

VIII. OTURUM

ENERJİ TASARRUFU SAĞLAYAN ÇEVRE DOSTU YEŞİL BİNALARIN YAYGINLAŞTIRILMASINDA DEVLETE, SİVİL TOPLUM ÖRGÜTLERİNE VE FİRMALARA DÜŞEN ROLLER

M. Mustafa ERDOĞDU¹
Coşkun KARACA²
M. Emre ÇAMLİBEL³
Gülcemal ALHANLIOĞLU⁴
Yalvaç AKGÜN⁵
Deniz UĞURLU⁶

Öz

Piyasa mekanizmasının yoğun etkisi altında biçimlenen günümüz kent yapıları ve mimarisi, hem çevresel hem de sosyal ve ekonomik açılardan pek çok olumsuzluğu içinde barındırmaktadır. Türkiye’de enerjinin yaklaşık %40’ı binalarda tüketilmektedir. Bu enerji büyük ölçüde fosil yakıtlar yoluyla karşılandığı için çevre ve dolayısıyla da insan sağlığı ve refahı üzerinde çok olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Artan enerji gereksiniminin doğal bir sonucu olarak fosil yakıt kaynakları giderek azalmaktadır. Özellikle bu iki olgu, binalarda enerji tasarrufu sağlama ve yenilenebilir enerji olanaklarından yararlanmaya yönelik ilgiyi artırmıştır. Bu tebliğ, hem *sürdürülebilir* (ya da yaygın kullanımıyla *yeşil*) binaların enerji tasarrufu ve çevre üzerindeki olumlu etkilerine dikkat çekmeyi, hem de en yüksek düzeyde sosyal yarar sağlanabilmesi için bütün paydaşların nasıl çözüm ortağı haline getirilebileceği sorularına tatminkâr cevaplar bulmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir binalar (yeşil binalar), sürdürülebilir kalkınma, enerji tasarrufu

¹ Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Maliye Bölümü, mustafaerdogdu@marmara.edu.tr

² Yrd. Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF, Maliye Bölümü, ckaraca@cumhuriyet.edu.tr

³ Dr., CEO, Soyak Holding A.Ş., ecamlibel@soyakholding.com.tr

⁴ Yük. Şehir Plancı, İş Geliştirme Takım Lideri, SOYAK Yapı İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., galhanlioglu@soyak.com.tr

⁵ SOCRAT Güneş Enerjili Araba Takımı Proje Danışmanı, yalvac.akgun@socrat.org.tr

⁶ İnşaat Yük. Müh. İş Geliştirme Takım Elemanı, SOYAK Yapı İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., dugurlu@soyak.com.tr

1. Giriş

Doğal çevrenin korunmasının insan refahı ve yaşam kalitesi üzerinde çok önemli bir rolü olduğunun daha iyi anlaşılmaya başlandığı 1970’li yıllardan itibaren, kalkınmanın çevreye zarar vermeden nasıl sürdürülebileceği, cevabı aranan en önemli sorulardan birisi olmuştur. Çevresel sorunların en önemli kaynağının her gün biraz daha artma eğiliminde olan fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi olduğu konusunda bugün bilim insanları arasında bir tereddüt bulunmamaktadır. İnsan sağlığı ve refahı üzerinde çok olumsuz etkileri olduğu için çevre kirliliği, günümüzde çözüm bulunması gereken en önemli sorunlardan birisidir.

Bilindiği gibi Türkiye enerji açısından dışa bağımlıdır ve dış ticareti içinde petrol ve doğal gaz ithalatı çok önemli bir ağırlığa sahiptir. Fosil yakıt ithalatı, Türkiye’nin yüksek düzeydeki cari açığının en önemli nedenleri arasındadır. Bir kırılma kaynağı olan cari açık ise, mali ve ekonomik krizlere zemin hazırlamaktadır. Açıklanan nedenlerle *kalkınmasını sürdürülebilir bir temele oturtabilmek için Türkiye, enerji politikasında köklü bir dönüşüm gerçekleştirmek durumundadır*. Sürdürülebilir ekonomi doğrultusundaki bu dönüşümün iki ayağı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, enerji gereksiniminin giderek artan bir oranının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması; ikincisi ise, gereksiz enerji kullanımının önüne geçilmesi ya da başka bir ifadeyle enerji tasarrufu sağlanmasıdır. Bu çalışma, söz konusu dönüşümün özellikle enerji tasarrufu boyutu ile ilgilidir.

Günümüzde enerjinin yaklaşık %30 ila 40’ı binalarda tüketilmektedir (ETKB, 2014a). Enerji kullanımındaki yüksek payı nedeniyle yapı sektöründe sağlanacak enerji tasarrufu kilit bir önem taşımaktadır. Bu çerçevede bizim “*sürdürülebilir binalar*” olarak tanımlamayı tercih ettiğimiz ancak daha çok *yeşil binalar* (green buildings) olarak bilinen çevre dostu yapıların yaygınlaştırılması son derece anlamlıdır. *Sürdürülebilir binalar* sayesinde sağlanabilecek yararlar enerji tasarrufu sağlamakla sınırlı değildir. Bilindiği gibi günümüzde tüketilmekte olan enerjinin ezici ağırlığı (yaklaşık %70) fosil yakıt tabanlıdır. Fosil yakıt tüketimi ise, çevre, dolayısıyla da insan sağlığı ve refahı üzerinde çok olumsuz etkilere sahiptir.

Sürdürülebilir binalar bir taraftan fosil yakıt tabanlı enerji kullanımının çevre üzerindeki tahrip edici etkilerini, diğer taraftan da bu nedenle ortaya çıkan sağlık problemlerini azaltıcı bir işleve sahiptir. Bununla da yakından ilgili olarak *sürdürülebilir binalar*, doğa ile adeta kavga içinde ve ondan kopmuş bir yapı sergileyen binalara, doğayla barışık bir alternatif sunmaktadır. *Sürdürülebilir binalar*, bugün şehirleri istila etmiş ve yeşili

boğan beton yapılara kıyasla güneş ışığından, yağmur suyundan, rüzgârdan, ağaçlar, bitkiler ve çiçeklerden olabildiğince yararlanma arayışındadır. Dolayısıyla da doğayla uyumludur. *Bugün* açısından bakıldığında *sürdürülebilir bina* tercihiinde bulunmak, şehir içinde doğayla barışık ve huzurlu yaşamak, *yarın* açısından bakıldığında ise, gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakmak anlamına gelmektedir.

Enerji gereksinimi ve çevresel sorunların her gün biraz daha ağırlaşması, bugün özellikle ileri düzeyde sanayileşmiş ülkelerde *sürdürülebilir binalara* yönelik ilgiyi artırmıştır. Yaşam kalitesinden ödün vermeksizin geleneksel binalara kıyasla daha az enerji tüketen ve daha az atığa neden olan *sürdürülebilir binaların* ne ölçüde “yeşil” olduğu ise, öncelikle o binanın yapımı esnasında ve yapımı sonrasında ne ölçüde enerji tükettiği ve çevre dostu olduğuna göre değerlendirilmektedir. Yapımları esnasında, binaların yerleştikleri alanlardan, tasarımları, yapımlarında kullanılan sistem ve malzemelere kadar pek çok husus, enerji kullanım düzeyini etkilemekte, dolayısıyla da çevresel sonuçlar doğurmaktadır. Yapım tamamlanıp bina kullanılmaya başlandıktan sonra da ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb. amaçlarla bina içinde ve dışında enerji kullanılmaktadır.

İşlevlerini yerine getirmek için gereksinim duyduğu enerji düzeyi, bir binanın ne ölçüde çevre dostu olduğunu belirleyebilmek açısından en önemli göstergedir. Bir diğer önemli gösterge, kullanılan enerjinin ne kadarının söz konusu binada yenilenebilir olarak üretildiğidir. Gereksinim duyulan enerji dışında başka bir önemli gösterge ise, söz konusu binada ne kadar atık oluştuğu ve bu atığın ne kadarının geri kazanılabildiğidir. Su gereksiniminin ne şekilde karşılandığı ve ne kadar verimli kullanıldığı ise bir diğer önemli göstergedir. Bu tür binalar yağmur suyundan en iyi şekilde yararlanmayı amaçlamakta; bina içinde ya da bahçesinde bulunan bitkiler en az su tüketen türlerden seçilmekte; bahçe sulamasında belli bir temizleme işleminden geçmiş evsel atık sular kullanılmaktadır.

Bir binanın ne ölçüde çevre dostu olduğunu ortaya koyan başka bir gösterge, yapımı esnasında çevreye verdiği zarar düzeyidir. Bu çerçevede binaların inşaatı sırasında, daha az yakıt harcanmasını sağlamak için hafriyatı en aza indiren yöntemlerin kullanılmasına özen gösterilmekte; inşaat artıkları çeşitli yöntemlerle yeniden değerlendirilerek çevre kirliliğine yol açan faktörler en düşük düzeye indirilmektedir. Bina yapılırken yakın mesafelerdeki kaynaklardan temin edilen, tükenme tehlikesi taşımayan ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmayan doğal malzemeler tercih edilmektedir.

Görüldüğü gibi bu tür binalarda barınma ve yaşam kalitesi konusuna özellikle orta ve uzun vadeyi de göz önüne alan bir sürdürülebilirlik perspektifinden bakılmaktadır. Ancak bu perspektifin öne çıkıyor olması, konunun sadece çevresel açıdan anlam taşıdığı ve kısa vadede ekonomik açıdan yüksek bir maliyetin kaçınılmaz olduğu şeklinde yanlış bir algı oluşturmamalıdır. *Binaların sürdürülebilir şekilde inşa edilmesi ya da bu amaçla tadil edilmesi, çoğu kez sanıldığığının aksine yüksek bir ekonomik maliyet getirmemektedir.* İlerleyen kısımlarda ortaya konulacağı gibi bir bina yapılırken yaklaşık %2 civarında bir ekstra maliyet ile çok ciddi enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Özellikle enerji tasarrufu sağlayan harcamalar, kimi zaman üç yıldan bile daha kısa bir sürede kendisini amorti edebilmekte ve söz konusu binalar yaşam süreleri boyunca sürekli bir tasarruf sağlamaktadır.

Sürdürülebilir binaların işaret edilen yararlarından yola çıkarak bu çalışma, şu temel soruya cevap aramaktadır: “Türkiye’de *sürdürülebilir binaların* yaygınlaştırılması yoluyla binalarda enerji kullanım ihtiyacını azaltacak ve yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlayacak büyük ölçekli bir dönüşüm nasıl gerçekleştirilebilir?” Bu soruya cevap bulabilmek için bu çalışmada özellikle aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır. Bunlar: (i) sosyal yarar temelli yeşil binaları hızla yaygınlaştırabilecek devlet politikaları nelerdir?; (ii) işaret edilen amaca hizmet edecek verimli bir devlet, sivil toplum ve özel kesim işbirliği nasıl sağlanabilir?

Tebliğin ikinci bölümünde çevre dostu *sürdürülebilir binalar* önemli kılan unsurların neler olduğu konusu ele alınacaktır. Üçüncü bölümde *sürdürülebilir binaların* ne gibi özellikleri olduğu konu edilecektir. Dördüncü bölümde, klasik binalar ile *sürdürülebilir binalar* arasındaki maliyet farkları hem inşa maliyeti hem de yapılan harcamaların kendini amorti etme süresi açısından ele alınacak, *sürdürülebilir bina* yapım maliyetleri ve bu maliyetlerin geri dönüş süreleri analiz edilecektir. Özellikle binaların *sürdürülebilir* nitelikte yapılması sonucunda kazanılacak enerji tasarrufunun maliyetler üzerinde ne kadar etkili olduğu, bu kısımda ele alınacak bir diğer önemli konudur. Beşinci bölümde, Türkiye’de *sürdürülebilir binaların* yaygınlaştırılması için bir yol haritası çizilmektedir. Bu kısımda özellikle kamu otoritelerinin binalarda enerji tasarrufu sağlama, enerjiyi verimli kullanma ve yenilenebilir enerji olanaklarından yararlanmak amacıyla uygulamaya koyabilecekleri politika tedbirleri ele alınacak ve *sürdürülebilir binaların* yaygınlaştırılmasına hizmet edebilecek politikalar tartışılacaktır. Ayrıca kamu, sivil toplum ve özel kesim arasında nasıl bir

sinerji oluşturulabileceği sorularına da bu bölümde cevap aranacaktır. Altıncı bölümde ulaşılan sonuçlar özetlenecektir.

2. Enerji Tüketimi, Çevresel Sorunlar ve Çevre Dostu Sürdürülebilir Binalar

Hemen her ülkede enerji kullanımı artmakta ve bu da doğal kaynaklar üzerinde bir tüketim baskısı oluşturmaktadır. Çevresel sorunlara yol açan bu durum, de-growth (büyümeme) literatüründe açıkça görüldüğü üzere⁷ ekonomik büyümenin sorgulanması gerektiği şeklinde bir tartışmaya zemin hazırlamıştır. Bu tartışmalar, doğal kaynakları geri döndürülemez şekilde tükenmekte olan dünyamızın giderek ısınması ve kirlenmesiyle birlikte canlı türlerinin tek tek yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu gerçeğinin giderek daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Bugün birçok bilimsel veri dünyamızın çok ciddi bir sürdürülebilirlik sorunuyla karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır (UN, 2013: 16-17).

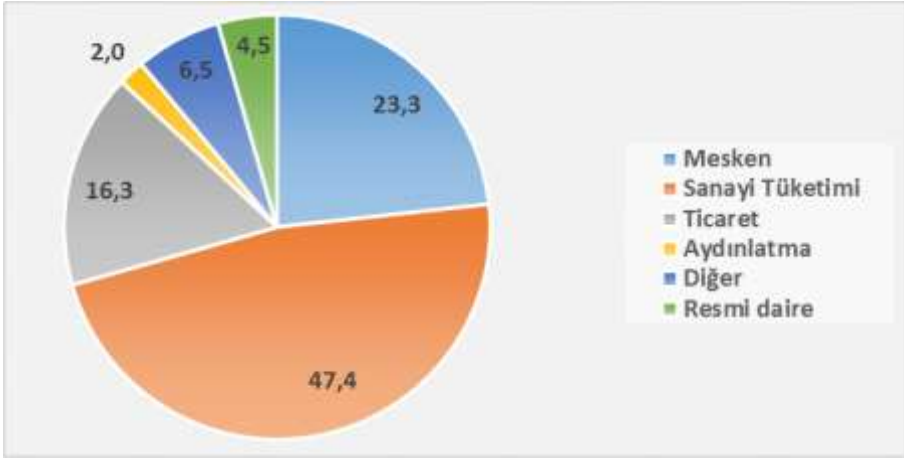
Türkiye'deki durum da farklı değildir. Türkiye'nin toplam enerji tüketimi 1990 yılından 2012 yılına kadar %68 oranında artış göstermiştir. 2012 yılında ülkemizin toplam birincil enerji tüketimi 120,9 milyon tep, üretimi ise 34,5 milyon tep olarak gerçekleşmiştir. Enerji arzında %30,9'luk pay ile doğal gaz ilk sırayı alırken, doğal gazı %25,3 ile petrol, %36,5 ile kömür izlemiş, yalnızca %7,2'lik bölüm hidrolik dâhil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır (ETKB, 2013: 12). Türkiye'nin 2012 yılı toplam enerji tüketimi içinde fosil yakıt kullanım oranı %89,5'dir. Enerji tüketiminde yaşanan bu artışla birlikte ülkenin kendi kaynaklarıyla talebi karşılaması güçleşmiş ve 1990 yılında yerli üretimin toplam enerji talebini karşılama oranı %48,1 iken bu oran 2012 yılında %35,9'a gerilemiştir

Bu verilere bakıldığında Türkiye'nin enerjide giderek daha dışa bağımlı hale geldiği görülmektedir. Türkiye 2000-2012 döneminde kullandığı enerjinin %70'ini ithal ederek 136 ülke içerisinde en fazla enerji ithal eden 23'üncü ülke olmuştur (Dünya Bankası, 2014). Enerji ithalatında en önemli pay çevreye ve insan sağlığına verdiği zarara rağmen petrol ve doğal gaza aittir. TÜİK verilerine göre Türkiye'nin 2013 yılında gerçekleştirdiği toplam ithalat 251,7 milyar dolara ulaşırken bu tutarın 55,9 milyar dolarlık kısmı enerji ithalatından kaynaklanmaktadır. *Bu tutar 2013*

⁷ Örneğin bkz. Mishan (1967); Schumacher (1973); Huesemann ve Huesemann (2011); ve D'Alisa, Demaria ve Kallis (2014).

yılında 99,8 milyar dolar olarak gerçekleşen dış ticaret açığımızın %56'sını oluşturmaktadır.

