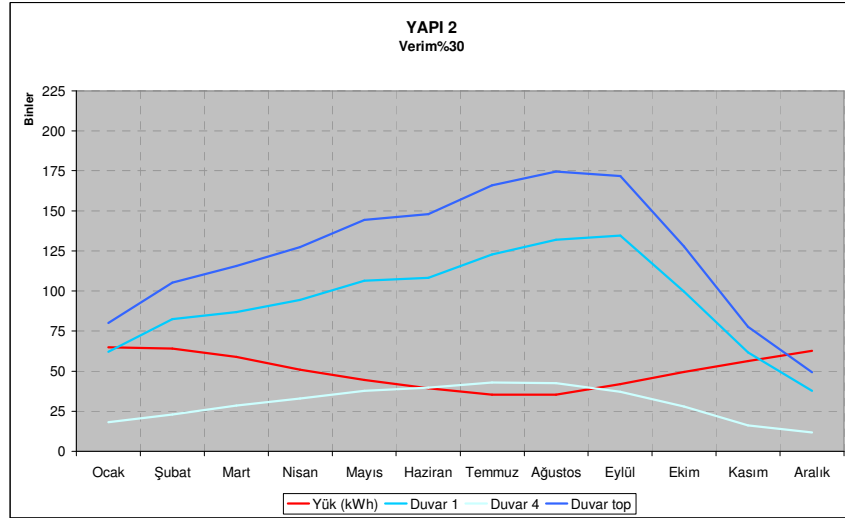
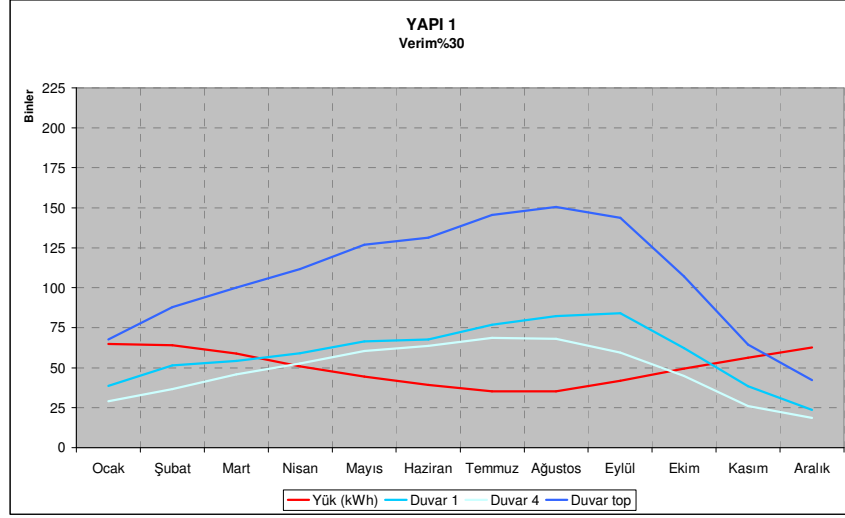
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	97412	38787	0,4	28967	0,3	67754	0,7
Şubat	96040	51446	0,5	36603	0,4	88049	0,9
Mart	88200	54344	0,6	45821	0,5	100165	1,1
Nisan	76440	58971	0,8	52789	0,7	111760	1,5
Mayıs	66640	66574	1,0	60410	0,9	126984	1,9
Haziran	58800	67651	1,2	63758	1,1	131409	2,2
Temmuz	52920	76854	1,5	68746	1,3	145600	2,8
Ağustos	52920	82428	1,6	68136	1,3	150564	2,8
Eylül	62720	84080	1,3	59515	0,9	143595	2,3
Ekim	74480	62316	0,8	44824	0,6	107140	1,4
Kasım	84280	38458	0,5	25926	0,3	64384	0,8
Aralık	94080	23535	0,3	18678	0,2	42213	0,4
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>705444</b>	<b>0,8</b>	<b>574173</b>	<b>0,6</b>	<b>1279617</b>	<b>1,4</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	97412	62060	0,6	18104	0,2	80164	0,8
Şubat	96040	82314	0,9	22876	0,2	105190	1,1
Mart	88200	86952	1,0	28638	0,3	115590	1,3
Nisan	76440	94354	1,2	32993	0,4	127347	1,7
Mayıs	66640	106520	1,6	37756	0,6	144276	2,2
Haziran	58800	108242	1,8	39848	0,7	148090	2,5
Temmuz	52920	122967	2,3	42966	0,8	165933	3,1
Ağustos	52920	131885	2,5	42585	0,8	174470	3,3
Eylül	62720	134529	2,1	37196	0,6	171725	2,7
Ekim	74480	99706	1,3	28015	0,4	127721	1,7
Kasım	84280	61533	0,7	16203	0,2	77736	0,9
Aralık	94080	37657	0,4	11673	0,1	49330	0,5
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>1128719</b>	<b>1,2</b>	<b>358853</b>	<b>0,4</b>	<b>1487572</b>	<b>1,6</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	97412	77575	0,8	14483	0,1	92058	0,9
Şubat	96040	102892	1,1	18301	0,2	121193	1,3
Mart	88200	108690	1,2	22910	0,3	131600	1,5
Nisan	76440	117943	1,5	26394	0,3	144337	1,9
Mayıs	66640	133150	2,0	30205	0,5	163355	2,5
Haziran	58800	135303	2,3	31879	0,5	167182	2,8
Temmuz	52920	153709	2,9	34373	0,6	188082	3,6
Ağustos	52920	164857	3,1	34068	0,6	198925	3,8
Eylül	62720	168161	2,7	29757	0,5	197918	3,2
Ekim	74480	124633	1,7	22412	0,3	147045	2,0
Kasım	84280	76916	0,9	12963	0,2	89879	1,1
Aralık	94080	47071	0,5	9339	0,1	56410	0,6
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>1410900</b>	<b>1,6</b>	<b>287084</b>	<b>0,3</b>	<b>1697984</b>	<b>1,9</b>



Şekil 7.18 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %20 sistem verimi için yük karşılama oranları

Çizelge 7.19 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %30 sistem verimi için yük karşılama oranları

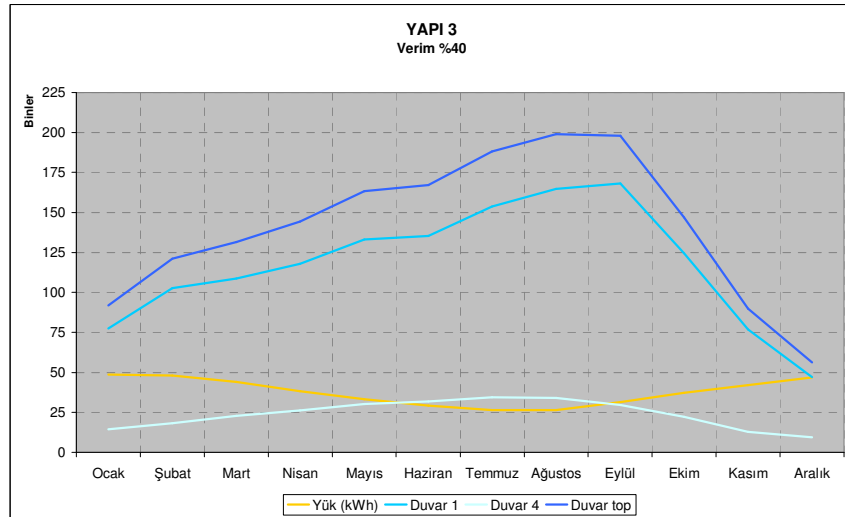
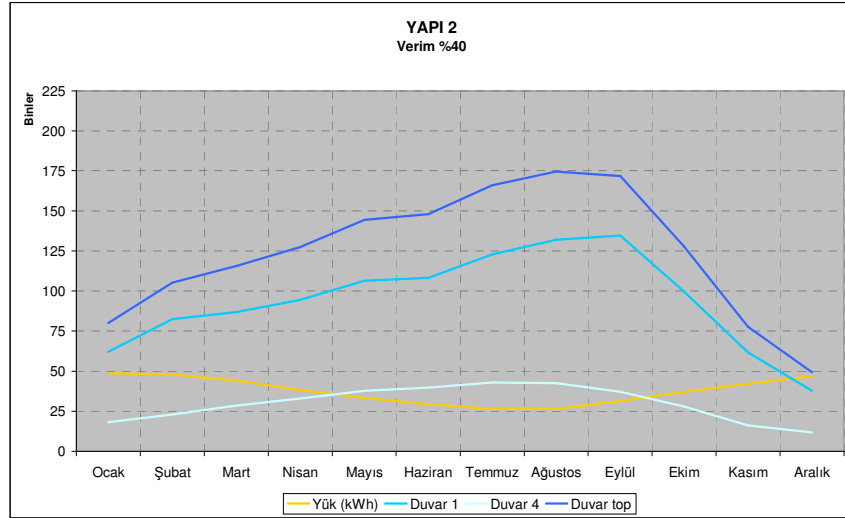
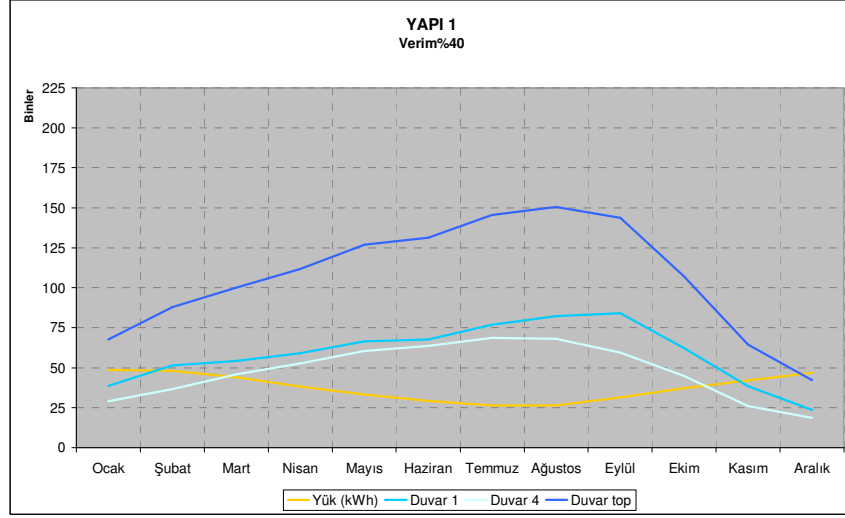
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	64941	38787	0,6	28967	0,4	67754	1,0
Şubat	64027	51446	0,8	36603	0,6	88049	1,4
Mart	58800	54344	0,9	45821	0,8	100165	1,7
Nisan	50960	58971	1,2	52789	1,0	111760	2,2
Mayıs	44427	66574	1,5	60410	1,4	126984	2,9
Haziran	39200	67651	1,7	63758	1,6	131409	3,4
Temmuz	35280	76854	2,2	68746	1,9	145600	4,1
Ağustos	35280	82428	2,3	68136	1,9	150564	4,3
Eylül	41813	84080	2,0	59515	1,4	143595	3,4
Ekim	49653	62316	1,3	44824	0,9	107140	2,2
Kasım	56187	38458	0,7	25926	0,5	64384	1,1
Aralık	62720	23535	0,4	18678	0,3	42213	0,7
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>705444</b>	<b>1,2</b>	<b>574173</b>	<b>1,0</b>	<b>1279617</b>	<b>2,1</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	64941	62060	1,0	18104	0,3	80164	1,2
Şubat	64027	82314	1,3	22876	0,4	105190	1,6
Mart	58800	86952	1,5	28638	0,5	115590	2,0
Nisan	50960	94354	1,9	32993	0,6	127347	2,5
Mayıs	44427	106520	2,4	37756	0,8	144276	3,2
Haziran	39200	108242	2,8	39848	1,0	148090	3,8
Temmuz	35280	122967	3,5	42966	1,2	165933	4,7
Ağustos	35280	131885	3,7	42585	1,2	174470	4,9
Eylül	41813	134529	3,2	37196	0,9	171725	4,1
Ekim	49653	99706	2,0	28015	0,6	127721	2,6
Kasım	56187	61533	1,1	16203	0,3	77736	1,4
Aralık	62720	37657	0,6	11673	0,2	49330	0,8
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>1128719</b>	<b>1,9</b>	<b>358853</b>	<b>0,6</b>	<b>1487572</b>	<b>2,5</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	64941	77575	1,2	14483	0,2	92058	1,4
Şubat	64027	102892	1,6	18301	0,3	121193	1,9
Mart	58800	108690	1,8	22910	0,4	131600	2,2
Nisan	50960	117943	2,3	26394	0,5	144337	2,8
Mayıs	44427	133150	3,0	30205	0,7	163355	3,7
Haziran	39200	135303	3,5	31879	0,8	167182	4,3
Temmuz	35280	153709	4,4	34373	1,0	188082	5,3
Ağustos	35280	164857	4,7	34068	1,0	198925	5,6
Eylül	41813	168161	4,0	29757	0,7	197918	4,7
Ekim	49653	124633	2,5	22412	0,5	147045	3,0
Kasım	56187	76916	1,4	12963	0,2	89879	1,6
Aralık	62720	47071	0,8	9339	0,1	56410	0,9
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>1410900</b>	<b>2,3</b>	<b>287084</b>	<b>0,5</b>	<b>1697984</b>	<b>2,8</b>



Şekil 7.19 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %30 sistem verimi için yük karşılama oranları

Çizelge 7.20 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %40 sistem verimi için yük karşılama oranları

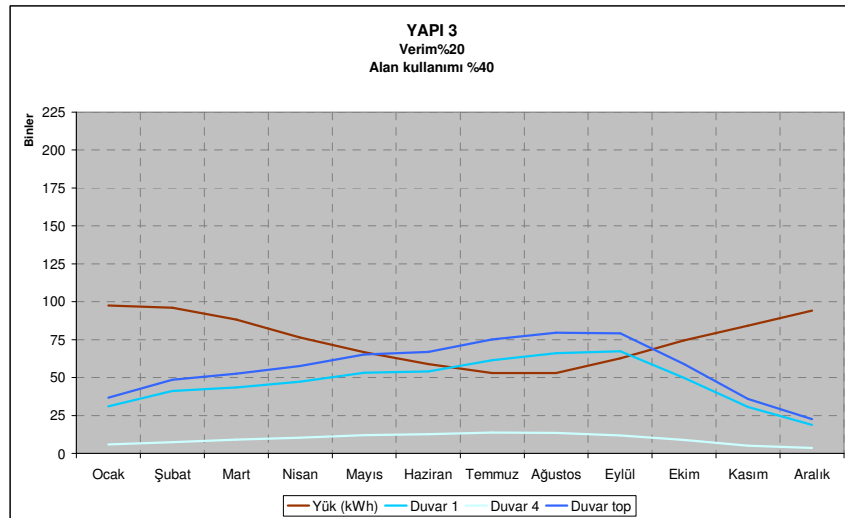
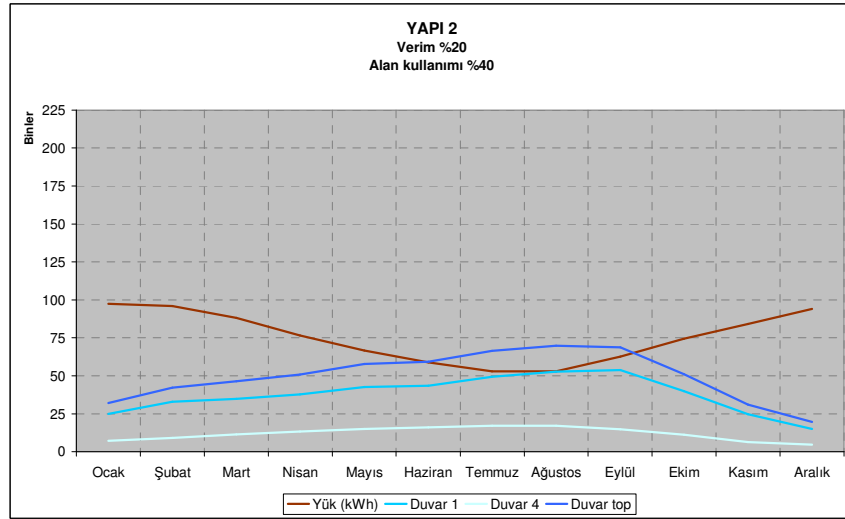
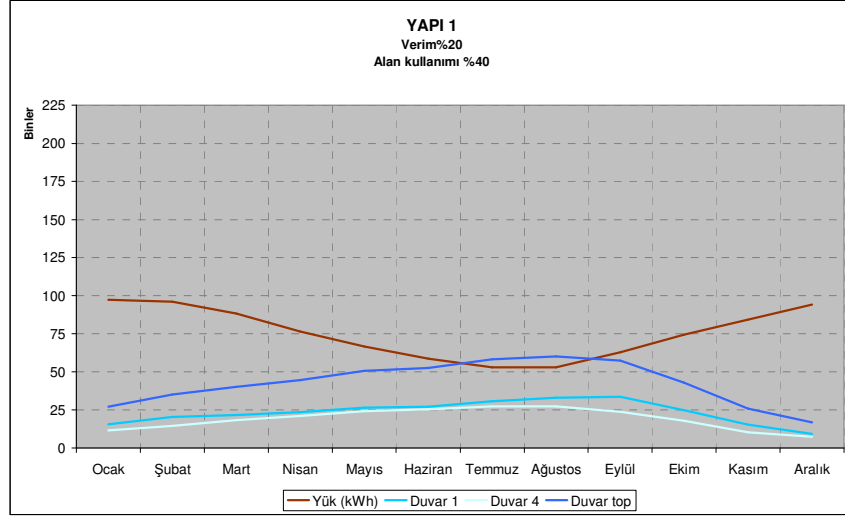
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	48706	38787	0,8	28967	0,6	67754	1,4
Şubat	48020	51446	1,1	36603	0,8	88049	1,8
Mart	44100	54344	1,2	45821	1,0	100165	2,3
Nisan	38220	58971	1,5	52789	1,4	111760	2,9
Mayıs	33320	66574	2,0	60410	1,8	126984	3,8
Haziran	29400	67651	2,3	63758	2,2	131409	4,5
Temmuz	26460	76854	2,9	68746	2,6	145600	5,5
Ağustos	26460	82428	3,1	68136	2,6	150564	5,7
Eylül	31360	84080	2,7	59515	1,9	143595	4,6
Ekim	37240	62316	1,7	44824	1,2	107140	2,9
Kasım	42140	38458	0,9	25926	0,6	64384	1,5
Aralık	47040	23535	0,5	18678	0,4	42213	0,9
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>705444</b>	<b>1,6</b>	<b>574173</b>	<b>1,3</b>	<b>1279617</b>	<b>2,8</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	48706	62060	1,3	18104	0,4	80164	1,6
Şubat	48020	82314	1,7	22876	0,5	105190	2,2
Mart	44100	86952	2,0	28638	0,6	115590	2,6
Nisan	38220	94354	2,5	32993	0,9	127347	3,3
Mayıs	33320	106520	3,2	37756	1,1	144276	4,3
Haziran	29400	108242	3,7	39848	1,4	148090	5,0
Temmuz	26460	122967	4,6	42966	1,6	165933	6,3
Ağustos	26460	131885	5,0	42585	1,6	174470	6,6
Eylül	31360	134529	4,3	37196	1,2	171725	5,5
Ekim	37240	99706	2,7	28015	0,8	127721	3,4
Kasım	42140	61533	1,5	16203	0,4	77736	1,8
Aralık	47040	37657	0,8	11673	0,2	49330	1,0
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>1128719</b>	<b>2,5</b>	<b>358853</b>	<b>0,8</b>	<b>1487572</b>	<b>3,3</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	48706	77575	1,6	14483	0,3	92058	1,9
Şubat	48020	102892	2,1	18301	0,4	121193	2,5
Mart	44100	108690	2,5	22910	0,5	131600	3,0
Nisan	38220	117943	3,1	26394	0,7	144337	3,8
Mayıs	33320	133150	4,0	30205	0,9	163355	4,9
Haziran	29400	135303	4,6	31879	1,1	167182	5,7
Temmuz	26460	153709	5,8	34373	1,3	188082	7,1
Ağustos	26460	164857	6,2	34068	1,3	198925	7,5
Eylül	31360	168161	5,4	29757	0,9	197918	6,3
Ekim	37240	124633	3,3	22412	0,6	147045	3,9
Kasım	42140	76916	1,8	12963	0,3	89879	2,1
Aralık	47040	47071	1,0	9339	0,2	56410	1,2
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>1410900</b>	<b>3,1</b>	<b>287084</b>	<b>0,6</b>	<b>1697984</b>	<b>3,8</b>



Şekil 7.20 Yapı yararlı duvar yüzeylerinin %40 sistem verimi için yük karşılama oranları

Çizelge 7.21 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %20 verim)

YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	karşılama oranı	Duvar 4	karşılama oranı	Duvar top	karşılama oranı
<b>Ocak</b>	97412	15515	<b>0,2</b>	11587	<b>0,1</b>	27102	<b>0,3</b>
<b>Şubat</b>	96040	20578	<b>0,2</b>	14641	<b>0,2</b>	35220	<b>0,4</b>
<b>Mart</b>	88200	21738	<b>0,2</b>	18328	<b>0,2</b>	40066	<b>0,5</b>
<b>Nisan</b>	76440	23588	<b>0,3</b>	21116	<b>0,3</b>	44704	<b>0,6</b>
<b>Mayıs</b>	66640	26630	<b>0,4</b>	24164	<b>0,4</b>	50794	<b>0,8</b>
<b>Haziran</b>	58800	27060	<b>0,5</b>	25503	<b>0,4</b>	52564	<b>0,9</b>
<b>Temmuz</b>	52920	30742	<b>0,6</b>	27498	<b>0,5</b>	58240	<b>1,1</b>
<b>Ağustos</b>	52920	32971	<b>0,6</b>	27254	<b>0,5</b>	60226	<b>1,1</b>
<b>Eylül</b>	62720	33632	<b>0,5</b>	23806	<b>0,4</b>	57438	<b>0,9</b>
<b>Ekim</b>	74480	24926	<b>0,3</b>	17930	<b>0,2</b>	42856	<b>0,6</b>
<b>Kasım</b>	84280	15383	<b>0,2</b>	10370	<b>0,1</b>	25754	<b>0,3</b>
<b>Aralık</b>	94080	9414	<b>0,1</b>	7471	<b>0,1</b>	16885	<b>0,2</b>
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>282178</b>	<b>0,3</b>	<b>229669</b>	<b>0,3</b>	<b>511847</b>	<b>0,6</b>
<b>YAPI 2</b>							
<b>Ocak</b>	97412	24824	<b>0,3</b>	7242	<b>0,1</b>	32066	<b>0,3</b>
<b>Şubat</b>	96040	32926	<b>0,3</b>	9150	<b>0,1</b>	42076	<b>0,4</b>
<b>Mart</b>	88200	34781	<b>0,4</b>	11455	<b>0,1</b>	46236	<b>0,5</b>
<b>Nisan</b>	76440	37742	<b>0,5</b>	13197	<b>0,2</b>	50939	<b>0,7</b>
<b>Mayıs</b>	66640	42608	<b>0,6</b>	15102	<b>0,2</b>	57710	<b>0,9</b>
<b>Haziran</b>	58800	43297	<b>0,7</b>	15939	<b>0,3</b>	59236	<b>1,0</b>
<b>Temmuz</b>	52920	49187	<b>0,9</b>	17186	<b>0,3</b>	66373	<b>1,3</b>
<b>Ağustos</b>	52920	52754	<b>1,0</b>	17034	<b>0,3</b>	69788	<b>1,3</b>
<b>Eylül</b>	62720	53812	<b>0,9</b>	14878	<b>0,2</b>	68690	<b>1,1</b>
<b>Ekim</b>	74480	39882	<b>0,5</b>	11206	<b>0,2</b>	51088	<b>0,7</b>
<b>Kasım</b>	84280	24613	<b>0,3</b>	6481	<b>0,1</b>	31094	<b>0,4</b>
<b>Aralık</b>	94080	15063	<b>0,2</b>	4669	<b>0,0</b>	19732	<b>0,2</b>
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>451488</b>	<b>0,5</b>	<b>143541</b>	<b>0,2</b>	<b>595029</b>	<b>0,7</b>
<b>YAPI 3</b>							
<b>Ocak</b>	97412	31030	<b>0,3</b>	5793	<b>0,1</b>	36823	<b>0,4</b>
<b>Şubat</b>	96040	41157	<b>0,4</b>	7320	<b>0,1</b>	48477	<b>0,5</b>
<b>Mart</b>	88200	43476	<b>0,5</b>	9164	<b>0,1</b>	52640	<b>0,6</b>
<b>Nisan</b>	76440	47177	<b>0,6</b>	10558	<b>0,1</b>	57735	<b>0,8</b>
<b>Mayıs</b>	66640	53260	<b>0,8</b>	12082	<b>0,2</b>	65342	<b>1,0</b>
<b>Haziran</b>	58800	54121	<b>0,9</b>	12752	<b>0,2</b>	66873	<b>1,1</b>
<b>Temmuz</b>	52920	61484	<b>1,2</b>	13749	<b>0,3</b>	75233	<b>1,4</b>
<b>Ağustos</b>	52920	65943	<b>1,2</b>	13627	<b>0,3</b>	79570	<b>1,5</b>
<b>Eylül</b>	62720	67264	<b>1,1</b>	11903	<b>0,2</b>	79167	<b>1,3</b>
<b>Ekim</b>	74480	49853	<b>0,7</b>	8965	<b>0,1</b>	58818	<b>0,8</b>
<b>Kasım</b>	84280	30766	<b>0,4</b>	5185	<b>0,1</b>	35952	<b>0,4</b>
<b>Aralık</b>	94080	18828	<b>0,2</b>	3736	<b>0,0</b>	22564	<b>0,2</b>
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>564360</b>	<b>0,6</b>	<b>114834</b>	<b>0,1</b>	<b>679194</b>	<b>0,8</b>

