

GÜNEŞ ENERJİLİ ETKEN SİSTEMLERİN YAPILARDA TASARIM ÖLÇÜTÜ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Esra SAKINÇ ve Müjgan ŞEREFHAOĞLU SÖZEN

Mimarlık Bölümü, Mimarlık Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349 İstanbul
esakinc@yildiz.edu.tr

(Geliş/Received: 17.12.2006; Kabul/Accepted:27.11.2007)

ÖZET

Bilindiği gibi, sürdürülebilir yapılarda, enerji verimliliği temel konuların başında gelmektedir. Sürdürülebilir yapıların en az enerjiye gereksinim duyacak biçimde tasarlanmasının yanında yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin olarak yararlanılması hedeflenmektedir. Enerji hedeflerinin gerçekleşmesinde; etken (aktif) ve edilgen (pasif) birçok yöntemlerle yapılarda kullanılan **güneş enerjisi** önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde, ekonomi, temiz enerji kullanımı, çevreye olan duyarlılık ve bunun topluma yansıtılması gibi nedenlerle beraber, bilimsel ve teknolojik gelişmeler, etken sistemlerin yapılarda kullanımının hızla artmasına neden olmaktadır. Ancak söz konusu sistemler, özensiz olarak uygulandığında görsel kirlilik yaratan bir durum sergilemektedir. Güneş enerjili etken sistemlerden yeterli verimin alınması ve yapı estetiği açısından istenmeyen sonuçların oluşmaması için, sistemlerin yapılarda iyi nitelikli kullanımı büyük önem taşımaktadır. Daha çok verimleriyle değerlendirilen etken sistemler, yapı görünüşü ve mimarisi üzerinde de etkili olduğundan; sistem uygulamalarında **verim ekonomi** ve **estetik** arasında belli bir dengenin sağlanması gereklidir. Söz konusu dengenin sağlanması ise ancak, sistemlerin tasarım ölçütü olarak ele alınması ve toplaçların mimari öge olarak değerlendirilmesiyle olanaklıdır. Bu çalışmada, güneş enerjili etken sistemlerin, tasarım ölçütü olarak ele alınmasına yönelik,- *IEA Task 23 de geliştirilen bütünlük tasarım ilkeleri bağlamında oluşturulan-* bir yaklaşımın sunulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjili sıcak su sistemleri, pv sistemler, etken sistem tasarımı, bütünlük tasarımı, yapı bütünlük etken sistem uygulamaları.

AN APPROACH TO EVALUATE SOLAR ACTIVE SYSTEMS AS A DESIGN CRITERION

ABSTRACT

Energy efficiency is one of the most important issues of sustainable buildings. To achieve energy performance goals at sustainable buildings; energy efficient design and usage of renewable sources, are key subjects. At this point of view, solar energy, which can be evaluated by active and passive design methods at the buildings, has a great importance for sustainable buildings. Usage of solar active systems at buildings is increasing rapidly by the force of economical, environmental reasons and advances at technology. However carelessly done applications causes to visual pollution in cities.

As solar active systems have a great effect on the form and appearance of the building, it is essential to have an optimization between efficiency, economy and esthetics. To achieve good applications in quality, solar active systems have to be considered as a criterion at design process and collectors have to be regarded as an architectural element.

In this study it is aimed to submit a design approach that active systems are regarded as design criteria especially they are used effectively at multi block buildings. At the content of the study, solar hot water and pv systems have been discussed about their efficiency and design process. And the regarded approach has been evaluated in the context of sustainable buildings and integrated design.

Keywords: solar hot water systems, pv systems, building integrated systems, integrated design.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünde insan varlığının “sağlıklı” olarak devam edebilmesi için; “doğanın ve tüm kaynakların korunması gerektiği” düşüncesi temelinde gelişen sürdürülebilirlik yaklaşımı, birçok alanda olduğu gibi yapı sektöründe de köklü değişimleri zorunlu kılmaktadır. Enerji, çevre ve toplum gibi ayrı alanların ayrıntılı tüm açılımlarını bir arada ele alan sürdürülebilir yapılarda; en az enerji tüketimini amaçlayan *enerji etkinliği* konusu temel hedeflerin başında gelmektedir. Yapılarda enerji etkinliğinin sağlanması ise konunun; -tasarımın ilk aşamalarından başlayarak- temel veri olarak ele alınması, ayrı uzmanlık alanlarının bir arada çalışması ve yapının tüm sistemleri ile bir bütün olarak ele alınması ile olanaklıdır.

Ocak 2003’de Avrupa’da yürürlüğe giren ve Türkiye’de de kabul edilen; *binalarda enerji performansını direkifi* ile yapıların enerji etkin ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok yararlanacak biçimde tasarlanması ve işletilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu açıdan yaklaşıldığında yapının enerji etkinliği ile ilgili hedeflerin gerçekleşmesinde güneş enerjisi ve ondan yararlanma sistemleri, özellikle de güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda kullanımı sürdürülebilir yapılarda önemli bir alanı oluşturmaktadır. Güneş enerjili etken sistemler, bilindiği gibi yapı dış yüzeylerine yerleştirilen toplaç alanlarının boyut, biçim, eğim, renk, doku gibi özellikleri doğrultusunda yapı görünüşü üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Günümüzde genellikle, verim ve maliyetleriyle değerlendirilen etken sistemlerin ülkemizde sıklıkla gözlemlendiği gibi görsel kirliliğe yol açmamaları ve mimari tasarımda, estetik konusunun öneminden dolayı, sistemlerin yapıyla uyumu da, temel hedeflerin arasında yer almalıdır.

Etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesinin karmaşık ve çok değişkenli bir eylem olan yapı tasarım probleminin büyümesine ve karmaşıklaşmasına neden olacağı açıktır. Özellikle, toplu konut, ofis, okul gibi kapsamlı yapılarda, enerji gereksinimine bağlı olarak uygulanacak etken sistemlerin boyutu, maliyeti, mimariye etkisi artmakta, diğer sistemlerle etkileşimi ve verim değerleri daha da önem kazanmaktadır. Kapasitesinin artmasıyla karmaşıklaşan ve toplaç alanlarının boyutu büyüyen etken sistemlerin, beklenen hedefleri gerçekleştirebilmesi sistemlerin sürdürülebilir yapılar bağlamında ele alınması ve tasarımın en başından değerlendirilmesi ile olanaklıdır.

