Geleceğin Kentlerinde Enerji Etkin Binalarda Cephe Malzemelerindeki Değişimin Dinamik ve Akıllı Yapı Kabuğuna Etkisi

İdil Ayçam [1], Cansu Güner [2]

[1] *Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye; iaycam@gazi.edu.tr*
[2] *Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye; cansu.guner@outlook.com*

Özet

Ülkeler arası denge sürecinin fosil kökenli enerji kaynaklarına dayalı olduğu bir dönemde, 1973 dünya petrol krizinin baş göstermesi ile tüm dünya ülkelerinin mevcut enerji programlarını yeniden gözden geçirmeleri ve gerekli önlemlerin hızlı bir şekilde alınması kaçınılmaz olmuştur. Yeni çözüm yollarının arandığı bu ortamda, çeşitli bilim adamları ve araştırmacıların mevcut enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan yöntemler ve çevreyi kirletmeyen, doğada varolan yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması noktasında yaptıkları araştırmalar önem kazanmaya başlamıştır. Bu gelişmelerin mimarlık disiplinine yansıması olarak ortaya çıkan "Enerji Etkin Tasarım" yaklaşımları, toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan yapı sektörünün enerji verimliliğine katkı sağlaması açısından, tartışılan ve geliştirilen bir tasarım anlayışı olarak öne çıkmaktadır.

20.yüzyılın ortalarından itibaren başlayan daha az kaynak harcayarak enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen yapılaşma çalışmaları, 21.yüzyılda daha da hızlanmıştır. Bu hızlı değişim bina ölçeğinde değerlendirildiğinde, öncelikli alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların iç mekan ile dış mekan arasında dinamik bir filtre görevini üstlenen yapı kabuğu üzerine olması gerektiği görülmüştür.

Geleneksel mimaride sabit özellikler taşıyan nitelik açısından değişmez yapı kabukları, 19 yüzyıl sanayi devriminden itibaren yeni yapı malzemelerinin gelişiyle çağdaş iskelet strüktürlerin gelişimi, yapı kabuklarının taşıyıcı olma özelliklerinin dışına çıkarak örtücü özellik kazanmasına neden olmuştur. Örtü özelliği kazanan yapı kabuğu, teknolojik gelişmelerin öncülüğünde kazandırılan yenilikçi malzemeler ve gelişen sistemler ile geleneksel mimarinin değişmez misyonunun dışına çıkarak, çevresel koşullara yanıt veren akıllı kabuk halini almıştır. Yapı kabuğunun bu gelişme sürecinin en büyük destekçisi de yenilikçi malzemeler olmuştur.

Doğanın kendini yenileme yönündeki araştırmaların bir ürünü olarak ortaya çıkan, enerji kaynağına ve hammaddeye duyulan ihtiyaç sonucu bünyesinde otomasyon desteğini barındırarak güncellenen yenilikçi malzemeler, yapı kabuğuna "akıllı" özellikler kazandırmakla beraber yapı kabuğunu "dinamik" de kılmaktadır. Dinamik ve akıllı yapı kabuğu olarak tanımlanan bu örtü sisteminin fiziksel koşulları kendi yararına dönüştürme özelliği ile enerji verimliliği sağlaması, enerji tüketim profilleri yüksek ofis binalarının kabuk tasarımlarında ele aldığı bir bakış açısı olmuştur. Bu öz bilgiler çerçevesinde hazırlanan bu çalışmada, dinamik ve akıllı cephe tasarımlarıyla vücut bulmuş ofis binalarının farklı cephe alternatifleri enerji etki tasarım anlayışı kapsamında değerlendirilerek incelenen örnekler üzerinde analiz edilecektir. "Çevresel koşullara yanıt veren mimari" tanımlamasının yarattığı anahtar düşünceyle incelenen ofis binalarının, uygulandığı bölge iklimi tespit edilip analiz edilen diğer parametrelerle birlikte bir karşılaştırma kriteri olarak alınacak ve geleceğin kentlerini oluşturan binalarda yapı kabuğunda kullanılan malzemenin rolü ve potansiyeli değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Enerji Etkin Mimarlık, Gelişmiş Cephe Sistemleri, Yenilikçi Yapı Malzemeleri, Değişkenlik.