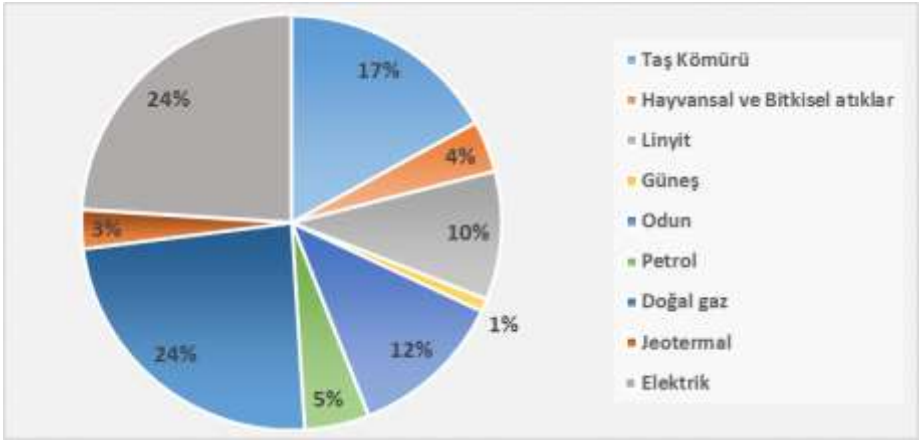
Grafik 1. Türkiye’de Sektörlere Göre Enerji Tüketimi (2012)



Kaynak: TEDAŞ, 2014.

Türkiye’de 2012 yılı verilerine göre konut sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı %23,3 olarak gerçekleşmiştir. Ticari binalar ve resmi daireler de eklendiğinde yapı sektörünün elektrik tüketimindeki payı %44,1’e yükselmektedir (bkz. Grafik 1). Bu veriler, yapı sektöründe sürdürülebilir binalara doğru hızlı bir dönüşüm sağlanması durumunda söz konusu olabilecek enerji tasarrufunun ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Sağlanacak enerji tasarrufunun hem çevresel, hem sosyal, hem ekonomik açılardan birçok olumlu etkisinin olacağı ise aşikârdır.

Yapılarda kullanılan enerji kaynaklarına bakıldığında (grafik 2) doğal gaz ve elektrik tüketimi ilk sırada yer almaktadır. Türkiye’de yapılarda doğal gazın doğrudan kullanımı genellikle ısınma amacıyla. Yapılarda tüketilen elektrik enerjisi çoğunlukla doğal gaz kullanan termik santraller (%45,4) vasıtasıyla üretilmekte ve doğal gaz tüketimi yüksek düzeylere (%35) ulaşmaktadır.

Grafik 2. Enerji türlerine göre yapı sektöründe enerji tüketimi (2011)

Kaynak: ETKB (2014a).

Petrol ve doğal gazın çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri aşikârdır. Ancak Türkiye açısından sorun çevre ve insan sağlığı ile sınırlı da değildir. Türkiye'nin fosil yakıtlarda ithal bağımlılık oranı %90'ın üzerindedir. Bu durum ciddi bir enerji, dolayısıyla da ülke güvenliği sorununa yol açmaktadır. Buna rağmen ülkemizde enerji üretiminde fosil yakıtların ezici bir ağırlığa sahip bulunması ve çok önemli düzeyde enerji tasarrufu sağlayan *sürdürülebilir binaların* hak ettiği ilgiyi görmüyor olması düşündürücüdür.

Türkiye'de 2000-2009 döneminde konut sektöründeki doğal gaz tüketimi %79 artarken (289 milyon metreküpten 516 milyon metreküpe) aynı dönemde ticaret sektöründeki artış %440 olmuştur (45 milyon metreküpten 243 milyon metreküpe). 2011 yılı için Türkiye'deki elektrik üretiminin neredeyse yarısına yakını (%48) doğal gaz ile karşılanmıştır. Isıtma amacıyla doğal gaz kullanımı kış aylarında yaza göre iki kat artmaktadır (EIA, 2014: 9). Özellikle ülkemizin düşük depolama kapasitesinden kaynaklanan mevsimsel dalgalanmalar ve kurlarda yaşanan oynaklık nedeniyle doğal gaz ithalatı önemli bir maliyet oluşturmaktadır.

Yanlış enerji politikalarının bir sonucu olarak ülkemizin önemli miktarda zarara uğradığı bilinmektedir. Bu konu bir yana, 2009 yılında

Kyoto Protokolü'nü⁸ imzalaması ile birlikte Türkiye'nin sera gazı salınımının azaltılmasına hizmet edecek önemli adımlar atması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu yönde gerekli adımların atılmaması durumunda gelecekte ülkemiz için daha büyük maliyetlerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. İklim değişikliğine karşı uluslararası düzeyde alınan önlemlerin ülkemizde neden olacağı maliyetler de dikkate alındığında Türkiye'nin enerji tasarrufu sağlayacak tüm etkin önlemleri hayata geçirmesi ve enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını hızla artırması gerekmektedir. Bu değişimin enerji tüketiminde ikinci büyük sektör olan yapı sektöründe gerçekleşmesi bu yüzden son derece önemlidir.

Takip eden alt bölümlerde detaylı olarak ele alınacak olan *sürdürülebilir binalar*, daha az enerji ve su tüketen, kaynakları daha verimli kullanan ve daha az atığa yol açan yapılardır. US Green Building Council tarafından yapılmış araştırmalar, *sürdürülebilir binalarda* diğerlerine kıyasla %26 daha az enerji kullanıldığını, %33 daha az CO₂ salınımının söz konusu olduğunu, bina içinde %30 daha az su kullanıldığını ve %50-%75 daha az katı atık üretildiğini ortaya koymaktadır (USGBC, 2014: 1).

2. 1. Binaların Çevre Üzerindeki Etkileri

Enerji kullanımı, türüne ve miktarına bağlı olarak önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yapılar da yaşam döngüleri boyunca çeşitli nedenlerle önemli miktarda enerji tüketmektedir (Yüksek ve Esin, 2011: 76-77). 2010 yılı verilerine göre Dünya'daki enerjinin %45'i, suyun ise %50'si binalar tarafından kullanılmaktadır. Günümüz şehirlerinin yapı taşı olan binalar, önemli ölçüde enerji ve doğal kaynak tüketmelerinin bir sonucu olarak çevreyi kirletmekte ve iklim değişiminin önemli nedenleri arasında yer almaktadır (Vyas vd., 2014: 24). Kaldı ki bu durum, insan sağlığı ve refahı açısından da ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Çevresel etkilerine bakıldığında, şehirlerdeki hava kirliliğinin %23'ü, sera gazı üretiminin %50'si, su kirliliğinin ve katı atığın %40'ı binaların sebep olduğu çevresel sonuçlardır (Willmott-Dixon, 2010: 2). Bu veriler çevre kirliliğinin azaltılmasında binaların çok büyük bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

⁸ Kyoto Protokolü, küresel iklim değişikliğiyle mücadele etmek için, Birleşmiş Milletler'in 1997'de Japonya'nın Kyoto şehrinde düzenlediği çevre toplantısına katılan hükümetler tarafından kabul edilen bir anlaşmadır. Birleşmiş Milletler verilerine göre, 2001'den itibaren 84 ülke anlaşmayı imzalamış, 34 ülke onaylamıştır.

Sürdürülebilir binalar, kullanılan malzemeleri ve iç hava kalitesiyle sağlıklı, yeşil alan kullanımı yüksek, çevreye düşük oranda CO₂ emisyonu salan ve yapım aşamasında çevreye mümkün olan en düşük düzeyde zarar veren ve daha az enerjinin kullanıldığı binalardır. Vyas vd. (2014: 24) *sürdürülebilir binaları*, çevre ve insan sağlığı üzerindeki negatif etkileri ortadan kaldırmak için tasarlanan yapılar olarak tanımlamaktadır.

Sözer (2010: 2592) tarafından işaret edildiği üzere titizlikle tasarlanmış bir yapı kabuğu (building envelope), ısıtma ve soğutma gereksinimlerinin karşılanmasını kolaylaştırmakta ve enerji verimliliğini artırmaktadır. *Sürdürülebilir binalar*, çevreye daha az zarar verecek şekilde inşa edilmekte ve klasik binalara kıyasla enerjiyi çok daha verimli kullanmaktadır. Bu tür binalar güneşten, rüzgârdan, jeotermal enerjiden veya benzeri yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak tükettikleri enerjinin bir bölümünü kendileri üretmektedir. Çevre üzerindeki olumsuz etkileri çok düşük düzeyde olduğu için bu tür binalar çoğu kez çevre dostu anlamında olmak üzere yeşil bina olarak tanımlanmaktadır.

2. 2. Sürdürülebilir Binaların Yaşam Kalitesi Üzerindeki Etkileri

İnsanlar zamanlarının %90'ından fazlasını bina içi ortamda harcadıkları için bina içindeki şartların insanların sağlığı, esenliği ve performansı üzerindeki etkisi büyüktür (EPA, 2009: 7; Frontczak ve Wargocki, 2011: 922). *Sürdürülebilir binalar*, şehirleşmeyle birlikte doğadan kopmaya başlayan insanı doğayla tekrar bütünleştirici yönde atılan önemli bir adım olarak görülebilir. Çevre dostu binalar tasarlanırken iç mekân hava kalitesi, doğal aydınlatma, sıcaklık ve nem kontrolü, atık yönetimi gibi insan sağlığını direk etkileyen unsurlar planlanmakta, ayrıca inşaatında kullanılan yöntemler ile son kullanıcıya daha temiz bir ortam bırakılması hedeflenmektedir.

World Green Building Council tarafından hazırlanan bir raporda işaret edildiği üzere *sürdürülebilir binalar*, yüksek düzeyde doğal ışık almakta; yeterli miktarda ancak uygun türde yapay ışık kullanmakta; düşük miktarda toksinli malzeme içermekte; klimalardan ziyade doğal havalandırma olanaklarından yararlanmakta; ısı konfor sağlamakta; etkileşimi ve fiziksel hareketi kolaylaştıran davetkâr, cazip ve sağlıklı bina içi ortamlar oluşturmaktadır. Bütün bunlar bir taraftan yaşam kalitesini, diğer taraftan da hem sağlık, hem de iş verimliliğini belirgin bir şekilde artırmaktadır (WGBC, 2013: 69).

Bina malzemelerinin bina içi hava kalitesi üzerinde oynadığı rol araştırmalarla kanıtlanmıştır. Bina malzemelerinden ortaya çıkan formaldehitler gibi havadaki organik bileşiklerin salınımı insan sağlığını, konforunu ve üretkenliğini etkilemektedir (Li ve Niu, 2005: 1366; Yüksek ve Esin, 2011: 63; Lee ve Kim, 2012: 95). EPA tarafından 1995 yılında yapılan bir araştırmada 146,400 akciğer kanseri kaynaklı ölümden 21,100 (%14,4) adedinin kapalı ortamdaki radon kirliliğinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yine EPA tarafından yapılan bir başka çalışmada kapalı ortamdan etkilenecek ölen astım hastası sayısının 2000 yılı için 4,500 olduğu tahmin edilmiştir (EPA, 2009: 4-5).

Sağlık ve verimlilik ile ilgili sorunların önemli bir kısmı hava kalitesi düşük, gün ışığı ve manzarası olmayan iç ortamlardan kaynaklanmaktadır. İç mekân kalitesi, çalışanlar üzerinde olumlu etkiler göstererek verimliliklerini arttırmaktadır. İşçi sağlığı ve verimliliği üzerine yapılan bir çalışma *sürdürülebilir binalarda* çalışan işçilerin standart binalardakilere göre %16 daha az doktora gittiği ve daha yüksek verimle çalıştığını göstermiştir (Yaman, 2012: 11). Bir başka araştırmada çağrı merkezi çalışanlarının performansları, bu çalışanların gün ışığından ve doğal manzaradan yararlanma düzeylerine göre ölçülmüştür. Pencerelerinde yeşil manzara gören çalışanlar, bu manzarayı görmeyenlere kıyasla çağrıları %6-12 oranda daha hızlı yanıtlamış, zihinsel işlev ve hafıza testlerinde %10-25 oranında daha iyi performans göstermişlerdir (Heschong, 2003: vii).

Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından yürütülen bir çalışmada (Loftness *vd.*, 2003: 6-9) bina tasarımlarının çalışanların üretkenlikleri üzerindeki etkilerine yönelik geçmiş çalışmalar incelenmiş ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- İşçilerin mekanik sistemler yoluyla ısı kontrolü sağlayabildiği 8 farklı çalışmada işçilerin %3 oranında daha üretken olduklarını,
- Bina içi havalandırma iyileştirmesinin işçiler üzerindeki etkilerini inceleyen 15 farklı çalışma, dışardaki temiz havanın işyerine ulaştırılması ve içerdeki kirli havanın azaltılması sayesinde işçilerin üretkenliğinin %11'e kadar arttığını,
- 12 farklı çalışma, iş çeşidine uygun ışık seviyesi, ısı ve parlaklık kontrolü ile görüş gücü sağlayan geliştirilmiş ışıklandırma tasarımı sayesinde üretkenlikte %23'e kadar artış olduğunu,

- 13 çalışma ise, gün ışığı ve kişiye özel pencereler ile doğal bir ortama kavuşmanın üretkenliği %18'e kadar yükseltebildiğini ve örgütsel üretimi artırdığını, (örn; perakende satışları) göstermiştir.

WGBC (2013: 69) tarafından derlenen doğal ortamın ve gün ışığının faydalarının araştırıldığı bazı çalışmalar ise aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır:

- Ulrich (1984) doğal manzaraya bakan pencerelere sahip odalarda hastanede kalış süresinin %8,5 kısaldığı,

- Bol gün ışığı alan odalardaki hastaların ağrı kesiciye %22 oranında daha az ihtiyaç duyduğu (Walch vd., 2005),

- Gün ışığı sayesinde Walmart'ta satışlarda dikkate değer artış (Romm ve Browning, 1994), Target'in satışlarında %15-20 arasında bir artış (Edwards ve Torcelli, 2002) ve California'daki 73 şubeli bir perakende zincirinin satışlarında %40 artış sağlandığı,

- Optimum gün ışığı alan okullarda devamlılıkta yılda 3 günlük bir artış, sınav sonuçlarında %5-14 arasında bir yükseliş (Niklas ve Bailey, 1996) ve %20-26 oranında daha hızlı öğrenme sağlandığı (Heschong, 1999) görülmüştür.

2. 3. Sürdürülebilir Binaların Ekonomi Üzerindeki Etkileri

Bugün bütün dünyada enerji gereksiniminin ezici ağırlığı petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar çevreye verdikleri zararın yanı sıra, ekonomik anlamda da toplumlara önemli maliyetler yüklemektedir. Petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarda dışa bağımlılık, bu durumda olan Türkiye gibi ülkelerin makroekonomik dengelerini tehdit etmektedir. Petrol ve doğal gaz fiyatlarında meydana gelen artışlar, fosil yakıt ithalinden kaynaklanan cari açığı artırmaktadır. Cari açık bir taraftan borçlanma maliyetlerini artırmakta, diğer taraftan finansal kırılganlığa neden olmaktadır (Karaca ve Erdoğan, 2012).

Cari açık bir yana, enerjide dışa bağımlı olmanın alternatif maliyetleri de söz konusudur. Bu maliyetlerin en önemlilerinden birisi, enerji kaynağının ithal edilmesi nedeniyle yararlanılamayan istihdam olanağıdır. Sahip oldukları yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendiremeyen ve enerji tasarrufu sağlayacak *sürdürülebilir bina* ve benzeri uygulamaları hayata geçiremeyen ülkeler, çok önemli bir istihdam olanağından yoksun kalmaktadır (Erdoğan, 2012: 115). Oysa bir taraftan yeni sürdürülebilir binalar yapılması, diğer taraftan da eski binaların sürdürülebilir hale

getirilmesi istihdama önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Kaldı ki, bu tür ekonomik faaliyetlerde yerli katkı oranı yüksek olacağından bu durum cari işlemler dengesi üzerinde olumlu etkide bulunur.

Sürdürülebilir binaların ilk yatırım maliyetleri geleneksel binalara kıyasla biraz daha yüksektir. Bununla birlikte, söz konusu binalar yapım aşamasından başlayarak bütün yaşam ömürleri boyunca hem enerji hem de doğal kaynak kullanımında ciddi tasarruflar sağlamaktadır. Bu tür binalar özellikle enerji gereksinimlerinin az olması nedeniyle başta yapılan ekstra harcamayı gayet kısa bir sürede amorti edebilmektedir. Dolayısıyla, binalarda özellikle enerji tasarrufu sağlama amacına hizmet eden bazı harcamalar, tüketim tercihi olmanın ötesinde bir anlam taşımaktadır. Aslında bu tür harcamaların özellikle orta ve uzun vade açısından getirisi çok yüksek bir *yatırım* olduğu rahatlıkla söylenebilir.

3. Sürdürülebilir Binaların Özellikleri

Bugün sürdürülebilir, ekolojik, çevre dostu, yeşil, vb. isimlerle tanımlanan doğayla uyumlu yapılar, yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirildiği, sosyal ve çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlandığı, iklim verilerine ve yerel koşullara uygun, ihtiyacı kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanan, doğal ve düşük düzeyde atık üreten malzemelerin kullanıldığı, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak tanımlanabilir (CEDBIK, 2014).