Bu çalışmanın amacı, yapılarda etkin olarak kullanılması hedeflenen etken sistemleri tasarım ölçütü olarak ele alan, IEA Task 23’de belirtilen bütünsel tasarım ilkeleri ile etken sistem tasarımı ilkelerini bir arada değerlendiren bir yaklaşımı sunmaktır.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ ETKEN SİSTEMLER (SOLAR ACTIVE SYSTEMS)

“Amaca göre üretilmiş toplaçlar aracılığıyla yutulan güneş ışınımını, istenen biçimdeki enerjiye dönüştürerek, yapıda kullanımına olanak veren mekanik ve/ya elektronik öğelerin bütünü” olarak tanımlanan güneş enerjili etken sistemler; ürettikleri enerjiye göre,

- **Isıtma Sistemleri** (Solar Thermal syst.),
- **Fotovoltaik Sistemler** (Pv syst.),
- **Isıtma / Pv Sistemler** (T/Pv syst.)

olarak sınıflandırılmaktadır. Güneş enerjili etken sistemler, ürettikleri enerjinin özelliklerine bağlı olarak ayrı öğelerden oluşmakta ve değişik biçimlerde yapılandırılmaktadır. [1-3]

Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

“Toplaçlar aracılığıyla, güneş ışınımından elde ettiği ısı enerjisini su, vb bir akışkana ileterek enerjinin, doğrudan; ya da bir depolama ünitesinde değerlendirilerek yapıda kullanımını sağlayan mekanik ve/veya elektronik öğelerin bütünü” olarak tanımlanan güneş enerjili su ısıtma sistemleri, **Toplaç, Saklama, Devre ve Denetim** alt sistemlerinden oluşur. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde, akışkanın toplaç alanları ile depo arasında sürekli ve sağlıklı dolaşımı, sistemin verimi ve güvenilirliği açısından en önemli konudur. Akışkanın devrede doğal ya da bir pompa aracılığıyla dolaşmasına ve devrede dolaşan akışkanın kullanım suyu ya da ayrı bir sıvı olmasına bağlı olarak sistemler temel olarak; Doğal dolaşım - açık devre, Doğal dolaşım - kapalı devre, Zorlanmış dolaşım - açık devre, Zorlanmış dolaşım - kapalı devre olmak üzere 4 biçimde yapılandırılmaktadır. [4-6]

Isıl Elektrik (Fotovoltaik) Sistemler

Fotovoltaik toplaçlar aracılığıyla güneşin ışık ışınlarından ürettiği elektrik enerjisini, gerektiğinde depolayarak, kullanım alanlarına güvenilir biçimde aktaran öğe ve sistemlerin bütünü olarak tanımlanan Fotovoltaik (PV) sistemler temel olarak; enerji üretiminin gerçekleştiği **toplaç dizileri**, üretilen enerjinin kullanıldığı alan **yük** ve bu iki sistemi birbirine bağlayan yani üretilen enerjinin yüke aktarılmasını sağlayan aygıtların oluşturduğu **denge** (Balance of System BOS) alt sistemlerinden oluşur. Enerji gereksiniminin özelliklerine, ekonomiye ve şebeke koşullarına bağlı olarak Pv sistemler; yükün karşılanmasında yalnızca Pv toplaçların ve saklama ünitelerinin kullanıldığı **Kendine Yeter Sistemler**; Pv sistemle genel şebekenin ortaklaşa çalıştığı **Şebeke Bağlantılı Sistemler** ve geleneksel elektrik üretim donanımlarıyla Pv sistemlerin bir arada bulunduğu **Karma sistemler** biçiminde yapılandırılmamaktadır. [7-9].

Tablo 1. Sistem verim etkenleri (System efficiency factors)

Toplaç verimi	Güneş Işınımı Niceliği	<ul style="list-style-type: none"> • Astronomik etkenler • Coğrafi etkenler • Geometrik özellikler: Yön, Eğim • Gölgeleme etkenleri: Yapı yoğunluğu, Topografya • Bitki örtüsü 			
	İklimsel Özellikler	<ul style="list-style-type: none"> • Rüzgar yükü • Yağış oranı / Kar yükü • Dış hava sıcaklığı 			
	Toplaç Niteliği	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SU ISITMA SİSTEMLERİ</th> <th>PV SİSTEMLER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Örtü tabakasının optik özell. • Yutucu yüzeyin optik özellikleri • Yutucu yüzeyin ısı iletim katsayısı / kalınlığı • Yutucu yüzey - boru birleşimi • Yalıtım özellikleri • Detaylandırma Özellikleri </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Pv hücre özellikleri • Koruyucu tabaka özellikleri • Pv hücrelerin birleşimi • Kabloleme • Bağlantı özellikleri • Detaylandırma özellikleri </td> </tr> </tbody> </table>	SU ISITMA SİSTEMLERİ	PV SİSTEMLER	<ul style="list-style-type: none"> • Örtü tabakasının optik özell. • Yutucu yüzeyin optik özellikleri • Yutucu yüzeyin ısı iletim katsayısı / kalınlığı • Yutucu yüzey - boru birleşimi • Yalıtım özellikleri • Detaylandırma Özellikleri
SU ISITMA SİSTEMLERİ	PV SİSTEMLER				
<ul style="list-style-type: none"> • Örtü tabakasının optik özell. • Yutucu yüzeyin optik özellikleri • Yutucu yüzeyin ısı iletim katsayısı / kalınlığı • Yutucu yüzey - boru birleşimi • Yalıtım özellikleri • Detaylandırma Özellikleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Pv hücre özellikleri • Koruyucu tabaka özellikleri • Pv hücrelerin birleşimi • Kabloleme • Bağlantı özellikleri • Detaylandırma özellikleri 				
Sistem öğelerinin özellikleri	• Teknolojik / teknik nitelik	<p>Depo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boyut, biçim • Yalıtım • Sayı / Konum <p>Isı Çevrimcisi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isı iletim katsayısı • Kalınlık, uzunluk <p>Akışkan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akış hızı • Isı tutma katsayısı <p>Pompa/lar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sayı / Güç <p>Borular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uzunluk (yapı iç/dış) • Malzeme, yalıtım <p>Denetim ünitesi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isı alıcıları / Sayaçlar • Bilgisayar programları 	<p>Piller</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sayı • Verim <p>AC/DC çevrimci</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sayı • Verim <p>Denetim ünitesi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alıcılar • Şarj denetim özellikleri • Bilgisayar programları • Sayaçlar <p>Kabloleme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uzunluk • Teknik nitelik • Korunma 		
	• Verim				
	• Sayı / Boyut				
Sistemin yapılanması	• Sistem kurulum amacı	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem öğelerinin seçimi • Sistem öğelerinin boyutlandırılması • Sistem öğelerinin ilişkilendirilmesi • Sistemin genel şebeke ile uyumu • Sistemin yedek sistemlerle uyumu 			
	• Sistemin büyüklüğü				
Yük	Nicelik	<ul style="list-style-type: none"> • Kullanıcı sayısı • Tüketim oranı 			
	Nitelik	<ul style="list-style-type: none"> • İşlev (konut, hastane, çamaşırhane vb.) • Kullanım alışkanlıkları 			