Abstract

In a period when the transnational equilibrium process was based on fossil-based energy sources, it became unavoidable for all countries in the world to review their existing energy programs and take the necessary precautions quickly, with 1973 world oil crisis arose. In this platform where new solutions were sought, the methods applied by various scientists and researchers, aiming to reduce existing energy consumption, and their investigations within the scope of assessment and dissemination of renewable energy sources in nature have begun to be important. The Energy Efficient Design approaches emerging as a reflection of these developments on architectural discipline stand out as a design concept discussed and developed in terms of what the building sector which has a significant share in total energy consumption will make a contribution to energy efficiency.

The structuring works aiming to reduce energy consumption using less resource, started as of mid 20th century, have been more accelerated in the 21st century. The primary thing we confront within the scope of the measures taken at the building scale, and of the conducted works is building envelope which serves as a dynamic filter between interior and the exterior space.

Building shells with fixed properties in conventional architecture have gained the covering feature outside the building skeletons, with the emergence of new building materials from the industrial revolution of the 19th century. The building envelope, which is covered with the coating, has become an intelligent shell that responds to environmental conditions by replacing the unchanging mission of the conventional architecture with the innovative systems provided by innovative systems and technological developments. The innovative materials was the greatest supporter of this advanced facade systems.

Innovative materials updated with automation support due to the need for energy source and raw material, emerging as a product of research for nature renewal, make building envelope "dynamic" with "intelligent" features. Designed as a dynamic and intelligent building envelope, this envelope system is a point of view for office buildings that consume high energy in energy-saving and shell designs. In this work based on this basic knowledge, different facade alternatives of office buildings built with dynamic and intelligent facade designs will be examined in the examples analyzed under the energy efficient design concept. With the key idea created by the definition of "architecture responding to chancing environmental conditions"; the local climate of the office buildings examined will be determined, and considered as a comparison criterion, together with the other parameters analyzed, the role and the potential of the material used in building shells in the buildings that form the city of the future will be evaluated.

Keywords: Sustainability, Energy Efficient Architecture, Advanced Facade Systems, Innovating Building Materials, Variability.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yeryüzünde var olduğu sürece, tükenebilir enerji kaynaklarını kimi zaman bir sonraki nesli düşünmeden savurganca kullanmıştır. Ancak 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi ve sonrasındaki nüfus artışı, hızla artan kentleşme, çevre kirliliği gibi küresel ısınmayı tetikleyen birçok faktör, enerji kaynaklarının bir gün tükenebileceği gerçeğini ve enerjinin tasarruflu bir şekilde kullanılmasının gerekliliğini hatırlatmıştır.

Yapma çevre ve alt bileşeni olan binalar, yapım ve kullanım aşamalarında önemli oranda enerji tüketmekte ve çeşitli doğal kaynak kullanımına gereksinim duymaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, bina tasarımının ve yapı sektörünün gelecek nesillere sürdürülebilir bir yaşam sağlanmasında önemli rol üstlendiği görülmektedir [1]. Günümüz binalarında yaşam döngüsü boyunca tükettiği enerjiyi azaltan, çevreye ve insan sağlığına minimum zarar veren ekolojik-enerji etkin tasarımlar ile çözüm aranmakta ve böylece sürdürülebilir geleceğe önemli bir katkı sağlanmaktadır.

Enerji Etkin yapı tasarımını etkileyen farklı konu ve ölçekte çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerden biri olan yapı kabuğu, iç-dış ortam arasında koruyucu bariyer görevini üstlenmekle beraber kullanıcıların yapı içinde ihtiyaç duyduğu konfor koşullarının oluşturulmasında ve bunun sürdürülmesinde de etkilidir. Enerji tüketim profili yüksek bir yapı türü olan ofis binalarının, ısıtma-soğutma ihtiyacı ve kaynak tüketimi gibi enerji kullanımını arttıran yönleri enerji etkin tasarım yaklaşımı ile yeniden ele alınmaktadır. Bu noktada da ofis yapılarının temel sistemlerinden biri olan kabuğun, bu bakış açısı ile yeniden yorumlanması kaçınılmazdır.

