

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKOLOJİK MİMARLIKTAKİ AKTİF ENERJİ
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Mimar Damla BEKAR

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Seda TÖNÜK

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 Çalışmanın Kapsamı	2
2 ÇEVRE, EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMLARININ TANIMLANMASI	4
2.1 Çevre Kavramının Tanımı ve Çevre Sorunlarının İncelenmesi	4
2.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı ve Sürdürülebilir Kalkınma	8
2.3 Ekoloji ve Ekolojik Mimarlık Kavramlarının Tanımı ve Gelişim Süreci.....	10
2.4 Bölüm Sonuçları.....	13
3 EKOLOJİK MİMARLIKTAKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ.....	15
3.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları.....	17
3.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	17
3.2.1 Güneş Enerjisi.....	18
3.2.1.1 Güneş Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi	20
Pasif Güneş Sistemleri	22
Aktif Güneş Sistemler	30
Güneş Kollektörleri	30
Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	34
Fotovoltaik Piller	42
Fotovoltaik Pillerin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	45
3.2.2 Rüzgar Enerjisi	58
3.2.2.1 Rüzgar Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi	61
Pasif Rüzgar Sistemleri	61
Aktif Rüzgar Sistemleri.....	64
Rüzgar Türbinlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	67
3.2.3 Jeotermal Enerji.....	73
3.2.3.1 Jeotermal Enerjiden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi.....	76
Jeotermal Isı Pompaları	76
Jeotermal Isı Pompalarının Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	81
3.2.4 Hidrojen enerjisi	83
3.2.4.1 Hidrojen Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi.....	85
Yakıt Hücresi	85
Yakıt Hücrelerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	87

3.2.5	Su Enerjisi	89
3.2.5.1	Hidroelektrik Enerjisi	89
	Hidroelektrik Santralleri	91
3.2.5.2	DalgaEnerjisi	93
	Wells Türbini (Salınımlı Su sütunu)	94
	Wells Türbinlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi	96
3.2.6	Biyokütle Enerjisi	97
3.2.6.1	Biyokütle Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi	98
	Doğrudan Yakma	100
	Havasız Çürütme	100
	Fermantasyon	101
	Piroliz	101
	Gazlaştırma.....	101
	Biyofotoliz.....	101
3.3	Bölüm Sonuçları	102
4	SONUÇLAR.....	107
	KAYNAKLAR	110
	EKLER	115
Ek 1	Konutlarda güneş kollektörleri kullanımı tablosu	116
Ek 2	Konutlarda fotovoltaiik pillerin kullanımı tablosu	117
Ek 3	Konutlarda rüzgar türbinleri kullanımı tablosu	118
Ek 4	Konutlarda jeotermal ısı pompaları kullanımı tablosu.....	119
Ek 5	Konutlarda yakıt hücreleri kullanımı tablosu	120
Ek 6	Konutlarda Wells türbini kullanımı tablosu	121
	ÖZGEÇMİŞ.....	122

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Dünya gelişiminin değişen gündemi	9
Şekil 3.1	Türkiye'nin güneş enerjisi haritası.....	20
Şekil 3.2	Güneşten yararlanmada pasif ve aktif sistemler	21
Şekil 3.3	Güneşten mekan ısıtma amaçlı yararlanmada direk ve endirek sistemler.....	24
Şekil 3.4	Güneşten mekan soğutma amaçlı yararlanmada direk ve endirek sistemler	25
Şekil 3.5	Socrates Evi	26
Şekil 3.6	Karren Terry Güneş Evi	27
Şekil 3.7	Karren Terry Güneş Evi ısıtma şeması.....	27
Şekil 3.8	D. Kelbaugh Güneş Evi.....	28
Şekil 3.9	D. Kelbaugh Güneş Evi kesiti	29
Şekil 3.10	Lasar Evi	29
Şekil 3.11	Düzlemsel kollektör genel çalışma şeması.....	30
Şekil 3.12	Parabolik oluk ve parabolik çanak sistemler	31
Şekil 3.13	Düzlemsel güneş kollektörü bileşenleri	32
Şekil 3.14	(A) Ayrık evler, (B) İnce uzun evler, (C) Sıraevler	34
Şekil 3.15	Binaların kat sayıları ve konumları arasındaki ilişki	35
Şekil 3.16	Farklı yöne bakan yamaçlardaki bina yerleşimi	35
Şekil 3.17	Kollektör konumunu etkileyen faktörler	36
Şekil 3.18	Kollektör düzeneklerinin yapıya entegrasyonu	37
Şekil 3.19	Konutlarda güneş kollektörü kullanımı	38
Şekil 3.20	Bridgers ve Paxton Binası	39
Şekil 3.21	Whitney Güneş Evi	39
Şekil 3.22	Whitney Güneş Evi ön görünüşü	40
Şekil 3.23	Westerbrook Güneş Evi	40
Şekil 3.24	Westerbrook Güneş Evi görünüşü	41
Şekil 3.25	Watson Güneş Evi	42
Şekil 3.26	Fotovoltaik hücre prensip şeması.....	43
Şekil 3.27	Fotovoltaik hücrenin yapısı	43
Şekil 3.28	Fotovoltaik pillerin çatı ve cephe uygulamaları arasındaki farklar	46
Şekil 3.29	Çevre binaların neden olduğu gölge boyutlarının etkileri.....	48
Şekil 3.30	Fotovoltaik panellerin konutlara entegrasyonu.....	49
Şekil 3.31	Gelsenkirchen Bilim ve Teknoloji Parkı	50
Şekil 3.32	Gelsenkirchen Bilim ve Teknoloji Parkı'nda kış ve yaz günleri için enerji yönetim ilkeleri	51
Şekil 3.33	Gelsenkirchen Bilim ve Teknoloji Parkı arkadan geçen kesit	51
Şekil 3.34	Motoryolu Servis İstasyonu	52
Şekil 3.35	Motoryolu Servis İstasyonu plan şeması.....	52
Şekil 3.36	Motoryolu Servis İstasyonu kesiti ve hava hareketi şeması.....	53
Şekil 3.37	Parkmount Toplu Konutları güneşlenme analizleri ve vaziyet planı.....	53
Şekil 3.38	Fotovoltaik pillerin kesit ve görünüşleri.....	54
Şekil 3.39	Oxford Eko Evi	55
Şekil 3.40	Oxford Eko Evi'nde kullanılan sistemler	56
Şekil 3.41	Sunny Elektrik Santrali zemin kat planı	56
Şekil 3.42	Sunny Elektrik Santrali	57
Şekil 3.43	Sunny Elektrik Santrali galeriden görünüm	57
Şekil 3.44	EİE'nin Güney Ege ve Çanakkale'de kurmuş olduğu ölçüm istasyonları	60
Şekil 3.45	EİE'nin Rüzgar Atlası projesi	60
Şekil 3.46	Doğal havalandırma çalışma prensibi	61
Şekil 3.47	Antalya Kaleiçi geleneksel Türk Evi U sofalı plan tipi ve iç mekan hava hareketi şeması	62

Şekil 3.48 Antalya Kaleiçi geleneksel Türk Evi U sofalı plan tipi doğal havalandırma şeması	62
Şekil 3.49 Albert Camus Lisesi genel görünüş	63
Şekil 3.50 Albert Camus Lisesi 1. kat planı ve galeri boşluğu	63
Şekil 3.51 Albert Camus Lisesi doğal havalandırma şeması	64
Şekil 3.52 Albert Camus Lisesi atrium görünüşü	64
Şekil 3.53 Rüzgar türbini bileşenleri	65
Şekil 3.54 Rüzgar enerjisinin mimarlıkta kullanımı	67
Şekil 3.55 Croydon Centrale alışveriş merkezi	69
Şekil 3.56 Croydon Centrale’de kullanılan rüzgar türbini	70
Şekil 3.57 Sansome Evi rüzgar türbini görünüşü	71
Şekil 3.58 Blittersdorf Evi rüzgar türbini görünüşü	71
Şekil 3.59 Hershey Parkı rüzgar türbini ve fotovoltaiik pillerin görünüşü	72
Şekil 3.60 Jeotermal enerjinin Dünyada ve Türkiye’de kullanımının karşılaştırılması	74
Şekil 3.61 Dünyada jeotermal enerjinin kullanım alanları oranları	75
Şekil 3.62 Isı pompaları çalışma prensibi	77
Şekil 3.63 Yatay tip ısı pompaları	78
Şekil 3.64 Dikey tip ısı pompaları	78
Şekil 3.65 Isı pompalarının konutlarda kullanımı	81
Şekil 3.66 Paintlick İlköğretim Okulu’nda uygulanan jeotermal ısı pompaları	83
Şekil 3.67 Konutlarda hidrojen enerjisi kullanımı	88
Şekil 3.68 E.A.E. tarafından üretilen konut tipi yakıt hücresi prototipi	89
Şekil 3.69 Barajların genel çalışma prensibi	91
Şekil 3.70 Wells Türbini konutlarda kullanım şeması	95
Şekil 3.71 4x15.000 m ³ hacimli, günde 3000 m ³ arıtma çamuru işleyen biyogaz tesisi, Almanya	99
Şekil 3.72 Doğrudan yakma sistemi	100

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Küresel kaynakların binalarda kullanılma oranları.....	11
Çizelge 2.2	Dünyada binaların neden olduğu kirlilik oranları.....	11
Çizelge 3.1	Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	19
Çizelge 3.2	Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	20
Çizelge 3.3	Türkiye'de mevcut jeotermal kaynağın kullanım alanları ve kullanım Miktarları.....	75
Çizelge 3.4	Jeotermal kaynakların ısı derecelerine göre kullanma imkanları.....	79
Çizelge 3.5	Hidrojenin diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması.....	84
Çizelge 3.6	Türkiye'deki su kaynakları potansiyeli.....	90
Çizelge 3.7	Dünya hidroelektrik enerji potansiyeli.....	90
Çizelge 3.8	Modern biyokütle çevrim teknolojileri.....	98
Çizelge 3.9	Yenilenebilir enerjilerin maliyetlerinin karşılaştırılması.....	103
Çizelge 3.10	Yenilenebilir enerji kaynakları dönüşüm sistemleri avantaj ve dezavantajları.....	104

ÖNSÖZ

Çağımızın en önemli sorunlarından biri olan yenilenemeyen enerji miktarındaki düşüş ve kaynakların yakın bir zamanda tamamen bitmesi ihtimali ile 20. y.y. da uluslar arası çalışmalar başlamıştır. Mevcut enerji tüketiminde önemli payları bulunan belli başlı sektörler de konuya ilgi göstermiş ve çalışma, bunların sonucu olarak da uygulamalar günümüzde oldukça gelişmiştir.

Bu tez, mevcut çevre sorunlarını dile getirerek çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını tanıtmak, yenilenebilir enerji kaynakları dönüşüm sistemlerinin mimarlıkta kullanımlarını araştırarak uygulamalarda da yol gösterici olacağı düşüncesi ile hazırlanmıştır. “Ekolojik Mimarlıkta Aktif Sistemlerin İncelenmesi” başlıklı çalışmamın ortaya çıkmasında benden yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programı’nda öğretim üyesi Doç. Dr. Seda Tönük’e, tezin hazırlanması sırasında her zaman yanımda bulunan tüm dostlarıma ve manevi desteklerini hep arkamda hissettiğim aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Çalışmanın amacı, giderek artan enerji sorununa çözüm getirebilmek amacı ile yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları ve bu kaynakların kullanım teknolojilerini tasarım bağlamında incelemektir.

Çalışma üç bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölümde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasındaki önemi vurgulamak amacı ile çevre ve varolan çevre sorunları nedenleri ile incelenmiştir. Tüm bu sorunlara çözüm bulabilmek amacı ile ortaya çıkan sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramları tanımlanmıştır. Günümüzde oldukça ilgi gören bir bilim dalı haline gelen ekoloji ve tüm bunların mimariye yansması sonucu ortaya çıkan ekolojik mimarlık olguları incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, varolan çevre sorunları içinde enerji sorunu vurgulanmıştır. Geçmişten günümüze insanoğlunun enerji kullanımının gelişimi anlatılarak bugün gelinen durum karşısında yenilenebilir enerji kullanımına yönelimin kaçınılmaz olduğu vurgulanmıştır. Enerji kavramının tanımı ve yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları anlatılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının genel tanımları, tarihte kullanım teknolojilerinin gelişim süreçleri, dünyada ve ülkemizde kaynağın bulunma potansiyeli ve maliyetleri ayrıntıları ile açıklanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim sistemleri anlatılmış ve her birinin binaya olan uyumu incelenmiştir. Varolan bina uygulamalarını incelemek için oluşturulan tablolarda sistem-bina tasarımı ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar çalışmaya eklenmiştir. Uygulama örnekleri ile sistem anlatımları desteklenmiştir.

Araştırmanın sonuçlarına göre, elde edilen maliyet analizleri ve karşılaştırmalı olarak hazırlanan sistemlerin avantaj ve dezavantaj çizelgeleri sistem analizleri bakımından önemli olup okuyucuya sunulmuştur. Binalarda aktif sistem tasarımlarında fazla maliyetten kaçınmak ve enerji tasarrufunu en iyi şekilde gerçekleştirmek amacı ile mimarlar ile farklı disiplinlerde konu ile ilgili uzmanların birlikte çalışmaları öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kollektör, rüzgar türbini, yakıt hücresi, jeotermal ısı pompası, hidroelektrik, dalga dönüştürücü, biyokütle

ABSTRACT

The aim of this study is to find out a solution for gradually remaining energy problem with renewable and clean energy resources and to examine using technologies of those resources in design context.

The study contains three chapters. In the 1th chapter, environment and it's problems were examined with reasons to emphasize the importance of renewable energy resources' usage. Sustainability and sustainable development concepts which were appeared in our century to find solutions for the environmental problems, were described. The ecology and the ecological architecture, the result of its reflection to the architecture, were explained.

In the 2nd chapter, the energy requirement problems were underlined between the existing environmental problems. From the past to the present, the evolution of energy usage was explained and emphasized the intention of the unavoidable solutions of the energy usage. The energy concept definition and renewable and nonrenewable energy resources were explained. The general definitions usage technologies' development, durations in history and the existing potential in the world and in our country of the renewable energy resources were clarified. The energy production systems and the integration of them to the buildings were examined. In the tables, contain the existing building applications, the design relation between the system and the buildings were analysed. The results were attached to the study and the system definitons were strengthened with the examples of applications.

According to the results of this study, the cost analyses and the advantage – disadvantage tables which were important for the analysing the systems and prepared comparatively, were presented to the readers. Working together with the architectures and the different diciplines, related to the subject, were anticipated to avoid from the extra costs and decrease the energy usage.

Key Words: Collector, wind turbine, fuel cell, geothermal pomps, hydroelectric, wave technologies, biomass

1. GİRİŞ

Nüfus artışının ve şehirleşmenin beraberinde getirdiği sorunları çözmek amacı ile teknolojik ve endüstriyel gelişimlere sahne olan dünyamız, gezegenimizi ve insan sağlığını tehdit eden çeşitli çevre sorunları ile karşı karşıyadır. Özellikle tüketilen enerji miktarının oldukça tehlikeli boyutlara ulaşması insanlığın karşı karşıya olduğu en önemli sorunlardan biridir. Mevcut yenilenemeyen enerji kaynaklarının en iyi olasılıkla bulunduğumuz asır içerisinde tükeneyeceği varsayılmaktadır.

Tüm bu enerji tüketimi içerisinde inşaat sektörü oldukça büyük bir paya sahiptir. Konutlarda, ısıtma, soğutma, havalandırma, ulaşım, v.s. gibi hizmetler için kullanılan enerji miktarı, motorlu taşıtlar için kullanılan enerji miktarından oldukça fazladır. Bu nedenle mimarlara düşen sorumluluk artmaktadır. Bunun sonucunda bina tasarımlarında yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin kullanılması esastır.

2002 yılında hazırlanan İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Ulusal değerlendirme Raporu'na göre Türkiye'de konutların enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olduğu belirtildiği gibi tüm enerji kaynaklarının ülkemizde yeterince mevcut olduğu vurgulanmıştır. (Dedeoğlu, 2002)Yenilenebilir enerji kaynakları yönünden oldukça zengin olan ülkemiz için yenilenebilir enerjilerin kullanımı içinde bulunduğumuz enerji darboğazı karşısında en akılcı uygulama olarak görülmektedir.

Mimarlıkta yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile çevre dostu çözümler uygulamak, içinde bulunduğu çevre ile dost, enerjisini kendi üretebilen, ürettiği enerjiyi tutumlu kullandığı gibi insan sağlığına ve çevreye herhangi bir olumsuz etkide bulunmayan yapıları gündelik hayatımıza sokmak, bir yaşam tarzı haline getirmek, çağımızın en önemli sorunlarından biri olan enerji ihtiyacına yönelik tek uygulama olacaktır. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak, sadece bizim için değil, gelecek nesiller için de yaşanabilir bir dünya bırakmak, devamlılığımız için ilk hedefimiz olmalıdır.

1.1 Çalışmanın Amacı

İçinde bulunduğumuz asrın varolan çevre sorunlarını en aza indirmek ve ön görülen enerji krizine kalıcı bir çözüm getirebilmek amacı ile ekolojik tasarım kriterleri ile desteklenen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı bina tasarımlarına yönelmek gerekmektedir.

Bu bağlamda yapılan çalışmanın amacı;

- Nüfus artışı ile beraberinde gelen konut ve tükenen kaynak sorunlarının belirtilmesi, mevcut olumsuz çevre sorunlarının tanımlanması
- Ekoloji biliminin mimarlık disiplinine olan yansıması sonucu ortaya çıkan ekolojik mimarlık kavramının tanımlanması, incelenmesi ve çevre sorunlarının gündeme gelmesi sonucu, gelecek nesillere daha iyi bir dünya bırakma sorumluluğunun oluşması ile ortaya çıkan sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarının mimarlık ile ilişkisinin açıklanması
- Mevcut çevre ve enerji sorunlarına karşı yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının çözüm olarak sunulmasının koşullarının irdelenmesi
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımlanması ve mimarlıkta kullanımlarının incelenmesi
- Yenilenebilir enerji kullanım sistemlerinin bina tasarımlarında bina ile olan entegrasyonunun incelenmesi ve sistemlerin mimarlık disiplini içindeki yerinin tanımlanması
- Karşılaştırmalı olarak sistemlerin, avantaj ve dezavantajlarının belirtilmesi ve bina tasarımlarında kullanımlarını içeren tablolar ile mimarlar için açıklayıcı ve pratik bilgilere sahip bir çalışma oluşturulması
- Uygulama örnekleri ile sistem anlatımlarının desteklenmesidir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Mimarlık toplumları yönlendiren bir misyona sahiptir. Bu nedenle, günümüz çevre sorunlarına karşı mimarların görevleri günden güne artmaktadır. Ekolojik mimarlık ve mimarlıkta yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının tanınması ve yaygınlaştırılması toplumu doğal çevre ile yeniden bütünleştirecek, çevre ve kaynak tüketimi sorunlarına da kalıcı bir çözüm getirecektir.

Bu çalışma kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım sistemleri ve uygulamaları şu başlıklar altında incelenecektir;

- Yenilenemeyen enerjilerin kullanımı sonucu ortaya çıkan çevre sorunları ve kaynak sıkıntısının açıklanması

- Son yıllarda gündemde olan ekoloji bilimi ve mimarlıkta ekoloji kavramlarının, gelişimi ile beraber açıklanması, mimarların konu ile olan ilgilerinin tanımlanması
- Sosyal ve ekonomik girdilere sahip sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarına çevre girdisinin de katılımı ile ortaya çıkan yeni tanımların incelenmesi
- Enerji kavramının tanımının yapılması, enerji kullanımının gelişiminin açıklanması
- Yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının tanımlanması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ve dünya üzerindeki mevcut potansiyelleri ile kullanım oranlarının açıklanması
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanım sistemlerinin anlatılması, mimarlıkta ilgili uygulamaların incelenmesi, sistemlerin bina ile olan uyumlarının ve tasarım aşamasında gereken kısıtlamaların ve koşulların, tasarım kriterlerine olan etkilerinin analiz edilmesi
- Sistem seçim kriterlerinde önemli bir paya sahip, karşılaştırmalı olarak hazırlanan avantaj ve dezavantaj tabloları ile maliyet analizi tablolarının irdelenmesi
- Uygulama örnekleri ile sistem açıklamalarının pekiştirilmesi.

Çalışmada konu ile ilgili kaynak ve literatür araştırması yapılmış ve internetten de çeşitli dökümanlara ulaşarak yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin teknik tanımları yapılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji üretim sistemlerinden, mimarlıkta kullanılanlar için bir tablo formatı oluşturulmuş, konu ile ilgili hizmet veren şirketlerdeki yetkili kişilerle bu tablolar aracılığı ile görüşmeler yapılmış ve değerlendirmeler tablolar halinde çalışmaya aktarılmıştır.

2. ÇEVRE, EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMLARININ TANIMLANMASI

20. yüzyıl sanayide büyük gelişmelerin yaşandığı bir yüzyıl olmuştur. Sanayi devrimi ile asıl hedeflenen, sınırsız ihtiyaçların ucuz maliyetle fazla üretim olgusu içinde giderilmesidir. Ancak nüfus artışı ve beraberinde getirdiği şehirleşme, teknolojik gelişmeler ile birlikte çeşitli çevre sorunlarına neden olmuştur. Bu sorunlar aynı zamanda insan sağlığını da direk olarak etkilemektedir. Bu bölümde konuya genel bir giriş yapılmakta ve **çevre, çevre kirliliği** ve beraberinde getirdiği **sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma, ekoloji ve ekolojik mimarlık** kavramları açıklanmaktadır.

2.1 Çevre Kavramının Tanımı ve Çevre Sorunlarının İncelenmesi

“İnsan veya başka bir canlının yaşamı boyunca ilişkilerini sürdürdüğü; fiziksel unsurlarını hava, su ve toprağın, biyolojik unsurlarını ise insan, hayvan, bitki ve mikroorganizmaların oluşturduğu dış ortama **çevre** adı verilmektedir.” (Brohi ve Karaman, 1998; Ayaz, 2002)

Tüm canlılar doğaları gereği çevre ile etkileşim halinde bulunmak zorundadırlar. Doğa kendi içinde bir dengeye sahipken insanoğlu ile olan ilişkisi de denge içinde olmalıdır. Doğa sahip olduğu bu denge ile kendi kendini yenileme yeteneğine sahiptir. Ancak özellikle geçtiğimiz yüzyılın ikinci yarısından itibaren insan, şehirleşme ve sanayileşmenin getirdiği atık miktarındaki ve türündeki artış nedeni ile çevreye oldukça zarar vermiş ve insan - çevre arasındaki dengenin bozulmasına neden olmuştur. Dengenin bozulması da beraberinde **çevre kirliliği** olarak adlandırdığımız çeşitli çevre sorunlarını doğurmuştur. Çevre kirliliği insan sağlığını olumsuz olarak etkileyen en önemli faktördür.

Çevre kirliliği, her türlü madde ya da enerjinin olması gereken miktardan çok daha fazlasının çevreye verilmesi sonucu oluşmaktadır. Kirlenen ortama göre çevre kirliliği, **hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği** olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca kirletici çeşidine göre de kimyasal, fiziksel ve ısı kirlenme olarak değişik sınıflandırmalar da yapılabilir. (Ana Britannica, Cilt:9)

Sanayileşme sonucu atmosfere atılan atık miktarı belli bir oranın üzerine çıkmış ve havanın doğal yapısını değiştirmiştir. Böylelikle hava kirliliği oluşmuştur. Hava kirliliğinin insana, insanın doğal ve yapay çevresine olumsuz özellikleri mevcuttur. Hava kirliliğinin başlıca nedenlerini; motorlu taşıtların, elektrik enerji santrallerinin, sanayi tesislerinin ve konutların yakıt sistemlerinin neden olduğu atıklar ile çöp, kömür artıklarının ve tarla açmak için doğal

çevrenin yakılması oluşturmaktadır. Ayrıca orman yangınları sonucu açığa çıkan zehirli gazlar da ufak bir yüzdeyi meydana getirmektedir. (Ana Britannica, Cilt:9)

Hava kirliliği ülkemizde en fazla, kalitesiz yakıtların herhangi bir iyileştirme yapılmadan konutlarda yakılması ile görülmektedir. Özellikle linyit rezervleri ülkemizde zengin fakat düşük vasıflıdır. Linyitin konutlarda ve sanayide, herhangi bir iyileştirme işleminden geçirilmeden ve uygun yakma koşullarına aykırı olarak kullanılması ülkemizdeki hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden birini oluşturmaktadır.

Hava kirliliğinin bir diğer sebebi ise sanayi tesislerinde seçilen teknolojinin yanlış, eksik ve eski olması ve yanlış yer seçiminden kaynaklanmaktadır. Tüm bunlar sonucu açığa çıkan katı atık, gaz ve tozlar yeterli teknik tedbirler alınmadan atmosfere karışmaktadırlar.

Yüzyılımızdaki hızlı nüfus artışı sebebiyle çarpık kentleşme sonucu ısınmada kullanılan yakıtın niteliği, yapı miktarı ve ölçülerindeki değişimler ve trafik yoğunluğu hava kirliliğini arttıran sebeplerdendir.

Hava kirliliği insan sağlığı üzerinde de direk olarak olumsuz etki yaratmaktadır. Havadan solunan karbonmonoksit gazı, kandaki oksijenin yerini alarak hücrelere giden oksijen miktarını azaltarak insanlarda alginın ve buna bağlı olarak verilen tepkilerin ağırlaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kalp hastalıkları, akciğer hastalıkları, çeşitli kan hastalıkları ve kanser türleri de yine hava kirliliği ile doğrudan ilişkilidir. (Ana Britannica, Cilt:9)

Su kirliliği, doğal su kaynaklarının (akarsu, göl, deniz) ve içme sularının kirleticiler tarafından bozulması ile meydana gelmektedir. Bu kirleticiler genel olarak böcek ilaçları, deterjanlar, fenollü maddeler ve karboksilli asitlerdir. Su kirliliği, ayrıca hava kirliliği ve toprak kirliliğinden dolayı olarak da etkilenebilmektedir. (Ana Britannica, Cilt:9) Su kirliliğine başta sanayi tesislerinin toksik atıkları ve konutların kanalizasyon deşarjları neden olmaktadır. Şehirlerde kullanılan kanalizasyon tesislerinin yağmur suları ile atık sularını ayırma teknolojileri mevcut değildir. Bu nedenle sistem içindeki su miktarı kapasiteyi aşarsa, atık sular yağmur suları ile beraber akarsulara bağlanan kanallara boşalmaktadır. Böylelikle doğal kaynaklar ve kullanım suları ciddi oranda kirlenmektedir. Tarım ilaçları, böcek öldürücüler ve kimyasal gübrelerin de su kirliliğinde rolü yüksektir. (Ana Britannica, Cilt:9)

Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olmasından dolayı su kaynaklarının kirliliği önem kazanmaktadır. Denizler, akarsular ile taşınan çeşitli konut atıkları, endüstriyel atıklar ve tarım atıkları için alıcı konumundadırlar. Bunun dışında oluşan kazalar sonucu açığa çıkabilen petrol atıkları ve ulaşım ve turizm amaçlı taşıtlardan kaynaklanan atıklar da denizlerin kirlenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Ülkemiz kıyı şeritlerinde kirlilik oranları Avrupa'ya göre daha azdır ancak kirlilik yükü fazla olan kıyı şeritlerimiz de mevcuttur. Kirlilik yönünden yüksek değerlere ulaşmış kıyı şeritlerinin başında İzmir, İzmit, Bandırma, Mudanya, Ayvalık, Marmaris, Gemlik körfezleri ile Akdeniz'de de Taşucu ile İskenderun arasındaki kıyı bölgeleri gelmektedir.

Kullanım sularının kirlenmesi çeşitli bulaşıcı hastalıkların yayılmasına ve kitlesel ölümlere davetiye çıkarmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki bir çok olumsuzluğun dışında su kirliliği, doğal su kaynaklarındaki hayvan ve bitki yaşamını da büyük ölçüde tehlikeye atmakta ve bazı türlerin yok olmasına neden olmaktadır.

Toprak kirliliği, çeşitli kimyasal kirleticilerin toprağın doğal yapısını bozması ile meydana gelmektedir. Kimyasal kirleticiler genel olarak çeşitli tarımsal, mineral artıklar ve katı atıklar olarak adlandırılabilir. Ayrıca toprak, hava ve su kirliliğinden de direkt olarak etkilenmektedir. Toprağın kirlenmesi yer altı ve yerüstü sularının da kirlenmesine neden olmaktadır. Toprak, canlılara yaşama ortamı sağlamakta, bitki köklerinin tutunacakları bir ortam sağlamaktadır. Toprak kirliliği, çeşitli bitki ve hayvan türlerini ve insan sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir.

Ülkemiz için geçerli bir diğer sorun ise, yeşil alanların tahribi ile miktarındaki azalmadır. Nüfus artışına bağlı olarak yeterli yeşil alan, şehirlerde ayrılmamıştır. Avrupa ülkelerine oranla ülkemizde kişi başı düşen yeşil alan miktarı oldukça azdır. Ayrıca çöp toplama alanları ve depolama alanları oldukça yetersiz ve yer seçimleri yanlıştır. Depolama konusunda sıkıntı yaşanırken atıklar birbirinden yeteri kadar iyi ayıramamakta ve böylelikle yeniden değerlendirilememektedir.

Tüm bunların yanı sıra insan sağlığını olumsuz etkileyen gürültü ve radyasyon kirliliği de mevcuttur. Gürültü kirliliği yapısı nedeni ile kentsel bir sorundur. En önemli nedeni trafikten kaynaklanan gürültüdür. Diğer nedenleri çeşitli sanayi yapılarından kaynaklanan gürültü, inşaat işlerinden kaynaklanan gürültü, havayolu ve demiryolu gürültüleridir.

Gürültü kirliliğine neden olan önemli sebepler mevcuttur:

- Yüksek gürültü düzeylerine sebebiyet veren kötü planlanmış trafik akışı
- Gürültü kaynaklarının belirlenmemesi ve gürültünün kaynağından önlenememesi
- Gürültü kirliliğinin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin insanlara iyi anlatılamaması ve halkın bilinçlendirilememesi
- Gürültü yönetmeliğinin uygulanmaması

- Gürültü çıkarılmasının kontrol edilememesi

Gürültü kirliliği de insan sağlığı açısından olumsuz etkilere sahiptir. Gürültü, insanın nabzını ve soluk alıp verme hızını arttırmaktadır. Ayrıca aşırı gürültü geçici ya da kalıcı işitme bozukluklarına neden olmaktadır. Gürültü kirliliği, yüksek tansiyonu, kalp hastalarını ve ülser gibi çeşitli mide rahatsızlıklarını tetiklemektedir. (Ana Britannica, Cilt:9)

Düşük etkili radyasyon, insan yapımı elektronik cihazlardan kaynaklanmaktadır. Cep telefonu, televizyon gibi teknolojiler ile tıpta kullanılan cihazların yaydığı düşük radyasyon genetik hasara yol açmakta ve kalıtsal hastalıklara neden olmaktadır. Yüksek miktarlardaki radyasyon ise çeşitli kanser türlerinin oluşumunu en büyük nedenlerinden biridir. Bu nedenle 1960’larda ülkelerin kontrolsüz nükleer silah denemeleri yasaklanmış ve dünya üzerindeki radyasyon miktarı azaltılmıştır. (Ana Britannica, Cilt:9)

Tüm bu atık maddeler, çevre kirliliğine neden olduğu gibi asit yağmurlarının oluşmasına ve sera gazı etkisine neden olmaktadır. Küresel ısınma beraberinde iklim değişikliklerini de getirmektedir. 2005 yılında NASA tarafından yayınlanan raporda kutuplardaki buzulların hızla erimeye başladığı ve bunun deniz seviyesinin yükselmesine neden olduğu açıklanmıştır. Bu nedenle denizlere ve okyanuslara kıyısı olan ülkeler büyük tehdit altındadır. Ayrıca iklim değişiklikleri kuraklığa, erozyona ve sel baskınlarına neden olmaktadır.

Çevre kirliliği, yüzyılımızda dünya gündeminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Tüm bu sorunlar yüzyılımızda açık bir şekilde dile getirilerek tanımlanmış ve gerekli önlemlerin alınması için uygulamalar başlatılmıştır. Ülkeler çevre politikaları oluşturmakta ve uygulamaktadır.

Ülkemizde de özellikle son yirmi yılda konu ile ilgili çeşitli siyasi düzenlemeler yapılmakta yetkili kurumlar oluşturulmaktadır. Bu çalışmaların en başında 1982 anayasasında “herkese verilen temiz ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı” gelmektedir. Bir yıl sonra, 1983 anayasasında 2872 sayılı Çevre Kanunu çıkartılarak çevre ile ilgili doğrudan yasal düzenlemeler yapılmıştır. Çevre Kanunu’nda çevre korunmasında devletin olduğu kadar vatandaşın da sorumluluk taşıdığı belirtilmiş, çevre korunmasında alınacak önlemlerin ve uygulamaların kalkınmada oynadığı rollere değinilmiştir. Son olarak 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulmuştur.

Tüm bu olumlu gelişmelere rağmen hızlı kentleşme ve nüfus artışı doğal kaynakların aşırı kirlenmesine ve hızlı kaynak tüketimine neden olmuş, alınan önlemler yetersiz kalmıştır. Tüm bunlara eğitim yetersizliği de eklenmiştir.

Sürdürülebilir kalkınma politikalarına, insan ile çevre arasındaki dengenin ekonomik kalkınma ile korunmasına yönelik çalışmalarda yeterli başarı elde edilememesine rağmen çevresel politikalarla sosyal ve ekonomik politikalar birbirleri ile bağdaştırılmaya çalışılmaktadır.

Çevre korunmasına yönelik çıkarılan kanunların, kurulan kuruluşların ve alınan önlemlerin Avrupa Birliği standartlarına uygun olmasına yönelik çalışmalar halen ülkemizde devam etmektedir.

2.2 Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı ve Sürdürülebilir Kalkınma

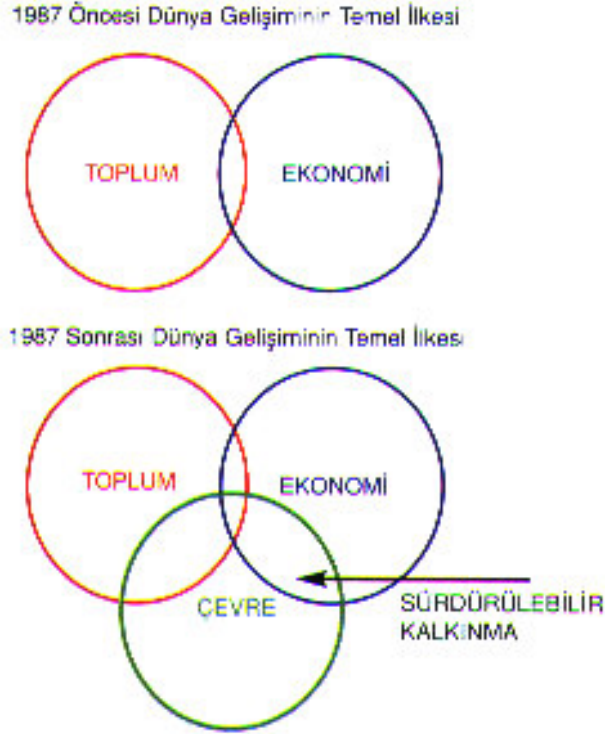
20. y.y. enerji kullanımı açısından insanoğlu için verimli bir dönemdir. Özellikle sanayi devriminden sonra enerji tüketimi hiç olmadığı kadar artış göstermiştir. Bununla beraber yüzyılın sonlarına doğru dünyada ilk enerji krizi de baş göstermiştir. Dünyada önemli petrol rezervlerine sahip arap ülkeleri gelişmiş ve petrolü satın alan ülkelere karşı onu bir koz olarak kullanmayı düşünmüşler ve dünyada geçici bir enerji krizine neden olmuşlardır. Tüm bu olanlar akıllara petrolün de bir gün bitebileceği gerçeğini getirmiştir. Ayrıca teknolojik gelişmeler, nüfus artışı, şehirleşme oranının artması beraberinde çevre sorununu da getirmiştir.

Sanayi toplumlarında yapılan konutlarda teknolojinin gelişmesi, yeni yapı malzemelerinin bulunması, yenilemeyen enerji kaynaklarının sınırsızca harcanması, büyük cam yüzeylerin yön kriteri gözardı edilerek kullanılması, yetersiz yalıtım uygulanması ısı kayıplarını gündeme getirmiştir. İhtiyacı giderebilmek amacı ile yenilemeyen enerji kaynaklarının kullanımında artış görülmüştür. Konut sektörü diğer sektörler içinde enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. (Koçhan, 2003) Tüm bu olumsuz gelişmeler ülkeleri bu konuda önlem almaya itmiştir. Böylelikle **sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma** kavramları dünya gündemine girmiştir.

Sürdürülebilir kelimesinin sözlükte anlamı; “gelişim ve süre açısından ele alınan bir eylemin devamlılığı ve/veya devam ettirilebilirliği” olarak tanımlanmıştır. Kalkınma kelimesi ise sözlük anlamı itibariyle; “toplumsal yapının değişkenlerini hükümetin belli bir siyaset güderek geliştirme çabası” olarak ifade edilebilir. Ayrıca kalkınmak eyleminin de “durumu

düzeltilmek, kademeli olarak ilerlemek ve gelişmek” olarak anlamları mevcuttur. (Tuğrul, 2004)

Sürdürülebilirlik kapsamında gerçekleştirilen en önemli toplantı 1972 yılında yapılan Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’dır. Bu konferanstan sonra yayınlanan Stockholm Çevre Bildirgesi’nde ilk defa insanın çevresini koruması için çeşitli ilkeler belirlenmiştir. Bu konferanstan sonra 1976 yılında Barcelona Sözleşmesi yapılmış ancak çok dar kapsamlı olduğu için istenileni verememiştir. En önemli gelişme 1992 yılında Rio’da gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’dır. (Ayaz, E., 2002) Burada sürdürülebilir kalkınma; “Doğal sermayeyi tüketmeyen, gelecek kuşakların da kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanaklarını ellerinden almayan, ekonomi ve ekosistem arasındaki dengeyi koruyan, ekolojik açıdan sürdürülebilir nitelikte olan ekonomik kalkınma” olarak tanımlanmıştır. (Koçhan, 2002)



Şekil 2.1 Dünya gelişiminin değişen gündemi (Edwards, 2001)

20. y.y.’da dünya gelişiminin temel ilkesi olan “Toplum-Ekonomi” ilişkisine günümüzde “Çevre” girdisi katılmış ve yeni bir gelişim temeli ortaya çıkmıştır. “Toplum-Ekonomi-Çevre” ortak paydasında sürdürülebilir kalkınma kavramı gündeme oturmuştur. Karşılaşılan tüm çevre sorunları ve nüfus artışı ile beraber oluşan yoksulluk, ülkeler arası ekonomik

eşitsizlik gibi problemler beraber ele alınmalıdır. Çevresel gelişme ile ekonomik kalkınma arasında bağ kurulması ve “gelişmenin sürdürülebilir olması” gerekmektedir. (Koçhan,, 2002)

Özetle, kalkınma devam ettiği sürece enerji kullanımı da devam edecektir. Kalkınmanın sürdürülemez olmaması için önlem alınmalıdır. Sürdürülebilirlik için enerji kaynaklarının yenilenemez olmaması gerekmektedir. Eğer kullanılan enerji kaynakları tükenirse kalkınma sürdürülemez. Ayrıca, yenilenemeyen enerji kaynaklarının fazla kullanılması ve daha önce sözü edilen toplumsal sorunların yol açtığı çevre sorunları sonucu dünyamız bizler ve gelecek nesiller için yaşanmaz duruma gelecektir. Tüm bu sorunlar göz ardı edildiği takdirde bizlerin de dünya üzerindeki sürekliliğimizden bahsedilemez. Bu nedenle sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması esastır. (İnan, 2001)

2.3 Ekoloji ve Ekolojik Mimarlık Kavramlarının Tanımı ve Gelişim Süreci

Günümüzde teknoloji toplumları olarak harcadığımız enerji miktarı oldukça fazladır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının, harcanan enerji miktarını önümüzdeki elli yıl içinde karşılayamayacak derece azalacağı tahmin edilmektedir. Karşı karşıya olduğumuz bu enerji sorunu dışında bir de teknolojik gelişmeler sonucu doğal ortama atılan atıkların çevre ve iklime verdikleri zarar da düşünülürse, tüm bu sorunların daha bilimsel olarak ele alınması gerektiği görülmektedir. Bu nedenle özellikle 20. y.y.’ın sonlarına doğru “**Ekoloji**” kavramı dünya gündemine ağırlığını koymuştur.

Ekoloji kavramı sözlükte; “canlılar ile onları çevreleyen canlı ve cansız ortam arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalı” olarak ifade edilmektedir. (Ana Britannica, Cilt:11) Uzun yıllar insanlar tarafından ilgi gösterilmeyen ekoloji kavramı günümüzdeki çevre sorunları ve bunların biyolojik türler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile oldukça popüler bir bilim dalı haline gelmiştir.

Kaynakları akılcı kullanmak, mevcut enerji miktarını minimum seviyede kullanmak, tutumlu olmak, doğal ortama (hava, su, toprak) minimum seviyede atık bırakmak ve kirliliği önlemek ekolojinin temel ilkeleri arasındadır. (Tönük, 2001)

Çevrebilim olarak da bilinen ekoloji, çeşitli yan dalları da beraberinde getirmiştir. “**Ekolojik Mimarlık**” bu yan dallardan biri olup “enerji mimarlığı” olarak da adlandırılabilir. Mevcut enerji kullanımına baktığımızda, en fazla enerji tüketiminin inşaat sektörüne ait olduğunu görmekteyiz. Konutlarda kullanılan ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri çevreye oldukça zarar vermekte ve insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 2.1 Küresel kaynakların binalarda kullanılma oranları (Koçhan, 2002)

Kaynak	Binada Kullanılan
Enerji	%50
Su	%42
Materyaller (Topyekün)	%50
Tarımsal Alan	%48
Mercan Kayalıkları	% 50 (dolaylı olarak)

Nüfus artışı nedeni ile artan konut gereksinimi beraberinde enerji tüketimini de getirmiştir (Çizelge 2.1). Dünya enerji tüketiminde % 75’lik bir orana sahip olan binalar mevcut enerji kaynaklarını en çok tüketen sektördür. (Ayaz, 2002) Ayrıca binaların mevcut çevre kirliliğindeki payları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir. Tüm bu sorunlar sonucu mimarlıkta sözü edilen ekolojik ve sürdürülebilir söylemler giderek daha bilimsel bir platforma taşınmış ve ekolojik mimarlık adını almıştır.

Çizelge 2.2 Dünyada binaların neden olduğu kirlilik oranları (Koçhan, 2002)

Kirlilik	Binayla İlgisi
Hava Kalitesi (Şehirler)	%24
Küresel Isınma Gazları	%50
İçme Suyu Kirliliği	%40
Yüzeysel Katı Atıklar	%20
Kloroflorokarbon	%50

“Ekolojik mimarlık enerji ve kıt kaynaklara tutumlu, insan ve doğaya saygılı yaklaşımı, dayanıklı ve doğaya saygılı malzemelerin seçimini içermelidir ki, gelecek nesiller de dünya üzerinde en az bu günkü olanaklarla yaşamlarını sürdürebilsinler” (Anon.; Tönük, 2001)

“Ekolojik planlama yaklaşımı ülkelerin fiziksel, ekonomik ve toplumsal planları arasında bir bağlantı kurulması, kapsamlı bir ekolojik bütün içinde değerlendirilmesi, kaynak kullanımı, ussal davranışların uygulanması ve hızlı kentleşme nedeniyle kent içi ve çevrelerinde doğa kullanımının ekolojik amaçlara uygun planlanmasıdır.” (Anon, 1995; Tönük, 2001)

“Ekolojik planlama gelecek kuşakları düşünerek az kaynak tüketimini öngörür. Tüm tasarımların ve planların geri dönüşümlü olmasının sağlanmasını, atıklar ve kirlenmeyi

önleyici önlemlerin alınmasını, birbirinin işine yarayacak üretimlerin yapılmasını hedefler. Olabildiğince güneş, su ve rüzgar gibi yenilenebilir enerjiler sisteminde öncelik arar.”

(Karaman, 1995; Tönük, 2001)

“Ekolojik mimarlık enerji tasarruflu binalar inşa etmektir. Bu konu teknik olarak uygulanabilecek ısıtma, sıcak su, elektrik, ..vb. gibi enerji alanlarındaki her tasarruf potansiyelini kapsar. Aynı bağlam içme suyu tasarrufunun mümkün olan her şekli için de geçerlidir.” (Kleiner, 1995; Tönük, 2001)

“Günümüz modern yaşantısının şartlarını sağlamak üzere modern teknolojinin ağırlıklı olarak yer aldığı disiplinler arası bir tasarım çalışması günümüzün ekolojik ve akıllı binalarını tanımlamaktadır.” (Anon, 1996; Tönük, 2001)

Yukarıdaki ekolojik mimarlık tanımlarına baktığımızda; ekolojik mimarlık kaynakların akılcı kullanımı görüşünü benimsediği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim politikasını da zorunlu kılmaktadır. Tasarım aşamasında uygulanan önlemler ile azami enerji tasarrufu amaçlanırken kullanılan yenilenebilir enerji dönüşüm sistemlerinden de enerji üretimini amaçlamaktadır.