2.1. Etken Sistemlerin Verimi (Efficiency of Active Systems)

“Güneşten aldığı enerji ile kullanıma aktardığı enerjinin oranı” olarak tanımlanan etken sistem verimi, iklim koşulları, güneş ışınımı gibi birçok belirsiz değişkene bağlı olduğundan, mutlak bir verim değerinden söz etmek olanaklı değildir. Bununla birlikte verimi belirleyen etkenlerin iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi yüksek verimli sistemlerin uygulanabilmesi açısından önemlidir. Ayrıntıları tablo 1’de verilen, Toplaç verimi, Sistem öğelerinin özellikleri, Sistem yapılanması, Yükün nicel ve nitel özellikleri, sistem verimi üzerinde belirleyici olan temel etkenlerdir. [10-12]

3. ETKEN SİSTEM TASARIMI (SOLAR ACTIVE SYSTEM DESIGN)

Bilindiği gibi kurulacak bir güneş enerjili etken sistemde temel tasarım ölçütü; “**en uygun ekonomiyi sağlaması**” yani; sistemin *ilk yatırım maliyetinin az, veriminin yüksek ve işletme, bakım – onarım maliyetinin düşük* olmasıdır. Söz konusu hedeflerin gerçekleşebilmesi için sistem tasarımı sürecinde dikkat edilmesi gereken temel konular;

- Sistemin kurulum amacının iklim verileri doğrultusunda belirlenmesi,
- Sistemin uygun yapılandırılması,
- Sistemin doğru boyutlandırılması,
- Sistem elemanlarının nitelikli seçimi ve

- Enerji kayıplarının en azda tutulması olarak sıralanmaktadır.

Bunların gerçekleştirilebilmesi sistematik bir tasarım süreci ile olanaklıdır. Sistematik kurgulanmış bu süreçte; [13]

1. Yapılabilirlik ön araştırması:

Sistemin tasarımından önce geri ödeme süresinin, en az veri ile (konum işlev vb.) yaklaşık olarak hesaplanması,

2. Sistem Yapılanmasının belirlenmesi:

Kullanım amacı, ekonomik koşullar, güneş ışınımı miktarı, iklim, yapı konumu, enerji gereksinimi (yük) ve şebeke özellikleri doğrultusunda sistem yapılanmasıyla ilgili temel kararın belirlenmesi,

3. Sistemin boyutlandırılması ve planlanması;

Sistem yapılanmasına bağlı olarak gerekli tüm alt sistem öğelerinin belirlenmesi, hazır ürünler içinden seçilmesi, boyutlandırılması ve sistemin planlanması, temel aşamaları oluşturur.

3.1. Etken Sistem Tasarım Yöntemi (A Design Method for Solar Active Systems)

Etken sistem tasarımında -yukarıda tanımlanan temel aşamalar doğrultusunda- izlenebilecek bir yöntemin temel adımları; [12]

Analiz çalışmaları;

Tasarım sürecin sağlıklı biçimde ilerlemesi ve sonuçlanması için, güneş ışınımı, iklim, atmosfer, şebeke suyu özellikleri, olası toplaç alanları ile ilgili bilgilerin toplanması ve ilişkilendirilmesine yönelik analiz çalışmalarının gerçekleştirilmesi,

Sistemin kurulum amacının belirlenmesi;

Analiz çalışması ile elde edilen verilere ve ekonomik koşullara bağlı olarak sistemin kurulum amacının belirlenmesi,

Sistem ekonomisinin sınılanması;

Analiz çalışmalarından elde edilen veriler ve sistem kurulum amacı doğrultusunda kurulması düşünülen sistemin, geri ödeme süresine bağlı olarak ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin belirlenmesi. Sonuçlarının olumsuz olması durumunda değişik olasılıklar için yeniden hesaplamaların yapılması, uygulanabilirlik sağlanmıyorsa sistem tasarımının sona erdirilmesi,

Yükün hesaplanması;

Yapı işlevi, kullanım amacı, kullanıcı sayısı, iklim koşulları, kullanım alışkanlıkları vb etkenler doğrultusunda sistemin karşılaması beklenen enerjinin nicel ve nitel özelliklerinin belirlenmesi.

Sistem yapılanmasının belirlenmesi;

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

Sistem öğelerinin belirlenmesi ve seçimi;

Yapılandırma özelliklerine bağlı olarak sistemin gereksinim duyduğu tüm öğelerin belirlenmesi ve iklim, ekonomik koşullar, sistemin verim gereksinimleri doğrultusunda, ürün seçenekleri arasından sistem öğelerinin seçimi.

Sistem öğelerinin boyutlandırılması;

Sistemin karşılayacağı yükün nicel ve nitel boyutuna bağlı olarak toplaç alanı başta olmak üzere sistem öğelerinin boyut / adet özelliklerinin belirlenmesi.

Sistemin planlanması;

Sistem öğelerinin birbirleri olan bağlantılarının, konumlarının belirlenmesiyle sistemin ayrıntılı olarak planlanması ve projelerinin hazırlanması.

Sistemin uygulanması;

Toplaç dizileri ve tüm diğer sistem öğelerinin proje doğrultusunda uygulanması olarak ele alınmalıdır. Etken sistem tasarım adımları, aralarındaki ilişkiler ve belirleyici olan etkenler Şekil 1’de gösterilmiştir.

Gereksinim, ekonomi, iklim koşulları gibi nedenlere bağlı olarak çok değişik biçimlerde yapılandırılan güneş enerjili etken sistemlerin yüksek verimli ve düşük maliyetli olması, tasarım ve uygulanmasının niteliğiyle doğrudan ilişkilidir. Sistemlerin tasarım ve uygulamalarında dikkat edilmesi gereken temel konular; [13-15]