Günümüzde enerji etkin kabuk tasarımına yeni bir soluk getiren yenilikçi malzemeler, otomasyon desteğini alarak güncelenen yapısı ile yapı kabuğunu canlı bir deri gibi işlevlendirmekte ve değişen çevresel koşullara yanıt verebilen, adapte olabilen bir özellik kazandırmaktadır. Tüm bu özellikler yapı kabuğunun, geleneksel mimarideki değişmez/statik niteliğinden sıyrılıp çevresel koşullara adapte olabilen dinamik ve akıllı özellik kazanmasında etkili olmuştur. Bu çalışma kapsamında öncelikle yapı kabuğunun geçiş süreci ele alınıp, dinamik ve akıllı özellik kazanması yenilikçi malzeme özelinde değerlendirilecektir. Yapılan literatür taraması ve incelenen ofis binalarından elde edilen veriler ışığında oluşturulan tablo üzerinde yapılan çıkarımlar, çalışmanın sonuç bölümünü oluşturacaktır.

2. YAPI KABUĞU KAVRAMI VE GELİŞİMİ

Mimari yapılaşma süreci, tarihsel süreç içinde insan gelişimine paralel bir gelişim göstermiş, günün teknolojik getirileri kullanılarak, her dönem kendi içinde yeni bir uygulama tekniği, yeni bir malzeme, yeni bir sistem arayışı içine girmiştir. Mimarinin değişim süreci içinde günümüz mimarlığına gelinceye kadar, bu gelişim ve değişimden en çok etkilenen öğelerden biri de yapı kabuğu olmuştur [2].

Kabuk, bir yapıda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, kullanıcıları dış iklimsel koşulların negatif etkilerinden koruyarak, iç ortamda gereken konfor koşullarının yaratılmasını, bunun sürdürülmesini sağlayan yapı elemanlarının bütünüdür. Fiziksel çevre denetimi açısından kabuk tasarımında kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda iç ortamda belirli bir dengenin kurulması ve devamı amaçlanmaktadır. Bunun için yapı kabuğu, iç ve dış ortamlar arasında bir dengeleyici bileşen rolünü üstlenmektedir [3], [4].

1970'lerde ki petrol kriziyle birlikte, fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmaya yönelik alınan önlemler binaların cephe tasarımlarına da yansımıştır. Konfor koşullarını daha az enerji tüketerek sağlamayı amaçlayan ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarını kullanan enerji etkin tasarım anlayışı benimsenmiştir. Bu dönemden sonra sürekli gelişen cephe tasarımları karşımıza çıkmış ve çıkmayada devam etmektedir. Günümüzde sürdürülebilirliği sağlayabilmek adına değişen çevresel faktörlere cevap veren, yenilikçi malzemelerin kullanıldığı, akıllı sistemlerle dinamik bir özellik kazanan yapı kabukları kullanılmaktadır.

'Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık' (responsive achitecture) kavramı ilk kez Negroponte tarafından 1970 yılında ortaya atılmıştır [5]. Biyolojideki 'adaptasyon' (canlıların kendisini değişen

çevre koşullarına uyarlaması; uyum) kavramının mimarlığa uygulanmış analojisi (benzeşimi) olan kavram 'yapıya bütünleşik algılayıcılarla alınan ve bilgisayar ile değerlendirilen dış uyarılara yapı elemanlarına (kabuk, strüktür vb.) bütünleşik hareket mekanizmalarıyla yanıt vermek' anlayışını esas almıştır [6]. Böylece ilk kez alışılagelmiş yapı kavramının ötesine geçilerek 'çevresel koşullara değişerek uyum gösteren mimarlık' (adaptive architecture) fikri de ortaya atılmıştır. Bu fikirle gelişen mimari " değişen fiziksel etkilere karşı optimal bir yapıya dönüşebilme yetkisi [7]" olarak da tanımlanabilen "dinamik ve akıllı yapı kabuğu" kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu yapı kabuklarının da etkin performans gösterebilmesi için öncelikle değerlendirilmesi gereken parametre bölgesel iklimin tespitidir. İklimsel veriler göz önüne alınarak tasarlanan yapı kabuğu, iklim kontrolünde (yararlanma ve koruma) optimal performans göstererek enerji tüketiminin minimize edilmesini olanaklı kılmaktadır. Bu noktada da yüzey oluşturma ve iklim kontrolünü sağlamasına bağlı olarak; tek kabuklu, çift kabuklu, hareketli, adaptasyonlu ve tepkisel olarak gruplayabileceğimiz farklı cephe özellikleri oluşmuştur [7].