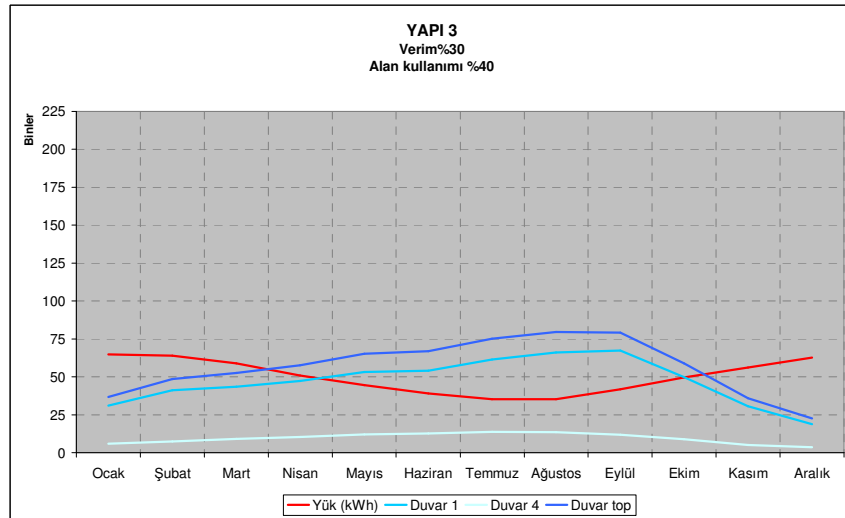
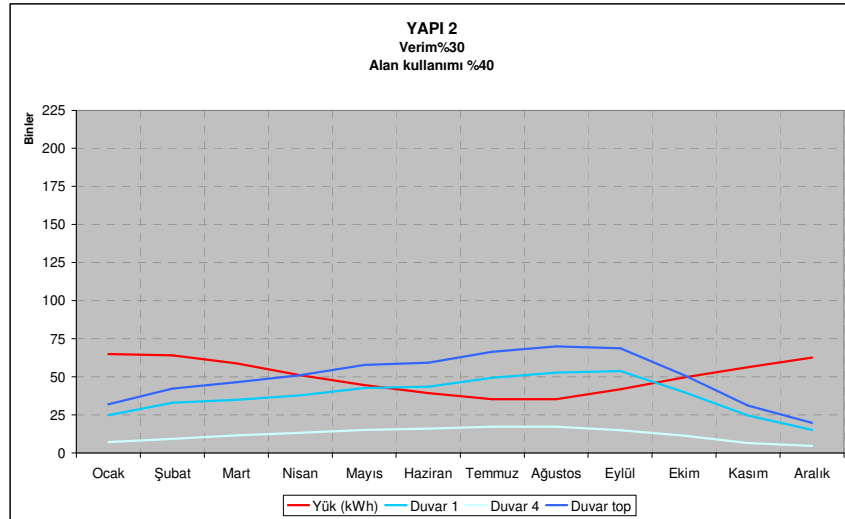
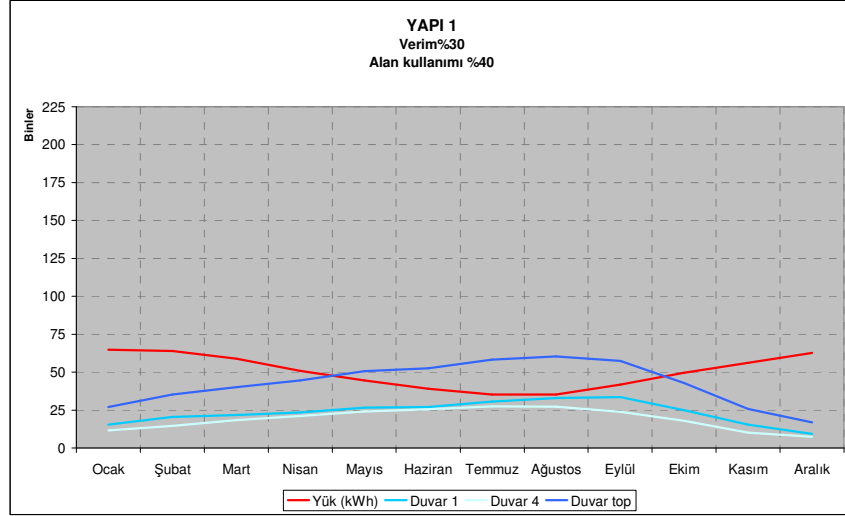


Şekil 7.21 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %20 verim)



Çizelge 7.22 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %30 verim)

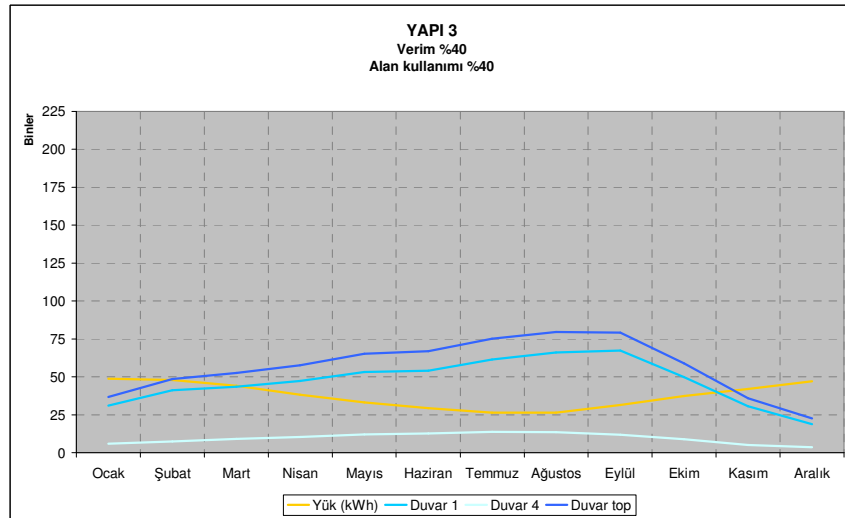
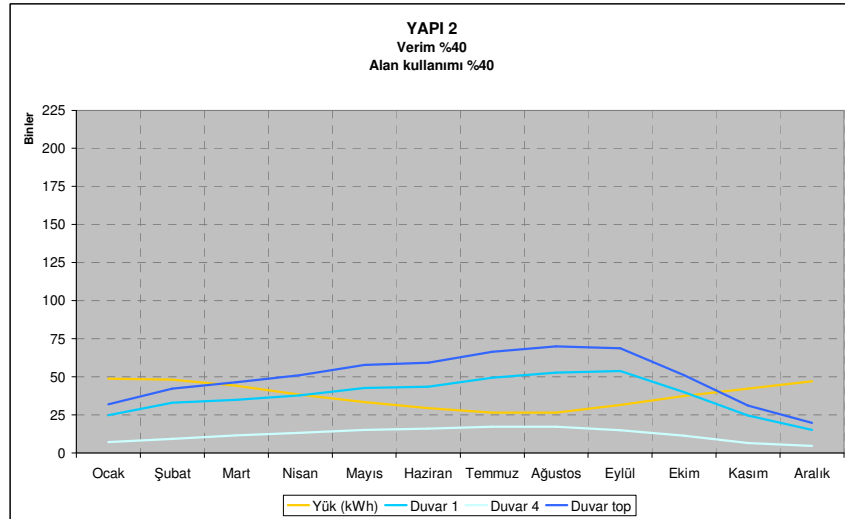
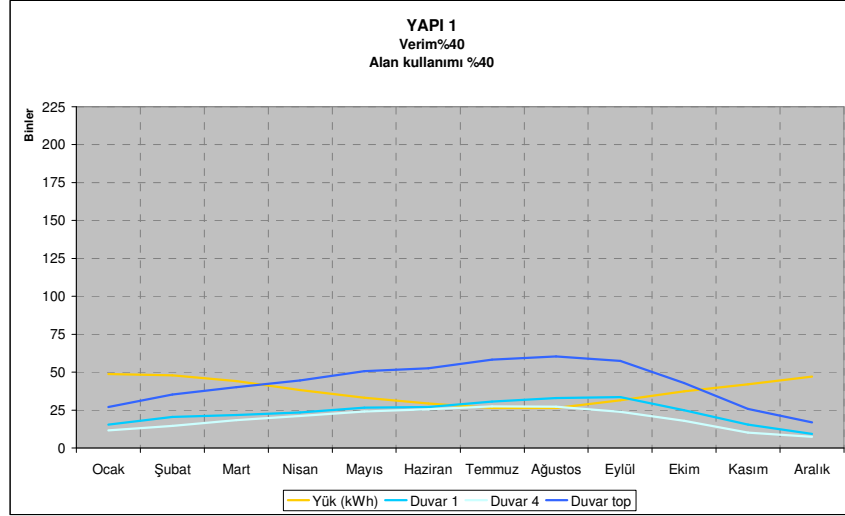
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
<b>Ocak</b>	64941	15515	<b>0,2</b>	11587	<b>0,2</b>	27102	<b>0,4</b>
<b>Şubat</b>	64027	20578	<b>0,3</b>	14641	<b>0,2</b>	35220	<b>0,6</b>
<b>Mart</b>	58800	21738	<b>0,4</b>	18328	<b>0,3</b>	40066	<b>0,7</b>
<b>Nisan</b>	50960	23588	<b>0,5</b>	21116	<b>0,4</b>	44704	<b>0,9</b>
<b>Mayıs</b>	44427	26630	<b>0,6</b>	24164	<b>0,5</b>	50794	<b>1,1</b>
<b>Haziran</b>	39200	27060	<b>0,7</b>	25503	<b>0,7</b>	52564	<b>1,3</b>
<b>Temmuz</b>	35280	30742	<b>0,9</b>	27498	<b>0,8</b>	58240	<b>1,7</b>
<b>Ağustos</b>	35280	32971	<b>0,9</b>	27254	<b>0,8</b>	60226	<b>1,7</b>
<b>Eylül</b>	41813	33632	<b>0,8</b>	23806	<b>0,6</b>	57438	<b>1,4</b>
<b>Ekim</b>	49653	24926	<b>0,5</b>	17930	<b>0,4</b>	42856	<b>0,9</b>
<b>Kasım</b>	56187	15383	<b>0,3</b>	10370	<b>0,2</b>	25754	<b>0,5</b>
<b>Aralık</b>	62720	9414	<b>0,2</b>	7471	<b>0,1</b>	16885	<b>0,3</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>282178</b>	<b>0,5</b>	<b>229669</b>	<b>0,4</b>	<b>511847</b>	<b>0,8</b>
<b>YAPI 2</b>							
<b>Ocak</b>	64941	24824	<b>0,4</b>	7242	<b>0,1</b>	32066	<b>0,5</b>
<b>Şubat</b>	64027	32926	<b>0,5</b>	9150	<b>0,1</b>	42076	<b>0,7</b>
<b>Mart</b>	58800	34781	<b>0,6</b>	11455	<b>0,2</b>	46236	<b>0,8</b>
<b>Nisan</b>	50960	37742	<b>0,7</b>	13197	<b>0,3</b>	50939	<b>1,0</b>
<b>Mayıs</b>	44427	42608	<b>1,0</b>	15102	<b>0,3</b>	57710	<b>1,3</b>
<b>Haziran</b>	39200	43297	<b>1,1</b>	15939	<b>0,4</b>	59236	<b>1,5</b>
<b>Temmuz</b>	35280	49187	<b>1,4</b>	17186	<b>0,5</b>	66373	<b>1,9</b>
<b>Ağustos</b>	35280	52754	<b>1,5</b>	17034	<b>0,5</b>	69788	<b>2,0</b>
<b>Eylül</b>	41813	53812	<b>1,3</b>	14878	<b>0,4</b>	68690	<b>1,6</b>
<b>Ekim</b>	49653	39882	<b>0,8</b>	11206	<b>0,2</b>	51088	<b>1,0</b>
<b>Kasım</b>	56187	24613	<b>0,4</b>	6481	<b>0,1</b>	31094	<b>0,6</b>
<b>Aralık</b>	62720	15063	<b>0,2</b>	4669	<b>0,1</b>	19732	<b>0,3</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>451488</b>	<b>0,7</b>	<b>143541</b>	<b>0,2</b>	<b>595029</b>	<b>1,0</b>
<b>YAPI 3</b>							
<b>Ocak</b>	64941	31030	<b>0,5</b>	5793	<b>0,1</b>	36823	<b>0,6</b>
<b>Şubat</b>	64027	41157	<b>0,6</b>	7320	<b>0,1</b>	48477	<b>0,8</b>
<b>Mart</b>	58800	43476	<b>0,7</b>	9164	<b>0,2</b>	52640	<b>0,9</b>
<b>Nisan</b>	50960	47177	<b>0,9</b>	10558	<b>0,2</b>	57735	<b>1,1</b>
<b>Mayıs</b>	44427	53260	<b>1,2</b>	12082	<b>0,3</b>	65342	<b>1,5</b>
<b>Haziran</b>	39200	54121	<b>1,4</b>	12752	<b>0,3</b>	66873	<b>1,7</b>
<b>Temmuz</b>	35280	61484	<b>1,7</b>	13749	<b>0,4</b>	75233	<b>2,1</b>
<b>Ağustos</b>	35280	65943	<b>1,9</b>	13627	<b>0,4</b>	79570	<b>2,3</b>
<b>Eylül</b>	41813	67264	<b>1,6</b>	11903	<b>0,3</b>	79167	<b>1,9</b>
<b>Ekim</b>	49653	49853	<b>1,0</b>	8965	<b>0,2</b>	58818	<b>1,2</b>
<b>Kasım</b>	56187	30766	<b>0,5</b>	5185	<b>0,1</b>	35952	<b>0,6</b>
<b>Aralık</b>	62720	18828	<b>0,3</b>	3736	<b>0,1</b>	22564	<b>0,4</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>564360</b>	<b>0,9</b>	<b>114834</b>	<b>0,2</b>	<b>679194</b>	<b>1,1</b>



Şekil 7.22 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %30 verim)

Çizelge 7.23 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %40 verim)

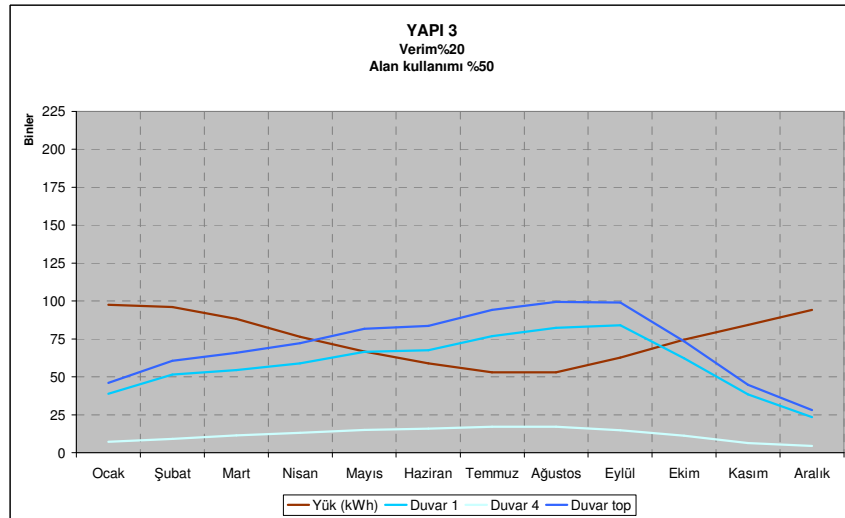
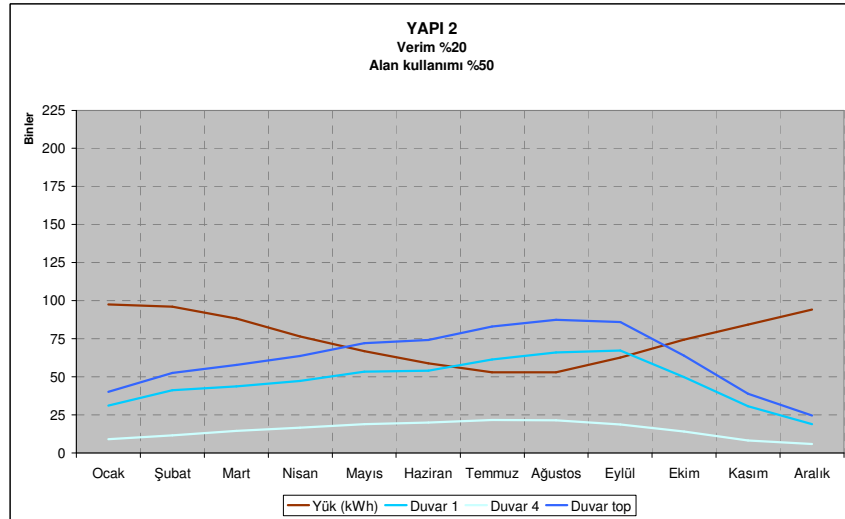
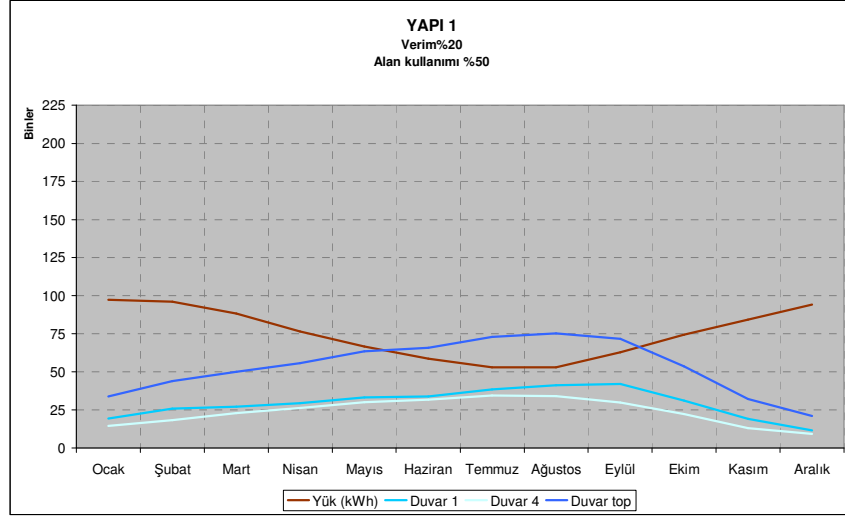
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
<b>Ocak</b>	48706	15515	0,3	11587	0,2	27102	0,6
<b>Şubat</b>	48020	20578	0,4	14641	0,3	35220	0,7
<b>Mart</b>	44100	21738	0,5	18328	0,4	40066	0,9
<b>Nisan</b>	38220	23588	0,6	21116	0,6	44704	1,2
<b>Mayıs</b>	33320	26630	0,8	24164	0,7	50794	1,5
<b>Haziran</b>	29400	27060	0,9	25503	0,9	52564	1,8
<b>Temmuz</b>	26460	30742	1,2	27498	1,0	58240	2,2
<b>Ağustos</b>	26460	32971	1,2	27254	1,0	60226	2,3
<b>Eylül</b>	31360	33632	1,1	23806	0,8	57438	1,8
<b>Ekim</b>	37240	24926	0,7	17930	0,5	42856	1,2
<b>Kasım</b>	42140	15383	0,4	10370	0,2	25754	0,6
<b>Aralık</b>	47040	9414	0,2	7471	0,2	16885	0,4
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>282178</b>	<b>0,6</b>	<b>229669</b>	<b>0,5</b>	<b>511847</b>	<b>1,1</b>
<b>YAPI 2</b>							
<b>Ocak</b>	48706	24824	0,5	7242	0,1	32066	0,7
<b>Şubat</b>	48020	32926	0,7	9150	0,2	42076	0,9
<b>Mart</b>	44100	34781	0,8	11455	0,3	46236	1,0
<b>Nisan</b>	38220	37742	1,0	13197	0,3	50939	1,3
<b>Mayıs</b>	33320	42608	1,3	15102	0,5	57710	1,7
<b>Haziran</b>	29400	43297	1,5	15939	0,5	59236	2,0
<b>Temmuz</b>	26460	49187	1,9	17186	0,6	66373	2,5
<b>Ağustos</b>	26460	52754	2,0	17034	0,6	69788	2,6
<b>Eylül</b>	31360	53812	1,7	14878	0,5	68690	2,2
<b>Ekim</b>	37240	39882	1,1	11206	0,3	51088	1,4
<b>Kasım</b>	42140	24613	0,6	6481	0,2	31094	0,7
<b>Aralık</b>	47040	15063	0,3	4669	0,1	19732	0,4
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>451488</b>	<b>1,0</b>	<b>143541</b>	<b>0,3</b>	<b>595029</b>	<b>1,3</b>
<b>YAPI 3</b>							
<b>Ocak</b>	48706	31030	0,6	5793	0,1	36823	0,8
<b>Şubat</b>	48020	41157	0,9	7320	0,2	48477	1,0
<b>Mart</b>	44100	43476	1,0	9164	0,2	52640	1,2
<b>Nisan</b>	38220	47177	1,2	10558	0,3	57735	1,5
<b>Mayıs</b>	33320	53260	1,6	12082	0,4	65342	2,0
<b>Haziran</b>	29400	54121	1,8	12752	0,4	66873	2,3
<b>Temmuz</b>	26460	61484	2,3	13749	0,5	75233	2,8
<b>Ağustos</b>	26460	65943	2,5	13627	0,5	79570	3,0
<b>Eylül</b>	31360	67264	2,1	11903	0,4	79167	2,5
<b>Ekim</b>	37240	49853	1,3	8965	0,2	58818	1,6
<b>Kasım</b>	42140	30766	0,7	5185	0,1	35952	0,9
<b>Aralık</b>	47040	18828	0,4	3736	0,1	22564	0,5
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>564360</b>	<b>1,2</b>	<b>114834</b>	<b>0,3</b>	<b>679194</b>	<b>1,5</b>