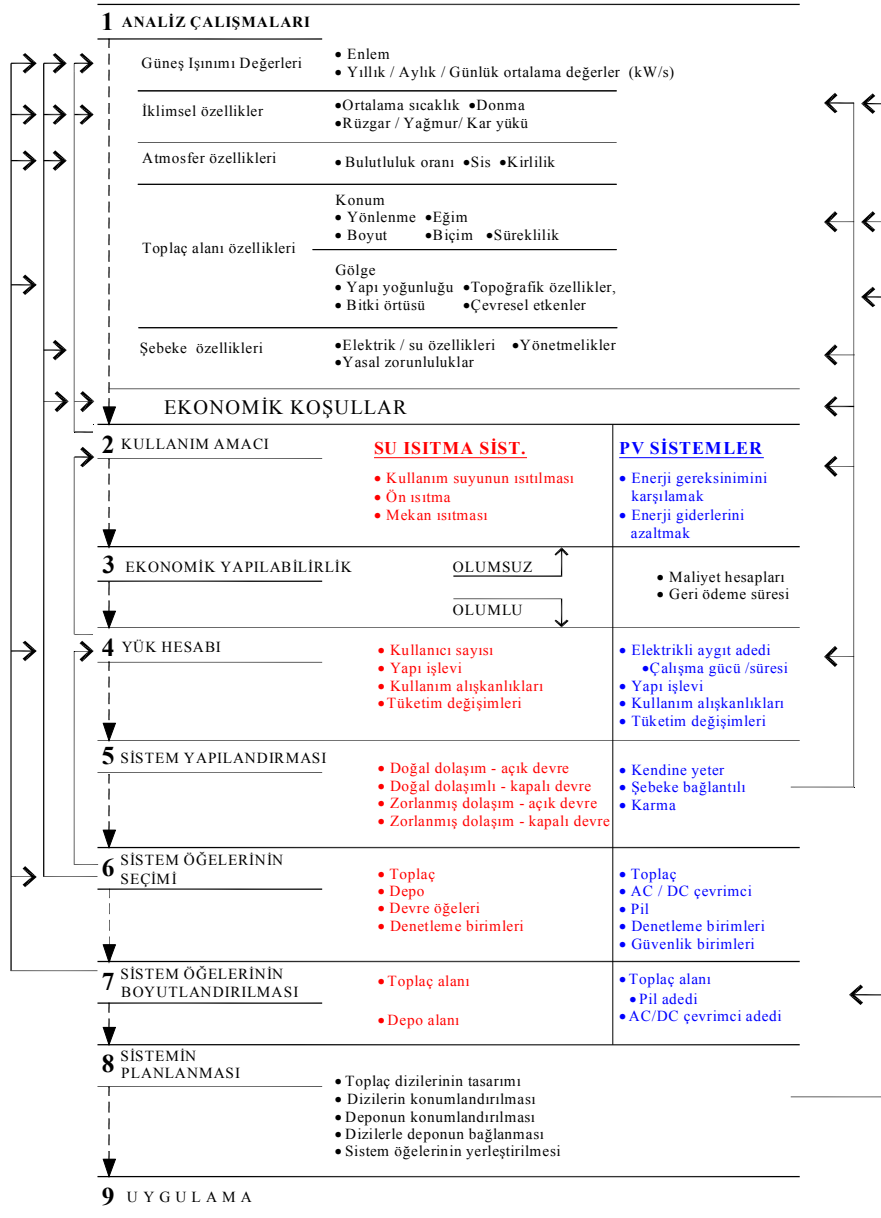
- Toplaç dizilerinin enleme göre, mümkün olan en uygun konumda yerleştirilmesi,
- Toplaçların yerleştirileceği alanların gölgelenme durumlarının incelenmesi ve gerekli önlemlerin alınması,
- Sistem bileşenlerinin yüksek verimli olması,
- Sistemde oluşacak kayıpların en aza indirilmesi,
- Toplaç dizilerinin rüzgar, yağmur, kar gibi dış koşullara dayanıklı olması,
- Düzenli bakımın sağlanması, toplaçlara erişimin kolay olması, temizlikleri için su kaynağının ve akıtma sisteminin bulunması,
- Denetim sistemlerinde karmaşıklıktan kaçınılması,
- Bakım masraflarının düşük olması,
- Hareketli parçaların az olması.

Güneş enerjili su sistem uygulamalarında;

- Toplaçlarla deponun yakın olması,
- Boruların yalıtımının optimize edilmesi ve yüksek ısı gereksinimlerinde yalıtımın artırılması,
- Boru ve kanalların bina içinden geçmesi, yaz koşullarındaki etkilerinin göz önüne alınması.

Pv sistem uygulamalarında,

- Yapının elektrik yükü ile Pv sistemin güç çıkışı uyumunun sağlanması,
- Pv toplaçların sıcaklıklarının çok yükselmemesi için gerekli önlemlerin alınması, düzenli havalandırmanın sağlanması,



Şekil 1. Etken sistem tasarımı (Active system design)

- Kablolama döşemisinde boyutlandırmaya özen gösterilmesi, karmaşıklıktan kaçınılması,
- Kablolara ve bağlantı noktalarının güneşe, rüzgara ve suya karşı dayanıklı ve korunumlu olması,
- Özellikle saklama gerektiren sistemlerde, depolama birimlerinin toplaçlara yakınlığının sağlanması, olarak özetlenebilir.

4. ETKEN SİSTEMLERİN YAPILARDA DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF SOLAR ACTIVE SYSTEMS ON BUILDINGS)

Etken sistemlerin özellikle kapsamlı yapılarda etkin olarak değerlendirilmesi durumunda, büyük boyutlu toplaç alanları, yapı görünüşü ve mimarisi üzerinde etkili olmaktadır. Sistemlerin yapıyla olan **uyumu**,

yapının görsel algılanışı ve estetiği açısından büyük önem taşımaktadır. İyi nitelikli sistem uygulamaları için, tasarım sürecinde **“verim –estetik –ekonomi”** konularının bir arada ele alınması ve aralarında optimizasyonun sağlanması, temel ilke olarak kabul edilmektedir. Bu temel ilkenin sağlanması ise, etken sistemlerin **tasarım ölçütü** olarak ele alınması ve toplaç alanlarının **mimari öğe** olarak değerlendirilmesi ile olanaklıdır. Özellikle ülkemizde daha çok verimleriyle değerlendirilen etken sistemler; birçok ülkede; sürdürülebilirliğin kabul görmesi ve estetik olgunun sistem kabulünü arttırdığı gerçeği ile birlikte, enerji üretiminin ötesinde yapılarda;

- Mimariyi desteklemek,
- Yenilikçi bir tasarım anlayışını sergilemek,
- Çevre duyarlılığının sembolü olarak,
- Yapının mimari anlatımına katkı sağlamak,

- Yapının mimari anlatımını belirlemek için de kullanılmaktadır. [16]

Günümüzde yapılarda etkin sistem uygulamaları, şekil 2’de görüldüğü gibi yapının bütününden bağımsız, yalnızca enerji üretimine yönelik, ek bir sistem olarak ya da şekil 3’de görüldüğü gibi toplaç alanlarının, enerji üretiminin yanında yapı elemanı olarak da değerlendirildiği, yapıyla bütünleşik olarak uygulanmaktadır. [17,18,19]



Şekil 2. Yapıya eklenen etkin sistem uygulamaları (Building attached active systems)



Şekil 3. Yapı bütünleşik etkin sistem uygulamaları (Building integrated active systems)

4.1. Etkin Sistemlerin Yapı Ögesi Olarak Değerlendirilmesi (Building Integrated Solar Active Systems)

Sürdürülebilir yapı anlayışının getirdiği enerji etkin yapı ilkeleri ile birlikte bütüncül tasarım yaklaşımının kabul görmesi, yasal düzenlemeler ve yaptırımlar, toplaç üretiminde sağlanan teknolojik gelişmeler birlikte, çatı, duvar gibi yapı kabuğu bileşenlerinde ya da balkon, güneş kırın, saçak gibi yapı kabuğu öğelerinde yapıyla bütünleşik etkin sistem uygulamaları hızla artmaktadır. Birçok yapı ögesinde kullanılan bütünleşik sistemler, **kaplama malzemesi** ya da bitmiş ürün biçiminde **yapı bileşeni** olarak uygulanmaktadır. [21,22,23] Yapı ögesi olarak değerlendirilen toplaç alanlarının, enerji üretiminin ötesinde görevleri olacağı açıktır. Söz konusu toplaç alanlarının **etkin sistem**, **yapı kabuğu**, **yapı görünüşü** ve **ekonomik** açıdan görevleri Tablo 2’de sıralanmıştır.