Yapı kabuklarının gelişme sürecine bakıldığında en büyük katkıyı, farklı otomasyon sistemlerle güncellenen, farklı koşullara cevap verebilme fonksiyonları ile donatılmış yenilikçi malzemelerin verdiği görülmektedir. Bu malzemelerin kullanımı ile alışılagelen 'ortam şartlarıyla mücadele eden' yapı anlayışı yerini 'çevresel uyaranlara yanıt vererek ortam şartlarına uyum gösteren' yapı anlayışına bırakmaktadır [6].

3. ENERJİ ETKİN BİNALARDA CEPHE MALZEMELERİNDEKİ DEĞİŞİM

Malzemenin tarihsel gelişiminde, günümüze kadar birbirlerinden tamamen farklı üç süreç görülür. Birinci süreç içinde malzeme, tarih öncesinden ilk çağa kadar, şekillendirmeden doğal haliyle kullanıma girmiştir. İkinci süreç olan klasik çağ ve 19. yüzyıl arasında ise malzeme şekillendirilerek kemer, kubbe, tonoz gibi çeşitli strüktür ve formlar yaratılmıştır. 19. yüzyıldan günümüze kadar gelen ve hala devam eden devre içinde ise, malzeme gelişen teknolojik olanaklar ile tasarımda arzu edilen kullanım yerine göre önceden planlanmış ve hatta kendi iç yapısının yeniden organizasyonuna gidilmiştir [8]. 20. yüzyılın son çeyreğinde kullanıma girmeye başlayan 'akıllı' olarak nitelendirilen yenilikçi malzemeler mimariye vadettiği potansiyel olanaklar nedeniyle günümüzde pek çok araştırmaya konu olmaktadır. Bu malzemeler; binayla bütünleştiğinde dış uyaranlara -fiziksel, kimyasal, biyolojik vb.- nitelik (renk, şekil, iletkenlik, faz vb.) değiştirerek veya enerji dönüşümü yaparak yanıt veren yüksek teknolojik malzemelerdir. Uyaranları algılama, harekete geçirme işlevleri ve ortamdaki değişikliklere adapte olabilme yeteneği ile canlı derisi gibidirler [9].

Akıllı malzeme teknolojilerinin sürekli gelişimi, mimari tasarımlardaki değişimi doğrudan etkilemektedir. Malzeme biliminin doğa bilimleriyle olan işbirliği, doğanın yaşayan, yenilenebilir özelliğinin günün teknolojik olanaklarıyla yeniden gözden geçirilmesi, akıllı malzemelerin sayılarını ve işlevlerini artırırken, yaşayan mimaride bu malzemelerin kullanımı yapının çevreye uyum sağlayabilme potansiyellerini de artırmaktadır [10]. Bu bağlamada yapının temel bileşenlerinden olan ve dış çevre ile iç ortam arasında filtre görevi üstlenen yapı kabukları, akıllı malzemelerin sunduğu geniş yelpazeli kullanım özelliği ile gelişim göstermiştir. Enerji üretme, ısı kayıp ve kazancını dengeleme, güneş ışığından etkin faydalanma ve kendini temizleme gibi özelliklere sahip malzemeler ile tasarlanan yapı kabukları, hem enerji etkin tasarım anlayışına sahip özellikler kazanmakta hem de ekolojik kirlenmelerin önüne geçmiş olmaktadır. Enerji tüketim potansiyelleri yüksek yapı tiplerinden biri olan ofis binaları, yenilikçi malzemelerle donatılan dinamik ve akıllı kabuk tasarımları ile yeniden ele alınmaktadır. Bu çalışmada dinamik ve akıllı yapı kabuğuna malzemedeki değişimin etkisini araştırmak üzere 2000' li yıllarda uygulanan, farklı iklim bölgelerinde bulunan ve enerji etkin anlayışla tasarlanmış dinamik ve akıllı cephe sistemine sahip ofis binalarından, temsili sekiz yapı seçilmiştir. Bu yapıların enerji etkin tasarım özellikleri ve yapı kabuğunda kullanılan malzemeleri Tablo 1' de incelenmiştir.