Ekolojik mimarlık yapının tasarım sürecinde enerji tasarrufuna yönelik planlama ve bina kabuğu kararları ile başlarken yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim sistemleri kullanılması ile devam etmektedir. Ekolojik mimarlık aynı zamanda yıkım aşamasında maliyeti minimum seviyeye indirmeyi de amaçlamaktadır.

Ekolojik mimarlık insan, doğa ve teknoloji ile varolmaktadır. (Tönük, 2001) Ekolojik mimarlık yenilenemeyen enerjilerin akılcı kullanımını amaçladığı gibi teknoloji ile yenilenebilir enerjilerden enerji üretimini de ilke edinmiştir. Yapılarda tasarım aşamasında enerji tasarrufuna yönelik uygulamalarla birlikte üretim ve işletim sırasında uygulanan yenilenebilir enerji dönüşüm sistemleri ile teknoloji, ekolojik mimarlık etiketlerinden biri haline gelmiştir.

Atıkların geri kazanımları ve kullanılan malzemelerin geri dönüşümlü olmaları da ekolojik mimarlık ilkelerinden biridir. Yapıların doğal çevreye uyumlu olması, insan ve çevre arasındaki dengenin mimari tasarımlarda sağlanması da bir diğer ekolojik mimarlık ilkelerindendir.

Ekolojik mimarlık, uygulamalarda disiplinler arası hiyerarşiyi de gerekli kılmaktadır. Mimari tasarımın binanın aydınlatma, ısıtma ve soğutma değerlerinde oldukça önemli bir payı bulunmaktadır. Mimarlar tasarımın ilk aşamalarında binanın tüketeceği enerji miktarını çok

fazla etkileyecek kararlar almaktadırlar. Bu nedenle ekolojik konut tasarımlarında ilk hedef mevcut tüketilen enerji miktarını minimize etmek daha sonra uygun bir ısıtma, aydınlatma ya da soğutma sistemi seçmektir. Bu yapay sistemler yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde edebilen sistemlerin uygulanması da tercih edilmelidir. Ekolojik konut tasarım ve üretim süreçlerinde mimarlar, tesisat mühendisleri ve elektrik mühendisleri beraber çalışmalıdır. Böylece alınan önlemlerin ve uygulanan sistemlerin yapıya tam anlamıyla entegrasyonu sağlanabilmekte ve maksimum derecede verim alınabilmekte, istenilen başarı elde edilebilmektedir.

Ekolojik konut tasarımlarında ilk aşama enerji korunumunu sağlayabilmek amacıyla başarılı tasarım kararları verebilmektir. Burada mimarlara önemli görevler düşmektedir. Mekanlarda ısıtma, aydınlatma ve soğutma yönünden gerekli konfor şartlarının sağlanamaması durumlarında, istenilen konfor şartlarını elde edebilmek için harcanacak enerji miktarı da artacak, kullanılacak yapay sistem büyüklükleri de artacaktır. (Çakmanus, 2003)

İkinci aşama ise binaya ve çevreye en uygun pasif ısıtma, aydınlatma, havalandırma ve soğutma kararlarının alınmasıdır. Böylelikle kaynakların akılcı kullanımı ilkesi uygulanmış olup, diğer yapay sistemlere ya da yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üreten sistemlere binen enerji yükü azaltılmış olunur. (Çakmanus, 2003)

Üçüncü aşamada ise mevcut tasarım kararlarının yanı sıra mekanik proje uygulamaları ve bunlara destek olabilecek yenilenebilir enerji dönüşüm sistemleri de uygulanabilmektedir. Ancak ilk aşamada alınan tasarım kararları bu sistemlerin üzerine binen enerji yüklerini hafifletmek ve enerji tüketimini minimize etmek açısından oldukça önemli bir rol oynamaktadır. (Çakmanus, 2003)

2.4 Bölüm Sonuçları

Ekolojik bina tasarımları disiplinler arası bir ekip çalışmasını da beraberinde getirmektedir. Böylelikle bina tüm bileşenleri ve kullanılan sistemler ile bir bütün olarak ele alınmakta ve alınan verim arttırılmaktadır. (Çakmanus, 2003)

İklim, doğal çevreye uygun, mümkün olduğunca az enerji tüketen ancak, bu sırada olabildiğince yenilenebilir enerjilerden yararlanan bina tasarımları ekolojik mimarlığın başlıca hedeflerindendir. Bu hedeflere ulaşabilmek için, konuya enerji ve ekoloji açısından bakılmalıdır. Mevcut kaynakların akılcı kullanımı, dönüşüm gerekleri ve bunu sağlayabilecek sistemleri tanımak ve bilmek gerekmektedir. (Çakmanus, 2003)

Teknolojinin gelişimi ile beraberinde getirdiği avantajların ve kısıtlamaların bilinmesi, tüm bunlara göre değerlendirme yapabilmek ekolojik tasarım hedeflerine ulaşabilmek için bir diğer yöntemdir. (Çakmanus, 2003)

Bina tasarım, üretim ve işletim süreçlerinde farklı uzmanlık alanlarındaki ekipler arasında işbirliği yapmak ve teknoloji ve enerjinin tasarımda rol oynayabilecek farklı uzmanlık alanlarını tanımak ve bilmek, ekolojik tasarıma ulaşma hedeflerinden kabul edilmektedir. (Çakmanus, 2003)

Mevcut çevre kirliliğine konutların etkileri Çizelge 2.3’de gösterilmiştir. Konutlardaki enerji tüketiminin çok fazla olması nedeni ile mimarlara düşen sorumluluk oldukça fazladır. Bu nedenle, 1970’lerde başlayan mimaride ekoloji kaynaklı, çevreyi korumaya yönelik önlemler, Bruntlund raporu ve en son 1997 yılında imzalanan Kyoto Sözleşmesi ile hız kazanmıştır.

İlk olarak güneş mimarlığı olarak ortaya çıkan ekolojik mimarlık kavramı, F.L. Wright’ın oluşturduğu organik mimari ile de benzerlik göstermesine rağmen mimariyi daha bilimsel olarak incelemekte ve organik mimariden ayrılmaktadır. (Ayaz, 2002)

Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak plansız kentleşme, kontrolsüz yapılaşma, alt yapı sorunları ve beraberinde getirdikleri, doğadaki canlı hayatı ve insan sağlığını da olumsuz etkileyen çevresel sorunlar, kaynakların yaşadığımız asır içerisinde tükeneceği olasılığı ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi sonucu açığa çıkan maddelerin çevreye verdikleri zarar karşısında daha sağlıklı, daha kaliteli ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarına da cevap verebilecek planlamalar günümüzde önemli bir rol oynamaktadır. (Koçhan, 2002)

Ekolojik mimarlık kriterleri mimari tasarımlar için, ülkemizde henüz tam olarak uygulanamamaktadır. Devlet tarafından getirilen çeşitli yasal zorunluluklara rağmen ekolojik mimarlık bilinci mimar ve inşaat mühendislerinde olduğu gibi konut sahiplerinde de oluşturulamadığı gözlenmektedir. Soruna çözüm olarak konu ile ilgili eğitim zorunlu olmaktadır. Sürdürülebilir toplum, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir ekonomi anlayışı kişilere aktarılmalıdır. Gelecek nesillere karşı sorumluluk sağduyunun bir sonucudur.

Günümüzde ekolojik mimarlık; enerji kaynaklarının akılcı kullanımını, çevreye salınan atık ve çöp miktarını minimuma indirmeyi, yeşil alanların korunmasını, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek, doğal yapı malzemelerinin kullanımını hedeflemektedir. Ekolojik mimarlıkta, gelecekteki enerji sorununa ve mevcut yenilenemeyen enerji kaynaklarının yarattığı çevre sorunlarına karşı yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelim kaçınılmazdır.

3. EKOLOJİK MİMARLIKTAKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIM SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Günümüzde bir çok sektörde vazgeçilmez bir ihtiyaç haline gelen enerjinin çevre sağlığına etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi; doğal enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi öncelikli araştırma ve yatırım alanları haline gelmiştir. Yenilenebilir enerjilerin konut sektöründe kullanımlarının incelenmesi amacı ile bu bölümde enerji kavramı ele alınarak, yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynakların dünyada ve ülkemizdeki kullanım potansiyellerinden, mimarlıkta kullanım ve uygulama örneklerinden söz edilecektir.

Enerji genel anlamda bir işi yapabilme gücü olarak tanımlanmaktadır. “Enerji, elle tutulmayan gözle görülemeyen, bir anlamda maddesel varlığı olmayan bir güç olarak tanımlanır. Enerjinin fizikte en basit tanımı “iş yapabilme gücüdür”. Bu tanım çok basit olmakla birlikte pratik açıdan anlamlıdır. Çok geniş anlamda ise enerji “madde” demektir. Uzaydaki enerjinin devamlı olarak maddeye, maddenin de tekrar enerjiye dönüştüğünü göz önünde bulundurursak; madde, somutlaşmış bir enerji biçimidir, ancak kendi başına hareket edemez.” (Göksu,1999;Bozdoğan, 2003)

İnsanın yerleşik hayata geçmesi ile kullandığı önemli bir enerji kaynağı su enerjisidir. MÖ. 100 yıllarında yapılan su değirmenleri ile nehirlerden hızla akan su enerjisi, tarlalardan elde edilen ürünlerin öğütülmesinde kullanılmıştır.

MS. 12. yüzyılda kullanımı yaygınlaşan başka bir makine de rüzgar gücü ile çalışan yel değirmenleridir. Yel değirmenleri de ilk başlarda elde edilen tarım ürünlerinin öğütülmesinde kullanılsa da daha sonra elektrik elde edilmesinde de yel değirmenlerinden yararlanılmıştır.

16. yüzyıldan sonra enerji üretiminde odunun yerini kömürün alması ile ısı enerjisi verimi artmıştır. Daha çok enerjinin daha kısa sürde elde edilmesi ile daha önce işlenemeyen metaller yüksek sıcaklıklarda işlenmiştir. Kömürün sanayide ısınma amaçlı kullanımı sanayi devrimini de beraberinde getirmiştir.

19. yüzyılda petrolün de bulunmasıyla enerji kullanımı hızlanmıştır. İlk defa 1859’da ABD’de Titusville’de açılan bir kuyudan petrol çıkarılmıştır. 19.yüzyılda yeni enerji kaynaklarının bulunması ile enerji kullanımı hızlı bir artış göstermiştir. Enerji kullanımındaki bu artış teknolojideki gelişimin de bir göstergesidir. Çok önemli teknolojik gelişmeler bu yüzyılda gerçekleşmiştir. İlk ticari buharlı gemi (1807), ilk buharlı lokomotif (1814), telefon (1876), elektrik ampülü (1880), ilk elektrik motoru (1888), ilk diesel motoru (1892) ve ilk otomobil üretimi (1893, Benz ve Ford) bu yüzyılda gerçekleşmiştir. (İnan, 1995)

20. yüzyıl ise daha çok 19. yüzyılda keşfedilen enerji kaynakları kullanım yöntemlerinin ve üretilen teknolojik ürünlerin geliştirildiği bir yüzyıl olmuştur. Dolayısıyla enerji kullanımı çok artmıştır. Yeni bir enerji kaynağı olan atom enerjisi bu yüzyılda gündeme gelmiştir. Atomun çekirdeğinin parçalanması ile elde edilen bu enerjinin ilk kullanımı 2. Dünya Savaşı sırasında Hiroşima'ya atılan atom bombası şeklinde olmuştur. Benzer bir teknolojiye sahip hidrojen bombası da yine bu yüzyılda üretilmiş bir uygulamadır.

Görüldüğü üzere 20. yüzyılda çeşitli enerji kaynaklarına olan ihtiyaç çok artmış hatta insanoğlu, çoğu yenilenemeyen enerjiler sınıfına dahil bu enerjilere gündelik yaşamını sürdürülebilmek için bağımlı hale gelmiştir.

1970 ve 1980 yıllarında yaşanan petrol krizleri, bir gün tüm teknolojimizin ve uygarlığımızın bağlı olduğu bu enerji kaynağının bir gün tükeneceğini göstermiştir. Başka bir sorun da bugün enerji kaynağı olarak kullanılan petrol türevi kaynakların kullanılmaları sırasında ortaya çıkan kimyasal madde ve gazlardır. Tüm bunlar çevre sorununu da gündeme getirmiştir. Bu kaynakların insan sağlığına da olumsuz etkileri bulunmaktadır. Tükenebilir enerji kaynaklarından çekirdek enerjisi de kullanılması sırasında oluşan radyoaktif atıklardır. Bu atıkların ortadan kalkması için gereken tek şey zamandır ve bu süre içinde bu atıkların çevreye ve insanlara zarar vermemesi gerekmektedir. Ayrıca bu enerji kaynaklarından enerji elde eden santrallerin de herhangi bir kaza anında çevreye zarar vermeleri kaçınılmazdır. (İnan, 1995)

Günümüzde yenilenemeyen enerji kaynaklarının olumsuz etkilenmiş olan dünyamız için gelecek nesillere yaşanabilir bir çevre bırakmak adına, çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Tükenebilir enerji kaynaklarının etkilerini en aza indirmek, giderek azalan miktarlarda kullanımlarını sağlamak yüzyılımızın enerji politikasının temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla tükenbilir enerji kaynaklarının yerine geçebilecek, dünyadaki enerji ihtiyacının tamamını sağlayabilecek, kolay ve bol bulunan tükenmez, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim de kaçınılmazdır. Görülüyor ki, 21. yüzyıl yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının büyük oranda artış göstereceği bir yüzyıl olacaktır.

Günümüzde bir çok alanda en önemli ihtiyaç haline gelen enerji, üretim-tüketim ve talep doğrultusunda birincil ve ikincil kaynaklar olarak sınıflandırılır. Birincil kaynaklar doğada mevcut kaynaklardır (fosil yakıtlar, güneş ve türevleri, uranyum, toryum, jeotermal enerji, su enerjileri). İkincil enerjiler ise doğada varolmayan fakat doğada varolan başka bir enerji yolu ile elde edilen enerji kaynaklarıdır (elektrik enerjisi, havagazı, briket, kok) (Bozdoğan, 2003).

Enerji kaynakları, çevreye olan etkileri göz önüne alındığında yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki grupta toplanır.

3.1 Yenilenemeyen Enerji Kaynakları

Yenilenemeyen enerji kaynakları, milyonlarca yıl önce depolanmış olan fosil atıkları, petrol, doğalgaz, kömür, petrollü kayalar ve nükleer enerjidir. 1987 yılı verilerine göre bulunan fosil yakıtlardan petrolün 41 yıl, katı yakıtların 226 yıl, ve doğalgazın ise 59 yıl içinde tükenecekleri tahmin edilmektedir.

Nüfus yoğunluğunun giderek artması ve buna bağlı olarak kaynak tüketimindeki artış ve kaynakların sınırlı oluşu, enerji tüketiminde önemli bir payı bulunan inşaat sektöründe yeni çözüm arayışlarına gidilmesine neden olmuştur. Özellikle 1974 ve 1979 yıllarındaki petrol krizleri ile enerji sorunu gündeme gelmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çalışmaları hız kazanmıştır.

3.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi , rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi ve hidrolik enerjidir. Yenilenemeyen enerji kaynakları ile kıyaslandığında çevreye olan olumsuz etkileri azdır. Bu nedenle “temiz enerjiler” olarak da adlandırılırlar.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Çevreye olan olumsuz etkilerinin az olması.
- Hava, su, çevre kirliliğine neden olmamaları, sera etkisini azaltmaları ve mevcut hayvan türlerini ve bitki dokusunu korumaları.
- Yenilenebilir (tükenmez) olmaları
- Yerel olmaları
- Toplumsal, güvenlik, işletme, yakıt ve atıklarının yok edilme maliyetlerinin az olması.
- Ekolojik olmaları ve gelecek nesillerin de haklarına saygılı olmaları
- Yakıt yönünden başka ülkelere bağımlılığı ortadan kaldırdıkları gibi bu nedenle çıkan savaşlarında önüne geçmeleri ve barışı destekleyici olmaları
- Toplumsal ve ekonomik gelişmeyi desteklemeleri

Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi'nde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarının toplam mevcut enerji kaynak kullanımına oranını artırma hedeflenmiş ve Ulusal Koordinasyon Grubu T.C Çevre Bakanlığı yardımı ile konu ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda gerçekleşmesi beklenen enerji krizi ve çevre, insan sağlığını da etkileyen mevcut olumsuz faktörler gereğince, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ülkelerin enerji politikalarına yön veren önemli kriterlerden olmalıdır. Tüm dünya ülkeleri ile birlikte Türkiye'de de bir an önce konu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmalı ve ilgili resmi kuruluşlar kaynak yerlerini, miktarını ve potansiyelini belirleyerek bilimsel çalışmalar başlatılmalıdır. Devlet teşviği, vergi indirimi gibi uygulamalarla özel girişimciler desteklenmelidir. Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli dikkate alınacak olunursa, kullanılan enerjinin büyük bir kısmının yenilenebilir – temiz enerjilerden sağlanması önünde hiçbir engel bulunmamaktadır.

3.2.1 Güneş Enerjisi

“Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.” [1]

Güneş enerjisi, kolay elde edilebilmesinin yanı sıra çevreye zarar vermemesinden dolayı yenilenebilir ve tükenmez enerji kaynakları içinde ilk sırada yer almaktadır. Dünyamıza yaklaşık 150 milyon km. uzaklıktaki güneş, dünyada bir yılda kullanılan toplam enerjinin yaklaşık 20 bin katı kadar enerji göndermektedir. Dünyanın güneş etrafında dönerken kendi etrafında da dönmesi güneşten gelen enerjinin her gün değişik miktarda olmasına neden olmakta, bu durum da dünya üzerinde mevsimlerin oluşmasını sağlamaktadır.

(Bozdoğan,2003)

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, birincil enerji kaynağı olarak da önemli bir yere sahiptir. Yeryüzünün coğrafi özelliklerinden dolayı farklı derecelerde ısınmasından oluşan basınç farklılıklarının oluşturduğu rüzgar ve rüzgar sayesinde oluşan okyanus akıntıları ve deniz dalga enerjileri güneş enerjisinin türevleridir.

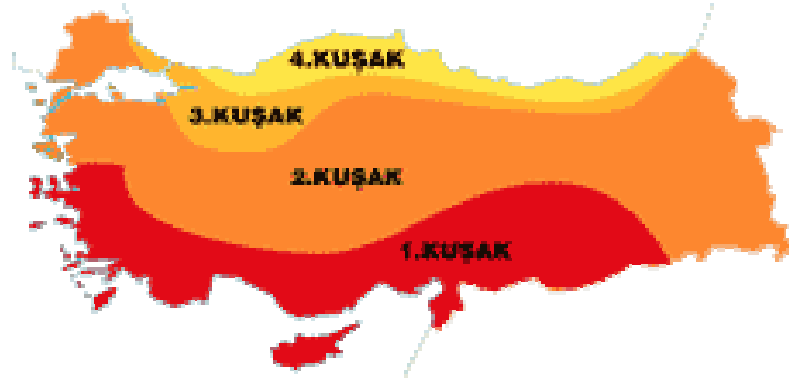
Tükenebilir enerji kaynaklarının sınırlı olması ve giderek artan çevre kirliliği gibi problemler nedeni ile özellikle 1970'lerden sonra güneş enerjisi kullanımına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. (Göksal, 2000)

Türkiye güneş enerjisi yönünden zengin bir ülkedir. Bunda bulunduğu coğrafi konumun da büyük bir rolü bulunmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1966-1982 yılları arasında yapmış olduğu ölçümlere dayanarak Elektrik İşleri İdaresi Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresini 2640 saat (7,2 saat/gün), toplam ışıyım şiddetini ise 1311 kWh/m² olarak belirlemiştir.[1]

Çizelge 3.1 Türkiye'nin yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli [1]

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'de en fazla güneş enerjisi alan bölge Güney Doğu Anadolu Bölgesi'dir. Akdeniz Bölgesi ise ikinci sırada yer almaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.1 Türkiye'nin güneş enerjisi haritası [1]

Çizelge 3.2 Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı [1]

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

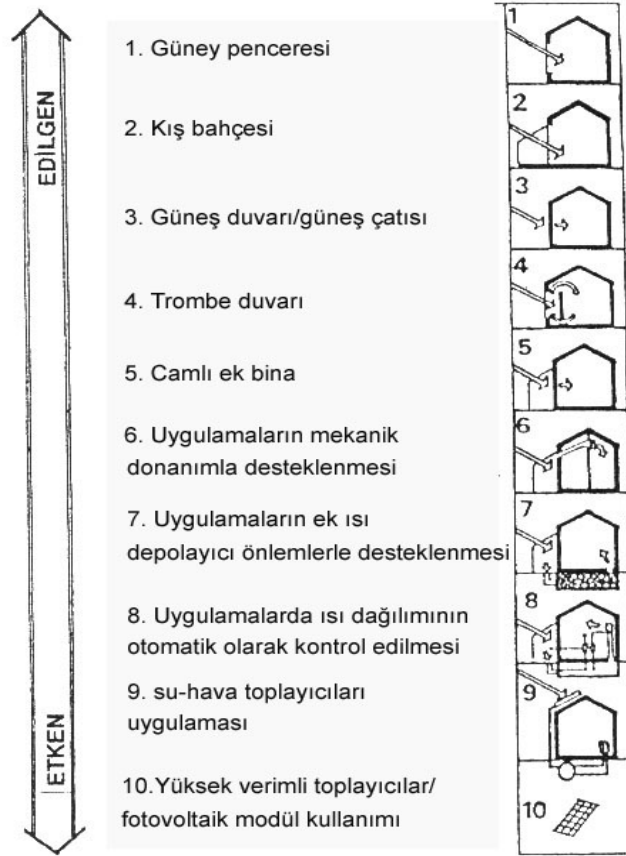
Son yapılan çalışmalar ile Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyelinin mevcut değerlerden daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ve DMİ (Devlet Meteoroloji İşleri) kesin değerlere ulaşabilmek için 1992 yılından bu yana 57 ilde kurdukları ölçüm istasyonları ile güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Çalışmalar sonucu mevcut güneş enerjisi potansiyelinin eldeki verilere göre % 20 – 25 arası daha fazla çıkacağı tahmin edilmektedir.

3.2.1.1 Güneş Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

Güneş enerjisinin mimarlıkta ısınma gereksinimi nedeni ile kullanımı, diğer enerji kaynaklarına göre daha eski uygulama örneklerine sahiptir. Güneş her zaman diğer yenilenebilir enerji kullanım sistemlerine oranla daha fazla tercih edilmiştir. Enerjinin daha çok tanınması, kullanılan teknolojilerin çok çeşitli olmasını da beraberinde getirmektedir.

Güneş enerjisinin mimarlıkta kullanımı **pasif sistemler** ve **aktif sistemler** olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Aktif ve pasif sistemler hakkında bir çok tanım mevcut olsa da her iki sistemi birbirinden ayırmak oldukça güçtür (Göksal, 2000). Kullanımlarına göre pasif sistemlerden aktif sistemlere doğru bir çizelge hazırlamak daha doğru olacaktır (Şekil 3.2).

Çizelgede de görüldüğü gibi bina tasarım aşamasında planlama yaklaşımları ve kullanılan malzemeler ile güneş enerjisini mekanların ısıtılması için kullanmak “pasif sistemler” olarak adlandırılırken, tasarıma her eklenen yeni teknolojik ürünler aktif sistemlere doğru atılan bir adım niteliğindedir. Binanın mekanik sistemlerle desteklenmesi ile çizelgede aktif güneş sistemlerine geçildiği ve bu sistemlerin pasif sistemlerle de istendiğinde desteklenebileceği görülmüştür.



Şekil 3.2 Güneşten yararlanmada pasif ve aktif sistemler (Göksal, 2000)

Tüm bu sistemler mimarlıkta “**güneş mimarlığı**” adı altında toplanmıştır. Genel olarak güneş mimarlığı, güneş radyasyonundan faydalanarak güneşten gelen bu enerjiyi yapılarda en verimli şekilde kullanmak amacını taşımaktadır.

Güneş mimarlığı, sadece aktif ya da sadece pasif sistemler olabileceği gibi iki sistemi de içinde barındırabilir. İklim ve çevre verilerine göre tasarlanan yapılarda sistem bileşenleri yapı bileşenleri olarak tasarlanmaktadır. Ayrıca uygulamalarda doğal, insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen malzemeler kullanılmaktadır. (Dedeoğlu, 2002)

Pasif Güneş Sistemleri

Pasif sistemler, tasarım esnasında çevre ve iklim verilerine dayanarak oluşturulan mekan biçimleri ve yapı bileşenleri sayesinde güneş enerjisinden maksimum verim elde etmek, şeklinde tanımlanabilirler. Pasif sistemlerde güney-doğu ve güney-batı ekseninde açılan duvar boşlukları ya da kış bahçeleri ve seralar yardımı ile güneş enerjisi mekan içine alınmakta ve yapı bileşenleri vasıtası ile mekana yayılmaktadır.

Pasif sistemlerde üç ana fonksiyon mevcuttur:

- **Toplama:** Güneş enerjisinin güney-doğu ve güney-batı aksında açılan pencereler, kış bahçeleri, seralar, dolaylı kış bahçeleri, atriumlar sayesinde mekan içine alınmasıdır.
- **Depolama:** Mekan içine alınan ısının bir kısmı kullanıldıktan sonra diğer kısmının zemin ve duvarlarda daha sonra kullanılmak üzere depolanmasıdır.
- **Dağıtma:** Depolanan ısının mekana dağıtılmasıdır. Bu işlem ısıtım veya taşıma yolu ile olabileceği gibi fanlar vasıtası ile de yapılmaktadır.(Dedeoğlu, 2002)

Pasif sistemler de kendi içinde **direkt pasif sistemler** ve **endirekt pasif sistemler** olarak ikiye ayrılmaktadır. Direkt ve indirekt pasif sistemlerin çalışma prensipleri Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de gösterilmiştir.

Direkt pasif sistemler güneş ışığını mekan içine alarak direkt kullanmaktadırlar. Gündüz kullanılmayan enerji duvar ve zeminde depolanırken gece bu enerji mekana dağıtılır. Endirekt pasif sistemlerde ise güneş enerjisi mekan içine alınırken aynı zamanda depolama da yapılmaktadır. (Lebans, 1980)

Depolama amaçlı olarak mekanlarda güneye bakan trombe duvarı sıkça kullanılmaktadır. Bu duvar toplayıcı önüne koyularak koyu yüzeyi sayesinde ısıyı depolar ve daha sonra mekana yayar. Duvar üzerinde açılan boşluklar ise hava sirkülasyonu için yapılmaktadır. Trombe duvarı yerine içi su ile dolu su duvarı kullanılırsa enerji verimi daha çok artar. Bununla beraber kaya zeminler de depolayıcı olarak kullanılmaktadırlar. (Lebans, 1980)

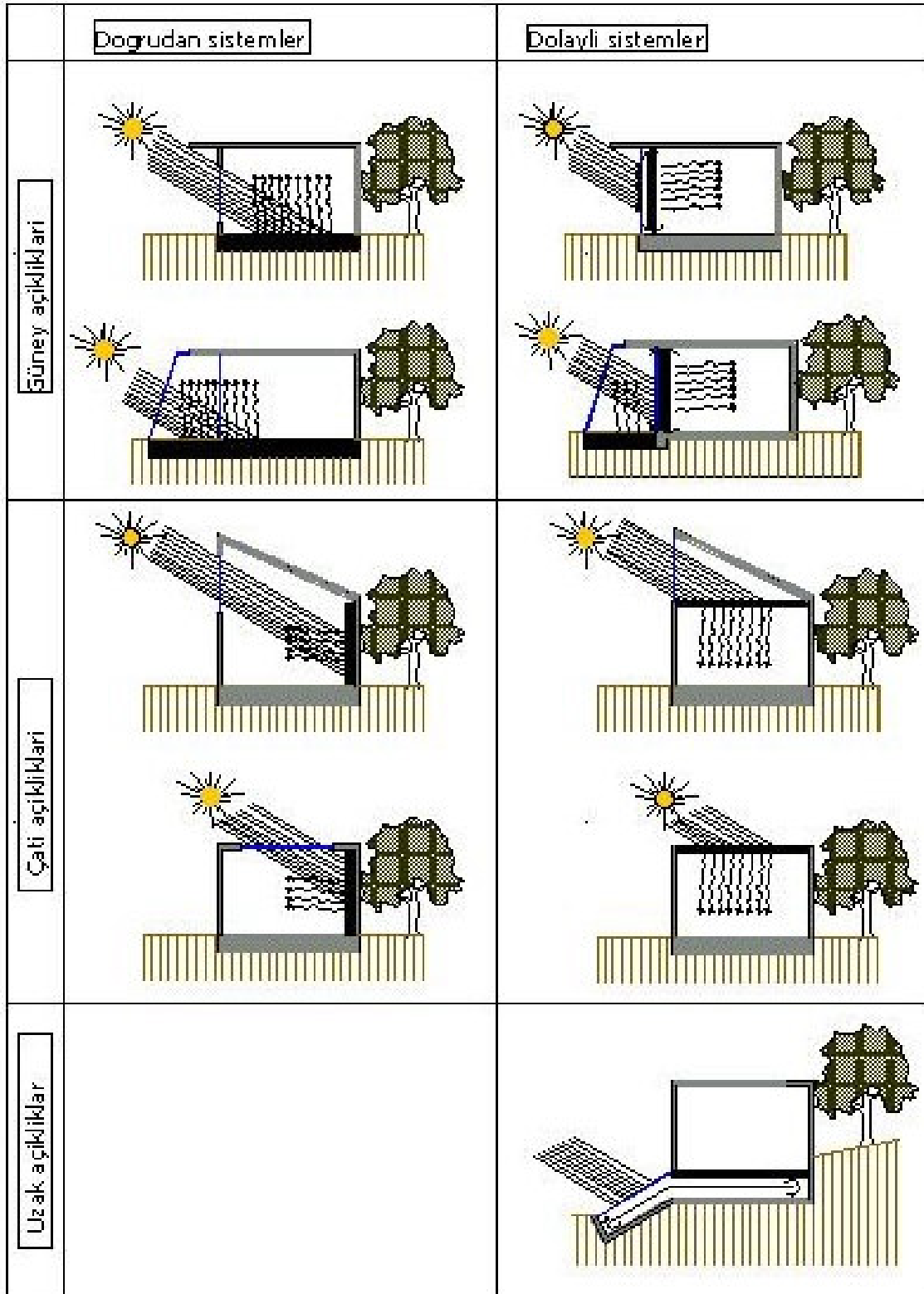
Isının toplanması bakımından binalarda üç temel açıklık kullanılmaktadır. Bunlar, güney açıklıkları, çatı açıklıkları ve uzak açıklıklardır. Güney açıklıkları mekan ısıtma için en önemli ve en çok kullanılan açıklıklardır. Güneye açılan pencereler ile mekan içine alınan güneş ısısı zemin ve duvarlar ile ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Güney cephesine

yerleştirilen bir trombe duvarı ile de ısı depolanarak dolaylı ısınma sağlanmaktadır. Güney cephesine açılan bir hava bacası ve pencereler yardımı ile yaz aylarında hava hareketi sağlanarak ısınana hava bu baca görevi üstlenen açıklıktan dışarı atılmaktadır. (Demirbilek ve Eryıldız, 2001)

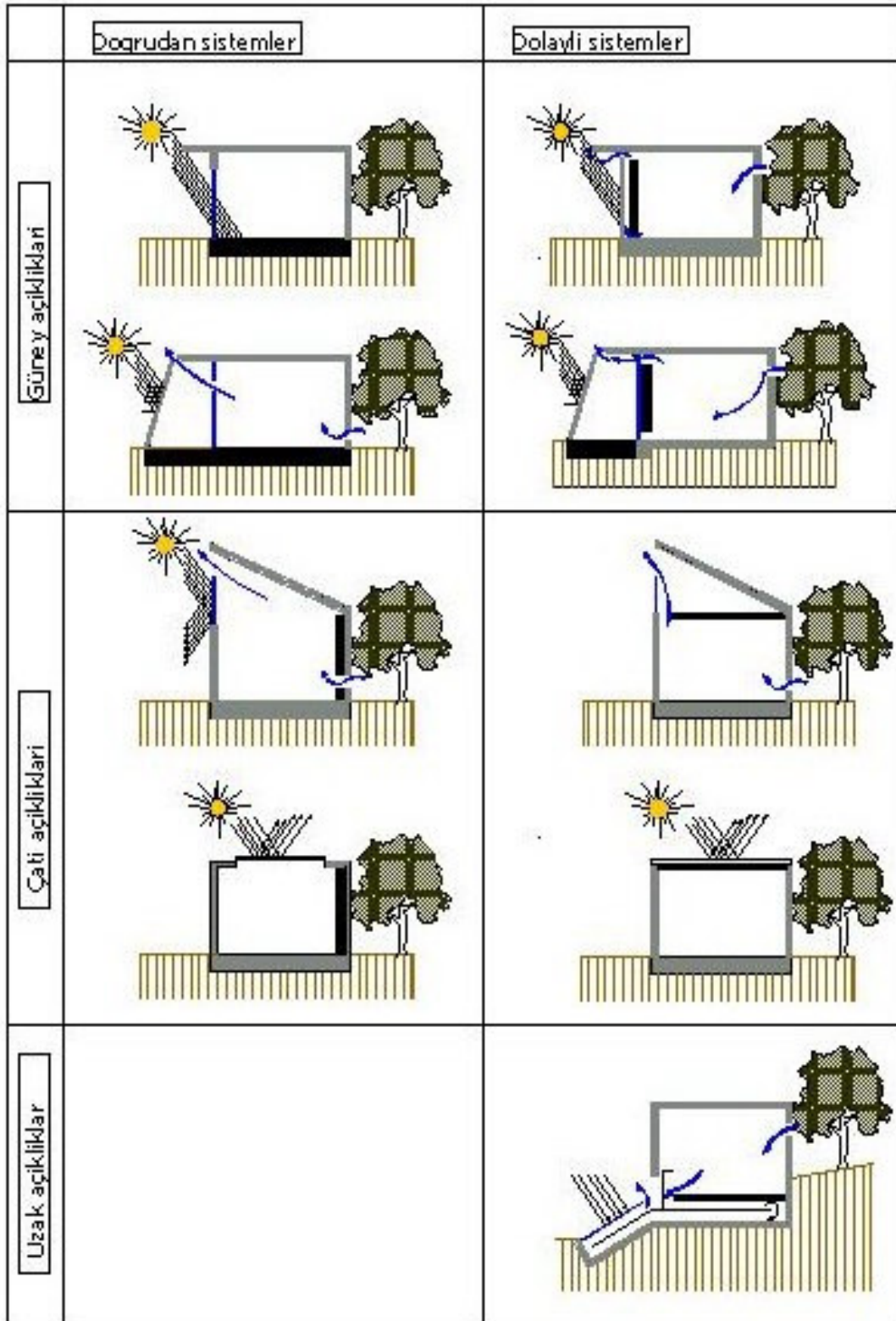
Eğer cephede yeterli alan yok ise ya da cephe önüne gelen komşu binalar ya da yeşil alan gibi elemanlar güneşten yararlanmayı engellemekte ise çatı açıklıklarından da yararlanılabilir. Güney açıklıkları ile aynı işleve sahip olan çatı açıklıkları sisteminde trombe duvarı depolamak için kullanılırsa dolaylı olarak güneşten yararlanmış olunmaktadır. Mekan soğutma amaçlı da kullanılabilen çatı açıklıkları üzerine açılan bir pencere sayesinde yeterli hava hareketi sağlanarak soğutulmaktadır. (Demirbilek ve Eryıldız, 2001)

Teras çatılarda ise çatı üzerine yerleştirilen bir havuz ile ve hareketli yalıtım vasıtası ile ısıtma ve soğutma sağlanmaktadır. Kış aylarında gündüz havuzun üstü açılarak suyun ısınması sağlanmakta gece ise hareketli bir yalıtım kapatılarak ısınan suyun mekanı ısıtması sağlanmaktadır. Yaz aylarında ise gündüzleri havuzun üzeri kapatılır ve bütün gün serin kalan su gece yalıtım açılarak mekanı serinletmede kullanılır. Bu sistemlere güneş havuzları da denilmektedir. (Demirbilek ve Eryıldız, 2001)

Uzak ya da ayrıık açıklıklar binanın bir parçası olmamakla birlikte binanın üzerinde bulunduğu arazinin eğiminden faydalanılarak yerleştirilen sistemlerdir. Mekan içerisindeki ısı akışı doğal yöntemler ise elde edilmekte ise sistemler pasif güneş sistemleri adı altında yer almaktadır. Eğer sistemlerde güneşe yerleştirilen cam kısım üzerinde kolektörlerden yararlanılmakta ise sistem aktif bir sistem özelliğindedir.



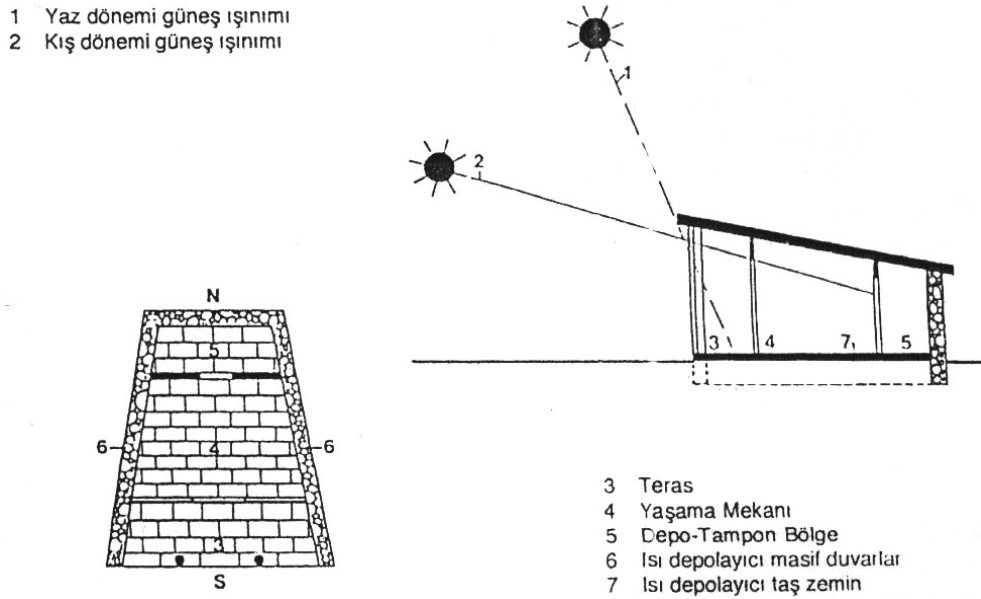
Şekil 3.3 Güneşten mekan ısıtma amaçlı yararlanmada direk ve endirek sistemler (Demirbilek ve Eryıldız, 2001)



Şekil 3.4 Güneşten mekan soğutma amaçlı yararlanmada direk ve endirek sistemler (Demirbilek ve Eryıldız, 2001)

Güneş enerjisi kullanımının tarihsel sürecine göz atarsak; insanoğlunun, yaşamın kaynağı güneşten başta ısınma ve aydınlatma olmak üzere pek çok alanda binlerce yıldır yararlanmakta olduğunu görmekteyiz.

Konut içinde ısınma ihtiyacı için ilk olarak güneşten faydalanılması 2500 yıl önce Socrates Evi ile görülmüştür (Göksal, 2000). Socrates Evi'nde görüldüğü üzere kuzey cephesinin dar tutulup tersine güney cephesinin uzun tutulması ile kış güneşi mekan içine alınmıştır (Şekil 3.5). Yapıda, ısı depolayıcı özellikteki masif duvarlar ve taş zemin kullanımı da gündüz elde edilen ısıyı gece mekana yaymakla görev yapmaktadırlar. Kuzey cephede tampon bölge oluşturmak ve saçak ile yaz güneşinin engellenmesi, güneşin edilgen kullanımının ilk uygulaması olarak görülmektedir.



Şekil 3.5 Socrates Evi (Göksal, 2000)

“Konu ile ilgili ilk bilimsel çalışmalar 1940’lı yıllarda gerçekleştirilmiştir (İlk modern edilgen güneş evi uygulaması, 1940, Amerikalı mimar George – Fred Keck).” (Göksal, 2000) Bu yıllarda artan çevre bilinci ile ilgili halkı eğitici ve bilinçlendirici görüşler de yayınlanmaya başlamıştır. Tüm bu yayınlarda ve çalışmalarda ortak fikir; ekolojik dengeleri bozmadan teknolojiye ilerlemeye devam etmek ve insanları çevreye duyarlı olmak konusunda uyarmak ve eğitmek şeklinde sıralanabilir.

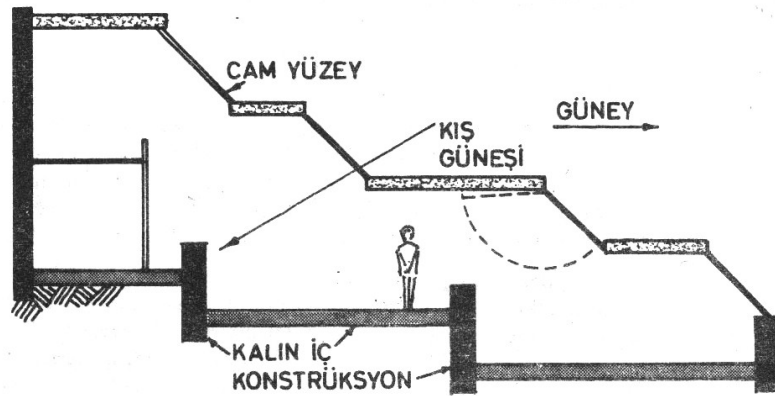
Konu ile ilgili en iyi örneklerden biri **Karen Terry Güneş Evi**’dir (Şekil 3.6). Direk sistemlerin en güzel örneklerinden olan bina Santa Fe, New Mexico’da bulunmaktadır (36° enlem). Binanın mimarı David Wright’tır ve bina güneşe bakan eğimli bir arazi üzerinde

konumlandırılmış olup binanın tüm seviyesi sadece güneş enerjisi ile pasif olarak ısıtılabilir.