Tablo 2. Yapı bütünleşik toplaç alanlarının görevleri. (Functions of building integrated collectors)

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

Etkin sistemlerin yapı ögesi olarak değerlendirilmesi durumunda tasarım ve uygulamada dikkat edilmesi gereken konular; [24-27]

- Toplaç alanlarının uygulanacağı yüzeylerin optimum yön ve eğimde olması
- Söz konusu yüzeylerin yeterli büyüklükte, süreklilikte olması,
- Yüzeylerin, çevredeki ya da yapının kendi mimari öğelerden gölgelenme durumlarının analiz edilmesi ve yapının bu alanlar üzerine gölge atmayacak biçimde tasarlanması,
- Toplaçların uygulama detaylarının yapı kabuğu gereksinimlerine cevap vermesi,

- Bakım ve onarımı için toplaçlara kolay erişim ve temizlikleri için donanımların sağlanması,
- Yüzeylerin biçimlenişinin ve toplaç görünüşünün yapının mimarisıyla uyumlu olması, olarak sıralanmaktadır.

4.2. Toplaç Alanlarının Mimari Estetik Üzerindeki Etkileri (The Effects of Collectors on Architecture)

Yapı yüzeylerinin tanımladığı **biçimin** estetik boyutunun niteliği, biçimi oluşturan öğelere, bu öğelerin bir araya gelme (düzenleme) özelliklerine ve güzellik yaklaşımlarına bağlıdır. Biçimi oluşumuna etki eden temel öğelerin bazıları; işlevin, planlamanın, ve taşıyıcı sistemin oluşturduğu **kütle**, kütlelerin tanımladığı **dış yüzeyler**, dış yüzeyleri oluşturan **yapı öğeleri** ve bu öğelerin özellikleri olarak sıralanabilir. Yüzeylerde kullanılan malzemelerin *renk, doku* gibi özellikleri ve yapı üzerindeki *ışık gölge* gibi olgular; yapı biçimini tamamlayan, vurgulayan ya da yumuşatan ve **yapı görünüşünü** etkileyen diğer unsurlardır. Belli yaklaşım ve ilkeler doğrultusunda biçimlendirilen yapının, estetik olarak algılanması için, yapı görünüşünün “**bütünlük**” ve “**bitmişlik**” temel şartlarını da sağlaması gerekmektedir. [20]

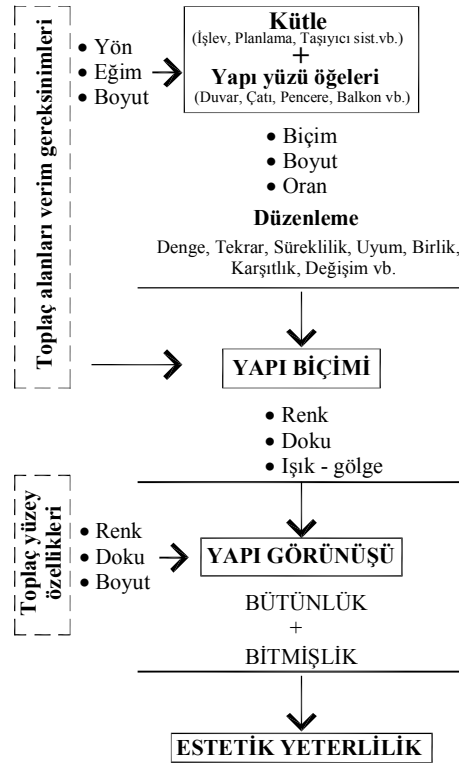
Yapının dış yüzeylerinde büyük boyutlu olarak kullanılacak toplaç alanlarının yapı estetiği üzerinde etkili olacağı açıktır. Toplaç alanları, **verimsel gereksinimlerinden** dolayı **yapının biçimini** ve **yüzeysel özelliklerinden** ötürü **görünüşünü** etkiler. Etken sistemlerden yeterli verimin elde edilebilmesi için toplaç alanlarının, **etkin yönlenme, yararlı yatay açısı** ve **yeterli boyut** gereksinimleri yapının biçimlenişinde etkilidir. Seçilen toplaç tipi ile oluşan toplaç alanlarının, **renksel, dokusal, malzeme ve diziliş özellikleri** ise yapının görünüşü üzerinde etkilidir. Toplaç dizilerinin yapı estetiği üzerindeki etkileri Şekil 4’de gösterilmiştir. [12] Etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesinde belli ölçülerdeki estetik yeterliliğin sağlanması için dikkat edilmesi gereken konular;

- Yapı yüzeyinde toplaç alanları dışındaki depolar, borular vb. diğer sistem öğelerinin gizlenmesi, bunun sağlanamaması durumunda sistem öğelerinin, mimariyle uyumunun sağlanması,

Toplaç alanlarının,

- Tüm bileşenleriyle bir bütün olarak değerlendirilmesi, bitmişliğin sağlanması,
- Düzenli, sürekli ve temiz görünümlü olmasının sağlanması,
- Boyut ve biçiminin yapının genel bütünlüğü ile uyumunun sağlanması,
- Renksel ve dokusal özelliklerinin yapının diğer öğeleri ile uyumunun sağlanması,
- Yapı yüzeyinde dengeli dağılımının sağlanması,
- Mimari düzenlemesinin, yapının kavramsal yaklaşımına uyumlu olması

- Yapının anlatım dili içinde uygun bir yeri olması
- Yapı görünüşüne etkilerinin yapının içinde bulunduğu çevrenin dokusuna uyumlu olması, olarak sıralanmaktadır.