Tablo 1. Farklı iklim bölgelerinden seçilen akıllı ve dinamik yapı kabuğuna sahip ofis binaları

İncelenen Yapılar		Tasarım Ofisi/Mimarı, Konumu, Proje Yılı	Enerji Etkin Tasarım Özelliği	Kullanılan Malzemeler
ÇÖL İKLİMİ	Al Bahar Tower	-Tasarımcı: Jean Nouvel Architecture -Yeri: Katar -Proje Yılı: 2012	-Soğutma yükünü azaltan önlemler alınmıştır. -Doğal dağınık ışık, iç mekâna faydalı olacak şekilde alınmıştır. -Tasarruflu LED aydınlatma kullanılmıştır. -Enerji üretimini destekleyici akıllı malzeme kullanılmıştır. [11,12,13].	-Klasik (Gölgelendirmeden dolayı clear cam kullanılmıştır.) cam giydirme cepheye yarı geçirgen PFTE ile kaplanmış fiberglas gölgeleme sistemi ve paslanmaz çelik akıllı cephe iskelet sisteminden oluşmaktadır [14]. Her bir kulenin güneye bakan çatısında Nano-PV panel bulunmaktadır [13].
	Doha Tower	-Tasarımcı: Jean Nouvel Architecture -Yeri: Katar -Proje Yılı: 2012	-Gölgeleme cephesinin yoğunluğu oryantasyona bağlı olarak değişmekte ve böylece enerji tasarrufu sağlanmaktadır. -Mashrabiya'nın derisi ile iç perde duvarı arasındaki iki metrelik alan, baca etkisi yaratmaktadır [15].	-Alüminyum cam giydirme cephe üzerinde, alüminyum levhadan tasarlanmış dört katlı güneş kırıcı cephe tasarlanmıştır. -Dia-grid takviyeli beton kullanılmıştır [15].
SICAK - ILIMAN İKLİMİ	Media-TIC Office	-Tasarımcı: Enric Ruiz Geli -Yeri: Barcelona/İspanya -Proje Yılı: 2011	-Sıcaklık kontrolü sağlayacak akıllı malzeme seçimi ile iklimsel koşullara cevap verebilecek önlemler alınmıştır [16]. -Güneş enerjisi kazanımını destekleyici sistem ve malzemeler kullanılmıştır [16,17]. -Çatıda yağmur suyu toplama sistemi kullanılmıştır [18].	-Eko-verimli malzeme olan; etilen tetrafloroetilen (ETFE) kaplaması dört cepheden ikisinde yer almaktadır [17]. -Strüktür sistemi, yedi ve sekiz bölümlü dövme metal kirişlerden yapılmış metal fink kafes kirişlerden oluşmaktadır. -Binada çatı üstü fotovoltaik paneller bulunmaktadır [18].
	Chanel Ginza	-Tasarımcı: Peter Marino Associates -Yeri: Tokyo/ Japonya -Proje Yılı: 2004	-Yapı kabuğunda kullanılan akıllı malzemeler ile güneş kontrolü sağlanmaktadır [19]. -Cephe aydınlatmasında enerji tasarruflu LED kullanılmıştır [20].	-Yapının cephesi, akıllı malzeme kökenli teknolojiler olan elektro-optik cam ve LED sistemleri kullanılarak tasarlanmıştır [20]. -Yapı kabuğunun güneş kontrolü işlevini gerçekleştiren dış katmanın baklava biçimi, petekli çelik strüktüre tutturulmuş çift tabakalı, Low-E, gri, lamine camdır. Arada elektro-optik cam (üzerlerine uygulanan elektrik alanla optik özelliklerini -saydamlık, kırılma indisi vb.- değiştiren) özellikli bir ara katman bulunmaktadır [20].

Tablo 1 Devamı. Farklı iklim bölgelerinden seçilen akıllı ve dinamik yapı kabuğuna sahip ofis binaları