Klasik binalara göre daha az enerji tüketen ve çevreye duyarlı olan her binaya *sürdürülebilir bina* demek doğru değildir. Çünkü bu tür binaların sürdürülebilir arazi planlaması, su ve enerji, ekolojik malzeme kullanımı, iç ortam hava kalitesi, kullanıcı sağlığı ve konforu, ulaşım ve atıkların kontrolü, akustik ve kirlilik kontrolü gibi alanlarda belli standartları karşılaması gerekir. Bu nedenle birçok ülkede binaların enerji kullanımını ve çevresel performanslarını değerlendirmek üzere “yeşil bina sertifikalandırma sistemleri” geliştirilmiştir. Bunlardan başlıcaları 1990’da İngiltere’de ortaya çıkan BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), 1998’de Amerika Birleşik Devletleri’nde ortaya çıkan LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), 1998’de gelişmiş ülkelerin bir araya gelmesiyle kurulan IISBE (International Initiative for Sustainable Built Environment), 2003’de BREEAM’dan uyarlanarak Avustralya’da oluşturulan Greenstar, 2004’de Japonya’da ortaya çıkan CASBEE (Comprehensive Assessment for Building Environmental Efficiency) ve 2009’da Almanya’da ortaya çıkan DGNB (Deutsche

Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)'dir. Bu sistemlerden LEED ve BREEAM en yaygın uluslararası sertifikalandırma sistemleridir. Bu sertifikalarda binaların birtakım standartlar çerçevesinde sürdürülebilirlikleri tescil edilmektedir. *Sürdürülebilir binaları* diğerlerinden ayıran özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tasarımın ve projenin sürdürülebilirlik standartları ile yürütülmesi
- Binanın, ısıtma ve soğutma gereksinimini azaltacak ve gün ışığından en üst düzeyde yararlanacak şekilde konumlandırılması
- Yapımında doğal çevre ile uyumlu ve kaynak baskısına yol açmayan ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemeler kullanması
- Verimlilik açısından etkin ve gereksiz kullanımlardan kaçınmayı sağlayabilecek akıllı sistemleri içeren ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine sahip olması
- Etkili yalıtım yöntemleri ve verimli elektrik-mekanik sistemler ile enerji tasarrufu sağlanması
- Su tasarrufu sağlanması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından ve yağmur suyundan yararlanılması
- Az su tüketen bitki ve ağaçlar ile peyzaj yapılması

Bu sayılanların ortaya koyduğu üzere *sürdürülebilir binalar*, daha az enerji ve su tüketen, kaynakları daha verimli kullanan ve daha az atığa yol açan yapılardır. Doğal kaynaklar üzerindeki tahrip edici etkisi düşük düzeyde olduğu için bu tür yapılar sürdürülebilir bir niteliğe sahiptir.

3. 1. Yapım Esnasında Çevre Dostu Sürdürülebilir Malzemelerin Kullanımı

Yapımından kullanım sürecine kadar geçen yaşam döngüsünde binalarda enerji tasarrufu sağlayan malzeme seçimi çok önemlidir. Yaşam döngüsü açısından hem yapım aşaması ve kullanım süreci hem de binayı oluşturan malzemelerin seçimi, binanın çevreye duyarlı sürdürülebilir bir bina olup olmadığının tespitinde dikkate alınmaktadır. Binalarda aynı işlevi yerine getirecek ve birbiri yerine ikame edilecek farklı pek çok malzeme vardır. Etkinliği düşük olan bazı malzemeler yerine ikame edilecek başka pek çok seçenek, enerji etkin olabileceği gibi daha fazla tasarruf elde etme

olanağı da sağlayabilir. Bu tür seçimler aynı zamanda geri dönüşüm nedeniyle ortaya çıkabilecek kirliliği ve doğal kaynakların aşırı tüketimini de engelleyecektir (Huberman ve Pearlmutter, 2008: 838).

Yaşam döngüsü süresince yapılar hem doğrudan hem de dolaylı olarak enerji tüketmektedirler. Doğrudan enerji kullanımı, yapının inşaat aşamasında ve kullanım süresince ortaya çıkarken yapıda kullanılan hammaddelerin üretim sürecinde de, seçilen hammaddeye göre değişen miktarda enerji gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Küresel düzeyde inşaat işleri ve bina yapımında dünya hammadde kaynaklarının %60'ı tüketilmektedir. Binaların küresel hammadde kullanımındaki payı ise %24 ile oldukça yüksektir (Bribián vd., 2011: 1133).

Çevre sorunlarının ortaya çıkmasında yüksek teknoloji ürünü çağdaş yapı malzemelerinin büyük bir rolü vardır. Çünkü bu malzemeler hem üretimleri hem de yapılarda kullanımları esnasında birçok fiziksel ve kimyasal işlemlerden geçmekte, dolayısıyla yaşadığımız çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır (Aydın ve Alemdağ, 2014: 1). Bir binanın doğaya saldığı toplam karbon miktarının yaklaşık %10'u yapıldığı malzemeler ile ilgilidir (Gürcan, 2012). Bu nedenle doğaya malzemeler nedeniyle salınan karbon miktarının düşürülebilmesi için sürdürülebilir ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılmasına özen gösterilmesi gerekir. Bir yapı malzemesinin yalnızca doğal veya geri dönüştürülebilir olması da yeterli değildir. Söz konusu malzemenin ne kadar enerjiyle üretildiği, ne kadar fosil yakıt tüketerek ne kadar uzaktan taşındığı da aynı derecede önemlidir.

Bir binanın sürdürülebilir olması, yapımında doğal çevre ile uyumlu ve kaynak baskısına yol açmayan ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemeler kullanmasıyla sıkı sıkıya ilişkilidir. Bu nedenle bir bina yapılırken kullanılacak malzemelere yönelik olarak bir yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılması gerekir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir malzeme ya da ürünün elde edilmesinden (beşik), ömrünü tamamlamasına (mezar) kadar olan süreç boyunca, çevresel etkilerini dikkate alır. Bu, genellikle, çıkarılması ve üretilmesi için kullanılan gömülü enerji⁹ ve karbonu içerir (Gürcan, 2012).

⁹ Gömülü enerji, görünmeyen, gizli enerjidir. Malzemeleri üretmek için kullanılan enerjiyi, kullanılan yakıtın karbon yoğunluğu ile çarpılması sonucu bulunur. Gömülü karbon olarak da adlandırılabilir. Gömülü karbon, genellikle, fabrika kapısından çıkana kadar, malzeme ve ürünleri çıkarmak, işlemek ve üretmek için gerekli enerjiyi kapsar ve 'beşikten kapıya' olarak adlandırılır (Gürcan, 2012).

Sürdürülebilir binalar yapılırken yakın mesafelerdeki kaynaklardan temin edilen, tükenme tehlikesi taşımayan ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturmayan doğal malzemeler tercih edildiğinden, bu malzemelerinin doğal çevre ve bina üzerindeki etkileri düşük düzeydedir (Ding, 2014: 47). Aynı şekilde, binanın inşaatı sırasında çıkan atıkların büyük bir kısmı geri dönüşüme ve/veya geri kullanıma gönderilerek atık sahasına giden miktarlar önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bu kapsamda inşaat sürecinde çıkan tüm evsel atıklar, geri dönüştürülebilir atıklar düzenli olarak takip edilmektedir.

3. 2. Yapım ve Kullanımda Düşük Enerji Gereksinimi

Yapımı esnasında çevreye ne ölçüde zarar verdiği, bir binanın ne ölçüde çevre dostu olduğunu ortaya koyan önemli bir göstergedir. Bu nedenle *sürdürülebilir binaların* inşaatı sırasında, daha az yakıt harcanmasını sağlamak için hafriyatı en aza indiren yöntemlerin kullanılmasına özen gösterilmekte; inşaat artıkları çeşitli yöntemlerle yeniden değerlendirilerek çevre kirliliğine yol açan faktörler en düşük düzeye indirilmektedir.

Yapıların inşa aşamasında en az enerji kullanımına olanak sağlayacak malzemelerin ve yöntemlerin seçilmemesi durumunda gereğinden fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Alınacak yanlış bir tasarım kararı ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma sistem gereksinimlerini ve harcanacak enerjiyi iki, hatta üç katına kadar artırabilmektedir (Utkutuğ, 1999: 24). Dolayısıyla bir binanın pasif tasarımının nasıl olduğu son derece önemlidir. Genel olarak pasif tasarım, mekanik sistemlere gereksinimi azaltacak şekilde istenen koşulların fizik kuralları göz önüne alınarak elde edilmesidir. Pasif tasarım yöntemleri şunlarla ilişkidir: (a) bina kabuğu (b) bağlı çıkıntılar veya balkonlardan gölgeleme, (c) komşu yapılardan gölgeleme, (d) doğal havalandırma, (e) kışın güneşle ısıtma, (f) bina yönünü ayarlama (g) gün ışığıyla aydınlatma (Sözer, 2010: 2585). Örneğin, olabildiğince toprağa gömülen bina, hem ısıtma ve soğutma harcamalarını en alt düzeye indirecek, hem de toprağın eğimine uyumlu, çevresiyle barışık olacaktır.

Yapıların yaşam döngüsü (life cycle) sürecinde tüketilen enerji miktarı özellikle yapının kullanım aşamasında oldukça yüksek düzeylere ulaşabilmektedir. Çünkü bu süreç yapının yaşam döngüsü içinde en uzun süreye sahiptir ve bu süreçte insan sağlığı ve çalışma verimi açısından yeterli konfor koşullarının sağlanması gerekir. Bu koşulların doğal yollarla karşılanamaması durumunda enerji tüketimi artmaktadır (Esin, 2013: 190-191).

2013 yılında Yüksel ve Acarkan tarafından Türkiye'deki binaların enerji tasarruf potansiyelini araştıran ve klasik binalar ile LEED sertifikasına sahip *sürdürülebilir binaları* karşılaştıran bir çalışma yapılmıştır. Enerji maliyetlerinin hesaplandığı bu çalışmada klasik binaların tükettiği yıllık enerji 16.565 TL bulunurken bu maliyet *sürdürülebilir binalarda* yıllık 11.491 TL olarak hesaplanmış ve bu binaların enerji tüketimi açısından yaklaşık %30 daha verimli olduğu görülmüştür. Sermaye hâsıla oranlarının da araştırıldığı çalışmada *sürdürülebilir bina* olarak tasarlanan yapılarda ilave enerji tasarrufu sağlayan tüm yatırımların geri dönüş süresinin 3 yıl 9 ay olduğu tahmin edilmiştir (Yüksel ve Acarkan, 2013: 254).

Sürdürülebilir binalar sayesinde elde edilebilecek enerji tasarrufuna yönelik bir diğer çalışma Çamlıbel, Alhanlıoğlu ve Uğurlu tarafından 2014 yılında yapılmıştır. Sonuçları aşağıdaki tabloda özetlenen bu çalışmada, enerji verimli bir şekilde tasarlanan 814 dairelik bir konut projesinin kıyaslanan baz binaya göre yılda 1.580.931 kWh enerji tasarruf ederek %20 enerji verimliliği sağladığı hesaplanmıştır. Çalışmada Türkiye'de 10 yıl içinde üretilecek yaklaşık 6.635.000 milyon adet konutta yıllık 12,9 milyar kWh (12.886.335.608 kWh) enerji tasarrufu elde edileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada 12,9 milyar kWh enerji tasarrufu ile 10 yıl sonra Türkiye'nin enerji ihtiyacının %2,67'sinin karşılanabileceği hesaplanmıştır.

Tablo 1. Gelecek 10 Yılda Üretilecek Konutların Sürdürülebilir Türde Olması Durumunda Elde Edilecek Enerji Tasarrufu

yıllar	üretilecek konut adedi kümülatif	toplam enerji tasarrufu (kWh)	Türkiye toplam enerji ihtiyacı (kWh)	tasarrufun ihtiyacı karşılama yüzdesi (%)
2014	608.000	1.180.842.811	267.000.000.000	0,44%
2015	1.259.000	2.445.199.176	285.156.000.000	0,86%
2016	1.915.000	3.719.266.419	304.546.608.000	1,22%
2017	2.577.000	5.004.986.716	325.255.777.344	1,54%
2018	3.240.000	6.292.649.189	347.373.170.203	1,81%
2019	3.909.000	7.591.964.716	370.994.545.777	2,05%
2020	4.585.000	8.904.875.473	396.222.174.890	2,25%
2021	5.265.000	10.225.554.932	423.165.282.783	2,42%
2022	5.955.000	11.565.656.149	451.940.522.012	2,56%
2023	6.635.000	12.886.335.608	482.672.477.509	2,67%
toplam	6.635.000	12.886.335.608	482.672.477.509	2,67%

Kaynak: Çamlıbel, Alhanlıoğlu ve Uğurlu (2014).

3. 3. Gereksinim Duyulan Enerjinin Yenilenebilir Kaynaklardan Karşlanması

Bir binanın sürdürülebilirlik düzeyini ortaya koyan en önemli göstergelerinden birisi, kullandığı enerjinin ne kadarının söz konusu binada yenilenebilir olarak üretildiğidir. Tüketilen enerjinin ezici ağırlığının fosil yakıt tabanlı olup çevre üzerinde ciddi olumsuzluklara yol açması nedeniyle, yapı sektöründe enerji tasarrufu sağlayacak uygulamalara gidilmesi ve yenilenebilir enerji olanaklarından yararlanılması büyük önem taşımaktadır (Esin, 2013: 190-191). *Sürdürülebilir binalar*, enerji üretimi ve kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en düşük düzeye indirilmesi için enerjiyi etkin şekilde kullanmaya özen göstermekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarından hem pasif hem de aktif sistemler aracılığıyla faydalanmaktadır.

Pasif sistemlerde doğal havalandırma için rüzgâr enerjisinden, ısı ve ışığın elde edilmesinde ise güneş ve jeotermal enerjiden faydalanılmaktadır. Pasif güneş enerjisi mimarisinde kısmen ya da tamamen güneşle ısıtılan yapılar tasarlanmaktadır. Pasif güneş enerjisiyle ısıtılan evlerin genellikle güneş yönündeki duvarlarına pencereler konulmakta, güneş ışıkları bu pencerelerden geçerek binanın içindeki havayı ısıtmaktadır. İyi tasarlanmış bir bina aşırı soğuk ve bulutlu yerlerde bile çok az bir ek ısıtım ile sıcak kalabilmektedir (Kellog ve Pettigrew'in, 2013: 139). Almanya'da 100 pasif evde yapılan bir araştırmada kışın binaların içindeki ısının ortalama 21,4°C olduğu görülmüştür. Pasif konutların inşaatı klasik olanlardan yalnızca %10 daha fazlaya mâl olmaktadır. Ancak bu binalarda ısınma ve havalandırma tesisatı yapmak gerekmediğinden bu harcama fazlasıyla telafi edilebilmektedir (Neale, 2009: 90).

Aktif sistemlerde yapıların ihtiyacı olan elektrik enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları yoluyla sağlanmaktadır. Binalarda güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmek için termal kolektörler kullanılmaktadır. Ülkemizde uzun yıllardır yaygın olarak düzlemsel yüzeyli kolektörler kullanılırken daha verimli olan vakum tüplü sistemler de tercih edilmeye başlanmıştır. Güneş enerjisinden faydalanmanın bir diğer yolu da güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemlerde güneş enerjisi; fotovoltaik hücre (güneş pili) olarak adlandırılan yarı iletken malzeme ile elektrik enerjisine dönüşür. Günümüz binalarında fiyat/verimlilik oranları nedeniyle büyük oranda silisyum fotovoltaik hücreler ve ince film fotovoltaik hücreler tercih edilmektedir. Tekkristal silisyum ticari fotovoltaik hücrelerde verimlilik %15-20 arasında değişirken,

çokkristal silisyum ticari fotovoltaiik hücrelerde bu oran %13-16 arasında değişmektedir.

İnce film hücrelerde %7-13 arasında değişen verimlilik, silisyum hücrelere oranla düşük verimlilik sunmalarına rağmen, yarı saydam ve esnek yapıda üretilebilmeleri cephe kaplamaları gibi farklı alanlarda kullanılabilmelerine olanak sağlamaktadır. Daha yüksek verimli olan tekkristal silisyum fotovoltaiik sistemlerden belirli bir alanda kazanılacak enerji, eşdeğer alanda çokkristal ve ince film panellerden daha fazla olması avantajının yanında diğerlerine göre daha yüksek maliyet dezavantajı oluşturmaktadır. Tekkristal silisyum, çokkristal silisyum ve ince film hücrelerin içerisinde, tekkristal hücreler en uzun ömürlü çözüm olup, üretici firmalar 25 yıla varan garantiler sunabilmektedir. Fotovoltaiik sistemlerin verimlilikleri sıcaklık ile ters orantılı olarak değişmektedir. Fazla ısının sistemden uzaklaştırılarak sistemin daha verimli çalışması ve sistemden uzaklaştırılan ısının binada kullanılmasına olanak veren hibrit fotovoltaiik termal kolektörler de bulunmaktadır.