Şekil 4. Toplaçların yapı görünüşüne etkileri (Effect of solar collectors to the architecture)

5. ETKEN SİSTEMLERİN TASARIM ÖLÇÜTÜ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF SOLAR ACTIVE SYSTEMS AS DESIGN CRITERIA)

Yapılarda etken sistem kullanımı; binanın, arazi üzerindeki yerleşimi, planlaması, biçimlendirilmesi ve görünüşü üzerinde etkili olduğundan; karmaşık, çok parçalı, devingen ve bütüne yönelik bir eylem olan tasarımın kapsam ve karmaşıklığını artırır. Günümüzde yapılarda, birçok değişik teknolojileri uygulanan etken sistemler, yapı tasarımına birçok sınırlama ve zorlamalarla birlikte, yeni açılımlar ve olanaklar da getirmektedir. Söz konusu sınırlama ve zorunlulukların mimari açıdan engel durumuna gelmemesi ancak, sistemlerin yapı tasarım sürecinin en başında bir ölçüt olarak ele alınması ile olanaklıdır. Yapılarda etken sistem kullanımı, birçok ayrı konuyu birbiriyle ilişkili bir biçimde etkilediğinden, etken sistemlerin yapılarda değerlendirilmesi, etkileşim içinde olduğu tüm konuların iyi anlaşılması, tanımlanması ve konuların ilişkilendirilmesi ile olanaklıdır. Bundan dolayı istenen hedeflerin gerçekleşmesi için, bütünleşik tasarım yaklaşımlarının kullanılması, sistem verimi, mimari estetik, ekonomi konuları arasında belli bir dengenin sağlanması ve etken sistemlerin yapılarda tasarım ölçütü olarak

değerlendirilmesi gerekmektedir. Etken sistemlerin yapılarda tasarım ölçütü olarak ele alınmasında iki temel yaklaşımdan söz edilebilir: [12]

- İşlevsel ve mimari kaygılarla tasarlanan yapının, planlama ve biçimsel olarak etken sistem gereksinimlerine cevap vermesi,
- Tasarımında verim ve ekonomisi ön planda tutulan etken sistemlerin, yapının mimarisi ve estetiği ile uyumunun sağlanması.

Bu yaklaşımlar doğrultusunda, söz konusu yapıların tasarımında göz önüne alınması gereken temel ilkeler şöyle sıralanmaktadır:

- Enerji etkin - iklimle dengeli tasarım, ilkelerinin göz önünde bulundurulması ve yapının enerji gereksiniminin en aza indirilmesi,
- Toplaç alanları için yapı dış yüzeylerinin uygun ve yeterli alana olanak sağlaması,
- Toplaç alanlarının mimari ile uyum ve bütünlük içinde olması, bitmişliğin sağlanması,
- Sistemin verimli olması ve uygulama, işletme maliyetinin düşük olması.

5.1. Etken Sistemlerin Tasarım Ölçütü Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım (An Approach to Evaluate Solar Active Systems as a Design Criteria)

Yukarıda sıralanan ilkeler ve bölüm 3’de ele alınan etken sistem tasarımı doğrultusunda ve IEA Task 23’de açıklanan “bütünleşik tasarım” bağlamında oluşturulan, etken sistemlerin değerlendirildiği yapıların tasarımına yönelik yaklaşımın temel adımları aşağıda özetlenmiştir. [28,29,12]

Temel hedeflerin belirlenmesi

Karmaşık ve kapsamlı konuların bir arada değerlendirildiği, yapının bitmiş bir ürün olarak taşınması gereken temel özelliklerin tanımlandığı bu aşamada; yapı ile ilgili odak konuların ve önceliklerin belirlenmesiyle, sürdürülebilirlik ve mimari anlatım hedeflerine karar verilir. Bu aşamada, enerji performansı ve mimari anlatım hedefleri içinde etken sistemlerinin etkinliğinin belirlenmesi önemlidir. Ön belirleme çalışmaları ve ekonomik koşullar doğrultusunda belirlenen temel hedefler, ayrıntılı analiz çalışmaları ve ekonomik yapılabirlik hesapları sonuçları doğrultusunda yeniden düzenlenmesiyle son halini alır. Bu aşamada, sistem ile ilgili uzmanlarla işbirliği yapılması görüş alışverişinde olunması, konuların birbirleri ile ilişkilendirilmesi ve ayrıntıların bir arada değerlendirilmesi hedeflerin; çevresel, ekonomik ve mimari bağlamda tutarlı olması açısından önemlidir.

Ana kararların tanımlanması

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 amaçlanır. 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 oluşturur. 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 oluşturur. Yaklaşık maliyet hesapları doğrultusunda, temel hedefler ve ana kararların üzerinde gerekli düzeltmelerin yapılması, yapı tasarım sürecinin hedefler doğrultusunda sağlıklı olarak ilerlemesi açısından önemlidir.

Ön tasarım

Kütleli biçimlenme yaklaşımlarından, yapı biçimlenmesine doğru ilerleyen tasarımın bu aşamasında, temel hedefler ve ana kararlar göz önüne alınarak; enerji etkin yapı tasarımı ilkeleri bağlamında değişik çözüm önerilerinin üretilmesi, geliştirilen bu önerilerin, ön maliyet ve performans hesaplamalarının yapılması ve sonuçları doğrultusunda en uygun yapı biçimine ulaşılması amaçlanır. Bu aşamada, etken sistemlerden yeterli verimin elde edilmesi için; yapı biçimlenişinde; etken sistem karar ve hedeflerinin göz önünde bulundurulması ve uygun yön, eğim, boyut ve biçimde yapı yüzü sağlayan tasarım seçeneklerin oluşturulması önemlidir.

Tasarım

Bu aşamada, temel hedefler ve ana kararlar doğrultusunda, yapı görünüşü ile yapı sistemleri arasında belli bir denge ve bütünleşmenin sağlanması amaçlanır. Yapı biçimleniş ile yapıda değerlendirilecek etken sistemlerin tasarımlarının eş zamanlı ve karşılıklı etkileşim içinde devam etmesi gereken bu aşamada, İklimle dengeli tasarım ilkeleri, Edilgen kazanç ilkeleri, Gün ışığı kazanç yaklaşımları, Güneş denetimi ilkeleri, gibi birçok konunun göz önünde bulundurulması önemlidir. Etken sistemlerin ön tasarımının gerçekleştiği bu aşamada, sistem yapılandırma seçeneklerinin oluşturulması, hesapların yapılması ve yapı yüzeylerinde yararlı alanların son durumlarının - boyutlandırma hesapları doğrultusunda- oluşturulması önemlidir. Etken sistemler, yapay ve doğal havalandırma, elektrik, su tesisatı vb. gibi yapı sistemleri ile birlikte bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Enerji performans ve maliyet hesapları doğrultusunda tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesi ve uygun seçeneğe karar verilmesi ile bir sonraki aşamaya geçilir.

Geliştirilmiş tasarım

Detaylandırma çalışmalarının ve uygulama projelerinin hazırlandığı bu süreçte; tüm sistemlerin

kendi aralarında ve yapıyla olan optimizasyonun ve uyumun sağlanması amaçlanır. Bu aşamada, etken sistem öğelerinin seçimi, boyutlandırması, birbirleriyle ilişkilendirilmesi, işletim ve denetim sistemlerinin oluşturulması, yapı içindeki konumlarının belirlenmesi ve toplaç dizilerinin yapı dış yüzeylerine yerleşimi, yapı ile uyumunun sağlanması ve mimariye etki ve katkıları doğrultusunda son kararların alması gerçekleşir. Yapı kabuğu tasarımının tamamlandığı bu aşamada, yapı yüzü öğelerinin ve malze-melerinin, mimari anlatım hedefleri doğrultusunda belirlenmesi ve toplaçlarla uyumun sağlanması süreci de tamamlanır. Ayrıntılı performans ve maliyet hesapları doğrultusunda tasarım aşamasında verilen kararların gözden geçirilerek, gerekli değişim ve düzeltmeler gerçekleştirilir. 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 gerçekleştirilir.