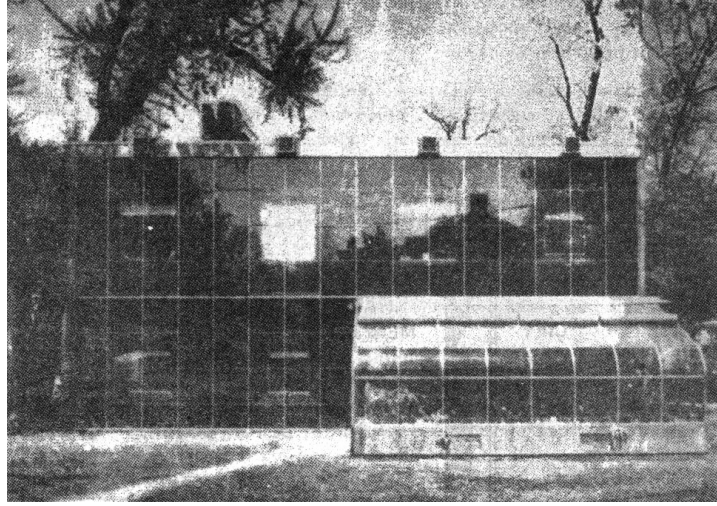
Şekil 3.6 Karren Terry Güneş Evi (Deriş, 1984)

Bina, 80 m²'lik bir inşaat alanına sahiptir. Binanın güneye bakan 4.9 x 1.8 mt ebatlarındaki pencereler gece vakti ısı kayıplarını önlemek amacı ile hareketli bir yalıtım ile kapatılmaktadır. Bina duvarları 35 cm.'dir ve dış taraftan 5 cm. köpüklü poliüretan ile yalıtılmıştır. Kış aylarında kalın ve masif konstrüksiyon ısı depolayıcı görev almaktadır. Duvarlar toplamda 65 ton, döşemeler ise 45 ton ağırlığında olduklarından konstrüksiyonun ısı depolayıcı özelliği yüksektir. Bir de bölme duvarlar olarak kullanılan, kışın en fazla güneş alan kısımlara yerleştirilen, her biri 200 litrelik 22 adet su bidonu da ısı depolamak amacı ile kullanılmaktadır. Binada pasif güneş sisteminin katkısı % 90 civarlarında olmaktadır. Sistem iki adet odun sobası ile de desteklenmektedir. (Deriş, 1984)



Şekil 3.7 Karren Terry Güneş Evi Isınma Şeması (Deriş, 1984)

Bir diğ er pasif güneş enerji sistemi  rneği, D.Kelbaugh tarafından Princeton, New Jersey’de (40° enlem) tasarlanan **D.Kelbaugh Güneş Evi**’dir (Şekil 3.8). Bina 195 m²’lik bir inşaat alanına sahiptir. Binanın güney cephesine yerleştirilen sera ve tamamen cam ile örtülen güney cephesi ısı toplayıcı olarak kullanılmaktadır. (Deriş, 1984)

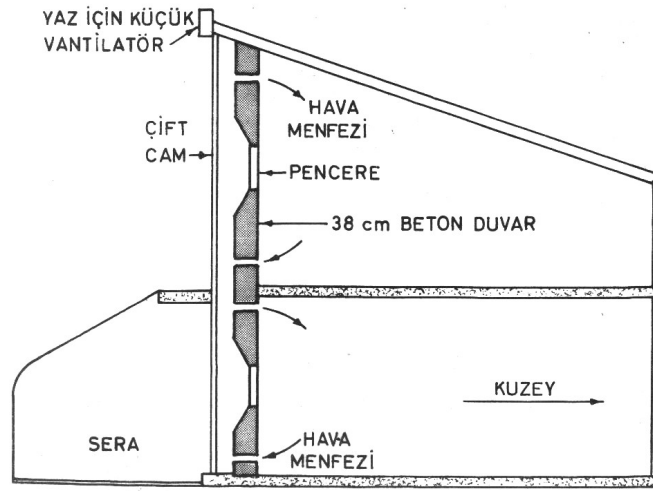


Şekil 3.8 D. Kelbaugh Güneş Evi (Deriş, 1984)

Binanın güney cephesindeki cam cephenin 15 cm ardında konumlandırılan 38 cm kalınlığındaki ve dışı siyah boyalı beton duvar hem ısı toplayıcı hem de depolayıcı olarak kullanılmaktadır. Duvar üzerinde açılan menfezler yardımı ile alt kısımdan giren hava, 15 cm’lik kanal içinde güneş enerjisi ile ısınmakta ve ısınan hava genleşerek üst kısımdaki menfezlerden mekan içine alınmaktadır. Ayrıca beton duvar ışıma yolu ile de mekanları ısıtmada kullanılmaktadır. Alt kattaki sıcak havanın üst kata kaçmasını önlemek amacı ile üst kata çıkan merdiven boşluğu bir kapı ile örtülmektedir. Bununla beraber binanın güney cephesinde çift cam uygulaması bulunmaktadır. Beton duvardan banyo dışında tüm mekanlar faydalanmaktadır. (Deriş, 1984)

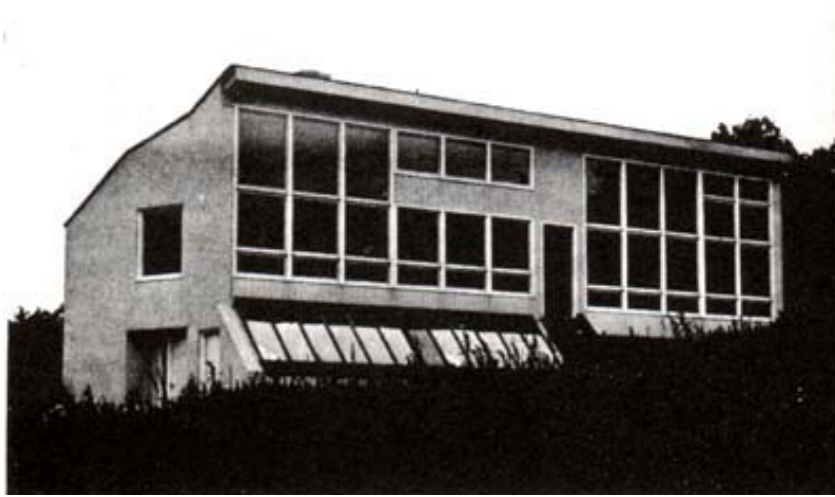
Isı depolama amaçlı serada esas olarak her biri 200 litrelik sekiz adet su bidonu bulunmaktadır. Oda sıcaklığı yaklaşık 18 °C’dir. Banyoyu ve gerekli hallerde yaşama alanlarını ısıtabilmek amacı ile binaya bir sıcak hava kazanı da eklenmiştir. Yaz aylarında içeri giren serin havanın sirkülasyonu yine beton duvar üzerindeki hava menfezlerinden sağlanmaktadır. Ayrıca hava kanalı içinde 4 adet vantilatör de ısınan havanın dışarı atılması için kullanılmaktadır. Seranın  st  ise fazla ısınmaya karşı korumak için katlanabilen bir örtü

ile örtülmektedir. Pasif güneş sisteminin binanın enerji gereksiniminin %75 ile % 80'inini karşılayabildiği görülmektedir. (Deriş, 1984)



Şekil 3.9 D. Kelbaugh Güneş Evi Kesiti (Deriş, 1984)

Lasar Evi, S. Lasar tarafından tasarlanmış, Connecticut'da (42° enlem) yapılmış olup 2 ½ katlı ve pasif güneş enerjisi sistemlerinin kullanan bir binadır (Şekil 3.10). Ev toplam olarak 230 m²'lik bir inşaat alanına sahiptir. (Deriş, 1984)



Şekil 3. 10 Lasar Evi (Deriş, 1984)

Bina güney ile batı arasında 5° açı yapacak şekilde batıya konumlandırılmıştır. Bina'nın güney cephesinde toplam 47 m² cam cephe mevcuttur. 12 m²'lik cam kısım sera için, zemin ile 60 ° eğim yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Bina'nın dışı 7.5 cm polistren köpük ile yalıtılmış

oluo çatıda da 18 cm camyünü kullanılmıştır. Binanın diğer cephelerinde mümkün olduğunca pencere açıklıklarından kaçınılmıştır. Isı depolayıcı olarak kalın duvar ve döşemeler kullanılmaktadır. (Deriş, 1984)

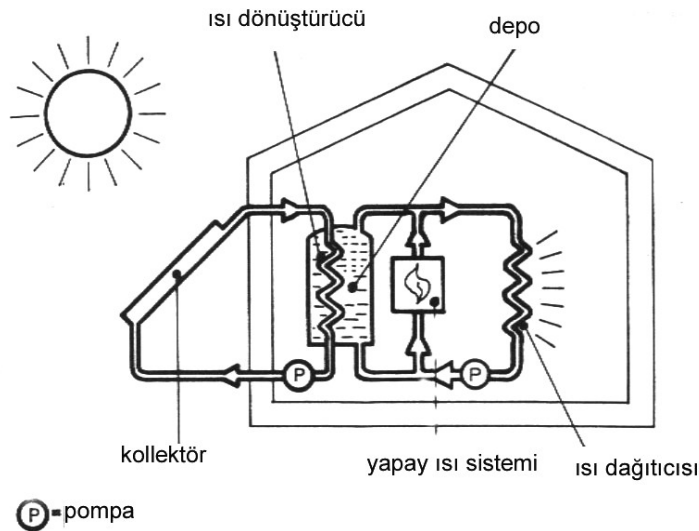
Güney cephesinin doğu kısmında trombe duvarı kullanılmıştır. Trombe duvarı ile cam cephe arasında 60 cm boş alan bırakılmış ve cam temizliği için rahatlık sağlanmıştır. Seraya ait 60 ° eğime sahip camların arkasında 1.5 mt yüksekliğindeki bir duvar bu camlar tarafından ısıtılmaktadır. Duvar yüksekliği az olduğundan bulunulan mekan da güneş ışığından yararlanmaktadır. Trombe duvarı tarafından ısıtılan 30 mt uzunluğundaki bakır su borusu duvara gömülü sıcak su deposundaki suyu ısıtarak kullanıma sunmaktadır. Sistem, binanın enerji gereksiniminin % 70'ini sağlamaktadır. (Deriş, 1984)

Aktif Güneş Sistemleri

Güneş enerjisinin mimarlıkta aktif olarak kullanımı, **güneş kolektörleri** ve **fotovoltaik piller** olmak üzere iki şekilde sağlanmaktadır.

Güneş Kolektörleri

Güneş kolektörleri, güneş enerjisinden yararlanarak yapılarda ısıtma ve su ısıtma amaçlı kullanılmaktadırlar. Sistemin çalışma prensibi Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Güneş ışınları kolektör üzerindeki emici yüzeyi ısıtarak bu yüzeye bağlı borular içindeki akışkanın ısınmasına neden olurlar. Akışkan genellikle bir pompa yardımı ile mevcut su deposuna aktarılır ve burada ayrı bir boru hattında bulunan kullanım suyunu ısıtır. Isınan su, mekan ısıtmada kalorifer suyu olarak ya da içme suyu hatta yüzme havuzu suyunda kullanılmaktadır.



Şekil 3.11 Düzlemsel kolektör genel çalışma şeması (Palz ve Steemers 1988)

Güneş kolektörleri şekil ve elde edilen ısı miktarına göre ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan biri **düzlemsel kolektörlerdir** ve belli bir yüzeye gelen güneş enerjisini tamamen ısıya çevirme amaçlı kullanılmaktadırlar. Bir diğeri ise **yoğunlaştırıcı sistemlerdir** ve belli bir yüzeye gelen güneş enerjisini daha küçük bir yüzeye yoğunlaştırarak daha fazla ısı elde etme amaçlı kullanılmaktadırlar (Tekiz, 2001). Yapılarda ısı elde etmek için düzlemsel kolektörler kullanılmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında diğer sistemlere oranla düzlemsel kolektörler daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

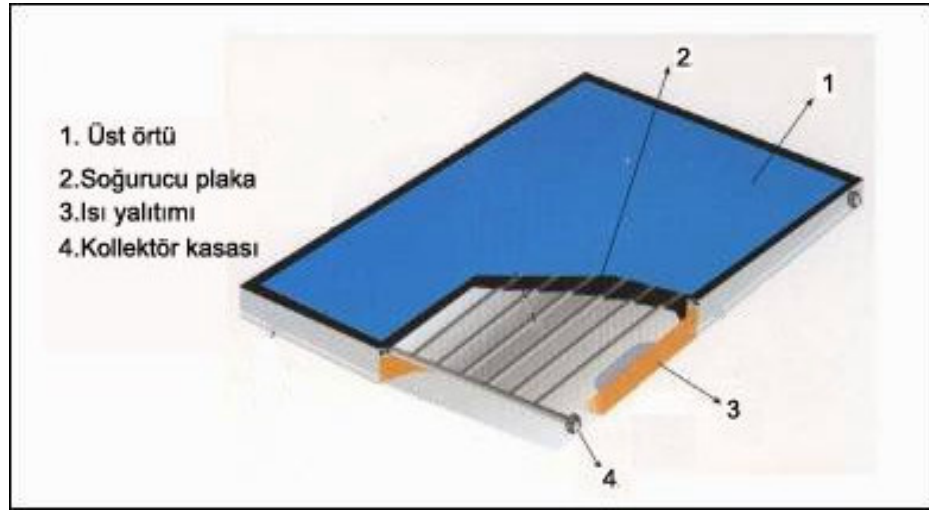
Yoğunlaştırıcı sistemler, daha fazla ısı enerjisi ürettiğinden büyük çaptaki enerji ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Daha çok kolektör tarlası şeklinde ve elektrik üretimi için olan uygulamaları mevcuttur (Şekil 3.12). Yoğunlaştırıcı sistemler, **parabolik oluk kolektörler**, **parabolik çanak sistemler** ve **merkezi alıcı sistemler** olmak üzere üç grupta toplanmaktadır:

- **Parabolik oluk kolektörler:** Kesitleri parabolik olan parabolik oluk kolektörler daha çok yansıtıcı yüzeyleri yardımı ile ortalarında bulunan soğurucu boruya güneş ışınlarını odaklayarak boru içindeki akışkanı ısıtırlar. Isınan akışkan elektrik üretimi için enerji santrallerine gönderilir. Kolektörler doğu-batı aksında yerleştirilirler.
- **Parabolik çanak sistemler:** Bu sistemlerde kolektörler, doğu-batı aksında hareket etmektedir. Güneş ışınları tek bir noktaya odaklanarak ısı enerjisi elde edilmektedir. Kazanılan enerji elektrik üretimi için santrale gönderilir.
- **Merkezi alıcı sistemler:** Her biri ayrı olarak odaklama yapan ve heliostat denilen aynalar, güneş ışığını ortada, alıcı adı verilen kuleye yansıtır. Güneş enerjisini soğuran kule içindeki akışkanı (su ya da hava) ısıtır. Isınan sıvı Rankine adı verilen makineye bağlanarak elektrik enerjisi üretilir. [2]



Şekil 3.12 Parabolik oluk ve parabolik çanak sistemler [2]

Düzlemsel kollektörlerin bileşenlerine bakacak olursak, sistemin aslında çok basit bir düzenek üzerine kurulduğunu görebiliriz. Sistemdeki asıl amaç yüzeye düşen güneş ışınlarını maksimum derecede soğurmak ve elde edilen ısı enerjisini su ısıtma amaçlı kullanmaktır. Düzlemsel kollektör yapısı şematik olarak Şekil 3.13'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi sistem, güneş ışınlarını geçirme özelliğine sahip bir malzemeden oluşan (cam,v.s.) bir üst örtüden, güneş ışınlarını absorbe ederek, plakaya bağlı borular içindeki akışkanın (su ya da hava) ısıtılmasını sağlayan bir soğurucu plakadan, kollektörün ısı geçirgenliğini önlemek amacı ile bir ısı yalıtımından ve yalıtkanın ıslanmaması için bir kollektör kasasından oluşmaktadır.



Şekil 3.13 Düzlemsel güneş kollektörü bileşenleri [3]

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak,

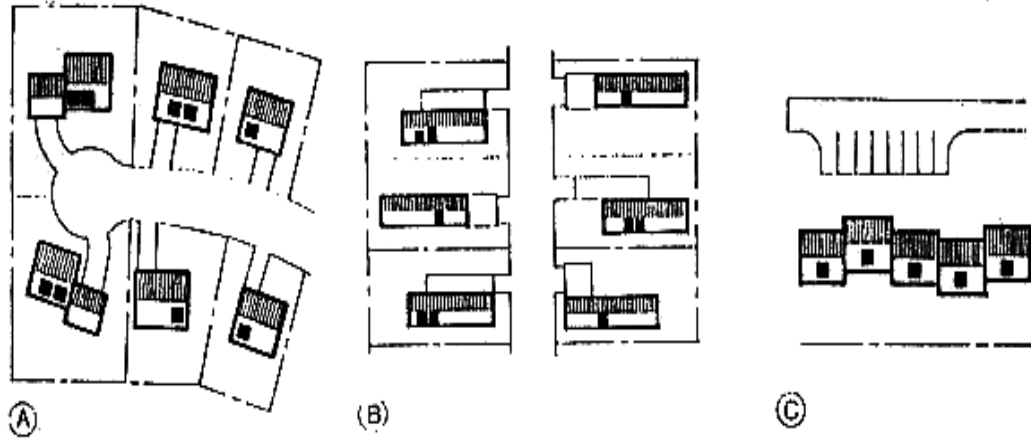
- Güneş enerjisi ana enerji kaynağımızdır. Her yerde elde edilmesi en kolay ve dolayısıyla da en ucuz enerji kaynağı olma özelliğini taşımaktadır. Enerjinin kolay elde edilmesi ve sistem hakkında çalışmaların uzun yıllardan beri yapılması ile sistemin ticari amaçla kullanımı yaygınlaştırılmış ve sistem ön yatırım maliyeti diğer yenilenebilir enerji kaynakları dönüşüm sistemlerine oranla oldukça düşürülmüştür.
- Sistemin teknik ekipman ve parça bulma zorluğu bulunmamaktadır.
- Sistem ekipmanları için binada özel olarak ayrılan bir yer yok ise, arazide de güneş alan uygun bir yere konumlandırılabilirler.
- Sistemin ön yatırım maliyetinin düşük olmasının yanı sıra bakım maliyeti de oldukça ucuzdur.
- Sistem verimi diğer yenilenebilir enerji dönüşüm sistemlerine oranla daha yüksektir.

- Sistem üzerinde oluşabilecek herhangi bir gölge alan sistem verimini düşürmektedir.
- Kış aylarında güneş ışınlarının daha da eğik gelmesi sonucu sistemde kapasite düşüşü gözlenir.
- Sistemde su deposu, bina kesitinde, kollektör seviyesinden daha üst konumda ise, “ısınan hava yükselir” prensibine dayanarak depo ile kollektör arasında kendiliğinden bir su sirkülasyonu meydana gelir. Bu tür sistemlere **açık tür doğal dolaşımli sistem** denmektedir. Ancak bu sistemlerde su deposu çatı arasında bulunacağından, çatı yüksekliğinin mevcut durumdan daha da fazla yapılması gerekmektedir. Bu da estetik olarak bina cephesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca sistemin yerleştirileceği konstrüksiyon daha da sağlam olmak zorundadır, bu da maliyeti artıran bir etkidir. (Tekiz, 2001)
- Açık tür sistemlerde suyun fazla kireçli olması durumunda kanallar tıkanabilmekte ya da borularda paslanma görülebilmektedir. Ayrıca bu tip sistemlerde, özellikle soğuk iklimlerde, geceleri suyun donma tehlikesine karşın borulardan boşaltılması, gündüz ise tekrar doldurulması gerekmektedir. Bu da pratik bir kullanım anlayışından uzaktır. Suyun donmaması için çeşitli katkı maddeleri su içine atılabilir fakat bu durumda kollektör içindeki suyun kullanım suyundan ayrılması gerekmektedir. Bu nedenle kollektör içindeki su, depo içinde ayrı bir boru sisteminde iken kullanım suyunu dolaylı olarak ısıtmaktadır. Bu tip sistemlere **kapalı tür doğal dolaşımli sistem** denilmektedir. (Tekiz, 2001)
- Eğer sistemde, bir pompa yardımı ile su sirkülasyonu sağlanıyor ise bu tip sistemlere **zorlanmış dolaşımli açık sistem** ve **zorlanmış dolaşımli kapalı sistem** denilmektedir. Bu tip sistemlerde deponun kollektörden yüksek seviyede bulunma gibi bir zorunluluğu yoktur. Genellikle zorlanmış sistemlerde ısı değiştirgeci (akışkanın dolaylı olarak kullanım suyunu ısıttığı tank), ek bir ısıtma sistemi ile yapının bodrum katında konumlandırılmaktadırlar. Ek ısıtma sistemi, kullanım suyu kesintilerinde ya da yeterli güneş ışığı alınamadığı takdirde devreye girerek sistemde oluşabilecek istenmeyen etkileri önleme amaçlı kullanılmaktadırlar. (Tekiz, 2001)
- Sistemde kullanılan depo genellikle galvaniz sac, paslanmaz çelik, bakır veya betondan imal edilmekte olup ısı geçirgenliğini en aza indirmeli ve paslanmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Sistem, hem depolu hem de gizli depolu (kiremit üstü) olarak uygulanabilmektedir. Fakat hem estetik kaygılar hem de maliyet açısından deponun gizlendiği sistemler tercih edilir.

Düzlemsel Güneş Kollektörlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

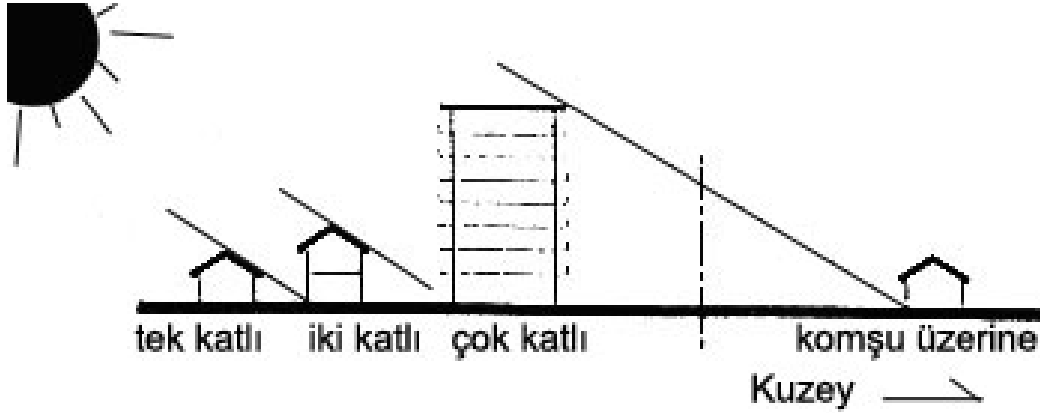
Güneş kollektörleri, uygulanacakları yapının bulunduğu iklime, coğrafi enleme ve ne zaman kullanılacaklarına göre yapılan hesaplamalar doğrultusunda bulunan kollektör eğim açısına göre konumlandırılırlar. Ayrıca güneşten maksimum verim elde etmek için kuzey yarım kürede güneye, güney yarım kürede ise kuzeye doğru yerleştirilirler. Tüm yıl için kollektör eğim açısı kabaca bulunulan yerin enlem değeri olarak alınabilir. Yaz ayları için yerin enlem derecesinden 15° az, kış ayları için ise yerin enlem derecesinden 15° fazla olarak alınan açı doğrultusundan yerleşim yapılır. (Tekiz, 2001)

Güneş kollektörlerinden elde edilen enerji veriminde binanın bulunduğu sokak aksı, parsel biçimi ve bina kat sayıları önem kazanmaktadır. Sitem açısından bina yerleşimindeki sokak akslarının önemi Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Örneğin, doğu-batı akslı bir sokaktan girişi bulunan geniş parselli ayırık evler enerji verimi açısından oldukça avantajlıdır. Kuzey-güney akslı bir sokaktan giriş alan dar parselli evlerin ise geniş cepheleri doğu-batı aksında konumlandırılmaları gerekir. Aynı zamanda sıra evlerinde doğu-batı aksına oturtulması da verimi oldukça artırır. (Özügül, 1998)



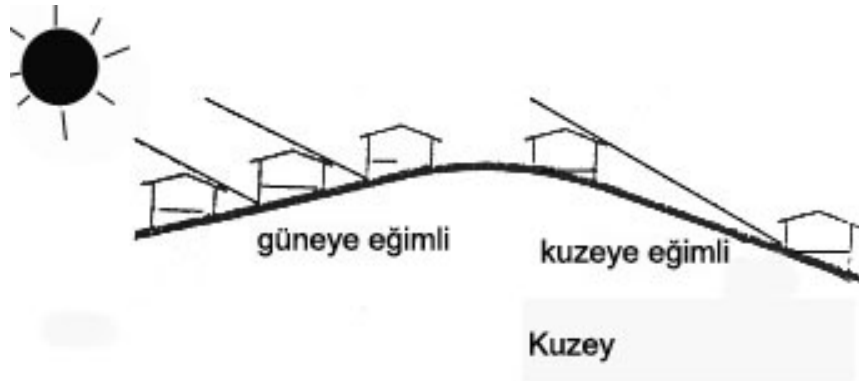
Şekil 3.14 (A) Ayırık evler, (B) İnce uzun evler, (C) Sıraevler (Özügül, 1998)

Bununla beraber kollektör üzerine gelen güneş ışığının kesilmemesi için çok katlı binalar kuzeye az katlı binalar ise güneye yerleştirilmelidir (Şekil 3.15). Daha fazla kat sayısına sahip bir binanın güneyine az katlı bir binanın konulması, güneyde bulunan binanın güneş ışığını da keseceğinden elde edilecek ısı verimini de azaltacaktır. (Özügül, 1998)



Şekil 3.15 Binaların kat sayıları ve konumları arasındaki ilişki (Özügül, 1998)

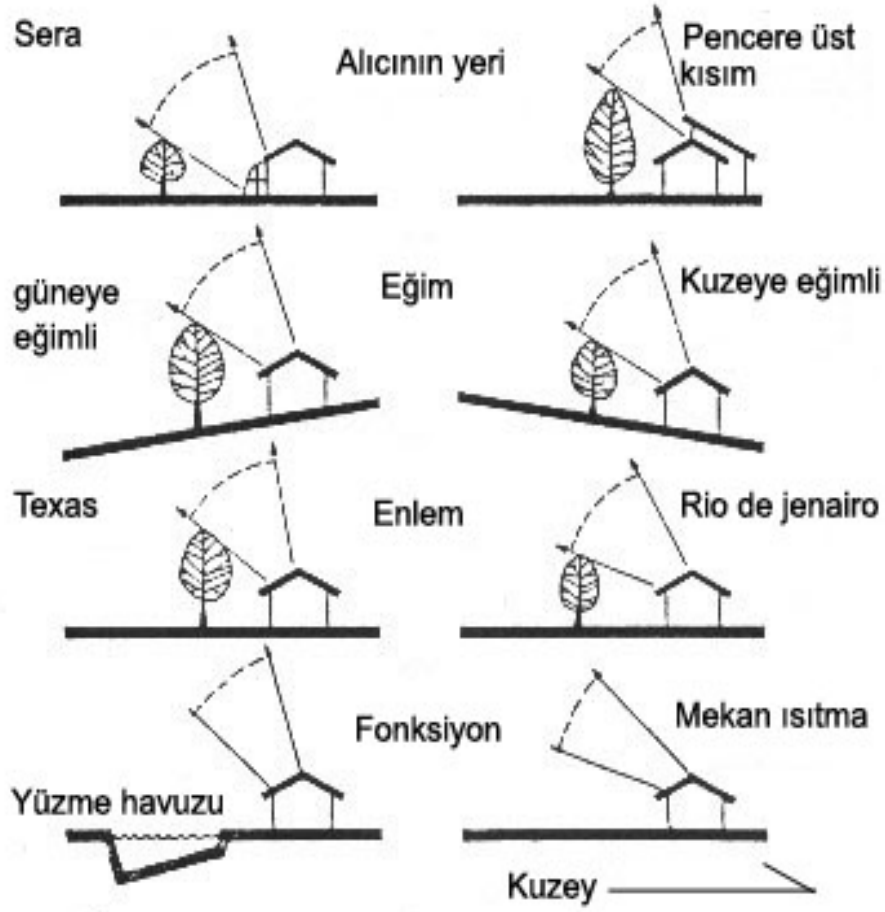
Ayrıca güneye doğru eğimli yamaçlara daha sık arayla bina yerleştirilirken kuzeye doğru eğimli olanlara ise daha seyrek aralıklarla bina yerleştirilmektedir (Şekil 3.16). Bunun nedeni yamacın güney kısmına güneş ışınları daha dik olarak düştüğünden daha az bir alanı gölgede bırakmasıdır. Bina çevresinde kullanılan ağaç yükseklikleri de kollektör verimini etkileyen faktörlerdendir. (Özügül, 1998)



Şekil 3.16 Farklı yöne bakan yamaçlardaki bina yerleşimi (Özügül, 1998)

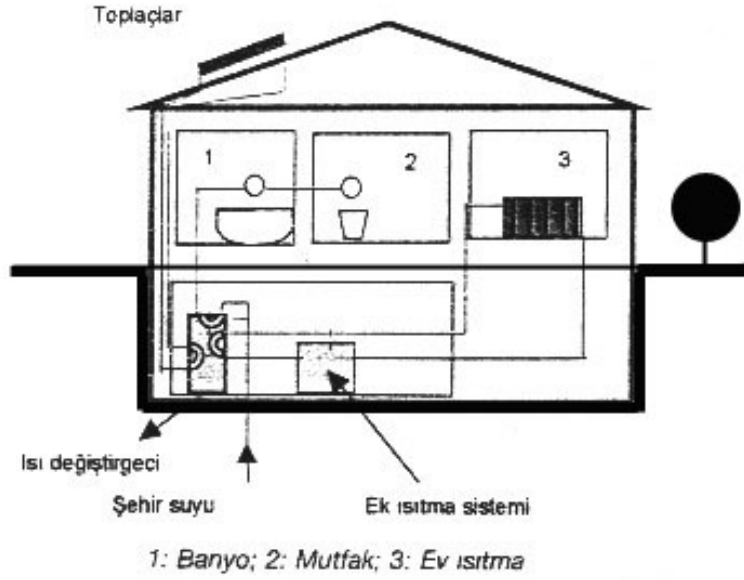
Kollektörlerin yapı üzerindeki konumu, eğim, enlem ve fonksiyon kollektör verimini etkileyen başlıca kriterlerdir ve Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Sistemde ama. Güneş ışığında olabildiğince yararlanabilmektir. Kollektörler yapıda cephelere yerleştirilecekler ise, güneş ışınlarını en dik alan yerler, maksimum verim alınabilmek için tercih edilmelidir. Kollektörün (alıcının) konumu, tasarımda planlanan kış bahçesi ya da cephede güneş ışınlarını diğer yerlere oranla dik ve rahat alabilen yüksek kısımlarda yerelmalıdır. Sistem verimini etkileyen bir diğer faktör de eğimdir. Yapının üzerinde bulunduğu arazinin güneye ya da kuzeye eğimli olması kollektör açısını etkilemektedir. Eğime göre güneş ışınlarını en dik alacak şekilde kollektör eğimleri değişir. Enlem faktörü yine güneş ışınlarının geliş açısını değiştirdiğinden

ötürü, farklı enlemlerde bulunan yapıların kollektör eğim açısı enlem ile birlikte değişecektir. Son olarak ısıtılmak istenen mekana göre de kollektör eğim açısı ve konumu değişmektedir. Örneğin bir yüzme havuzu ısıtılmak istenmekte ise, iç mekanların ısıtılırken kullanılan kollektör konumlarına göre eğim de daha fazla olmalıdır. Tüm bunlarla beraber, her zaman dikkat edilmesi gereken konu, kollektör üzerinde gölge alan oluşturabilecek herhangi bir yeşil alan, tepe, yüksek katlı bina, v.s gibi öğelere göre kollektör yerini belirlemektir.



Şekil 3.17 Kollektör konumunu etkileyen faktörler (Özügül, 1998)

Günümüzde yapılarda en sık kullanılan sistem zorlanmış dolaşımli kapalı sistemdir ve çalışma şeması Şekil 3.18'de gösterilmiştir. Kollektörlerden gelen sıcak akışkan ısı değiştirgecinde kullanım suyunu ısıtmakta ve elde edilen sıcak su, kullanım için (mekan ısıtma ve sıcak su) katlara dağıtılmaktadır.



Şekil 3.18 Kollektör düzeneklerinin yapıya entegrasyonu (Tekiz, 2001)

Vaziyet planı için sistemleri incelemek olursak, sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmemektedir. Binaya sonradan eklenen sistemlerde çatıya ya da cepheye uygulama yapılamadığı takdirde yeterli alan olduğu sürece sistem, araziye yerleştirilebilir. Sistem güneş ışınlarını kullandığı için toprak altına alınamaz. Bununla beraber sistem üzerine gölge düşürecek herhangi bir eleman arazide bulunmamalıdır.

Sistem binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da bodrum kattan giriş yapacaktır. Teknik ekipmanlar, ısı değiştirgeci ve kumanda paneli, bodrum kata yerleştirilmektedirler (Şekil 3.19). Ilıman iklim kuşağı için düşünüldüğünde, sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından sistem için kat yüksekliklerinde herhangi bir kısıtlamadan söz edilemez. Örneğin 100 m²'lik bir konut için tüm sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere yaklaşık 20 m²'lik bir kollektör alanı gerekmektedir. İster döşemeden ısıtma ister kalorifer sistemi olsun her iki dağıtım düzeninde de boru tesisatının döşenmesi için döşeme ve duvar delinmesi kaçınılmazdır. Yapılan tesisatın, estetik kaygılardan ötürü sıva altından döşenmesi uygun olacaktır.

Yapı inşaa edildikten sonra sistem düşünülüyorsa mimari açıdan bina cephesine sıcak ve soğuk akışkanın dolaştığı bir boru sistemi eklenebilmektedir. Bu olumsuz görüntüyü engellemek için sistemi tasarım sürecinde düşünmek ve uygulamada binaya entegrasyonunu en iyi şekilde gerçekleştirmek gerekmektedir.

Binada 22.7 m³'lük bir sıcak su deposu bulunmaktadır. Ayrıca sistemde bulunan bir ısı pompası yardımı ile de verimin düşmesi halinde sistem desteklenmektedir. Isı pompası yaz aylarında serinletme amaçlı da kullanılmaktadır. Binada döşemeden ısıtma yapılmakta ve tüm sistemler uzaktan kumanda edilebilmekte ve tam verim alınmaktadır.



Şekil 3.20 Bridgers ve Paxton Binası (Deriş, 1984)

Sistem kış aylarında % 62 verim ile çalışmaktadır. Geri kalan enerji ihtiyacı ısı pompası ile giderilmektedir. Binanın en önemli özelliği, ilk defa bir ofis binasının tamamen güneş enerjisi ile ısıtılması ve ısı pompası ile sistem uyumunun sağlanmasıdır. (Deriş, 1984)

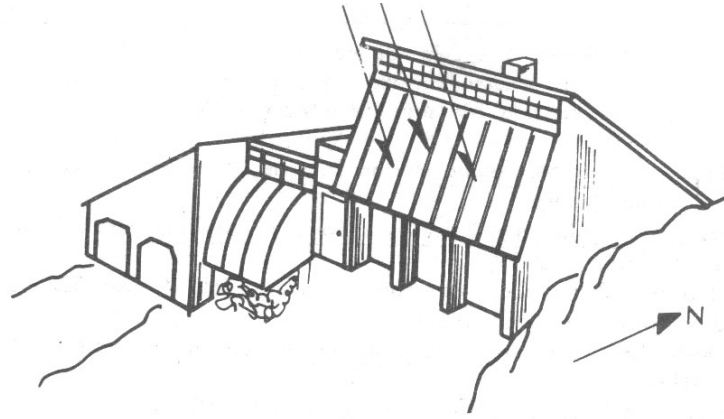
Bir diğer önemli uygulama, East Raymond, Maine'de (44° enlem) R. Whitney'e ait **Whitney Güneş Evi**'dir (Şekil 3.21). Binada aktif ve pasif güneş sistemleri birarada kullanılmaktadır. Bina toplam 223 m² inşaat alanına sahiptir. Bir tepenin güney yamacına yerleştirilen bina 2 katlıdır ve yaşama alanlarının yanı sıra bir sera da binada mevcuttur. (Deriş, 1984)



Şekil 3.21 Whitney Güneş Evi (Deriş, 1984)

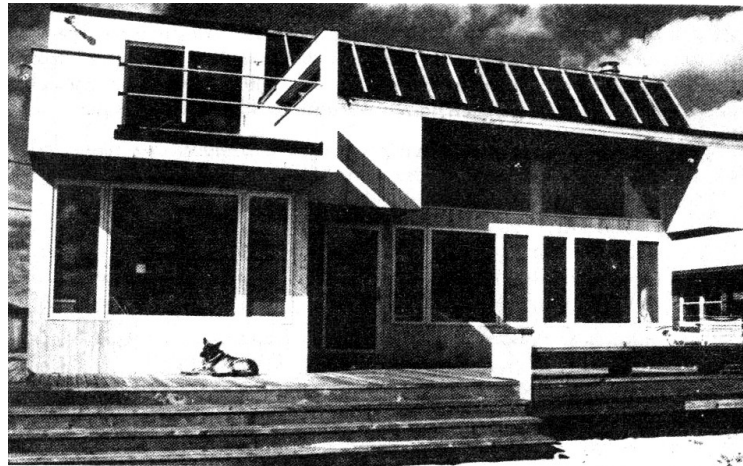
Binanın dış duvarları 30 cm.'dir. ve dıştan 5 cm. poliüretan ile yalıtılmıştır. Çatıda ise 28 cm. kalınlığında camyünü kullanılmıştır. Binanın güney cephesine 60 ° eğim ile yerleştirilen kollektör alanı 47 m²'dir ve tasarım bakımından da bina cephesi ile uyumludur.(Deriş, 1984)

Sistemde sıcak su deposu olarak kullanılan 19 m³'lük beton tanka direk giden ve ısınan su birinci katta döşeme içindeki borular yardımı ile mekanları ısıtırken ikinci katta normal konveksiyon yöntemi ile ısıtıcı serpantinler kullanılarak ısınma sağlanmaktadır. Sistemde antifriz kullanılmamıştır. Herhangi bir donma tehlikesinde sistem içindeki su boşaltılmaktadır. Binada pasif sistem olarak 28 m²'lik cam yüzey ve sera kullanılmaktadır. Bina toplamda enerji ihtiyacının % 70 – 80 kadarını güneş enerjisinden sağlamaktadır, bir şömine, mutfakta bulunan bir odun sobası ve elektrikli bir ısıtıcı ile de gerektiğinde desteklenmektedir. (Deriş, 1984)



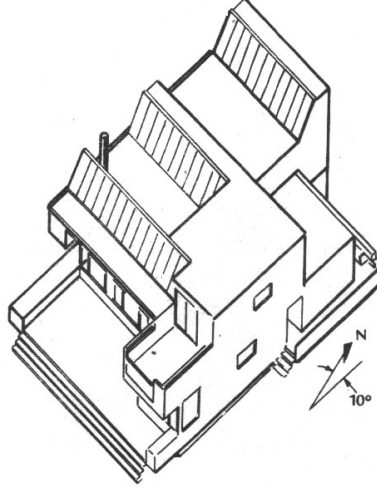
Şekil 3.22 Whitney Güneş Evi ön görünüşü (Deriş, 1984)

Konu uygulamalarından biri de mimar D. Watson tarafından tasarlanan ve Connecticut'da inşaa edilen (41° enlem) **Westbrook Güneş Evi**'dir (Şekil 3.23). Bina toplam 180 m²'dir ve 42 m²'lik alana sahip, 57° eğim ile cepheye yerleştirilen güneş kollektörleri ile ısınmaktadır. Sıcak su deposu hacmi 7.5 m³'dür. (Deriş, 1984)



Şekil 3.23 Westbrook Güneş Evi (Deriş, 1984)

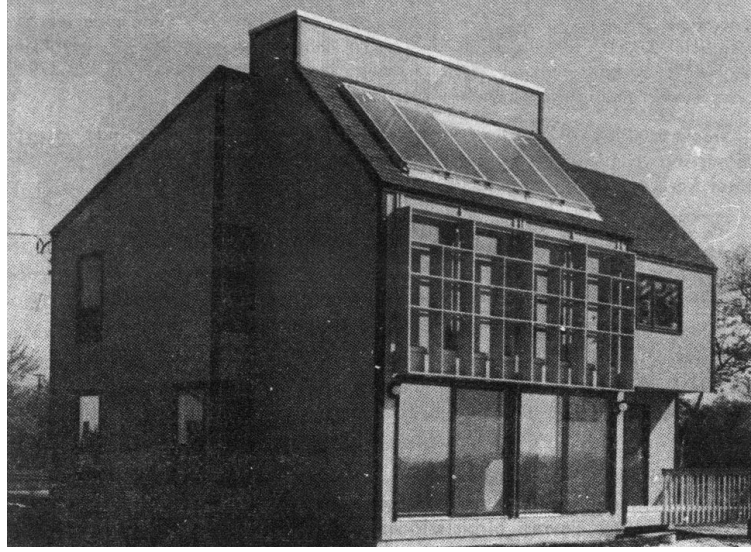
Bina güneyde batıya doğru 10°'lik sapma ile yerleştirilmiştir. Duvarlarda ve tavanda ısı kayıplarını önlemek için yüksek yalıtım kullanılmıştır. Binanı bütün cam cepheleri bina cephe alanının %60-70 kadarını oluşturmaktadır ve çift cam uygulaması yapılmıştır. Güney cephesi hariç diğer kısımlarda duvar boşluğu açmaktan kaçınılmış olup, mevcut olanların ebatları da oldukça küçüktür. Bina toplam enerji ihtiyaının % 70'ini kollektör aracılığı ile sağlamaktadır. Sistemde ek enerji kaynağı olarak fuel oil kullanılmaktadır.(Deriş, 1984)



şekil 3.24 Westbrook Güneş Evi görünüşü (Deriş, 1984)

Sistem uygulama örneklerinden bir diğeri de yine mimar D. Watson tarafından Northfield, New Jersey'de yapılmış **Watson Güneş Evi**'dir (şekil 3.25). Binada pasif ve aktif sistemler birlikte kullanılmıştır. Güney cephede yapılan bir sera yardımı ile toplanan güneş ısısı bir vantilatör yardımı ile direk bina içine alınmaktadır. Ayrıca binanın güney cephesinde kullanılan kollektör yardımı ile sıcak su eldesi sağlanmaktadır.

Binanın ikinci katındaki ahşap kafesler yazın dik gelen güneş ışınlarını önleyerek binayı serin tutarken, kışın eğik gelen güneş ışınlarının bina içine girmesine izin vermektedir. Binada sera yardımı ile ısınan hava bodrum katında yapılan ve yüksek derecede yalıtılan bir mıcır deposunda tutulmaktadır. ııs ıhtıyac ı olduğu takdirde sıcak hava buradan sağlanmaktadır. Binanın toplam ısı ihtiyaının yaklaşık % 70'i bir aktif sistem olan kollektörler ile bir pasif sistem olan seradan sağlanmaktadır. (Deriş, 1984)

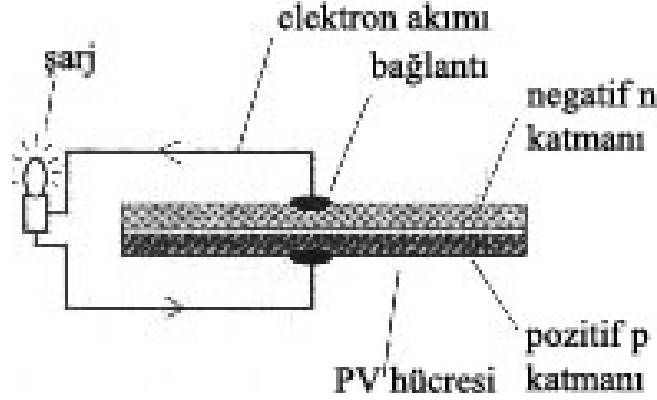


Şekil 3.25 Watson Güneş Evi (Deriş, 1984)

Fotovoltaik Piller

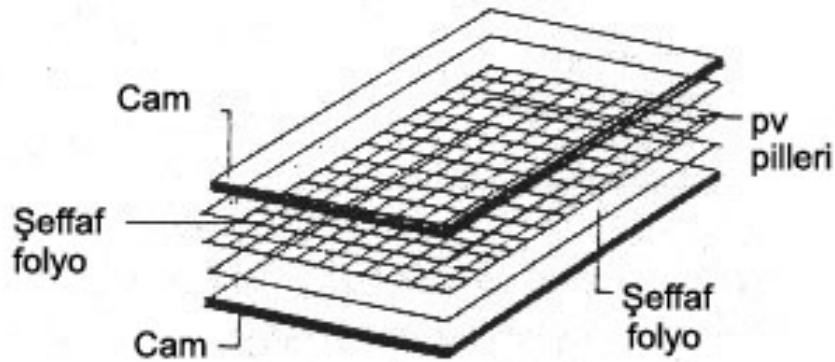
Güneş pilleri olarak da adlandırabileceğimiz fotovoltaik piller, üzerine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren teknolojilerdir. Fotovoltaik pillerin çalışması fotovoltaik prensibine dayanmaktadır. Fotovoltaik olayı ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Edmund Becquerel tarafından bulunmuştur. Becquerel, elektrolit içine daldırılan elektrotlar arasındaki akımın elektrolit üzerine düşen ışık enerjisinden kaynaklandığını belirtmiştir. İlk defa 1876 yılında fotovoltaik olayı selenyum kristalleri üzerinde denenmiştir. 1960'larda ise fotovoltaik sistemler uzay teknolojilerinde kullanılmaya başlanmıştır. (Eke ve Oktik, 2000)

Fotovoltaik modüller, fotovoltaik hücrelerin birbirlerine paralel, seri ya da karma olarak bağlanması ile oluşturulmaktadır. Fotovoltaik hücreler, güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirebilecek optiksel ve elektriksel özellikleri bu dönüşüme uygun yarı iletken malzemelerden üretilmektedirler. Fotovoltaik modüllerin çalışma şeması Şekil 3.26'da gösterilmiştir. Hücreler, elektrik enerjisini geçiren, biri pozitif yüklü (p katmanı) diğeri ise negatif yüklü (n katmanı) olmak üzere iki katmandan oluşmaktadırlar. Hücre üzerine güneş ışığı düştüğünde ışık enerjisini taşıyan bazı fotonlar bu yarı-iletken malzeme tarafından geçirilmektedirler. Böylelikle, pozitif yüklü p katmanından çıkan elektronlar n katmanına doğru çekilirler. Aynı zamanda n katmanından da elektronların geride bıraktıkları boşluklar p katmanına doğru harekete geçer. Birbirinden ayrılan elektron ve boşlukları bir dış devre ile bağlandığında akan elektrik yükleri sayesinde elektrik akımı meydana gelmektedir. (Eke ve Oktik, 2000)



Şekil 3.26 Fotovoltaik hücre prensip şeması (Thomas, 2001)

Fotovoltaik pillerin üretiminde ve kullanımında verimin yüksek olması ile beraber maliyeti de düşürmek amaçlanmıştır. Verimin yüksek oluşu kullanılan malzemenin elektriksel ve optiksel yapısına bağlı iken maliyetin düşük oluşu ise malzemenin doğada ne kadar ve ne sıklıkta kullanıldığına ve malzemenin işleniş biçimine göre değişiklik göstermektedir. (Eke ve Oktik, 2000)



Şekil 3.27 Fotovoltaik hücrenin yapısı (Löwenstein, 1994)

Bir fotovoltaik modülün parçaları Şekil 3.27’de gösterilmiştir. Fotovoltaik piller, iki cam katman arasında yer alan şeffaf bir folyodan sonra yerleştirilmektedirler. Yerleştirilen bu fotovoltaik hücrelerin arkasına bir kere daha şeffaf bir folyo serilmektedir. Fotovoltaik piller, yapılarında kullanılan malzemeye göre çeşitlenmekte ve tüm bu farklı malzemelere göre maliyet ve verim oranları değişmektedir. Ticari amaçla en çok kullanılan malzeme silisyum kristalidir. Fotovoltaik pillerin çeşitlerine değinecek olursak;

- **Tek Kristalli Silisyum Fotovoltaik Pilleri:** Tek kristalli silisyum malzeme pilin verimini arttırırken maliyeti de bir o kadar yükseltmektedir. Tek kristalli silisyumun üretimi zor ve pahalıdır. Laboratuar ortamında pil verimi % 24 iken ticari pillerde oran % 12 ile 16 arasındadır. (Eke ve Oktik, 2000)
- **Çok Kristalli Silisyum Fotovoltaik Pilleri:** Çok kristalli silisyumun üretimi tek kristalli silisyuma göre çok daha kolay olduğu için maliyet de düşmektedir. Ancak çok kristalli silisyum pillerin verimleri tek kristalli silisyum pillere göre düşüktür. Laboratuar ortamında pillerin verimi % 18 iken ticari pillerde verim % 11 ile 14 arasındadır. (Eke ve Oktik, 2000)
- **İnce Film Fotovoltaik Pilleri:** İnce film piller, kullanılan malzemeyi azaltma ve basitleştirme ve böylelikle maliyeti düşürme çalışmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Yarı iletken malzemenin cam, metal ya da plastik folyo gibi ince film tabakası halinde kaplanması prensibine dayanmaktadır. Pillerin laboratuar ortamında verimliliği % 18.8 iken uzun vadede oranlarda yeterli istikrar sağlamadığından ticari anlamda kullanılamamıştır. **Bakır İndiyum Diselenid Fotovoltaik Pilleri** verim oranları laboratuar koşullarında % 10 ile 15 arasında yer alırken **Kadminyum Tellür Fotovoltaik Pilleri** verim oranları % 8 olarak belirlenmiştir. (Eke ve Oktik, 2000)
- **Amorf Silisyum Fotovoltaik Pilleri:** Amorf silisyum rastgele bir atom dizilişine sahip olduğundan yapısına bir miktar hidrojen katılarak elektrik çevrimine uygun bir malzeme haline getirilmektedir. Pilin verim oranları laboratuar koşullarında % 15 iken kullanımda % 6 ile 6.5 civarındadır. Verimleri düşük olmasına rağmen maliyetleri de düşük olan bu piller daha çok günlük kullanımda hesap makinelerinde, saat, v.b. kullanılmaktadırlar. (Eke ve Oktik, 2000)

Fotovoltaik piller doğrusal akımı alternatif akıma çeviren teknolojiler olduğundan dönüştürücü (inverter) denilen bir alete de ihtiyaç duymaktadırlar. Aynı zamanda kullanılmayan fazla enerjiyi depolamak amacı ile bir de akü sistemde yer almaktadır. Gece ve bulutlu havalarda daha önceden aküde depolanmış enerji kullanılırken, aküsü olmayan sistemlerde kullanılmayan enerjinin fazlası şehir şebekesine verilmektedir. Fotovoltaik hücrelerin birbirlerine seri, paralel ya da karma olarak bağlanması ile modüller, modüllerin birleşmesi ile paneller meydana gelmektedir.