Günümüzde, rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine çevirmek için rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Rüzgâr türbinleri; bina bağımsız, bina monte ve bina entegre rüzgâr türbinleri olarak ayrılmaktadır. Bina entegre sistemlerde, bina monte sistemlerin aksine, bina formu rüzgâr türbini verimliliğini arttıracak şekilde tasarlanmaktadır. Bir türbinden en yüksek performansı almanın kolay yolu, türbini olabildiğince yüksek bir noktaya yerleştirmektir. Binaların çatıları türbinleri yerleştirmek için uygun alanlardır (Kellog ve Pettigrew'in, 2013: 131). Bina monte rüzgâr enerji sistemlerinde ses ve titreşim nedeniyle kullanıcı şikâyetleri görülebilmektedir. Bunun yanı sıra bina monte sistemler türbülans nedeniyle tam verimli çalışmamaktadır. Bina bağımsız sistemlerde ise kurulum bölgelerine bağılı olarak çok daha olumlu sonuçlar alınabilmektedir. Türbülans etkilenmemek ve kuvvetli rüzgârları yakalayabilmek için, Altaeros Energies firması tüp formunda helyum balonu içerisine yerleştirilen rüzgâr türbinleri ile yerden 600 metre yükseklikte enerji üreten prototipler geliştirmiştir. Bu prototipler istenilen bölgeye hızlıca taşınması ve kurulması avantajıyla sürdürülebilir binaların inşası sırasında kullanılabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji konusunda her geçen gün yeni fikirler ortaya çıkmakta, doğaya zarar vermeden faydalanılabilecek yeni alanlar keşfedilmektedir. Bunlardan birisi de çatılardaki yağmur suyu ve gri suyun potansiyel enerjisini kullanmak amacıyla ortaya çıkan çalışmalardır. Binanın yüksekliği, çatı alanı, bölgedeki yıllık m² başına düşen yağış ve binada yaşayan kişi sayısı ile orantılı değişen sistemin birim enerji başına maliyeti

diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre yüksektir. Yenilenebilir enerji kullanımında tek bir doğru olmayıp, her uygulama alanı için araştırma yapılması ve bölge şartlarına göre kullanılacak yenilenebilir enerji seçeneklerinin dikkatle planlanması gerekmektedir.

3. 4. Gün Işığı, Yağmur Suyu ve Diğer Doğal Olanaklardan Yararlanma

Sürdürülebilir binaların belki de en önemli özelliği doğayla barışık olmalarıdır. Bu tür binalarda atalarımızın da benimsediği güneşin ve rüzgârın olumlu etkilerini en üst düzeyde kullanma, olumsuz etkilerden kaçınma, doğal aydınlatmadan yararlanma mantığı öne çıkmaktadır. *Sürdürülebilir binalar*, bol günışığı ve doğal havalandırma alacak şekilde tasarlanmakta, iç ortamlarda uygun bir hava kalitesi sağlamak üzere doğal iklimlendirme yöntemleri kullanılmasına özen gösterilmektedir. Örneğin, soğuk iklimlerde rüzgârın etkisinden kaçınılabılırken, sıcak iklimlerde serinletici etkisi binanın içine alınabilmektedir. Sıcak iklimlerde, binaların ana cephelerini günün büyük bir bölümünde sürekli yakıcı güneş alan batıya olabildiğince kapatmak, ana cepheleri ise doğuya açmak soğutma giderlerini azaltmaktadır. Soğuk iklimlerde ise, bunun tam tersini yaparak ısıtma giderleri azaltılabilmektedir. Diğer taraftan, binaya kontrollü günışığı alınması, hem yapay aydınlatma ve elektrik tüketimini azaltmakta, hem de kullanıcıların psikolojik durumunu olumlu etkilemektedir. Bina cephelerinde uygun yerlere gereken boyutta pencereler açılması, gerekirse çatı pencereleri kullanılması, binanın orta noktalarına avlular ve ışıklıklarla günışığı alınması, bunlara karşın hala karanlık noktalar varsa, güneş tüpleriyle günışığının taşınması yöntemleri uygulanabilmektedir (Erkin, t.y.).

Su gereksiniminin ne şekilde karşılandığı ve ne kadar verimli kullanıldığı ise, bir binanın sürdürülebilirlik düzeyini ortaya koyan bir diğer önemli göstergedir. Sürdürülebilir binalar yağmur suyundan en iyi şekilde yararlanmayı amaçlamakta; bina içinde ya da bahçesinde bulunan bitkiler en az su tüketen türlerden seçilmekte; bahçe sulamasında belli bir temizleme işleminden geçmiş evsel atık sular kullanılmaktadır. Yağmur suyu oluklardan sarnıçlara akıtılma yoluyla biriktirilmekte ve daha sonra bahçe sulama vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Kellog ve Pettigrew, 2013: 59). Gri suyun arıtılarak ve yağmur sularının toplanarak tuvalet rezervuarlarında ve peyzaj sulamasında kullanılması mümkün olmakla beraber, gri sudan ısı geri kazanımı sağlamak da mümkündür.

Sürdürülebilir binalarda yararlanılabilen bir diğer olanak binanın üzerinde bitki yetiştirilmesidir. “Yeşil çatı” ya da “ekolojik çatı” olarak adlandırılan bu uygulama, öncelikle biyo-çeşitlilik ve yaşam ortamı sunmaktadırlar. Ancak yararı bununla sınırlı değildir. Bir taraftan ısı adası etkisini azaltmakta, diğer taraftan ısı yalıtımını artırmakta ve dışarıdan gelen gürültüyü azaltmaktadır (Erkul ve Sönmez, 2014). Aynı zamanda çevresel ve ekolojik açıdan yağmur suyunun yönetimine olanak sağlamakta, yoğun yağışlarda, yağmur suyunu tutarak şehir şebekesinin yükünü azaltmaktadır.

3. 5. Geri Dönüşümlü Sistem Kullanımı ve Atıkların Etkin Yönetimi

Bir binada ne kadar atık oluştuğu ve bu atığın ne kadarının geri kazanılabildiği, sürdürülebilirlik düzeyini ortaya koyan önemli göstergelerden birisidir. Atalarımız yalnızca doğal malzemeleri kullanır ve geri dönüşüm onlar için bir problem oluşturmazken günümüzde durum çok farklıdır. Çünkü günümüzde doğal olmayan kimyasal maddeler, kullandığımız ürünlerin bir parçası olarak ya da bu ürünlerin üretilmesinde yardımcı olarak kullanılmakta ve kişi başına yaklaşık üç tonu aşan bu atıkların geri dönüşümü önemli bir sorun oluşturmaktadır (Steiner ve Wiegel, 2009: 1).

Nüfusun büyüklüğü ve artış hızı ile nüfusun doğal kaynaklara göre dağılımı ve yerleşimindeki dengesizlikler çevre sorunlarının artmasına ve sürdürülebilir kalkınma hedefinden uzaklaşılmasına neden olmaktadır (Dağdemir, 2012: 26). Dünyada her yıl ortaya çıkan 2,1 milyar ton atığın büyük bölümü, düzenli çöp depolama alanlarına gömülmektedir. Bu miktar, potansiyel olarak 4,5 milyar varil petrole eşdeğer enerji içermektedir. Söz konusu enerji miktarı ise, dünya elektrik tüketiminin % 10'unu karşılayabilecek seviyededir (Yetim, 2014: 11).

Kalkınmanın sürdürülebilir olması için bir taraftan doğal kaynakların gereksiz kullanımına, diğer taraftan da atıkların israf edilmesine son verilmesi bir zorunluluktur. Bunun için ekonomik değeri olan maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması gerekir. En temel geri dönüşüm işlemleri arasında tasnif, ezme ve eleme sayılabilir. Metaller, pazar değerlerine bağlı olarak genellikle kolay bir şekilde geri kazanılabilir. Tahtalar tasnif edilip çeşitli amaçlarla yeniden kullanılabilir. Plastikler sadece temiz halde iseler geri dönüştürülebilmektedir (Steiner ve Wiegel, 2009: 113). Hammadde kaynaklarının korunmasını ve atık oluşumunu azaltacak en verimli yöntem, atıklar en düşük seviyeye indirildikten sonra

atıklardan madde ve enerji geri kazanımıdır. Bu sistemler ile doğal kaynakların aşırı kullanımı sonucunda tükenmesi yavaşlatılabilir (Cruz vd., 2012).

Entegre atık yönetimi hiyerarşisine göre; atık üretiminin ve atığın zararlılığının kaynağında önlenmesi ve azaltılması esas olup, atık üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda tekrar kullanım, geri dönüşüm ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile atığın geri kazanılması veya enerji kaynağı olarak kullanılması esastır. Bahsi geçen yöntemler ile işlenemeyen, geri kazanılamayan bakiye atıklar ile bu adımların uygulanmadığı durumlarda ise atıkların en yakın düzenli depolama tesisinde bertaraf edilmesi gerekmektedir (ÇŞB, 2014a: 1).

Atıklar etkin yönetilemediğinde çok ciddi çevresel sonuçlar ortaya çıkabilir. Bir örnek verecek olursak, çöpe atılma ya da atık su giderine dökülme yoluyla temiz su kaynaklarına ulaşan 1 litre atık yağ, 1 milyon litre suyu kirletebilmektedir. *Sürdürülebilir binalarda* uygulanacak atık ayrıştırma sistemleri ile hem çevre kirliliği ile mücadele etmek hem de ekonomik yarar sağlamak mümkündür.

4. Klasik Binalar ile Sürdürülebilir Binalar Arasındaki Maliyet Farkları

Genel algı, *sürdürülebilir binaların* yüksek maliyetli (ya da “pahalı”), *sürdürülebilir olmayan klasik binaların* ise düşük maliyetli (ya da “ucuz”) olduğu yönündedir. Oysa birazdan ortaya konulacak hesaplamalar, bu konuda hemen herkesin bir yanılısına içinde olduğunu, aslında durumun hiç de sanıldığı gibi olmadığını ortaya koymaktadır. Öncelikle *sürdürülebilir binalar* sanıldığı gibi yüksek maliyetli değildir. Kaldı ki, yapılan ek maliyetlerden özellikle enerji tasarrufuna ilişkin olanlar çok kısa bir sürede kendisini amorti edebilmektedir. Dolayısıyla, **binaların sürdürülebilir olmasına hizmet eden bu tür harcamaları bir maliyet unsuru olarak değil, daha çok bir yatırım unsuru olarak görmek gerekir.**

Belirtmek gerekir ki, iktisadi olarak bir ürünün pahalı mı ucuz mu olduğuna yalnızca o ürün için katlanılan maliyete göre karar verilmez. Verilen karar, *zaman içinde* o ürün için katlanılan maliyetin üzerinde bir yarar elde edilip edilemeyeceğine ilişkin yapılan değerlendirmenin bir sonucudur. Rasyonel bir değerlendirmede iki kriter öne çıkar. Bunlardan birincisi, satın alınan ürünün kendisinden beklenen niteliklere sahip olup olmamasıdır. Çünkü bir ürüne çok düşük bir bedel ödemiş bile olsanız eğer o

ürün işinize yaramıyor ise, sizin için “pahalı”dır. İkinci önemli değerlendirme kriteri, söz konusu ürün için yapılan harcamanın ne kadar zamanda kendisini geri ödeyeceği, ya da teknik ifade ile *amorti* edeceği. Bireyler en çok bu konuda hata yapma eğilimindedir. Çünkü bu kriter, değerlendirmede zaman boyutunu göz önüne almayı gerektirir. Ancak genel olarak insanlar orta ve uzun vade etkilerini gerçekçi bir şekilde göz önüne alamamakta, değerlendirmelerini daha çok, kısa vade çerçevesinde yapmaktadır.

Aşağıdaki alt bölümlerde ilk olarak klasik binalar ile sürdürülebilir binalar arasındaki farklar karşılaştırılacak, ardından da sürdürülebilirliğe ilişkin harcamaların ne kadar zamanda kendilerini amorti edebileceği konusunu ele alacağız.

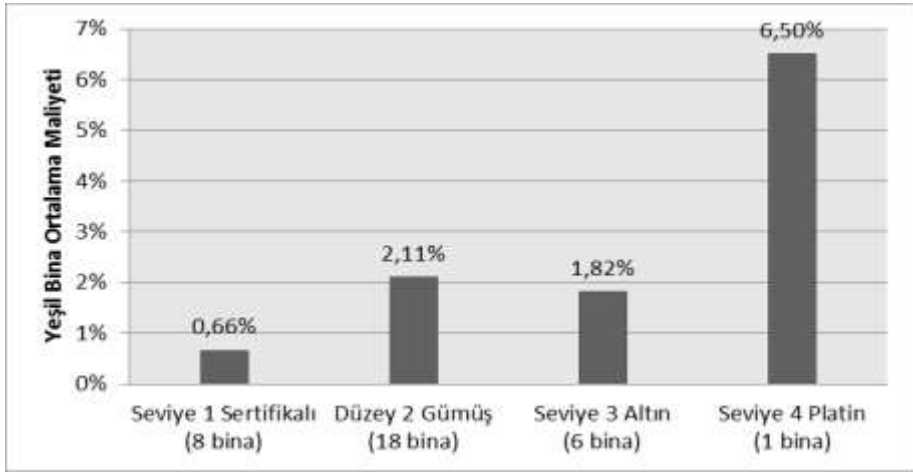
4. 1. İnşa Maliyeti Farkları

Sürdürülebilir binaların proje ve inşa maliyeti genellikle sanıldığı kadar yüksek değildir. Uzun vadede ise, bu binaların az enerjiye gereksinim duyma özelliklerinin bir sonucu olarak sağlanan tasarruflar, başlangıçta katlanılan ekstra maliyeti çoğu kez fazlasıyla telafi etmektedir (WGBC, 2013). Klasik binalar ile *sürdürülebilir binaların* maliyet farkını ortaya koymak için Amerika’da 33 farklı bina üzerinde yapılan uygulamalı çalışma ve bina sahipleri ile mimarlara yapılan anketler neticesinde *sürdürülebilir binaların* ortalama %2 oranında daha maliyetli olduğu tespit edilmiştir (Kats vd., 2003: 14). İncelenen binalara göre ortaya çıkan maliyet farkları grafik 3’de görülebilir.

Amerika, İngiltere, Avustralya ve Singapur’da yapılan LEED ve BREEAM sertifikalı yeşil binaların maliyet karşılaştırmaları sonucunda sıfır karbon yayan binaların yapım maliyetlerinin -%0,4 ile %12,5 aralığında değiştiği görülmüştür (US General Services Administration, 2004: 23; CBRE, 2009: 8-9; WGBC, 2013: 22). Grafikten görüldüğü üzere maliyetlerdeki artışın çevre sertifikalarının düzeyiyle orantılı olduğu, sıfır karbon salınımını hedefleyen cazibeli projelerde maliyetlerin geleneksel binalara kıyasla yaklaşık %12,5 arttığı, ancak son 10 yıl içinde yapılan sertifikalandırılmış çoğu *sürdürülebilir binada* bu maliyetlerin %0 ve %4 aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Daha yüksek seviyedeki sertifikalar (Örn; BREEAM Very Good, LEED Silver/Gold, ve Green Mark Gold/Gold Plus) %0 ile %10 arasında değişmekteyken, en yüksek seviyedeki sertifikalar (Örn; BREEAM Excellent, LEED Platinum, Green Mark

Platinum ve ‘zero carbon’) %2 ile %12.5 arasında daha maliyetlidir (WGBC, 2013: 22).

Grafik 3: Yeşil Sertifikalı Binaların Geleneksel Binalara Göre İlave Maliyeti



Kaynak: Kats (2003: 17).

Türkiye’de *sürdürülebilir binaların* maliyetlerine ilişkin kapsamlı çalışmalar bulunmamakla birlikte markalı konut sektörü üzerinden bazı örnekler verilebilir. LEED Gold sertifikasına sahip 77 konutluk ve 80.000.000 \$ yatırım değerine sahip bir rezidans projesinde %25 enerji ve %35 su tasarrufu elde edilmiştir. Bu binanın LEED Gold seviyesine gelebilmesi için ilave maliyet ise yaklaşık 100.000\$ düzeyindedir. Dolayısı ile LEED Gold sertifikası binanın yatırım maliyetine oranla sadece %0,12 (100.000\$/80.000.000\$) civarında ek maliyet getirmiştir. LEED Gold adayı başka bir proje örneğinde ise, 1100 konutluk ve yaklaşık 150 milyon \$ yatırım değerine sahip projede %20 enerji ve %30 su tasarrufu hedeflenmektedir. Bu projede ilave harcanan maliyet yaklaşık 90.000\$ olup binanın yatırım maliyetine oranla ilave %0,06 (90.000\$/150.000.000\$) maliyet getirmektedir. LEED Silver adayı 770 konutluk ve yaklaşık 145.000.000\$ yatırım değerine sahip bir konut projesinde ise projeye ek olarak gelen ilave maliyet 60.000\$ düzeyindedir. Dolayısı ile binanın yatırım maliyetinin yalnızca %0,04 oranında artması söz konusudur. Yukarıda verilen örneklerden yola çıkılarak bir binanın LEED sertifikalı sürdürülebilir bina olarak inşa edilmesinin getireceği ilave maliyetin neredeyse %0

oranında olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ancak bu örneklerde yer verilen binaların “markalı konut” olarak adlandırılan piyasa ortalamasının üzerindeki nitelikli konutlar olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ulaşılan bu sonucu Türkiye’de üretilen tüm konutlar için genellemek doğru olmayacaktır.