Belgeleme

Uygulama ile ilgili tüm yazılı ve çizili belgelerin, toplanması ve derlenmesi için gerekli çalışmalar yapıldığı aşamadır. Bu aşamada, projeyi tanımlayan, tüm çizimler, hesaplar, anlaşmalar, izinler vb. gibi belgeler düzenlenir. Özetlenen yaklaşımın tüm aşamaları ve ilişkiler sistemi şekil 5’de gösterilmiştir.

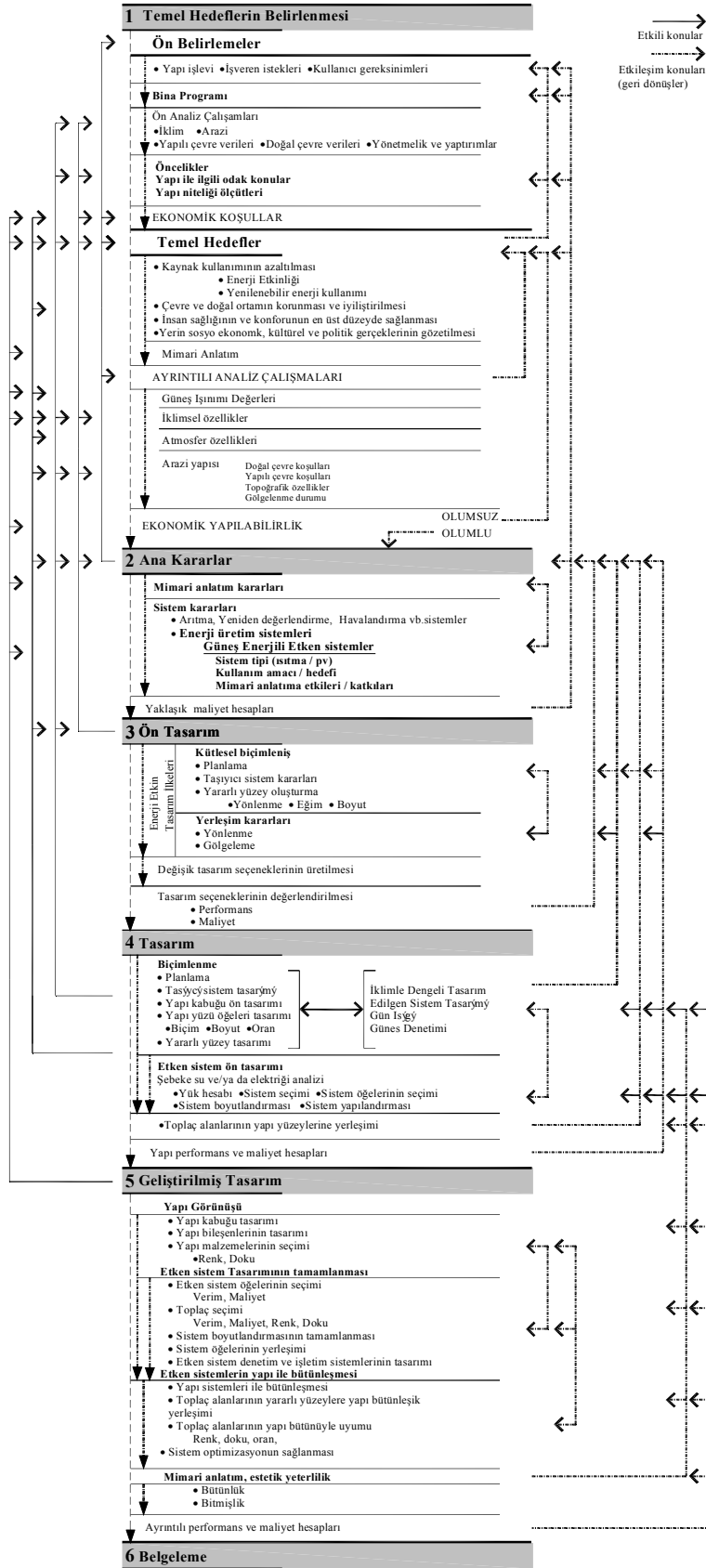
6. SONUÇ (CONCLUSION)

Sağladığı ekonomik ve çevresel yararlar göz önüne alındığında, yapılarda güneş enerjili etken sistem uygulamalarının yakın gelecekte kabul göreceği ve yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Bu öngörü doğrultusunda yapıların önümüzdeki 15-20 yıl içinde, enerji tüketim alanlarından, enerji üretim alanlarına dönüşeceği düşünülmektedir. Büyük ölçüde verim ve ekonomileriyle değerlendirilen güneş enerjili etken sistemler, toplaç alanlarının özellikleri doğrultusunda yapının biçimlenişi, görünüşü ve mimarisi üzerinde etkilidir. Bundan dolayı, etken sistemler, enerji üretim araçları olmanın ötesinde, mimari bir öğe olarak değerlendirilmelidir. Bu açıdan yaklaşıldığında, güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda yeterli verimi ve estetiği sağlayacak biçimde uygulanması, sistemlerin ancak sürecinin en başından, temel tasarım ölçütü değerlendirilmesi ile olanaklıdır. Güneş enerjili etken sistemlerin yapılarda etkin olarak kullanımı, karmaşık bir doğası olan yapı tasarımını daha da kapsamlı duruma getirmektedir. Bu tür yapılarda istenen hedeflerin gerçekleşebilmesi için; çoklu seçeneklerin oluşturulduğu, sistemli ilerleyen, her aşamada performans ve maliyet hesaplarının yapıldığı ve önceki adımların gözden geçirildiği, geri dönüşümlü, bütünsel yaklaşım kullanılmaktadır. Ancak genel

olarak, güneş enerjili etken sistemleri tasarım ölçütü olarak değerlendiren bütünsel bir tasarım yaklaşımda temel ilkeler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yapı iklimle dengeli ve enerji etkin olarak tasarlanmalı ve yapının enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik tüm önlemler alınmalıdır.
- 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 bölgenin ayrıntılı analiz çalışmaları yapılmalıdır.
- Yapının tasarlanmasına başlamadan önce, sistemlerin ekonomik olarak yapılabilirliğinin sınanması, sonuçların olumsuz olması durumunda, hedef ve ana kararların gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Yapının yönlendirilmesi, planlanması ve biçimlendirilmesi ile ilgili her kararın; sistemlerin verimi ve ekonomisi üzerinde etkili olduğundan tasarımının tüm aşamalarda göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yapı biçimlenmesinde toplaç alanları için yeterli ve uygun yüzeylerin oluşturulmasına özen gösterilmeli ve verim – estetik – maliyet arasında optimizasyon sağlanmalıdır.
- Yapı yüzeyleri öğelerinde belli boyutlarda konumlandırılacak olan toplaç alanlarının yapının bütünlüğünü ve estetiğini etkilediğinden; toplaç alanları, yalnızca enerji üretim sisteminin bir öğesi olarak değil, yapı görünüşünde belirleyici olan bir mimari öğe olarak ele alınmalıdır.