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Sistemin ticari kullanımı günümüzde oldukça yaygınlaştığından dolayı mimari tasarımlarda, binaya uygun olarak bir çok modelini piyasada bulmak mümkün olmaktadır. Tasarım bağlamında çeşitleri mevcuttur.
- Sistem, çatıya uygulanabildiği gibi bina cephesine de uygulanabilmektedir.
- Sistemin teknik ekipman ve parça bulma zorluğu mevcut değildir.
- Sistem üzerine gölge yapabilecek herhangi bir eleman (yeşil alan, çok katlı çevre binalar, v.s.) sistem verimini düşürebilmektedir.
- Kış aylarında sistem üzerine düşen güneş ışınlarının eğim açısı azaldığından sistemde kapasite düşüşü gözlenmektedir.

Sistemde kullanılan malzemelerin pahalı olması ve sistemin son teknoloji ürünü olmasından ötürü sistemin ön yatırım maliyeti diğer yenilenebilir enerji dönüşüm sistemleri arasında yüksektir ancak, sistemin bakım maliyeti ön yatırım maliyetine göre oldukça düşüktür.

Fotovoltaik Pillerin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

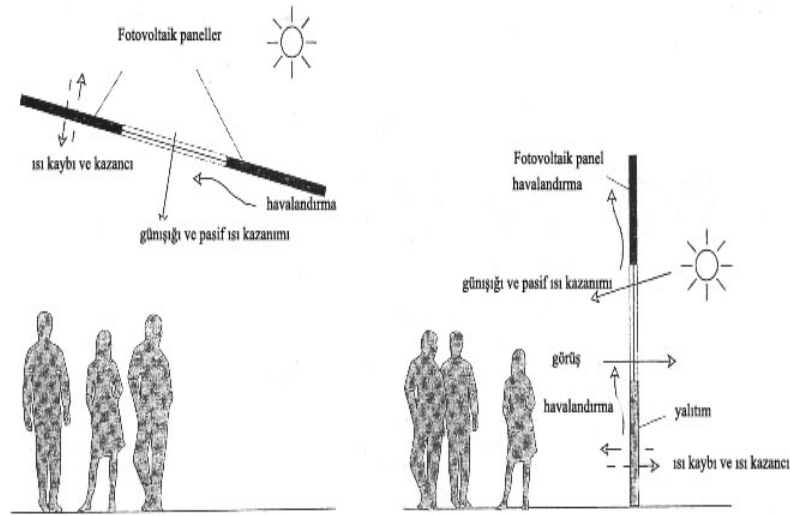
Günümüzde fotovoltaik piller bina tasarımında tasarımın bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Bina bileşenleri olarak dizayn edilen sistemler estetik kaygıları da ortadan kaldırmaktadırlar. Fotovoltaik piller binalarda en çok çatı ve cephelerde kullanılmaktadırlar. Çatı uygulamalarında verim oranı cephede kullanılan pillere oranla daha yüksektir çünkü çatı kullanımı pillere eğim verme imkanı sağlar, bu da güneş ışınlarının mümkün olduğunca pil yüzeyine dik düşmesine neden olur. Ayrıca çatı yüzeyine gelebilecek gölge alan miktarı cepheye oranla daha az olacağından çatı uygulamalarında verim daha yüksektir. Cephe uygulamalarında ise gölge, verim açısından önemli bir sorun olabilmektedir. Pil yüzeyine yan binalardan ya da etrafta bulunan herhangi bir yeşil alandan gölge atılmış olması da karşılaşılabilecek bir tasarım sorunudur. Bu nedenle mevsimlere göre gölge boylarının etüt edilmesi gerekmektedir. (Özdoğan, 2005)

Fotovoltaik piller, transparan modüller kullanılarak giydirme cephe sistemi şeklinde tasarlanabilirken perde duvar uygulamaları da mevcuttur. Bu tür tasarımlarda binanın duvar boşluklarına çift cam yerleştirilirken perde duvarlara gelen kısımlara PV modüller uygulanmaktadır. Böylece hem bina için enerji sağlanmaktadır hem de sağır cephe duvarları değerlendirilmektedir. (Özdoğan, 2005)

PV paneller cephelerde, düşey duvarlarda perde duvar veya giydirme cephe sistemi olarak uygulanırken aynı zamanda cephede sabit ve hareketli gölgeleme elemanı olarak da kullanılmaktadırlar. Bunun dışında eğimli duvar ve düşey duvarlarda eğimli PV panel uygulamaları da mevcuttur. (Özdoğan, 2005)

Yukarıda sözü edilen tüm PV uygulamalarında esas alınacak nokta, panellerin aşırı ısıdan korunmaları amacı ile modüllerin iyi havalandırılmalarını sağlamaktır. Çünkü aşırı ısı modül veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bunun dışında PV modüllerinin nem, rüzgar, toz, v.b. dış ortam etkilerinden de korunması gerekmektedir. (Özdoğan, 2005)

Fotovoltaik paneller çatı uygulamalarında eğimli çatılarda, şet çatılarda, kavisli çatılarda ve atriumlarda uygulanmaktadır. Panellerin çatıya uygulanması cepheye uygulanmasından daha kolaydır. Paneller komple çatıya yerleştirilebileceği gibi enerji ihtiyacına göre saptanan sayıya göre çatı kaplamasının aralarına da konumlandırılabilirler. Bu gibi uygulamalar çatı ile panel arasında havalandırma boşluğunun oluşturulmasına imkan sağlarlar. Aynı zamanda şet çatı uygulamalarında da kuzey kısma açılan pencereler ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. (Canan, 2003; Özdoğan, 2005) Fotovoltaik panellerin çatı ve cephe uygulamaları şematik olarak Şekil 3.28'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, her iki uygulamada da ısı kaybı olduğu gibi panel havalandırması düşünülmelidir. Bununla beraber güneş ışığından pasif yararlanma iki uygulamada da mevcut ise de, cephe uygulamalarında görüşü ele almak önemlidir. Cephede yer alan panellerin tasarımı uyumlu olması ve görüşü etkilememesi gereklidir.



Şekil 3.28 Fotovoltaik pillerin çatı ve cephe uygulamaları arasındaki farklar (Thomas, 2001)

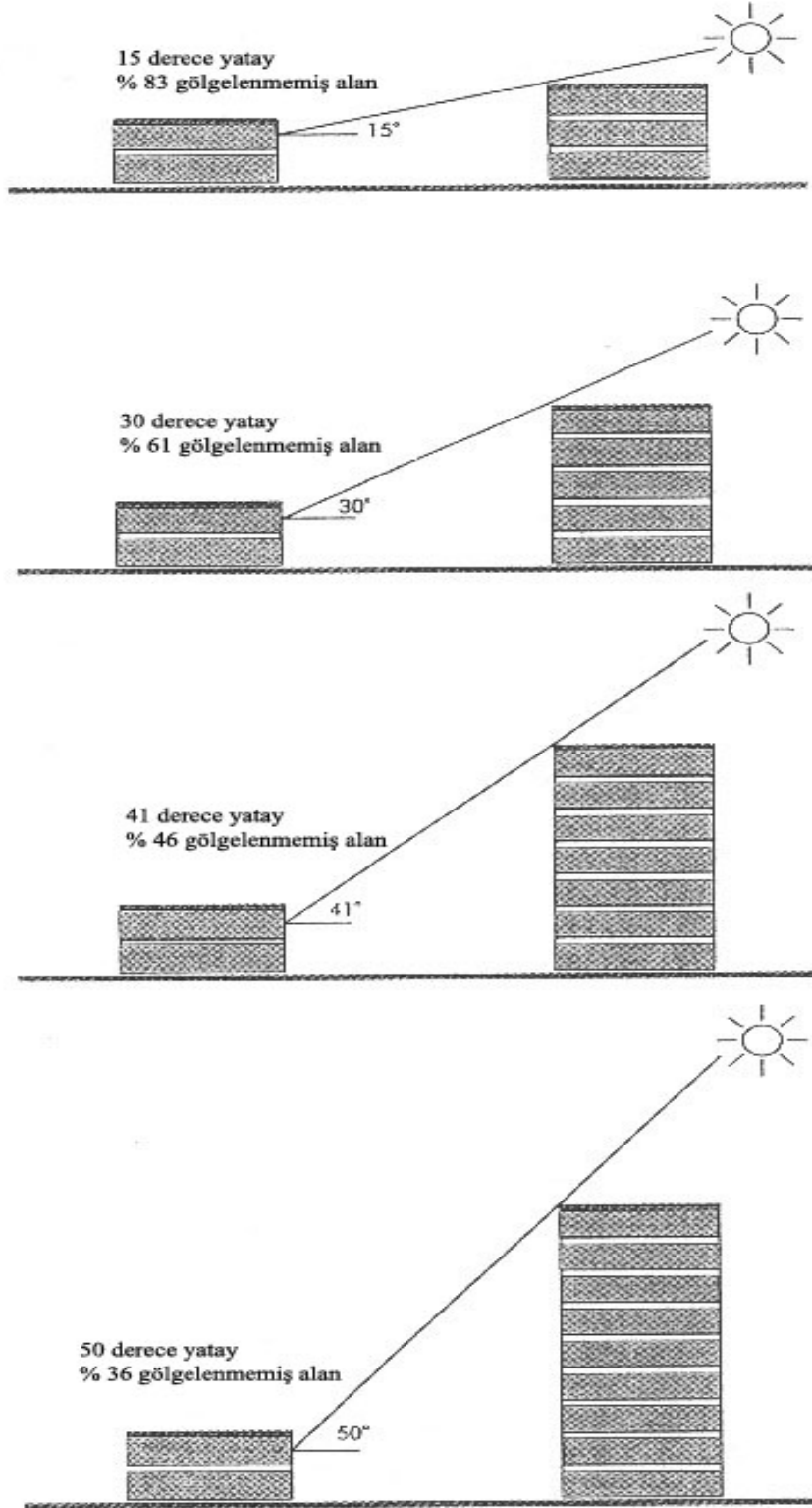
Fotovoltaik pillerin doğru yönlendirilmeleri verimleri açısından büyük önem taşımaktadır. Bulunulan yerin coğrafi konumuna bağlı olarak yıllık güneşlenme süresi ve şiddetinin belirlenmesi ile yapılacak hesaplara göre pillerin yönlendirmeleri yapılmaktadır. Pillerden en iyi verimi alabilmek için güneş ışığının üzerlerine dik veya dike çok yakın olarak gelmesi gerekmektedir. Kuzey yarım kürede güney-doğu ve güney-batı aksı güneş ışığının dik gelmesinden ötürü en çok verim alınan yönlerdir. Yine bulunulan enleme göre pil eğim açısı 36° ve 41° arasında değişmektedir. (Göksal, 1998)

Tasarımda ele alınması gereken bir diğer önemli husus, piller üzerine gölge yapabilecek herhangi bir elemanın çevrede bulunmamasıdır. Bina çevresinde bulunan yeşil alanlar, çok katlı binalar, tepeler gibi yükseltilerin gölge alan oluşturabilme potansiyelleri göz önüne alınarak panellerin konumlandırılmaları yapılmalıdır.

Çevrede bulunan çok katlı binaların kat sayıları ve buna bağlı olarak yüksekliklerinin neden olduğu gölge boyutları Şekil 3.29'da gösterilmiştir. Üç kata kadar olan çevre binaların yüksekliklerinde güneş ışınları 15 derecelik bir açı ile fotovoltaik panellere ulaşırken, % 83 oranında gölgelenmemiş bir alan oluşmaktadır. Bu da sistem verimi açısından olumlu bir özelliktir.

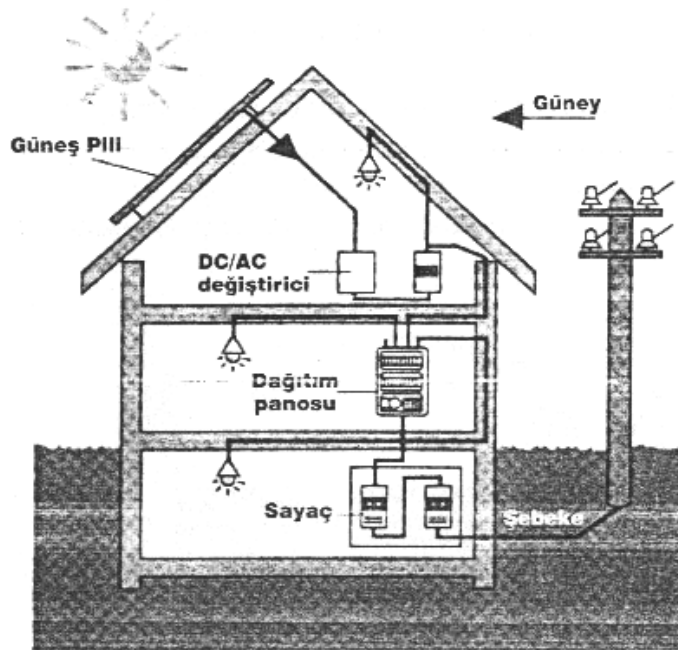
Çevrede bulunan beş katlı bir bina için ise, güneş ışınları 30 derece yatay açı değerine sahip olurken gölgelenmemiş alan oranı % 61'e düşmektedir. Yedi katlı bir bina, güneş ışınlarının 41 derece yatay olarak alınmasına neden olurken, % 46 oranında gölgelenmemiş alan oranını sağlamaktadır.

Son olarak, çevrede bulunan dokuz katlı bir bina güneş ışınlarını 50 derece yatay açı ile alınmasını sağlarken gölgelenmemiş alan oranını % 36'ya düşürmektedir. Gölgelenmemiş alan oranı sistem verimi ile doğru orantılıdır. Alan arttıkça verim de artmaktadır. Bununla beraber gölgelenmemiş alan oranını hesaplarken, sistemin bulunduğu bina ile çevre binanın arasındaki mesafe gözardı edilmiş sadece kat yüksekliği ile arasındaki ilişki açıklanmıştır.



Şekil 3.29 Çevre binaların neden olduğu gölge boyutlarının etkileri (Thomas, 2001)

Genel olarak sistemi ele alacak olursak; vaziyet planında sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmemektedir. Binaya sonradan eklenen sistemlerde cephe ya da çatıya uygulama yapılamadığı takdirde yeterli alan olduğu sürece sistem araziye de yerleştirilebilmektedir. Sistem güneş ışınlarından yararlandığı için toprak altına alınamaz. Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden, zemin kat ya da teknik ekipman (güç dönüştürgeci, dağıtım panosu, sayaç) için tasarlanmış bir bodrum kattan giriş yapmaktadır. Sistem ve gerekli cihazlar genellikle pillere yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdırlar. Genellikle çatı arası çatı uygulamaları için tercih edilirken, bodrum kat diğer ekipmanlar için uygun olmaktadır. Sistem ekipmanlarının ebatları büyük olmadığı için ekipmanların yerleştirilebileceği bodrum ya da çatı katları yüksekliklerinde herhangi bir kısıtlamadan sözedilemez. Dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve katlara elektrik dağıtımını amacı ile kablolama sisteminin kurulması için döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır. Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir. Artan elektrik aküde depolanır, istenildiğinde tekrar kullanılabilir. Aküsüz sistemlerde fazla elektrik şehir şebekesine geri verilmektedir (Şekil 3.30). Uygulamalarda genellikle akülü sistemler tercih edilmektedir.



Şekil 3.30 Fotovoltaik panellerin konutlara entegrasyonu (Gürsoy, 2001)

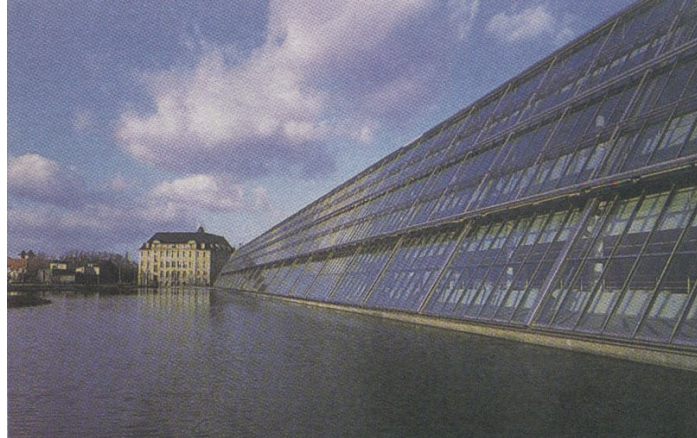
Sistem cephe ya da çatılarda konumlandırıldığından dolayı günümüzde çok çeşitli tasarımlar için değişik modelleri ve çeşitleri mevcuttur. Sistem, tasarımı doğrudan etkileyebilen bir yapı elemanı özelliğinde olduğu için bina tasarım aşamasında düşünülmesi zorunludur.

Yıllık % 40'a varan bir enerji tasarrufu sağlayan akülü sistemler mayıs ve eylül ayları arasında istenilen mekanın tüm enerji ihtiyacını sağlarken, kış aylarında elektrik şebekesi ile sistem desteklenmelidir.

Ülkemizde sistem ile ilgili uygulamalar yeni olmasına rağmen hızlı bir ilerleme kaydedilmekte ve konutlar dışında çeşitli sanayi yapılarında yardımcı sistemler olarak uygulanmaktadır. Sistem ve gerekli ekipmanlar yurtdışından ithal edilirken uygulama, kırsal kesimlerde, özellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde görülmektedir.

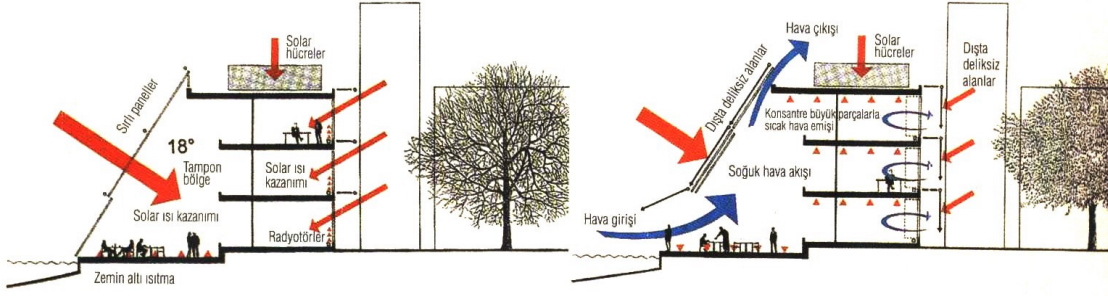
Sistem için kullanılan malzemelerin pahalı olması ve son teknoloji ürünlerinin kullanılması sonucu, sistem maliyeti diğer aktif güneş enerjisi sistemlerine oranla çok daha fazladır. Örneğin, ılıman iklim kuşağında yer alan 100 m²'lik elektrik şebekesinden bağımsız bir konutun günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 10 kwh olarak alındığında, sistemin maliyeti yaklaşık 10 000\$ - 20 000\$ arasında değişebilmektedir. Kısaca sistemin 1 w enerji üreten panel fiyatı 2005 yılı itibari ile yaklaşık 1.16\$ olarak hesaplanabilir. Sistem ilk yatırım maliyetini en erken 5 yıl içinde geri kazanabilmektedir. Pillerin ömrü en az 25 yıldır hatta bir insan ömrü olarak (yaklaşık 70 sene) kabul edilebilmektedir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen bakım masrafları oldukça düşüktür.

Fotovoltaik pillere en iyi örneklerden biri, Ekolojik Enerji Teknolojileri Araştırma Merkezi Emscher Parkı'ndaki en büyük proje Almanya'da bulunan **Gelsenkirchen Bilim ve Teknoloji Parkı**'dır. Bina, Kiessler ve ortakları tarafından tasarlanmıştır (Şekil 3.31). (Köksal vd., 2002)



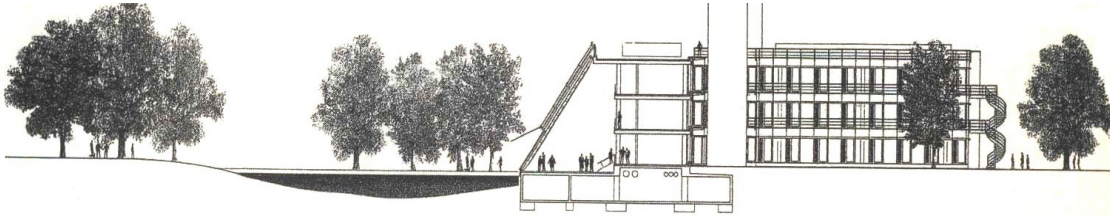
Şekil 3.31 Gelsenkirchen Bilim ve Teknoloji Parkı (Köksal vd., 2002)

Bina, tasarlanan bir yapay göl kıyısında yer almaktadır. 300 mt uzunluğunda bir arkada bağlı ek binalardan oluşan binanın göle bakan arkad cephesi tamamen giydirme cephe şeklinde tasarlanmıştır. Cephenin 1/3 'lük kısmı otomatik olarak kontrol edilebilir, istenildiğinde açılıp kapatılabilir. Böylelikle özellikle yaz aylarında bina, arkad ve park birbiri ile bütünleşmekte, göl kıyısında bir gezinti alanı da oluşturulabilmektedir. Açılıp kapanabilen ve bir otomasyon sistemi ile kontrol edilebilen cephedeki bu kapaklar yardımı ile binada doğal havalandırma ve aydınlatma da yapılabilmektedir (Şekil 3.32). (Köksal vd., 2002)



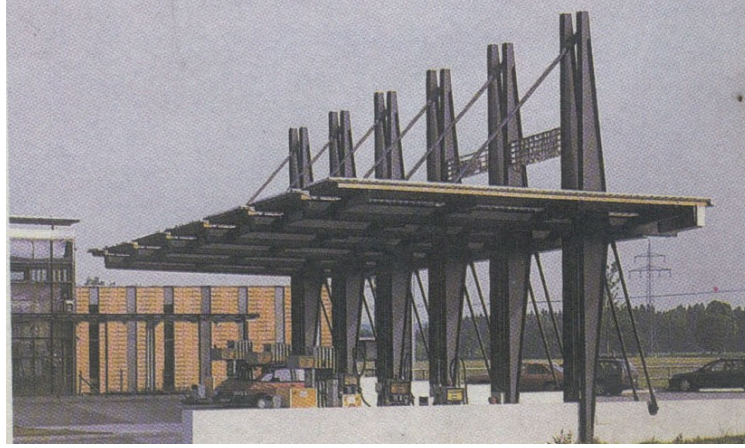
Şekil 3.32 Gelsenkirschen Bilim ve Teknoloji Parkı'nda kış ve yaz günleri için enerji yönetimi ilkeleri (Köksal vd., 2002)

Binanın çatısında Avrupa Birliği tarafından da desteklenen büyük bir fotovoltaik sistem tasarlanmıştır. Güneye doğru konumlandırılmış 12 cm x 12 cm ebatlarındaki bu fotovoltaik hücreler aracılığı ile yılda 200.000 kw enerji üretilebilmektedir. Ayrıca sistem sayesinde, önümüzdeki 30 yıl içinde ise 4500 ton daha az karbondioksit üretilecektir. Bina, 1995 yılında Almanya Mimarlık Ödülü'ne layık görülmüş ve enerji üreten ve tasarrufu yapan binalar için bir model olarak kabul edilmiştir. (Köksal vd., 2002)



Şekil 3.33 Gelsenkirschen Bilim ve Teknoloji Parkı arkadan geçen kesit (Köksal vd., 2002)

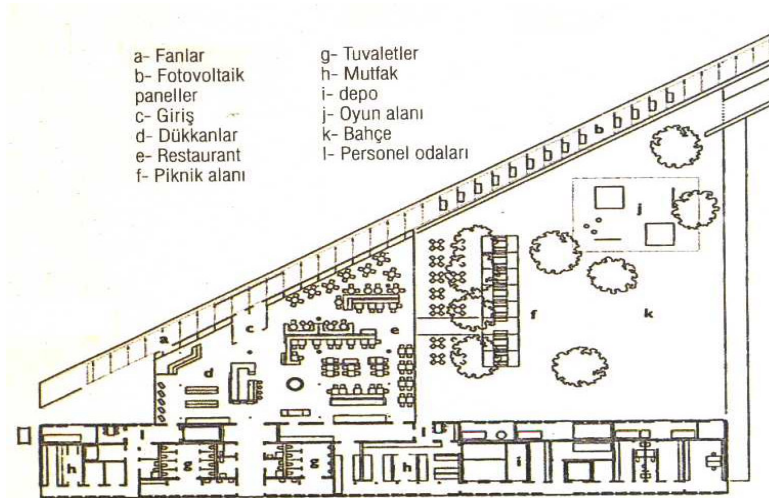
Sistemin başarılı uygulamalarından biri de Thomas Herzog tarafından tasarlanan ve Almanya'da bulunan **Motor yolu Servis İstasyonu**'dur (Şekil 3.34). Münich – Lindau otoyolu kenarlarında yapılacak olan servis istasyonlarının tasarımı için açılan bir yarışmada ödül alan proje, çevre dostu yaklaşımı ve motorlu taşıtlar gibi birbirinden oldukça farklı iki kavramı mimarlık çatısı altında birleştirebilmiştir. (Köksal vd., 2002)



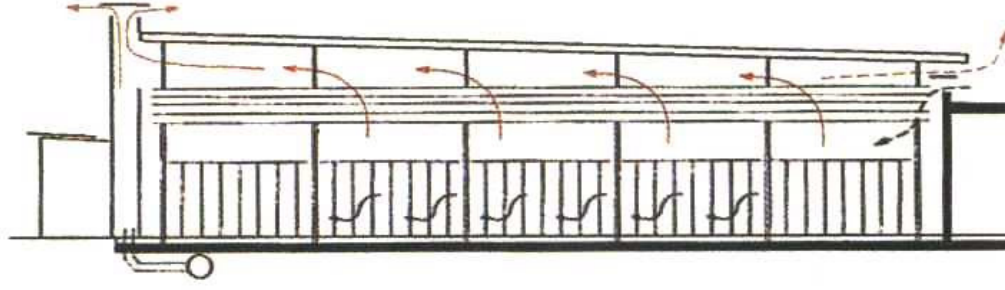
Şekil 3.34 Motoryolu Servis İstasyonu (Köksal vd., 2002)

Tasarımda kullanılan fotovoltaik sistem ile malzeme olarak kullanılan ahşap birbiri ile uyum içindedir. Bu başarılarından dolayı bina, ekolojik mimarlık konusunda önemli bir yere sahiptir. Binada yer alan aerodinamik çatı sayesinde hava akışı sağlanırken gerektiğinde yapay sistemlerle de desteklenebilmektedir. Kullanılan havanın temizlenmesi için kolon altlarındaki açıklıklardan faydalanılmaktadır. Ayrıca binada bulunan bir ısı geri kazanım santrali ile de enerji Binadan maksimum verim alınabilmektedir. (Köksal vd., 2002)

Binada, koridorlar ve santral tesisat odaları gibi mekanlar Bavyera bölgesinin kış iklimi karşısında bir tampon bölge olarak planlanmıştır (Şekil 3.35). Binada kullanılan sandviç cephe uygulamaları da ısı kayıplarını önlemek için yalıtımı sağlamaktadırlar. Yaz aylarında fotovoltaik paneller vasıtası ile toplanan güneş ışığından elde edilen enerji, ziyaretçi alanlarını serinletmek amacı ile fanlara verilmektedir. (Köksal vd., 2002)

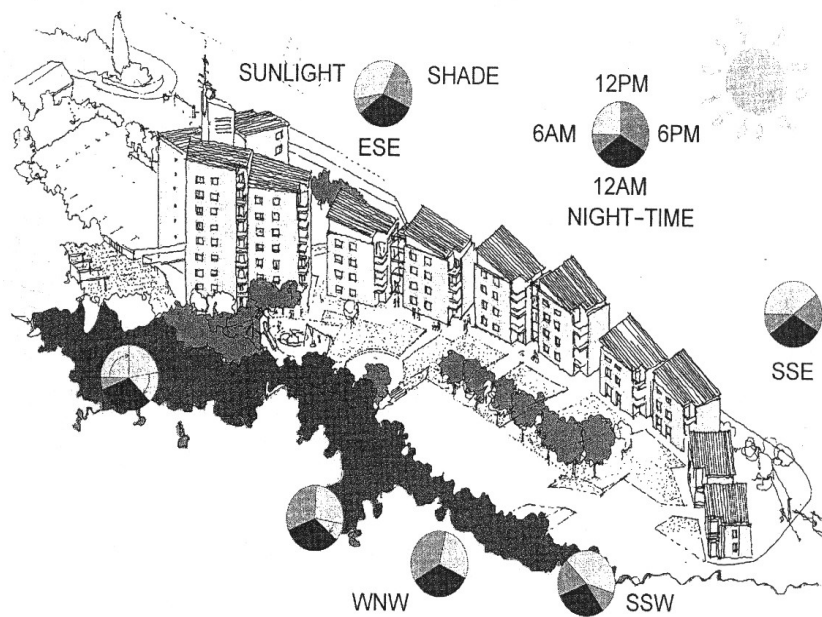


Şekil 3.35 Motoryolu Servis İstasyonu plan şeması (Köksal vd., 2002)



Şekil 3.36 Motoryolu Servis İstasyonu kesiti ve hava hareketi şeması (Köksal vd., 2002)

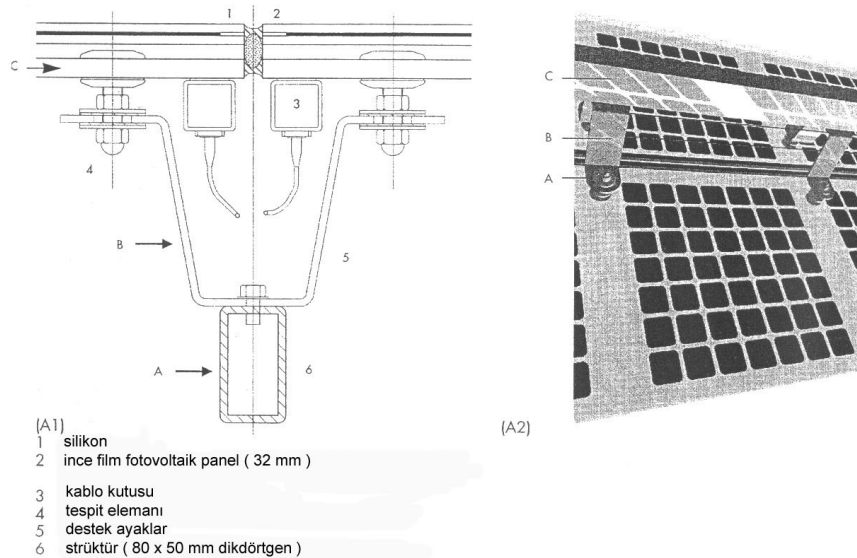
Sistem tasarımlarında başarılı uygulamalar arasında yer alabilecek bir örnek de **Parkmount Toplu Konutları**'dır (Şekil 3.37). Parkmount Toplu Konutları, kuzey İrlanda'nın Belfast bölgesinde yer almaktadır. Proje 1997 yılında Northern Ireland Housing Executive tarafından hazırlanmıştır ve yapım aşaması halen devam etmektedir. Projede asıl amaç; modern, enerji etkin ve düşük gelirli genç kesim için sağlıklı evler meydana getirmektir. Binalarda asıl istenen güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmaktır. Bununla beraber projede, site sınırlarını, site içi sokakları, yeşil alanları düzenlemek amacıyla bir kentsel tasarım anlayışı da beraber yürümektedir. (Thomas, 2001)



Şekil 3.37 Parkmount Toplu Konutları güneşlenme analizleri ve vaziyet planı (Thomas, 2001)

Binalar, 56 adet, iki oda, bir salon dairelerden oluşmaktadır. Ayrıca 4 adet de tek odalı daireler mevcuttur. Fotovoltaik paneller binalarda çatılara yerleştirilmiştir. Bu nedenle panellerin üzerine gölge yapabilecek başka komşu bir binayı engellemek amacıyla vaziyet planında binalar bir yay şeklinde yerleştirilmiştir. En fazla kata sahip olanı kuzeyde ve en az katlı olanı ise arazinin güney köşesinde konumlandırılmıştır. Yapılan güneşlenme analizlerine göre binaların % 80'i istenilen güneşlenme oranına sahiptirler. (Thomas, 2001)

Fotovoltaik pilleri en iyi şekilde tasarlamak amacıyla çatılara uygun bir açıyla yerleştirilen bu fotovoltaik piller, ilk önce deneme amaçlı 10 m²'lik bir alana yerleştirilmişlerdir. Şu anda 70 m²'den daha büyük bir alan için tasarım çalışmaları devam etmektedir. Fotovoltaik pil çeşitleri için yapılan araştırmalarda ince film tabakalı pillerin monokristalli ve polikristalli olanlara göre daha ucuz olduğu görülmüş ve ince film tabakalı fotovoltaik pillerde karar kılınmıştır. İnce film tabakalı piller; %55 verimle çalışarak yıllık ortalama 65 KWh/m²/y toplamda ise 4464 kwh/y enerji üretmektedirler ve m² başına 110 pound maliyete sahiptirler. (Thomas, 2001)



Şekil 3.38 Fotovoltaik pillerin kesit ve görünüşleri (Thomas, 2001)

Sistem tasarımında endişelenilen en önemli konu; sistemin binaya sonradan eklenmiş gibi durmasının istenmemesidir. Sistemin, binanın tasarım aşamasında düşünülmesi ve binalarla uyum içinde olması istenildiği gibi bir başka konu da piller ile çatı kaplaması arasındaki su yalıtımında herhangi bir zayıf noktanın bulunmamasıdır. Sistem tasarımına bakıldığında, çatının da beşinci bir cephe olarak kabul edildiğini görmekteyiz. Böylelikle tüm fotovoltaik

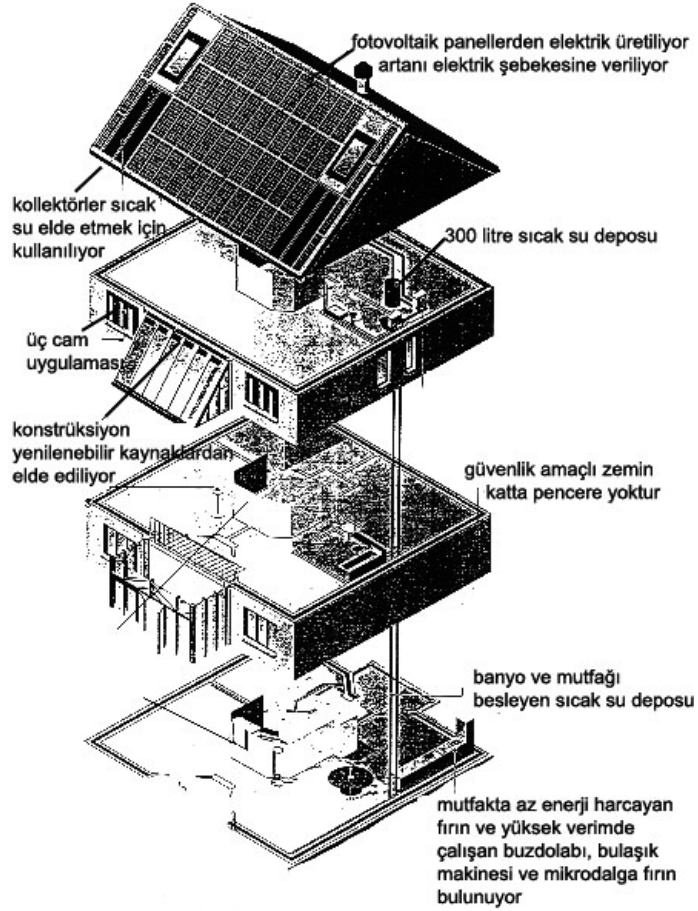
pilller tasarım konseptine, bina görünüş ve formlarına uygun olarak tasarlanmıştır. (Thomas, 2001)

Oxford, İngiltere’de Sue Roaf ve David Woods tarafından tasarlanan Oxford Eko Evi, İngiltere’nin ilk enerji üretebilen ve tasarrufu yapabilen binasıdır (Şekil 3.39). Binada ekolojik tasarım kriterleri esas alındığı gibi fotovoltaik paneller ile de enerji elde edilmektedir. Bina, kuzey ve güney aksında konumlandırılmıştır. İki katlı olan binada 6 adet yatak odası bulunmaktadır. Geleneksel boşluklu duvar yapım sistemi ile inşaa edilen binada 15 cm’lik boşluk bırakılarak yalıtım yapılmıştır. Duvarlar blok betondan yapılmış olup çatıda 35 cm yalıtım zemin katta ise 15 cm yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Binanın toplam alanı 230 m² ve güneşten yararlanılan alanlar ile sundurma alanları da 250 m²’dir. (Özdoğan, 2005)



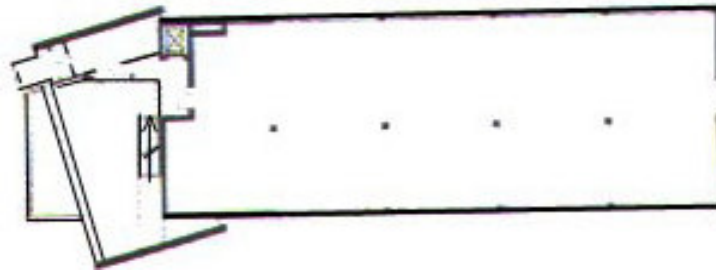
Şekil 3.39 Oxford Eko Evi (Köksal vd., 2002)

Fotovoltaik paneller çatıya yerleştirilmiş ve üzerlerine herhangi bir ağaç gölgesi düşmesi engellenmiştir. Binanın yıllık enerji ihtiyacı 2131 kwh olarak hesaplanmış olup yaz aylarında güneşlenme süresi 4 saat iken kış aylarında bu değer 0.6 saate düşmektedir. Çatıda 4 kw’lık enerji üreten paneller kullanılmıştır ve bina yaz aylarında günlük 12 kwh enerji kazanımı elde etmektedir. Kış aylarında ise enerji gereksiniminin % 44’ünü sistemden sağlamaktadır. Elde edilen fazla elektrik şehir şebekesine satılmaktadır. (Özdoğan, 2005)



Şekil 3.40 Oxford Eko Evi'nde kullanılan sistemler (Köksal vd., 2002)

Fotovoltaik panel kullanan bir diğer bina ise **Sunny Elektrik Santrali**'dir. Bina, elektrik endüstrisi, tren teknolojisi ve solar enerjiler alanlarında faaliyet gösteren SMA firması için Kassel'de Hegger Schleiff tarafından tasarlanmıştır. Yaklaşık 2000 m²'lik bir alana sahip olan bu büro ve üretim binasında güneş enerjisi kazanım sistemleri tasarımda önemli bir kriter olmuştur (Şekil 3.42). (Anon, 2004)

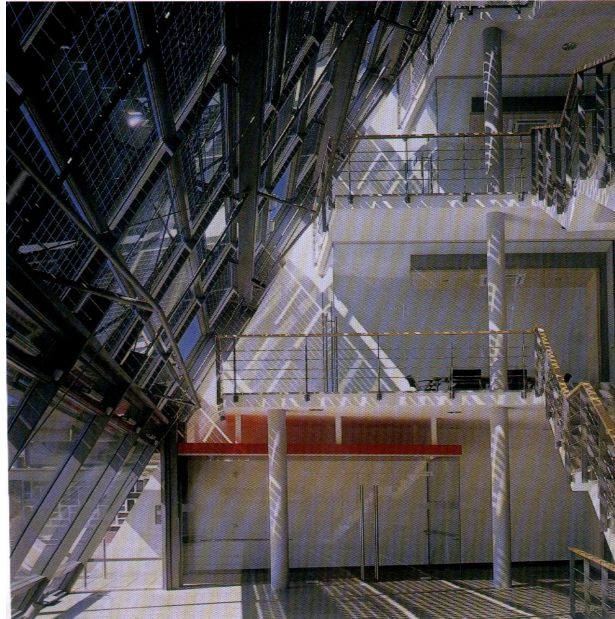


Şekil 3.41 Sunny Elektrik Santrali zemin kat planı (Anon., 2004)



Şekil 3.42 Sunny Elektrik Santrali (Anon., 2004)

Çelik konstrüksiyon kullanılan binada, çelik iskelet üzerine binayı olumsuz hava şartlarından da koruyan masif bir örtü kaplanmıştır. Binanın güney cephesinde 20.700 W enerji üretme kapasitesine sahip fotovoltaiik enerji sistemi monte edilmiştir. Tüm güney cephesi fotovoltaiik modüllerden oluşturularak eğrisel şekillendirilmiştir. Sistem şebekeye firmanın üretmiş olduğu “Sunny Boys” adlı değişken üreticisiyle bağlıdır. Bu düzenleyicilerin her biri 2500 W enerji kapasitesine sahiptirler. (Anon., 2004)



Şekil 3.43 Sunny Elektrik Santrali galeriden görünüm (Anon., 2004)

3.2.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin değişime uğramış şeklidir. Güneş ışınları denizleri, karaları ve atmosferi homojen bir şekilde ısıtamadığı için, ortaya çıkan bu sıcaklık farklılıklarından dolayı basınç farklılıkları oluşur. Rüzgar, yüksek basınç bölgesinden alçak basınç bölgesine doğru olan hava hareketidir.