4. 2. Harcamaların Kendini Amorti Etme Süresi Açısından Farklar

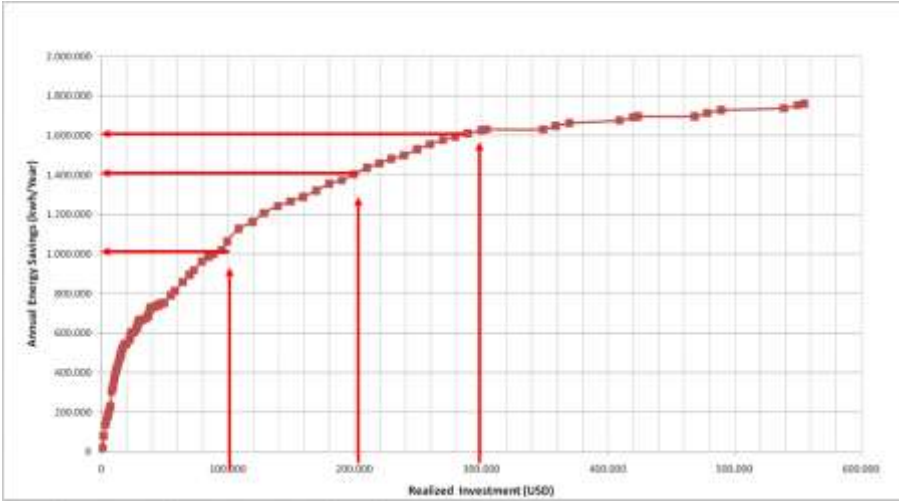
Sürdürülebilir binalar enerji verimliliğini artırmakta ve bu sayede de enerji kullanım masrafları düşmektedir. McKinsey (2010: 6) firmasının tahminine göre Amerika Birleşik Devletleri’nde 2009 ile 2020 arasında yapılacak enerji verimliliği yatırımları sayesinde 395 milyar \$ değerinde enerji tasarrufu yapmak ve konutların toplam enerji talebini %28 azaltmak mümkündür. Ticari binalarda 125 milyar \$’lık bir ilave yatırımın, enerji talebini %29 azalttığı ve 290 milyar \$’lık enerji tasarrufu sağlayacağı tahmin edilmiştir (Granade *vd.*, 2009: 55). Firmaların gelişmekte olan ülkelerde 90 milyar \$ değerindeki enerji verimliliği yatırımı sayesinde enerji masraflarının 600 milyar \$ azalacağı tahmin edilmektedir (McKinsey, 2010: 26-27).

Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (DSKİK) tarafından yürütülen bir başka araştırma, ABD, AB, Japonya, Çin, Hindistan ve Brezilya’da yıllık 150 milyar \$ değerinde sürdürülebilir bina yatırım potansiyeli olduğunu ve bu yatırımlarla sağlanacak enerji tasarruflarının yatırım harcamalarını 5 yıldan daha az bir süre içerisinde kendisini amorti edebileceğini ortaya koymuştur. 150 milyar \$’lık ek yatırım ise kendisini 5-10 yıl içerisinde amorti etmektedir (WBCSD 2009: 64). Binalarda sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik harcamaların geri dönüş sürelerinin analiz edildiği bir çalışma, bu tür harcamaların yaklaşık 6 yıl içinde kendisini amorti edilebildiğini göstermektedir. Hesap 20 yıllık bir yaşam ömrü üzerinden yapıldığında enerji tasarrufundan elde edilen kazancın (metre kare başına 43,1\$–172,2\$) *sürdürülebilir binalar* için yapılan yatırımın 4-6 katına karşılık geleceği tahmin edilmiştir (Kats, 2009: 61-70). Yukarıdaki veriler, enerji tasarrufu sağlamaya yönelik harcamaların yalnızca çevreyi korumak açısından çok anlamlı olmadığını, aynı zamanda *ekonomik açıdan son derece kârlı bir yatırım* olduğunu ortaya koymaktadır. Çünkü iş dünyasında bir yatırımın kendisini amorti etmesi nadiren 10 yılın altındadır.

Bir doktora tezi (Çamlıbel, 2011) çerçevesinde yapılan vaka çalışmasında 7 binada yapılabilecek 42 enerji verimliliği iyileştirme kalemi

belirlenerek enerji tüketimi, enerji maliyeti ve karbon salınımları ölçülmüştür. Enerji verimliliğine yönelik, iyileştirme kalemlerinin maliyetleri ile sağladıkları tasarruflar hesaplanmış ve olası kombinasyonlar çalışılmıştır. Dört trilyondan fazla enerji iyileştirme kombinasyonundan, yatırım yapmaya değer olanlar, verilen limitli yatırım bütçeleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Optimize edilen yatırım eğrisinde, yaklaşık 100.000 dolar harcama bütçesi ile kullanıma dayalı enerji tasarrufu, enerji maliyeti tasarrufu ve karbon salınımı bakımından en yüksek geri dönüşler elde edilmiştir. Çalışmada yıllık %33 kullanıma dayalı enerji tasarrufu, %22 enerji maliyeti tasarrufu ve %23 karbon salınım tasarrufu sağlamasıyla, mevcut binaların optimize edilmiş yatırım bütçeleri ile iyileştirilmesi tutarlı ve uygun bir yatırım aracı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada yapılan optimizasyon sonucu yapılan yatırım değerine karşılık elde edilen tasarruf miktarları (enerji tüketimi, enerji maliyeti, karbon salımı) aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir.

Grafik 4. Optimize Edilmiş Enerji Verimliliği Uygulamaları ile Yıllık Enerji Tüketimi (kWh) Azaltımı

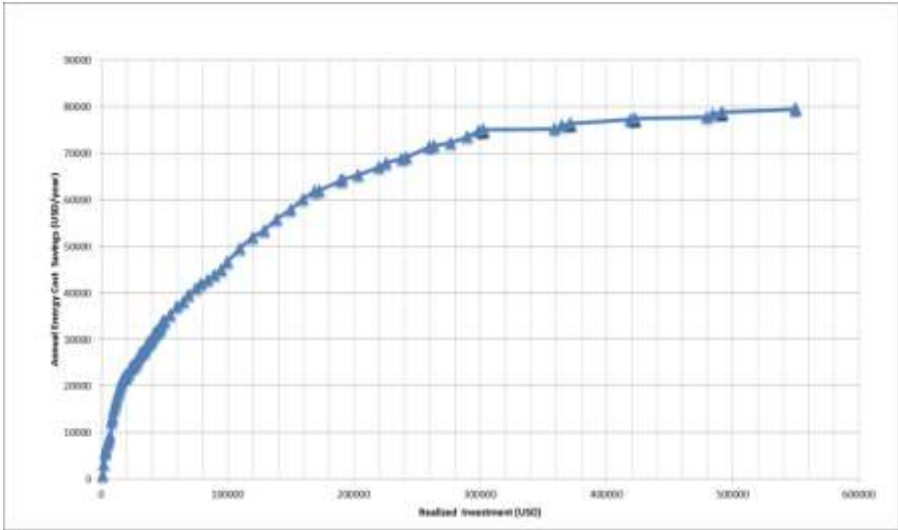


Kaynak: Çamlıbel (2011).

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere ilk 100.000 \$'lık yatırım karşılığında 1 milyon kWh/yıl tasarruf elde edilirken, ikinci 100.000 \$'lık yatırım karşılığında 400.000 kWh/yıl tasarruf elde edilmektedir. Üçüncü 100.000 \$ yatırım karşılığında ise 200.000 kWh/yıl tasarruf elde

edilmektedir. Dolayısı ile yatırılan ilk 100.000 \$ ile elde edilen tasarrufla ikinci ve üçüncü yatırım dilimlerinden elde edilen tasarruf oldukça farklıdır. Bu korelasyon benzer şekilde yatırım ve enerji maliyeti (\$) azaltımı ile yatırım ve karbon salımı (kg CO₂) azaltımı arasında da mevcuttur (Bkz. Grafik 5 ve Grafik 6). Bu örnekten yola çıkarak kırılmanın başladığı ve sonlandığı 30.000 – 60.000 \$ aralığında bir yerde bu tesise yatırım yapmayı durdurup, bakiye fonları başka tesislerde ve daha verimli yatırımlarda kullanmak daha anlamlı görünmektedir.

Grafik 5. Optimize Edilmiş Enerji Verimliliği Uygulamaları ile Yıllık Enerji Maliyeti (\$) Azaltımı

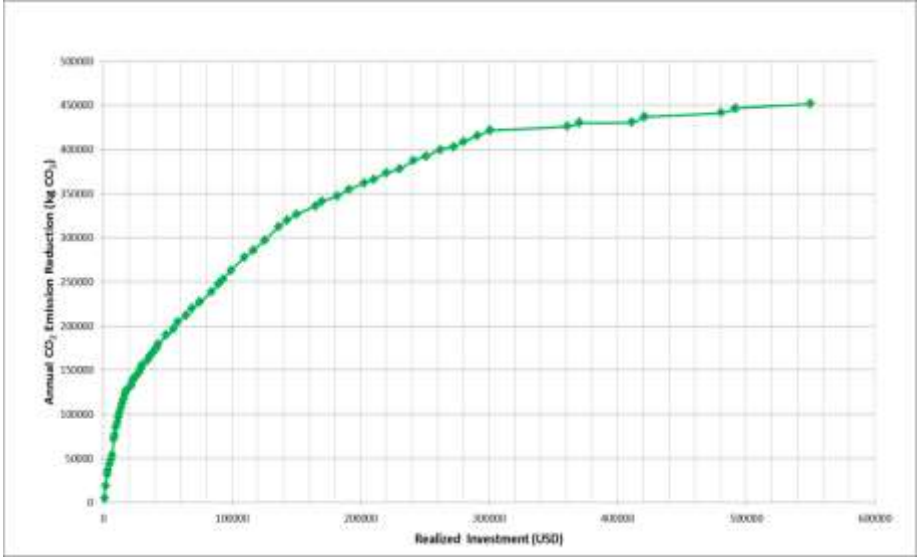


Kaynak: Çamlıbel (2011).

Türkiye’de de binaların ısıtılması, soğutulması ve aydınlatılması için tüketilen enerjinin maliyeti yılda 14 milyar doları aşmaktadır. Ancak enerjinin verimli kullanılmasıyla toplam enerji tüketiminde yaklaşık %25 oranında tasarruf sağlanabileceği ve bu tasarrufun ülke ekonomisine katkısının yılda 7,5 milyar TL olacağı tahmin edilmektedir (Esin, 2013: 190). Geleceğe dönük bir projeksiyon yapıldığında yeşil bina sertifikasının sadece gönüllü olarak başvurulan projelerde uygulanmasıyla 2023 yılına kadar 460 milyon \$ değerinde enerji ve su tasarrufu sağlanacağı tahmin edilmektedir. Yıllık 144 milyon kW/h üretim kapasiteli bir Hidroelektrik santralının yatırım maliyetininin 100 milyon \$ olduğu düşünüldüğünde, söz konusu kazanç 4,6 adet santral yapımına eşdeğerdir. Aynı dönemde sertifika almanın zorunlu tutulması durumunda ise ortaya çıkacak kazanç, 250 santral

yapmaya yetecek bir tutar olan 25 milyar \$ tutarında bir tasarrufa karşılık gelmektedir (Alhanlıoğlu ve Çamlıbel, 2012).

Grafik 6. Optimize Edilmiş Enerji Verimliliği Uygulamaları ile Yıllık Karbon Salımı (kg CO₂) Azaltımı



Kaynak: Çamlıbel (2011).

Kats *vd.* (2003: 14) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, mevcut veya yeni inşa edilecek binalarda piyasa değerinin yalnızca %2'sine karşılık gelen bir tutarın harcanmasıyla bile, çevreye duyarlı ve önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlayacak bir dönüşüm gerçekleştirilebilir. Bunun nasıl yapılabileceğine ilişkin süreçlerden önemli bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Aydınlatma

Türkiye'de binalarda tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %20'si aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Aydınlatma için harcanan enerji, kullanılan malzeme çeşidine göre değişim göstermektedir. Özellikle uzun süreli kullanım alanlarında aydınlatma araçlarının tasarruflu olanları ile değiştirilmesi ile büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabilir.

Tablo 2. Normal aydınlatma armatürü ile tasarruflu armatür arasındaki enerji tüketim farkı

Lamba tipi	100W Akkor flamanlı	23W Kompakt floresan
Satın alma fiyatı	1 TL	6 TL
Lamba ömrü	750 saat	10.000 saat
Günlük kullanım	4 saat	4 saat
Lamba sayısı	6 yılda 12 adet	6 yılda 1 adet
Toplam lamba maliyeti	12 TL	6 TL
6 yılda tüketilen enerji	876 kWh	202 kWh
Toplam elektrik maliyet (0.33 TL/kilowatt-saat)	289 TL	67 TL
Toplam maliyet (6 yıl sonunda)	301 TL	73 TL

Kaynak: ETKB, 2014c

Yukarıdaki tabloda altı yıl süresince, günde 4 saat ve aynı miktarda aydınlatma sağlayan iki lamba tipi için basit bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu tablodan yola çıkarak bir hesaplama yapıldığında altıncı yılın sonunda kompakt floresan lambanın diğer lambaya göre enerjiyi değerinin 38 katı $((301 \text{ TL} - 73 \text{ TL}) / 6 \text{ TL})$ daha az kullandığı görülmektedir.

Yüksel ve Acarkan (2013: 254-255) tarafından yapılan başka bir hesaplama ile Türkiye’de aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisinin %30 oranında azaltılmasının, ülkedeki toplam elektrik enerjisi tüketiminde yaklaşık %3,3 düşüş sağlayacağı öngörülmüştür. Bu hesaplama yola çıkılarak 2012 yılında tüketilen enerji miktarının 241.974 GWh olduğu düşünüldüğünde *sürdürülebilir binalar* yoluyla aydınlatmada %30 daha az enerji harcanması durumunda en az 8.000 GWh, yani 1,9 milyar TL’lik enerji tasarruf edilebileceği söylenebilir.

Isıtma ve Havalandırma

Ülkemizde binalardaki enerji tüketiminin %82’si ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Binalarımızın ısıtmasında kullanılan bu enerji aynı zamanda ülkemizdeki nihai enerji tüketiminin %26’sını oluşturmaktadır. Isıtma ve bunun yanı sıra soğutma konusunda enerji verimliliği sağlamanın en etkin yolu ise ısı yalıtımıdır. Bu sayede bina iç ve dış ısı düzeyleri

birbirlerini etkileyememektedir. Bina dış kabuğunun ısı yalıtım malzemesi ile kaplanması anlamına gelen mantolama uygulamasıyla ortalama %50 enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Çatı ve tabanların izolasyonu da enerji tasarrufu açısından son derece önemlidir. Isınan havanın yükselmesi ve çatıdan dışarı kaçmasının engellenmesi için tavan izolasyonuna önem verilmelidir. Sadece çatı yalıtımı yapılarak bile enerji faturalarında %20'nin üzerinde tasarruf sağlanabilmektedir. Ancak istatistiki bilgilere göre; Türkiye'de aynı iklim koşullarında ve aynı kullanım alanına sahip bir konutun enerji tüketiminin Fransa, Almanya, İngiltere, İsveç gibi ülkelere göre 2–3 kat fazla olması, ülkemizde özellikle ısı yalıtımının yeterince önemsenmediğinin bir göstergesidir (ETKB, 2014d).

Özellikle klimaların yaygınlaşmasıyla birlikte enerji tüketiminde ciddi artışlar ortaya çıkmıştır. Son yıllarda bina yüzeyinin termal etkinliğini artırmaya yönelik bazı yenilikler sayesinde ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji tüketimi önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Der-Petrossian, 2000: 12; Scheuer ve Keoleian, 2002: 26). Aynı zamanda, yüksek-yalıtlı duvar ve pencereler kullanılması ile operasyonel enerji etkinliği artırılmaktadır (Huberman ve Pearlmutter, 2008: 838). Örneğin Herrmann *vd.* (2010: 6) tarafından ABD ve Çin'deki ofis binalarının karşılaştırıldığı çalışmaya göre, enerji tasarrufu sağlayacak farklı tasarımların uygulanmasıyla ofis binalarında %26'ya varan enerji tasarrufu sağlanabilmekte, söz konusu binaya güneş enerjisi sistemlerinin yerleştirilmesiyle bu tasarruf %37'ye yükseltilebilmektedir. Bu tasarımlar arasında, çatı ve duvar yalıtımının güçlendirilmesi, malzeme kullanımının ve aydınlatma yoğunluğunun azaltılması, doğal aydınlatma kumandalarının, tavan penceresinin ve güney pencerelerinin, perdeleme cihazlarının kullanılması ve daha yüksek etkinliğe sahip pencerelerin kullanılması bulunmaktadır.