Şekil 7.23 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%40 kullanım - %40 verim)

Çizelge 7.24 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %20 verim)

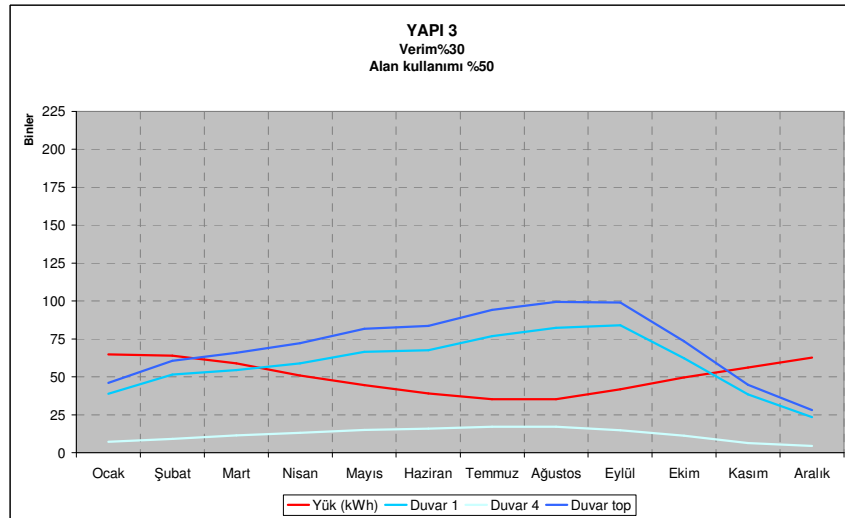
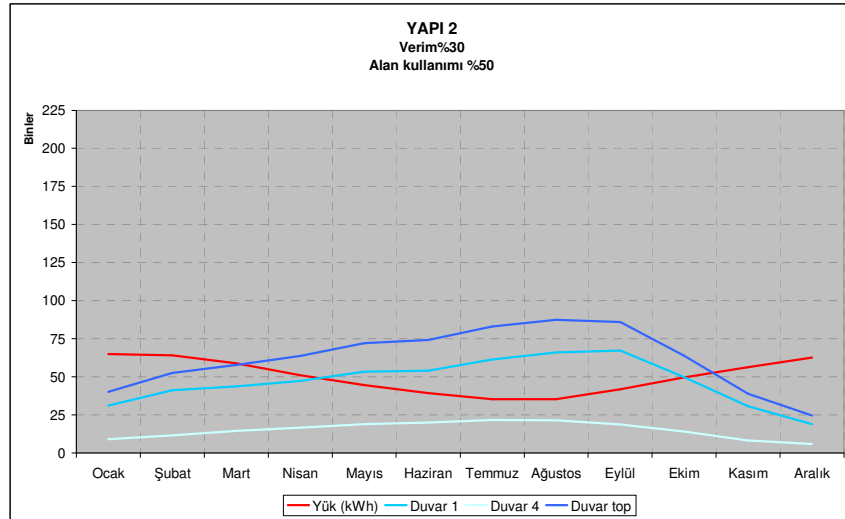
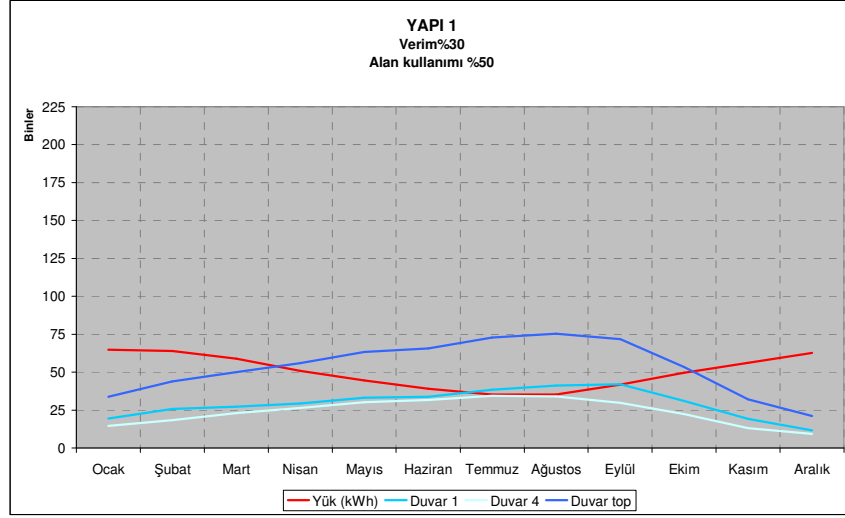
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	97412	19394	0,2	14484	0,1	33877	0,3
Şubat	96040	25723	0,3	18302	0,2	44025	0,5
Mart	88200	27172	0,3	22911	0,3	50083	0,6
Nisan	76440	29486	0,4	26395	0,3	55880	0,7
Mayıs	66640	33287	0,5	30205	0,5	63492	1,0
Haziran	58800	33826	0,6	31879	0,5	65705	1,1
Temmuz	52920	38427	0,7	34373	0,6	72800	1,4
Ağustos	52920	41214	0,8	34068	0,6	75282	1,4
Eylül	62720	42040	0,7	29758	0,5	71798	1,1
Ekim	74480	31158	0,4	22412	0,3	53570	0,7
Kasım	84280	19229	0,2	12963	0,2	32192	0,4
Aralık	94080	11768	0,1	9339	0,1	21107	0,2
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>352722</b>	<b>0,4</b>	<b>287087</b>	<b>0,3</b>	<b>639809</b>	<b>0,7</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	97412	31030	0,3	9052	0,1	40082	0,4
Şubat	96040	41157	0,4	11438	0,1	52595	0,5
Mart	88200	43476	0,5	14319	0,2	57795	0,7
Nisan	76440	47177	0,6	16497	0,2	63674	0,8
Mayıs	66640	53260	0,8	18878	0,3	72138	1,1
Haziran	58800	54121	0,9	19924	0,3	74045	1,3
Temmuz	52920	61484	1,2	21483	0,4	82967	1,6
Ağustos	52920	65943	1,2	21293	0,4	87235	1,6
Eylül	62720	67265	1,1	18598	0,3	85863	1,4
Ekim	74480	49853	0,7	14008	0,2	63861	0,9
Kasım	84280	30767	0,4	8102	0,1	38868	0,5
Aralık	94080	18829	0,2	5837	0,1	24665	0,3
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>564360</b>	<b>0,6</b>	<b>179427</b>	<b>0,2</b>	<b>743786</b>	<b>0,8</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	97412	38788	0,4	7242	0,1	46029	0,5
Şubat	96040	51446	0,5	9151	0,1	60597	0,6
Mart	88200	54345	0,6	11455	0,1	65800	0,7
Nisan	76440	58972	0,8	13197	0,2	72169	0,9
Mayıs	66640	66575	1,0	15103	0,2	81678	1,2
Haziran	58800	67652	1,2	15940	0,3	83591	1,4
Temmuz	52920	76855	1,5	17187	0,3	94041	1,8
Ağustos	52920	82429	1,6	17034	0,3	99463	1,9
Eylül	62720	84081	1,3	14879	0,2	98959	1,6
Ekim	74480	62317	0,8	11206	0,2	73523	1,0
Kasım	84280	38458	0,5	6482	0,1	44940	0,5
Aralık	94080	23536	0,3	4670	0,0	28205	0,3
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>705450</b>	<b>0,8</b>	<b>143542</b>	<b>0,2</b>	<b>848992</b>	<b>0,9</b>



Şekil 7.24 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %20 verim)

Çizelge 7.25 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %30 verim)

YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
<b>Ocak</b>	64941	19394	<b>0,3</b>	14484	<b>0,2</b>	33877	<b>0,5</b>
<b>Şubat</b>	64027	25723	<b>0,4</b>	18302	<b>0,3</b>	44025	<b>0,7</b>
<b>Mart</b>	58800	27172	<b>0,5</b>	22911	<b>0,4</b>	50083	<b>0,9</b>
<b>Nisan</b>	50960	29486	<b>0,6</b>	26395	<b>0,5</b>	55880	<b>1,1</b>
<b>Mayıs</b>	44427	33287	<b>0,7</b>	30205	<b>0,7</b>	63492	<b>1,4</b>
<b>Haziran</b>	39200	33826	<b>0,9</b>	31879	<b>0,8</b>	65705	<b>1,7</b>
<b>Temmuz</b>	35280	38427	<b>1,1</b>	34373	<b>1,0</b>	72800	<b>2,1</b>
<b>Ağustos</b>	35280	41214	<b>1,2</b>	34068	<b>1,0</b>	75282	<b>2,1</b>
<b>Eylül</b>	41813	42040	<b>1,0</b>	29758	<b>0,7</b>	71798	<b>1,7</b>
<b>Ekim</b>	49653	31158	<b>0,6</b>	22412	<b>0,5</b>	53570	<b>1,1</b>
<b>Kasım</b>	56187	19229	<b>0,3</b>	12963	<b>0,2</b>	32192	<b>0,6</b>
<b>Aralık</b>	62720	11768	<b>0,2</b>	9339	<b>0,1</b>	21107	<b>0,3</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>352722</b>	<b>0,6</b>	<b>287087</b>	<b>0,5</b>	<b>639809</b>	<b>1,1</b>
<b>YAPI 2</b>							
<b>Ocak</b>	64941	31030	<b>0,5</b>	9052	<b>0,1</b>	40082	<b>0,6</b>
<b>Şubat</b>	64027	41157	<b>0,6</b>	11438	<b>0,2</b>	52595	<b>0,8</b>
<b>Mart</b>	58800	43476	<b>0,7</b>	14319	<b>0,2</b>	57795	<b>1,0</b>
<b>Nisan</b>	50960	47177	<b>0,9</b>	16497	<b>0,3</b>	63674	<b>1,2</b>
<b>Mayıs</b>	44427	53260	<b>1,2</b>	18878	<b>0,4</b>	72138	<b>1,6</b>
<b>Haziran</b>	39200	54121	<b>1,4</b>	19924	<b>0,5</b>	74045	<b>1,9</b>
<b>Temmuz</b>	35280	61484	<b>1,7</b>	21483	<b>0,6</b>	82967	<b>2,4</b>
<b>Ağustos</b>	35280	65943	<b>1,9</b>	21293	<b>0,6</b>	87235	<b>2,5</b>
<b>Eylül</b>	41813	67265	<b>1,6</b>	18598	<b>0,4</b>	85863	<b>2,1</b>
<b>Ekim</b>	49653	49853	<b>1,0</b>	14008	<b>0,3</b>	63861	<b>1,3</b>
<b>Kasım</b>	56187	30767	<b>0,5</b>	8102	<b>0,1</b>	38868	<b>0,7</b>
<b>Aralık</b>	62720	18829	<b>0,3</b>	5837	<b>0,1</b>	24665	<b>0,4</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>564360</b>	<b>0,9</b>	<b>179427</b>	<b>0,3</b>	<b>743786</b>	<b>1,2</b>
<b>YAPI 3</b>							
<b>Ocak</b>	64941	38788	<b>0,6</b>	7242	<b>0,1</b>	46029	<b>0,7</b>
<b>Şubat</b>	64027	51446	<b>0,8</b>	9151	<b>0,1</b>	60597	<b>0,9</b>
<b>Mart</b>	58800	54345	<b>0,9</b>	11455	<b>0,2</b>	65800	<b>1,1</b>
<b>Nisan</b>	50960	58972	<b>1,2</b>	13197	<b>0,3</b>	72169	<b>1,4</b>
<b>Mayıs</b>	44427	66575	<b>1,5</b>	15103	<b>0,3</b>	81678	<b>1,8</b>
<b>Haziran</b>	39200	67652	<b>1,7</b>	15940	<b>0,4</b>	83591	<b>2,1</b>
<b>Temmuz</b>	35280	76855	<b>2,2</b>	17187	<b>0,5</b>	94041	<b>2,7</b>
<b>Ağustos</b>	35280	82429	<b>2,3</b>	17034	<b>0,5</b>	99463	<b>2,8</b>
<b>Eylül</b>	41813	84081	<b>2,0</b>	14879	<b>0,4</b>	98959	<b>2,4</b>
<b>Ekim</b>	49653	62317	<b>1,3</b>	11206	<b>0,2</b>	73523	<b>1,5</b>
<b>Kasım</b>	56187	38458	<b>0,7</b>	6482	<b>0,1</b>	44940	<b>0,8</b>
<b>Aralık</b>	62720	23536	<b>0,4</b>	4670	<b>0,1</b>	28205	<b>0,4</b>
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>705450</b>	<b>1,2</b>	<b>143542</b>	<b>0,2</b>	<b>848992</b>	<b>1,4</b>

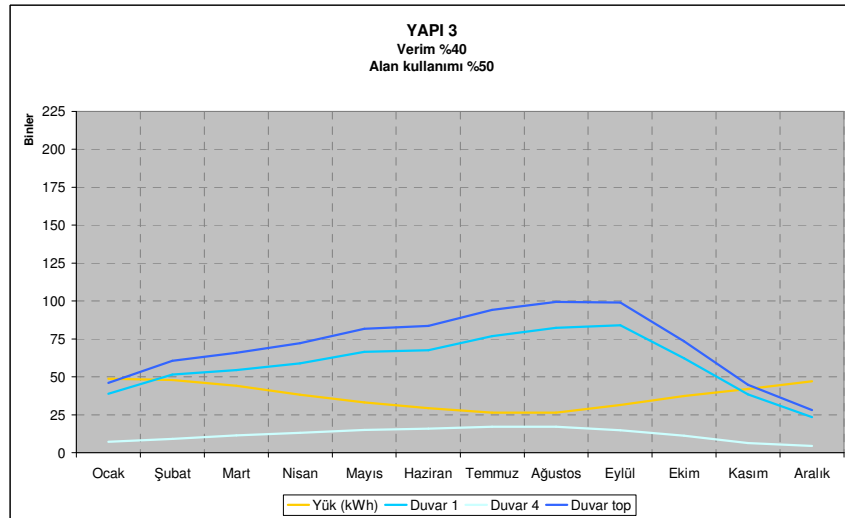
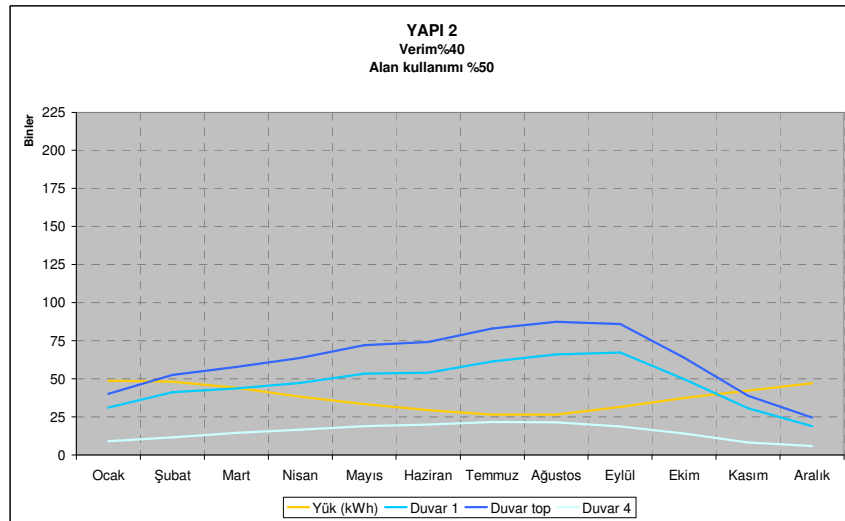
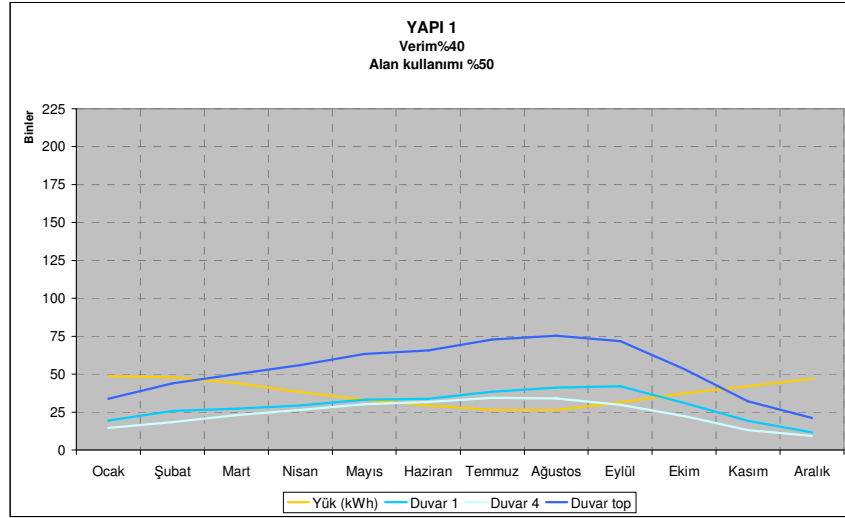


Şekil 7.25 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %30 verim)



Çizelge 7.26 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %40 verim)

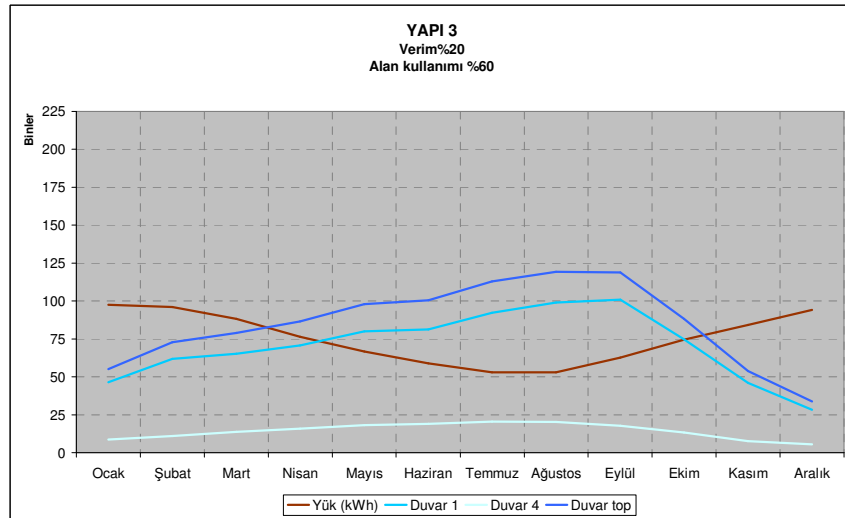
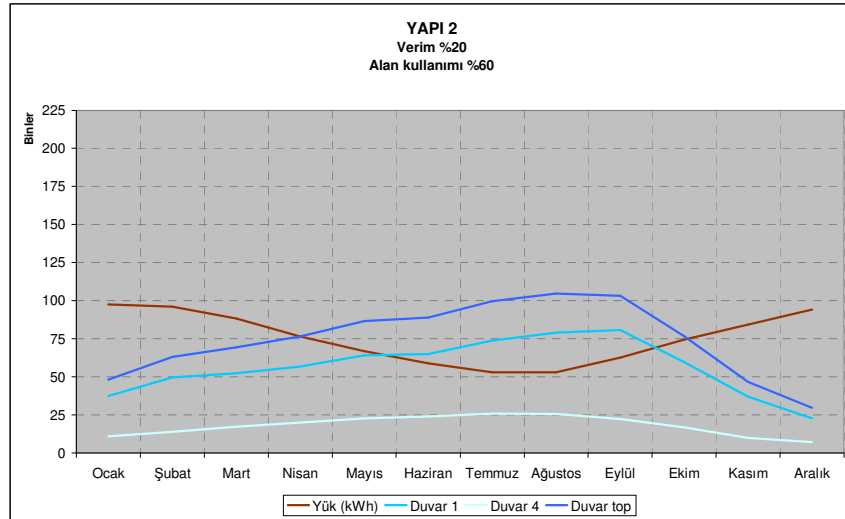
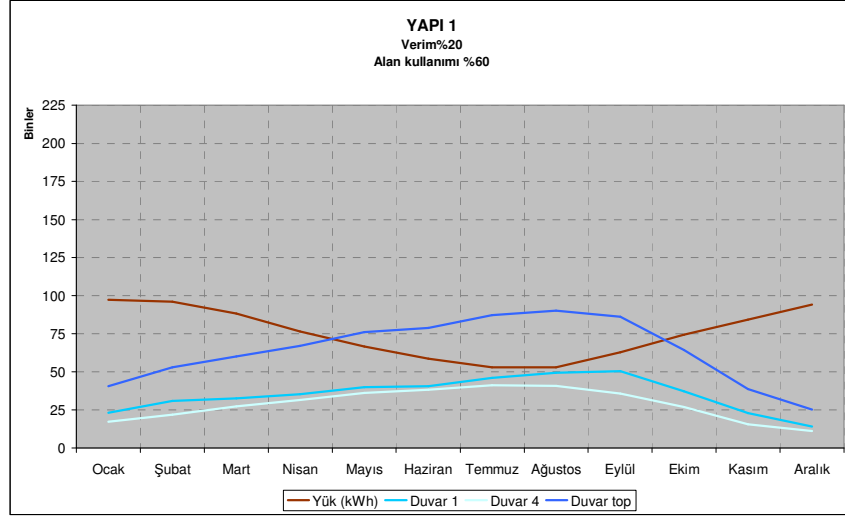
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	48706	19394	0,4	14484	0,3	33877	0,7
Şubat	48020	25723	0,5	18302	0,4	44025	0,9
Mart	44100	27172	0,6	22911	0,5	50083	1,1
Nisan	38220	29486	0,8	26395	0,7	55880	1,5
Mayıs	33320	33287	1,0	30205	0,9	63492	1,9
Haziran	29400	33826	1,2	31879	1,1	65705	2,2
Temmuz	26460	38427	1,5	34373	1,3	72800	2,8
Ağustos	26460	41214	1,6	34068	1,3	75282	2,8
Eylül	31360	42040	1,3	29758	0,9	71798	2,3
Ekim	37240	31158	0,8	22412	0,6	53570	1,4
Kasım	42140	19229	0,5	12963	0,3	32192	0,8
Aralık	47040	11768	0,3	9339	0,2	21107	0,4
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>352722</b>	<b>0,8</b>	<b>287087</b>	<b>0,6</b>	<b>639809</b>	<b>1,4</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	48706	31030	0,6	9052	0,2	40082	0,8
Şubat	48020	41157	0,9	11438	0,2	52595	1,1
Mart	44100	43476	1,0	14319	0,3	57795	1,3
Nisan	38220	47177	1,2	16497	0,4	63674	1,7
Mayıs	33320	53260	1,6	18878	0,6	72138	2,2
Haziran	29400	54121	1,8	19924	0,7	74045	2,5
Temmuz	26460	61484	2,3	21483	0,8	82967	3,1
Ağustos	26460	65943	2,5	21293	0,8	87235	3,3
Eylül	31360	67265	2,1	18598	0,6	85863	2,7
Ekim	37240	49853	1,3	14008	0,4	63861	1,7
Kasım	42140	30767	0,7	8102	0,2	38868	0,9
Aralık	47040	18829	0,4	5837	0,1	24665	0,5
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>564360</b>	<b>1,2</b>	<b>179427</b>	<b>0,4</b>	<b>743786</b>	<b>1,6</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	48706	38788	0,8	7242	0,1	46029	0,9
Şubat	48020	51446	1,1	9151	0,2	60597	1,3
Mart	44100	54345	1,2	11455	0,3	65800	1,5
Nisan	38220	58972	1,5	13197	0,3	72169	1,9
Mayıs	33320	66575	2,0	15103	0,5	81678	2,5
Haziran	29400	67652	2,3	15940	0,5	83591	2,8
Temmuz	26460	76855	2,9	17187	0,6	94041	3,6
Ağustos	26460	82429	3,1	17034	0,6	99463	3,8
Eylül	31360	84081	2,7	14879	0,5	98959	3,2
Ekim	37240	62317	1,7	11206	0,3	73523	2,0
Kasım	42140	38458	0,9	6482	0,2	44940	1,1
Aralık	47040	23536	0,5	4670	0,1	28205	0,6
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>705450</b>	<b>1,6</b>	<b>143542</b>	<b>0,3</b>	<b>848992</b>	<b>1,9</b>