Rüzgar enerjisi; yeryüzünde belirli yerlerde daha yoğun, belirli yerlerde ise daha az olduğu için enerjinin tamamından verimli bir şekilde yararlanmak mümkün olmamaktadır. Yeryüzünde bir yılda oluşan toplam rüzgar enerjisi 2100 milyon ton petrole eşdeğerdir, fakat sadece 700 milyon ton petrole eşdeğer rüzgar enerjisinden verim alınabilmektedir (Anon., 1994)

Rüzgar enerjisinin, rüzgar hızı, rüzgar yönü ve rüzgar esiş sıklığı olmak üzere üç önemli özelliği vardır. Rüzgar yönü günlük hava durumuna ve mevsimlere göre değişiklik gösterir. Rüzgar yönünün bilinmesi ile kurulacak rüzgar enerjisi sistemlerinin yönleri ve yerleri belirlenir. Bir diğer faktör olan rüzgar hızı ise enerji miktarı ile doğrudan bağlantılıdır. Rüzgar hızı ne kadar çok olursa o kadar enerji elde edilir. Ancak bazı durumlarda hızın çok fazla olması canlılar ve hatta cansız varlıklar üzerinde bile tahrip edici etkilere neden olabilir. Bu nedenle rüzgar hızının iyi hesaplanması ve yararlanma sahalarının belirlenmesi gerekmektedir. Yüksek yerlerde rüzgar hızının artması da tepelerin ve benzeri yüksek kulelerin rüzgar enerji sistemleri için en uygun yerler olduğunu kanıtlamaktadır. Rüzgarın esiş sıklığı ise enerji üretim potansiyeli ile doğru orantılıdır. Ne kadar sık rüzgar eserse sistemin o kadar çok enerji üretim potansiyeli artacaktır. Saniyede azami 6m. (yüksek hız) ile asgari 3m. (düşük hız) hıza esen bir rüzgar, rüzgar enerji sistemleri için yeterli görülmektedir.

Rüzgar enerjisi sistemlerinin ilk örnekleri olarak kabul edilen yel değirmenleri M.Ö. 2000 yıllarında Çin'de kullanılmaktaydı. M.S. 640 yıllarında İran'da kullanılan bu teknoloji savaşlar vasıtasıyla Türkiye'ye ve buradan da Avrupa'ya geçmiştir. Avrupa'da geliştirilen bu teknoloji 1105 yılında Fransa'da ve ardından İngiltere'de kullanılmıştır. (Anon., 1984)

18. yüzyılda Hollandalı Adrew Meikle adındaki bir teknisyen ile 1772 yılında Kaptan Stephen Hooper bugünkü rüzgar türbinlerinin ilk örneklerini meydana getirmişlerdir. (Anon., 1984) Yel değirmenleri, 17. yüzyıl başlarında Hollandalı göçmenler tarafından Amerika'ya götürülmüştür. (Şen ve Şahin, 2001) 18. yüzyılda yel değirmenleri bir çok Avrupa ülkesinde olduğu gibi İsviçre'de de sıkça görülmüştür .

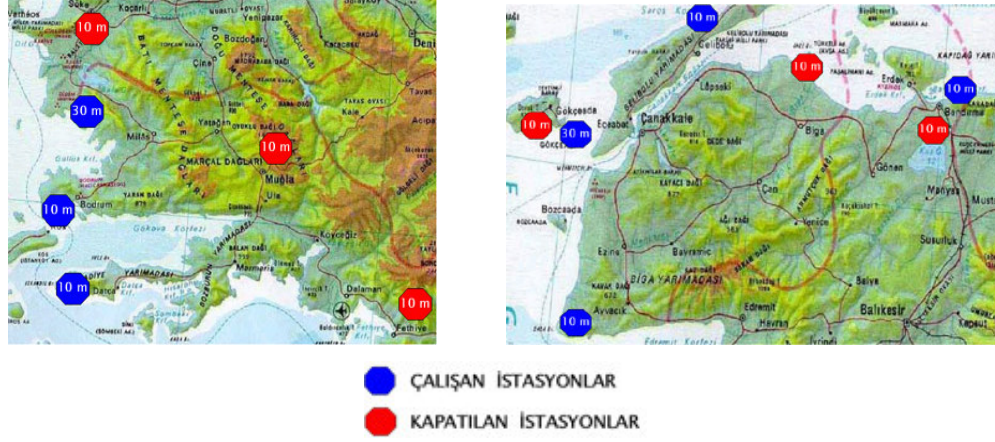
Günümüzde rüzgar enerji sistemlerini en çok kullanan ülke olarak Danimarka’da yel değirmeni teknolojisi geliştirilerek kalın kanatlı, döner ve tekerlekli olmak üzere yel değirmenleri çeşitlendirilmiştir. Ayrıca Danimarka İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra patlayan enerji krizini de rüzgar enerjisi ile çözmeye çalışmıştır. 1930’larda Amerika’da 600 m. yüksekliğinde ve 150 m. çapındaki tekerlekli rüzgar türbinleri geliştirilmiştir. 1940’lara gelindiğinde Morgan Smith ve General Electric firmaları ilk defa 1250 MW enerji üreten deniz santrallerini kurmuşlardır. (Anon., 1984)

“Rüzgar enerjisi giderek güncellenen ve hızla yayılan yenilenebilir bir enerji kaynağı durumundadır. Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği’nin (EWEA), yaptığı araştırmalara göre Avrupa’nın 1998 yılı kapasite artırımı 1600 MW’tır. EWEA 2010 yılında, hedef olarak 40000 MW belirlemiştir.” (Şen ve Şahin, 2001)

Rüzgar Enerjisine yönelik en fazla yatırım Avrupa’da yapılmaktadır. Avrupa’daki toplam kurulu rüzgar tesisi sayısı 8123’tür. Almanya 3817 tane kurulu tesis sayısı ile Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. (Şen ve Şahin, 2001)

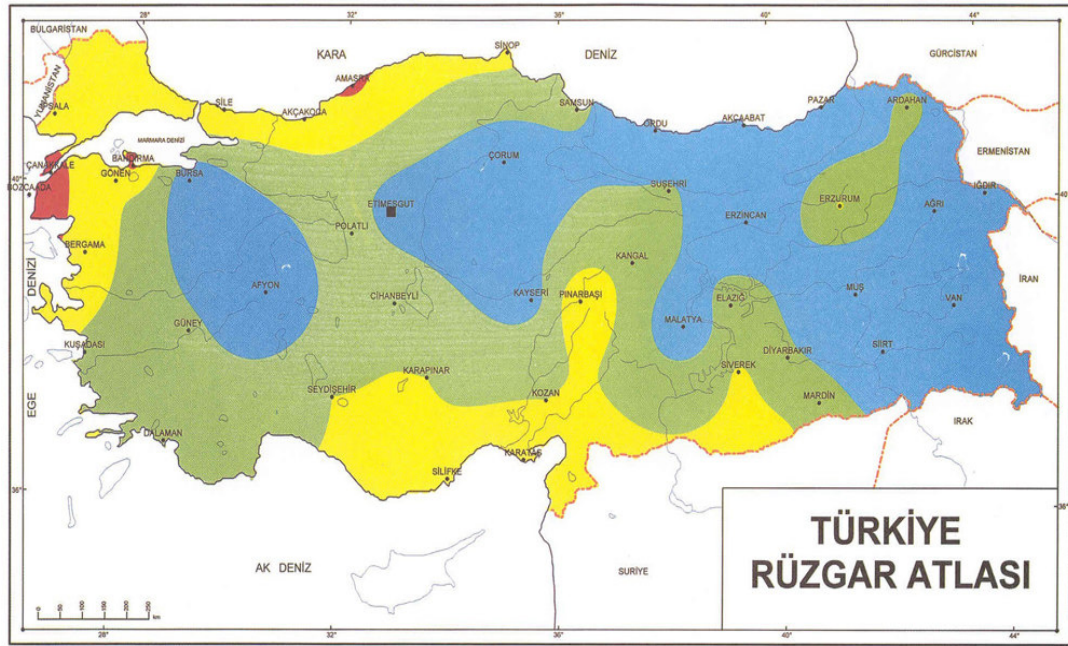
Türkiye’de ise rüzgar enerjisi potansiyelini saptayabilmek için EİE’nin bu konuda çalışmaları mevcuttur. Bir yerin rüzgar enerjisi potansiyelini belirleyebilmek için o yerde beş yıl süre ile ölçüm yapmak gerekmektedir. Elde edilen bilgiler ile rüzgar haritaları hazırlanır. EİE’nin bazı bölgelerde yapmış olduğu rüzgar hızı ölçümleri sonucu bu bölgelerin rüzgar potansiyellerinin fazla olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda bazı firmalar bu bölgelerde kendi rüzgar santrallerini kurmak amacı ile rüzgar ölçüm istasyonları oluşturmuşlardır. [4]

Şekil 3.44’de verilen istasyonların dışında Kırklareli ve Tekirdağ’da birer tane, Yalova ve Bursa’da birer tane, Zonguldak’ta bir, Kastamonu’da iki tane, Sinop’ta bir, İzmir’de üç tane, Antakya ve İskenderun’da birer tane, Konya çevresinde iki tane ve Kayseri ‘de bir tane olmak üzere çalışır durumda olan toplam yirmi üç tane ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Bu ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler ışığında EİE ve DMİ ortak çalışması olan Türkiye Rüzgar Atlası Projesi gerçekleştirilmiştir (Şekil.3.45).



Şekil 3.44 EİE'nin Güney Ege ve Çanakkale'de kurmuş olduğu ölçüm istasyonları [5]

Günümüzde rüzgar enerjisi üretim sistemlerine hem dünyada hem de ülkemizdeki talep umut vericidir. Yapılan çalışmalar ile üretim tesislerinin maliyetleri düşürülmeye çalışılmakta, tesislerin kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir.



Şekil 3.45 EİE'nin Rüzgar Atlası Projesi [6]

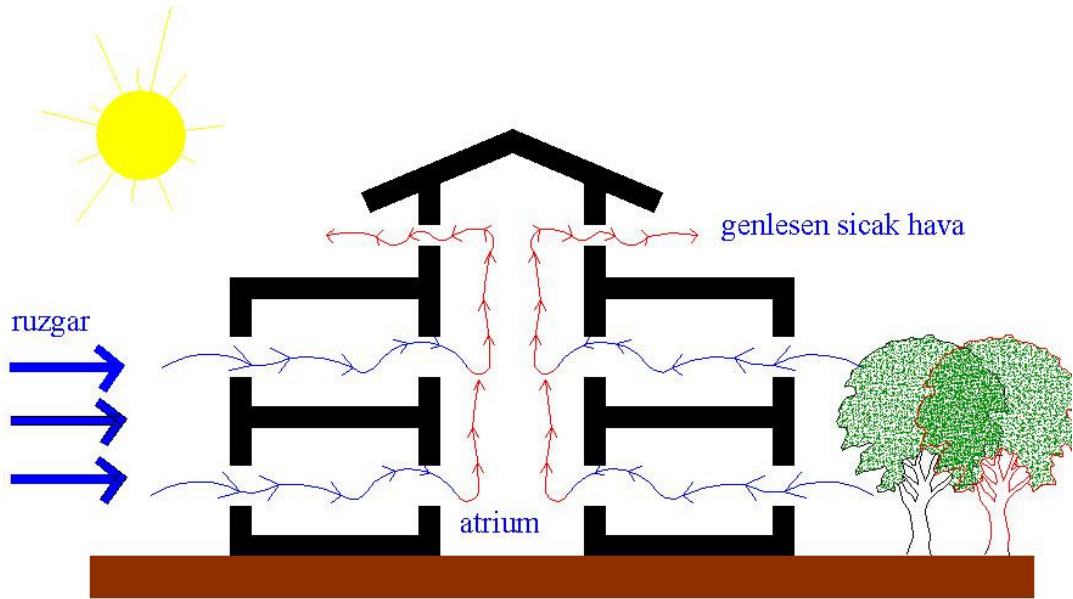
3.2.2.1 Rüzgar Enerjisinden faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

Rüzgar enerjisinden enerji elde etme sistemleri pasif sistemler ve aktif sistemler olarak iki grupta incelenir.

Pasif Rüzgar Sistemleri

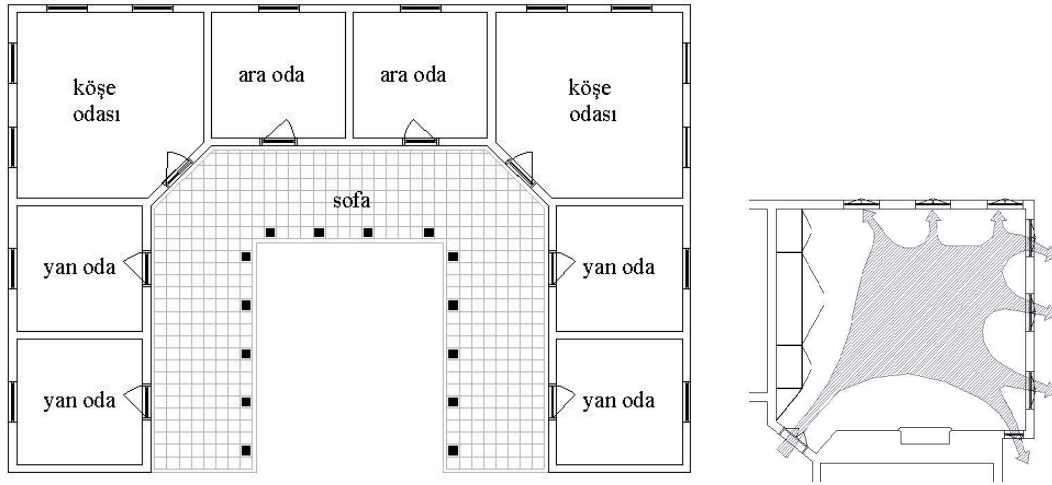
Rüzgar enerjisinden pasif olarak yararlanma doğal havalandırma ile mümkündür.

Rüzgarın daimi olarak estiği yöne hakim rüzgar yönü denir ve bu yönde kuvvetli bir hava akımı mevcuttur. Özellikle sıcak ve nemli iklim bölgelerindeki yerleşimlerde hakim rüzgar yönü doğrultusunda oluşturulan binalar arası ya da bina içerisindeki koridorlar vasıtasıyla yapı içindeki ısıнын düşürülmesi ile rüzgar enerjisinden pasif olarak yararlanılmaktadır. Rüzgar enerjisinden pasif yararlanma olarak adlandırılan doğal havalandırma şeması Şekil 3.46'de gösterilmiştir. Mekan içinde karşılıklı duvar boşlukları açılarak havalandırma sağlanabileceği gibi, aynı duvar üzerinde ise duvar boşlukları birbirinden olabildiğince uzak olmalıdır. Doğal havalandırma sağlamanın en iyi yöntemi yapıda, hakim rüzgar yönünde bir atrium tasarlamak olacaktır. Bina içine alınan soğuk hava karşılıklı açılan duvar boşlukları sayesinde mekandaki sirkülasyonu sağlanmakta, bu sırada ısınan hava atrium içine alınmaktadır, atriumda genleşen ve yükselen hava bu doğal sirkülasyon kulesinden bina dışına atılmaktadır.

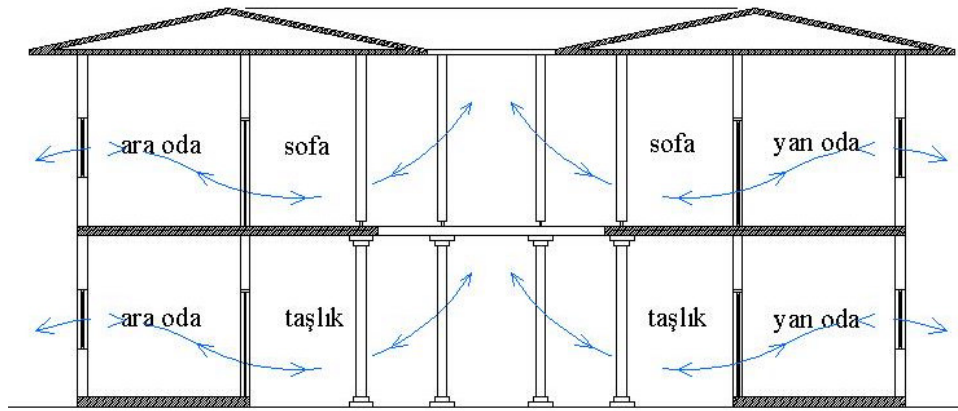


Şekil 3.46 Doğal havalandırma çalışma prensibi

Ülkemizde doğal havalandırma örnekleri geleneksel Türk evi yapısında da görülmektedir. Binalarda birinci katlarda tasarlanan sofalar aracılığı ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bunun dışında tasarlanan avlu yazın mekanları serinletmek için kullanılırken, doğal havalandırmada da kullanılmaktadır (Şekil 3.48). Geleneksel Türk evi yapısında sofalar ve avlular doğal havalandırma sonucu genişleyen sıcak havanın dışarı atılması için kullanılan bir baca görevini üstlenmektedir. Odaların tekil havalandırmaları için yine zıt duvarlarda ya da aynı duvarda fakat birbirinden olabildiğince uzakta açılan pencereler sayesinde iç mekanda istenilen hava hareketi sağlanmaktadır (Şekil 3.47).



Şekil 3.47 Antalya Kaleiçi geleneksel Türk evi U sofalı plan tipi ve iç mekan hava hareketi şeması (Aktuna, 2007)



Şekil 3.48 Antalya Kaleiçi geleneksel Türk evi U sofalı plan tipi doğal havalandırma şeması (Aktuna, 2007)

Doğal havalandırma ile ilgili en iyi örneklerden biri Norman Foster tarafından tasarlanan Albert Camus Lise Binası'dır (Şekil 3.49).

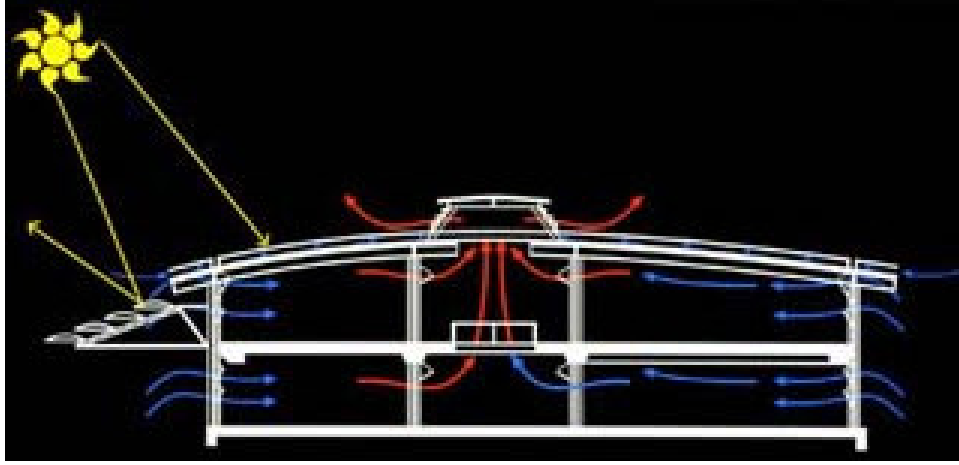
Albert Camus Lisesi, Fransa'nın Frejus Bölgesi'nde 900 öğrenci kapasiteli bir okul binasıdır. İnce, uzun dikdörtgen bir forma sahip bina, lineer mekanlı plan tipine sahiptir. Yapının kuzey-güney yönünde konumlandırılması doğal havalandırmayı sağlamak amacı ile tasarlanmıştır. Plana bakıldığında orta kısımdaki koridor etrafında dersliklerin sıralandığı gözükmemektedir. Koridorda tasarlanan bu galeri, tüm bu aksın bina içinde dolaşan havayı dışarı atan bir baca görevi üstlenmesini sağlamıştır (Şekil 3.51). Dairesel ve kubbesel formlar ısı tutuculuğu en fazla olan formlardır ve burada da tonoz benzer çatı formunun kullanılmasının amacı ısı kayıplarını en aza indirmektir.



Şekil 3.49 Albert Camus Lisesi genel görünüş (Koçhan, 2003)



Şekil 3.50 Albert Camus Lisesi 1. kat planı ve galeri boşluğu [7]



Şekil 3.51 Albert Camus Lisesi doğal havalandırma şeması [7]



Şekil 3.52 Albert Camus Lisesi atrium görünüşü [7]

Aktif Rüzgar Sistemleri

Rüzgar enerjisi aktif sistemleri **Rüzgar Türbinleri**'dir.

Rüzgar Türbinleri

“Rüzgar türbinleri bir rotor (pervane), bir güç şaftı ve rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine çevirecek bir jeneratör kullanırlar. Rüzgar rotordan geçerken, aerodinamik bir kaldırma gücü oluşturur ve rotoru döndürür. Bu dönel hareket jeneratörü hareket ettirir ve elektrik üretir. Türbinlerde ayrıca, dönme oranını ayarlayacak ve kanatların hareketini durduracak bir rotor kontrolü bulunur.” [8]

Rüzgar türbinleri rotor eksenlerine göre yatay eksenli ve düşey eksenli türbinler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ancak tüm dünyadaki uygulamalarda en sık rastlanılan tipi yatay eksenli rüzgar türbinleridir.

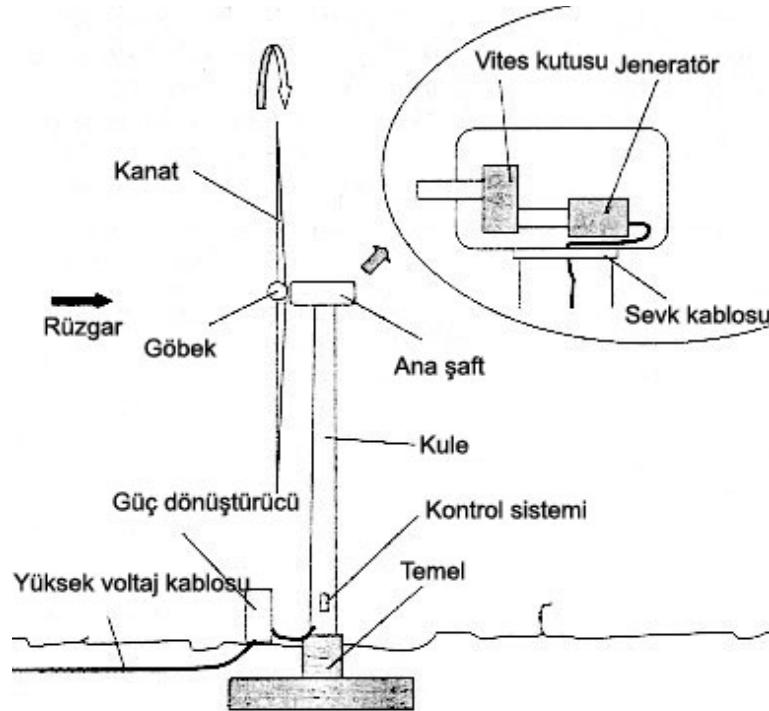
Yatay eksenli rüzgar türbini sistem parçaları Şekil 3. 53'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere sistem, bir rotor (kanatlar ve göbek), jeneratör ve bir güç dönüştürücünden oluşmaktadır.

Rüzgar türbinleri kullanım amaçları, kullanım şekilleri, rotor eksenlerinin yeryüzüne göre konumları, güçleri ve dolayısı ile yerleşim ölçeklerine göre çeşitli şekillerde sıralanmaktadır.

Rüzgar Enerjisinin su pompalamasında kullanılması, enerjinin mekanik enerjiye çevrilerek kullanılması ile gerçekleştirilir. Küçük dağ evleri ve çiftlik evleri gibi tek konut ölçeğinde uygulamalarda kullanılırlar. (Bozdoğan, 2001)

Rüzgar türbinleri en sık rüzgar enerjisinden elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgar türbinlerinin güçlerine, kullanım şekillerine ve rotor eksenlerinin yeryüzündeki konumlarına göre farklı uygulamaları mevcuttur.

Rüzgar türbinleri Küçük Ölçekli (Güçleri 10 kWh'ten küçük olanlar), Orta ölçekli (Güçleri 10 ile 100 kWh arası olanlar) ve Büyük Ölçekli (Güçleri 100 kWh'ten fazla olanlar) olmak üzere 3 grupta sınıflandırılırlar. (Bozdoğan, 2001)



Şekil 3.53 Rüzgar türbini bileşenleri (Redinger vd., 2001)

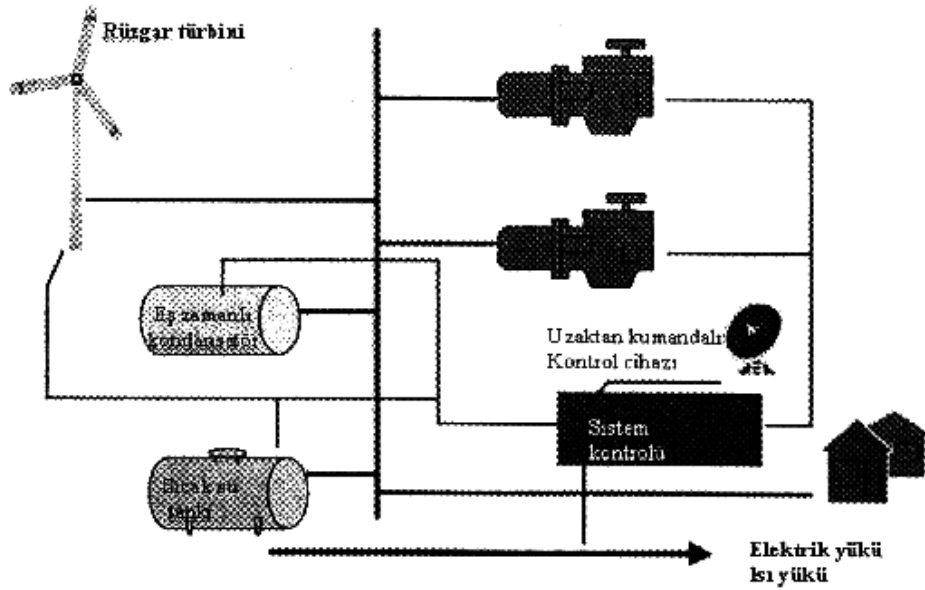
Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Rüzgar enerjisinin en önemli özelliği çevreye herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı için temiz bir enerji kaynağı olmasıdır.
- Rüzgar enerjisi tesisleri çok basit veya çok karmaşık teknolojilerle kurulabilirler. Ayrıca rüzgar enerjisi üretim tesislerinden elde edilen enerji çok farklı alanlarda kullanılabilir. Örneğin rüzgar enerjisinden doğrudan elektrik üretilbildiği gibi rüzgar enerjisi ile pompalanan sudan rüzgar olmadığı zamanlarda da elektrik üretilmektedir.
- Üretilen bu elektrik enerjisi depolanabilmektedir fakat maliyeti fazla olduğu için bu konuda çalışmalar devam etmektedir.
- Rüzgar enerjisinden aynı zamanda mekanik olarak pompalama ve drenaj, yağ çıkarma veya öğütme işlemlerinde de yararlanılabilir.
- Rüzgar enerjisinden elektrik üreten tesisler, yeterli rüzgar esmediği takdirde küçük bir dizel motoru ile çalışabildikleri gibi (Anon., 1984) mevcut sisteme bağlanarak da enerjilerini sağlayabilirler.
- Rüzgar enerjisi sistemleri enerjiye ihtiyaç duyulan yerde değil rüzgarın en fazla estiği yerlerde kurulmaktadır. Bir anlamda tesisler kaynaklara uzak kalmaktadır.
- Rüzgar tesisleri çevreye herhangi bir zarar vermeseler dahi sesi toplayıcı noktalarda kuruldukları takdirde gürültü ayrı bir sorun olarak ortaya çıkmakta ve bu faktör de özellikle yakın çevrede yaşayan insanlar ve doğal yaşam üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Her ne kadar normal şartlar altında üretim tesislerinin 100m. ile 200m. yakınlarına kadar çok önemli bir gürültü sorunu olmasa da yoğun yerleşimli kent merkezlerinde ve vadi içerisindeki bölgelerde sistemden verim alınamaz
- Rüzgar enerjisi üretim tesisleri elektromanyetik dalgaları da yansıtabilmektedirler. Bu durum radyo ve deniz haberleşmesi üzerinde olumsuz bir etki yapmasa da yakın çevredeki televizyon yayınlarını etkileyebilmektedir. Ancak kanatların yapıldığı malzeme değiştirilirse sorun çözülebilir.
- Rüzgar türbinlerinin devrilmesi ya da kanatların parçalanması halinde güvenlik önlemi olarak tesisin etrafında yarı çapı 200m. olan bir güvenlik bölümü ayrılması gerekmektedir.

Rüzgar türbinleri, kullanım amaçlarına göre, su pompalama ve elektrik elde etmede kullanılırlar.

Rüzgar Türbinlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

Rüzgar türbinleri mevcut elektrik şebekesine bağlı olarak kullanılabilirler gibi yalnız olarak da kullanılmaktadırlar. Yalnız kullanılan rüzgar türbinleri genelde başka bir enerji sistemine bağlı olarak kullanılmakta olup konutlar gibi bireysel uygulamalarda tercih edilirler. Bu tiplerin hibrid sistemler ile birlikte kullanılmayanları ise ürettiği enerjiyi akülerde depolamaktadırlar. Elektrik şebekesine bağlı olan uygulamalar ise yerleşim yerleri dışında kurulan, büyük ölçekli rüzgar santralleridir.



Şekil 3.54 Rüzgar enerjisinin mimarlıkta kullanımı [9]

Küçük ve orta ölçekli rüzgar türbinleri tek konut ölçeğinde kullanılırken büyük ölçekli türbinler rüzgar santralleri gibi büyük tesislerin oluşumunda kullanılmaktadırlar. Ancak tek konut tipi küçük ve orta ölçekli rüzgar türbinlerini, temelde aynı yerleşim kriterleri nedeni ile, kırsal yerleşim yerlerindeki yapıların çatılarında ya da yapı arsasında görmek mümkündür. Bu türbinler tek bir konut için enerji üretmektedirler.

Konutlarda kullanılan küçük ve orta ölçekli rüzgar türbinleri vaziyet planı bazında ele alındığında; sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmemektedir. Sistem, rüzgar enerjisini kullandığı için arazide konumlandırılan uygulamalarında toprak altına alınamaz.

Sistem uygulamalarını arazi dışında bir de, rüzgarı rahat alabilen çatılarda görmek mümkündür. Sistem vaziyet planına yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır. Sistem ve gerekli cihazlar genellikle türbine yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdırlar. Genellikle çatı arası çatı uygulamaları için tercih edilirken arazide yapılan uygulamalarda bodrum kat da ekipmanlar için tercih edilmektedir. Eğer sistem çatıda konumlandırılmakta ise ekipmanlar (güç değiştirgeci, akü) çatı arasına yerleştirilecekler ve dağıtım panosuna buradan bağlantı yapılacaktır. Sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından dolayı tasarımda kat yüksekliği için herhangi bir kısıtlamadan sözedilemez. Ayrıca dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve katlara elektrik dağıtımını amacı kablolama sistemini kurmak için döşeme ve duvar delmek gerekmektedir.

Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyerek sistem kapatılabilir. Kullanılmayan fazla elektrik aküde depolanarak tekrar kullanılabilir. Aküsüz sistemlerde fazla elektrik şehir şebekesine geri verilmektedir (Şekil 3.54). Uygulamalarda akülü sistemler genellikle tercih edilmektedir.

Sistemin ister çatı ister arazi uygulamalarında çatı veya bina çevresinde görülmesi kaçınılmaz olan türbin ve elde edilen doğru akımı alternatif akıma çeviren bir transformatördür.

Sistemin yurt içi kullanımı özellikle Ege’de görülmektedir. Sistem bu bölge için en ideal yenilenebilir enerji dönüşüm sistemi olarak görülmektedir. Sistemin konutlarda kullanımı gün geçtikçe artmakta ve uygulamalar devlet tarafından da teşvik edilmektedir. Kullanıcıya daha kolay kredi verilmekte, çeşitli prosedürler kaldırılmaktadır. E.İ.E’nin konu ile ilgili çalışmaları devam etmektedir.

Sistem tek başına kullanıldığında yaklaşık % 70’e varan bir enerji tasarrufu sağlarken ihtiyaca göre (depoda elektrik miktarının tükenmesi, arıza durumu, vs.) yapay sistemlerle de desteklenebilmektedir.

Sistem, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım sistemlerine oranla yüksek bir maliyete sahip olduğu söylenebilir. Örneğin, ılıman iklim kuşağında yer alan, 100 m²’lik bir konut için günlük enerji ihtiyacı 10 kwh olarak alınırsa, bir saat için üretilen elektrik miktarı maliyeti 4-6 cent arasında değiştiğinden sistemin ilk yatırım maliyeti 4000\$ - 5000\$ arasında değişmektedir. Bu miktarın %10 ile % 20’si yıllık kullanım masrafı olarak kabul edilmektedir. Sistem ilk yatırım maliyetini 2 – 3 sene içinde geri kazanırken, sistem ömrü yaklaşık 5 senedir.

Sistem uygulama örneklerinden önemli bir tanesi Londra’da tasarlanan ve inşa edilen **Croydon Centrale** alışveriş merkezidir(Şekil 3.55). Binada fotovoltaik hücreler ve bir adet rüzgar türbini olarak iki yenilenebilir enerji dönüşüm sistemi kullanılmıştır. Bina senelik elektrik ihtiyacının hepsini güneş ve rüzgardan sağlamaktadır. Her iki sistemin de başarı ile kullanılması ve binanın bir alışveriş merkezi olması bu uygulamayı önemli kılmaktadır. [10]



Şekil 3.55 Croydon Centrale alışveriş merkezi [10]

Alışveriş merkezinde teras çatıda güneye doğru konumlandırılan fotovoltaik paneller, Solar Century firması tarafından 80 W’luk modüller halinde tasarlanmıştır. Yapılan testler sonucu laboratuvar ortamında bir modülden 3.52 kw doğru akım elde edilmektedir. Fotovoltaik panellerin yıllık 1765 kwh enerji üreteceği öngörülmektedir. [10]

Binanın geri kalan enerji ihtiyacı rüzgar türbininden sağlanmaktadır. Rüzgar türbini rüzgardan en iyi şekilde yararlanabilmek için binanın çatısına yerleştirilmiştir. Sistem burada ana enerji sistemine destek görevindedir. 3.5 mt çapındaki tekil rüzgar türbin sistemi 3 adet kanattan oluşmaktadır ve 6.5 mt’lik bir kule üzerine oturtulmuştur. Sistemden elde edilen en yüksek enerji miktarı günlük 2.5 kw doğru akımdır. [10]

Sistemin ebatlarının büyük olması ve rüzgarı kullanmak adına zorunlu olarak çatıya yerleştirilmesi ile alışveriş merkezine gelen ziyaretçiler tarafından görüşe açık olması estetik açıdan olumlu bulunmamaktadır. [10]



Şekil 3.56 Croydon Centrale’de kullanılan rüzgar türbini [10]

Konu ile ilgili bir diğer örnek için küçük bir rüzgar türbinin kullanıldığı **Sansome Evi** verilebilir (Şekil 3.57). Emekli bir sağlık görevlisi olarak Oak Will, Kaliforniya’da yaşayan Gus Sansome, 2001 Ağustos’unda elektrik üretmek ve elektrik faturası ödememek adına arka bahçesine 10 KW’lık bir rüzgar türbin sistemi kurdurmuştur. Kanatlar haricinde boyutları 10 feet uzunluğunda olan türbinlere, daha fazla elektrik üretebilmek amacıyla eklemeler yapılmıştır. Sistemde türbin kanatlarını kuvvetli rüzgarlara karşı koruyan bir mekanizma da mevcuttur. Sistemin basit olması bakım kolaylığını da beraberinde getirmiştir. Satın alınan firma yedi yılda bir sistem bakımını üstlenmiştir. Sistemin maliyeti 40.000 \$ tutmuştur. Sansome 20.000 \$’lık kısmını Kaliforniya Enerji Komisyonu’ndan, kullanıcıları temiz enerjiye teşvik etmek amacı ile, almıştır. Sistem maliyetini 6 ile 8 yıl arasında geri kazanabilecektir ve sistemin ömrü yaklaşık 12 ile 15 yıl arasındadır. Sansome sistem kurulduğu günden beri hiç elektrik faturası ödemediğini söylemekte ve bu nedenle bir çok kişinin temiz enerji sistemlerini konutlarında kullandığını da belirtmektedir. [11]



Şekil 3.57 Sansome Evi rüzgar türbini görünüşü, [11]

Küçük rüzgar türbinlerinin tekil uygulamalarına örnek olarak Vermont'taki **Blittersdorf Evi** gösterilebilir (Şekil 3.58). David ve Jan Blittersdorf Charlotte, Vermont'taki evlerine elektrik faturalarının miktarını azaltmak adına 1998 yılında 1,5 KW'lık küçük bir rüzgar türbini yaptırmışlardır. Elde ettikleri sonuçtan memnun kalınca sistemi 10 KW'a kadar çıkarmış bir de 1.4 KW'lık bir güneş enerjisi sistemi kurdurmışlardır. Bu iki sistem faturalarında ciddi bir düşüşe sebep olmuş ve çevrede oturan komşuları da temiz enerji sistemleri kullanmaya başlamışlardır. David Blittersdorf aynı zamanda daha basit ve daha ucuz olmaları için eyalet ile birlikte çalışmaktadır. [11]



Şekil 3.58 Blittersdorf Evi rüzgar türbini görünüşü, [11]

Rüzgar türbinlerinin tekil uygulamaları sadece binalarda değil yol, bahçe, hatta park gibi sosyal alanlarda da kullanılabilir. Buna en iyi örneklerden biri Pensilvanya’da bulunan **Hershey Parkı**’dır (Şekil 3.59).

Hershey Parkı, Pensilvanya’da her yıl milyonlarca kişiye ev sahipliği yapan bir parktır. 2003 yılından itibaren parka 10 KW’lık bir rüzgar türbini ve 2 KW’lık, 60 adet fotovoltaiik pil uygulaması yapılmıştır. Buradaki asıl amaç ziyaretçilere yıl içinde ne kadar enerji üretilebileceği ve ne kadar enerji tasarrufu yapılabileceğinin gösterilmesine yönelik eğitici bir çalışmadır. Pensilvanya Çevre Koruma Departmanı, Ulusal Enerji, Merkezi Doğu Pensilvanya Sürdürülebilir Enerji Kurumu projeye sponsor olmuşlardır. Her iki sistem beraber yılda yaklaşık 30.000 KWh enerji üretmektedirler ve üretilen enerjinin hepsi parkın elektrik sisteminde kullanılmaktadır. Yılda üretilen toplam enerji, motorlu bir taşıtla 30.000 mil yol kat ederek ve 2000 ağaç kesilerek üretilebilen enerjiye eş tutulmaktadır.



Şekil 3.59 Hershey Parkı Rüzgar türbini ve fotovoltaiik pillerin görünüşü, [11]

3.2.3 Jeotermal Enerji

“Jeotermal enerji, yeraltında olağandışı birikmiş olarak bulunan ısıнын çatlaklardan yeryüzüne su veya su buharı olarak çıkması ile elde edilir. Bazen de sondaj çalışmaları ile yeraltından sıcak su, sıcak su ve subuharı karışımı ya da buhar olarak çıkartılabilir.” (Anon., 1984)

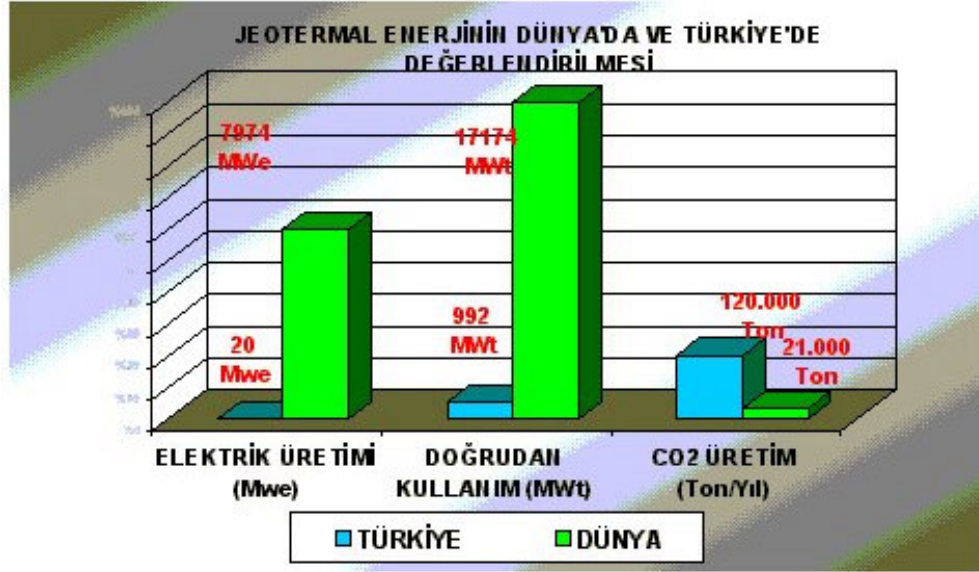
Jeotermal enerji, yeryüzündeki meteorolojik suların yer kabuğu üzerindeki kırık veya çatlaklar vasıtasıyla yeraltına sızması ile oluşur. Yeraltına alınan su, yerin derinliklerindeki magma kütlesi ile ısınır. Eğer yer kabuğu üzerinde doğal yollarla oluşan kırık veya çatlaklar yoksa yapay yöntemler ile oluşturulmuş kırık veya çatlaklar, suyun yeraltına sızdırılmasında kullanılır. Bu sisteme “sıcak kuru kaya sistemi” denir.

Her yıl yeryüzüne dünyanın merkezinden 250×10^{13} Kcal ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Toplam jeotermal enerji potansiyeli şu anda 8 milyar TET civarında olan dünyanın toplam enerji ihtiyacının 5 milyon katıdır. Günümüzde jeotermal enerji kaynaklarının yalnızca yeryüzünden 3 km. derinliğinde olanlar işletilebilmektedir. Jeotermal enerji temiz ve tükenmez oluşu ile diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir role sahiptir. Türkiye’deki mevcut potansiyelin fazla oluşu ve her geçen gün yapılan araştırmalar sonucu varolan kaynaklara yenilerinin eklenmesi de jeotermal enerjinin önemini arttırmaktadır.

Yer altı sularından yararlanma insanlığın ilk çağlarından bu yana süregelen bir durumdur. İlk olarak M.Ö. 10.000 yıllarında Akdeniz’de yaşayan insanların jeotermal akışkanları çanak, çömlek ve krem yapımında kullandıkları görülmektedir. M.Ö. 1500 yıllarında ise özellikle Romalı’lar ve Çinli’ler jeotermal kaynakları ısıtma, banyo ve pişirme amaçlı kullanmışlardır. 1322 yılında ilk olarak Fransa’da köylüler evlerini doğal yer altı suyu ile ısıttılar ve 1800 yılında yine Fransa’da konut ısıtmasında jeotermal enerjiden yararlanma yaygınlaştı. 1841 yılında İtalya’da yeni teknoloji ile jeotermal kuyuların açılmasına başlandı ve 1891 yılında Amerika’da ilk “jeotermal bölge ısıtma sistemi gerçekleştirildi”. [14] 1930’larda Amerika, Rusya, Japonya gibi ülkelerde jeotermal akışkanın kullanımı yaygınlaşmış ve ilk olarak 1963 yılında Türkiye’de jeotermal sondaj kuyusu açılmıştır. 1968 yılında ise jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanılması amaçlı olarak ilk jeotermal kuyu Denizli’de açılmıştır. 1984 yılında ise Türkiye’nin en büyük Avrupa’da ise İtalya’dan sonra ikinci büyük jeotermal enerji santrali Denizli’de açılmıştır.

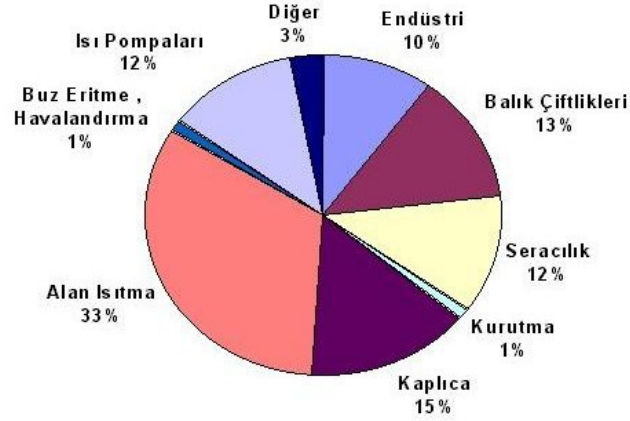
2001 yılı itibarıyla Türkiye’de toplam kurulu jeotermal enerji gücü 493 Mwt’e ulaşırken, jeotermal enerjiden elektrik elde edilmesi dışında diğer uygulamalarda dünyanın ilk sırada Çin yer alırken Türkiye 5. ülkesi durumundadır. [12]

Jeotermal enerjinin dünyada kullanım alanları oranları Şekil 3.61’de gösterilmiştir. Jeotermal enerjinin kullanım yüzdeleri 1995- 2000 yılları arasında elektrik üretiminde % 17, diğer uygulamalarda ise % 87 oranında artış göstermiştir. Elektrik üretiminde dünyada ilk sırayı Amerika alırken, ikinci olarak Filipinler ve sırasıyla İtalya, Meksika ve Endonezya takip etmektedir. [12]



Şekil 3.60 Jeotermal enerjinin Dünyada ve Türkiye’de kullanımının karşılaştırılması,2005 [12]

Jeotermal kaynaklar ile elektrik üretimi dünyada 7974 MW olup 65 Milyar kWh/yıl üretime ulaşmıştır. Türkiye’de elektrik üretiminin dünyaya oranla çok küçük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Dünyada 10 bin dönüm Türkiye’de ise 500 dönüm jeotermal sera bulunmaktadır ve bunun 250 dönümü Şanlıurfa’da kurulmuştur. Türkiye’nin en büyük jeotermal sahası olan Şanlıurfa’daki seralardan Avrupa’ya ihracat yapılmaktadır. [12]



Şekil 3.61 Dünya'da jeotermal enerjinin kullanım alanları oranları, 2000 [12]

Türkiye’de ise mevcut kurulu jeotermal enerji potansiyelinin büyük çoğunluğu kaplıca turizmi için kullanılırken bir kısmı da merkezi ısıtma, elektrik üretimi, karbondioksit üretimi ve doğrudan ısı eldesi için kullanılmaktadır. Türkiye’de mevcut jeotermal kaynakların kullanım alanları ve miktarları Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere gerek Türkiye’de gerekse ülkemizde jeotermal enerjinin büyük bir kısmı mekan ısıtmada kullanılmaktadır.