Yapılarda enerji tasarrufu sağlayan bir diğer seçenek ısı pompası kullanımıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak dış hava, toprak veya yer altı suyundaki doğal ıslıyı alıp konuta ileten ısı pompaları, sıcak su ve ısınma ihtiyacının karşılanmasının yanında sıcak yaz günlerinde soğutma imkânı da sağlamaktadır. Krarti (2010: 133-134) binalarda geleneksel yöntemlere göre daha fazla enerji tasarrufu sağlayan su ile ısınma yöntemini denediği çalışmada yılda 4.000 saat çalışan modern ısınma sistemlerinin sağladığı enerji tasarrufu ile sisteme yapılan harcamanın 2,2 yılda kendini finanse ettiğini göstermiştir. Başka bir örnekte ise bu rakam 2,1 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu konuda Türkiye'ye ilişkin sağlıklı veriler elimizde bulunmamaktadır. Ancak ısı pompası yatırım ve geri dönüş sürelerinin Türkiye'de bölgeden bölgeye önemli değişiklik gösterebileceği söylenebilir.

Konutlarla birlikte enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu ticari bina ve fabrikaların kendi bünyelerinde enerji kullanımına ilişkin denetim yapacak uzman bir ekibe sahip olması, enerjiyi verimli kullanmak açısından önemli bir adımdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre tesis enerji girdisinde kısa dönemde düşük maliyetle ve yatırımsız yapılacak enerji tasarruf önlemleri bile enerjide yüzde 20'ye varan tasarruf sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, enerji kullanımının ve maliyetlerinin doğru şekilde tespiti için günü gününe tutulan enerji muhasebesi de önemlidir. Böyle bir izleme şirket üretim maliyeti içerisinde önemli payı bulunan enerjinin daha tasarruflu kullanılmasına ve üretimin daha düşük maliyetle gerçekleşmesine olanak tanımaktadır.

4. 3. Dışsal Maliyetlerin Göz Önüne Alınması Açısından Farklar

Dikkat çekilmesi gereken çok önemli bir husus, sürdürülebilirlik sağlamaya yönelik harcamaların enerji tasarrufu sağlamak gibi hesaplanabilir olanlar dışında da birçok yararının söz konusu olmasıdır. Örneğin, bu tür harcamaların her türlü canlının sağlıklı yaşamalarını tehlikeye atan riskleri azaltmakta ve yaşam kalitelerini artırmaktadır. Buradaki temel sorun, literatürde pozitif dışsallık olarak tanımlanan bu etkileri sağlıklı bir şekilde ölçebilecek yöntem bulunmaması, dolayısıyla da bu yöndeki getirilerin değerlendirmeye alınamamasıdır. Bu durum kaynak dağılımında sosyal optimumdan sapılmasına yol açmaktadır.

Bu konuya tersinden bakıldığında kastedilen daha kolay anlaşılacaktır. Ulusal Bilimler Akademisi'nin (NAS) 2009 yılında Amerika için yayınladığı raporda, fosil yakıtların insan sağlığına verdiği zararın yıllık kişi başı maliyetinin yaklaşık 400 USD olduğu ifade edilmiştir. Eski Sovyetler Birliği'nde yapılan başka bir araştırmada ise hava kirliliğinin bireylerin sağlığı ve tarım sektörü üzerindeki etkileri araştırılmış ve araştırma sonuçları, hava kirliliğinin verdiği zararın; sağlık harcamaları, verimlilik kaybı ve tarım sektöründeki kayıplar ile birlikte kişi başına 135 dolar düzeyinde olduğunu göstermiştir (Keleş, Hamamcı ve Çoban, 2009: 227).

Avrupa Komisyonu tarafından Birlik ülkeleri için yapılan benzer çalışmalar da enerji kullanımından doğan sosyal maliyetlerin GSYİH'nın %5,5'i seviyesine kadar ulaştığını göstermektedir (EEA, 2000: 10). Ayrıca IEA tarafından yayınlanan 2009 Dünya Enerji Raporu'nda yüksek petrol fiyatlarının ülkelerin yaşamış oldukları ekonomik krizlerdeki rolüne değinilmekte ve özellikle ithal enerji bağımlılığı yüksek olan ülkelerin krizlere daha duyarlı olduklarına işaret edilmektedir (IEA, 2010: 60).

Görüldüğü gibi çevre kirliliği, canlıların sağlığı ve yaşam kalitesinden, tarımsal üretim ve hatta ekonomik kriz riskine kadar birçok dışsal etkiye sahiptir. Ancak dışsallıklar fiyatlanamamakta, dolayısıyla da piyasa mekanizması dışsallıkları dikkate almamaktadır. Bu durumda *sürdürülebilir binalar* için piyasada oluşan fiyat gerçek değerinin altında kalmaktadır. Söz konusu bu piyasa başarısızlığı, sosyal yararı artırmak amacıyla devletin *sürdürülebilir binalara* yönelik talep artırıcı politikalar uygulamasına gerekçe oluşturmaktadır.

5. Türkiye’de Sürdürülebilir Binaların Yaygınlaştırılmasına Yönelik Bir Yol Haritası

Türkiye’de binalarda kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Enerjinin düşük verimlilikle kullanıldığı ve kullanılan enerjinin %73,4’lük kısmının ithalat ile karşılandığı Türkiye’de toplumsal bilinci artıracak ve sağlıklı bir yapılaşmaya hizmet edecek faaliyetlerin teşvik edilmesi, tersi durumda ise caydırıcı mekanizmaların harekete geçirilmesi son derece önemlidir. Yapı sektörünün ileri ve geri bağlantılı olduğu sektörlerle birlikte GSYİH içinde önemli bir paya sahip olması ve yapılardaki yaşam döngüsünün çok uzun yıllar devam etmesi, bu sektörde alınacak önlemleri çok önemli hale getirmektedir.

Türkiye’de bina dış kabuğunda kullanılan materyallerin enerji açısından verimli olmasını garanti altına alacak uygulamaların olmaması nedeniyle 1990’lı yıllara kadar yapılan binaların enerji verimliliği çok düşük kalmıştır.¹⁰ Türkiye’de bina dış kabuğunda kullanılacak materyallerin enerji açısından verimli olmasını sağlayan kurallar ancak 2008 yılı Aralık ayı itibarıyla uygulamaya konulmuştur (Sözer, 2010: 2583).

1999 yılında yaşanan Gölcük Depremi, ülkemizde yaklaşık 6.500.000 binanın depreme dayanıklı olmadığını ve bu binaların yıkılarak yerine yenilerinin yapılması gerektiğinin anlaşılmasını sağlamıştır. Diyalektik bir şekilde yaşanan bu dram, Türkiye’ye bina stokunu sürdürülebilir hale getirmek için bir fırsat penceresi açmıştır. Ancak Türkiye bu yolun henüz başındadır. 2014 yılı verilerine göre, Türkiye’de yeşil sertifikalı sürdürülebilir bina sayısı yalnızca 130 adettir. Bu durum, mevcut yapıların

¹⁰ Yalıtım ve gölgelendirme tekniklerinin uygulanmadığı İzmir’deki tipik bir 21 katlı oteli analiz eden Sözer’e (2010) göre, bu yapıda uygun pasif tasarım teknikleri kullanılmış olsa %86 ısınma, %60 soğutma ve genel olarak ise %40 enerji gereksiniminde azalma gerçekleştirilebileceğini hesaplamıştır. Bu veriler yalnızca pasif tasarım teknikleriyle bile sağlanabilecek enerji tasarrufunun ne kadar büyük olabileceğini ortaya koymaktadır.

ancak çok küçük bir kısmında sürdürülebilirlik konusuna yeterli özenin gösterildiği anlamına gelmektedir.

Belirtmek gerekir ki sadece yeni binaların sürdürülebilir bir nitelikte yapılması değil, mevcut binaların enerji verimli hale dönüştürülmesine yönelik düzenlemelerle de ciddi enerji ve su tasarrufu elde edilebilmektedir. Örneğin, Singapur'da binalar üzerine yapılan bir çalışma, gerekli değişikliklerin yapılmasının ardından %17 enerji tasarrufunun sağlandığını ortaya koymuştur (Yu *vd.*, 2011: 9). Yine ABD'de yapılan bir çalışma, enerji performansı iyileştirmesinin yapıldığı konutların (elektrik, doğalgaz vb.) faturalarında %3 ile %15 arasında bir tasarruf sağlandığına işaret etmektedir (Bernstein ve Russo, 2010: 44).

5. 1. Sürdürülebilir Binaları Yaygınlaştırmaya Yönelik Yasal ve Kurumsal Düzenlemeler

Doğaya yönelik tahribatın ve çevresel maliyetlerin çok büyük boyutlara ulaştığı günümüzde devlet, doğa ve sürdürülebilirlik arasında kurulması gereken çok hassas bir dengenin baş aktörü konumundadır. Kamu otoritelerinin binalarda enerji tasarrufu sağlama, enerjiyi verimli kullanma ve yenilenebilir enerji olanaklarından yararlanma olanaklarını artırmak amacıyla uygulamaya koyabileceği pek çok politika tedbiri bulunmaktadır. Bunları, birisi sürdürülebilir binaların yaygınlaşmasını teşvik edecek, diğeri de sürdürülebilir olmayan binaları caydıracak iki politika demeti olarak düşünmek mümkündür.

Konutlarda enerji verimliliğinin sağlanmasının en etkili yolu, konutların enerji etkin sistemler olarak tasarlanmasıdır (Köse *vd.*, 2006: 1). Ancak yapılan bir araştırma Türkiye'de çoğu eski olan binaların %95'inin yalıtımsız olduğunu göstermiştir. Ülkemizde ısıtmadan/soğutmadan kaynaklı enerji tüketiminin son derece yüksek olmasının en önemli nedeni yapıların yalıtımdan yoksun oluşudur (DPT, 2006). Bu durum ironik bir şekilde zengin olmayan bir ülkenin vatandaşları olmamıza rağmen pahalı yaşadığımız anlamına gelmektedir.

Diğer taraftan, soğuk iklim bölgesinde yer alan Finlandiya, İsveç ve Norveç gibi ülkeler, 1970'li yıllardan itibaren, inşaatla ilgili yönetmeliklerinde, binalarda enerji verimliliği ve buna bağlı olarak ısı yalıtımı ile ilgili ayrıntılı düzenlemelere yer vermişlerdir. İsveç'in bu konuda hazırladığı yönetmelik, bugün birçok Avrupa ülkesi için model oluşturmaktadır. Kulaksızoğlu'nun (2006: 16) işaret ettiğine göre, İsveç söz

konusu standartlar sonucu çok yüksek düzeyde ısı tasarrufu sağlamaktadır. Ülkemizdeki mevcut yapılar ile karşılaştırdığımızda İsveç'teki ortalama bir bina, İstanbul'daki ortalama bir binadan yaklaşık 2,8 kat, Ankara'daki bir binadan 3,6 kat, Erzurum'daki bir binadan 6 kat daha az yakıt kullanımıyla aynı düzeyde ısınabilmektedir. Bu veriler, Türkiye'de enerji tasarrufu sağlama potansiyelinin ne kadar yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'de hükümetlerin konutların enerji verimliliği standartlarının belirlenmesi, güncellenmesi ve uygulanması yönünde proaktif bir rol oynaması gerekmektedir. Aynı zamanda hükümetlerin kamu sektöründe enerji verimliliği programları uygulamaları, kamuoyunu enerji tasarruflu teknoloji seçenekleri hakkında bilgilendirmeleri tavsiye edilebilecek politikalardır.

Türkiye'de son yıllarda hükümet tarafından yapıların yenilenmesine ve enerjinin verimli kullanılmasına ilişkin bazı yükümlülükler yürürlüğe konulmuştur. Bu yükümlülüklerden 2001 yılında çıkarılan 4078 sayılı "Yapı Denetimi Kanunu" ile 2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu"nun daha güvenli ve enerjiyi daha tasarruflu kullanan binaların artmasına hizmet ettiği söylenebilir. 5 Aralık 2008 tarih ve 27075 sayı ile Resmi Gazete'de yayınlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" ile binalar için 2 Mayıs 2017 tarihine kadar "Enerji Kimlik Belgesi" alınması zorunlu hale getirilmiştir. Yönetmelik kapsamında Enerji Kimlik Belgesi (EKB) hazırlanmasında kullanılacak olan ulusal hesaplama yönteminin yazılımı olan Bina Enerji Performansı Yazılımı (BEP-TR) 2010 yılı sonunda tamamlanmıştır.

Hemen hemen gelişmiş tüm ülkelerde hükümetler, vatandaşlarının sürdürülebilir binalar konusunda bilinçlenmelerini sağlayacak mekanizmaları hayata geçirmekte ve öncelikle bu uygulamalara kamu binalarından başlamaktadır. Ülkemizde geç de olsa bu yönde bazı adımlar atılmış olması umut vericidir. Örneğin, 25 Şubat 2012 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2013, binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak; yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak amacı taşımaktadır. 8 Aralık 2014 tarih ve 29199 sayı ile Resmi Gazete'de yayınlanan "Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik" bu yönde atılmış bir diğer önemli adımdır.

Konutlarda enerji verimliliğinin artırılması için binaların belirli minimum enerji gerekliliklerine ve enerji performansına ulaşması

gerekmektedir. Bu bağlamda binaların enerji performanslarını gösteren sertifikalara sahip olması önemlidir. 2017 yılından sonra tüm bina alım, satım ve kiralamalarında enerji kimlik belgesinin ibraz edilmesi zorunlu olacaktır. Bu sayede bir konut ya da işyerini satın alan veya kiralaayan birey, söz konusu yapının enerji sınıfının ne olduğunu bilebilecek ve tercihini buna göre yapabilecektir. Binaların enerji performansını artırma amacına hizmet eden bu devlet politikası, inşaat sahiplerini ve yapıcılarını daha yüksek enerji sınıfına sahip olmak için yalıtımı, cam-pencere sistemleri ve ısıtma-soğutma-havalandırma sistemlerini daha verimli inşa etmeye yönlendirmektedir.

Türkiye’de çevresel kalitenin ve enerji tasarrufunun artırılmasının devlet politikalarına yansması ile ilgili örneklerden bir diğeri de 2011-2023 dönemini kapsayan “İklim Değişikliği Eylem Planı”dır. Planda yapı sektörü ile ilgili yer alan başlıca hedefler arasında; 2023 yılına kadar en az bir milyon binada ısı yalıtımı ve enerji verimliliğinin sağlanması, binalarda yenilenebilir enerjinin artırılması, kamuya ait bina ve tesislerde enerji tüketiminin %10 ila %20 arasında azaltılması yer almaktadır (ÇŞB, 2012: 39).

Ayrıca 2010-2023 dönemini kapsayan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi”ne göre kullanılan enerji miktarının 2023 yılına kadar %20 azaltılması için yedi stratejik amaç belirlenmiştir. Bu amaçlardan bazıları yapı sektöründe enerji kaynaklarının seçimi ve enerjinin etkin kullanımına ilişkin hedeflerden oluşmaktadır. Bu hedeflerden ilki 2023 yılında; en az 10.000.000 konut ile birlikte toplam kullanım alanı 10.000 m²’nin üzerindeki ticari ve hizmet binalarının tamamında, belirlenmiş standartları sağlayan ısı yalıtımının ve enerji verimli sistemlerin uygulanacak olmasıdır. İkinci hedef ise yapılarda yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Buna göre, 2010 yılındaki yapı stokunun en az 1/4’ünün, 2023 yılına kadar yıllık enerji ihtiyacının en az %20’sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin eden yapılar haline getirilmesi gerekecektir.

4078 sayılı “Yapı Denetimi Kanunu” da 5627 sayılı kanun gibi yeşil binaların yaygınlaştırılmasında önemli rol oynayacak yükümlülüklerdir. Kentsel Dönüşüm Kanunu olarak da bilinen bu kanunla şehirlerin büyük kısmındaki riskli binaların sistematik biçimde yıkılması ve yerlerine yeni binaların yapılması kararlaştırılmıştır. Enerji kimlik belgesi ile birlikte düşünüldüğünde her iki kanun da Türkiye’deki binalarda enerji tasarrufunun sağlanması ve *sürdürülebilir binaların* yaygınlaşması için önemli bir fırsat sunmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2000 yılında yapmış olduğu bina sayımında konut sayısı 16,2 milyon iken (TÜİK, 2000) bu rakam 2011 yılında 19,5 milyona ulaşmıştır (TÜİK, 2013). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

tarafından yapılan tahminler, 2000 yılı öncesinde yapılan binaların %40'ına karşılık gelen yaklaşık 6,5 milyon konutun yenilenmesi ve güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (ÇŞB, 2014a).