Şekil 7.26 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%50 kullanım - %40 verim)

Çizelge 7.27 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %20 verim)

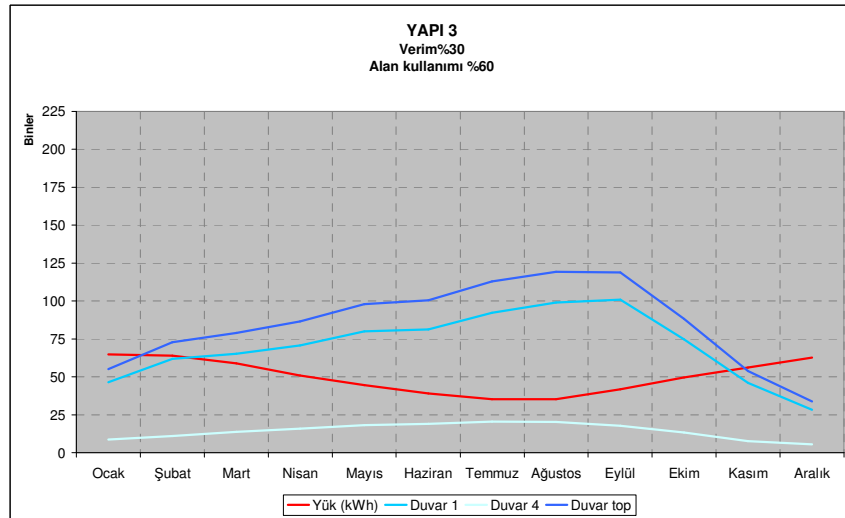
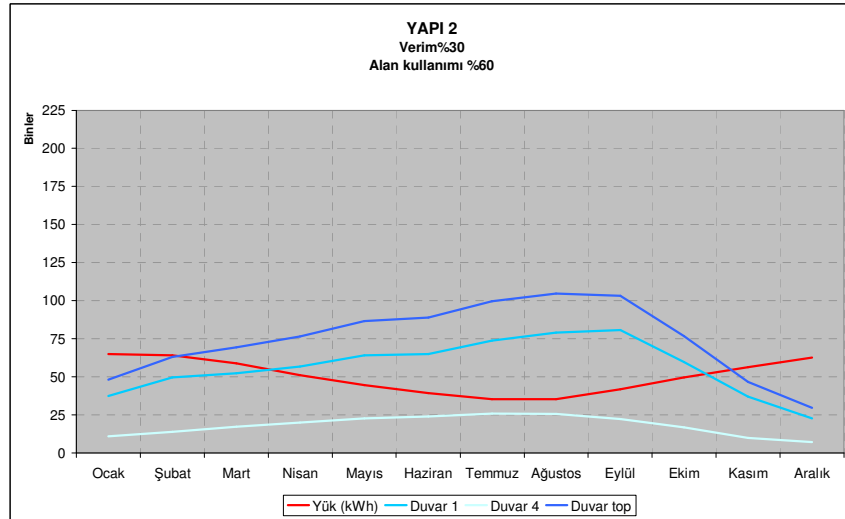
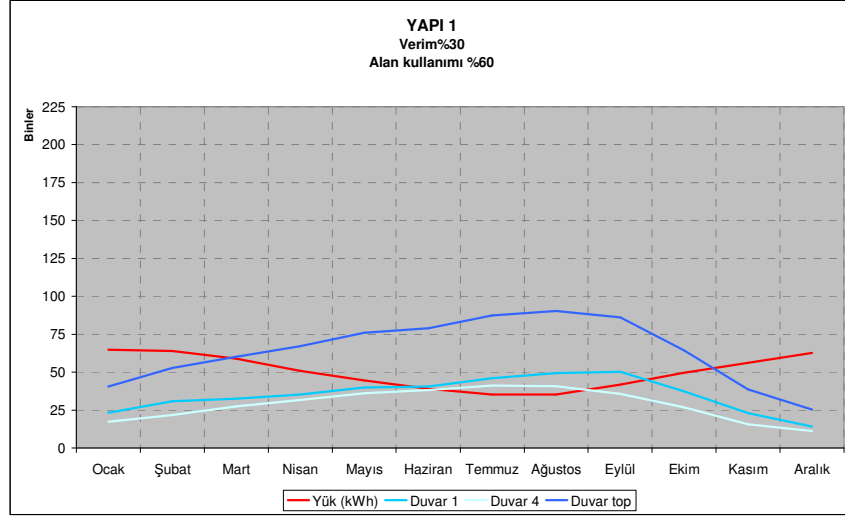
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	97412	23272	0,2	17380	0,2	40652	0,4
Şubat	96040	30868	0,3	21962	0,2	52829	0,6
Mart	88200	32606	0,4	27493	0,3	60099	0,7
Nisan	76440	35383	0,5	31673	0,4	67056	0,9
Mayıs	66640	39944	0,6	36246	0,5	76190	1,1
Haziran	58800	40591	0,7	38255	0,7	78845	1,3
Temmuz	52920	46112	0,9	41248	0,8	87360	1,7
Ağustos	52920	49457	0,9	40882	0,8	90338	1,7
Eylül	62720	50448	0,8	35709	0,6	86157	1,4
Ekim	74480	37390	0,5	26894	0,4	64284	0,9
Kasım	84280	23075	0,3	15556	0,2	38630	0,5
Aralık	94080	14121	0,2	11207	0,1	25328	0,3
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>423266</b>	<b>0,5</b>	<b>344504</b>	<b>0,4</b>	<b>767770</b>	<b>0,8</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	97412	37236	0,4	10862	0,1	48098	0,5
Şubat	96040	49388	0,5	13726	0,1	63114	0,7
Mart	88200	52171	0,6	17183	0,2	69354	0,8
Nisan	76440	56612	0,7	19796	0,3	76408	1,0
Mayıs	66640	63912	1,0	22654	0,3	86566	1,3
Haziran	58800	64945	1,1	23909	0,4	88854	1,5
Temmuz	52920	73780	1,4	25780	0,5	99560	1,9
Ağustos	52920	79131	1,5	25551	0,5	104682	2,0
Eylül	62720	80717	1,3	22318	0,4	103035	1,6
Ekim	74480	59824	0,8	16809	0,2	76633	1,0
Kasım	84280	36920	0,4	9722	0,1	46642	0,6
Aralık	94080	22594	0,2	7004	0,1	29598	0,3
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>677231</b>	<b>0,7</b>	<b>215312</b>	<b>0,2</b>	<b>892543</b>	<b>1,0</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	97412	46545	0,5	8690	0,1	55235	0,6
Şubat	96040	61735	0,6	10981	0,1	72716	0,8
Mart	88200	65214	0,7	13746	0,2	78960	0,9
Nisan	76440	70766	0,9	15836	0,2	86602	1,1
Mayıs	66640	79890	1,2	18123	0,3	98013	1,5
Haziran	58800	81182	1,4	19127	0,3	100309	1,7
Temmuz	52920	92225	1,7	20624	0,4	112849	2,1
Ağustos	52920	98914	1,9	20441	0,4	119355	2,3
Eylül	62720	100897	1,6	17854	0,3	118751	1,9
Ekim	74480	74780	1,0	13447	0,2	88227	1,2
Kasım	84280	46150	0,5	7778	0,1	53927	0,6
Aralık	94080	28243	0,3	5603	0,1	33846	0,4
<b>Toplam</b>	<b>904932</b>	<b>846540</b>	<b>0,9</b>	<b>172250</b>	<b>0,2</b>	<b>1018790</b>	<b>1,1</b>



Şekil 7.27 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %20 verim)

Çizelge 7.28 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %30 verim)

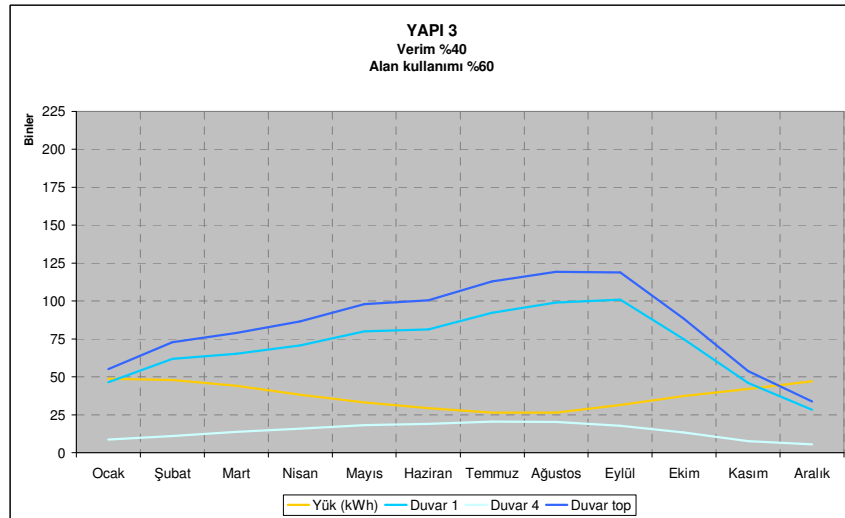
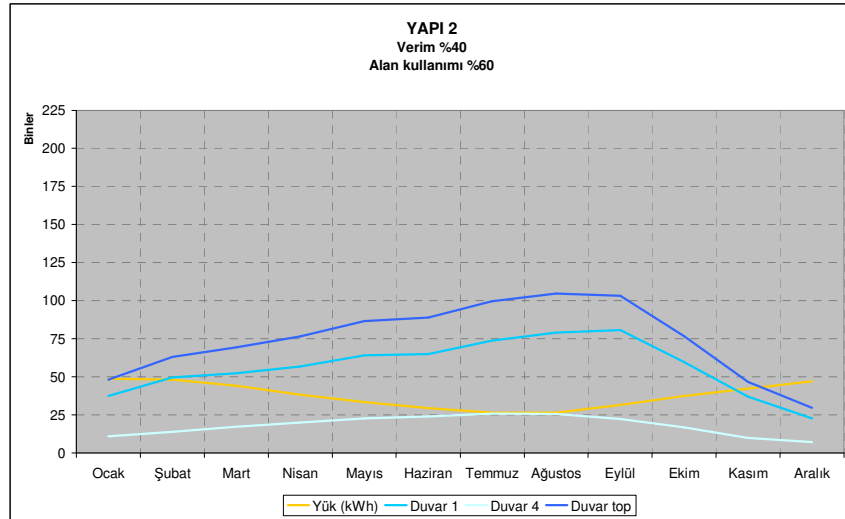
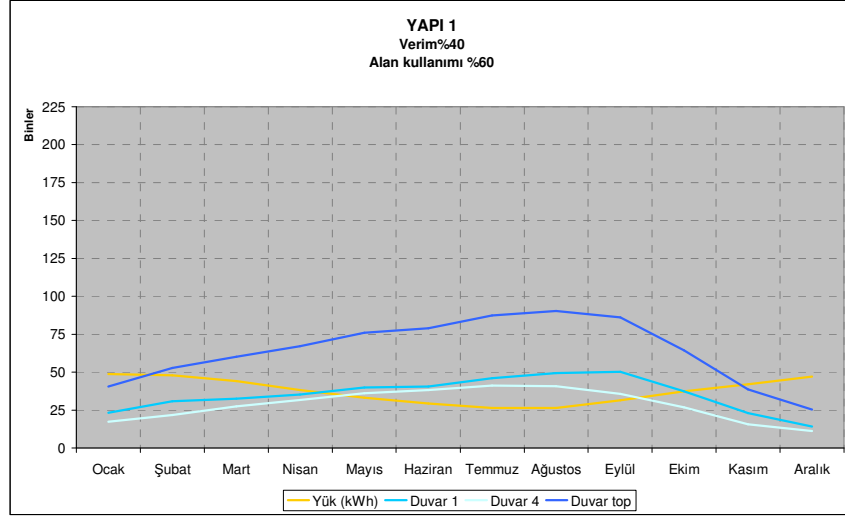
YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	64941	23272	0,4	17380	0,3	40652	0,6
Şubat	64027	30868	0,5	21962	0,3	52829	0,8
Mart	58800	32606	0,6	27493	0,5	60099	1,0
Nisan	50960	35383	0,7	31673	0,6	67056	1,3
Mayıs	44427	39944	0,9	36246	0,8	76190	1,7
Haziran	39200	40591	1,0	38255	1,0	78845	2,0
Temmuz	35280	46112	1,3	41248	1,2	87360	2,5
Ağustos	35280	49457	1,4	40882	1,2	90338	2,6
Eylül	41813	50448	1,2	35709	0,9	86157	2,1
Ekim	49653	37390	0,8	26894	0,5	64284	1,3
Kasım	56187	23075	0,4	15556	0,3	38630	0,7
Aralık	62720	14121	0,2	11207	0,2	25328	0,4
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>423266</b>	<b>0,7</b>	<b>344504</b>	<b>0,6</b>	<b>767770</b>	<b>1,3</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	64941	37236	0,6	10862	0,2	48098	0,7
Şubat	64027	49388	0,8	13726	0,2	63114	1,0
Mart	58800	52171	0,9	17183	0,3	69354	1,2
Nisan	50960	56612	1,1	19796	0,4	76408	1,5
Mayıs	44427	63912	1,4	22654	0,5	86566	1,9
Haziran	39200	64945	1,7	23909	0,6	88854	2,3
Temmuz	35280	73780	2,1	25780	0,7	99560	2,8
Ağustos	35280	79131	2,2	25551	0,7	104682	3,0
Eylül	41813	80717	1,9	22318	0,5	103035	2,5
Ekim	49653	59824	1,2	16809	0,3	76633	1,5
Kasım	56187	36920	0,7	9722	0,2	46642	0,8
Aralık	62720	22594	0,4	7004	0,1	29598	0,5
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>677231</b>	<b>1,1</b>	<b>215312</b>	<b>0,4</b>	<b>892543</b>	<b>1,5</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	64941	46545	0,7	8690	0,1	55235	0,9
Şubat	64027	61735	1,0	10981	0,2	72716	1,1
Mart	58800	65214	1,1	13746	0,2	78960	1,3
Nisan	50960	70766	1,4	15836	0,3	86602	1,7
Mayıs	44427	79890	1,8	18123	0,4	98013	2,2
Haziran	39200	81182	2,1	19127	0,5	100309	2,6
Temmuz	35280	92225	2,6	20624	0,6	112849	3,2
Ağustos	35280	98914	2,8	20441	0,6	119355	3,4
Eylül	41813	100897	2,4	17854	0,4	118751	2,8
Ekim	49653	74780	1,5	13447	0,3	88227	1,8
Kasım	56187	46150	0,8	7778	0,1	53927	1,0
Aralık	62720	28243	0,5	5603	0,1	33846	0,5
<b>Toplam</b>	<b>603288</b>	<b>846540</b>	<b>1,4</b>	<b>172250</b>	<b>0,3</b>	<b>1018790</b>	<b>1,7</b>



Şekil 7.28 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %30 verim)

Çizelge 7.29 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %40 verim)

YAPI 1	Yük (kWh)	Duvar 1	Karşılama oranı	Duvar 4	Karşılama oranı	Duvar top	Karşılama oranı
Ocak	48706	23272	0,5	17380	0,4	40652	0,8
Şubat	48020	30868	0,6	21962	0,5	52829	1,1
Mart	44100	32606	0,7	27493	0,6	60099	1,4
Nisan	38220	35383	0,9	31673	0,8	67056	1,8
Mayıs	33320	39944	1,2	36246	1,1	76190	2,3
Haziran	29400	40591	1,4	38255	1,3	78845	2,7
Temmuz	26460	46112	1,7	41248	1,6	87360	3,3
Ağustos	26460	49457	1,9	40882	1,5	90338	3,4
Eylül	31360	50448	1,6	35709	1,1	86157	2,7
Ekim	37240	37390	1,0	26894	0,7	64284	1,7
Kasım	42140	23075	0,5	15556	0,4	38630	0,9
Aralık	47040	14121	0,3	11207	0,2	25328	0,5
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>423266</b>	<b>0,9</b>	<b>344504</b>	<b>0,8</b>	<b>767770</b>	<b>1,7</b>
<b>YAPI 2</b>							
Ocak	48706	37236	0,8	10862	0,2	48098	1,0
Şubat	48020	49388	1,0	13726	0,3	63114	1,3
Mart	44100	52171	1,2	17183	0,4	69354	1,6
Nisan	38220	56612	1,5	19796	0,5	76408	2,0
Mayıs	33320	63912	1,9	22654	0,7	86566	2,6
Haziran	29400	64945	2,2	23909	0,8	88854	3,0
Temmuz	26460	73780	2,8	25780	1,0	99560	3,8
Ağustos	26460	79131	3,0	25551	1,0	104682	4,0
Eylül	31360	80717	2,6	22318	0,7	103035	3,3
Ekim	37240	59824	1,6	16809	0,5	76633	2,1
Kasım	42140	36920	0,9	9722	0,2	46642	1,1
Aralık	47040	22594	0,5	7004	0,1	29598	0,6
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>677231</b>	<b>1,5</b>	<b>215312</b>	<b>0,5</b>	<b>892543</b>	<b>2,0</b>
<b>YAPI 3</b>							
Ocak	48706	46545	1,0	8690	0,2	55235	1,1
Şubat	48020	61735	1,3	10981	0,2	72716	1,5
Mart	44100	65214	1,5	13746	0,3	78960	1,8
Nisan	38220	70766	1,9	15836	0,4	86602	2,3
Mayıs	33320	79890	2,4	18123	0,5	98013	2,9
Haziran	29400	81182	2,8	19127	0,7	100309	3,4
Temmuz	26460	92225	3,5	20624	0,8	112849	4,3
Ağustos	26460	98914	3,7	20441	0,8	119355	4,5
Eylül	31360	100897	3,2	17854	0,6	118751	3,8
Ekim	37240	74780	2,0	13447	0,4	88227	2,4
Kasım	42140	46150	1,1	7778	0,2	53927	1,3
Aralık	47040	28243	0,6	5603	0,1	33846	0,7
<b>Toplam</b>	<b>452466</b>	<b>846540</b>	<b>1,9</b>	<b>172250</b>	<b>0,4</b>	<b>1018790</b>	<b>2,3</b>



Şekil 7.29 Duvar1 ve 4'ün yük karşılama oranları (%60 kullanım - %40 verim)



Yöntem aracılığıyla, Ankara'da ortalama 224 kişinin yaşadığı kabul edilen, +30° güneye yönlendirilmiş değişik biçimli konut yapıların sıcak su gereksiniminin değişik verimli sistemlerle karşılanması durumunda, yararlı yüzeylerinin etkinliği, yük karşılama oranlarının hesaplanmasıyla bulunmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Sistem verimine bağlı olarak çatı 3 ve çatı 5 alanlarında ;

- % 20 verimli sistemler yıllık enerji gereksiniminin 0,75'ni ve 0,65'ni ve yılın yaklaşık 5 ayında yeterli enerjiyi sağlamaktadır.
- %30 verimli sistemler yıllık enerji gereksiniminin 1,20'sini ve 0,98'ni ve yılın yaklaşık 6 ayında yeterli enerjiyi sağlamakta, yaz aylarında gereksinimin yaklaşık 2,5 katı enerji elde etmektedir.
- %40 verimli sistemler yıllık enerji gereksiniminin 1,49'nu ve 1,30'nu ve yılın yaklaşık 8 ayında yeterli enerjiyi sağlamakta, yaz aylarında ise gereksinimin yaklaşık 3 katı enerji elde etmektedir.
- Düşük verimli sistemlerin kullanılması durumunda tüm çatı alanın değerlendirilmesi gerekmektedir. Çatı biçimlenmesinde bu veriler göz önüne alınarak, çatı öğelerinin yerleştirilmesi ve / ya da sistem hedeflerinin yeniden gözden geçirilmesi ile gerekli alan kullanımına karar verilmesi gerekmektedir.
- Orta ve yüksek verimli sistemlerin değerlendirilmesi durumunda, karşılama oranları doğrultusunda çatı alanları toplam boyutlandırması göz önüne alınarak biçimlendirilebilir. yaz aylarındaki fazla enerji miktarı göz önüne alınarak sistem hedeflerinin yeniden oluşturulması, çatı biçimlendirmesi toplam alanı sistem verimi arasındaki optimizasyonda elde edilen verilerden yararlanılabilir.
- Elde edilen verilerden, mimari anlatım, çevre ve ekonomi göz önüne alınarak, toplam alanlarının mimari öğe olarak kullanılması ve mimari anlatımın bir parçası olarak değerlendirilmesi yönünde ön kararların verilmesinde yararlanılabilir.
- Değişik sistem verimi kabulleri doğrultusunda çatı alanlarının etkinliğiyle ilgili elde edilen veriler aracılığıyla; ekonomik koşullar, çevre ve iklim verileri doğrultusunda sistem seçimine ilişkin ana kararların verilmesi ve yaklaşık alan gereksinimini belirlenmesiyle, çatının mimari anlatım kararları doğrultusunda istenen verimi sağlayacak şekilde biçimlendirilmesi olanaklıdır.

- Çizelge 7.21-29 ve şekil 7.21-29'da ki grafiklerde de görüldüğü gibi, biçimlenme olarak yapı 3 en fazla yararlanmayı sağlamaktadır.
- Duvar alanlarında düşük verimli sistem uygulamaları gerekli enerjinin sağlanmasında yetersiz kalmaktadır.
- Değişik verim ve kullanım oranları doğrultusunda yapılarda elde edilen yük karşılama oranları ile toplaç alanı boyutlandırması yaklaşık olarak belirlenebilir. Toplaç alanları göz önüne alınarak; yapı duvar alanları, mimari anlatım, estetik zorunluluklar vb etkenler doğrultusunda biçimlendirilebilir.
- Uygulanan örnekte, kullanım suyunun ısıtılmasına yönelik olarak enerji gereksinim özellikleri belirlenmiştir. Yapı enerji hedefleri doğrultusunda yapıda Pv sistem uygulanması durumunda, yapının elektrik enerjisi gereksinimi bölüm 3.2.2'de anlatıldığı doğrultuda belirlenerek yapı yararlı yüzeylerinin yükü karşılama oranlarının hesaplanması olanaklıdır.

Yaklaşım ile ilgili genel sonuçlar ise aşağıda sıralanmıştır.

- Yaklaşım, yapı yüzlerinin ve yapıların yıllık ve aylık güneşlenme durumlarının incelenmesi için yeterli verinin elde edilmesini sağlamıştır. Bu veriler doğrultusunda yapıların karşılaştırılmasıyla tasarım temel hedefleri doğrultusunda, tasarım ön aşamasında uygun yapı seçenek/leri belirlenebilmektedir.
- Yaklaşım ile elde edilen veriler sonucunda,
  - Yapı yararlı yüzeylerinin yeniden biçimlendirilmesine,
  - Yararlı yüzeylerde sistem için gerekli olan alanın boyutlandırmasına,
  - Yüzeylerden elde edilen enerjinin gereksinimi karşılama nicelik ve niteliğinin belirlenmesine, yönelik bilgilere ulaşılmıştır.
- Yaklaşım ile elde edilen bulgular; yapı biçimlenmelerinin, enerji etkinliğine olası katkıları hakkında öngörü sağlamaktadır. Bu veriler doğrultuda yapıların, hedefler doğrultusunda yeniden değerlendirilmesi olasıdır.
- Yaklaşım ile yapı enerji gereksinimi ve yararlı yüzeylerin aldığı enerji miktarı arasındaki ilişkinin belirlenmesiyle, tasarımın ileriki aşamalarında sistem yapılanması ve hesapları için yararlı bilgilere ulaşılabilmektedir.