İncelenen Yapılar		Tasarım Ofisi/Mimarı, Konumu, Yapıldığı Yıl	Enerji Etkin Tasarım Özelliği	Kullanılan Malzemeler
ILIMAN – NEMLİ İKLİM	US Embassy	-Tasarımcı: Kieran Timberlake Architects -Yeri: London/İngiltere -Proje Yılı: 2017	-Gölgeleme cephesi, soğutulmuş kirişler, ısı geri kazanım sistemleri, toprak kaynaklı ısı pompaları ile sıcaklık düzenleyici önlemler alınmıştır [21,22]. -Çatıda bulunan fotovoltaik paneller ile enerji kazancı sağlanmaktadır [23]. -Kontol edilebilir havalandırma sistemleri kullanılmaktadır [23]. -Gri su arıtma sistemi ile suyun geri dönüşümü sağlanmaktadır [23].	-Low iron camdan giydirme cephe üzeri alüminyum strüktürlerle EFTE kristal silikon fotovoltaik entegreli hücrelerden oluşan güneş kırıcı kabuk tasarımı kullanılmaktadır [24].
	Unilever Headquarters	-Tasarımcı: Behnish Architekten -Yeri: Hamburg/Almanya -Proje Yılı: 2009	-Termal olarak harekete geçirilmiş betonarme tavan ve yalıtım camının önününe yerleştirilmiş tek kat film ile sıcaklık düzenleyici önemlemler alınmıştır. -Binanın ve işyerinin aydınlatması yeni geliştirilmiş sistem olan SMD-LED kullanılarak, geleneksel halojen veya metal halojenür aydınlatmasından % 70'e kadar verim elde edilmektedir [25].	-Cam giydirme cephe, metal güneş kırıcılar ve EFTE çift kabuk yüzeyi kullanılmaktadır. -EFTE hafif bir malzeme olup aynı zamanda güneş ışığının olumsuz etkilerini absorbe eden bir malzemedir [26].
SOĞUK ILIMAN İKLİM	CJ Blossom Park	-Tasarımcı: Yazdani Studio -Yeri: Gyeonggi-do/Güney Kore -Proje Yılı: 2016	-Gölgeleme cephesi ile gün ışığı kontrolünü maksimum düzeyde sağlamakta ve sıcaklık düzenleyici etki göstermektedir [27]. -	-Cephe tasarımında giydirme cephe ve Low-e cam kullanılmıştır. -Giydirme cephe üzerinde günışığı kontrolü sağlayan ETFE malzemesine benzer özellikler taşıyan PTFE malzeme kullanılmıştır [26].
	Manitoba Hydro	-Tasarımcı: KPMB- Architects -Yeri: Manitoba,Kanada -Proje Yılı: 2010	-Güney atriyum veya kış bahçeleri ile gün boyu temiz hava sirkülasyonu oluşturulmaktadır. -Isı kazanımı (jeotermal enerji ve güneş bacası) mevcuttur. -Enerji verimli aydınlatma sistemi kullanılmaktadır. -%60 enerji verimliliği sağlanmaktadır [28].	-Çift kabuk cephe tasarımında alüminyum giydirme cephe ve Low-e cam kullanılmıştır. -Güney cephede otomatik olarak açılan, mevsim koşullarına cevap verebilen pencereler bulunmaktadır [26].

4. ANALİZ

Yapı kabuğu kavramı ve süreç içerisindeki gelişimi, enerji etkin binalarda cephe malzemelerinde ki değişim, yenilikçi malzemelerin fonksiyonları, dinamik ve akıllı yapı kabuğu ile entegre edildiğinde üstlendiği fonksiyonlar incelenmiştir. Enerji etkin tasarım anlayışıyla üretilmiş, dinamik ve akıllı yapı kabuğuna sahip, 2000'li yıllarda tamamlanmış sekiz örnek ofis binası analiz edilmiştir. Tüm bu veriler ışığında oluşturan analiz tablosunda, incelenen yapıların bulunduğu yer ve iklim özelliği, sahip olduğu enerji etkin özellikler, dinamik ve akıllı cephe özelliği ve cephede kullanılan malzemenin sahip olduğu özellikler, cephe malzemesi olarak tespit edilen yenilikçi malzemelerin etkilerini belirlemek adına dört ana parametre ve bu parametrelerin alt başlıkları üzerinde inceleme yapılmıştır. Yapı kabuğunu iklime duyarlı olmasında malzemenin rolü, ekolojik çevreye faydalı olmasında malzemenin rolü, enerji etkin tasarıma katkı sunmasında malzemenin rolü ve kullanıcı konforu sağlanmasında malzemenin rolü olarak belirlen bu ana başlıklarla, geleceğin kentlerinde enerji etkin binalarda cephe malzemelerindeki değişimin dinamik ve akıllı yapı kabuğuna etkisi Tablo 2'de incelenmiştir. Bu tablodan elde edilecek veriler çalışmanın sonuç kısmını oluşturacaktır.

Tablo 2. Enerji etkin binalarda cephe malzemelerdeki değişimin dinamik ve akıllı yapı kabuğuna etkisinin incelenmesi

İncelenen Yapılar / Parametreler		Al Bahar Tower 	Doha Tower 	Media-TIC Office 	Chanel Ginza 	US Embassy 	Unilever Headquarters 	CJ Blossom Park 	Manitoba Hydro 
İklim Duyarlılığına Katkısı		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ekolojiye Katkısı	Geri dönüştürülebilir	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Karbon salınımı düşük	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Enerji Etkin Tasarıma Katkısı	Enerji üretimi	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
	Enerji korunumu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Isı kayıp-kazançtaki faktörü	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kullanıcı Konforu Sağlamada Rolü	Isıl konfora katkısı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gürültü denetimi	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
	Hava kalitesini iyileştirici	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✗
	Gün ışığından etkin faydalanma	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓

5. SONUÇ

Günümüzde enerji verimliliği binanın konfor koşullarının sağlanmasında, performansın arttırılırken gerekli enerji miktarının optimizasyonunu beraberinde getirmektedir. 21. Yüzyılda binalar bunu farklı tasarım stratejileri ile sağlamakta, öncelikle pasif tasarım ilkeleri devreye girmekte, ikinci etapta tasarımla azaltılmış bu enerji gereksinimini yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılayarak sıfır enerjili bina tasarımını devreye sokmak hedeflenmekte, fosil enerji kaynakları kullanımını sıfırlayarak enerji korunumunu maksimuma çıkarmaktadır. Enerji verimliliğinin arttırılmasında önemli etmenlerden bir tanesi de dinamik ve akıllı cephe tasarımlarıdır.

Dinamik ve akıllı cephe tasarımlarının verimli özellikler göstermesinde, akıllı sistemlerle desteklenmesinin yanı sıra kullanılan malzemeler de önemli bir yer tutmaktadır. Gelişen teknolojiyle değişen malzemeler, kendilerine kazandırılan farklı fonksiyonlarla hem ekolojik, hem enerji verimli hem de akıllı özellikte olabilmektedir.

Tablo 2'de yapılan incelemeler yapı kabuğunda kullanılan malzemelerin çoğunlukla uygulanan bölgenin iklimsel özellikleri dikkate alınarak seçim yapıldığı ve 'iklime duyarlı yapı kabuğu' tanımlamasına yenilikçi malzemelerin yapısal özellikleriyle katkıda bulunduğunu göstermektedir. İklim özelliğine cevap verecek nitelikte olmayan malzemelerin ise fonksiyonel yapısından faydalanılarak istenilen yoğunlukta ve istenilen tasarımda iklime cevap verebilir şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir. Diğer ana başlıklardan elde edilen sonuç, kullanılan yenilikçi malzemelerin genel olarak ekolojik dengeye saygılı, enerji üretimi (incelenen örneklerin hepsinde fotovoltaik paneller ile bu madde sağlanmıştır.), enerji korunumu, ısı kayıp kazaç faktörü gibi özellikler ile enerji etkin tasarım anlayışında ve tüm bu özelliklerine ek olarak kullanıcı konforu sağlamada da etkili özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma sonucunda yapı kabuğunun enerji etkinliğinin sağlanması, ekolojik özellikler kazanması, iç mekan konforunun arttırılmasında, binada kullanılan malzemelerin rolü büyüktür ve malzemelerin performanslarındaki gelişim, bina performansının artmasını sağlamaktadır.

Yenilikçi malzemelerin yapı kabuğunda kullanılmasıyla enerji verimli, yüksek performanslı, kaynak ve enerji kullanımını azaltan, çevreye daha az zarar veren, daha konforlu ve dolayısıyla daha sürdürülebilir cepheler hiç şüphesiz geleceğin sürdürülebilir binalarının üretilmesinde mimarların en büyük yardımcısı olacaktır. Akıllı malzemelerle ve akıllı sistemlerle yenilik kazanan yapı kabuklarının oluşturduğu akıllı bina tasarımları ve akıllı binaların çoğalmasıyla, yeni nesil teknolojilerin sunduğu sürdürülebilir çözümleri tüm şehir yönetimi süreçlerine entegre ederek oluşturulabilacek akıllı şehirler ile geleceğin kentlerinde büyük metropollerin güncel sorunlarının çözüme kavuşabilmesi olasıdır. Böylece geleceğin kentlerinde küresel trendler doğrultusunda değişen ve gelişen yapı malzemelerinin kullanımı ile akıllı sistemlerle desteklenen enerji etkin-ekolojik-akıllı binalar ın tasarımı ile kentlerin sürdürülebilirliğine önemli katkıda bulunulması mümkün olacaktır.

REFERANSLAR

[1] Ayçam, İ. (2011). Enerji Etkin Ofis Binalarinda Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
[2] ŞENKAL SEZER, F. (2003). Giydirme Cephe Kavramı. Mimarlık Dergisi, 311, Mayıs-Haziran, URL: http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=8&RecID=206, Son Erişim Tarihi: 20.06.2018
[3] KNAACK U., KLEIN T. (2008). The Future Envelope 2 Architecture-Climate-Skin. Research in Architectural Engineering Series Volume 9, IOS Press BV
[4] KNAACK U., KLEİN T.(2007) Façades-Principles of Construction", Birkhauser Verlag AG, Basel, Boston, Berlin
[5] Negroponte, N.(1970). The Architecture Machine, M.I.T. Press, Cambridge.
[6] Orhon, A. V.(2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı. Ege Mimarlık, sayı: 82
[7] Bilgiç, S. (2002). Akıllı Cephe Sistemleri. Ege Mimarlık, 44(1), 21-25.
[8] Eriç M., 2002, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul

[9] Sharp, S.R., Clemena, G.G. (2004). State of the art survey of advanced materials and their potential application in highway infrastructure, Charlottesville, Virginia Transportation Research Council.
[10]Gezer H. (2008). Akıllı (Smart) Malzemenin Mimari Ve İçmimaride Kullanılması. 4.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi. TMMOB yayını, ISBN 978-9944-89-663-7, İstanbul, s.329-341
[11]http://www.ctbuh.org/TallBuildings/FeaturedTallBuildings/FeaturedTallBuildingArchive2012/AlBaharTowersAbuDhabi/tabid/3845/language/en-US/Default.aspx, Son Erişim Tarihi: 20.04.2018
[12] https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas , Son Erişim Tarihi: 20.04.2018
[13]http://emiratesgbc.org/wp-content/uploads/2015/02/Abu-Dhabi-Market-Brief-FINAL-2014-07-15.pdf , Son Erişim Tarihi: 20.04.2018
[14]Aedas, mimarın röportajı, http://www.aedas.com/Al%20Bahr%20Towers ,Son Erişim Tarihi: 20.04.2018
[15]KARAKUŞ, G.(2016). Doha Tower, 2016 On Site Review Report
[16]https://www.world-architects.com/lv/architecture-news/reviews/media-tic , Son Erişim Tarihi: 01.06.2018
[17]Suner A. "Adaptive Architecture: Çevresel etkenlere göre değişebilen mimari, Ekoyapı Dergisi (5), Mayıs-haziran, 2011. /, Son Erişim Tarihi: 02.06.2018
[18]https://arch5541.wordpress.com/2012/09/29/cloud9-media-tic/ , Son Erişim Tarihi: 17.07.2018
[19]Weathersby, W., "Chanel Ginza", Architectural Record, 11, 2005.
[20]Ritter, A., "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhauser, Basel, 2007.
[21]https://www.designbuild-network.com/projects/newusembassylondon/, Son Erişim Tarihi: 05.06.2018
[22]https://www.dezeen.com/2010/02/24/new-london-embassy-by-kierantimberlake/, Son Erişim Tarihi: 05.06.2018
[23]https://www.architecturalrecord.com/articles/13162-us-embassy-in-london-by-kierantimberlake, Son Erişim Tarihi: 05.06.2018
[24]https://kierantimberlake.com/pages/view/88/embassy-of-the-united-states-of-america/parent:3, Son Erişim Tarihi: 17.07.2018
[25]https://www.archdaily.com/41761/unilever-headquarters-behnisch-architekten , Son Erişim Tarihi: 18.07.2018
[26]Linn, C. (2014). *Kinetic Architecture: Design For Active Envelopes.* Australia:The Images Publishing Group Pty Ltd.
[27]Michler, A. (2012). CJ Reserach Center's Kinetic Folding Facade / Yazdani Studio, eVolo. http://www.evolo.us/architecture/cj-research-centers-kinetic-folding-facade-yazdani-studio/, Son Erişim Tarihi: 11.06.2018
[28]KUWABARA, B., AUER, T., AKERSTREAM, T., and PAULS, M. (2013 September). Manitoba Hydro Place: Design, Construction, Operation - Lessons Learned. PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future, Munich, Germany