Çizelge 3.3 Türkiye’de mevcut jeotermal kaynağın kullanım alanları ve kullanım miktarları [12]

<u>DEĞERLENDİRME</u>	<u>KAPASİTE</u>
JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA (ŞEHİR, KONUT, TERMAL TESİS, SERA V.B.)	61 BİN KONUT EŞDEĞERİ (665 MWt)

Gönen 3400 Konut, Simav 3200 Konut, Kırşehir 1800 Konut, Kızılcahamam 2500 Konut, Balçova 11500 Konut, Afyon 4500 Konut, Kozaklı 1000 Konut, Sandıklı 2000 Konut, Diyarın 400 Konut, Narlıdere 1500, Salihli 2000 konut jeotermal merkezi ısıtma sistemine ilaveten termal tesis ve 565 dönüm sera ısıtması (Şanlıurfa, Balçova vb)

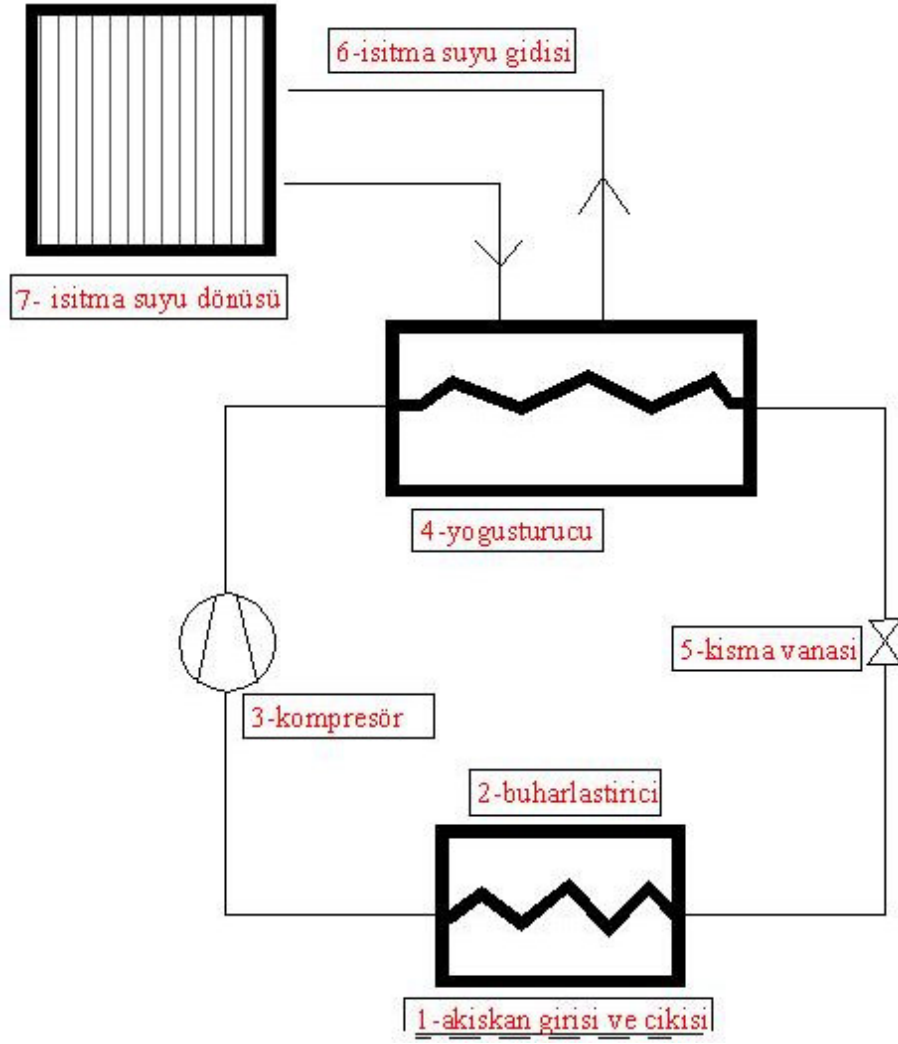
KAPLICA KULLANIMI	195 KAPLICA (327 MWt) (Yılda 7 Milyon Kişi)
TOPLAM DOĞRUDAN ISI KULLANIMI	992 MWt (Yılda 800.000 ton petrol (kal. yakıtı) karşılığı 563 Trilyon TL/Yıl)
ELEKTRİK ÜRETİMİ	20 MWe (Denizli – Kızıldere) 26 BİN Ton Petrol Eşdeğeri (25 MWe kapasiteli Germencik Jeotermal Elektrik Santrali’nin temelini bu yıl atılması beklenmektedir)
KARBONDİOKSİT ÜRETİMİ	120 BİN Ton/yıl

3.2.3.1 Jeotermal Enerjiden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

Jeotermal enerji dünyada en çok bulunan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yer altı ısı ile elde edilen enerji konutlarda ısıtma ve soğutmada, seracılıkta, tarımda, vs. kullanılmaktadır. Yer altı sıcaklığı yaklaşık 10 m. derinlikten sonra hemen hemen sabit bir değere ulaşmaktadır. Varolan enerji potansiyelini göz önüne aldığımızda yeryüzüne yaklaşık 400 m. uzaklıktaki bir alandan söz etmek gerekmektedir. Jeotermal akışkanın uygulama yöntemlerine göre jeotermal enerji sistemleri **ısı pompaları**, **kuyu içi eşanjörler** ve **ısı boruları** olarak sıralanmaktadır. Kaynak arama, dağıtım ve enerji kazanımı sırasında çevreye olan olumsuz etkilerin en aza indirilmesinden dolayı jeotermal akışkanın yeryüzüne çıkarılmadığı **kuyu içi eşanjör** sistemleri bu konuda kullanılan ilk sistemlerden olmasına rağmen hala popülerliğini korumaktadır. **Isı boruları**, çok yeni bir teknolojidir ve yurt dışında geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Mimarlıkta en çok kullanılan sistem ise **ısı pompalarıdır**.

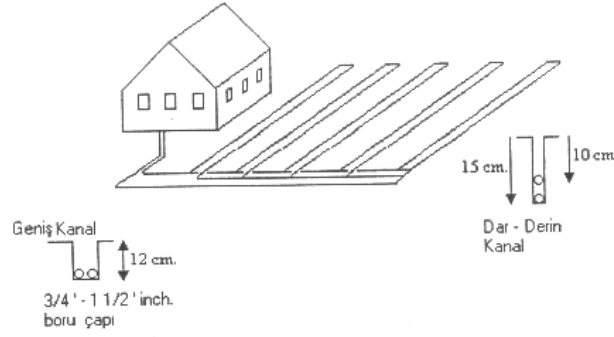
Jeotermal Isı Pompaları

Isı pompaları kullanılan düşük sıcaklık kaynağı olarak hava, toprak veya jeotermal akışkanı kullanabilmektedir. Jeotermal akışkanın kullanıldığı ısı pompaları **jeotermal ısı pompaları** olarak adlandırılmaktadır. Jeotermal ısı pompaları genel çalışma prensipleri Şekil 3.31'de gösterilmiştir. Jeotermal ısı pompaları kapalı devre sistemlerdir. Bir ısı pompasının çalışma prensibi buzdolabına benzetilebilmektedir. Sisteme giriş yapan jeotermal su ilk önce buharlaştırıcıya verilir ve burada düşük basınç altında tutulur. Buharlaştırıcının sıcaklığı kullanılan yer altı suyuna göre belirlenir. Ancak buharlaşma olabilmesi amacı ile bu sıcaklığın, suyun kaynama sıcaklığından fazla olması gerekmektedir. Su buharlaştıktan sonra elde edilen buhar kompresör yani pompa tarafından sürekli olarak emilir ve sıkıştırılır. Böylelikle sıkışan buharın basıncı ve buna bağlı olarak sıcaklığı artırılır. Sıcaklığı arttırılan su, yoğunlaştırucuya (kondenser) gönderilir. Burada iki farklı kapalı devre sistemi bulunmaktadır. Buradaki sıcak su, soğuk olan kullanım suyunu ısıtır. Isınan su depolanarak konut ısıtılmasında ve sıcak su olarak kullanılmaktadır. Jeotermal su ise kısma vanası yardımı ile buharlaştırıcıya geri gönderilir ve buradan yer altı suyuna geri besleme (reenjeksiyon) yapılır. (Hepbaşlı, 1983) Isıtılmak istenen hava ise yoğunlaştırucu içindeki diğer sistemde dolaştırılmaktadır (Şekil 3.62).

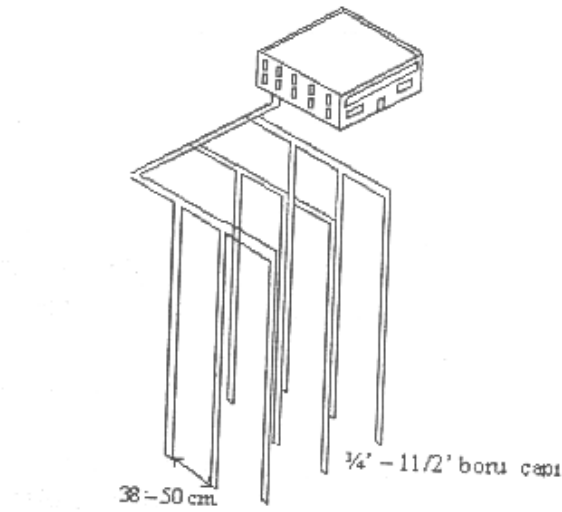


Şekil 3.62 Isı pompaları çalışma prensibi (Hepbaşlı, 1983)

Jeotermal ısı pompaları dikey ve yatay olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yatay tip ısı pompaları Şekil 3.63’de, dikey tip ısı pompaları Şekil 3.64’de şematik olarak gösterilmiştir. Yeraltında, belli bir derinlikten sonra ısının bütün bir yıl boyunca sabit olması nedeni ile dikey tip ısı pompalarının kullanılması daha elverişlidir. Yatay tip ısı pompaları yeryüzüne yakın ve yaygın halde bulunduklarından ısı değişimlerinden çok daha fazla etkilenirler ve böylelikle sistem verimi düşer. Dikey tip ısı pompaları yatayda daha az yer işgal ederler. Fakat dikey tip ısı pompalarının tüm bu olumlu özelliklerinin yanı sıra maliyetlerinin yatay tipe oranla fazla ve kurulumunun daha zor oluşu nedeni ile bulunan ekonomik şartlara göre tercih edilmeyebilmektedirler.



Şekil 3.63 Yatay tip ısı pompaları (İlken, 2000)



Şekil 3.64 Dikey tip ısı pompaları (İlken, 2000)

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Jeotermal enerji akışkan sıcaklığına göre ayrı alanlarda kullanılabildiği gibi jeotermal kaynağın kullanım sahasına göre de sınıflandırması yapılabilir. Akışkan sıcaklığına göre jeotermal kullanım alanları Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Akışkan sıcaklığı 80 °C’de açığa çıkan ısı enerjisi bina ve sera ısıtmasında, sıcaklık 70 °C’de iken ısı enerjisi soğutmada ve sıcaklık 60 °C’de iken ısı enerjisi hayvan barınaklarının ısıtılmasında kullanılmaktadır.
- Kaynağın kullanım sahasına göre sınıflandırma da ise ilk önce jeotermal enerjiden elektrik elde edilmesinden söz etmek doğrudur. Genel olarak hazne sıcaklığının 200°’nin üstünde olduğu kaynaklardan elektrik üretilebilir. Gelişen teknoloji ile 150°’nin altındaki akışkanlardan da elektrik üretimi yapılabilir. Buharlaşma

noktaları düşük gazlardan yararlanarak 60° - 90°'deki sıcak sudan da elektrik üretimi mümkündür.

- Akışkanın ısı derecesine göre kullanım alanları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Çizelge 3.4 Jeotermal kaynakların ısı derecelerine göre kullanma imkanları (Anon., 1984)

Sıcaklık C	Yararlanma Konuları
180	Buharlaştırmanın çok yoğun olduğu çözümler, amonyak absorbesi ile soğutma, kraft kağıdı hamurunu hazırlanması
170	Hidrojen sülfid ve ağır su elde edilmesi, diatomitlerin kurutulması
160	Balık ve diğer bazı yiyeceklerin ve kerestelerin kurutulması
150	Bayer prosesi ile alümina ve diğer kimyasal maddelerin elde edilmesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması, yiyecek konserveleme işlemi
130	Buharlaştırma ile şeker rafinajı, Buharlaştırma ve kristalleştirme ile tuz üretilmesi
120	Distilasyon ile temiz ve kullanılabilir su elde edilmesi
110	Çimento kurutulması, hafif agrega üretimi
100	Organik maddelerin kurutulması, (ot, sebze, vs.), yün yıkama ve kurutma
90	Balık kurutma
80	Bina ve sera ısıtılması
70	Soğutma
60	Hayvan barınaklarının ısıtılması
50	Mantar yetiştirilmesi
40	Toprağın ısıtılması
30	Yüzme havuzlarının ısıtılması, damıtma, sağlık tesisleri
20	Tarla balıkçılığı

- Jeotermal enerji tesislerinin bakım maliyetleri oldukça düşük olmasına rağmen ön araştırma ve hazırlık masrafları fazladır. Tesislerin üretim sırasında çevre kirliliğine neden olmaları da dikkate alınan ve çözümlenmeye çalışılan bir diğer konudur.
- Jeotermal enerjinin sondajlı üretimlerinde, zeminden alınan jeotermal akışkanın çevreye atılıp zarar vermemesi ve rezervuarların sürdürülebilirliklerini ve yenilenebilirlik özelliklerini korumaları açısından, yani rezervuarların beslenmesi açısından akışkanın kullanıldıktan sonra tekrar yer altına geri verme (reenjeksiyon) zorunluluğu vardır. Bir çok ülkede jeotermal enerji uygulamalarında reenjeksiyon yasal hale getirilmiştir.
- Jeotermal ısı pompaları yalnızca fay hattı bulunan deprem bölgelerinde yapılmaktadır. Bu bölgelerde oluşan jeotermal sıcak su sistemde kullanılmakta ve yine toprağa geri verilmektedir.
- Jeotermal enerji ısıtma amaçlı olarak kullanılabilen fakat sistemin bazı sınırlamaları olabilmektedir. Isıtma amaçlı olarak kullanıldığı zaman jeotermal enerji

kaynağının yerleşim merkezi yakınlarında bulunması ya da kaynağın yakınlarına yerleşim merkezinin kurulması gerekmektedir. Jeotermal enerjinin bir yerden başka bir yere nakli verimli olmamaktadır.

- Ayrıca seçilen akışkanın cinsi ve ısıtma için en uygun sistemin seçilmesi de başka bir önemli konudur. Günümüzde jeotermal enerji ile yapılarda sıcak su kullanımı ve merkezi sistemli ısıtma uygulamalarının yanı sıra caddelerin, havaalanlarının ısıtılması, fizik tedavi merkezlerinin kurulması, yüzme havuzlarının ısıtılması gibi uygulamalar da mevcuttur. Jeotermal enerji sistemlerini başarı ile kullanabilen ülkelerin başında Yeni Zelanda, Amerika, Fransa, Japonya, Rusya, İtalya ve Macaristan gelmektedir. (Anon., 1984)
- Jeotermal enerji tarım ürünleri ve besin maddelerinin elde edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İtalya, ABD, Japonya ve Yeni Zelanda'da sera ısıtmasında jeotermal enerjinin büyük payı vardır. Bunun dışında jeotermal enerji tropik bitki yetiştirilmesinde, tarla balıkçılığı ve timsah yetiştirilmesinde kullanılmaktadır.
- Tüm bunların dışında jeotermal enerji sebze ve meyve kurutmasında ve balık konserveçiliği gibi alanlarda da kullanılmaktadır. Jeotermal enerji çeşitli endüstri alanlarda çok sık kullanılan bir enerji türüdür. Endüstri için gerekli temiz su ihtiyacı jeotermal enerji kaynaklarından elde edilebilmektedir. Bununla beraber kimya sanayiinde, kimyasal madde ve mineral üretimi, ağır su eldesi, hidrojen üretimi için de kullanılan bir enerji kaynağıdır. Orman sanayiinde ise kerestecilik ve kağıt sanayiinde de jeotermal enerji gerekli bir uygulamadır. En çok kullanılan biçimi olarak kaplıca turizminde en önemli paya sahiptir.
- Jeotermal ısı pompalarını kullanabilmek için sistem için gerekli koşullar bulunmaktadır:
 - Yeterli miktarda boş toprak alanı bulunması
 - Bu alana her hava koşulunda sondaj makinelerinin girip çıkabilmesi
 - Sondaj için yeterli boş alanın bulunması
 - Arazi eğiminin maksimum %5 olması
 - Sistemin kurulacağı yer için gerekli onayın alınması
 - Sistemin çalışması için gerekli elektrik temini
 - Suyun bulunması

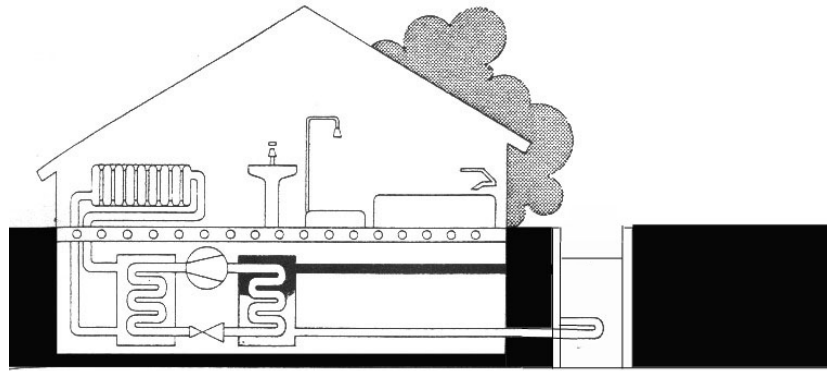
- Sondaj çamurları için kuyu veya hendek yapılması

Jeotermal Isı Pompalarının Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

Sistemin binaya entegrasyonuna değindiğimizde ise en önemli sorunun vaziyet planı yani arazi olduğunu söyleyebiliriz. Sistem yalnızca fay hattı bulunan deprem bölgelerinde kurulabilmektedir. Arazide sondaj çalışmaları, makinelerin girip çıkabilmesi ve açılacak kuyular için yeterli boş alan bulunması da gerekmektedir. Ayrıca sistemin kurulabilmesi için arazi eğimi maksimum % 5 olmalıdır.

Jeotermal ısı pompaları için genelde arazide 8-10 m arası mesafeler ile açılacak kuyuların ebatları, miktarı, derinlikleri ve aralarındaki mesafeler yapılan zemin analizleri sonucu hesaplanarak sistem vaziyet planında araziye yerleştirilmektedir. Sistem için gerekli depo ve çevrim mekanizması tasarlanan bir bodrum katta konumlandırılmaktadırlar. Açılan kuyular ile binaya bağlantı sağlayan borular toprak altındadır ve toprak altında kalan kısımların üzerine (bağlantı boruları toprak altındadır) istenilen peyzaj ve düzenleme yapılabilir. Tüm gerekli ekipman ve kuyular ile birlikte bir de arazi için gereken boş alan miktarı ile beraber sistem oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. Bu nedenle şehir içi, bitişik nizam yerleşmeler için sistem uygun değildir.

Jeotermal ısı pompaları, toprak altından sistem için ayrılan bodrum kata bağlantı boruları ile sıcak akışkan aktarımını gerçekleştirmektedirler (Şekil 3.65). Aynı bağlantı boruları yeraltından alınan sıcak akışkan tekrar yeraltına geri verilmektedir (reenjeksiyon).



Şekil 3.65 Isı pompalarının konutlarda kullanımı (Hepbaşı, 1983)

Sistem için erekli çevrim mekanizması ve depo, tasarlanan bir bodrum lata yerleştirilmelidir. Bin içindeki teknik ekipmanların (depo, ısı değıştirgeci) kapladığı alan ve yükseklikleri çok fazla olmadığından (yaklaşık 1.80 m) kat yüksekliğinde bir kısıtlamaya gidilmesine gerek yoktur. Sistemde varolan bir ateş ya da havalandırma bacası bulunmamaktadır. Cephede de sisteme ait görünür bir eleman yoktur. Bu da cephe ve planda herhangi bir kısıtlamaya gidilmemesini sağlamaktadır. Yalnız verim açısından binada kullanılan ısıtma sisteminde uygulanabilir. Binada döşemeden ısıtma sistemi ile ısı katlara dağıtılmalıdır. Çünkü jeotermal ısı pompalarında kullanıma hazır suyun sıcaklığı 55° dolaylarındadır. Döşemeden ısıtma sistemlerinin sıcaklıkları da 50° ile 70° arasındadır. Yani iki sistemin sıcaklık seviyeleri birbirlerine uygundur. Böylelikle daha az maliyet ile daha çok verim elde edilir. Kalorifer tesisatında ise bir peteğin sıcaklığı yaklaşık 90° olmaktadır. Yani mekanda istenilen hava sıcaklığını sağlamak amacı ile daha fazla petek kullanımı gerekmektedir. Bu da maliyeti arttıran etkenlerdendir. Ayrıca binada kullanılan döşeme kalınlığı artacak. Isının dağıtımında kullanılan boru tesisatı için döşeme delmek kaçınılmaz olacaktır. Enerji ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde sistem kapatılabilir.

Sistem %4 ile %5 arası bir verim ile çalışarak istenilen mekanın yıllık ihtiyacı olan tüm enerjiyi sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. İstenildiği takdirde kullanılan yapay sisteme yardımcı olarak da tercih edilebilirler.

Genel olarak sistemin ön hazırlık ve araştırma maliyetinin yüksek olduğunu görmekteyiz. Örneğin, 1 m² için yaklaşık 100\$ ön yatırım maliyeti kabul edilirse, ılıman iklim kuşağında yer alan 100 m²'lik ve günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 10kwh olan bir konut için 10 000\$'lık bir yatırım maliyeti ortaya çıkmaktadır. Kullanım maliyeti oldukça düşük olan sistemin ömrü 5 senenin üstündedir. Sistem ilk yatırım maliyetini doğalgaz olmayan yerlerde 8-10 sene içinde geri kazanabilmektedir.

Amerika'da okullarda ısıtma ve soğutma sistemi olarak uygun yerlerde jeotermal ısı pompalarının kullanılmasına başlanmıştır. Enerji tasarrufu ve düşük faturaların yanısıra sınıflardaki yaşamsal konforun da artması nedeniyle jeotermal ısı pompaları özellikle okullar için en uygun ısıtma ve soğutma sistemleri olarak görülmektedir. Kentucky'deki **Paint Lick İlköğretim Okulu** da bunlardan biridir. Sistemlerin okullarda tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biri sistemin estetik açıdan çeşitli avantajlar sağlamasıdır. Diğer bilinen sistemlere oranla çok daha küçük bir alan kapladığı için mekan tasarımlarını özgür bırakmaktadır. Ayrıca sistem, bahçede çocukların oynayabileceği ve herhangi bir vandalizm olayına karşı da oldukça güvenlidir. [13]



Şekil 3.66 Paint Lick İlköğretim Okulu'nda uygulanan jeotermal ısı pompaları [13]

Sistemde mekansal zonlama özelliği ile enerji tasarrufuna büyük katkılar sağlanmaktadır. Paint Lick, Kentucky'de sistemin kurulduğu ilk okuldur. Sistemde birbirinden ayrı 35 adet jeotermal ısı pompası kütüphaneye, jimnastik salonuna, ofislere, kafeteryaya ve her bir sınıfa kendi termostat ve zonlama kontrolleri ile hizmet etmektedir (Şekil 3.66). Sistemin kurulum masrafları bir m² için 9.60 \$'dır. Ayrıca sistemin bakım masrafları da oldukça düşüktür ve 2 yıl kurucu firma tarafından garantilidir. Burada firmanın da asıl amacı sistemin hem enerji hem de maliyet bakımından yararlarını kanıtlayabilmek olmuştur. Bu amaçlarında firmanın başarılı olduğu görülmektedir zira bölgede 40 adet okulda da aynı sistem ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. [13]

3.2.4 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen enerjisi çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen, tükenmez bir enerji kaynağı olup, evrende en çok bulunan elementtir. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkime sırasında kullandıkları yakıt ve evrenin temel enerji kaynağı olan hidrojen zehirsiz ve kokusuz bir gazdır ve havadan 14.4 kat daha hafiftir. 252.77 C°'ta sıvı hale getirilebilen hidrojenin sıvı hali gaz halinin sadece 1/700'ü kadardır. [14]

Hidrojen doğada tek başına bulunmaz. En önemli bileşiklerinden biri sudur. Hidrojen, diğer enerji kaynakları arasında birim kütle başına en çok enerji değerine sahip olan elementtir.

Çizelge 3.5 Hidrojenin diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması (Türe, 2001)

Özellik	Benzin	Metan	Hidrojen
Yoğunluk	4.40	0.65	0.084
Hava içindeki difüzyonu	0.05	0.16	0.61
Sabit basınçta özgül ısısı (J.g/K)	1.20	2.22	14.89
Havada ateşleme sınırı (% hacim)	1.0-7.6	5.3-15.0	4.0-75.0
Havada ateşleme enerjisi (mJ)	0.24	0.29	0.02
Ateşleme sıcaklığı (C)	228-471	540	585
Havada alev sıcaklığı (C)	2197	1875	2045
Patlama enerjisi (g.TNT.k/J)	0.25	0.19	0.17
Alev yayılması (emisivitesi), (%)	34-42	25-33	17-25

Hidrojenin ilk bulunması 1500'lere dayanmaktadır. Ancak hava ile karıştığında yanma özelliğine sahip olması 1700'lerde Lemory tarafından keşfedilmiştir. 1781 yılında ise havadaki oksijeni kullanarak yanması sonucu açığa su ve su buharının çıktığı keşfedilmiştir. O zamanlarda metal asit tepkimeleri sonucu hidrojen üretilirken, endüstri devrimi ile birlikte kömür-su-gaz kullanılarak hidrojen elde edilmesi başlıca üretim biçimi olmuştur. 20. yüzyıl başlarında ise elektroliz yöntemi hidrojen üretiminde en sık kullanılan yöntemdi. Daha sonra doğalgazın bulunması ile hidrojen günümüzde en çok doğalgazdan üretilmeye başlandı.

Hidrojen enerjisi kullanımı özellikle Japonya, Amerika, Almanya'da yoğun bir biçimde ele alınmaktadır. Hidrojenden, yakıt pili teknolojisi ile elektrik elde etme çalışmaları NASA tarafından yürütülmüş ve yakıt pili teknolojisi uzay roketlerinde enerji üretim sistemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucu 1960'lı yıllarda hidrojen enerjisinin geleceğin enerji kaynağı olacağı tahmin edilmiş ve 1970'lerde çalışmalara başlanmıştır. Günümüzde hidrojen enerjisi ülke enerji politikalarında önemli bir yere sahiptir.

Yakıt Hücresi sistemleri, askeri uygulamalar ve otomotiv sektöründe büyük rağbet gören bir araştırma konusu olmuştur. Zırhlı araçlar, otobüsler, gemiler, denizaltı ve uzay çalışmalarında, cep telefonu ve bilgisayar teknolojisinde kullanılması düşünülen yakıt hücresi sistemlerine en büyük araştırma fonunu ayıran kuruluşlar daha çok savunma amaçlı devlet kurumları olmaktadır. Özellikle otomotiv sanayi hidrojen ile çalışan araç prototipleri denemektedirler. Shell firması, Londra'da açmış olduğu Hidrojen Shell şubesine 500 milyon \$ yatırmıştır.

Türkiye'de ise üniversiteler ve Tübitak konu ile ilgili çeşitli araştırmalar ve bazı deneme projeleri gerçekleştirmektedirler. Tübitak-Mam, Tofaş, Arçelik, Ford ve ttgv ortaklığında 4 yıl sürecek yeni bir çalışma başlatılmıştır. [15]

Son zamanlarda konu özel sektörün de ilgisini çekmiştir. EAE (Elektrik-Aydınlatma-Enerji) adlı özel bir kuruluş tarafından 1997 yılından bu yana çalışmalar sürdürülmektedir. Proton

değişim zarlı yakıt hücresi üzerinde çalışan kuruluş, 5 KW'lık bir yakıt hücresi prototipi oluşturmuştur. Sistemde hidrojen doğrudan kullanılmaktadır. Ancak yakın bir gelecekte doğalgaz ve LPG'den dönüştürülen bir prototip daha oluşturulacaktır.

Türkiye ile Birleşmiş Milletler Sınai ve Kalkınma Örgütü arasında 21 Ekim 2003 yılında Uluslar arası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin kurulmasına yönelik anlaşma imzalanmıştır. Bu merkezin faaliyete geçmesi ile birlikte Tübitak ve diğer araştırma yapan kuruluşların elde ettiği sonuçlar ve çalışmalar bir araya toplanacak ve beraber araştırmalar devam ettirilecektir.

Enerji kaynaklarının neredeyse % 70'ini dışardan satın alan Türkiye, sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli sebebi ile güneş – hidrojen sistemi için çok elverişli bir ülkedir.

3.2.3.1 Hidrojen Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

Hidrojen enerjisi diğer temiz enerji kaynaklarına oranla çok daha az bilinen bir enerji üretim teknolojisine sahiptir. Son yıllarda geliştirilen çalışmalar sayesinde hidrojenden enerji elde etme sistemleri son teknoloji ürünleri olarak gündeme gelmektedir. Hidrojenden enerji elde etme sistemi “**yakıt hücresi**” adı altında geliştirilen bir teknolojidir.

Yakıt Hücresi

Hidrojen enerjisinden ilk olarak enerji elde etme çalışmaları çok eskilere dayansa da ilk yakıt hücresi teknolojisi İngiliz avukat William Robert Grove tarafından keşfedilmiştir. İlk teknik uygulama 1954 yılında gerçekleştirilebilmiştir. 1960'lı yıllardan sonra ilk uzay çalışmalarında enerji elde etme amaçlı kullanılan yakıt hücreleri Apollo, Gemini gibi uzay programlarında denenmiştir. Günümüze kadar yapılan prototip çalışmaları ile değişik tipte yakıt hücreleri geliştirilse de halen yapılan uygulamalar deney aşamasındadır. (Soydan, 2004)

Kısaca yakıt hücreleri, kimyasal reaksiyon sonucu açığa çıkmış enerjiyi elektrik enerjisine çeviren elektrokimyasal dönüştürücülerdir. Yakıt hücreleri bileşenleri,

- **yakıt dönüştürücü,**
- **yakıt hücresi modülü,**
- **güç dönüştürücü**
- **kontrol sisteminden oluşur.** (Anon, 2003)

Saf hidrojen kullanıldığı takdirde proses sonucu yalnızca su, ısı ve elektrik çıkışı meydana gelmektedir. Açığa çıkan elektriği ticari amaçla kullanabilmek amacı ile birden fazla yakıt

hücresi modüllerini seri ve paralel bağlamak gereklidir. Sistem herhangi bir yanma işlemi içermediği gibi yanma sonucu açığa çıkan enerjiden daha çok enerji üretmektedir.(Yıldırım, 2004)

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Yakıt hücresi sistemleri küçük sistemlerdir , kolayca istenilen yere kurulabilmektedirler.
- Sistemler demontable parçalardan meydana gelmektedir. Rahatça taşınabilmektedirler. Ayrıca yedek parçaları piyasada kolaylıkla bulunabilmektedir.
- Sistemler kullanıcıya yakın inşa edilmektedirler. Herhangi bir arıza esnasında rahatça müdahale edilebilmektedir.
- Çalışırken herhangi bir gürültü meydana gelmemektedir.
- Şebekeden bağımsız çalışmaktadırlar. Böylelikle kırsal kesimlerde şebekeye uzak olan konut birimlerinde örneğin, mezarlarda, radar istasyonlarında, meteoroloji istasyonlarında veya rasathanelerde kullanımının yüksek olması beklenmektedir.
- Sistemlerin katı atık problemi yoktur. Yalnızca hidrojen elde etmek için kullanılan yakıtın özelliğine göre çok az miktarda kükürt oksit ve azot oksit çıkışı meydana gelmektedir.
- Hidrojenin doğada bu kadar çeşitli şekillerde bulunması sonucu üretim sistemleri de bol ve çeşitli olan hidrojenin, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, rüzgar ve su kullanılarak suyun bileşenlerine ayırma yöntemi ile üretildiği gibi yine yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütleden de üretimi bulunmaktadır. Hidrojen aynı zamanda yenilenemeyen enerji kaynaklarından fosil yakıtlar ve doğalgazdan da üretilmektedir. Günümüzde daha çok hidrojen üretimi doğalgaz yoluyla yapılsa da güneşten biyoteknolojik yöntemlerle üretim üzerine de çalışılmaktadır. Aynı zamanda araştırmalar hidrojenin sudan elektroliz yöntemi ile üretilmesini daha ekonomik hale getirmek için sürmektedir.
- Hidrojenin en büyük kullanım alanı günümüzde sanayidir. Özellikle kimya sanayi başta olmak üzere yakıt olarak ve metalurjide kullanılmaktadır. Yakıt olarak kullanıldığı işlemler sonucu çevreye zarar verici hiçbir kimyasal madde atımı bulunmamaktadır. Kimyasal tepkimeler sonucu açığa çıkan sadece su veya su buharı ve ısıdır.

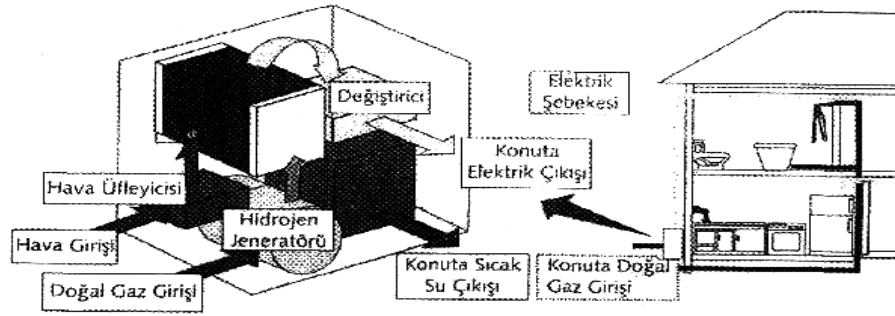
- Hidrojenin bir diğer olumlu özelliği ise depolanabilir olmasıdır. Bugün hala elektrik enerjisini depolayabilmek tam anlamı ile mümkün değildir. En ucuz depolama yöntemi hidrojeni, tükenmiş doğalgaz yada petrol rezervuarlarında büyük miktarlar halinde saklamaktır. Biraz daha pahalı bir sistem olarak da hidrojen maden ocakları mağaralarında saklanır. Daha küçük miktarlar için hidrojen sıvı hale getirilerek yüksek basınç altında çelik tüplerde saklanır. Ancak bu yöntem büyük miktarlar için ekonomik değildir. Bir diğer çözüm ise hidrojeni sıvı halde düşük sıcaklıktaki tanklarda saklamaktır. Bu sistem uzay programlarında yakıt olarak kullanılan hidrojenin depolanması için kullanılır. Tüm bu depolama sistemlerinin dışında hidrojen, bazı metaller veya metal alaşımlar ile birleştirilerek metal hidrit olarak da depolanabilir. Ancak bu sistemde seçilen metaller ucuz olmalı, birim hacim başına en fazla hidrojeni taşımali, hidrojenle kolayca tepkimeye girmeli ve yüksek bir sıcaklıkta kolayca hidrojen metalden ayrılmalıdır.
- Hidrojen gazı, kolayca depolanabilir olmasının yanında kolayca taşınabilir bir enerji kaynağıdır. Hidrojen doğalgaz veya havagazının taşındığı borulara benzer borular yardımı ile kolayca ve güvenilir biçimde istenilen her yere taşınabilir. Doğalgaz boruları küçük bir miktar değişikliğe uğratarak hidrojen taşımada kullanılabilir.
- Tüm bu özelliklerinden dolayı hidrojen, yenilenebilir enerji kaynakları içinde geleceğin enerji teknolojisi olarak kabul edilmiştir. (Türe, 2001)

Yakıt Hücrelerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

Konut kullanımına en uygun yakıt hücresi modeli Proton değişim zarlı yakıt hücresi sistemleridir. Genel olarak konut tipi uygulamalarda sistemi vaziyet planı bazında incelediğimizde, sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmemektedir. Sistem araziye konumlandırılabilceği gibi bina içinde sistem için ayrılmış bir bodrum kata da yerleştirilebilir. Sistem toprak altında kullanılmayacağı gibi sistem ve gerekli ekipmanların ebatları oldukça küçük sayılabilir. Bu nedenle sistem büyüklüğü hemen hemen mutfaklarımızda kullandığımız bir buzdolabı kadar olduğundan kat yüksekliği için bir sınırlamadan bahsedilemez. Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır (Şekil 3.67). Eğer sistem bina içinde ise ekipmanların bodrum kata yerleştirilmesi uygun olacaktır ve elektrik dağıtımı buradan yapılacaktır. Sistem ve gerekli cihazlar yakıt hücresine yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Genellikle bodrum kat ekipmanlar için uygun olmaktadır. Dağıtım panosu ve sayaca bağlantı ve mekanlara elektrik

dağıtımını için kablolama sistemi oluşturulmak üzere döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır. Sistem, arazide konumlandırılmış ise yapıya bitişik yerleştirilmiş güç dönüştürücü ve yakıt hücresini bina çevresinde görmek mümkündür ama tercih edilen bir uygulama değildir.

Yakıt hücreleri diğer sektörlerde olduğu gibi mimarlıkta da ticari amaçla kullanılamamaktadır. Bunun en önemli nedeni sistemin maliyetinin yüksek olmasıdır. 2006 yılı itibari ile anahtar teslim yakıt hücreleri güç üretim sistemi maliyeti, 100 m²'lik şebekeden bağımsız bir konut için 4-5 kw'lık PEM yakıt hücresi kullanıldığı varsayılırsa, 1000\$/kw-1200\$/kw olarak belirlenmektedir. Seri üretim ve yeni teknolojiler ile bu iktarın yakın zamanda 400\$/kw olması beklenmektedir. Sistem ilk yatırım maliyetini 2-3 sene içinde geri kazanabilmektedir. Kullanım maliyeti diğer aktif sistemlere göre oldukça fazladır ve sistem ömrü tahmini 5 senedir.



Şekil 3.67 Konutlarda hidrojen enerjisi kullanımı [16]

Ayrıca yakıt dönüştürücü ile ilgili çeşitli sorunlar bulunmaktadır. Sistemin daha basit bir hale getirilmesine çalışılmaktadır. Ancak sistemin yaygın olarak kullanılmasını engelleyen en önemli sorun hidrojenin rahatlıkla taşınabilir, depolanabilir ve tüketiciye rahat ulaştırılabilir olamamasıdır. Tüm bu sorunlar üzerinde dünyada çalışmalar devam etmektedir.

Genellikle sistemde açığa çıkan ısı enerjisi konut ısınmasında da kullanılabilir. Böylelikle sistem verimi artırılır. 4-5 kw'lık PEM yakıt hücresi için, elektrik verimi % 35-% 40, ısı verimi % 40, toplam verim ise % 75-% 80 civarındadır. Sistem; konutun – şehir içi ya da kırsal bölgelerde – ana güç kaynağı olarak enerji ihtiyacını karşılayabileceği beklense de yedek güç kaynağı olarak kullanılabilir.

Üniversiteler ve Tübitak konu ile ilgili çeşitli araştırmalar ve bazı deneysel projeleri gerçekleştirmektedirler. Özel sektörde ise E.A.E. A.Ş. ve Hidrojen A.Ş. şirketlerinin çalışmaları mevcuttur. İlk konut kullanımı için prototip E.A.E. A.Ş. tarafından üretilmiştir.



Şekil 3.68 E.A.E. A.Ş. tarafından üretilen konut tipi yakıt hücresi prototipi (Anon, 2003)

3.2.5 Su enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında su, yeryüzünde karalara oranla daha fazla bulunması ve enerji potansiyeli bakımından ayrı bir önem taşımaktadır. Su enerjisi, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olmakla beraber maliyet konusunda çok ekonomik olduğu söylenemez. Bu bölümde su enerjisi, hidroelektrik ve dalga enerjisi olarak iki grupta incelenecektir.

3.2.5.1 Hidroelektrik enerjisi

Sudan enerji üretim yöntemlerinden biri de, deniz, göl ve akarsulara kurulan barajlardır. Barajlar aracılığı ile hidroelektrik üretimi yapılmaktadır. Barajların genel çalışma prensibi çok basit olmasına rağmen yapımları sırasında yüksek teknolojiye gereksinim vardır. Havzalarda toplanan su enerjisi, elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Hidroelektrik üretimi Türkiye’de ilk defa 19. yüzyılın başlarında görülmüştür. Anadolu topraklarının su kaynakları bakımından zengin olması nedeni ile 20. yüzyılın başlarından itibaren hidroelektrik santrallerde enerji üretimi oldukça yaygın bir sistem olarak karşımıza çıkar. İlk hidroelektrik santral 1902 yılında Tarsus’ta yapılmış olmasına rağmen konu ile ilgili kanun ilk olarak 1910 yılında çıkarılmış ve 1930 yılına kadar başka hiçbir santral yapılmamıştır. Bu yıllardaki enerji krizi ile elektrik ihtiyacını gidermek amacı ile çeşitli yasal düzenlemelere gidilmiştir. 1950 – 60 yılları arasında enerji ihtiyacına cevap verebilmek için çok sayıda **Küçük Hidroelektrik Santralleri (Küçük HES)** açılmıştır. Ancak bu santrallerin büyük santrallere göre ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin fazla oluşu ve çok fazla ve dağınık projenin, ön araştırmanın gerekmesi nedeni ile Küçük Hidroelektrik

Santrallerden vazgeçilmiştir. 1970’teki enerji krizi sonrası artan enerji gereksinimi ve teknolojiadaki gelişmeler ile Küçük Hidroelektrik Santralleri yeniden güncel hale gelmiştir. Artan teknoloji ile yerli imalat gelişmiş ve yabancı mallara ve yedek parçalara ihtiyaç kalmadığından Küçük HES’lerin ilk yatırım, işletim, bakım ve onarım maliyetleri düşmüştür.

“Bir akarsuyun veya bir ülkenin hidroelektrik potansiyeli söz konusu olunca, bu değerin, o ülkedeki bütün doğal akışların deniz seviyesine kadar (sınır aşan sularda sınıra kadar) % 100 verimle türbinlenerek elde edileceği varsayılan yıllık enerji potansiyeli olan brüt teorik, ekonomik veya diğer şartlar gözetilmeden mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek toplam hidroelektrik potansiyeli teknik yapılabilirlik ve teknik yapılabilir potansiyelin mevcut ve beklenen yerel ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek kısmını oluşturan ekonomik yapılabilirliğin belirlenmesi gerekir.” (Keskin ve Çimen, 2000)

Çizelge 3.6 Türkiye’deki su kaynakları potansiyeli (Keskin ve Çimen, 2000)

Yer üstü suyu	Yağış (mm)	Su miktarı (milyar m ³ /yıl)	Akışa geçen (milyar m ³ /yıl)	Teknik ve ekonomik tüketim (milyar m ³ /yıl)
Yurt içi	643	502	186	95
Yurt dışı			7	3
Ara toplam			193	98
Yer altı suyu				12
Toplam				110

Günümüzde enerji gereksinimini sağlayabilmek amacı ile Türkiye’de toplam 510 adet küçük Hidroelektrik Enerji Santralleri projeleri yapılmıştır. Tüm bu planlanan projeler faaliyete geçtiği zaman toplam 125 milyar Kwh / yıl hidroelektrik enerjisi üretimi tahmin edilmektedir. Hidroelektrik enerjisi potansiyeli bakımından Avrupa’da Norveç’ten sonra ikinci ve dünyada yirmibirinci sırada olan Türkiye, varolan su kaynakları ve bunların işletilmesi ile dünyadaki hidroelektrik enerjisi üretiminde önemli bir paya sahiptir (Çizelge 3.7).