## 8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Güneş enerjili etken sistemlerin yaygın olarak kullanılması ve bu uygulamaların yapılarda yeterli verimi ve estetiği sağlayacak biçimde uygulanması için etken sistemlerin tasarım ögesi olarak değerlendirilmesi gerektiği tezini ele alan bu çalışmada, sistemlerin yapı tasarımında ölçüt olarak değerlendirilmesine yönelik elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

1. Sistemlerin uygulanabilir olması için yapının **iklimle dengeli ve enerji etkin olarak tasarlanması, enerji tüketiminin azaltılmasına** yönelik tüm önlemlerin alınmış olması gerekmektedir.
2. Yapının **enerji performans hedeflerinin belirlenmesi** ve bu hedefler doğrultusunda etken sistem kullanım etkinliği kararlarının verilmesi temel aşamadır. Bu **hedeflerin sağlıklı ve erişilebilir olması için** ekonomik koşullar göz önünde bulundurularak; yapının bulunacağı bölge, güneş ışınımı değerleri, iklim koşulları, arazi koşulları ( yapılı / doğal çevre, eğim vb.) güneş ışınımının erişimi açısından ele alınarak **ayrıntılı analiz çalışmaları yapılmalıdır.**
3. Yapının tasarlanmasına başlamadan önce, yapılan analiz çalışmaları ve belirlenen temel hedefler doğrultusunda sistemlerin **ekonomik olarak yapılabilirliğinin sınanması**, sonuçların olumsuz olması durumunda, hedef ve ana kararların gözden geçirilmesi gerekmektedir.
4. Yapının planlanması ve biçimlendirilmesi ile ilgili her kararın yapının enerji performansı ve sistemlerin yapılması ve verimi üzerinde etkili olduğundan, etken sistemler ilk adımlarından başlayarak **yapı tasarımının tüm aşamalarda göz önünde bulundurulmalıdır.**
5. Etken sistemlerin uygulanacağı yapıların tasarımında, enerji etkinliği ile ilgili tüm konular bir arada değerlendirilmeli, yapı bir bütün olarak ele alınmalı ve temel hedeflerin gerçekleşmesinde **bütüncül tasarım yaklaşımları kullanılmalıdır.**
6. Yapılarda kullanılan etken sistemlerin iyi nitelikli olarak uygulanabilmesi için **verim – estetik – maliyet arasında optimizasyon sağlanmalıdır.**

7. Etken sistemlerden uzun süreli olarak istenen verimin elde edilmesinde özen gösterilmesi gereken konular aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Sistem kurulum amacı, çalışma ve yapılanma özellikleri, iklim, şebeke, güneş ışınımı niceliği vb. veriler doğrultusunda belirlenmelidir.
- Toplaçlar güneş ışınımını en fazla oranda alacak biçimde yerleştirilmeli ve gölgelenme durumları göz önüne alınmalıdır.
- Toplaçların bakım ve onarımı düzenli olarak yapılmalıdır.
- Sistemin yapılandırılmasında, sistem öğelerinin seçiminde ve yerleştirilmesinde yüksek verim ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır.
- Sistem tasarımında, iklim verilerini kapsayan ve ayrıntılı performans hesapları yapan benzetim programlarından yararlanılmalıdır.

8. Yapı yüzeyleri öğelerinde belli boyutlarda konumlandırılacak olan toplaç alanlarının yapının bütünlüğünü ve estetiğini etkilediğinden; toplaç alanları, yalnızca enerji üretim sisteminin bir ögesi olarak değil, yapı görünüşünde belirleyici olan **bir mimari öge** olarak ele alınmalıdır. Toplaç alanlarının yapı mimarisinin bir ögesi olarak uygulanması için dikkat edilmesi gereken konular aşağıda sıralanmıştır.

- Toplaç alanları düzenli, sürekli ve temiz bitişli olmalıdır.
- Toplaç alanlarının yapı görünüşüne etkileri, yapının içinde bulunduğu çevre dokusuyla uyumlu olmalıdır.
- Toplaç alanlarının boyut ve biçiminin yapının genel biçimlenmesi ve görünüşü ile uyumlu olmalı ve bütünlük sağlanmalıdır.
- Toplaç alanlarının renksel ve dokusal özellikleri, yapı yüzeylerinin diğer bileşenleri ile uyumlu olmalıdır.
- Toplaç alanları, tüm bileşenleriyle bir bütün olarak değerlendirilmeli, bitmişlik sağlanmalıdır.
- Toplaç alanları, yapı yüzeylerinde dengeli, orantılı ve estetik düzenleme ilkeleri doğrultusunda konumlandırılmalı ve / ya da dağıtılmalıdır.
- Toplaç alanlarının mimari düzenlemesi, yapının kavramsal yaklaşımına uyumu olmalıdır.
- Toplaç alanlarının görünüşünün yapının anlatım dili içinde uygun bir yeri olmalıdır.

Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda ülkemizde yapılarda iyi nitelikli etken sistem uygulamalarının gerçekleştirilebilmesinde yararlı olacağı düşünülen öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- İklim verileri, güneş enerjisinin yüzeylere erişiminin niceliği üzerinde etkili olduğundan, hesaplara dahil edilmesi daha gerçekçi ve sağlıklı bilgilerin elde edilmesi açısından önemlidir. Yerel iklim koşulları göz önüne alınarak, iller için hazırlanacak, değişen ve yönlerdeki **birim yüzeye gelen güneş ışınımı miktarını gösteren eğrilerin** hazırlanması, sistemlerin uygulandığı yapı tasarımlarında yararlı olacaktır.
- Etken sistemlerin değerlendirildiği yapılarda birçok konunun bir arada değerlendirilmesi gereği, tasarımcının ayrı disiplinleri de kapsayan geniş bir alanda bilgi sahibi olma zorunluluğunu da getirmektedir. Değişik konular arasındaki ilişkinin kurularak, bu konularla ilgili bilginin tasarıma yönelik olarak verilmesi, tasarımcıların çevre, koruma gibi konularda düşünsel olarak bilinçlendirilmesine yönelik çalışmaların meslek eğitimi sürecinde gerçekleştirilmesi önemlidir. Eğitim kurumlarında **bu konuların ele alındığı programların zenginleştirilerek arttırılmasına** yönelik çalışmalar, etken sistemlerin yapıyla uyumlu ve iyi nitelikli olarak uygulanmasında ve yaygınlaşmasında etkili olacaktır.
- Çevre ile ilgili bilincin genç yaşlarda olduğu göz önüne alındığında, ilköğretim aşamasında bireylerin çevreye saygı, yenilenebilir enerji kaynakları ve bunların değerlendirilmesi, doğal hayatın korunması gibi konular hakkında **bilinçlendirilmelerine yönelik eğitim programlarının** oluşturulması önemlidir.
- Ülkemizde etken sistem uygulamalarının herhangi bir yönetmelik ve yaptırımlar uyarınca değil, kullanıcı istekleri doğrultusunda gerçekleştiği bilinen bir gerçektir. Bu uygulamalarda gerekli düzen ve denetimin sağlanması için yerel yönetimlerin konu ile ilgili bilgiye sahip olması, önem vermesi ve **yönetmeliklerde yaptırıma yönelik maddelerin bulunması** gerekmektedir.
- Ülkemizde güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin yaygın ve niteliksiz kullanımının önemli bir nedeni de, sistemlerin çok ekonomik olarak üretilip bireysel olarak uygulanmasıdır. Sistemlerin uygulanmasına yönelik düzenleme ve yaptırımların getirilmesi, **yerli üretimin desteklenmesi, nitelikli uygulamaların maliyetlerinin düşürülmesine** yönelik düzenlemeler yapılmalı konu ülke politikası bağlamında ele alınmalıdır.

- Etken sistemlerin yapılarda verim ve mimari estetik açısından uygun olarak değerlendirilmesi için, kullanıcıların konu hakkında bilinçli olması önemlidir. Kullanıcıların konuyla ilgili bilgisinin artırılması için, eğitim kurumları, yerel yönetim ve özel sektörün işbirliği yaparak, **bilginin paylaşılmasına ve dağıtılmasına yönelik projeler** üretmelidir.
- **Yapı bütünlüğe yönelik uygulamalara yönelik ürünlerin oluşturulması** için yerli üreticilerin araştırma geliştirme çalışmalarına ağırlık vermeleri gerekmektedir. Bunun gerçekleşmesi için konu ile ilgili akademik- sanayi ve üretim- tasarımcılar arasında işbirliğinin, bilgi aktarımının ve paylaşımının sağlanması, değişik alanların bir araya gelmesini ve ortak çalışmaların gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır.
- Dünya genelinde güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesine yönelik çalışma ve yeniliklerin; tasarımcılar, eğitimciler ve üreticiler tarafından izlenerek, ilerici ve yaratıcı yeni yaklaşımların oluşturulması, uygulamaların gelişimi açısından önemlidir.
- Kapsamlı ve karmaşık tasarım sürecine gereksinim duyan sürdürülebilir yapıların tasarımından uygulanmasına, belirlenen hedeflerin elde edilebilmesi için değişik uzmanlık alanlarının birlikte ve işbirliği içinde çalışmaları gerektiğinden, **mimarların yapı tasarımını yeni bir anlayış ve bakış açısıyla ele almaları** gerekmektedir.
- Etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesi durumunda, verim- maliyet- estetik konuları arasında belli bir optimizasyona ulaşılması gereği ve bunun sonuçları üzerinde, tasarım sürecinde bir arada çalışacak **tüm uzmanlar arasında fikir ve işbirliğinin sağlanması** gereklidir.
- Etken sistemlerin değerlendirildiği yapıların tasarımında, temel hedeflerin belirlenmesi, ana kararların oluşturulması, sistem yapılanma kararlarının alınması gibi konularda; iklim, çevre gibi belirleyici etkisi olan konuların tüm yönleri ile ortaya konmasına yönelik analiz çalışmaları tasarımın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. **Analiz çalışmalarının sistematize edilmesine yönelik çalışmaların yapılması** bu sürecin daha sağlıklı ve hızlı olarak gerçekleşmesine yardımcı olacaktır.
- Güneş enerjili etken sistem uygulamalarında, yapının gerçekleşeceği bölgeye ait iklim ve atmosferik koşulları da göz önüne alan kapsamlı ve sağlıklı güneşlenme verilerinin bulunması hesap sonuçlarının gerçek duruma yakın çıkması açısından önemlidir. Türkiye'nin değişik enlem ve iklim bölgeleri için birçok istasyondan elde edilen **meteorolojik verilerin, kullanılabilir biçimde düzenlemeleri ve kolay erişimin sağlanması** sağlıklı hesapların yapılması açısından önemlidir.

- Yapıların enerji kazanç ve kayıplarına yönelik geliştirilen, birçok konuyu bir arada değerlendirerek benzetim yoluyla hesaplamalar yapı enerji performansının hesaplanmasına yönelik bilgisayar programlarından yararlanılması, istenen hedeflerin gerçekleştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu tür **bilgisayar programlarının üretilmesi, kullanımının yaygınlaştırılması, erişimlerinin kolaylaştırılması** sürecin hızlanmasına yardımcı olacaktır.
- Şehirlerde niteliksiz etken sistem kullanımına bağlı oluşan görüntü kirliliğinin önüne geçilebilmesi için; yapılarda etken sistem uygulamalarına yönelik belirlenen ölçütlerin, yerel iklim koşulları da göz önüne alınarak, illerin imar yönetmeliklerinde yer alması ve yeterli denetimin sağlanması gerekmektedir.
- Türkiye’de etken sistemlerin yapılarda değerlendirilme biçimlerinin nitelik ve mimari açıdan incelenmesi ve var olan durumun nedenleri ile birlikte tüm yönleriyle ortaya koymaya yönelik çalışmanın yapılmasıyla elde edilecek sonuçlar; ülke koşullarını göz önüne alan, gerçekçi, etken sistem uygulama ölçütlerinin belirlenmesinde etkili olacaktır.
- Türkiye’nin etken sistem kullanımına bağlı güneş enerjisi potansiyelinin gerçekçi olarak belirlenebilmesi için, değişik sistem yapılanmaları için, sistem verimi, maliyeti, geri ödeme süresi, yaşam maliyeti konularını bir arada değerlendiren ekonomi çalışmalarının yapılması yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

AIA Research Corporation (1976), Solar Dwelling Design Concepts, US Department of Housing and Urban Development, USA.

Akın C. T., (2001), Doğal Çevre Etmenlerine Bağlı Olarak Yerleşme ve Bina Ölçeğinde İklimle Dengeli Konut Tasarım Denetleme Modeli, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Aksoy, E., (1987), Mimarlıkta Tasarım Bilgisi, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.

Andresen, I., (2002), "Building Integrated Photovoltaics in Smart Energy Efficient Buildings- A state-of-the-Art", Sintef Report, Research Program Smart Energy-Efficient Buildings, project no: 224096.10,

[http://www.ntnu.no/em/dokumenter/smartbygg\\_rapp/Photovoltaics\\_State-of-the-Art.pdf](http://www.ntnu.no/em/dokumenter/smartbygg_rapp/Photovoltaics_State-of-the-Art.pdf)

Andersen, E., vd., (2003), "The Influence of Weather on the Thermal Performance of Solar Heating", [http://energi.fysikk.uio.no/rebus/papers/ISES\\_2003/ISES\\_03\\_Andersen.doc](http://energi.fysikk.uio.no/rebus/papers/ISES_2003/ISES_03_Andersen.doc)

Archibald, J., (1999), "Building Integrated Solar Thermal Roofing Systems History, Current Status and Future Promise", Solar99 conference, Portland.

<http://www.americansolar.com/solar99.pdf>

Architectural Energy Corporation, "Building Integrated Photovoltaics", Energy Design Resources, Design Brief

<http://www.energydesignresources.com/docs/db-02-integphotovoltaics.pdf>

ASHRAE, (1995), Code Compliance Manuel, 90.1,

[www.energycodes.gov/comcheck/pdfs/appendd.pdf](http://www.energycodes.gov/comcheck/pdfs/appendd.pdf)

Bayazıt, N., (1982), "Geleceğe Yönelik Tasarlama", Tasarlama (Dizayn) 1. Ulusal Kongre Bildirileri, İTÜ Yayını, İstanbul

Berköz, E., ve Yılmaz, Z., (1989), Türkiye'nin Çeşitli İklim Bölgeleri için Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Optimum Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi, İTÜ Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul

Bruno, R., Herman, W. vd, (1977), "Simulation Calculation and Optimization of Solar Hot Water Systems", Sonnenenergie Arbeitsgemeinschaft Solarenergie 4 Şubat Essen.

Boake, T.M., (1995), "Passive Versus Active Solar Design, Opposing Strategies in Support of a New Sustainable Vernacular", <http://architronic.saed.kent.edu/v4n3/v4n3.03a.html>

Brunold, S., vd., (1994), "A Comparison of Three Different Collectors for Process Heat Applications", SPF ( Solartechnik Prüfung Forschung),

<http://www.solarenergy.ch/publ/kollektoren/procheat.pdf>

Buldurur, M., (1983), Kentsel Tasarımda Güneş Enerjisinden Optimum Yararlanma Konusunda Bir Araştırma ve İstanbul'da Çeşitli Uygulama Örnekleri, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul

Cenergia Energy Consultants, (2003), Building Integration Common Work Package 3, RE SURGENCE, Fifth Framework, <http://www.resurgence.info>

CIB, (1999), Agenda 21 on Sustainable Construction, Report Publication 237, Rotterdam.



- City of Melville, (2004), “Sustainable Residential Design Checklist”,  
[http://www.melville.wa.gov.au/service\\_areas/planning\\_and\\_building/sustainability/Checklist.pdf](http://www.melville.wa.gov.au/service_areas/planning_and_building/sustainability/Checklist.pdf)
- Colon, J.F. ve Merrigan, T., (2001) “Roof Integrated Solar Absorbers: The Measured Performance of Invisible Solar Collectors”, NREL, CP-610-30848, Conference Paper, Solar Forum 2001, Washington
- Çelik, P.A., (1973), İklimle Dengeli Bina Tasarımında Mahoney Tablolarının Türkiye’ye Uygulanabilirliği Yönünden Tartışılması, TBTAK Yapı Araştırma Enstitüsü, a13, Ankara.
- Dalenback, J., (1996),“Roof Module with an Integrated Solar Collector (Water)”,  
<http://www.bt.chalmers.se/personal/jodref.htm>
- Dalenback, J., (1999), “Notes Amsterdam Workshop” European Large Scale Solar Heating Network, Thermi B, DIS/1164/97, Amsterdam.
- Dalenback, J., (1997), “State of The Art- Solar District Heating”  
<http://www.enerma.cit.chalmers.se/cshp/Status.htm>
- DOE (1995), “Energy Efficient Water Heating”, Energy Efficiency and Renewal Energy Clearinghouse DOE/GO-10095-063 [www.eere.gov.us](http://www.eere.gov.us)
- DOE, (1996), “Residential Solar Heating Collectors), Energy Efficiency and Renewal Energy Clearinghouse DOE/GO-10096-051 [www.eere.gov.us](http://www.eere.gov.us)
- DOE (1997), “Photovoltaics: Basic Design Principles and Components”, Energy Efficiency and Renewal Energy Clearinghouse DOE/GO-10097-377 [www.eere.gov.us](http://www.eere.gov.us)
- DOE (2002), “Solar History” [www.eere.gov.us](http://www.eere.gov.us)
- DOE (2001), “Assessing Climate to Improve Solar Design”, Energy Efficiency and Renewal Energy Clearinghouse DOE/GO-120001-1171 [www.eere.gov.us](http://www.eere.gov.us)
- DOE, (2005),“ Pv Basics”, Energy Efficiency and Renewable Energy, Solar Energy Technologies, [http://www.eere.energy.gov/solar/pv\\_basics.html](http://www.eere.energy.gov/solar/pv_basics.html)
- DOE, “Solar Energy System Maintenance and Repair”, Energy Efficiency and Renewal Energy, [www.eere.energy.gov/consumerinfo/factsheets/a110.html](http://www.eere.energy.gov/consumerinfo/factsheets/a110.html)
- Eiffert, P., Kiss, G., (2000), Building Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures A source Book for Architects, U.S Department of Energy, [www.nrel.gov/docs/](http://www.nrel.gov/docs/)
- Elagöz, A., (1976), Yapıların Isıtılması ve Soğutulması İçin Güneş ve Gök Işınlılarının Kullanılması, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Elagöz, A., (1989), Enerji Korunumlu Yapıların Yönlendirilmesi ve Biçimlendirilmesi İçin Yeni Bir Metod, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Endecon Engineering, (2001), A Guide to Photovoltaic System Design and Installation, California Energy Commission, [http://www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04\\_500-01-020.PDF](http://www.energy.ca.gov/reports/2001-09-04_500-01-020.PDF)
- Enerji Grubu, (1978), Düzlem Toplayıcıların Optimizasyonunda Yeni Bir Yöntem, TUBİTAK Uygulamalı Fizik Ünitesi, Gebze.

Energy Design Resources, “Building Integrated Photovoltaics”, Design Brief, <http://www.energydesignresources.com/resource/23/>

Energy Efficiency Best Practice Programme, (2001), “Solar Hot Water Systems in New Housing”, General Information Report 88, [www.est.org.uk/bestpractice](http://www.est.org.uk/bestpractice)

Erdem, A., (1995), İnsan-Bilgisayar Etkileşimli Ortamda Genel Amaçlı Bir Mekan Tasarım Modeli, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Erkan, Ö., (1999), Alternatif Enerji Kaynakları Kapsamında Güneş Enerjisine Dayalı Konut İçin Tasarım Süreç ve Parametrelerinin Belirlenmesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Frei, U., Vogelsanger, P., (1998), “Solar Thermal Systems for Domestic Hot Water and Space Heating” Eurosun 1998, <http://www.spf.ch/spf.php?lang=en&fam=32&tab=1>

Fujita Research, (1998), “Interseasonal Solar Storage” <http://www.fujitaresearch.com/reports/solarpower.html>

Göksal, T., Özbalta, N., (2002), “Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımlı”, Mühendis ve Makine, Sayı 506, [www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/mart/makale\\_enerji\\_korunumu.html](http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/mart/makale_enerji_korunumu.html)

Green, M.A., (2004), “Recent Developments in Photovoltaics”, Science Direct, Solar Energy 76 3-8, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Gregg, A., vd., (2005), “A Real World Examination of Pv System Design and Performance” IEEE's 31st Photovoltaic Specialists Conference and Exhibition, January 3-7, 2005, Coronado Springs Resort, Lake Buena Vista, Florida. <http://www.sprayslope.com/Analysis/PVSC2005.pdf>

Gutierrez, J.M., (2002), “Architectural Integration of Solar Roofs”, Creative Architecture with Stainless Steel Conference, 12 March, Barcelona.

Gürer, L., (1990), Temel Tasarım, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1419, İstanbul,

Gürsel, Y., (2005), “Tasarım –Üretim- Kullanım Süreçleri Bağlamında Mimarlığın Geleceği” Mimarist, Sayı 15, Sayfa 56-62.

Hasol, D., (1980), Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayın, İstanbul.

Hassid, S. vd., (2000), “B.A.M.A (Energy Conserving Buildings) Project: Passive Solar Energy in Popular Residential Apartment Buildings in Israel” <http://wire0.ises.org/wire/doclibs/SWC1999.nsf/20a4ea381a36ec7fc12569270037c619/fa1b208c1b4df4e7c1256920003d61e0!OpenDocument>

Hestnes, A.G., (2003), “New Solar Buildings”, [http://www.ab.ntnu.no/fak/tavla/solbuilds\\_agh.pdf](http://www.ab.ntnu.no/fak/tavla/solbuilds_agh.pdf)

Hui, S.C., (2002), “Sustainable Architecture”, [www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#2](http://www.arch.hku.hk/research/BEER/sustain.htm#2)

IEA, Task 23, (2003), Integrated Design Process, Berlin.