Bugün sürdürülebilir yapıların önemli bir alanını oluşturan etken sistem tasarımına ve yapının enerji performansını belirlemeye yönelik birçok bilgisayar programı bulunmaktadır. Ancak kullanımları bütünsel tasarım bağlamında büyük önem taşıyan bu araçların uygun biçimde değerlendirilmesi, tasarımcının yapının enerji etkinliğini bir bütün olarak değerlendirebilmesine, etken sistem özelliklerini verimsel ve biçimsel olarak özümsemiş olmasına ve mimarisiyle uygun biçimde ilişkilendirebilmesiyle olanaklıdır. Gelişimin, dolayısıyla tüketimin durdurulamaz, kaynakların sınırlı ve doğal çevrenin insan varlığı için vazgeçilemez olduğu göz önüne alındığında sürdürülebilirliğin, yakın gelecekte inşaat sektörünün temel konularından biri olacağı yaygınlaşan bir öngörüdür. Bu bağlamda, gelişen ve değişen dünya görüşleri paralelinde, güneş enerjili etken sistemlerin mimarlığın, dolayısıyla tasarımın geleceğini etkileyeceği açıktır. Bu açıdan yaklaşıldığında etken sistem teknolojilerinin ve potansiyellerinin tasarımcılar tarafından iyi anlaşılması, bütünsel yaklaşımların uygulanması iyi nitelikli sürdürülebilir yapıların yaygınlaşmasında büyük önem taşımaktadır.



Şekil 5. Etken sistemlerin temel ölçüt olarak değerlendirildiği tasarım yaklaşımı (A design approach that evaluates solar active systems as a basic criteria)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. IEA, Task 7, **PV/T Solar Energy Systems**, <http://www.iea-shc.org/>, 2002.
2. DOE, “**Solar Energy System Maintenance and Repair**”, Energy Efficiency and Renewal Energy, www.eere.energy.gov/consumerinfo/factsheets/a110.html
3. DOE, “**Pv Basics**”, Energy Efficiency and Renewable Energy, Solar Energy Technologies, http://www.eere.energy.gov/solar/pv_basics.html, 2005.
4. Energy Efficiency Best Practice Programme, “**Solar Hot Water Systems in New Housing**”, General Information Report 88, 2001.
5. Frei, U., Vogelsanger, P., “**Solar Thermal Systems for Domestic Hot Water and Space Heating**” Eurosun, <http://www.spf.ch/spf.php?lang=en&fam=32&tab=1>, 1998.
6. Technology Fundamentals, “**Solar Thermal Water Heatings**”, Renewable Energy World, V 02, pp 95-99, 2004. www.arch.ced.berkeley.edu/vitalsigns/workup/p_hoenix_lib/phoenix_home.html
7. Green, M.A., “**Recent Developments in Photovoltaics**”, Science Direct, Solar Energy 76 3-8, www.sciencedirect.com, 2004.
8. Mah, O., “**Fundamentals of Photovoltaic Materials**”, National Solar Power Research Institute, http://userwww.sfsu.edu/~ciotola/solar/document_s.html,1998.
9. DOE, “**Photovoltaics: Basic Design Principles and Components**”, Energy Efficiency and Renewal Energy Clearinghouse DOE/GO-10097-377 www.eere.gov.us, 1997
10. Andersen, E., vd., “**The Influence of Weather on the Thermal Performance of Solar Heating**”, http://energi.fysikk.uio.no/rebus/papers/ISES_2_003/ISES_03_Andersen.doc, 2003.
11. Nordmann, T., Clavadetscher, L., “**Understanding Temperature Effects on Pv System Performance**” http://www.oja-services.nl/iea-pvps/products/download/pap2_033.pdf, 2003.
12. Sakınç, E., **Sürdürülebilirlik Bağlamında Güneş Enerjili Etken Sistemlerin Tasarım Ögesi Olarak Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım**, Doktora, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
13. Unified Facilities Criteria (UFC), **Design: Active Solar Preheat Systems**, US Army Corps of Engineers, USA, 2002.
14. Reijenga, T., “**Pv in Architecture**”, www.bear.nl, 2002.
15. Thomas, R., Fordham, M., **Photovoltaics and Architecture**, Spon Press, Londra, 2001.
16. Hestnes, A.G., “**New Solar Buildings**”, http://www.ab.ntnu.no/fak/tavla/solbuilds_agh.pdf, 2003.
17. Eiffert, P., Kiss, G., **Building Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures A source Book for Architects**, U.S Department of Energy, www.nrel.gov/docs/, 2000.
18. Colon, J.F. ve Merrigan, T., “**Roof Integrated Solar Absorbers: The Measured Performance of Invisible Solar Collectors**”, NREL, CP-610-30848, Conference Paper, Solar Forum, Washington, 2001.
19. Andresen, I., “**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, 2002
20. Şentürer, A., **Mimaride Estetik Olgusu**, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, 1557, İstanbul, 1995.
21. Knowles, R.L., “**The Solar Envelope: Its Meaning for Energy and Buildings**” Elsevier, Energy and Buildings 35, 15-25, www.elsevier.com/locate/enbuilding 2003.
22. Lehmann, H., Peter, S., “**Assessment of Roof and Façade Potentials for Solar Use in Europe**”, <http://www.isusi.de/downloads/roofs.pdf>, 2003.
23. Lerum, V., “**4D PV- Photovoltaic Shading Devices as Architectural Time Pieces**”, elektronik erişim. <http://www.caed.asu.edu/vidar/PDF/4DPV.pdf>, 2005.
24. Gutierrez, J.M., “**Architectural Integration of Solar Roofs**”, Creative Architecture with Stainless Steel Conference, 12 March, Barcelona, 2002.
25. Keskes, H., (2004), “**Investigation of a Solar Active Glass Façade**” EuroSun, 20-23 June, Germany, 2004 www.Energytech.at/de/iea/results/id3194.html
26. Matuska, T., “**Façade Solar Collectors**”, <http://www.fsid.cvut.cz/~matuskat/publikace/eurosun2004.pdf>, 2004.
27. Stadler, I., “**Facade Integrated Solar Thermal Collectors**”, AEE Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, <http://www.aee-intec.at/Uploads/dateien19.pdf>, 2001.
28. IEA, Task 23, **Integrated Design Process**, Berlin, 2003.
29. Prowler, D., “**The Whole Building Design Approach**”, http://www.wbdg.org/newsevents/news_wbdg_approach.php.