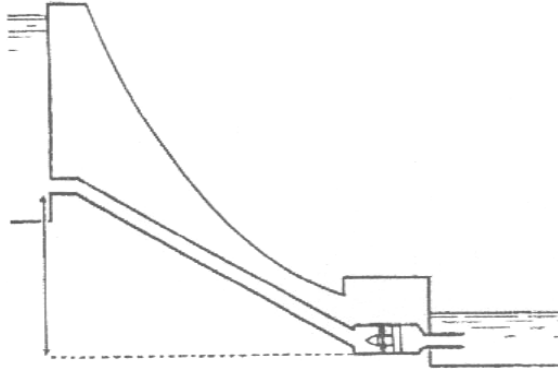
Çizelge 3.7 Dünya hidroelektrik enerji potansiyeli (Keskin ve Çimen, 2000)

	Brüt teorik hidroelektrik pot.	Teknik yapılabilir Hidroelektrik pot.	Ekonomik Yapılabilir Hidroelektrik pot.
	Gwhh/yıl	Gwhh/yıl	Gwhh/yıl
Dünya	41309	11754	7305
Avrupa	3125	760,326	758,705
Asya	19902	4225	2626
Türkiye	433	216	123,4

Hidroelektrik Santralleri

Hidroelektrik enerji, hızla düşen ya da akan suyun enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Hidroelektrik enerji tesisleri ise hidroelektrik enerji santralleri yani barajlardır. Hidroelektrik santralleri bir akarsuyun önüne set çekilerek elde edilen suyun içme suyu, kullanım suyu ve elektrik enerjisi olarak kullanımını sağlayan tesislerdir.(Meydan Larousse, cilt:5).

Hidroelektrik santrallerinin genel çalışma prensibi Şekil 3.69’da gösterilmiştir. Kısaca su toplama havzalarında toplanan sular, sistem tasarımında verilen eğim ile aşağı doğru akarak burada bulunan jeneratörü çalıştırır ve böylece elektrik enerjisi elde edilir. Sistemin parçaları genel olarak cebri borular, hidrolik türbinler, jeneratörler, transformatörler ile enerji dağıtımını denetleyen yardımcı elemanlardır. Cebri borular, suyu aşağı doğru hidrolik türbinlere doğru ileten büyük borular ya da tünellerdir. Hidrolik türbinler, jeneratörün çalışmasını sağlayan ve su enerjisini mekanik enerjiye çeviren düzeneklerdir. Jeneratörler elektrik üretimini sağlarken transformatörler, elde edilen alternatif akımı yüksek gerilim eğrilerine çevirmekte kullanılmaktadırlar (Ana Britannica, cilt:15).



Şekil 3.69 Barajların genel çalışma prensibi (Dedeoğlu, 2002)

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Su, dünyada en çok bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olma niteliğindedir. Çağlardan beri sudan enerji üretim çalışmaları yapılmış, konu ile ilgili uygulamalar çeşitlilik kazanmıştır. Hidroelektrik santralleri, yüksek verimli enerji dönüşüm sistemleridir.
- Büyük ölçekli barajların çevreye bazı olumsuz etkileri olabilir. Örneğin, baraj büyüklüğü çok fazla ise, buradaki büyük su kütlesi, bulunduğu yerin ekolojisine zarar verebilir. Barajlarda bulunan su, nehir ve akarsularda akan sudan daha soğuk

olmaktadır. Bu da toplu balık ölümlerine neden olabilmektedir. Ayrıca, suyun barajlarda toplanması sebebi ile nehir ya da akarsulardaki su seviyesi normalden fazla ya da az olabilir. Bu da su kaynağının çevresindeki bitkisel hayatı olumsuz etkiler.

- Büyük barajların yapılması ile o alanlarda yaşayan insanların evleri, tarlaları, yerleşim birimleri sular altında kalmıştır. Bu durum da insanları başka yerlere göç etmeye zorlamıştır. Ülkemizin sosyal ve ekonomik yönden en önemli sorunu olan göç sonucu, yeni yerleşim yerleri, elektrik, su, yol gibi altyapı hizmetleri ve sağlık ocağı, okul gibi sosyal tesis yapımı ek bir maliyete neden olmaktadır.
- Büyük barajların bir diğer olumsuz sosyo-ekonomik etkisi de antik yerleşimlerin ve bir çok arkeolojik alanın baraj suları altında kalmasıdır. Günümüzde Güney Doğu Anadolu Projesi kapsamında yapılan baraj sularının altında kalan antik yerleşimlerden ilk sırayı Hasankeyf almaktadır. Üniversiteler ve bir çok sivil toplum örgütü Hasankeyf'i kurtarma amacıyla işbirliği içindedirler. (Şen, 2001)

Çevreye olan etkileri nedeni ile baraj yapımında daha küçük ölçekli uygulamalara gidilmiştir.

Küçük Hidroelektrik Santralleri (Küçük HES) olarak tanımlanan tesisler tarihte bilinen en eski elektrik üretim tesisleridir.

İlk önce büyük elektrik enerjisi santrallerinin kurulması ile enerjinin büyük dağıtım şebekeleri ile uzak ve dağlık alanlara bile taşınabileceği anlaşılmış, bu nedenle Küçük Hidroelektrik Santralleri ekonomik bulunmayarak önemini yitirmişlerdir. Ancak büyük tesislerin çevreye olan olumsuz etkileri sonucu ve gelişen teknoloji ile küçük hidroelektrik santralleri uygulamaları teşvik edilen ve giderek önem kazanan sistemler olmuşlardır.

“Genel olarak Küçük Hidroelektrik Santraller, toplam kurulu gücü 10.000 KW’tan küçük bir veya daha fazla türbin jeneratörünün birini veya bir grubunu kullanarak küçük miktarlarda elektrik üretimi yapan tesisler olarak tanımlanmaktadır.” (Anon., 1984)

Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Programı (UNİDO) tarafından Küçük Hidroelektrik Santralleri “Mini Hidroelektrik Santraller (Toplam kurulu gücü 100 – 1000 KW) ve Mikro Hidroelektrik Santraller (Toplam kurulu gücü 100 KW’a kadar) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Günümüzde Küçük Hidroelektrik Santrallerinin bazı olumsuz etkileri de mevcuttur,

- Santrallerin kapasitelerinin az olması nedeni ile büyük santraller ile aynı miktarda enerji üretmek için sayılarının fazla olması gerekmektedir. Sayılarının artması ise daha

fazla etüt proje ve ön araştırma demektir. Standardizasyon ile birlikte maliyet düşse de verim de beraberinde düşmektedir.

- Küçük Hidroelektrik santrallerinde yer seçimi de önem taşımaktadır. Kaynak, enerji gereksinimi olan yerleşim yerlerine yakın olmak zorundadır.
- Hava şartları ve iklim özelliklerindeki gelişmelerde elde edilen enerji verimini etkileyen faktörlerdendir.
- Yüksek verimli olmalarının yanı sıra ileri teknoloji ürünü sistemlerdir ve ön araştırma ve bakım maliyetleri oldukça yüksektir.

Hidroelektrik santralleri, büyük alanlara kurulmuş, büyük yerleşim alanlarına hizmet eden tesislerdir. Santral uygulamalarını tek bir binaya indirmek olanaksızdır. Bu nedenle sistemlerin tek bina ölçeğinde uygulamaları mevcut değildir. Böyle bir uygulama denenmediği gibi, yapıldığı takdirde son derece pahalı bir sistem olacak ve şehir içinde yer alması mümkün olmayacaktır.

3.2.5.2 Dalga enerjisi

Dalga enerjisi bir tür rüzgar enerjisidir. Dalga hareketi, Rüzgarın sınır tabakası ile deniz yüzeyine olan sürtünme ile meydana gelir. Böylelikle deniz yüzeyinde bir çok irili ufaklı hareket görülür.

Deniz yüzeyindeki bu hareketler senelerce insanların ilgisini çekmiş olmasına rağmen, konu ile ilgili bilimsel çalışmalar son 100 yılda görülmektedir. 1970 sonrası yaşanan enerji krizi nedeni ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Dalga enerjisi de çevreye herhangi bir olumsuz etkisinin olmaması nedeni ile, temiz enerji kaynakları arasında yerini almıştır. Dalga enerjisi ile ilgili bilimsel çalışmalar özellikle son yirmi yılda hız kazanmıştır. Günümüzde bu temiz enerji kaynağı konusu son derece gündemde olup, enerji üretim sistemlerinin diğer sistemlere göre maliyetini indirmek amacı ile çalışmalar devam etmektedir.

Gelişen dalga enerjisi teknolojisi ile dünyada konuya talep de artmıştır. Konu ile ilgili oldukça ilerleme kaydeden İngiltere'nin mevcut dalga enerjisi potansiyeli 120 GW'tır. İrlanda'da bu rakam 25 GW olarak belirlenirken Portekiz 10 GW'lık dalga enerjisi potansiyeline sahiptir. Norveç sahip olduğu 45 GW'lık dalga enerjisi potansiyeli ile dünyada ilk sıradaki yerini korumaktadır. "Norveç incelen dalga enerji dönüştürücüsü" bu alanda kullanılan en iyi teknolojilerden biridir. 1.5 MW gücünde iki kanal Endonezya'da inşa edilirken 350 KW

gücünde bir santral de Norveç'in kuzeyinde 1986 yılından bu yana hizmet vermektedir. (Aytek vd.,2002)

Türkiye, üç bir yanının denizlerle çevrili olması sebebi ile deniz dalga enerjisi bakımından oldukça zengin bir ülkedir. “Ülkemizin Marmara hariç olmak üzere açık deniz kıyı uzunluğu 8210 km civarındadır. Bunun turizm, balıkçılık ve kıyı tesisleri gibi nedenlerle en fazla beşte birlik kısmı kullanılabilir.” (Aytek vd.,2002). Buna rağmen sahip olunan dalga enerjisi potansiyeli bakımından diğer bir çok dünya ülkeleri arasında önemli bir yere sahiptir.

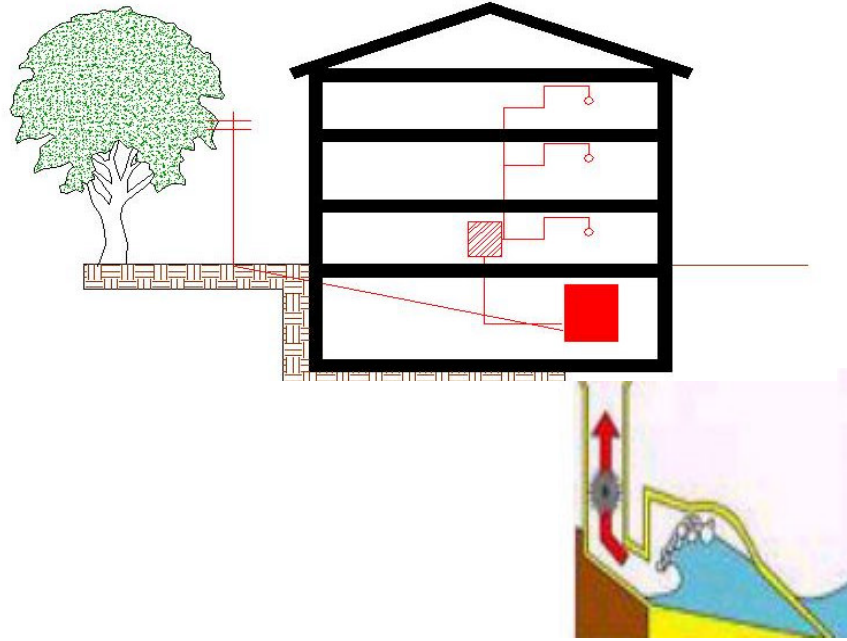
Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle dalga enerjisi kullanımı henüz ekonomik olarak görülmemekte ve bu nedenle gündeme gelmemektedir. Dalga enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve bu nedenle kullanım sistemlerinin araştırılması gerekmektedir. Dünyanın $\frac{3}{4}$ 'ünün okyanuslarla çevrili olması dalga enerjisini önemli kılmaktadır. Eğer dünyadaki okyanus dalgaları elektrik enerjisine çevrilirse, tüm dünyada tüketilen toplam enerjinin iki katı kadar enerji üretilmiş olunmaktadır. Bu da enerjinin, henüz ülkemizde bilinmemesine rağmen dünyadaki önemini vurgulamaktadır. (Bak, 2003)

Dalga enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir çok sistem bulunmaktadır. Ancak tüm bu sistemlerin ortak noktası dalga enerjisinin ilk önce mekanik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. (Bak, 2003) Dalga enerjisi dönüştürücüleri aktif ve pasif sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Aktif sistemler dalga ile beraber hareket eden sistemlerdir. Pasif sistemler ise sabittirler. İçlerinde hava sirkülasyonuna izin verirler. En iyi ve kullanılan örneği “Wells Türbini” sistemleridir. (Aytek vd.,2002) Enerji ve kullanım sistemleri çok iyi bilinmemekle beraber henüz ekolojik mimarlık kapsamında kullanımları mevcut değildir.

Wells Türbini (Salınlı Su Sütunu)

Wells türbini adını onu ilk geliştiren kişiden almaktadırlar. Wells türbini diğer sistemlerde olduğu gibi dalga enerjisini ilk önce mekanik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine çevirmektedir. Türbinler, bir tarafı kapalı su sütunundan ve bunun içinde yer alan türbinden meydana gelmektedir. Dalga ile beraber gelen büyük hava kütlesi bir tarafı kapalı su sütununa basılır ve hava türbinlerden geçerken pervaneleri çalıştırır. Aynı şekilde dalga hareketinin geri gitmesi ile sütunun açık tarafında basıncın azalması ile sütun içindeki hava dışarı doğru çekilir ve bu sırada hava yeniden türbinleri çalıştırır. Böylelikle elektrik enerjisi üretilmiş olunur. Üretilen elektrik enerjisi bir ısı dönüştürücü ile alternatif akıma çevrilerek aküye gönderilir. Aküden ksayaca gönderilen elektrik, buradan mekanlara dağıtılır (Şekil 3.70).

Günümüzde Wells Türbinleri tek bir pervanden oluşmamakta, iki pervaneli “duo” ve üç pervaneli “tandem” çeşitleri bulunmaktadır. Sistem halen geliştirilmekte olup deneyler sürmektedir. (Bak, 2003)



Şekil 3.70 Wells türbini, konutlarda kullanım şeması

Sistemin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Dalga enerjisini diğer enerjilere dönüştüren sistemlerde, üretim esnasında herhangi bir yanma olayı meydana gelmediğinden, yakıta ihtiyaç duymadıkları gibi, kimyasal tepkimeler sonucu çevreye olumsuz etkileri olan sera gazları, kimyasal gazlar ve çevreyi kirletici herhangi bir katı atık oluşumu mevcut değildir.
- Dalga enerjisi, enerji ihtiyacının maksimum seviyede olduğu kış aylarında en fazla kullanılabilen enerji kaynağıdır. Ayrıca bu teknoloji yeni iş alanlarının da oluşmasına neden olacaktır.
- Dalga enerjisi diğer enerji sistemlerine göre ilk yatırım maliyeti daha yüksektir ve eğer kaynak yerleşim alanına uzak ise buna bir de dağıtım şebekesi maliyeti de eklenecektir.
- Dalga enerjisi dönüştürücüleri, herhangi bir fırtınadan oldukça zarar görürler. Fırtınalar sırasında oluşacak enerji miktarı oldukça fazladır. Dönüştürücülerin enerji

üretimini hesaplarken fırtınalar hesaba katılmaz, çünkü hesaplara göre boyutlar fazla çıkacak bu da maliyeti yükseltecektir.

- Dalga enerjisi teknolojileri dünyada çok yeni olması nedeni ile konu ile ilgili teknik eleman bulmak zordur. Deneyimsiz kişiler yanlışlara ve ciddi problemlere neden olacaktır. (Aytek vd.,2002)

Wells Türbinlerinin Bina Tasarım Bağlamında İncelenmesi

Konut uygulaması olarak sistemi incelediğimizde, sistemin uygulanabilmesi için yapının yeterli dalga hareketine erişimi için, deniz ya da okyanus kıyısında bulunması ve türbin için yeterli boş alanın bulunması gerekmektedir. Sistem olabildiğince binaya yakın bir yere yerleştirilmelidir. Ayrıca dalga enerjisini olabildiğince verimli kullanmayı amaçlayan sistemde istenildiğinde enerji depolanarak dağıtım yapıldığı gibi daha büyük sistemler rüzgar santrallerinde olduğu gibi tüm bir kıyı yerleşim bölgesinin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik kurulabilmektedir. Sistem ebatları oldukça büyüktür ve sistemin toprak altında kullanımı söz konusu değildir.

Sistem binaya bodrum kattan giriş yapacağı gibi sistem ebatları oldukça büyük olmasına rağmen (yaklaşık 2,5 m x 5 m) sistem bina dışında konumlandırılmak zorunda olduğundan sistem boyutları bina kat yüksekliklerini etkilememektedir. Sistem ve gerekli ekipmanlar birbirlerine yakın olarak konumlandırılmaktadır. Genellikle bodrum kat cihazlar için uygundur. Ayrıca dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve katlara elektrik dağıtımı amacı ile döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır. Sistem bina dışına yerleştirildiğinden ve toprak altı kullanım söz konusu olmadığından sistemi, bina çevresinde görmek mümkündür. Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir (Şekil 3.70).

Sistem, yüksek yatırım maliyetinden, oldukça kompleks yapısından ve son teknoloji ürünü olmasından ötürü henüz ticari amaçla kullanılamamaktadır. Dalga enerjisi birim fiyatının 3 ile 5 sene içinde 2-3 pence/kwh'a düşmesi ihtimali üzerinde durulmaktadır. Bu maliyet kıyıda rüzgar enerjisi maliyetlerine göre öngörülmektedir. Sistem çok yeni bir teknoloji olduğundan kullanım maliyeti de fazladır. Sistem ömrü yaklaşık 5 sene olarak kabul edilebilir. Sistemin tam olarak kullanımı bazı durumlarda ertelenmiş gözükmemektedir. Uygulamalar başka bir yapay sistemle desteklenebilir.

Ülkemiz sahip olduğu dalga enerjisi potansiyelinden henüz yararlanamamaktadır. Yurt içinde uygulama henüz mevcut değildir. Bir an önce konu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmalı, ilgili kurumlar ortak çalışmalar başlatmalıdırlar.

3.2.6 Biyokütle Enerjisi

Yeşil bitkiler, fotosentez yaparak güneş enerjisini kimyasal enerjiye çevirir ve depolar, böylelikle biyolojik kütle ve organik madde kaynağı oluşur. Buna Biyokütle denir.

“Biyokütle anaerobik bakterilerin organik kütleyi parçalaması ile büyük ölçüde açığa çıkan metan gazı olarak da tanımlanabilir.” (Özügül, 1998)

“Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir. Canlı kütle ve dikili ürün deyimleri ile de eş anlama gelmekte olan biyokütle, çoğu kez phytomass ve zoomass olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölçü birimi ise, belirli bir alana oranlanmış yaş ya da kuru kütledir.” (Türe, 2001)

Biyokütle enerjisi, yeşil bitkilerin yapraklarında mevcut olan, kloroplast denilen lamelli yapı içerisinde gerçekleşen fotosentez olayı ile üretilir. Güneş ışığını, atmosferden alınan karbondioksit ve su ile birleştiren yeşil bitkiler, organik madde ve oksijen oluşturarak hem atmosfere, insan yaşamının kaynağı oksijen gazını vererek atmosferdeki oksijen gazının üretimini yapmakta hem de güneş ışığını organik madde halinde depolayarak biyokütle enerjisinin oluşmasına yardımcı olmaktadır. Bir insanın 24 saat boyunca soluduğu oksijenin tekrar atmosfere geri verilmesi için ortalama bir iklim kuşağında bir büyük ağaç ancak yeterli olabilmektedir.

Güneşten yeryüzüne gelen enerjinin % 0.1'i bitkiler tarafından fotosentez için kullanılırlar ve bu miktar yaklaşık olarak dünyada kullanılan toplam enerji miktarının 10 katıdır. (Türe, 2001) Fotosentez sonucu oluşan enerji miktarı yaklaşık 100.000 nükleer güç istasyondan elde edilen enerji miktarına eşit olduğu söylenebilir.

Günümüzde, havasız çürütme, piroliz, fermentasyon, gazlaştırma, hidroliz, biyofotoliz, doğrudan yakma gibi bir çok biyokütle çevrim teknolojisi uygulanmaktadır. Tüm bu teknolojiler, “Biyokütle Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi” başlığı altında detaylı olarak incelenecektir. Çizelge 3.8’de hangi biyokütle kaynaklarında hangi çevrim teknolojisinin kullanıldığı ve elde edilen enerjinin uygulama alanları belirtilmiştir.

Biyokütle çevrim teknolojileri bugün dünyanın bir çok ülkesinde uygulanmakta ve tesis sayısı her geçen gün artmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen Avrupa Birliği ülkeleri 2000 yılında tüketilen toplam enerjinin % 6’sını yenilenebilir enerjilerden sağlamıştır. Bu %6’lık pay içinde biyokütle enerjisi % 55’lik bir paya sahiptir. 2010 yılı hedeflerinde bu miktarın toplam %

22'ye çıkması ve bunun % 74'ünün biyokütleden sağlanması planlanmaktadır (Karaosmanoğlu ve Çetinkaya, 2003)

Çizelge 3.8 Modern biyokütle çevrim teknolojileri (Türe, 2001)

Biyokütle	Çevrim yöntemleri	Yakıtlar	Uygulama alanları
Orman atıkları	Havasız çürütme	Biyogaz	Elektrik üretimi
Tarım atıkları	Piroliz	Etanol	Isınma
Enerji bitkileri	Doğrudan yakma	Hidrojen	Su ısıtma
Hayvansal atıklar	Fermantasyon	Metan	Otomobiller
Çöpler (organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz	Sentetik yağ	Roketler
Enerji ormanları	Biyofotoliz	Dizel	Ürün kurutma
		odun kömürü	
		briket	

Türkiye’de ise klasik çevrim teknolojileri enerji üretiminde büyük bir orana sahiptir. 1995 yılı verilerine göre yakıt için odun kullanımı enerji üretiminde %30’luk bir paya sahipken özellikle kırsal kesimde kullanılan tezek %10 oranında bir paya sahiptir. Ancak orman miktarındaki azalma ve hayvancılıktaki gerileme, dışarıdan doğalgaz, kömür gibi enerji alımına sebep olmuştur. Modern çevrim teknolojilerine geçiş hem ülke ekonomisi hem de çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır.

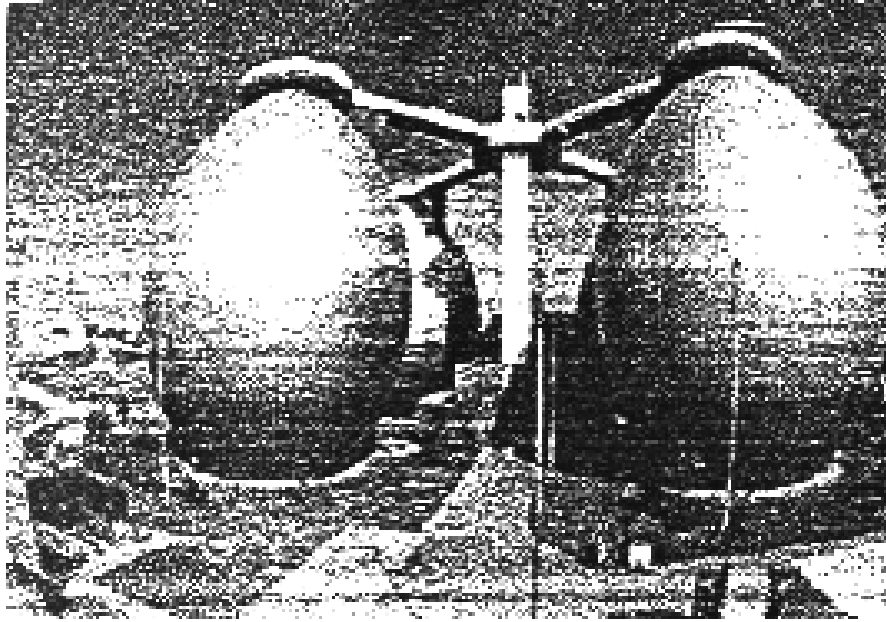
Türkiye’de modern biyokütle çevrim teknolojisi ile ilgili ilk çalışmalar 1980’lerin ilk yarısında başlamıştır. Devlet teşviği ile yapılan bu tesislerin ülkemiz şartlarına uygun olmaması nedeni ile tesislerin işletimi mümkün olmamıştır. Modern biyokütle çevrim tesislerinde maliyet artırıcı ek yalıtımdan kaçınılmaktadır. Toprak altına gömülen bu tesisler tuğla ve betondan oluşmaktadır. Anadolu’nun soğuk iklim koşullarında biyogaz üretimi için gerekli sıcaklık bu tesislerde korunamamıştır. Böylelikle başarısız olan bu ilk küçük denemelerden sonra devlet tarafından başka bir girişim olmamış, başarısızlık sonucu oluşan önyargı sonucu tesislere kişilerce talep de oluşmamıştır. Oysa Avrupa’nın çok daha elverişsiz iklim koşullarında kurulan binlerce tesis, Anadolu’da da bu sistemlerin çok rahat çalışabileceğini ortaya koymaktadır. Günümüzde Temiz Enerji Vakfı’nın Çorum’da, biyogaz uzmanlarınca inşa edilen biyogaz tesisi bulunmaktadır. Tesis, günlük olarak yaklaşık 50 m³ gaz üretmektedir.

3.2.6.1 Biyokütle Enerjisinden Faydalananarak Enerji Elde Edilmesi

Biyokütle enerjisi, özellikle ülkemizde yüzlerce yıldır yakıt olarak kullanılan bir enerji kaynağıdır. Çevreye olumsuz etkilerinin az olması ve doğaya atılan organik atıkların geri

dönüşümünü sağlaması nedeni ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında yerini almıştır. Biyokütle kaynakları çok çeşitli olduğu gibi her kaynağın enerji dönüşüm sistemi ve teknolojisi de farklı olmaktadır. Dolayısıyla tüm sistemlerin açığa çıkardığı maddeler ve kullanım alanları da farklı olmaktadır.

Günümüzde çeşitli Avrupa ülkelerinde bölgesel olarak kurulan biyokütle tesislerinde elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.71). Çevrim teknolojilerine bakıldığında biyokütle kaynağının önce başka bir yakıtı çevrildiğini daha sonra bu yakıttan enerji elde edilebildiğini görmekteyiz. Yapılan çalışmalar sonucu çevrim sırasında oluşan biyokimyasal tepkimelerin verimi arttırılmıştır. Gelecekte direk biyokütle kaynağının kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Şu ana kadarki biyokütle tesisleri özellikle kırsal bölgelerde, geniş kitleler için hizmet vermektedir. Tek konut ölçeğinde kurulan profesyonel bir sistem örneği mevcut olmadığı gibi varolanlar amatör olarak kurulmuş, kırsal kesim örneklerindendir.

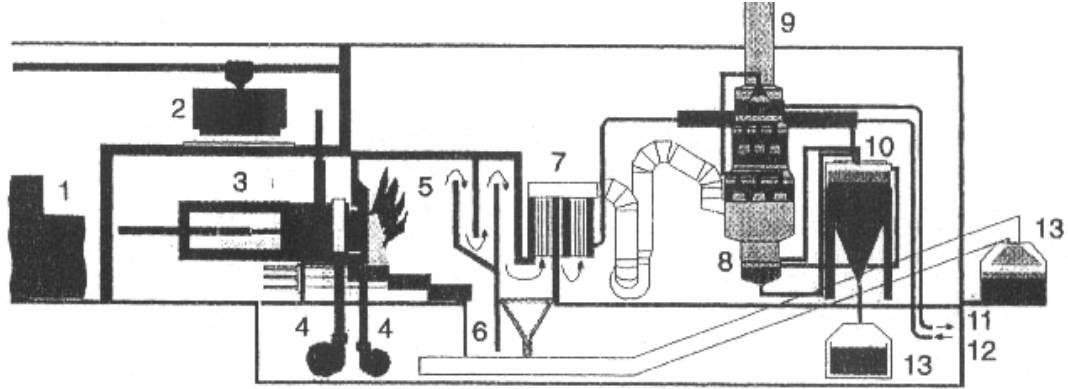


Şekil 3.71 4x15.000 m³ hacimli, günde 3000 m³ arıtma çamuru işleyen biyogaz tesisi, Almanya (Türkavcı ve Demirci, 2001)

1980'lerin başında ülkemizde çeşitli biyogaz tesisleri kurulmuştur. Ancak bu tesisler diğer ülkelerde kurulan tesislerin bir taklididir. Bu nedenle tesis tasarımları ülkemiz iklim şartlarına uygunluk gösterememiş ve istenilen verim alınamamıştır. Bu da ülkemizde biyogazın kullanılamayacağı yönünde bir önyargıya neden olmuştur. Günümüzde bu görüş halen devam etmekte ve yapılması tasarlanan çeşitli çalışmalara engel olmaktadır. Temiz enerji vakfının çeşitli çalışmaları mevcut olsa da çalışmalar için gereken destek henüz mevcut değildir.

Konutlarda biyokütle kaynağından; **havasız çürütme** yöntemi ile elde edilen **biyogaz** elektrik üretiminde, **piroliz** yöntemi ile elde edilen **etanol** ısıtma amaçlı, **doğrudan yakma** yöntemi ile elde edilen **hidrojen** su ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bunların dışında **fermantasyon, gazlaştırma, hidroliz ve biyofotoliz** yöntemleri de diğer sektörlerde uygulanmaktadır.

Doğrudan Yakma



Şekil 3.72 Doğrudan yakma sistemi; 1) yakıt deposu, 2) otomatik besleme sistemi, 3) yakıt giriş kanalı, 4) yanma işlemi için hava girişi, 5) yanma odası, 6) atık temizleme sistemi, 7) yakıt değiştirici, 8) çıkan gazı temizleme sistemi, 9) baca, 10) yakıt atığı, 11) sıcak su çıkışı, 12) su girişi, 13) atık konteynırı (Anon., 1999)

Doğrudan yakma biyokütle enerji dönüşüm teknolojileri arasında en bilinen ve en eski yöntemdir. Hemen hemen her biyokütle kaynağı doğrudan yakılabilir. Ancak sistem içinde nemin artması verimi düşürmektedir. Yanma, biyokütleyi oluşturan maddelerin oksijen ile tepkimeye girmesidir. Yanma sırasında oluşan kimyasal tepkime ile biyokütle içindeki nem buharlaşır, uçucu maddeler ile sabit karbon yanar. (Türe, 2001)

Havasız Çürütme

Havasız çürütme, biyokimyasal bir tepkime olup tamamen oksijensiz bir ortamda gerçekleştirilir. Tepkimeye oksijensiz ortamda yaşayan bakteriler, organik madde ve su girişi olurken; metan gazı, karbondioksit, hidrojen sülfür ve kararlı gübre çıkışı meydana gelmektedir. Açığa çıkan hidrojen sülfür az miktarda olduğundan çevreye olumsuz bir zararı yoktur. Havasız çürütme yönteminde genellikle biyokütle kaynağı olarak hayvan katı atıkları, tarım atıkları ve özel yetiştirilen bitkiler kullanılmaktadır. Açığa çıkan biyogazın %55-75'ini metan gazı ve %25-45'ini karbondioksit oluşturmaktadır. (Türe, 2001)

Fermantasyon

Fermantasyon, biyokütle içerisinde bulunan hemiselülozun glikoza parçalanmasıdır. Glikozun fermantasyonu sonucunda etanol, aseton, bütanol ve ham petrol ürünlerine eş değer bir çok kimyasal ürün elde edilir. Elde edilen bu ürünler petrol ve türevleri yerine rahatça kullanılmaktadır. (Türe, 2001)

Piroliz

Biyokütle çevrim sistemleri arasında en iyi yöntemlerden biridir. Sistemde oksijensiz ortamda odun, 900 °C'ta yakılmaktadır. Elde edilen ürünler, petrolden elde edilen ürünler ile benzer özellikler gösterdiklerinden dolayı petro-kimyasal ürünler adını alırlar. Organik bileşiklerin yanı sıra metan ve hidrojen gibi yanıcı gazlar ile birlikte su ve katran çıkışı da gerçekleşmektedir. (Türe, 2001)

Gazlaştırma

Gazlaştırma işleminde içeriğinde karbon bulunan bir biyokütle kaynağı yakıt hücresinde oksijen ile yakılarak açığa hidrojen ve metan gibi yanıcı gazların dışında karbondioksit, karbonmonoksit ve azot gibi gazların da çıkışı gerçekleşir. Piroliz işleminden farkı sisteme oksijen verilmesidir. Açığa çıkan yanıcı gaz da piroliz sistemindekinden daha farklıdır. Gazlaştırma işleminin çevreye bir zararı olmasa da açığa çıkan yakıt iki aşamalı olarak temizlendikten sonra kullanılmalıdır.

Biyofotoliz

Biyofotoliz sistemi, denizde yaşayan alglerin güneş ışığını kullanarak fotosentez yolu ile deniz suyundan hidrojen ve oksijen elde etmeleridir. Japonya konu ile ilgili çalışmalara öncülük etmektedir. (Türe, 2001)

Sistemlerin avantaj ve dezavantajlarına değinecek olursak;

- Biyokütle enerjisi üretimi sırasında çevreye herhangi bir zarar verecek kimyasal madde veya gaz çıkışı mümkün olmadığından biyokütle enerjisi temiz ve tükenmez bir enerji kaynağıdır. Biyokütle kaynaklarına baktığımızda en çok kullanılanların ağaç ve

ürünleri olduğu görülmektedir. Bunun dışında özel yetiştirilen mısır, buğday gibi bitkiler, deniz algleri, otlar ve yosunlar da biyokütle kaynaklarıdır.

- Biyokütle enerjisi binlerce yıldır kırsal kesimde uygulanan bir enerji türüdür. Hayvan atıklarının yakılması sonucu ısı enerjisi elde edilmesi ve yine aynı şekilde odun yakılması da kırsal bölgelerde çok uzun zamandan beri uygulanan klasik biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde ise enerji ormanları, enerji bitki tarlaları ve ağaç endüstrisinden elde edilen etanol, bio – dizel gibi yakıtlar modern biyokütle enerji kaynakları olarak kullanılmaktadır. Hemen her yerde rahatça elde edilebilmesi, biyokütle enerjisinin yenilenebilir enerjiler içinde ayrı bir öneme sahip olmasına neden olur.
- Güneş enerjisinin organik madde halinde depolanması esasına dayandığı için güneş enerjisi devam ettiği sürece biyokütle enerjisi de devam edecektir. Tüm bu çevre dostu özelliklerinden dolayı sera gazları oluşumuna ve asit yağmurları oluşumuna neden olmamaktadır. Genellikle kırsal bölgelerde kullanılan bir enerji kaynağıdır.
- Tüm bu olumlu özelliklerine rağmen biyokütle enerjisini başka enerjilere dönüştürme sistemlerinin diğer enerji kaynakları sistemlerine göre verimleri düşüktür ve çok fazla su gereksinimine ihtiyaç duyarlar.

3.3 Bölüm Sonuçları

Çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları kullanım sistemlerinin mimariye entegrasyonu açıklanmış ve sistemler tasarım bağlamında incelendiği gibi sistem seçim kriterlerinde önemli bir yeri bulunan, maliyet ve bakım kolaylıkları gibi konularda da incelemeler yapılmıştır. Sistemler hakkında genel bilgi verilerek avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanırken bu kaynaklardan elde edilen enerji türünün uygulanacağı binalar için uygunluğunun ve sistemin uygulama, kullanım ve bakım kolaylığının, ön yatırım, kullanım ve atık maliyetlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında ele alınan yenilenebilir enerji kaynaklarını yukarıda anılan başlıklar altında karşılaştırmalı olarak değerlendiren tablo, çalışmanın sonuçlarını ortaya koymak açısından önemlidir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 Yenilenebilir enerjilerin maliyetlerinin karşılaştırılması

	Güneş Enerjisi	Rüzgar	Hidrojen	Jeotermal	Su	Biyokütle
	kollektör	pv	Enerjisi	Enerjisi	Enerji	Enerjisi
Ön Yatırım Maliyeti	○	●	●	●	●	●
Kullanım Maliyeti	○	○	○	○	○	○
Bakım Maliyeti	○	⊗	⊗	●	○	●
Atık Maliyeti	⊗	●	○	●	⊗	●
Uygulama Kolaylığı	⊗	⊗	○	○	⊗	●
Kullanım Kolaylığı	○	○	○	○	○	⊗
Bakım Kolaylığı	⊗	⊗	⊗	●	●	●

● Yüksek ⊗ Orta ○ Düşük

Yenilenebilir enerji dönüşüm sistemlerinin ön yatırım, kullanım, bakım ve atık maliyetleri ile uygulama, kullanım ve bakım kolaylıkları Çizelge 3.9’da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, ön yatırım, kullanım ve bakım maliyeti en düşük sistem güneş kollektörleridir. Fotovoltaik piller ve rüzgar pillerinin ön yatırım maliyetleri yüksek olsa da kullanım maliyetleri oldukça düşüktür ancak; kollektörlere oranla bakım maliyetleri yüksektir. Hidrojen enerji sistemleri ve su enerji sistemlerinden dalga enerjisi dönüşüm sistemleri son teknoloji ürünleridir. Ticari amaçla ve konutlarda kullanımları henüz mevcut değildir, bu nedenle ön yatırım, kullanım, bakım maliyetleri oldukça fazla olduğu gibi hidrojen enerjisi dönüşüm sistemlerinin uygulamaları ve kullanımları kolay olsa da, her iki sistemin de bakım kolaylığı bulunmamaktadır. Hidroelektrik santralleri ise mühendislik çalışmaları gerektiren, büyük yerleşim yerlerine hizmet veren pahalı sistemlerdir.

Jeotermal enerji sistemlerinin ön yatırım maliyetleri fazla olsa da, kullanım, bakım ve atık maliyetleri oldukça düşüktür. Ancak çevreye verdikleri zarar diğer güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi dönüşüm sistemlerine oranla çok daha fazladır. Biyokütle enerji sistemlerinin tek bina uygulamaları ekonomik olmadığı gibi mevcut da değildir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım sırasında oluşabilecek dezavantajlarını da karşılaştırmalı olarak görmek yine çalışmanın sonuçları açısından önemli bir noktadır (Çizelge 3.10).

Dünyada ve Türkiye’de en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağının güneş enerjisidir. Güneş enerjisi sistemlerinin ticari kullanımının yaygın olması, enerjinin kolay elde edilen bir enerji kaynağı olmasından ileri gelmektedir. Sistemler üzerinde uzun yıllar süren araştırmalar sonucu sistem maliyetleri diğer yenilenebilir enerji sistemlerine oranla oldukça düşüktür. Ayrıca sistemlerin teknik ekipman ya da parça bulma sıkıntısı bulunmamaktadır. Bu da, güneş enerjisi kullanım sistemlerine talebin artmasındaki önemli sebeplerdendir. Sistemlerin uygulaması kolay olduğu gibi binalarda tasarım bağlamında özgürlüğü kısıtlamaktadır. Ancak sistem ekipmanlarının, kollektör ve fotovoltaiik pillerin oluşturduğu alanlar dışında, bina içine alınması estetik kaygılardan dolayı tercih edilmelidir. Fotovoltaiik piller son yıllarda gündemde olan sistemlerdir ancak, kullanılan malzemenin pahalı olması sistem ön yatırım, kullanım ve bakım maliyetini de arttırmaktadır. Konu ile ilgili araştırmalar ve uygulamalar arttıkça fotovoltaiik piller, üretilen çeşitli modelleri ile tasarım bağlamında bir çok alternatif sunulması sonucu tercih edilen sistemlerdendir. Ancak tasarım ve kullanım aşamalarında sistem üzerine düşen gölge alanlar sonucu verimin düşmesi ve kış aylarında sistem kapasitesinde azalma gözardı edilmemesi gereken hususlardır.

Rüzgar enerjisi, güneşten sonra kullanılan en eski yenilenebilir enerji kaynağıdır. Sistemin ticari uygulamalarına ülkemiz de dahil olmak üzere sıkça rastlanmaktadır. Elde edilen enerjinin çok farklı alanlarda kullanılabilmesi sisteme olan talebi arttıran nedenlerdendir. Sistemin ön yatırım maliyeti fazla olmasına rağmen kullanım maliyeti düşüktür, bakımı da oldukça kolaydır. Sistemde mimari bağlamda herhangi bir kısıtlamaya gidilmezken sistemin özellikle gürültü ve güvenlik sorunları nedeni ile kent merkezleri için uygun olmadığı görülmektedir. Sistem ekipmanları türbinlerin konumuna göre bina içine alınmalıdır.

Hidrojen enerjisi hemen hemen tüm enerji kaynaklarından elde edilen bir enerji kaynağıdır. Sistem boyutları çok fazla değildir ve sistemler taşınabildir bu nedenle hiçbir tasarım kısıtlamasına neden olmamaktadırlar. Şehir içi ve ister şehir dışı kullanımı için de uygundur. Sistemin gürültü ve teknik parça bulma sıkıntısı bulunmamaktadır. Ancak sistem son teknoloji ürünüdür. Sistemde kullanılan malzemelerin pahalı olması sistemin ön yatırım maliyetini de arttırmaktadır. Sistemin ticari anlamda kullanımı mevcut olmadığı gibi mimarlıkta kullanımları da bulunmamaktadır. Sistem ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. Sistemin henüz giderilememiş bir diğer olumsuz özelliği ise kompleks bir yapıya sahip olmasıdır.

Jeotermal enerji sadece mekan ısıtma veya soğutma amaçlı değil, elde edilen akışkanın sıcaklığına bağlı olarak sebze ve meyvecilik, tarım, balıkçılık, v.s. gibi bir çok alanda

kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Ancak mimarlıkta kullanımı tasarım bağlamında bazı şartlara bağlı olduğundan, kısıtlayıcı bir sistemdir. Sistem sadece fay hattı olan bölgelerde kullanılabildiği gibi sistemde reenjeksiyon gerekliliği bulunmaktadır. Ayrıca sistem için bina arazisinde gerekli boş alanın bulunması gerekmektedir ki bu da sistemin kırsal ksmide uygulanmasını öngörmektedir. Ayrıca sistemin ön yatırım maliyetinin yüksek olduğu gözardı edilmemesi gereken bir unsurdur. Jeotermal enerji kullanım sistemleri bir deprem ülkesi olan ülkemizde fay hatları üzerinde mekan ısıtma ya da soğutmasında ve kaplıca turizminde sıkça uygulanmaktadır.

Su enerjileri kullanım sistemleri pahalı sistemlerdir. Hidroelektrik santralleri büyük yerleşim bölgelerine hizmet verirken ileri teknoloji uygulamalarını barındıran büyük sistemlerdir ve tekil bina ölçeğine indirgenemezler. Dalga enerji sistemlerinin ise mimarlıkta ticari uygulamaları mevcut olmadığı gibi konu ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. Bu nedenle sistemin ön yatırım, kullanım ve bakım maliyetleri fazladır. Ayrıca teknik eleman ve ekipman bulma sıkıntısı mevcuttur.

Biyokütle enerji sistemleri büyük yerleşim bölgelerine hizmet veren tesislerdir. Tek bina ölçeğinde uygulamaları ekonomik olmamaktadır. Ayrıca sistemden diğer yenilenebilir enerji sistemlerine oranla yeterli verim alınamamaktadır.

Yenilenebilir enerji kullanım sistemleri binalarda, genellikle ek bir yapay sistem ile desteklenmektedir. Bina tasarımlarında enerji tasarrufu ve kazanımı sağlayan ekolojik tasarım kriterleri ile beraber, bina ile uyumlu, kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilen bir sistem seçilmektedir. Bina tasarım aşamasında seçilen sistem getirileri ve şartları da ele alınmaktadır.

4. SONUÇLAR

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımını ve çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirmek yüzyılımızın enerji politikasının temelini oluşturmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz olmuştur. Yüzyılımızda yaşanan enerji krizleri, enerji ihtiyacını gündeme getirmiş ve bir çok sektörde konu ile ilgili çalışmalar başlamıştır.

Sanayi devrimi ve beraberinde gelişen teknoloji yüzyılımızda tehlikeli boyutlara ulaşan çevre kirliliğine neden olmuştur. Teknolojideki gelişmeler çeşitli yeni sektörler ortaya çıkmasına sebep olmuş böylelikle iş imkanlarının da artması ile dünyada hızlı bir nüfus artışı meydana gelmiştir. Nüfusun artması beraberinde barınma ihtiyacını da getirmiş böylelikle konut gereksinimi gündeme gelmiştir. İnşaat sektörü de diğerleri gibi gelişme göstermiş ve konut miktarında da artış görülmüştür.

20. y.y.'ın sonlarına doğru yaşanan enerji krizleri, yenilenemeyen enerji kaynaklarının en fazla gelecek yüzyıl içinde tükeneceği gerçeğini göstermiştir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif enerji kaynakları bulma yoluna gidilmiş ve temiz, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı üzerinde çalışmalar başlamıştır. Özellikle inşaat sektörü ilk çalışmaların yapıldığı alanlardan biri olmuştur. Enerji tüketiminde dünyada büyük bir orana sahip inşaat sektörü çevre kirliliğinde de etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle enerji tasarrufu ve üretimi konusunda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım sistemleri binalarda önemli bir yer tutmaktadır. Burada da mimarlara düşen çeşitli görev ve sorumluluklar bulunmaktadır.

Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Binalarda yenilenebilir enerji kaynakları dönüşüm sistemlerini kullanarak enerji üretmek ve tasarımda enerji tasarrufu sağlayacak kriterlere dikkat etmek yüzyılımızdaki enerji krizinde mimarlara düşen önemli bir sorumluluk olmuştur.
- Bina tasarım aşaması sırasında uygulanacak yenilenebilir enerji dönüşüm sistemine karar verilmektedir.
- Karar aşamasında seçilen sistem için gerekli kriterlere binanın tasarım bağlamında cevap verip veremeyeceği belirlenmektedir.
- Bina için en ekonomik ve ön yatırım maliyetini en kısa zamanda telafi edebilen ancak uzun ömürlü bir sistem seçimi yapılmaktadır.