Enerji verimliliği yatırımlarının ortalama 3 ay ile 5 yıl içinde kendini geri ödediği hesaplanmaktadır. Ayrıca VAP (verimlilik artırıcı projeler) destekleri ile %20'ye varan hibeler ve finans olanakları bulunmaktadır. Bu olanakların üreticiler tarafından tam olarak bilinmediği, hala eski ve hantal teknolojiler ile üretim yapıldığı göz önüne alındığında hükümete bu konularda eğitici programlarla söz konusu verimlilik projelerine ilgiyi artırma rolü düşmektedir.

Ülkemizde yapılar için enerji verimliliği kimlik belgesi uygulamasına geçilmesine rağmen uzman personel ve alt yapı yetersizliği, bu yönde ilerlemenin önünde bir engel oluşturmaktadır. Ülkemizin bu konudaki eksiklikleri gidermesi, mevcut veya yeni inşası yapılacak yapıların enerjisi daha tasarruflu kullanmasını sağlayacaktır.

Enerjinin etkin kullanımı, doğru yönetmelik ve standartların uygulanması ile mümkündür. Bu konuda uygulanabilecek bir politika, İsveç'te olduğu gibi enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda belediyeler tarafından danışmanlık hizmeti sunulması¹¹ (Tevem, 2010: 116-117). Yapılarda enerjinin etkin kullanımı ve tasarruf bilincinin yaygınlaştırılması için bedava teknik bilgi ve denetim hizmeti verilmesi bu alanda gerçekleştirilebilecek faaliyetlerden bazılarıdır. Enerji verimliliği düşük olan ve yalıtımsız binalara doğalgaz aboneliği verilmemesi, düşünülebilecek başka bir uygulamadır.

5. 2. Sürdürülebilir Binaları Yaygınlaştırmaya Yönelik Maliye Politikaları

Sürdürülebilir binaların yaygınlaştırılmasında kamu otoritelerinin elindeki en önemli olanaklardan birisi maliye politikasıdır. En etkili maliye politikası araçlarının ise vergiler ve harçlar olduğu söylenebilir. Vergiler ve harçlar, çevre tahribatına yol açan faaliyetleri maliyetli hale getirerek caydıran, başka bir ifadeyle yönlendiren, bir işleve sahiptir. Göker'in (2011: 65) işaret ettiği gibi literatürde çevre korumaya yönelik vergiler, bir negatif dışsallık olan çevre kirliliğini vergiler yoluyla düzeltmek gerektiğine ilk kez Pigou tarafından dikkat çekildiği için "Pigou vergisi" olarak da anılmaktadır.

¹¹ İsveç'teki 290 belediyede, enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda tavsiye almak isteyen kişilerin başvurabilecekleri enerji danışmanları bulunmaktadır (Tevem, 2010: 116-117).

Çevre korumanın vergilerin yönlendiriciliğine en çok gereksinim duyan alan olduğu söylenebilir

Ülkemizde çevre koruma amacına hizmet etmesi gereken vergi ve harçların (Akaryakıt Tüketim Vergisi, Motorlu Taşıtlar Vergisi ve Taşıt Alım Vergisi gibi) çok da kirliliğe yol açan faaliyetleri caydıracak şekilde tasarlanmadığı görülmektedir. Bu vergilerin ilk planda mali amaçlarla uygulamaya konulması ve hâsılatlarının çok az bir kısmının çevreyi koruma amacıyla kullanılması bu vergilerin “yönlendirici-denetleyici” niteliklerinin ortaya çıkmasına engel olmaktadır (Karaca, 2011: 216). Yapılması gereken bir değişiklik, kirleticü ürünlerde ve girdilerde vergi oranlarının bu ürünlerin fiyatlarını belirgin şekilde artıracak şekilde farklılaştırılmasıdır. Diğer taraftan, çevre dostu üretim ve tüketim alışkanlığının kazandırılması amacıyla, bu tür ürünlerin vergi ve harçlarının indirilmesi, hatta enerji tasarrufu sağlayan ürünlerin sübvansede edilmesi yerinde olacaktır.

Enerji tüketiminin büyük bir bölümünün yapı sektöründe gerçekleştirildiği ülkemizde, enerji verimliliği, çözüm geliştirilmesi gereken en önemli konular arasındadır. Enerji verimliliğini artırmak isteyen İsvet hükümeti 2005 yılında tasarladığı özel bir programla enerjiyi yoğun biçimde kullanan sanayi sektörüne bir takım vergi teşvikleri getirmiştir. Enerji yoğun sanayilere bu program çerçevesinde hazırladıkları enerji planlaması raporları ve sarf ettikleri enerjiyi azaltma yolunda attıkları adımlar çerçevesinde farklı oranlarda vergi indirimi sağlanmaktadır.

Hem konut ve ticari binaların sürdürülebilir hale getirilmesi, hem de sürdürülebilir binalarda kullanılacak girdilerin yerel olanaklarla üretilmesinin yaygınlaşabilmesi için önerimiz, bir sanayi politikası çerçevesinde firmalara çeşitli teşvikler sağlanmasıdır. Önemli olan bu teşviklerin seçici bir şekilde, performansa dayalı olarak ve geçici bir süre için verilmesi, firmaları ürünlerinin kalitesini artırmaya zorlayacak şekilde uygulanmasıdır. Burada üzerinde önemle durulması gereken bir diğer husus, söz konusu üretimin sadece Türkiye değil, tüm dünya pazarı için gerçekleştirilmesine olanak sağlayacak şekilde teşvik edilmesidir. Güney Kore ve Tayvan deneyimleri¹² başarılı sanayi politikası uygulamaları için önemli örnekler teşkil etmektedir.

Hükümet tarafından uygulanan vergi ve destekleme politikaları, ekonomi aktörlerini çevre dostu teknolojiler kullanması yönünde etkili bir şekilde teşvik edebilir. Etkili sonuçlar almak açısından teşviklerin yanı sıra,

¹² Güney Kore örneği için bkz. Amsden (1989) ve Chang (2008), Tayvan için bkz. Wade (1990).

fosil yakıt tüketimini azaltacak vergi ve ceza sistemi gibi bazı caydırıcı yöntemlere başvurulabilir. Ayrıca ülkemizde çevre dostu teknolojileri kullanmaya başlayan firmalara, çevrenin korunması yönünde katlandıkları maliyetler için destek verilmesi ve rekabet dezavantajının giderilmesine yönelik düzenlemeler yapılması önemlidir (Karaca, 2011: 187).

5. 3. Sürdürülebilir Binalara Yönelik Talebi Artırmaya Yönelik Stratejiler

Türk İnşaat sektörü uluslararası düzeyde rekabet gösterecek güce eriştiği halde Türkiye’de *sürdürülebilir bina* oldukça az sayıdadır. 2008 yılı verilerine göre Türkiye, dünyanın en fazla yapı malzemesi ihraç eden 7. ülkesi konumundadır. Türkiye’nin dünya inşaat sektörü içerisindeki payı %3’tür. Dünyanın en büyük 225 uluslararası inşaat firması arasında 20 Türk firması bulunmaktadır. Sektörün GSMH içindeki doğrudan payı %5 ve dolaylı payı %30’dur. 400 sektör/alt sektörü etkileyen, çalışan nüfusun %6’sına yakının sektörde istihdam edildiği ve 6.500 üretici firmanın faaliyet gösterdiği (Maç, 2007: 7; Doğu Marmara ABİGEM, 2012: 5) Türk inşaat sektöründe sürdürülebilir bina yapımında potansiyellerin çok altında kaldığı açıktır.

Tüm çevre dostu ürünlerde olduğu gibi *sürdürülebilir binalar* için de üretici ve tüketici algılarının olumlu yönde değiştirilmesi gerekmektedir. *Sürdürülebilir bina* maliyetlerinin olduğundan daha yüksek olduğu şeklindeki yaygın algı düzeltilirse söz konusu binalar ülkemizde yaygınlaşabilir ve sınırlılık arz eden kaynaklar daha etkin kullanılabilir. Yatırımcılar ve ev sahipleri, yapıların çevresel ve sosyal etkileri hakkında daha fazla bilgi sahibi oldukça sürdürülebilirlik kriterlerine sahip binaların pazarlanabilirliği de artacaktır. Özellikle *sürdürülebilir binaların* kullanıcıya sandıklarından çok daha düşük bir maliyetle klasik binalardan çok daha yüksek konfor sunduğu bilgisinin aktarılabilmesi önemlidir.

Sürdürülebilir binalar, sadece piyasa mekanizması içinde ekonomik açıdan ele alınabilecek bir tercih değildir. Başta sürdürülebilir kalkınma olmak üzere ulusal ve küresel ölçekte pek çok stratejik yönelimin bir parçasıdır. Türkiye’de yapı sektöründeki enerji kullanımı çevresel ve iktisadi açıdan sürdürülebilir değildir. Yapıların hem çevreye duyarlı hem de ekonomik olarak ülkeyi kayba uğratmayacak enerji etkin tasarlanması için gereken teknolojilere bugün kolaylıkla ulaşılabilmektedir. *Sürdürülebilir binaların* yaygınlaşmasının önündeki en önemli engel, ilk yatırım maliyetinin klasik binalardakine göre biraz daha yüksek olmasıdır. Bu

durumda hem kamu kesimi hem de ilgili özel sektör firmaları tarafından uygulanabilecek talep artırıcı stratejiler bulunmaktadır.

Hem çevre dostu olduğu ve sosyal yarar sağladığı, hem de makroekonomik açıdan olumlu etkilere sahip olduğu için *sürdürülebilir bina* yapmak için gerçekleştirilen harcamalar için vergi iadesi uygulanabilir ve bu tür binaların yapımında kullanılan bazı malzemeler sübvansede edilebilir. Ayrıca, ilgili harcamalar için vergi indirimi uygulanabilir ve düşük faizli ve orta vadede geri ödenmek üzere kredi sağlanabilir.

Özel sektör tarafından uygulanabilecek talep artırıcı anlamlı bir strateji ise, enerji tasarrufu sağlayan uygulamaların ek maliyetlerinin tüketiciye yansıtılmaması, bunun yerine tüketici ile yapılacak hukuki bir sözleşme ile belli bir süre için bu sayede elde edilecek tasarrufa el konulmasıdır. Böylece ek maliyet başta ödenmek zorunda olmadığından bu tür yapılara yönelik talep hızlı bir şekilde artabilir.

5. 4. Sürdürülebilir Binalara Yönelik Kamu, Sivil Toplum ve Özel Kesim Sinerjisinin Tesisi

Sürdürülebilir kalkınma açısından enerji verimliliği ve sürdürülebilir binaların yaygınlaştırılmasına hizmet edebilecek kamu, sivil toplum ve özel kesim sinerjisinin nasıl oluşturulabileceği, cevap bulunması büyük önem taşıyan bir sorudur.

Son yıllardaki yaygın eğilim, sanayi kesiminin temsilcileri yanında sendikaların, meslek örgütlerinin, sivil toplum kuruluşlarının ve yurttaşların çevre politikası oluşturma ve uygulama aşamasına katılımlarının sağlanmasıdır. Demokrasi düşüncesinin giderek önem kazandığı günümüz dünyasında, yaşadığı çevreyi ilgilendiren konularda yurttaşın bilgi edinmekle yetinmeyip, karar süreçlerine de katılabilmesi en demokratik yurttaşlık haklarından sayılmaktadır.

Türkiye’de çevre kalitesinin artırılması kapsamında yürütülen faaliyetlerde kamu, özel sektör, STK’lar, araştırma ve bilgi kurumları, medya dâhil birçok kurumun rol alması gerekmektedir. Kamu kurumları arasında eş güdüm, kamu ve özel sektör arasında iş paylaşımı, STK’ların politikalara yön verme desteği, medyanın toplumsal uzlaşmayı ve kültürel dönüşümü sağlamadaki görevi, bilgi kurumlarının yapılan tüm faaliyetlerin bilimsel bir tabanda ilerlemesini temin etmesi gereklidir. Ülkemizde gerek kamu, gerek özel sektör gerekse sivil toplum kuruluşları; verimliliğin artırılması, yeni teknolojilerin ve yöntemlerin yaygınlaştırılması için işbirliği

içinde hareket etmelidir. Sürdürülebilir kalkınmanın başarılabilmesi, kamu kesiminin orkestra şefliği altında işbirliği ve senkronize olmayı gerektirmektedir.

Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiyi konutlardan ticari binalara kadar her alanda yaygınlaştırmak ve yeşil binalarda kullanılacak stratejik önem taşıyan girdilerin yerel imkânlarla üretilmesini sağlamak için yasal ve kurumsal bir alt yapının tesis edilmesi anlamlıdır.¹³ *Sürdürülebilir binalar* için kilit önem taşıyan girdilerin yerli olarak üretilmesi bir taraftan istihdam artışı sağlarken diğer taraftan da cari işlemler dengesini olumlu yönde etkiler. Ayrıca bu girdileri dünya pazarı için üretmeyi hedefleyecek bir sanayi politikası uygulamak günümüzde uygulanabilecek ve hızlı kalkınmaya hizmet edecek son derece anlamlı bir politika seçeneğidir.

Bu çerçevede devlet desteği ve özel kesim işbirliğiyle faaliyet gösterecek teknoparklar ve kümelenmeler (clusters) yaşama geçirilebilir. Bunun için gerekli ara eleman ve teknik personel gereksinimini hızlı bir şekilde karşılamaya hizmet edecek örgün ve yaygın eğitimin yanı sıra hizmet-içi eğitimin koordine edilmesi gerekir.

6. Sonuç

Türkiye, enerji gereksiniminin ezici ağırlığını, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri aşikâr olan fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Türkiye'nin fosil yakıtlarda ithalata bağımlılık oranı ise %90'ın üzerindedir. Dolayısıyla Türkiye, giderek ağırlaşan çevre ve enerji arz güvenliği sorunlarıyla karşı karşıyadır. Ayrıca, 2009 yılında Kyoto Protokolü'nü imzalaması ile birlikte Türkiye, sera gazı salınımını azaltma yükümlülüğü altına girmiştir. Bu yönde gerekli adımların atılmaması durumunda gelecekte büyük maliyetlerin ortaya çıkması sürpriz olmayacaktır. Bu durumda Türkiye'nin bir taraftan enerji tasarrufu yapması, diğer taraftan da enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payını artırması gerekmektedir.

2010 yılı verilerine göre Dünya'daki enerjinin %45'i binalar tarafından kullanılmaktadır. Şehirlerdeki hava kirliliğinin %23'ü, sera gazı üretiminin %50'si, su kirliliğinin ve katı atığın %40'ı binaların sebep olduğu çevresel sonuçlardır. Bu veriler çevre kirliliğinin azaltılması ve enerji tasarrufu sağlanmasında binaların çok büyük bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. İşte bu nedenle bu çalışma *sürdürülebilir binalar* konusuna odaklanmıştır. Doğal kaynaklar üzerindeki tahrip edici etkileri çok

¹³ Bu konuda özellikle bkz Chang (2008) ve Erdoğan (2015).

düşük düzeyde olan *sürdürülebilir binalar*, yaşam kalitesini artıracak şekilde doğa ile bütünleşen, daha az enerji tüketen ve daha az atığa yol açan uygulamalardır. Sürdürülebilir binaların ilk yatırım maliyetleri geleneksel binalara kıyasla biraz daha yüksektir. Bununla birlikte, söz konusu binalar yapım aşamasından başlayarak bütün yaşam ömürleri boyunca hem enerji hem de doğal kaynak kullanımında ciddi tasarruflar sağlamaktadır.

Binaların sürdürülebilir şekilde inşa edilmesi ya da bu amaçla tadil edilmesi, çoğu kez sanıldığı gibi aksine yüksek bir ekonomik maliyet getirmemektedir. Bir bina yapılırken yaklaşık %2 civarında bir ekstra maliyet ile çok ciddi enerji tasarrufu sağlanabilmekte ve bu kapsamda yapılan bazı harcamalar üç yıldan bile daha kısa bir sürede kendisini amorti edebilmekte ve söz konusu binalar yaşam ömrü boyunca tasarruf sağlamaya devam etmektedirler. Dolayısıyla, *sürdürülebilir binalar* bir lüks değil, özellikle orta ve uzun vade açısından getirisi çok yüksek bir *yatırım* olarak değerlendirilebilir.

Doğaya yönelik tahribatın ve çevresel maliyetlerin çok büyük boyutlara ulaştığı günümüzde devlet, doğa ve sürdürülebilirlik arasında kurulması gereken çok hassas bir dengenin baş aktörü konumundadır. Kamu otoritelerinin binalarda enerji tasarrufu sağlama, enerjiyi verimli kullanma ve yenilenebilir enerji olanaklarından yararlanma olanaklarını artırmak amacıyla uygulamaya koyabileceği pek çok politika tedbiri bulunmaktadır. Hem konutların hem de ticari binaların sürdürülebilir hale getirilmesi, hem de sürdürülebilir binalarda kullanılacak girdilerin yerel olanaklarla üretilmesinin yaygınlaşabilmesi için devletin bir sanayi politikası çerçevesinde firmalara çeşitli teşvikler sağlaması anlamlıdır. Önemli olan bu teşviklerin seçici bir şekilde, performansa dayalı olarak ve geçici bir süre için verilmesi, firmaları ürünlerinin kalitesini artırmaya zorlayacak şekilde uygulanmasıdır. Burada üzerinde önemle durulması gereken bir diğer husus, söz konusu üretimin sadece Türkiye değil, tüm dünya pazarı için gerçekleştirilmesine olanak sağlayacak şekilde teşvik edilmesidir. Güney Kore ve Tayvan deneyimleri başarılı sanayi politikası uygulamaları için önemli örnekler teşkil etmektedir.