IEA, Task 7, (2002), PV/T Solar Energy Systems, <http://www.iea-shc.org/>

IEA, (2002), Guidelines for Economic Evaluation of Building Integrated PV, <http://www.iea-shc.org/>

- İncedayı, İ., (2003), “Çevresel Duyarlılık Bağlamında Davranış Biçimi Olarak Sürdürülebilirlik”, Mimarlık, Sayı 318, S 39-43, İstanbul.
- Isısan Buderus, (2001), Sıhhi Tesisat, Isısan çalışmaları No 272, İstanbul
- Kandil, M, (1982) “Mimarlıkta Yöntem Arayışları Üzerine Bazı Düşünceler”, Tasarlama (Dizayn) 1. Ulusal Kongre Bildirileri, İTÜ Yayını, İstanbul
- Keleş, R. ve Hamamcı, C., (1993), Çevrebilim, İmge Kitapevi, Ankara.
- Kelvin Grove Urban Village, (2003) “Ecological Sustainable Development” Design Guidelines, <http://www.matrixmedia.com.au/ernstyoung/files/005nv2.pdf>
- Kerskes, H., (2002), “Validation fo the CTSS Test Procedure By In-Situ Measurements” Report of IEA SHC- Task 26, <http://www.iea-shc.org/>
- Keskes, H., (2004), “Investigation of a Solar Active Glass Façade” EuroSun2004, 20-23 June, Germany, [www.Energytech.at/de/iea/results/id3194.html](http://www.Energytech.at/de/iea/results/id3194.html)
- Kılıç, A., Öztürk,A. (1983), “ Güneş Enerjisi”, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul
- Kiss, G., Kikead, J., (1993), Building Integrated Photovoltaics, NREL/TP-472-7851, Colorado.
- Knowles, R.L., (2003), “The Solar Envelope: Its Meaning for Energy and Buildings” Elsevier, Energy and Buildings 35, 15-25, [www.elsevier.com/locate/enbuilding](http://www.elsevier.com/locate/enbuilding)
- Kortan, E., (1982), “Mimari Tasarım Üzerine”, Tasarlama (Dizayn) 1 Ulusal Kongre Bildirileri, İTÜ Yayını, İstanbul.
- Kreider, J.F., Kreith, F., (1981), Solar Energy Handbook, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Kremers, J., (1995) “Defining Sustainable Architecture”, Architronic, [www.architronic.saed.kent.edu](http://www.architronic.saed.kent.edu)
- Kuban, D., (1992) Mimarlık Kavramları, YEM Yayın, İstanbul.
- Lehmann, H., Peter, S., (2003) “Aseessment of Roof and Façade Potentials for Solar Use in Europe”, <http://www.isusi.de/downloads/roofs.pdf>
- Lerum, V., (2005), “4D PV- Photovoltaic Shading Devices as Architectural Time Pieces”, elektronik erişim. <http://www.caed.asu.edu/vidar/PDF/4DPV.pdf>
- Letz, T., (2000) “The FSC (Fractional Solar Consumption) Procedure, a Powerful Design Tool”, [http://www.elle-kilde.dk/altener-combi/dwload/The\\_FSC\\_method.PDF](http://www.elle-kilde.dk/altener-combi/dwload/The_FSC_method.PDF)
- Mah, O.,(1998), “Fundamentals of Photovoltaic Materials”, National Solar Power Research Institute, <http://userwww.sfsu.edu/~ciotola/solar/documents.html>
- Matuska, T., (2004), “Façade Solar Collectors”, <http://www.fsid.cvut.cz/~matuskat/publikace/eurosun2004.pdf>
- Meinel, A., Meinel, M., (1976), Applied Solar Energy, Addison-Wesley Publishing, Canada.
- Moore, F., (1991), Concepts and Practice of Architectural Daylighting, Van Nostrand Reinhold, New York.

Murcott, S., (1997), "Definitions of Sustainable Development", AAAS Annual Conference, IIASA Sustainability Indicators Symposium Seattle.

NAHB Research Center, (2002), Domestic Hot Water System Modeling for the Design of Energy Efficient Systems,  
[http://www.toolbase.org/docs/SubsystemNav/Plumbing/3839\\_domestichotwater.pdf](http://www.toolbase.org/docs/SubsystemNav/Plumbing/3839_domestichotwater.pdf)

NAHB Research Center, (1994), "Building Integrated Photovoltaics Roofing Product Integration"  
[http://www.toolbase.org/docs/MainNav/NewBuildingTechnologies/2528\\_BIPV\\_roofing\\_integration.pdf](http://www.toolbase.org/docs/MainNav/NewBuildingTechnologies/2528_BIPV_roofing_integration.pdf)

NC Solar Center, (2002), "Passive and Active Solar Domestic Hot Water Systems", North California Solar Center, [www.ncsc.ncsu.edu](http://www.ncsc.ncsu.edu)

NC Solar Center, (1999), "Troubleshooting Your Solar Water Heating System", North California Solar Center, [www.ncsc.ncsu.edu](http://www.ncsc.ncsu.edu)

Nordmann, T., Clavadetscher, L., (2003) "Understanding Temperature Effects on Pv System Performance" [http://www.oja-services.nl/iea-pvps/products/download/pap2\\_033.pdf](http://www.oja-services.nl/iea-pvps/products/download/pap2_033.pdf)

Ok, V., (1987), "Yerleşme Ölçeğindeki Dizayn Değişkenlerinin İklimsel Performansa Etkileri" Toplu Konutlarda Mekan Standartları Paneli, 15-16 Nisan, İstanbul.

Olson, K., (2001), "Solar Hot Water: A Primer" Home Power ,V: 84, pp.44-52,  
<http://www.homepower.com/files/olson84.pdf>

Onat, E., (1991), Mimarlık Form ve Geometri, YEM Yayın, İstanbul.

Olgay, A., Olgay, V., (1957), Solar Control and Shading Devices, Princeton University Press, New Jersey.

Özgür, A., (2005), " Binalarda Enerji Performansı Direktifi Uyumlaştırma Çalışmaları" [www.eie.gov.tr/turkce/en\\_tasarrufu/en\\_tas\\_etkinlik/2005\\_bildiriler/oturum3/AtalayOzgur.doc](http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/en_tas_etkinlik/2005_bildiriler/oturum3/AtalayOzgur.doc)

Paul, J.K., (1977), Solar Heating and Cooling Recent Advances, Noyes Data Corporation, New Jersey, USA.

Pedersen, P.V., "An Implementation Plan for 150.000 m2 Building Integrated PV-Modules in Valby in Copenhagen", [www.cenergia.dk](http://www.cenergia.dk)

Pedersen, P.V., "Cost effective Building Integrated PV Systems with Combined Electricity and Heat Production", [www.cenergia.dk](http://www.cenergia.dk)

Pereira, A., Jürgens, J., (2003) "Case Study for Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Facades in the United States", RIO – World Climate & Energy Event, 1-5 Ekim , Brazil.

Perez, R., (1991) "How Photovoltaics are Tested and Rated", Home Power 23, 20- 23,

Perez, R., Schultze, B., (1995) "Pv Performance Tests", Home Power 49, 28- 33,

Prowler, D., "The Whole Building Design Approach",  
[http://www.wbdg.org/newsevents/news\\_wbdg\\_approach.php](http://www.wbdg.org/newsevents/news_wbdg_approach.php)

Putlar, M., (1978), Mimarlık Bilimi Kavram ve Sorunları, Çevre ve Mimarlık Bilimleri Derneği, Ankara.

- Reijenga, T., (2000)“Architectural Quality of Building Integration of Solar Energy- Case Studies in the Netherlands”, World Solar Electric Buildings Conference, March 2000  
[http://www.task7.org/Public/IEA\\_Sydney\\_conference\\_papers/Paper\\_G\\_Tjerk\\_Reijenga.pdf](http://www.task7.org/Public/IEA_Sydney_conference_papers/Paper_G_Tjerk_Reijenga.pdf)
- Reijenga, T., (2002) “Pv in Architecture”, [www.bear.nl](http://www.bear.nl)
- Refocus, “Solar Thermal Collectors Displace Billions of Liters of Oil” The International Renewable Energy Magazine, July/August 2004, S 12, UK.
- Roaf, S., Fuentes M., Thomas, S.,(2001) Ecohouse a Design Guide, Architectural Press, Delhi.
- Shaviv, E., (1998) “Solar Architecture and Building Technology” EuroSun98, [www.wire0.ises.org/wire/doclibs/Eurosun98.nsf](http://www.wire0.ises.org/wire/doclibs/Eurosun98.nsf).
- Simos Yannas, (1988), Passive and Low Energy Architecture, Pergamon Press, UK.
- Spurgeon, R., (1997), Ekoloji, TUBİTAK yayınları, İstanbul
- SRCC, Solar Certification, (2004), “Summary of SRCC Certified Solar Collector and Water Heating System Ratings”, The Solar Rating and Certification Programs, [www.solar-rating.org](http://www.solar-rating.org)
- Stadler, I., (2001), “Facade Integrated Solar Thermal Collectors”, AEE Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien19.pdf>
- Stemers, K., vd., (2003),“Building Form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis, and an Arid Climate”, Elsevier, Energy and Buildings 35, 49-59, [www.elsevier.com/locate/enbuilding](http://www.elsevier.com/locate/enbuilding)
- Stine, W.B., Geyer, M., (2001), Power From the Sun, <http://www.powerfromthesun.net/jtlylecenter.htm>
- Stasinopoulos, T.N., (1999), “Geometric Forms and Insulation, an Analytical Review of the Effects of Shape on Solar Irradiation”, National Technical University of Athens, Doktora Tezi, [www.ntua.gr/arch/geometry/tns/phd](http://www.ntua.gr/arch/geometry/tns/phd)
- Szokolay, S.V., (1975), Solar Energy and Building, The Architectural Press, London.
- Şentürer, A., (1995), Mimaride Estetik Olgusu, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1557, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1974), Türkiye’de Yapıların Düşey Yüzeylerinin Güneşlenme Durumları, İDMMA Basımevi, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1988), Güneş Işınımından Yararlanma ve Korunma, YTÜ Basımevi, İstanbul.
- Şerefhanoglu, M., (1987), Mimaride Güneş Enerjisi, Ders Notları.
- Technology Fundamentals (2004), “Solar Thermal Water Heatings”, Renewable Energy World, V 02, pp 95-99, [www.arch.ced.berkeley.edu/vitalsigns/workup/phoenix\\_lib/phoenix\\_home.html](http://www.arch.ced.berkeley.edu/vitalsigns/workup/phoenix_lib/phoenix_home.html)
- Thomas, R., Fordham, M., (2001), Photovoltaics and Architecture, Spon Press, Londra.
- Tombazis, A., Preuss,S.A., (2001), “Design of Passive Solar Buildings in Urban Areas” Solar Energy Vol.70, No.3 pp. 311-318, [www.elsevier.com/locate/solener](http://www.elsevier.com/locate/solener)

Tönük, S., (2001), Bina Tasarımında Ekoloji, YTÜ Basım Yayın Merkezi, MF.MİM-01.005, İstanbul.

Unified Facilities Criteria (UFC), (2002), Design: Active Solar Preheat Systems, US Army Corps of Engineers, USA.

Van Der Ryn, S., Cowan, S., (1996) “Characteristics of Conventional and Ecological Design”, Island Press, pp. 26-27, Washington DC, [www.architect.org/institute/programs/sustainable](http://www.architect.org/institute/programs/sustainable)

Watson, D., (1976), Designing and Building a Solar House Your Place in The Sun, Garden Way Publishing, Vermont.

WBDG, (2005), Whole Building Design Guide, National Institute of Building Sciences (NIBS). [www.wbdg.org](http://www.wbdg.org)

Weiss, W., Purkarthofer, G., (2000), Technology Portrait Thermal Solar Energy, Energy Technology Austria, [www.energytech.at/solar/portrait.html](http://www.energytech.at/solar/portrait.html)

Williams, J.R., (1974) Solar Energy Technology and Applications, Ann Arbor Science Publishers,

Wortman, D., Hawk, L., (1999), Photovoltaic and Solar-Thermal Technologies in Residential Building Codes”, NREL/TP-520-26579, Technical Report, <http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/26579.pdf>

Woyte, A., vd., (2002) “Photovoltaics on the Campus- Identifying Barriers”, [http://www.mls.miljo.gu.se/COPERNICUS/Papers/Woyte\\_paper.pdf](http://www.mls.miljo.gu.se/COPERNICUS/Papers/Woyte_paper.pdf)

Yang, H., vd., (2004) “Grid Connected Building Integrated Photovoltaics: A Case Study” Elsevier, Solar Energy 76, 55-59, [www.elsevier.com/locate/solner](http://www.elsevier.com/locate/solner)

Yeh, H., vd., (1999) “ The Effect of Collector Aspect Ratio on the Collector Efficiency of Sheet and Tube Solar Fluid Heaters”, Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol 2, pp. 61-68,

Yılmaz, H., (1987), 41. Enlemde Kuzeyle +90 Açılı Yapan Bir Yapı Yüzünün +10’ar Derecelik Değişimlerine Bağlı Olarak Güneşlenme ve Güneş Erkesinden Optimum Yararlanma Durumunun Etkin Çalışma Saatlerini Kapsayan Süre İçinde İncelenip Değerlendirilmesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yılmaz, Z., (1990), Türkiye’de Yeni Konutlarda İklimsel Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi, İTÜ Yapı Deprem ve Uygulama – Araştırma Merkezi, İstanbul.

Yılmaz, Z., ve Özgünler, M., (1993) Türkiye’deki Toplu Konut Uygulamalarında İklimsel Performans Değerlendirmeye Yönelik Alan Çalışması, TC Başbakanlık Toplu Konut İdaresi, İstanbul.

Your Home, (2004a), “Passive Design”, Technical Manual, [www.yourhome.gov.au/technical/index.html](http://www.yourhome.gov.au/technical/index.html)

Your Home, (2004b), “Energy Use”, Technical Manual, [www.yourhome.gov.au/technical/index.html](http://www.yourhome.gov.au/technical/index.html)

## INTERNET KAYNAKLARI

- [1] [www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at)
- [2] [www.arch.ced.berkeley.edu](http://www.arch.ced.berkeley.edu)
- [3] [www.arch.hku.hk/reasearch/BEER](http://www.arch.hku.hk/reasearch/BEER)
- [4] [www.architect.org/institute/programs/sustaible](http://www.architect.org/institute/programs/sustaible)
- [5] [www.architronic.saed.kent.edu](http://www.architronic.saed.kent.edu)
- [6] [www.alernatifenerji.com](http://www.alernatifenerji.com)
- [7] [www.bear.nl](http://www.bear.nl)
- [8] [www.BuildingGreen.com](http://www.BuildingGreen.com)
- [9] [www.c-b.com/information](http://www.c-b.com/information)
- [10] [www.ci.stpaul.mn.us/depts/realestate/sustainable/checklist.html](http://www.ci.stpaul.mn.us/depts/realestate/sustainable/checklist.html)
- [11] [www.clear-skies.org](http://www.clear-skies.org)
- [12] [www.doe.gov](http://www.doe.gov)
- [13] [www.ece.umn.edu](http://www.ece.umn.edu)
- [14] [www.ecodesign.org](http://www.ecodesign.org)
- [15] [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
- [16] [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- [17] [www.enerugydesignresources.com](http://www.enerugydesignresources.com)
- [18] [www.energytech.at](http://www.energytech.at)
- [19] [www.energyware.bc.ca](http://www.energyware.bc.ca)
- [20] [www.eren.doe.gov](http://www.eren.doe.gov)
- [21] [www.fsec.ucf.ed](http://www.fsec.ucf.ed)
- [22] [www.geocities.com/ResearchTriangle](http://www.geocities.com/ResearchTriangle)
- [23] [www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/index.html](http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/index.html)

- [24] [www.greenbuilder.com/sourcebook](http://www.greenbuilder.com/sourcebook)
- [25] [www.gsa.gov/Portal/gsa/](http://www.gsa.gov/Portal/gsa/)
- [26] [www.greenbuildings.ca](http://www.greenbuildings.ca)
- [27] [www.hdrinc.com/architecture/sustain](http://www.hdrinc.com/architecture/sustain)
- [28] [www.homeasta.org/prinenergy.html](http://www.homeasta.org/prinenergy.html)
- [29] [www.nappssystem.com](http://www.nappssystem.com)
- [30] [www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr)
- [31] [www.msa.mmu.ac.uk](http://www.msa.mmu.ac.uk)
- [32] [www.ncsc.ncsu.edu](http://www.ncsc.ncsu.edu)
- [33] [www.nps.gov/dsc/dsgncnstr/gpsd](http://www.nps.gov/dsc/dsgncnstr/gpsd)
- [34] [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)
- [35] [www.sandia.gov/pv](http://www.sandia.gov/pv)
- [36] [www.sel.me.wisc.edu](http://www.sel.me.wisc.edu)
- [37] [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- [38] [www.solarenergy.ch](http://www.solarenergy.ch)
- [39] [www.solardesign.com](http://www.solardesign.com)
- [40] [www.solar-rating.org](http://www.solar-rating.org)
- [41] [www.squ1.com](http://www.squ1.com)
- [42] [www.sustainable.doe.gov](http://www.sustainable.doe.gov)
- [43] [www.susdesign.com](http://www.susdesign.com)
- [44] [www.susdev.gov.hk](http://www.susdev.gov.hk)
- [45] [www.pv-uk.org.uk](http://www.pv-uk.org.uk)
- [46] [www.pvpower.com](http://www.pvpower.com)
- [47] [www.wbdg.org](http://www.wbdg.org)



**EKLER**

- Ek 1 Yapıya eklenen sistem uygulamalarına örnekler
- Ek 2 Yapı bütünlük su ısıtma sistemi uygulamalarına örnekler
- Ek 3 Yapı bütünlük Pv sistem uygulamalarına örnekler
- Ek 4 Ecotect programı yapı yüzü güneşlenme değerleri çıktıları
- Ek 5 İlgili tanımlar

## Ek 1 Yapıya Eklenen Etken Sistem Uygulamalarına Örnekler

### Güneş enerjili su ısıtma sistem uygulamaları







## Pv sistem uygulamaları



**Ek 2 Yapı Bütünsel Su Isıtma Sistem Uygulamalarına Örnekler**











**Ek 3 Yapı Bütünleşik Pv Sistem Uygulamalarına Örnekler**









## Ek 4 Ecotect Programı Yapı Yüzü Güneşleme Değerleri Çıktıları

### ÇATI 1

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 23 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	10%	0.0	55.0	22234.73
Feb:	104.7	8%	0.0	74.8	30271.25
Mar:	129.6	8%	0.0	106.7	43150.91
Apr:	154.0	8%	0.0	131.2	53052.15
May:	195.4	9%	0.0	166.4	67291.70
Jun:	235.8	13%	0.0	192.9	78032.79
Jul:	269.5	8%	0.0	216.3	87504.58
Aug:	251.4	7%	0.0	196.7	79558.38
Sep:	204.3	9%	0.0	154.4	62447.14
Oct:	132.8	9%	0.0	99.5	40233.88
Nov:	74.4	6%	0.0	54.2	21904.77
Dec:	47.5	11%	0.0	37.9	15310.18
TOTALS	1875.3		0.0	1485.9	600992.5

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 17 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	55.8	22552.57
Feb:	104.7	4%	0.0	76.0	30754.83
Mar:	129.6	8%	0.0	107.6	43501.39
Apr:	154.0	7%	0.0	131.9	53367.53
May:	195.4	9%	0.0	167.3	67653.93
Jun:	235.8	13%	0.0	193.9	78430.78
Jul:	269.5	8%	0.0	217.8	88099.23
Aug:	251.4	7%	0.0	198.6	80334.49
Sep:	204.3	5%	0.0	156.6	63332.59
Oct:	132.8	9%	0.0	100.9	40803.48
Nov:	74.4	2%	0.0	55.0	22243.49
Dec:	47.5	0%	0.0	38.2	15458.77
TOTALS	1875.3		0.0	1499.6	606533.0

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 11 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: -165.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	56.3	22761.30
Feb:	104.7	1%	0.0	76.9	31097.56
Mar:	129.6	6%	0.0	108.2	43763.24
Apr:	154.0	6%	0.0	132.6	53628.49
May:	195.4	7%	0.0	168.1	67987.83
Jun:	235.8	7%	0.0	194.9	78830.73
Jul:	269.5	8%	0.0	219.2	88655.34
Aug:	251.4	7%	0.0	200.2	80981.12
Sep:	204.3	3%	0.0	158.3	64034.36
Oct:	132.8	4%	0.0	101.9	41216.38
Nov:	74.4	0%	0.0	55.6	22495.41
Dec:	47.5	0%	0.0	38.5	15557.46
TOTALS	1875.3		0.0	1510.6	611009.2

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 5 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: -180.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	56.5	22847.00
Feb:	104.7	0%	0.0	77.3	31274.54
Mar:	129.6	0%	0.0	108.6	43923.32
Apr:	154.0	6%	0.0	133.0	53812.07
May:	195.4	4%	0.0	168.8	68278.23
Jun:	235.8	7%	0.0	195.9	79225.51
Jul:	269.5	4%	0.0	220.4	89147.70
Aug:	251.4	7%	0.0	201.4	81455.75
Sep:	204.3	3%	0.0	159.5	64497.28
Oct:	132.8	0%	0.0	102.5	41449.80
Nov:	74.4	0%	0.0	56.0	22642.78
Dec:	47.5	0%	0.0	38.6	15599.73
TOTALS	1875.3		0.0	1518.4	614153.73

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 29 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: 165.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	56.4	22803.20
Feb:	104.7	0%	0.0	77.3	31271.58
Mar:	129.6	0%	0.0	108.7	43965.86
Apr:	154.0	2%	0.0	133.3	53904.98
May:	195.4	2%	0.0	169.4	68504.31
Jun:	235.8	7%	0.0	196.7	79568.13
Jul:	269.5	1%	0.0	221.4	89546.67
Aug:	251.4	4%	0.0	202.1	81724.87
Sep:	204.3	0%	0.0	159.9	64687.09
Oct:	132.8	0%	0.0	102.6	41482.24
Nov:	74.4	0%	0.0	56.1	22675.00
Dec:	47.5	0%	0.0	38.5	15582.40
TOTALS	1875.3		0.0	1522.3	615716.39

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 35 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: 150.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	56.0	22633.44
Feb:	104.7	0%	0.0	76.9	31089.65
Mar:	129.6	0%	0.0	108.5	43888.16
Apr:	154.0	1%	0.0	133.3	53901.94
May:	195.4	0%	0.0	169.7	68647.88
Jun:	235.8	6%	0.0	197.4	79836.01
Jul:	269.5	1%	0.0	222.1	89816.58
Aug:	251.4	0%	0.0	202.2	81772.30
Sep:	204.3	0%	0.0	159.7	64592.13
Oct:	132.8	0%	0.0	102.1	41312.04
Nov:	74.4	0%	0.0	55.9	22590.39
Dec:	47.5	0%	0.0	38.3	15506.93
TOTALS	1875.3		0.0	1521.9	615587.49

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 41 (404.5 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 81.5°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	55.3	22349.00
Feb:	104.7	0%	0.0	76.0	30740.78
Mar:	129.6	0%	0.0	108.0	43695.06
Apr:	154.0	2%	0.0	133.0	53802.36
May:	195.4	1%	0.0	169.8	68697.77
Jun:	235.8	0%	0.0	197.8	80010.58
Jul:	269.5	0%	0.0	222.4	89936.06
Aug:	251.4	1%	0.0	201.7	81593.25
Sep:	204.3	0%	0.0	158.8	64218.46
Oct:	132.8	0%	0.0	101.2	40950.36
Nov:	74.4	0%	0.0	55.4	22394.50
Dec:	47.5	0%	0.0	38.0	15378.32
TOTALS	1875.3		0.0	1517.4	613766.50

## ÇATI 2

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 23 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	10%	0.0	56.9	23756.82
Feb:	104.7	11%	0.0	77.1	32196.57
Mar:	129.6	11%	0.0	106.8	44591.03
Apr:	154.0	14%	0.0	130.0	54277.35
May:	195.4	10%	0.0	162.9	68029.80
Jun:	235.8	13%	0.0	187.6	78329.53
Jul:	269.5	12%	0.0	210.9	88057.54
Aug:	251.4	15%	0.0	194.6	81279.62
Sep:	204.3	11%	0.0	155.4	64889.07
Oct:	132.8	9%	0.0	101.4	42326.43
Nov:	74.4	10%	0.0	55.3	23101.82
Dec:	47.5	11%	0.0	38.5	16090.46
TOTALS	1875.3		0.0	1477.3	616926.08

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 17 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	58.4	24392.51
Feb:	104.7	7%	0.0	79.4	33138.78
Mar:	129.6	8%	0.0	108.4	45285.81
Apr:	154.0	12%	0.0	131.4	54864.65
May:	195.4	9%	0.0	164.6	68743.27
Jun:	235.8	13%	0.0	189.5	79124.47
Jul:	269.5	8%	0.0	213.6	89219.35
Aug:	251.4	12%	0.0	198.1	82712.42
Sep:	204.3	11%	0.0	159.5	66615.91
Oct:	132.8	9%	0.0	104.1	43465.47
Nov:	74.4	2%	0.0	56.9	23773.77
Dec:	47.5	0%	0.0	39.2	16387.65
TOTALS	1875.3		0.0	1503.1	627724.0

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 11 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -165.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	59.4	24810.21
Feb:	104.7	1%	0.0	81.0	33823.35
Mar:	129.6	8%	0.0	109.7	45807.45
Apr:	154.0	7%	0.0	132.6	55357.88
May:	195.4	9%	0.0	166.2	69410.60
Jun:	235.8	13%	0.0	191.3	79908.65
Jul:	269.5	8%	0.0	216.3	90331.50
Aug:	251.4	7%	0.0	201.1	83980.36
Sep:	204.3	4%	0.0	162.8	67966.33
Oct:	132.8	6%	0.0	106.1	44290.36
Nov:	74.4	0%	0.0	58.1	24277.86
Dec:	47.5	0%	0.0	39.7	16585.13
TOTALS	1875.3		0.0	1524.3	636549.68

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 5 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -180.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	59.8	24981.36
Feb:	104.7	0%	0.0	81.8	34177.05
Mar:	129.6	0%	0.0	110.4	46122.21
Apr:	154.0	6%	0.0	133.4	55723.99
May:	195.4	9%	0.0	167.6	69977.93
Jun:	235.8	13%	0.0	193.1	80631.06
Jul:	269.5	8%	0.0	218.6	91294.76
Aug:	251.4	7%	0.0	203.4	84929.70
Sep:	204.3	3%	0.0	165.0	68891.85
Oct:	132.8	0%	0.0	107.2	44755.12
Nov:	74.4	0%	0.0	58.8	24572.44
Dec:	47.5	0%	0.0	39.9	16669.56
TOTALS	1875.3		0.0	1539.1	642727.06

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 29 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 165.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	59.6	24894.05
Feb:	104.7	0%	0.0	81.8	34171.58
Mar:	129.6	0%	0.0	110.6	46207.62
Apr:	154.0	4%	0.0	133.9	55910.04
May:	195.4	5%	0.0	168.6	70418.28
Jun:	235.8	7%	0.0	194.7	81292.25
Jul:	269.5	2%	0.0	220.4	92058.08
Aug:	251.4	7%	0.0	204.7	85468.33
Sep:	204.3	0%	0.0	165.9	69272.33
Oct:	132.8	0%	0.0	107.3	44820.55
Nov:	74.4	0%	0.0	59.0	24637.22
Dec:	47.5	0%	0.0	39.8	16635.03
TOTALS	1875.3		0.0	1546.4	645785.34



## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 35 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 150.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	58.8	24554.29
Feb:	104.7	0%	0.0	81.0	33807.38
Mar:	129.6	0%	0.0	110.3	46051.96
Apr:	154.0	2%	0.0	133.9	55903.80
May:	195.4	7%	0.0	169.3	70705.53
Jun:	235.8	10%	0.0	195.9	81828.91
Jul:	269.5	5%	0.0	221.7	92598.20
Aug:	251.4	5%	0.0	204.9	85562.64
Sep:	204.3	1%	0.0	165.4	69082.00
Oct:	132.8	0%	0.0	106.5	44479.78
Nov:	74.4	0%	0.0	58.6	24467.76
Dec:	47.5	0%	0.0	39.5	16484.00
TOTALS	1875.3		0.0	1545.8	645526.20

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 41 (417.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 73.3°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	57.4	23985.31
Feb:	104.7	1%	0.0	79.3	33109.44
Mar:	129.6	4%	0.0	109.3	45665.69
Apr:	154.0	2%	0.0	133.4	55704.61
May:	195.4	7%	0.0	169.5	70805.04
Jun:	235.8	7%	0.0	196.8	82182.64
Jul:	269.5	7%	0.0	222.3	92842.27
Aug:	251.4	5%	0.0	204.0	85204.11
Sep:	204.3	5%	0.0	163.6	68334.09
Oct:	132.8	0%	0.0	104.8	43756.18
Nov:	74.4	0%	0.0	57.7	24075.83
Dec:	47.5	0%	0.0	38.9	16226.74
TOTALS	1875.3		0.0	1537.1	641891.91

## ÇATI 3

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 23 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	10%	0.0	58.0	25421.69
Feb:	104.7	11%	0.0	78.2	34286.79
Mar:	129.6	16%	0.0	105.7	46370.44
Apr:	154.0	14%	0.0	127.4	55902.42
May:	195.4	16%	0.0	158.2	69399.20
Jun:	235.8	20%	0.0	180.8	79317.78
Jul:	269.5	15%	0.0	203.7	89355.43
Aug:	251.4	15%	0.0	190.2	83428.48
Sep:	204.3	11%	0.0	154.1	67572.69
Oct:	132.8	14%	0.0	101.8	44642.06
Nov:	74.4	13%	0.0	55.8	24465.94
Dec:	47.5	11%	0.0	38.7	16989.13
TOTALS	1875.3		0.0	1452.6	637152.0

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 17 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	60.1	26375.52
Feb:	104.7	11%	0.0	81.4	35692.29
Mar:	129.6	9%	0.0	108.0	47353.21
Apr:	154.0	14%	0.0	129.4	56772.74
May:	195.4	16%	0.0	160.3	70324.71
Jun:	235.8	20%	0.0	183.0	80279.75
Jul:	269.5	15%	0.0	207.2	90891.65
Aug:	251.4	15%	0.0	195.1	85563.36
Sep:	204.3	11%	0.0	160.0	70163.79
Oct:	132.8	9%	0.0	105.7	46342.18
Nov:	74.4	2%	0.0	58.0	25450.49
Dec:	47.5	0%	0.0	39.7	17435.05
TOTALS	1875.3		0.0	1487.9	652644.7

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 11 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -165.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	61.6	27001.85
Feb:	104.7	1%	0.0	83.7	36709.42
Mar:	129.6	8%	0.0	109.7	48135.43
Apr:	154.0	11%	0.0	131.0	57453.73
May:	195.4	9%	0.0	162.4	71241.83
Jun:	235.8	13%	0.0	185.5	81366.82
Jul:	269.5	8%	0.0	210.5	92349.41
Aug:	251.4	12%	0.0	199.0	87269.56
Sep:	204.3	11%	0.0	164.5	72157.38
Oct:	132.8	6%	0.0	108.5	47579.09
Nov:	74.4	0%	0.0	59.7	26206.37
Dec:	47.5	0%	0.0	40.4	17731.17
TOTALS	1875.3		0.0	1516.5	665202.07

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 5 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: -180.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	62.1	27258.86
Feb:	104.7	0%	0.0	84.9	37240.42
Mar:	129.6	0%	0.0	110.8	48604.02
Apr:	154.0	6%	0.0	132.2	57987.35
May:	195.4	9%	0.0	164.4	72092.92
Jun:	235.8	13%	0.0	188.0	82450.37
Jul:	269.5	8%	0.0	213.8	93794.35
Aug:	251.4	7%	0.0	202.2	88682.56
Sep:	204.3	3%	0.0	167.6	73524.42
Oct:	132.8	0%	0.0	110.1	48275.17
Nov:	74.4	0%	0.0	60.8	26648.57
Dec:	47.5	0%	0.0	40.7	17857.93
TOTALS	1875.3		0.0	1537.5	674416.9

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

**Object: 41 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 165.0°, Alt: 65.8°)**

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	61.8	27127.65
Feb:	104.7	0%	0.0	84.9	37231.96
Mar:	129.6	0%	0.0	111.1	48732.11
Apr:	154.0	5%	0.0	132.8	58266.56
May:	195.4	9%	0.0	165.8	72740.81
Jun:	235.8	13%	0.0	190.1	83392.96
Jul:	269.5	13%	0.0	216.4	94919.21
Aug:	251.4	10%	0.0	204.0	89490.84
Sep:	204.3	0%	0.0	168.9	74095.14
Oct:	132.8	0%	0.0	110.3	48373.10
Nov:	74.4	0%	0.0	61.0	26745.60
Dec:	47.5	0%	0.0	40.6	17806.04
TOTALS	1875.3		0.0	1547.8	678921.93

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

**Object: 35 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 150.0°, Alt: 65.8°)**

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	60.7	26618.22
Feb:	104.7	1%	0.0	83.6	36685.88
Mar:	129.6	0%	0.0	110.6	48498.78
Apr:	154.0	2%	0.0	132.8	58257.26
May:	195.4	7%	0.0	166.8	73171.55
Jun:	235.8	12%	0.0	192.0	84206.89
Jul:	269.5	8%	0.0	218.3	95735.55
Aug:	251.4	5%	0.0	204.3	89631.94
Sep:	204.3	5%	0.0	168.3	73809.87
Oct:	132.8	0%	0.0	109.1	47862.17
Nov:	74.4	0%	0.0	60.4	26491.54
Dec:	47.5	0%	0.0	40.1	17579.59
TOTALS	1875.3		0.0	1547.0	678549.25

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

**Object: 29 (438.6 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 65.8°)**

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	58.7	25764.47
Feb:	104.7	1%	0.0	81.2	35638.64
Mar:	129.6	8%	0.0	109.3	47923.73
Apr:	154.0	9%	0.0	132.2	57969.34
May:	195.4	9%	0.0	167.2	73323.86
Jun:	235.8	7%	0.0	193.2	84737.74
Jul:	269.5	7%	0.0	219.1	96102.12
Aug:	251.4	8%	0.0	203.1	89107.88
Sep:	204.3	8%	0.0	165.7	72690.91
Oct:	132.8	2%	0.0	106.6	46776.41
Nov:	74.4	4%	0.0	59.1	25903.45
Dec:	47.5	0%	0.0	39.2	17193.57
TOTALS	1875.3		0.0	1534.6	673132.11

**ÇATI 4**

(TERAS BÖLÜM HESPİNDE TEKRARLANIR)

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 5 (200.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 90.0°, Alt: 90.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	5%	0.0	52.2	10434.79
Feb:	104.7	1%	0.0	71.4	14274.20
Mar:	129.6	2%	0.0	105.1	21017.57
Apr:	154.0	2%	0.0	130.7	26143.20
May:	195.4	1%	0.0	167.6	33519.68
Jun:	235.8	4%	0.0	195.6	39126.89
Jul:	269.5	0%	0.0	218.5	43705.89
Aug:	251.4	3%	0.0	195.7	39144.38
Sep:	204.3	2%	0.0	150.9	30181.93
Oct:	132.8	3%	0.0	95.9	19189.98
Nov:	74.4	1%	0.0	52.2	10436.88
Dec:	47.5	3%	0.0	36.6	7330.00
TOTALS	1875.3		0.0	1472.5	294505.42

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 78 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	10%	0.0	58.0	12709.77
Feb:	104.7	11%	0.0	78.2	17141.97
Mar:	129.6	16%	0.0	105.7	23183.77
Apr:	154.0	14%	0.0	127.4	27949.67
May:	195.4	16%	0.0	158.2	34697.88
Jun:	235.8	20%	0.0	180.8	39657.09
Jul:	269.5	15%	0.0	203.7	44675.56
Aug:	251.4	15%	0.0	190.2	41711.84
Sep:	204.3	11%	0.0	154.1	33783.98
Oct:	132.8	14%	0.0	101.8	22319.32
Nov:	74.4	13%	0.0	55.8	12232.00
Dec:	47.5	11%	0.0	38.7	8493.95
TOTALS	1875.3		0.0	1452.6	318556.80

OTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 66 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	60.1	13186.60
Feb:	104.7	11%	0.0	81.4	17844.60
Mar:	129.6	9%	0.0	108.0	23675.20
Apr:	154.0	14%	0.0	129.4	28384.97
May:	195.4	16%	0.0	160.3	35160.89
Jun:	235.8	20%	0.0	183.0	40138.41
Jul:	269.5	15%	0.0	207.2	45444.06
Aug:	251.4	15%	0.0	195.1	42779.46
Sep:	204.3	11%	0.0	160.0	35079.44
Oct:	132.8	9%	0.0	105.6	23169.27
Nov:	74.4	2%	0.0	58.0	12724.18
Dec:	47.5	0%	0.0	39.7	8716.88
TOTALS	1875.3		0.0	1487.9	326303.96

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 54 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: -165.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	61.6	13499.90
Feb:	104.7	1%	0.0	83.7	18353.48
Mar:	129.6	8%	0.0	109.7	24066.67
Apr:	154.0	11%	0.0	131.0	28725.92
May:	195.4	9%	0.0	162.4	35620.26
Jun:	235.8	13%	0.0	185.5	40683.06
Jul:	269.5	8%	0.0	210.5	46174.28
Aug:	251.4	12%	0.0	199.0	43633.59
Sep:	204.3	11%	0.0	164.5	36077.11
Oct:	132.8	6%	0.0	108.5	23788.17
Nov:	74.4	0%	0.0	59.7	13102.38
Dec:	47.5	0%	0.0	40.4	8865.03
TOTALS	1875.3		0.0	1516.6	332589.83

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 84 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: -180.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	62.1	13628.19
Feb:	104.7	0%	0.0	84.9	18618.54
Mar:	129.6	0%	0.0	110.8	24300.64
Apr:	154.0	6%	0.0	132.2	28992.43
May:	195.4	9%	0.0	164.4	36045.26
Jun:	235.8	13%	0.0	188.0	41224.20
Jul:	269.5	8%	0.0	213.8	46895.85
Aug:	251.4	7%	0.0	202.2	44339.28
Sep:	204.3	3%	0.0	167.6	36759.70
Oct:	132.8	0%	0.0	110.1	24135.68
Nov:	74.4	0%	0.0	60.8	13323.15
Dec:	47.5	0%	0.0	40.7	8928.30
TOTALS	1875.3		0.0	1537.5	337191.18

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 18 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: 165.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	61.8	13562.79
Feb:	104.7	0%	0.0	84.9	18614.51
Mar:	129.6	0%	0.0	111.1	24364.75
Apr:	154.0	5%	0.0	132.8	29132.00
May:	195.4	9%	0.0	165.8	36368.95
Jun:	235.8	13%	0.0	190.1	41695.01
Jul:	269.5	13%	0.0	216.4	47457.75
Aug:	251.4	10%	0.0	204.0	44743.17
Sep:	204.3	0%	0.0	168.9	37044.99
Oct:	132.8	0%	0.0	110.3	24184.77
Nov:	74.4	0%	0.0	61.0	13371.72
Dec:	47.5	0%	0.0	40.6	8902.46
TOTALS	1875.3		0.0	1547.8	339442.86

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 30 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: 150.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	60.7	13307.93
Feb:	104.7	1%	0.0	83.6	18341.34
Mar:	129.6	0%	0.0	110.6	24247.93
Apr:	154.0	2%	0.0	132.8	29127.17
May:	195.4	7%	0.0	166.8	36584.24
Jun:	235.8	12%	0.0	192.0	42101.97
Jul:	269.5	8%	0.0	218.3	47865.88
Aug:	251.4	5%	0.0	204.3	44813.64
Sep:	204.3	5%	0.0	168.3	36902.34
Oct:	132.8	0%	0.0	109.1	23929.18
Nov:	74.4	0%	0.0	60.4	13244.67
Dec:	47.5	0%	0.0	40.1	8789.15
TOTALS	1875.3		0.0	1547.0	339255.40

## OTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 42 (219.3 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 65.8°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	58.7	12881.14
Feb:	104.7	1%	0.0	81.2	17817.84
Mar:	129.6	8%	0.0	109.3	23960.32
Apr:	154.0	9%	0.0	132.2	28983.03
May:	195.4	9%	0.0	167.2	36660.07
Jun:	235.8	7%	0.0	193.2	42366.86
Jul:	269.5	7%	0.0	219.1	48048.66
Aug:	251.4	8%	0.0	203.1	44551.31
Sep:	204.3	8%	0.0	165.7	36342.84
Oct:	132.8	2%	0.0	106.6	23386.39
Nov:	74.4	4%	0.0	59.1	12950.68
Dec:	47.5	0%	0.0	39.2	8596.15
TOTALS	1875.3		0.0	1534.6	336545.33

## ÇATI 5 TERAS

## TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE

ANKARA, TUR

Object: 41 (400.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -15.0°, Alt: 90.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	5%	0.0	52.2	20869.68
Feb:	104.7	1%	0.0	71.4	28548.53
Mar:	129.6	2%	0.0	105.1	42035.33
Apr:	154.0	2%	0.0	130.7	52286.62
May:	195.4	1%	0.0	167.6	67039.65
Jun:	235.8	4%	0.0	195.6	78254.12
Jul:	269.5	0%	0.0	218.5	87412.15
Aug:	251.4	3%	0.0	195.7	78289.09
Sep:	204.3	2%	0.0	150.9	60364.11
Oct:	132.8	3%	0.0	95.9	38380.13
Nov:	74.4	1%	0.0	52.2	20873.85
Dec:	47.5	3%	0.0	36.6	14660.05
TOTALS	1875.3		0.0	1472.5	589013.36

**DUVAR 1**

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 21 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	22%	0.0	39.9	14356.04
Feb:	104.7	30%	0.0	49.8	17936.44
Mar:	129.6	33%	0.0	57.3	20616.52
Apr:	154.0	42%	0.0	64.0	23048.00
May:	195.4	44%	0.0	71.9	25884.24
Jun:	235.8	47%	0.0	74.0	26634.43
Jul:	269.5	44%	0.0	80.6	29031.63
Aug:	251.4	44%	0.0	83.1	29909.82
Sep:	204.3	36%	0.0	77.4	27860.12
Oct:	132.8	31%	0.0	59.9	21574.86
Nov:	74.4	23%	0.0	35.3	12722.93
Dec:	47.5	22%	0.0	24.8	8943.85
TOTALS	1875.3		0.0	718.1	258518.87

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 15 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	44.8	16137.82
Feb:	104.7	16%	0.0	56.0	20158.34
Mar:	129.6	25%	0.0	59.8	21535.03
Apr:	154.0	36%	0.0	64.8	23335.70
May:	195.4	37%	0.0	71.1	25595.18
Jun:	235.8	46%	0.0	70.6	25425.18
Jul:	269.5	41%	0.0	77.7	27954.19
Aug:	251.4	36%	0.0	83.9	30203.75
Sep:	204.3	28%	0.0	83.8	30171.18
Oct:	132.8	21%	0.0	66.4	23918.09
Nov:	74.4	13%	0.0	40.1	14432.05
Dec:	47.5	2%	0.0	27.2	9797.61
TOTALS	1875.3		0.0	746.3	268664.10

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 15 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -150.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	8%	0.0	44.8	16137.82
Feb:	104.7	16%	0.0	56.0	20158.34
Mar:	129.6	25%	0.0	59.8	21535.03
Apr:	154.0	36%	0.0	64.8	23335.70
May:	195.4	37%	0.0	71.1	25595.18
Jun:	235.8	46%	0.0	70.6	25425.18
Jul:	269.5	41%	0.0	77.7	27954.19
Aug:	251.4	36%	0.0	83.9	30203.75
Sep:	204.3	28%	0.0	83.8	30171.18
Oct:	132.8	21%	0.0	66.4	23918.09
Nov:	74.4	13%	0.0	40.1	14432.05
Dec:	47.5	2%	0.0	27.2	9797.61
TOTALS	1875.3		0.0	746.3	268664.10

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 3 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -180.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	49.7	17904.76
Feb:	104.7	0%	0.0	64.3	23144.49
Mar:	129.6	2%	0.0	64.7	23282.02
Apr:	154.0	20%	0.0	67.0	24114.00
May:	195.4	39%	0.0	70.6	25421.69
Jun:	235.8	47%	0.0	66.2	23821.36
Jul:	269.5	39%	0.0	74.7	26879.07
Aug:	251.4	30%	0.0	87.0	31307.58
Sep:	204.3	7%	0.0	96.9	34873.24
Oct:	132.8	0%	0.0	76.3	27481.97
Nov:	74.4	0%	0.0	46.7	16796.16
Dec:	47.5	0%	0.0	29.6	10643.57
TOTALS	1875.3		0.0	793.5	285669.91

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 40 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 165.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	49.0	17642.86
Feb:	104.7	0%	0.0	64.2	23128.16
Mar:	129.6	8%	0.0	65.4	23545.18
Apr:	154.0	20%	0.0	68.7	24723.41
May:	195.4	36%	0.0	74.1	26678.50
Jun:	235.8	47%	0.0	71.3	25669.90
Jul:	269.5	41%	0.0	81.1	29195.20
Aug:	251.4	25%	0.0	92.2	33209.06
Sep:	204.3	12%	0.0	100.1	36031.65
Oct:	132.8	0%	0.0	76.9	27678.38
Nov:	74.4	0%	0.0	47.2	16990.54
Dec:	47.5	0%	0.0	29.3	10540.06
TOTALS	1875.3		0.0	819.5	295032.91

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 34 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 150.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	0%	0.0	46.2	16623.35
Feb:	104.7	6%	0.0	61.2	22048.43
Mar:	129.6	18%	0.0	64.7	23290.82
Apr:	154.0	25%	0.0	70.2	25273.64
May:	195.4	35%	0.0	79.3	28532.25
Jun:	235.8	39%	0.0	80.5	28993.70
Jul:	269.5	36%	0.0	91.5	32937.71
Aug:	251.4	27%	0.0	98.1	35326.60
Sep:	204.3	24%	0.0	100.1	36034.66
Oct:	132.8	9%	0.0	74.2	26707.10
Nov:	74.4	4%	0.0	45.8	16482.20
Dec:	47.5	0%	0.0	28.0	10086.78
TOTALS	1875.3		0.0	839.8	302337.25



TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 27 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	9%	0.0	41.4	14917.31
Feb:	104.7	21%	0.0	56.1	20196.34
Mar:	129.6	27%	0.0	63.3	22786.02
Apr:	154.0	32%	0.0	71.1	25602.30
May:	195.4	37%	0.0	83.7	30126.97
Jun:	235.8	40%	0.0	89.0	32045.29
Jul:	269.5	36%	0.0	100.7	36248.56
Aug:	251.4	34%	0.0	102.5	36906.61
Sep:	204.3	32%	0.0	97.7	35186.00
Oct:	132.8	20%	0.0	69.3	24960.26
Nov:	74.4	14%	0.0	42.6	15349.07
Dec:	47.5	6%	0.0	25.9	9315.32
TOTALS	1875.3		0.0	843.4	303640.04

## DUVAR 2

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 20 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 135.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	9%	0.0	41.4	14917.31
Feb:	104.7	21%	0.0	56.1	20196.34
Mar:	129.6	27%	0.0	63.3	22786.02
Apr:	154.0	32%	0.0	71.1	25602.30
May:	195.4	37%	0.0	83.7	30126.97
Jun:	235.8	40%	0.0	89.0	32045.30
Jul:	269.5	36%	0.0	100.7	36248.56
Aug:	251.4	34%	0.0	102.5	36906.61
Sep:	204.3	32%	0.0	97.7	35186.00
Oct:	132.8	20%	0.0	69.3	24960.26
Nov:	74.4	14%	0.0	42.6	15349.07
Dec:	47.5	6%	0.0	25.9	9315.32
TOTALS	1875.3		0.0	843.4	303640.04

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 14 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 120.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	29%	0.0	35.9	12926.72
Feb:	104.7	31%	0.0	50.1	18035.16
Mar:	129.6	33%	0.0	61.3	22050.29
Apr:	154.0	38%	0.0	71.0	25558.14
May:	195.4	42%	0.0	86.7	31196.53
Jun:	235.8	40%	0.0	95.6	34414.68
Jul:	269.5	42%	0.0	107.2	38583.26
Aug:	251.4	42%	0.0	103.8	37359.73
Sep:	204.3	36%	0.0	92.9	33435.25
Oct:	132.8	27%	0.0	63.4	22812.26
Nov:	74.4	25%	0.0	38.5	13855.15
Dec:	47.5	22%	0.0	23.1	8331.77
TOTALS	1875.3		0.0	829.3	298558.95

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 8 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 105.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	39%	0.0	30.6	11031.48
Feb:	104.7	40%	0.0	43.7	15742.46
Mar:	129.6	42%	0.0	58.4	21010.63
Apr:	154.0	40%	0.0	69.9	25152.51
May:	195.4	42%	0.0	87.5	31493.52
Jun:	235.8	40%	0.0	98.9	35598.42
Jul:	269.5	42%	0.0	109.7	39508.09
Aug:	251.4	42%	0.0	102.0	36732.49
Sep:	204.3	40%	0.0	86.3	31080.37
Oct:	132.8	36%	0.0	56.8	20455.33
Nov:	74.4	35%	0.0	34.0	12229.73
Dec:	47.5	33%	0.0	20.5	7377.11
TOTALS	1875.3		0.0	798.4	287412.16

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 2 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 90.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	47%	0.0	26.0	9371.36
Feb:	104.7	40%	0.0	37.3	13432.51
Mar:	129.6	50%	0.0	54.5	19618.83
Apr:	154.0	48%	0.0	67.4	24250.87
May:	195.4	49%	0.0	86.4	31098.18
Jun:	235.8	47%	0.0	99.2	35711.89
Jul:	269.5	49%	0.0	108.2	38961.25
Aug:	251.4	49%	0.0	96.4	34708.33
Sep:	204.3	48%	0.0	77.3	27830.46
Oct:	132.8	45%	0.0	49.8	17930.52
Nov:	74.4	45%	0.0	29.4	10595.54
Dec:	47.5	44%	0.0	18.3	6589.99
TOTALS	1875.3		0.0	750.3	270099.73

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 39 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 75.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	54%	0.0	22.4	8072.89
Feb:	104.7	50%	0.0	31.5	11346.56
Mar:	129.6	50%	0.0	50.3	18106.77
Apr:	154.0	48%	0.0	63.9	22991.48
May:	195.4	49%	0.0	83.2	29959.94
Jun:	235.8	47%	0.0	96.3	34683.31
Jul:	269.5	49%	0.0	103.3	37202.18
Aug:	251.4	49%	0.0	88.1	31725.60
Sep:	204.3	50%	0.0	66.5	23950.86
Oct:	132.8	55%	0.0	42.7	15364.80
Nov:	74.4	56%	0.0	25.2	9088.42
Dec:	47.5	56%	0.0	16.7	6012.70
TOTALS	1875.3		0.0	690.3	248505.51

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 33 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 60.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	65%	0.0	19.9	7146.60
Feb:	104.7	60%	0.0	26.5	9529.86
Mar:	129.6	58%	0.0	45.8	16495.03
Apr:	154.0	55%	0.0	59.5	21431.93
May:	195.4	55%	0.0	78.1	28129.75
Jun:	235.8	47%	0.0	90.1	32450.44
Jul:	269.5	49%	0.0	94.4	33972.27
Aug:	251.4	55%	0.0	76.9	27669.79
Sep:	204.3	56%	0.0	55.7	20066.86
Oct:	132.8	60%	0.0	36.2	13040.07
Nov:	74.4	66%	0.0	21.8	7856.97
Dec:	47.5	67%	0.0	15.7	5637.82
TOTALS	1875.3		0.0	620.6	223427.39

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 26 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 45.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	78%	0.0	18.5	6654.45
Feb:	104.7	70%	0.0	22.7	8184.31
Mar:	129.6	67%	0.0	41.5	14952.50
Apr:	154.0	58%	0.0	54.7	19697.02
May:	195.4	56%	0.0	72.0	25908.75
Jun:	235.8	53%	0.0	81.8	29455.71
Jul:	269.5	56%	0.0	83.2	29953.82
Aug:	251.4	56%	0.0	64.6	23265.94
Sep:	204.3	64%	0.0	45.1	16248.97
Oct:	132.8	69%	0.0	31.3	11250.40
Nov:	74.4	77%	0.0	19.6	7042.64
Dec:	47.5	78%	0.0	15.1	5446.58
TOTALS	1875.3		0.0	550.2	198061.07

### DUVAR 3

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 19 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 45.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	78%	0.0	18.5	6654.45
Feb:	104.7	70%	0.0	22.7	8184.31
Mar:	129.6	67%	0.0	41.5	14952.50
Apr:	154.0	58%	0.0	54.7	19697.02
May:	195.4	56%	0.0	72.0	25908.75
Jun:	235.8	53%	0.0	81.8	29455.71
Jul:	269.5	56%	0.0	83.2	29953.82
Aug:	251.4	56%	0.0	64.6	23265.94
Sep:	204.3	64%	0.0	45.1	16248.97
Oct:	132.8	69%	0.0	31.3	11250.40
Nov:	74.4	77%	0.0	19.6	7042.64
Dec:	47.5	78%	0.0	15.1	5446.58
TOTALS	1875.3		0.0	550.2	198061.07

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 13 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 30.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	92%	0.0	18.1	6527.71
Feb:	104.7	84%	0.0	20.8	7476.09
Mar:	129.6	75%	0.0	38.2	13736.07
Apr:	154.0	64%	0.0	50.2	18054.89
May:	195.4	63%	0.0	65.0	23403.72
Jun:	235.8	54%	0.0	71.5	25750.77
Jul:	269.5	59%	0.0	70.1	25226.71
Aug:	251.4	64%	0.0	52.5	18901.08
Sep:	204.3	72%	0.0	36.6	13180.27
Oct:	132.8	79%	0.0	28.2	10143.57
Nov:	74.4	87%	0.0	18.6	6713.07
Dec:	47.5	98%	0.0	15.0	5408.64
TOTALS	1875.3		0.0	484.8	174522.59

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 7 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: 15.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	100%	0.0	18.1	6527.35
Feb:	104.7	99%	0.0	20.4	7335.02
Mar:	129.6	84%	0.0	36.3	13053.87
Apr:	154.0	74%	0.0	46.6	16790.79
May:	195.4	64%	0.0	58.4	21024.48
Jun:	235.8	53%	0.0	61.1	22011.86
Jul:	269.5	59%	0.0	57.6	20723.53
Aug:	251.4	71%	0.0	42.4	15260.96
Sep:	204.3	82%	0.0	31.6	11392.87
Oct:	132.8	94%	0.0	27.3	9810.79
Nov:	74.4	100%	0.0	18.6	6680.53
Dec:	47.5	100%	0.0	15.0	5408.65
TOTALS	1875.3		0.0	433.4	156020.71

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 1 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -0.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	100%	0.0	18.1	6527.34
Feb:	104.7	100%	0.0	20.4	7335.00
Mar:	129.6	98%	0.0	35.9	12916.26
Apr:	154.0	80%	0.0	44.9	16159.49
May:	195.4	61%	0.0	53.9	19386.35
Jun:	235.8	53%	0.0	53.5	19259.62
Jul:	269.5	61%	0.0	49.0	17644.76
Aug:	251.4	70%	0.0	36.8	13261.96
Sep:	204.3	93%	0.0	30.2	10883.09
Oct:	132.8	100%	0.0	27.2	9793.80
Nov:	74.4	100%	0.0	18.6	6680.52
Dec:	47.5	100%	0.0	15.0	5408.64
TOTALS	1875.3		0.0	403.5	145256.82

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 38 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -15.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	100%	0.0	18.1	6527.32
Feb:	104.7	100%	0.0	20.4	7334.97
Mar:	129.6	92%	0.0	35.9	12922.77
Apr:	154.0	80%	0.0	45.0	16207.47
May:	195.4	64%	0.0	53.5	19277.52
Jun:	235.8	53%	0.0	52.9	19049.97
Jul:	269.5	59%	0.0	48.7	17547.70
Aug:	251.4	75%	0.0	37.6	13539.35
Sep:	204.3	88%	0.0	30.3	10899.57
Oct:	132.8	100%	0.0	27.2	9793.76
Nov:	74.4	100%	0.0	18.6	6680.49
Dec:	47.5	100%	0.0	15.0	5408.62
TOTALS	1875.3		0.0	403.3	145189.52

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 32 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -30.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	100%	0.0	18.1	6527.34
Feb:	104.7	94%	0.0	20.4	7348.01
Mar:	129.6	82%	0.0	36.5	13135.90
Apr:	154.0	75%	0.0	46.6	16776.91
May:	195.4	65%	0.0	56.3	20270.28
Jun:	235.8	61%	0.0	57.7	20767.00
Jul:	269.5	64%	0.0	54.6	19671.06
Aug:	251.4	73%	0.0	42.7	15373.57
Sep:	204.3	76%	0.0	31.9	11473.72
Oct:	132.8	91%	0.0	27.3	9845.06
Nov:	74.4	96%	0.0	18.6	6680.52
Dec:	47.5	100%	0.0	15.0	5408.64
TOTALS	1875.3		0.0	425.8	153278.02

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 25 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -45.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	91%	0.0	18.1	6528.60
Feb:	104.7	79%	0.0	21.1	7590.20
Mar:	129.6	73%	0.0	38.3	13790.31
Apr:	154.0	68%	0.0	49.2	17703.50
May:	195.4	63%	0.0	59.9	21566.77
Jun:	235.8	60%	0.0	63.3	22772.23
Jul:	269.5	64%	0.0	61.9	22266.59
Aug:	251.4	66%	0.0	50.1	18029.63
Sep:	204.3	68%	0.0	35.7	12869.53
Oct:	132.8	80%	0.0	28.5	10269.57
Nov:	74.4	86%	0.0	18.7	6723.49
Dec:	47.5	94%	0.0	15.0	5409.14
TOTALS	1875.3		0.0	459.8	165519.57

**DUVAR 4**

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 22 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -45.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	91%	0.0	18.1	6528.60
Feb:	104.7	79%	0.0	21.1	7590.20
Mar:	129.6	73%	0.0	38.3	13790.31
Apr:	154.0	68%	0.0	49.2	17703.50
May:	195.4	63%	0.0	59.9	21566.77
Jun:	235.8	60%	0.0	63.3	22772.23
Jul:	269.5	64%	0.0	61.9	22266.59
Aug:	251.4	66%	0.0	50.1	18029.63
Sep:	204.3	68%	0.0	35.7	12869.53
Oct:	132.8	80%	0.0	28.5	10269.57
Nov:	74.4	86%	0.0	18.7	6723.49
Dec:	47.5	94%	0.0	15.0	5409.14
TOTALS	1875.3		0.0	459.8	165519.57

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 16 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -60.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	71%	0.0	18.9	6817.09
Feb:	104.7	69%	0.0	23.3	8382.50
Mar:	129.6	67%	0.0	41.2	14827.03
Apr:	154.0	62%	0.0	52.2	18795.80
May:	195.4	58%	0.0	63.7	22921.73
Jun:	235.8	60%	0.0	68.7	24727.50
Jul:	269.5	58%	0.0	69.0	24839.09
Aug:	251.4	58%	0.0	57.9	20845.52
Sep:	204.3	64%	0.0	41.3	14884.27
Oct:	132.8	73%	0.0	31.4	11294.21
Nov:	74.4	75%	0.0	19.4	6993.61
Dec:	47.5	78%	0.0	15.2	5463.82
TOTALS	1875.3		0.0	502.2	180792.20

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 10 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -75.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	61%	0.0	21.2	7616.86
Feb:	104.7	60%	0.0	26.9	9700.50
Mar:	129.6	58%	0.0	44.6	16051.62
Apr:	154.0	60%	0.0	55.5	19987.03
May:	195.4	58%	0.0	66.9	24067.63
Jun:	235.8	60%	0.0	72.7	26156.87
Jul:	269.5	58%	0.0	74.8	26937.83
Aug:	251.4	58%	0.0	65.8	23705.60
Sep:	204.3	60%	0.0	48.8	17558.14
Oct:	132.8	64%	0.0	35.8	12894.16
Nov:	74.4	65%	0.0	21.1	7599.41
Dec:	47.5	67%	0.0	16.0	5742.63
TOTALS	1875.3		0.0	550.0	198018.25

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 4 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -90.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	53%	0.0	24.7	8885.46
Feb:	104.7	60%	0.0	31.7	11414.38
Mar:	129.6	50%	0.0	48.0	17262.93
Apr:	154.0	52%	0.0	58.4	21035.01
May:	195.4	51%	0.0	69.5	25027.79
Jun:	235.8	53%	0.0	75.4	27159.79
Jul:	269.5	51%	0.0	79.0	28422.33
Aug:	251.4	51%	0.0	72.4	26058.16
Sep:	204.3	52%	0.0	56.3	20260.57
Oct:	132.8	55%	0.0	41.2	14843.07
Nov:	74.4	55%	0.0	23.6	8512.89
Dec:	47.5	56%	0.0	17.5	6300.83
TOTALS	1875.3		0.0	597.7	215183.21

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 37 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -105.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	46%	0.0	29.3	10548.81
Feb:	104.7	50%	0.0	37.5	13489.81
Mar:	129.6	50%	0.0	51.4	18514.52
Apr:	154.0	52%	0.0	61.0	21944.38
May:	195.4	51%	0.0	71.3	25658.78
Jun:	235.8	53%	0.0	76.7	27603.55
Jul:	269.5	51%	0.0	81.7	29412.88
Aug:	251.4	51%	0.0	77.9	28041.65
Sep:	204.3	50%	0.0	63.5	22849.25
Oct:	132.8	45%	0.0	47.1	16961.49
Nov:	74.4	44%	0.0	26.9	9695.36
Dec:	47.5	44%	0.0	19.7	7088.55
TOTALS	1875.3		0.0	643.9	231809.03

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
ANKARA, TUR  
Object: 31 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -120.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	35%	0.0	34.5	12414.64
Feb:	104.7	40%	0.0	43.6	15687.05
Mar:	129.6	42%	0.0	54.5	19637.76
Apr:	154.0	45%	0.0	62.8	22624.28
May:	195.4	45%	0.0	71.9	25890.41
Jun:	235.8	53%	0.0	75.9	27325.09
Jul:	269.5	51%	0.0	81.8	29462.62
Aug:	251.4	45%	0.0	81.1	29201.57
Sep:	204.3	44%	0.0	70.9	25506.55
Oct:	132.8	40%	0.0	53.4	19210.56
Nov:	74.4	34%	0.0	30.9	11111.28
Dec:	47.5	33%	0.0	22.2	8004.92
TOTALS	1875.3		0.0	683.5	246076.75

TOTAL MONTHLY SOLAR EXPOSURE  
 ANKARA, TUR  
 Object: 28 (360.0 m<sup>2</sup>) (Azi: -135.0°, Alt: 0.0°)

MONTH	GLOBAL kWh/m <sup>2</sup>	AVG SHADE	REFLECT kWh/m <sup>2</sup>	COLLECTED kWh/m <sup>2</sup>	TOTAL(kWh)
Jan:	75.9	22%	0.0	39.9	14356.04
Feb:	104.7	30%	0.0	49.8	17936.44
Mar:	129.6	33%	0.0	57.3	20616.52
Apr:	154.0	42%	0.0	64.0	23048.00
May:	195.4	44%	0.0	71.9	25884.24
Jun:	235.8	47%	0.0	74.0	26634.43
Jul:	269.5	44%	0.0	80.6	29031.63
Aug:	251.4	44%	0.0	83.1	29909.82
Sep:	204.3	36%	0.0	77.4	27860.12
Oct:	132.8	31%	0.0	59.9	21574.86
Nov:	74.4	23%	0.0	35.3	12722.93
Dec:	47.5	22%	0.0	24.8	8943.85
TOTALS	1875.3		0.0	718.1	258518.87



## Ek 5 İlgili Tanımlar

### Yenilenmeyen enerji kaynaklar

Yeryüzündeki varlığı sınırlı olan ve zaman içinde tükeneceği öngörülen kömür, petrol, doğal gaz, gibi enerji kaynaklarıdır. Bu kaynakların, gelecek nesillerin enerji gereksinimini karşılayamayacakları öngörülmektedir ayrıca üretiminden kullanımına kadar olan süreçte ortaya çıkan birçok zararlı atığın doğa üzerindeki olumsuz etkileri bulunmaktadır.

### Yenilenebilir enerji kaynakları

Doğada kendiliğinden ve sürekli kendini yenileyerek bulunan, üretimi ve tüketimi sürecinde doğaya önemsenmeyecek kadar az atık bırakan temiz enerji kaynaklarıdır.. Güneş enerjisi, rüzgar, su, bio enerji, jeotermal enerji, gelgit enerjisi bu grup içinde sayılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, sınırsız olması ve temiz enerji üretmesinden dolayı, kirliliğin önlenmesi için gelecekte bu kaynakların yaygın olarak değerlendirileceği öngörülmektedir. Bu tür enerji kaynaklarını değerlendiren sistemlerin değerlendirilen sistemlerin sayısı hızla artmaktadır.

### Seçici Yüzey:

Kuramsal siyah yüzey, güneş ışınımı için gerçek bir yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Kuramsal siyah cisim aynı zamanda ısı ışınım için gerçek bir yayıcıdır. Kuramsal siyah yüzey ise, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutan, ancak uzun dalga – boylu ışınım yayımlayıcılığı olmayan yüzeylerdir. Ancak, gerçek maddeler (yüzeyler) her zaman, ışınımın bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtır.

Kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakını yutan ve uzun dalga boylu ışınım yayımlayıcılığı az olan yüzeylere seçici (selective)yüzey denir. Seçici yüzeylerin, güneş ışınımını yutma oranının ( $\alpha$ ), uzun dalga boylu ısı ışınım yayma oranına ( $\epsilon$ ) bölümüyle  $\alpha/\epsilon$  elde edilen değer seçici yüzeyin niteliği hakkında bir bilgi verir. Genellikle seçici yüzeylerde  $\alpha/\epsilon$  oranı 4 den daha büyüktür. Uygulamada, yayımlama oranı küçüldükçe yutma oranı da küçüldüğünden,  $\alpha/\epsilon$  oranının çok büyük olması her zaman seçici yüzeyin daha iyi olduğunu göstermez.

Seçici yüzey elde edilmesinde, önce kaplanacak yüzey temizlenir, sonra asit banyosuna sokulur. Uzun dalga boylu ışınımaları yansıtma oranı büyük (uzun dalga boylu ışınımaları yayımlama oranı düşük) metallere, güneş ışınımını yutma oranı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürtme ya da elektro kaplama ile gerçekleştirilir.

### Camlı sıvı akışkanlı düzlemlerli toplakların enerji dengesi

$$\text{Toplanan enerji} = (Fr.t.a)(I)(Ac)-(Fr UL) (Ac) (Ti-Ta)$$

Bu eşitlikte;

Ti: Akışkanın giriş sıcaklığı

Ta: Dış hava sıcaklığı

I: Toplaç üzerine gelen güneş ışınımı niceliği

Ac: Toplaç alanı

Fr: Toplaç ısı kaldırma faktörü.

Toplacın gerçek ısı kazancıyla, akışkanla yutucu yüzeyin ısısının aynı olduğu üst sınır ısı enerjisi kazancına oranı

UL: Toplacın dış ortama olan toplam ısı kayıp katsayısı.

t : Camın iletim katsayısı

a : Yutucu yüzeyin yutma katsayısı.

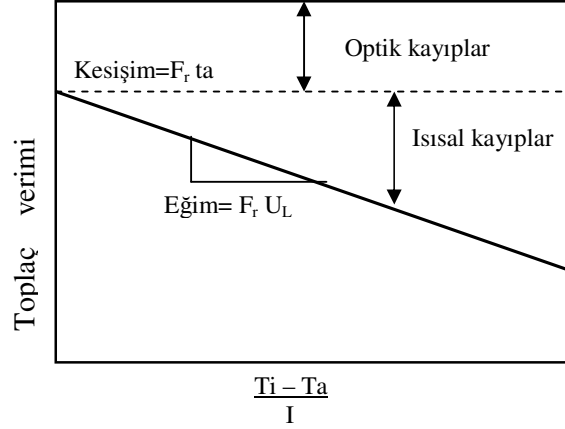
Fr.a.t: Toplacın optik verimi

Fr.UL: Toplacın ısısal direncidir.

Yukarıda verilen eşitliğin her iki yanının topluca gelen güneş ışınımı miktarına ( $I \cdot A_c$ ) bölünmesiyle, birimsiz bir verim eşitliği elde edilir.

$$\text{Toplaç verimi} = \frac{F_r \cdot t_a - F_r \cdot U_L (T_i - T_a)}{I}$$

Şekilde 3.7’de düzlemsel sıvı akışkanlı bir toplacın verim eğrisi ve bu eğriden elde edilebilecek değerler yer almaktadır. (UFC, 2002)



Bu eğride optik kayıplar toplaç veriminden sabit bir düşme olarak alınır. Toplacın ısı kayıpları değeri ise güneş ışınımı ve sıcaklık farklılıklarına  $T_i - T_a / I$  bağlı olarak eğri ile optik kayıplar arasındaki alandan anlaşılmaktadır. Bu grafikteki eğrinin eğimi  $F_r U_L$  (Btu/f<sup>2</sup> h<sup>2</sup> F°) değerini verirken, eğrinin grafiğin y eksenini kestiği nokta  $F_r \cdot t_a$  değerini verir. Bu değer birimsizdir ve 0 ile 1 arasında değişir.

### Kopma Enerjisi

Işığın nitel yani tayfsal yapısı da Pv hücre verimi üzerinde doğrudan etkilidir. Işık enerjisi, farklı dalga boylarında farklı enerji taşıyan fotonlardan oluşur ve yarı iletken malzemeler yapısal özelliklerine bağlı olarak değişik enerjili fotonlara ayrı tepki verirler. Fotonlar Pv hücreye geldiğinde bir kısmı yansır bir kısmı ise yarıiletken malzemenin içinde yutulur. Yutulan fotonların bir kısmı ısı enerjisine dönüşürken ancak uygun enerjili fotonlar elektronları bağlarından koparabilir. Kopma enerjisi (Bandgap energy), olarak adlandırılan bu enerji, bir elektrona boş çıkarmak için gereken en az enerji miktarı olarak tanımlanır ve her yarı iletken malzemenin tepki verdiği foton enerjisi (eV) oranı farklıdır.

### Pv hücre verim belirleyicileri

Pv hücreler, ışığın ve yarı iletken malzemenin yapısına bağlı olarak üzerlerine gelen enerjinin tümüne tepki veremediğinden %100 verimle çalışmazlar. Malzemenin gerektirdiği kopma enerjisi altında kalan fotonlar yutulur ve gelen enerjinin %25’i kaybedilir, üstünde kalanlar da yutulur ve ısı enerjisine dönüşür ve %30’luk bir enerji kaybedilir. Böylece bir Pv hücrede ışığın yapısına ve malzemenin özelliklerine bağlı olarak üzerine gelen ışık enerjisinin yaklaşık %55’ni değerlendiremez.

### Güneşlenme verimi

Yapı yüzeylerinin (çatı ve duvarlar) ve yapının aldığı toplam enerji miktarının, alabilecekleri en yüksek enerji miktarına oranı.

### Yaralı yüzey

Çatı duvar gibi yapı kabuğu öğelerinde, etken sistemlerin verimli olarak çalışabilmesi için gerekli güneş enerjisi erişimini sağlayan uygun yön ve eğimdeki yapı yüzeyleri. Güneşlenme verimleri %80 ve üzeri olan yüzeyler

### Enerji gereksinimi

Etken sistemin kullanım amacına bağlı olarak belirlenen yükün karşılanması için gereksinim duyulan enerji miktarı (kWh)

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	25.09.1969	
Doğum yeri	Niğde	
Lise	1981-1987	İçel Anadolu Lisesi
Lisans	1987-1991	Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1991-1994	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı
Doktora	2000-	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

1993-1994	YFU Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları Sanayi ve Ticaret A.Ş
1994- 1995	<b>Poliform</b> İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti
1987-1998	Yıldırım Sağlıkova Mimarlık
2000-	Devam ediyor      YTÜ Mimarlık Fakültesi Araştırma Görevlisi