- Karar aşamasında seçilen sistemin bakım maliyeti ve kolaylığı da gözönünde bulundurulmaktadır. Henüz ticari amaçla kullanılamayan sistemlerde maliyet, teknik ekipman ve eleman bulma gibi zorluklar görülmektedir.
- Seçilen sisteme uygun olarak sistemin getirileri olabilecek jeneratör, kazan dairesi, makine dairesi, hidrofor, ana tabla, aydınlatma odası, güvenlik merkezi, bilgi işlem, yangın santrali, işletme merkezi gibi teknik birimlere uygun tasarımlar yapılmaktadır.
- Enerji, kullanım aşamasında incelendiğinde mimari planlama ve tasarım yaklaşımlarının enerji tasarrufu için çok önemli olduğu anlaşılmaktadır. Aktif sistemlere destek olarak pasif enerji kazanımı ve tasarrufu ile ilgili kararlar alınabilir.

Binalarda tasarım aşamasında pasif iklimlendirmenin yeterli olmadığı durumlarda kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üreten etkin sistemlerin tasarım, üretim, uygulama ve işletme süreçlerinde mimarlarla beraber ilgili uzmanlar arasında bir ekip çalışmasının olması kaçınılmazdır. Bu şekilde uygulanacak sistemlerle mimari ve strüktürel sistemler arasında entegrasyon bütünüyle sağlanabilir ve enerji tüketimi en aza indirilebildiği gibi estetik açıdan da ortaya çıkabilecek sorunlar ortadan kaldırılmaktadır. Uygulanacak sistemlerin bina ile bir bütün olarak ele alınması üretim, uygulama ve işletim maliyetlerinde de oldukça tasarruf ettirmektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli dikkate alınacak olursa, kullanılan enerjinin büyük bir kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması yönünde hiçbir engel bulunmamaktadır. Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi'nde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımlarının toplam mevcut enerji kaynak kullanımına oranını arttırma hedeflenmiş ve Ulusal Koordinasyon Grubu T.C. Çevre Bakanlığı yardımı ile konu ile ilgili çalışmalar başlatılmıştır. Bir an önce konu ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmalı ve ilgili resmi kuruluşlar kaynak yerlerini, miktarını ve potansiyelini belirleyerek bilimsel çalışmalar başlatmalıdır. Devlet teşviği, kredi kolaylığı, vergi indirimi, ilk yatırım maliyetinin bir kısmını karşılama gibi uygulamalar ile özel girişimciler teşvik edilmeli, desteklenmeli ve sistemlerin kullanım oranı ülke çapında arttırılmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanım sistemlerinin binaya entegrasyonunu en iyi şekilde anlatmak amacıyla hazırlanan tablolar sistemlerin konutlarda kullanımına yönelik teknik ve pratik bilgi içerdiğinden dolayı ayrı bir önem taşımaktadır. Ekte verilen tablolarda; güneş kolektörleri, fotovoltaiк piller, rüzgar türbinleri, jeotermal ısı pompaları, yakıt pilleri, dalga enerjisi dönüştürücülerinden wells türbinleri gibi konutlarla doğrudan ilişkili sistemler ele

alınmıştır. Barajlar ve biyokütle enerjisi dönüşüm sistemlerine, tek bir konut ölçeğinde kullanılamayacaklarından dolayı değinilmemiştir.

KAYNAKLAR

Abdullah, H., Yıldız, M., Sazak, N. (2004), “Yoğun Yerleşim Bölgelerinde Hidrojen (Pem) Pillerinden Temiz Elektrik Üretimi”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 26-28 Mayıs 2004, Bildiri Kitabı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 819-824

Ana Britannica, cilt: 9, s. 78-80

Ana Britannica, cilt: 11, s. 140

Ana Britannica, cilt:15, s. 261

Ana Britannica, Cilt: 18, s. 320

Ayhan, S. (1989), Enerji Sorunu, Alternatif Enerji Kaynakları ve Nükleer Elektrik Santralleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Cilt 1, İzmir, s. 1-10,21-25

Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., Sarp, S. (2002), “Ülkemiz Enerji Gereksiniminin Karşılmasında Jeotermal Enerjinin Yeri”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 16-18 Ekim 2002, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 619- 627

Anon. (1984), Türkiye’nin Yeni ve Temiz Enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, İstanbul, s. 80-83,86-89,97-102

Anon. (1995), “Kollogyum ve Panel Tartışmaları Sonuçları Metni”, “Planlamaya ve Tasarıma Ekolojik Yaklaşım”, Sempozyum Bildiri Kitabı, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, s. 413

Anon. (1996), “Zurück zur Natur”, Abumeister, Callwey Verlag, München, 10, s. 9

Anon. (1999), “Energy From Biomass, A Review of Combustion and Gasification Technologies”, Technical Paper No: 422 , The World Bank, Washington D.C., s. 7,12,14,26-30

Anon. (2000), Fuelcell Handbook, fifth Edition, EG&G Services, Parsons, Inc. Science Applications International Corporation, Business/Technology Books, Orinda, CA, s. 1,15,18,19

Anon. (2003), “Türkiye’nin Hidrojenden Elektrik Üreten İlk ve Tek Yakıt Hücresi”, Kaynak Elektrik Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomasyon Mühendisliği Dergisi, Aralık 2003, Sayı 176, Kaynak Yayın Tanıtım Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, s. 20-27

Anon. (2003), Handbook of Fuel Cells, Fundamentals, Tchnology and Applications, Fuell Cell Technology and Applications, John Wiley and Sons Limited, Volume:3, Part 1, England, s.5,16,21,22,98-100

Anon. (2004), “SUNNY – Enerji Santrali, Kassel”, Cephe Dergisi, Güz 2004, Sistem Metal, Yapı ve Reklam Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A. Ş., İstanbul, s. 61-64

Anon., “Einfach öko-logisch bauen, aber wie”, Deutsche Bauzeitung, db 2/97, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, s. 85

Aktuna, M. (2007), Geleneksel Mimaride Binaların İklimsel Özelliklere Göre Biçimlendirilmesi ve Ekolojik Tasarım Kriterleri Bağlamında Değerlendirilmesi, Antalya Kaleiçi Evleri Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 42,78

Ayaz, E. (2002), Sürdürülebilir Yapılar, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 1-16

- Aytek, A., Özger, M., Altunkaynak, A. (2002), “Dalga Enerjisi İçin Gerekli Parametreler”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 16-18 Ekim 2002, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 589-599
- Bak, U. (2003), Dalga Enerjisinden Elektrik Enerjisine Dönüşüm Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 2-33
- Boyles, D., T., (1984), Bioenergy-Technology, Thermodynamics and Costs, Fellis Horwood Limited., s. 51,54-59,62,63
- Bozdoğan, B. (2003), Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 10-17
- Canan, F. (2003), “Mimaride Fotovoltaik Panel Uygulamaları”, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 3-4 Ekim 2003, Kayseri
- Çakmanus, İ. (2003), “Enerji Etkin Bina Tasarım Yaklaşımı”, Yapı Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi, Temmuz 2003, Sayı 260, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, s. 101-104
- Dedeoğlu, N., (2002), Ekolojik Mimarlık Kapsamında Konut Tasarımlarının İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 1-4,17-34
- Demirbilek, F., N., Eryıldız, D. (2001), Güneş Mimarlığı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, No:10, Ankara, s. 5-17
- Demirci, G., Türkavcı, L. (2001), Biyogaz, Atıklardan Enerji, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, No: 8, Ankara, s. 2-23
- Deriş, N. (1984), Güneş Evleri, Özyılmaz Matbaası, İstanbul
- Edwards, B. (2001), “Green Architecture”, Architectural Design 2001, Volume 71, Issue 4, s. 30
- Eke, R., Oktik, Ş. (2000), “Güneş-Elektrik Dönüşümleri ve Fotovoltaik Güç Sistemleri”, Enerji Kaynakları Sempozyumu 13-15 Nisan 2000, Bildiri Kitabı, Çanakkale, s. 136-143
- Erdin, E., Alten, A., Şirin, G. (2002), “Isıtmak ve Soğutmak İçin Yer Isısının Kullanılması”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 16-18 Ekim 2002, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 658-661
- Göksal, T. (1998), Mimaride Güneş Enerjisi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 1041, Eskişehir, s. 55-65
- Göksal, T. (2000), “Enerji Korunumlu Cephelerde Saydamlık ve Saydam Yalıtım Uygulaması”, Arredemento Mimarlık Dergisi, Sayı 05, s. 147-153
- Gursoy, U. (2001), “Dikensiz Gül, Temiz Enerji”, Doğu Akdeniz Çevrecileri Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu, İskenderun Çevre Koruma Derneği Yayını, İskenderun, s. 41-47,58-69,74,75,86-89,96-101,154-173
- Hepbaşlı, A. (1983), Isı Pompası Sistemleri ve Konut Isıtılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 11-14,32,33,41-45
- İlken, Z. (2000), “Jeotermal Enerjinin Çevre Dostu Uygulamaları: Isı Pompaları, Kuyu İçerijörler, Isı Boruları”, Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu 20-22 Kasım 2000, Bildiri Kitabı, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 209-216
- İnan, D. (1995), “Geçmişten Günümüze İnsan ve Enerji”, Bilim ve Teknik Dergisi Aralık 1995, Tübitak Yayınları, Sayı 337, s. 66-70

- İnan, D. (2001), Geçmişten Bugüne Enerji Kullanımı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Yayın No: 1, Ankara, s. 7-13
- Karaosmanoğlu, F., Çetinkaya, M. (2003), “Türkiye Enerji Profili ve Hidrojen” II. Ulusal Hidrojen Kongresi 9 Temmuz 2003, Bildiri Kitabı, Ankara, s. 32,33,39
- Karaman, A. (1995), “Sürdürülebilir Çevre Kavramı Çerçevesinde Ekolojik Planlama Yaklaşımı: Bir Yöntem”, Planlama ve Tasarıma Ekolojik Yaklaşım Sempozyum Bildiri Kitabı, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, s. 257
- Kenber, O. (1992), Enerji Nedeniyle Çevre Sorunları Oluşturulmaması İçin Konut Tasarımında Kullanılabilecek Bir Denetim Modeli, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Doktora Tezi, İstanbul, s. 1-13
- Keskin, E., M., Çimen, M., (2000), “Temiz Enerji Kaynağı Olarak Küçük Hidroelektrik Santralleri”, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 15-17 Kasım 2000, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 536-540
- Kleiner, H. (ed.) (1995), “Ökologische Architektur – ein Wettbewerb”, Callwey verlag, München, s.8
- Koçhan, A. (2002), “Sürdürülebilir Gelecek İçin Ekolojik Tasarım”, Yapı Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi, Ağustos 2002, Sayı 249, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, s. 45-53
- Koçhan, A. (2003), “Sürdürülebilir Toplu Konut Tasarımı”, Yapı Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi, Mart 2003, Sayı 256, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, s. 49-51
- Koçhan, A. (2003), “Doğa ve Çevreyle Kurulan Anlamsal Bağ: Sürdürülebilir Toplu Konut Tasarımı”, Yapı Mimarlık, Kültür ve Sanat Dergisi, Mart 2003, Sayı 256, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, s. 49-55
- Kolaçan, A., F. (1995), Rüzgar Enerjisi ve Savonius Rüzgar Türbini, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Makine Fakültesi, İst, s. 12-15
- Köksal, T.G., İncedayı, D., Tercan, A. (2002), “Sürdürülebilir Mimarlık Örnekleri”, Mimar.ist Dergisi, Güz 2002, Sayı 6, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, s. 83-85
- Külünk H. (1984), “Tuz Tabakalı Güneş Havuzları ve Enerji Üretimi”, Güneş Enerjisi Konferansı Tebliğleri 16-18 Mayıs 1984, Ankara, s. 44-57
- Lebans, R., M. (1980), Passive Solar Heating Design, Science Publishes Ltd., Londra, s. 5-25
- Linden, D. (1984), Handbook of Batteries and Fuel Cells, Mc Grow-Hill Publishing Company, New York, s. 42/1-42/17
- Löwenstein, V. (1994), Fassaden mit Photovoltaischen Elementen, DBZ-Deutsche Bauzeitschrift, No: 4, s. 113-120
- Mertoğlu, O. (2000), “Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları ve Gelişimi”, Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu 20-22 Kasım 2000, Bildiri Kitabı, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 1-9
- Meydan Larousse, cilt:5, s.839
- National Academy Press. (1991), Assesment of Research Needs for Wind Turbine Rotor Materials Technology, Washington, D.C., s. 13-16
- Noyan, Ö., F. (2003), “Hidrojenin Özellikleri”, II. Ulusal Hidrojen Kongresi 9 Temmuz 2003, Bildiri Kitabı, Ankara, s. 41-53

- Özdoğan, H., P. (2005), Ekolojik Binalarda Bina Kabuğunda Kullanılan Fotovoltaik Panellerin Tasarım Bağlamında İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 1,2,10,16,37-51
- Özügül, M., D. (1998), Sürdürülebilir Şehirleşme ve Toplu Konut Projelerinde Etkin Enerji Kullanımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 35-41
- Palz, W., Steemers, T., C. (1998), Solar Houses in Europe (How They Have Worked), W. Houghton-Ewans D. Turrent, C. Whittaker, Londra, s. 7,11,14,26
- Redinger, R. Y. (2001), Wind Energy in the 21 st Century, Economics, Policy, Technology and the Changing Electricity Industry, UNEP, s. 45-55
- Sayigh, A., A., M. (1979), Solar Energy Application in Buildings, Academic Press, Londra s. 263,264
- Schucan, T. (1998), Case Studies of Integrated Hydrogen Energy Systems, International Energy Agency Hydrogen Implementing Agreement Task 11: Integrated Systems, Final Report of Subtask A, s. 6-16,23-25,63-66
- Serpen, Ü. (1994), “Jeotermal Akışkanların Batı ve Orta Anadolu’da Konut Isıtmasında Kullanılması”, Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu’94, 27-30 Eylül 1994, Bildiri Kitabı, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, s. 46-55
- Soydan, M. (2004), “Yakıt Hücresi İle Gelen Heyecan”, Ekoloji Magazin Dergisi, Nisan-Haziran 2004, Sayı 2, Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı Yayınları, İzmir, s. 38-41
- Şahin, A., D., Tan, E. (2000), “Temiz Enerji Kaynağı Olarak Küçük Hidroelektrik Santralleri”, III. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 15-17 Kasım 2000, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 535-541
- Şen, Z., Şahin, D., A., (2001), “İski Su Pompaları Elektrik Harcamalarının Rüzgar Enerjisi İle Karşılanması İmkânı”, I. Türkiye Su Kongresi 8-10 Ocak 2001, Bildiri Kitabı, Cilt 1, Su Vakfı Yayınları, İstanbul s. 393-395
- Şen, Z., (2001) “Barajların Çevresel ve Sosyo-Ekonomik Etkileri”, I. Türkiye Su Kongresi 8-10 Ocak 2001, Bildiri Kitabı, Cilt 2, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 698-700
- Tekiz, D., İ. (2001), Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları, Enerji Vakfı Yayınları, Yayın No:3, Ankara, s. 5-25
- The Solar Energy Research İnstitute (1981), New and Renewable Energy in the United States of America, Golden, Colorado, s. 102,103
- Thomas, R. (2001), Photovoltaics and Architecture, Spon Pres, Londra, s. 6,7,10,11,13,14-17,32,68-78,86-98,123,127,134
- Topbaş, T., T., Brohi, A., R. ve Karaman, M., R. (1998), Çevre Kirliliği, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, s.3
- Tönük, S., (2001), Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, İstanbul, s. 74
- Tuğrul, B., A. (2004), “Sürdürülebilir Kalkınma İçinde Enerji Kaynaklarının Kullanımı”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 26-28 Mayıs 2004, Bildiri Kitabı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 847-855
- Türe, S. (2001), Biyokütle Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Yayın No: 7, Ankara, s. 1-5,12-19,24,25

Türe, E. (2001), Hidrojen Enerjisi, Temiz Enerji Vakfı Yayınları Kasım 2001, Ankara, Yayın No: 9, s. 8-29

Yıldırım, M. (2004), “Otomotiv Sektöründe Hidrojen Kullanımı ve Yakıt Pili Teknolojisi”, V. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu 26-28 Mayıs 2004, Bildiri Kitabı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s. 795-807

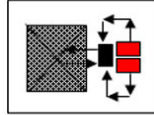
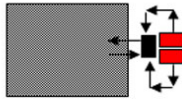
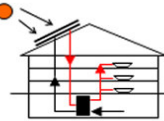
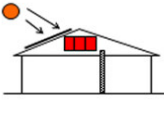
İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/tgunes.html>
- [2] <http://www.eie.gov.tr/gunes/yogunlastiricisistemler.html>
- [3] <http://www.eie.gov.tr/gunes/guneskollektor.html>
- [4] http://www.eie.gov.tr/turkce/rüzgar/rüzgar_firmlar.html
- [5] <http://www.koeri.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.html>
- [6] http://www.eie.gov.tr/turkce/rüzgar/rüzgar_rüzgar_atlas.html
- [7] <http://www.ac-nice.fr.html>
- [8] <http://www.eie.gov.tr/turkce/rüzgar/imalatcifirmalar.html>
- [9] <http://eere.energy.gov.html>
- [10] <http://www.solarcentury.com.html>
- [11] <http://www.bergey.com.html>
- [12] <http://www.jeotermaldernegi.org.tr.html>
- [13] <http://www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/26161a.pdf>
- [14] http://www.eie.gov.tr/hidrojen/index_hidrojen.html
- [15] http://www.eie.gov.tr/hidrojen/teknolojik_gelismeler.html
- [16] <http://www.hidrojenforumu.com.html>

EKLER

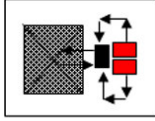
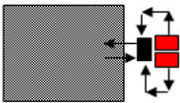
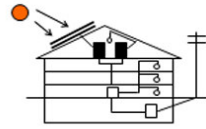
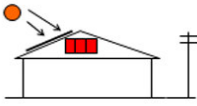
Ek 1	Konutlarda güneş kolektörleri kullanımı tablosu
Ek 2	Konutlarda fotovoltaiik pillerin kullanımı tablosu
Ek 3	Konutlarda rüzgar türbinleri kullanımı tablosu
Ek 4	Konutlarda jeotermal ısı pompaları kullanımı tablosu
Ek 5	Konutlarda yakıt hücreleri kullanımı tablosu
Ek 6	Konutlarda Wells türbini kullanımı tablosu

Ek 1 Konutlarda Güneş Kollektörleri Kullanımı

		GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ		
		SİSTEMİN TANIMI	Güneş enerjisini ısıtma ve su ısıtmada kullanılan sistemlerdir.	
		UYGULAMA ALANLARI	Konut ve sanayi yapıları, tarım, vs.	
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin atık süreci	İlman iklim kuşağında yer alan, 100 m ² 'lik bir konut için günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 10 kwh olarak alındığında 100 lt'lik kapalı dolaşimli bir kollektör sistemi için yaklaşık 6500\$ ilk yatırım maliyeti kabul edilebilir. Sistem fiyatı 16.500\$'a kadar çıkabilmektedir. Sistem ilk yatırım maliyetini 2 ile 4 sene içinde geri kazanmaktadır. Sistemin kullanım masrafı 0.003\$/kwh-0.02\$/kwh arası değişebilmektedir. Sistem ömrü 5 ile 10 sene arasındır.			
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapay sistemlerle destek ihtiyacı	Sistemler, % 70 enerji tasarrufu sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Kış aylarında yapay sistemlerle desteklenmelidir.			
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı	Sistem özellikle Amerika ve Japonya'da gelişmiştir. Üretilen kollektör miktarı 1.800.000 m ² alana ulaşmıştır. Bu ülkeleri sırasıyla Avusturalya, İtalya, Avusturya, Kanada, Yunanistan ve Almanya (27.000 m ²) ile takip etmektedir.			
b) Sistemin yurtiçi kullanımı	Sistemler uzun yıllardan beri özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde konut, sanayi yapıları ve tarım alanında sıkça uygulanmaktadır.			
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ	 Vaziyet Planı	 Plan	 Kesit	 Görünüş
4. a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri	Sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmemektedir.			
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi	Binaya sonradan eklenen sistemlerde çatıya uygulama yapılamadığı takdirde yeterli alan olduğu sürece sistem araziye yerleştirilebilir.			
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan	Sistem güneş ışınlarını kullandığı için toprak altına alınamaz. Sistem üzerine gölge düşürülecek herhangi bir eleman bulunmamalıdır.			
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri				
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği	Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır.			
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)	İlman iklim kuşağı için düşünüldüğünde, sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından sistem için kat yüksekliğinde herhangi bir kısıtlamadan söz edilemez. 100 m ² 'lik bir konut için tüm sıcak su ihtiyacını karşılamak için yaklaşık 20m ² 'lik bir kollektör alanı gerekir.			
f1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi	İster döşemeden ısıtma ister kalorifer sistemi olsun her iki dağıtım düzeninde de katlara dağıtım amacıyla döşeme ve duvar delinmesi kaçınılmazdır.			
f2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri	Teknik ekipmanlar, ısı değiştirgeci ve kumanda paneli tasarlanan bodrum kata yerleştirilirler.			
f3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası	Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.			
g) Sistemin cephede görünen elemanı				Kollektörler çatıda görülürken sistem binaya sonradan eklenmişse bina cephesine sıcak ve soğuk akışkanın dolaştığı bir boru sistemi eklenebilmektedir.
h) Sistemin mekansal zonlama özelliği	Enerji ihtiyacı olmayan mekanlara sıcak su dağıtımını istenildiğinde engellenebilmektedir ve sistem bu katlara kapatılabilmektedir.			

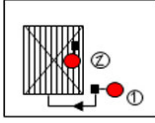
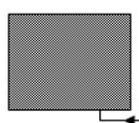
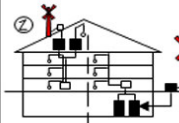
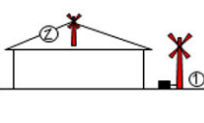
KAYNAK: Elektrik Müh. Alkan Tan - U&G Energy Turizm San. Tic. Ltd. Şti.

Ek 2 Konutlarda Fotovoltaik Pillerin Kullanımı

		FOTOVOLTAİK PİLLER			
		SİSTEMİN TANIMI	Üzerine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.		
		UYGULAMA ALANLARI	Çiftlik evleri, konutlar, turistik işletmeler, karayolları, şaretleri, otoyollar, sokak ve otobüs durağı aydınlatmaları, vs.		
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin atık süreci	İlman iklim kuşağında yer alan, 100 m ² 'lik elektrik şebekesinden bağımsız bir konutun günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 10 kwh olarak alındığında, sistemin maliyeti yaklaşık 10.000\$-20.000\$ arasında değişebilmektedir. Kısaca sistemin 1w enerji üreten panel fiyatı 2005 yılı itibari ile yaklaşık 1.16 \$ olarak hesaplanabilir. Sistem yatırım maliyetini en erken 5 yıl içinde geri kazanabilmektedir. Pillerin ömrü en az 25 yıldır hatta bir insan ömrü olarak kabul edilebilmektedir. Sistemin bakım masrafları oldukça düşüktür.				
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapay sistemler ile destek ihtiyacı	Yıllık % 40'a varan bir enerji tasarrufu sağlayan akülü sistemler mayıs ve eylül ayları arasında istenilen mekanın tüm enerji ihtiyacını sağlarken kış aylarında elektrik şebekesi ile desteklenmelidir.				
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı	Sistem yurtdışında özellikle güneş enerjisi sistemleri içinde üretim ve uygulamada hızlı bir gelişme göstermiştir. ABD üretim ve uygulamada dünya piyasasının % 30'unu oluştururken İsrail ile birlikte enerji ihtiyacının % 20'sini fotovoltaik piller ile gidermeyi hedeflemektedir.				
b) Sistemin yurtiçi kullanımı	Sistem ve gerekli ekipmanlar yurt dışından ithal edilirken uygulama, kırsal kesimlerde özellikle Akdeniz ve Ege Bölgelerinde görülmektedir. Ülkemizde uygulamalar çok yeni olmasına rağmen hızlı bir ilerleme kaydetmekte konutlar dışında çeşitli sanayi yapılarında yardımcı sistemler olarak uygulanmaktadır.				
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ					
4. a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmektedir.	Sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmektedir.				
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi	Binaya sonradan eklenen sistemlerde cephe ya da çatıya uygulama yapılmadığı takdirde yeterli alan olduğu sürece sistem araziye yerleştirilebilir.				
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan	Sistem güneş ışınlarını kullandığı için toprak altına alınamaz. Sisteme gölge yapacak herhangi bir eleman bulunmamalıdır.				
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri					
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği	Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır. Eğer sistem çatı arasında kurulmuş ise ki bu en çok tercih edilen uygulamadır, dağıtım burdan gerçekleşecektir.				
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)	Sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından sistem için kat yüksekliğinde herhangi bir kısıtlamadan söz edilemez.				
f1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi	Dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve kablolar elektrik dağıtımını amacıyla ile döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır.				
f2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri	Sistem ve gerekli cihazlar genellikle pillere yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Genellikle çatı arası çatı uygulamaları için tercih edilirken bodrum kat da ekipmanlar için uygun olmaktadır.				
f3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası	Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.				
g) Sistemin cephede görünen elemanı	Fotovoltaik paneller cephe ya da çatıda tasarımı, çevre verilerine ve enerji ihtiyacına göre çeşitli şekillerde görülmektedir.				
h) Sistemin mekansal zonlama özelliği	Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir. Artan elektrik aküde depolanır, istenildiğinde tekrar kullanılabilir. Aküsüz sistemlerde fazla elektrik şehir şebekesine geri verilmektedir. Uygulamalarda genellikle akülü sistemler tercih edilmektedir.				

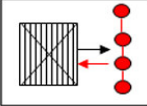
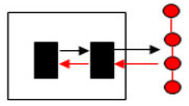
KAYNAK: Elektrik Müh. Alkan Tan - U&G Energy Turizm San. Tic. Ltd. Şti.

Ek 3 Konutlarda Rüzgar Türbinleri Kullanımı

		RÜZGAR		TÜRBİNLERİ	
		SİSTEMİN TANIMI		Rüzgar enerjisinden elektrik elde etmek için kullanılan sistemlerdir.	
		UYGULAMA ALANLARI		Konutlarda ve sanayi yapılarında, tarımda elektrik üretimi ve su pompalama amaçlı kullanım.	
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin atık süreci		İlman iklim kuşağında yer alan, 100 m ² 'lik bir konut için günlük enerji ihtiyacı 10 kwh olarak alındığında, 1 saat için üretilen elektrik miktarı maliyeti 4-6 cent arasında değiştiğinden sistemin ilk yatırım maliyeti 4000\$ - 5000\$ arasında değişmektedir. Bu miktarın % 10 ile % 20'si yıllık kullanım masrafı olarak kabul edilmektedir. Sistem ilk yatırım maliyetini 2-3 sene içinde geri kazanırken ömrü yaklaşık 5 senedir.			
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapı sistemleri ile destek ihtiyacı		Sistem tek başına kullanıldığında yaklaşık % 70'e varan bir enerji tasarrufu sağlarken ihtiyaca göre yapı sistemleri ile desteklenebilir (depoda elektrik miktarının tükenmesi, anıza durumu,vs.).			
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı		Sistem üzerine en fazla yatırım Avrupa'da yapılmaktadır. Avrupa'daki toplam kurulu rüzgar tesisi sayısı 8123'tür. Almanya 3817 tane kurulu tesis sayısı ile ilk sıradadır.			
b) Sistemin yurtiçi kullanımı		Sistemin yurt içi kullanımı özellikle Ege'de görülmektedir. Sistem bu bölge için en ideal yenilenebilir enerji dönüşüm sistemi olarak görülmektedir. Sistemin konutlarda kullanımı gün geçtikçe artmakta ve uygulamalar devlet tarafından da teşvik edilmektedir. Kullanıcıya daha kolay kredi verilmekte çeşitli prosedürler kaldırılmaktadır. E.İ.E'nin konu ile ilgili çalışmaları devam etmektedir.			
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ		 Vaziyet Planı  Plan  Kesit  Görünüş			
4.a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri		Sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmektedir.			
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi		Sistem çatıya (2) yerleştirilebileceği gibi araziye de (1) yerleştirilebilir.			
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan		Sistem rüzgar enerjisini kullandığı için toprak altına alınamaz.			
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri					
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği		Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır. Eğer sistem çatı arasında kurulmuş ise ekipmanlar burada konumlandırılacak ve dağıtım panosuna buradan bağlantı yapılacaktır.			
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)		Sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından sistem için kat yüksekliğinde herhangi bir kısıtlamadan söz edilemez.			
f1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi		Dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve kablolar elektrik dağıtım amacıyla ile döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır.			
f2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri		Sistem ve gerekli cihazlar genellikle türbine yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Genellikle çatı arası çatı uygulamaları için tercih edilirken bodrum kat da ekipmanlar için uygun olmaktadır.			
f3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası		Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.			
g) Sistemin cephede görünen elemanı		Sistem çatıda konumlandırılmış ise cephede türbini görmek kaçınılmazdır. Vaziyet planı üzerindeki uygulamalarda da binaya yakın yerleştirilen türbin ve transformatör görülmektedir.			
h) Sistemin mekansal zınlama özelliği		Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir. Artan elektrik aküde depolanır, istenildiğinde tekrar kullanılabilir. Aküsüz sistemlerde fazla elektrik şehir şebekesine geri verilmektedir. Uygulamalarda genellikle akülü sistemler tercih edilmektedir.			

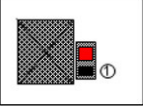
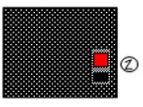
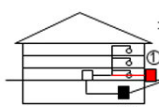
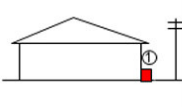
KAYNAK: Elektrik Müh. Alkan Tan - U&G Energy Turizm San. Tic. Ltd. Şti.

Ek 4 Konutlarda Jeotermal Isı Pompaları Kullanımı

		JEOTERMAL ISI POMPALARI	
		SİSTEMİN TANIMI	Yer altı ısısının soğutma, ısıtma ve sıcak su elde etmede kullanılan ısı pompası sistemleridir.
		UYGULAMA ALANLARI	Konut, sera ısıtılması, tarım, balıkçılık, yüzme havuzları ısıtılması, gıda sektörü, sağlık tesisleri, kimyasal madde elde edilmesi ve çeşitli soğutma amaçlı kullanımları mevcuttur.
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin atık süreci	Sistemin ön hazırlık ve araştırma maliyeti yüksektir. 1 m ² için yaklaşık 100\$ ön yatırım maliyeti kabul edilirse, 100 m ² 'lik ve günlük enerji ihtiyacı yaklaşık 10kwh olan bir konut için 10.000\$'lık bir yatırım maliyeti ortaya çıkmaktadır. Kullanım maliyeti oldukça düşük olan sistemin ömrü 5 senenin üstündedir. Sistem ilk yatırım maliyetini doğalgaz olmayan yerlerde 8-10 sene içinde geri kazanabilmektedir.		
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapay sistemler ile destek ihtiyacı	Sistem % 4 - % 5 arası bir verimle çalışarak istenilen mekanın yıllık ihtiyacı olan tüm enerjiyi sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. İstenildiği takdirde kullanılan yapay sisteme yardımcı bir sistem olarak da tercih edilebilirler.		
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı	Dünyada sistem, 1995 - 2000 yılları arasında elektrik üretiminde % 17, diğer uygulamalarda ise % 87'lik bir paya sahiptir. Sistemden elektrik üretiminde dünyada ilk sırayı Amerika alırken, Filipinler, İtalya, Meksika ve Endonezya sırayla üretimde takip etmektedirler.		
b) Sistemin yurtdışı kullanımı	Türkiye çok büyük bir jeotermal ısı enerjisi potansiyeline sahiptir. Mevcut 500 dönümlük jeotermal seradan 250 dönümü Şanlıurfa ve Afyon'da bulunmaktadır ve buradan, Avrupa'ya ihracat yapılmaktadır. Elde edilen enerjiden yaklaşık 900 MWt enerji kaplıca kullanımı için hizmete sunulurken 665 MWt enerji eldesi konut, şehir, termal tesis, sera, v.b. merkezi ısıtılarda kullanılmaktadır.		
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ			
	Vaziyet Planı	Plan	Kesit
4.a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri	Sistem yalnızca fay hattı bulunan deprem bölgelerinde kurulabilir. Arazide sondaj çalışmaları, makinelerin girip çıkabilmesi ve açılacak kuyular için yeterli boş alan olması gereklidir. Arazi eğimi max. %5 olmalıdır.		
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi	Sistem için genelde 8-10m arası mesafelerle açılacak kuyuların ebatları, miktarı, derinlikleri ve aralarındaki mesafeler yapılan sistem analizleri sonucu hesaplanarak sistem vaziyet planına yerleştirilir. Sistem için gerekli depo ve çevrim mekanizması tasarlanan bodrum kata yerleştirilir.		
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan	Kuyular ile binaya bağlantı sağlayan borular toprak altındadır. Tüm gerekli ekipman ve açılan kuyular ile birlikte bir de arazi için gereken boş alan miktarı ile beraber sistem oldukça geniş bir alan kaplamaktadır. Bu nedenle şehir içi bitişik nizam yerleşmeler için uygun değildir.		
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri	Sistemin toprak altında kalan kısımları üzerine istenilen peyzaj ve düzenleme yapılabilir (bağlantı boruları toprak altındadır).		
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği	Sistem toprak altından sistem için ayrılan bodrum kata bağlantı boruları ile sıcak akışkan aktarımını gerçekleştirir. Aynı bağlantı boruları ile aynı sıcak akışkan suyu ısıttıktan sonra yeraltına geri verilir (reenjeksiyon)		
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)	Sistem için gerekli çevrim mekanizması ve depo tasarlanacak bir bodrum kata yerleştirilmelidir. Bina içindeki teknik ekipmanların kapladığı alan ve yükseklikleri çok fazla olmadığından kat yüksekliğinde bir sınırlama gerekmez.		
f 1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi	Sistem sıcaklığı (55 derece) ile en uygun ısıtma sistemi döşemeden ısıtmadır (50-70 derece). Bu nedenle döşeme kalınlığı artacak ve döşeme delmek kaçınılmaz olacaktır.		
f 2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri	Teknik ekipmanlar genellikle bodrum katta konumlandırılırlar.		
f 3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası	Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.		
g) Sistemin cephede görünen elemanı	Sistemin cephede görünen bir elemanı yoktur.		
h) Sistemin mekansal zonlama özelliği	Enerji ihtiyacı olmayan mekanlara sıcak su gidişi kapatılabilir.		

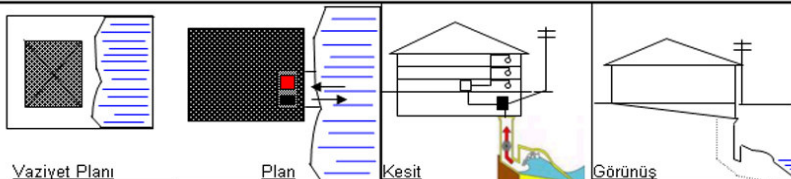
KAYNAK: Elektrik Müh. Alkan Tan - U&G Energy Turizm San. Tic. Ltd. Şti.,
<http://www.istanbul.edu.tr/yuksekokullar/teknikbilimler/yed/personal/programlar/iklimlendirme/m.abiri.html>

Ek 5 Konutlarda Yakıt Hücreleri Kullanımı

		YAKIT HÜCRELERİ	
		SİSTEMİN TANIMI	HÜCRELERİ
		UYGULAMA ALANLARI	
		Elektrokimyasal proses ile hidrojenle elektrik ve ısı üreten sistemlerdir.	
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin etik süreci		Santraller, kırsal kesimlerdeki konutlar, askeri amaçlı uygulamalar, otomotiv sektörü, diğer ulaşım araçları (tren, denizaltı, uzay araçları), ticari binalar, endüstriyel tesisler, taşınabilir uygulamalarda yardımcı ve yedek güç kaynağı olarak.	
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapı sistemleri ile destek ihtiyacı		Sistem henüz ticari amaçla üretilmediğinden ve yüksek teknolojiye sahip olduğundan diğer sistemlere oranla ilk yatırım maliyeti oldukça fazladır. Şu anda anahtar teslim yakıt hücreleri güç üretim sistemi maliyeti, 100 m ² 'lik şebekeden bağımsız bir konut için 4-5 kw'lık PEM yakıt hücresi kullanıldığında varsayılırsa, 1000\$/kw - 1200\$/kw olarak bilinmektedir. Seri üretim ve yeni teknolojiler ile bu miktarın yakın zamanda 400\$/kw olması beklenmektedir. Sistem ilk yatırım maliyetini 2-3 sene içinde geri kazanabilmektedir. Kullanım maliyeti diğer aktif sistemlere göre oldukça fazladır ve sistem ömrü tahmini 5 senedir.	
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı		4-5 kw'lık PEM yakıt hücresi için, elektrik verimi %35-%40, ısı verimi % 40, toplam verim ise % 75-% 80 civarındadır. Sistem konutun -şehir içi ya da kırsal bölgelerde - ana güç kaynağı olarak enerji ihtiyacını karşılayabileceği beklense de yedek güç kaynağı olarak da kullanılabilir.	
b) Sistemin yurtdışı kullanımı		Yurtdışında özellikle otomotiv sektöründe sistemle ilgili çalışmalar devam etmektedir. Almanya bu konuda ilk sırada yer alırken Japonya'da farklı sektörlerde konu ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Dünyada şu anda kapasiteleri 50 - 500 MW arasında değişen bir çok yakıt pili tesisi bulunmaktadır. Londra'daki Shell firması da konuya 500 milyon \$'lık yatırım yapmıştır.	
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ		Üniversiteler ve Tübitak konu ile ilgili çeşitli araştırmalar ve bazı deneme projeleri gerçekleştirmektedirler. Özel sektörde ise E.A.E. A.Ş. Ve Hidrerer A.Ş. Şirketlerinin çalışmaları mevcuttur. İlk konut kullanımı için prototip E.A.E. A.Ş. tarafından üretilmiştir.	
			
			
4. a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri		Sistemin uygulanabilmesi için arazinin herhangi bir topoğrafik ve coğrafik özelliğe sahip olması gerekmektedir.	
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi		Sistem araziye konumlandırılabilir (1) gibi bina içinde sistem için ayrılmış bir bodrum kata da (2) yerleştirilebilir.	
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan		Sistem toprak altında kullanılmaz. Sistem için gerekli ekipmanların boyutları oldukça küçük sayılabilir.	
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri			
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği		Sistem vaziyet planında yerleştirilmiş ise binaya toprak yüzeyinden zemin kat ya da ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır. Eğer sistem bina içinde ise ekipmanların bodrum kata yerleştirilmesi uygun olacaktır ve elektrik dağıtımı burdan yapılacaktır.	
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)		Sistem ve ekipmanların ebatları çok büyük olmadığından sistem için kat yüksekliğinde herhangi bir kısıtlamadan söz edilemez.	
f 1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi		Dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve kablara elektrik dağıtım amacıyla ile döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır.	
f 2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri		Sistem ve gerekli cihazlar genellikle pillere yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Genellikle bodrum kat ekipmanları için uygun olmaktadır.	
f 3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası		Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.	
g) Sistemin cephede görünen elemanı		Sistemin cephede görünen herhangi bir elemanı mevcut değildir. Sistem vaziyet planında konumlandırılmış ise yapıya bitişik yerleştirilmiş güç değiştiricisini ve yakıt hücresini görmek mümkündür ama tercih edilen bir uygulama değildir.	
h) Sistemin mekansal zonlama özelliği		Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir.	

KAYNAK: Soydan, M. (2004), "Yakıt Hücresi İle Gelen Heyecan", Ekoloji Magazin Dergisi, Nisan-Haziran 2004, Sayı 2, Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı Yayınları, İzmir, s. 38-41, <http://www.meteor.gov.tr/2005/araştırma/yenienerji/yenilenebilir.pdf>

Ek 6 Konutlarda Wells Türbini Kullanımı

		WELLS TÜRBİNİ (SALINIMLI SU SÜTUNU)	
		SİSTEMİN TANIMI	Dalga enerjisini mekanik enerjiye daha sonra elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Sistemin konut uygulamaları henüz deneme aşamasındadır.
		UYGULAMA ALANLARI	Kıyı yerleşimlerde konut ve sanayi yapılarında, denizcilikte askeri amaçlı kullanılabilir.
1. Sistemin ilk yatırım maliyeti, sistemin ilk yatırım maliyetini geri kazanım süreci, sistemin kullanım maliyeti ve sistemin atık süreci	Dalga enerjisi birim fiyatının 3 - 5 sene içinde 2 - 3 pence/kwh'a düşmesi ihtimali üzerinde durulmaktadır. Bu maliyet kıyıda rüzgar enerjisi maliyetlerine göre öngörülmektedir. Sistem çok yeni bir teknoloji olduğundan kullanım maliyeti de fazladır. Sistem ömrü yaklaşık 5 sene olarak kabul edilebilir.		
2. Sistemin sağladığı enerji tasarrufu miktarı ve sistemin diğer yapay sistemlerle destek ihtiyacı	Sistemin tam olarak kullanımı bazı durumlarda ertelenmiş gözükmemektedir. Uygulamalar başka bir yapay sistemle desteklenebilir.		
3. a) Sistemin yurtdışı kullanımı	İngiltere'nin mevcut dalga enerjisi potansiyeli 120 GW'tır. Norveç'in sahip olduğu dalga enerjisi potansiyeli ise 45 GW'tır. Sırayla Portekiz ve Endonezya, konu ile ilgili çalışmalar ile dikkat çeken ülkeler arasındadırlar.		
b) Sistemin yurtiçi kullanımı	Ülkemiz sahip olduğu dalga enerjisi potansiyelinden henüz yararlanamamaktadır. Yurt içinde uygulama mevcut değildir. Bir an önce konu ile ilgili kanuni düzenlemeler yapılmalı, ilgili kurumlar ortak çalışmalar başlatılmalıdır.		
SİSTEMİN YAPI BİLEŞENLERİNE OLAN ETKİLERİ			
4. a) Sistemin uygulanabilmesi için gerekli arazinin topoğrafik ve coğrafik özellikleri	Sistemin uygulanabilmesi için yapının, yeterli dalga hareketine erişim için, deniz ya da okyanus kıyısında bulunması ve türbin için yeterli boş alanın bulunması gereklidir.		
b) Bina yapım süreci içinde sistemin yerleştirilmesi	Sistem binaya olabildiğince yakın bir yere konumlandırılabilir. Ayrıca dalga enerjisini olabildiğince verimli kullanmayı amaçlar. İstenildiğinde enerji depolanarak dağıtım yapıldığı gibi daha büyük sistemler rüzgar santrallerinde olduğu gibi tüm bir kıyı yerleşim bölgesinin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik kurulabilir.		
c) Vaziyet planında sistemin yeri (toprak altı veya toprak üstü) ve sistemin kapladığı toplam alan	Sistem toprak altında kullanılmaz. Sistem ebatları oldukça büyüktür.		
d) Sistem toprağın altında ise sistem üzerine yapılan düzenleme ve peyzajın özellikleri			
e) Sistemin binaya giriş yeri ve özelliği	Sistem , ekipman için tasarlanmış bodrum kattan giriş yapacaktır.		
f) Sistemin bina içi dağıtım düzeni (Sistemin bina içindeki yeri, kapladığı toplam alan ve sistem için gerekli kat yüksekliği)	Sistem ve ekipmanların ebatları çok büyüktür fakat sistem bina dışında olduğundan kat yüksekliğinde herhangi bir kısıtlama gerekmez.		
f 1) Dağıtım düzenine göre yapı içinde duvar ya da döşeme delinmesi	Dağıtım panosuna ve sayaca bağlantı ve katlara elektrik dağıtım amacıyla ile döşeme ve duvar delmek kaçınılmazdır.		
f 2) Sisteme bağlı teknik ekipmanların yapı içinde yeri	Sistem ve gerekli cihazlar birbirlerine yakın olacak şekilde konumlandırılmalıdır. Genellikle bodrum kat ekipmanlar için uygun olmaktadır.		
f 3) Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası	Sisteme bağlı havalandırma ya da ateş bacası mevcut değildir.		
g) Sistemin cephede görünen elemanı			Sistem bina dışına yerleştirildiğinden ve toprak altı kullanım söz konusu olmadığından sistemi bina çevresinde görmek mümkündür.
h) Sistemin mekansal zonlama özelliği	Sistemde elektrik ihtiyacı olmayan mekanlara istenildiğinde elektrik verilmeyebilir.		

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.11.1981

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-1999 Özel Doğuş Fen Lisesi

Lisans 1999-2003 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak.
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Prog.

Çalıştığı kurum(lar)

2003 Ardap Danışmanlık Proje Yönetimi İnş. San. Tic. ve
Ltd Şti.

2004-2006 Mimart Proje İnş. San. Tic. Tur. Ltd. Şti.

2006-Devam ediyor Vicem Yachts A. Ş.