Kaynakça

- Alhanlıoğlu, G. ve amlıbel, M. E. (2012), “2023 Yılında Türkiye’de Yeşil Binalar”, *Ekoyapı Dergisi*, 10, ss. 42–45.
- Amsden, A. H. (1989). *Asia’s Next Giant: South Korea and Late Industrialisation*, New York: Oxford University Press.
- Aydın, . ve Alemdağ, E. L. (2014), *Karadeniz Geleneksel Mimarisinde Sürdürülebilir Malzemeler; Ahşap ve Taş*, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 35, ss. 394-405.
- Bernstein, H. M. ve Russo, M. A. (2010), *Business Case for Energy Efficient Building Retrofit and Renovation*. McGraw Hill Construction Smart Market Reports. Better Building Partnership. Green Lease Toolkit. Working together to improve sustainability, pp.1-2.
- Bribián, Z. I., Valero, C. A. ve Aranda, U. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.
- CBRE (2009), *Who pays for green? The economics of sustainable buildings*. EMEA Research.
- CEDBIK (2014), *Yeşil Bina Nedir?, evre Dostu Yeşil Binalar Derneęi*, <http://cedbik.org/sayfalar.asp?KatID=3&ID=24>
- Chang, H. J. (2008). *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*. New York: Bloomsbury Press.
- Cruz, N. F., P. Simões, R.C. Marques (2012), *Economic Cost Recovery In the Recycling of Packaging Waste: The Case of Portugal*, *Journal of Cleaner Production*, No. 37, ss. 8-18.
- amlıbel, M. E. (2011), “An Integrated Optimization Model Towards Energy Efficiency For Existing Buildings - A Case Study For Boęaziçi University Kilyos Campus”, *Boęaziçi Üniversitesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi*.
- Çamlıbel, M.E., Alhanlıoğlu, G. ve Uğurlu, D. (2014), “Türkiye’de Yeni Yapılacak Konut Projelerinin Enerji Verimliliği ile Elde Edilecek Tasarruf ve Bu Tasarrufun Ulusal Enerji İhtiyacını Ne Seviyede Azaltılacağının Analizi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, Sayı: 65.
- ÇŞB (2012), *İklim Değişikliği Eylem Planı 2011–2023*. evre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, <http://www.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>.
- ÇŞB (2014a), *Düzenli Depolama Tesisleri Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu*, evre Yönetimi Genel Müdürlüğü, evre ve Şehircilik Bakanlığı, <http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/D%C3%83%C2%BCzenli%20D>

epolama%20Tesisleri%20Saha%20Y%C3%83%C2%B6netimi%20ve%20%C3%84%C2%B0%C3%85%C5%B8letme%20K%C3%84%C2%B1lavuzu.pdf

- ÇŞB (2014b), “Kentsel Dönüşüm Sürecine İlişkin Sıkça Sorulan Sorular”, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı <http://www.csb.gov.tr/turkce/index.php>
- Dağdemir, Ö. (2012), Çevre Sorunlarına Ekonomik Yaklaşımlar ve Optimal Politika Arayışları, 2. Baskı, Gazi, Ankara.
- D'Alisa, G., Demaria, F. ve Kallis, G. (der.) (2014), *Degrowth: A Vocabulary for a New Era*. London: Routledge.
- Der-Petrossian, B. (2000), Environment-friendly construction practices. United Nations Center for Human Settlements - UNCHS (Habitat), HS/596/00E, Vienna: 143-169.
- Ding, G. K. C. (2014), “Life cycle assessment of sustainable building materials; an overview”, in Eco-efficient construction and building materials: Life cycle assessment (LCA), eco-labelling and case studies, (Ed. Pacheco-Torgal et al.), Woodhead Publishing.
- Doğu Marmara ABİGEM (2012), Yapı ve Yapı Malzemeleri Sektör Raporu, http://www.prismenvironment.eu/reports_prism/Turkey_PRISM_Environment_Report_TR.pdf
- DPT (2006), Dokuzuncu Kalkınma Planı Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Dünya Bankası (2014), World Development Index, Statistical Databases. Erişim: 11 Ağustos 2014, <http://databank.worldbank.org/data/views/variableSelection/selectvariables.aspx?source=world-development-indicators>
- Edwards, I. ve Torcelli, P. (2002) “A literature Review on the Effects of Natural light on Building Occupants.” National Renewable Energy laboratory. NREL/TP- 550-30769. Golden, Colorado.
- EEA (2000), *Environmental Taxes: Recent Developments in Tools for Integration*, Environmental Issues Series. No. 18. EEA. 252, Copenhagen, http://reports.eea.europa.eu/Environmental_Issues_No_18/en/envissue18.pdf (14.12.2014).
- EIA (2014), Turkey Analysis, Independent Statistic and Analysis, U.S. Energy Information Administration, Washington, DC. Erişim: 11 Ağustos 2014, <http://www.eia.gov/countries/analysisbriefs/Turkey/turkey.pdf>
- EPA (2009), Energy Star Qualified New Homes, U.S. Environmental Protection Agency, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.energystar.gov/ia/partners/downloads/consumer_brochure.pdf

- Erdođdu, M. M. (2012), Sustainable Development Perspective for Dealing with Economic Crises and Combating Unemployment. In D. K. Demirer & K. Lordođlu (Eds.), *Labour Markets & Employment*, London: IJOPEC Publication, ss. 114-128.
- Erdođdu, M. M. (2015). *Culture of Development and Developmental Capacity of States: The Korean Case*. B. Christiansen & J. Koeman (Der.) içinde, *Nationalism, Cultural Indoctrination, and Economic Prosperity in the Digital Age*, Hershey, PA: IGI Global.
- Erktin, A. H. (t.y.), "Akılcı" Binalar, <http://www.hasmimarlik.com.tr/yazilar/ae-yapi/cesitli/130927-Best-Mimaride%20Pasif%20Cozumler.pdf>
- Erkul, E. ve Sönmez, A. (2014), Yeşil Çatı Sistemleri ve Çevresel Etkileri, *Mimarlık*, Ocak-Şubat, <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=389&RecID=3305>
- Esin, T. (2013)," Konutlarda Enerji Etkinliği" *iconarp international journal of architecture and planning* Vol 1, No 2 January, pp: 189-200.
- ETKB (2013), 2014 Yılı Bütçe Sunumu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.
- ETKB (2014a), Genel Enerji Dengesi İstatistikleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=y_istatistik&bn=244&hn=244&id=398
- ETKB (2014b), Günlük Yaşamda Enerji Kullanımı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.eie.gov.tr/verimlilik/b_enver_bilinlendirme.aspx
- ETKB (2014c), Aydınlatma ve Elektrikli Ev Aletlerinde Enerji Verimliliği, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.eie.gov.tr/verimlilik/b_enver_b_1.aspx
- ETKB (2014d), Isıtma ve Yalıtım, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.eie.gov.tr/verimlilik/b_enver_b_2.aspx
- Frontczak, M. ve Wargocki, P. (2011). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 46(4), 922-937.
- Granade, H.C., Creyts, J., Derkach, A., Farese, P., Nyquist, S. ve Ostrowski, K. (2009). Unlocking energy efficiency in the U.S. economy. McKinsey. Available at: <http://www.mckinsey.com/mgi/publications/>.
- Göker, C. (2011), *Yönlendirici Vergilendirme*, Turhan Kitabevi, Ankara.

- Gürcan, T. S. (2012), Yeşil İç Mimarlık Nedir? Turizm Yapılarında ‘Yeşil’ İç Mekan: Haptik Otel, Ekoyapı, 30 Haziran, <http://www.ekoyapidergisi.org/13-yesil-ic-mimarlik-nedir.html>
- Herrmann L., Zhai Z, Deru M, ve Chen Z. (2010), Evaluating Energy Performance and Improvement Potential of China Office Buildings in the Hot Humid Climate against US Benchmarks. 2010 Purdue Compressor Engineering, Refrigeration and Air Conditioning and High Performance Buildings Conferences.
- Heschong L. (2003), Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment. Fair Oaks, CA: Heschong-Mahone Group.
- Heschong, L. (1999) “Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance.” California Energy Commission: Pacific Gas and Electric Company. Fair Oaks, California.
- Huberman, N. ve Pearlmutter, D. (2008). A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. *Energy and Buildings*, 40(5), 837-848.
- Huesemann, M. H. ve Huesemann, J. A. (2011), *Technofix: Why Technology Won't Save Us or the Environment*, Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers.
- IEA (2010), *World Energy Outlook 2009*, Paris, France, http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2009/WEO2009_es_english.pdf (14.12.2014).
- Karaca, C. (2011). Çevre Dostu Maliye Politikaları ve İktisadi Kalkınma, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı, Mali İktisat Bilim Dalı, yayınlanmamış doktora tezi.
- Karaca, C. ve Erdoğan, M. M. (2012), Türkiye’de Rüzgâr Çiftliklerinden Elektrik Üretilmesiyle Sağlanabilecek Çevresel ve Ekonomik Kazançlar, *Akdeniz İİBF Dergisi*, 12(23), 156-188.
- Kats, G. (2003) “Green Buildings Costs and Financial Benefits.” Boston: Massachusetts Technology Collaborative.
- Kats, G. (2009). Greening our built world: Costs, benefits, and strategies. Island Press, Washington DC.
- Kats, G., Alevantis, L., Berman, A., Mills, E., ve Perlman, J. (2003). The costs and financial benefits of green buildings. A Report to California’s.
- Keleş, R., C. Hamamcı ve A. Çoban (2009), *Çevre Politikası*, 6. Baskı, İmge Kitabevi, Ankara.
- Kellog, S. ve S. Pettigrew (2013: 59), Şehirdekiler için Sürdürülebilir Yaşam Rehberi, Sinek Sekiz, İstanbul.

- Köse, B., Isıkan, O. ve İnan, A. T. (2006). 'Isı Yalıtım Uygulamalarının Üç Bölge İçin Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, 1-9.
- Krarti, M. (2010). Energy audit of building systems: an engineering approach, Second Edition, CRC press.
- Kulaksızoğlu, Z. (2006), Isı Yalıtım Sektör Araştırması, İTO, Araştırma Şubesi, Eylül, <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-42.pdf>
- Lee, Y. K. ve Kim, H. J. (2012). The effect of temperature on VOCs and carbonyl compounds emission from wooden flooring by thermal extractor test method. Building and Environment, 53, 95-99.
- Li, F., ve Niu, J. (2005). Simultaneous estimation of VOCs diffusion and partition coefficients in building materials via inverse analysis. Building and environment, 40(10), 1366-1374.
- Loftness, V., Hartkopf, V. ve Gurtekin, B. (2003), Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment, Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity, http://www.usgbc.org/Docs/Archive/MediaArchive/207_Loftness_PA876.pdf
- Maç, N. (2007), İnşaat Sektör Raporu, Konya Ticaret Odası, Sayı: 2007 – 544– 504, http://www.kto.org.tr/d/file/insaat_sektoru_rapor.pdf
- McKinsey (2010). Energy efficiency: A compelling global resource. McKinsey & Company. Available at: <http://www.mckinsey.com/client-service/sustainability/>.
- Mishan, E. J. (1967), *The Costs of Economic Growth*, Staples Press.
- Neale, J. (2009), Küresel Isınmayı Durduralım, Dünyayı Değiştirelim, Çev. D. Tarkan, Yordam, İstanbul.
- Nicklas, M. H. ve Bailey, G.B. (1996) "Student Performance in Daylit Schools." Innovative Design. Raleigh, North Carolina.
- Resmi Gazete (2014), "Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Sürdürülebilir Yerleşmelerin Belgelendirilmesine Dair Yönetmelik", Sayı: 29199, 8 Aralık 2014.
- Romm, J.J. ve Browning, W.D. (1994) "Greening the Building and the Bottom line." Rocky Mountain Institute. Snowmass, Colorado.
- Scheuer, C. ve Keolian G. (2002), Evaluation of LEED using life cycle assessment methods. National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S. Department of Commerce, Michigan.

- Schumacher, E. F. (1973), *Small is Beautiful: Economics as if People Mattered*. New York: Perennial Library.
- Sözer, H. (2010), Improving Energy Efficiency through the Design of the Building Envelope, *Building and Environment*, No: 45, ss. 2581-2593.
- Steiner, M. ve Wiegel, U. (2009). Katı Atık Yönetimi: Atık Yönetiminin Temellerine Yönelik Rehber Kitap, Eğitim ve Kültür, Ankara.
- TEDAŞ (2014), Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri, www.tedas.gov.tr
- Tevem (2010), Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu, İstanbul, <http://www.enver.org.tr/UserFiles/CKUpload/Upload/tevem-2.pdf>
- TUIK (2000), Building Census 2000, State Institute of Statistics Prime Ministry Republic of Turkey, Erişim: 11 Ağustos 2014, http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=9&KITAP_ID=64
- TUIK (2013), Nüfus ve Konut Araştırması, 2011, Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim: 11 Ağustos 2014, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=15843>
- Ulrich, R. S. (1984) View through a window may influence recovery from surgery. *Science*. Vol 224 No 4647, pp. 420-421.
- UN (2013), Sustainable Development Challenges, United Nations World Economic and Social Survey 2013, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, E/2013/50/Rev. 1, ST/ESA/344, <http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2843WESS2013.pdf>
- US General Services Administration (2004), LEED Cost Study Final Report, <http://www.ecy.wa.gov/programs/swfa/greenbuilding/pdf/gsaleed.pdf>
- USGBC (2014), LEED and the Hospitality Industry, US Green Building Council, Erişim: 11 Ağustos 2014, <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs5301.pdf>
- Utkuğ, G. (1999). “Binayı Oluşturan Sistemler Arası Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi Mimar Tesisat Mühendisi İşbirliği” IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 4-7 Kasım 1999, Bildiriler Kitabı, Sayfa 21-36, İzmir.
- Vyas, S., Ahmed, A. S., ve Parashar, A. (2014). BEE (Bureau of energy efficiency) and Green Buildings. *International Journal of Research (IJR)*. Vol-1, Issue-3. p. 23-32.
- Wade, R. (1990). *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialisation*. Princeton: Princeton University Press.

- Walch, J.M., Rabin, B.S., Day, R., Williams, J.N., Choi, K. ve Kang, J.D. (2005) The Effect of Sunlight on Postoperative Analgesic Medication Use. *Psychosomatic Medicine*. Vol 67, pp. 156-163.
- WBCSD (2009). Energy efficiency in buildings: Transforming the market. World Business Council for Sustainable Development, Geneva. Available at: <http://www.wbcd.org/Plugins/DocSearch/details.asp?DocTypeId=25&Objec tId=MzQyMDQ>
- WGBC (2013), *The Business Case for Green Building A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants*, World Green Building Council
http://www.worldgbc.org/files/1613/6610/9362/Executive_Summary_PRINT_A4_2013-04-15.pdf
- Willmott Dixon (2010), "The Impact of Construction and the Built Environment", <http://www.willmottdixongroup.co.uk/assets/b/r/briefing-note-33-impacts-of-construction-2.pdf>
- Yaman, C. (2012), "Yeşil Binalarda Maliyet ve Fayda", XXI Yeşil Binalar Referans Rehberi 2012, Erişim: 11 Ağustos 2014
http://issuu.com/xxi_dergi/docs/yesil_binalar_small
- Yetim, A. (2014), Geri Dönüşüm Sektörünün Dünyadaki Genel Görünümü ve Türkiye'deki Durumu, Ar&Ge Bülten, Haziran – Sektörel, İzmir Ticaret Odası,
http://www.izto.org.tr/portals/0/argebulten/gerid%C3%B6n%C3%BC%C5%9F%C3%BCmsekt%C3%B6r%C3%BC_ahmetyetim.pdf
- Yu, S., Yong, T. ve Chenxi, L. (2011), "Green Retrofitting Costs and Benefits: A New Research Agenda." IRES Working Paper Series. Singapore: National University of Singapore, Institute of Real Estate Studies.
- Yüksek, İ. ve Esin, T. (2011), Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi, Tesisat Mühendisliği - Sayı 125 - Eylül/Ekim, ss. 63-77.
- Yüksel, T. ve B. Acarkan (2013), Yeşil Binalar ile Aydınlatma İçin Tüketilen Enerjideki Tasarruf Potansiyelinin ve Ekonomik Katkıların Belirlenmesi, Elektrik Mühendisleri Odası, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu.