

## Çağdaş Mimarlık Bağlamında Akıllı Yapı Malzemelerinin Kullanımının Araştırılması

### Researching the Use of Smart Building Materials in the Context of Contemporary Architecture

Aslı ÇÜÇEN, Adem SOLAK  
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Doi: 10.51764/smutgd.1203403

Geliş Tarihi : 13.11.2022

#### ÖZET

Kabul Tarihi : 11.01.2023

Günümüzdeki teknolojik ilerlemelere paralel olarak yapı malzemesi sektöründe de gelişim görülmektedir. Yapı malzemeleri disiplinine günümüz teknolojisinin entegre edilmesiyle birlikte akıllı yapı malzemeleri kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı yapı malzemelerinin üretim sürecinin başlamasıyla beraber bu malzemeler çağdaş mimari uygulamalarda da sıklıkla tercih edilen yapı malzemeleri haline gelmiştir. Bu çalışmada, akıllı yapı malzemelerinin çağdaş mimarlık bağlamında ele alınarak değerlendirilmede bulunulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında akıllı yapı malzemeleri ve bu malzemelerin günümüz mimarisinde kullanılma durumu örnek yapılar üzerinden incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; akıllı malzemelerin mimaride kullanılmasıyla birlikte geleneksel yapı malzemelerinden elde edilemeyen çözümlerin geliştirilmesini olanaklı kıldığı, yapılarda kullanıcı konforunu arttırmaya yönelik etki gösterdiği, kullanıldığı yapılarda enerji korunumunu sağladığı, yapıya sürdürülebilir nitelik kazandırdığı ve yapılardan beklenen performansın optimum düzeyde sağlanmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çağdaş mimarlık, Akıllı malzeme, Akıllı yapı malzemesi.

#### ABSTRACT

In parallel with today's technological advances, there is also a development in the building material sector. With the integration of today's technology into the building materials discipline, the concept of smart building materials has emerged. With the start of the production process of smart building materials, these materials have become the building materials that are frequently preferred in contemporary architectural applications. In this study, it is aimed to evaluate smart building materials in the context of contemporary architecture. Within the scope of the study, smart building materials and the use of these materials in today's architecture were examined through sample structures. As a result of the examination; It has been concluded that with the use of smart materials in architecture, it makes it possible to develop solutions that cannot be obtained from traditional building materials, influences increasing user comfort in buildings, provides energy conservation in the buildings where it is used, provides a sustainable quality to the structure and is effective in providing the optimum performance expected from the buildings.

**Keywords:** Contemporary architecture, Smart material, Smart building material.

## **1.GİRİŞ**

İlk çağlardan itibaren her alanda ihtiyaç duyulan malzeme kavramı teknolojinin ilerlemesi ile birlikte dönem içerisinde sürekli gelişim göstererek mimari yapıtların şekillenmesinde de önemli yer tutan bir kavram olmaktadır.

Malzeme bilimi ve mimarlık ilişkisi incelendiğinde; malzemelerin formları, dokusal özellikleri ve yapısal nitelikleri ile mimari tasarımların şekillendirilmesinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Genel anlamda yapı malzemelerinden; kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilmesi, ekonomik, yerel kaynaklardan temin edilebilir, kaliteli, çevre dostu ve sürdürülebilir nitelikte olması beklenmektedir.

Günümüzdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak yapı malzemesi alanında da ilerlemelerin görülmesi ile birlikte yenilikçi, kaliteli ve performansı yüksek yapı malzemelerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Temel, 2021; Yüksel Ayvaz, 2019). Bu çalışmaların bir sonucu olarak da akıllı yapı malzemeleri kavramı ortaya çıkmıştır.

Akıllı yapı malzemeleri kullanım ömrü boyunca faydalı ve kaliteli dönüşümler yaparak, kullanıcı konforunu ve yapısal performansın artırılmasını hedefleyen malzemelerdir. Bu malzemeler geleneksel malzemelere göre daha işlevsel olmasından dolayı günümüz mimarisinde de sıklıkla tercih edilen yapı malzemeleri haline gelmiştir.

Akıllı yapı malzemeleri ile ilgili literatürde yapılmış olan çalışmalar aşağıda verilmiştir;

Kayılı (2019) tarafından yapılmış olan çalışmada; akıllı yapı malzemelerinin kamu yapılarında kullanımının etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında bazı kamu yapıları akıllı yapı malzemeleri ile yeniden kurgulanmıştır. Çalışma sonucunda ele alınan kamu yapıları üzerindeki yeni malzeme kurgulamaları sonucunda çıkan analizler ve görseller incelenmiş ve akıllı malzeme kullanımı ile yapıların işlevselliği, görsel algısı, ısı ve görsel konforu ile çevre koşullarına uyum ve enerji etkinliğinin artırılmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Özgönül Şensan (2019) tarafından yapılmış olan yüksek lisans tez çalışmasında; akıllı yapı malzemelerin sürdürülebilir mimarlıkta kullanımının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir mimarlık kavramlarını incelenerek mimarlıkta kullanılacak olan akıllı yapı malzemeleri belirlenmiş ve bu malzemelerin sürdürülebilirlik açısından yapılarda kullanımını araştırılmıştır.

Yüksel Ayvaz (2019) tarafından yapılmış olan yüksek lisans tez çalışmasında; akıllı malzemelerin türleri, özellikleri, tarihçesi, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları incelenerek bu malzemelerin uygulama örnekleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda akıllı malzemelerin farklı özelliklere sahip olduğu ve daha çok dış mekanda tercih edildiği, çeşitli malzemelerle birlikte uygulanabildiği, en yaygın kullanılan malzeme türünün adezyon değiştiren akıllı malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Dobrescu (2021) yapmış olduğu çalışmasında, inşaat ve mimaride kullanılacak malzeme türlerinin genel perspektiften bakarak, yenilikçi teknikler ile üretilmekte olan akıllı yapı malzemelerinin mimaride kullanılabilirliğini geliştirecek önerilerde bulunmuştur.

Bu çalışmada; teknolojinin malzeme biliminde kullanımına örnek olan akıllı yapı malzemesi kavramı, çağdaş mimarlık bağlamında örnek mimari uygulamalar ışığında incelenmiştir.

## **2. AKILLI MALZEMELER**

Akıllı malzeme kavramı en genel tanımıyla, bir malzemenin kimyasal, mekanik veya fiziksel etkiler gibi dış uyaranlara karşı reaksiyon göstererek kullanım ömrü boyunca işlevini kaybetmeden kullanılabilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Karalı, 2019; Temel, 2021).

Akıllı malzemelerin birden fazla çevresel etkiye karşı reaksiyon gösterebilmesi, reaksiyonu gerçek zamanda verebilmesi ve kendi kendine faaliyete geçerek çalışabilir olması gibi özelliklere sahip olması beklenmektedir (Addington ve Schodek, 2005).

Akıllı malzemelerin; esnek, hafif ve korozif etkilere karşı dayanıklı olması, çağdaş mimari tasarımlara imkân verebilmesi, kullanıcı konforunu optimum oranda sağlayabilmesi, estetik ve işlevsel olması, geleneksel malzemelere oranla daha gelişmiş özelliklere sahip olması gibi avantajları bulunmaktadır.

Akıllı malzemelerin; özellik değiştiren akıllı malzemeler, enerji alışverişinde bulunan akıllı malzemeler ve madde alışverişinde bulunan akıllı malzemeler olarak 3 ana grup altında sınıflandırılması mümkündür (Ritter, 2007; Özgönül Şensan, 2019).

## **2.1 Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler**

Herhangi bir dış etki ile malzemenin şekilsel, fiziksel, optik ve mekanik özellikleri gibi bir veya daha fazla özelliklerinde değişim görülen ve uyarıcı etken ortadan kalktığında eski haline geri dönebilen malzemeler özellik değiştiren akıllı malzemeler olarak nitelendirilmektedir.

Özellik değiştiren akıllı malzemeler; şekil değiştiren malzemeler, renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler ve adezyon değiştiren malzemeler olarak sınıflandırılabilir.

Şekil değiştiren akıllı malzemeler, ısı, ışık, manyetik ve elektriksel etki veya kimyasal etkiler gibi uyaranlara göre malzemenin şekilsel veya boyutsal özelliklerinde değişimler meydana gelen malzemelerdir (Abeer, 2017). Plastik deformasyona uğradıktan sonra uygun sıcaklık altında eski boyutsal özelliklerine dönebilen malzemeler olan şekil hafızalı alaşımlar şekil değiştiren akıllı malzemeler arasından en yaygın kullanım alanı bulan malzemelerdir.

Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler, ısı, sıcaklık, ışık gibi bir dış uyaran ile malzemenin optik özelliklerinde görülen değişimler nedeniyle malzeme üzerinde renk değişikliği olduğu algısı yaratan malzemelerdir. Bu tür malzemeler kromik malzeme olarak adlandırılmaktadır. Kromik malzemelerden renk ve optik özelliklerini ışık etkisi ile değiştiren malzemeler elektrokromik, ısı uyarıcısı ile değiştirenler termokromik, kimyasal tepkimeler sonucunda meydana gelen gaz etkisi ile gerçekleştiren malzemeler ise gazokromik malzemeler olarak nitelendirilmektedir (Kienl, 2002).

Kromik malzemeler çağdaş mimari tasarımlarda çoğunlukla cam teknolojisine entegre edilmiş şekilde kullanılmaktadır (Çakmaklı vd., 2015). Özellikle günümüzde kullanımı yaygınlaşan üzerine etkiyen ısı ve ışık gibi etkenler doğrultusunda renk ve optik özellikleri değişkenlik gösteren ve akıllı cam olarak nitelendirilen malzemeler kromik malzemelere örnek olarak gösterilebilmektedir.

Adezyon değiştiren akıllı malzemeler ise, ısı, ışık, elektriksel kuvvet gibi dış uyaranlar ile malzemenin katı, sıvı veya gaz bileşenlerinin atom veya molekülleri arasında adezyon değişikliği olan malzemelerdir. Adezyon değiştiren malzemelerden en sık kullanılan malzemenin Titanyumdioksit ( $TiO_2$ ) olduğu bilinmektedir (Orhon, 2012). Titanyum dioksit kullanıldığı malzeme yüzeylerinde bulunan maddelerin ışık etkisi ile parçalanmasına yardımcı olmaktadır. Bu özelliği sayesinde malzemelerin ışık etkisi ile kendi kendini temizleme özelliği kazandırmaktadır. Bu nedenle çağdaş mimari tasarımlarda sıklıkla kullanılan malzemelerden biridir.

## **2.2 Enerji Alışverişinde Bulunan Akıllı Malzemeler**

Dış ortam ve malzeme yapısı arasında enerji alışverişinin gerçekleşmesiyle malzeme özelliklerinde değişimler görülen malzemeler enerji alışverişinde bulunan akıllı malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Enerji alışverişinde bulunan akıllı malzemeler elektrik üretebilen, enerji değişimi yapabilen ve ışığın yayılmasını sağlayabilen malzemeler olarak sınıflandırılmaktadır.

Elektrik üretebilen malzemeler; dış kaynaklardan almış olduğu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren malzemelerdir. Bu tür malzemelere piezoelektrik ve piroelektrik malzemeler örnek olarak verilebilmektedir (Yüksel Ayvaz, 2019).

Piezoelektrik malzemeler, malzeme üzerine etkiyen herhangi bir mekanik kuvvet etkisiyle malzeme yapısında elektriksel gerilim oluşturabilme yetisi olarak tanımlanan piezoelektrik olayını kullanarak elektrik üretimi yapan malzemelerdir (Aslan, 2016). Piezoelektrik malzemelerden olan kurşun zirkonat titanat (ZT), baryum titanat ( $BaTiO_3$ ) ve PVDF (polivinilidin florid) malzemeler en çok bilinen piezoelektrik malzemelerdendir (Ritter, 2007; Sevgi, 2009).

Piroelektrik malzemeler, malzemelerin ısıtılması ile malzeme yüzeyinde statik elektrik oluşturması olan piroelektrik olayı yardımıyla elektrik üretimi yapan malzemelerdir. Kuvars, turmalin, triglisin sülfat, PVDF (polivinilidin florid) ve kurşun zirkonat uygulamalarda sıklıkla tercih edilen piroelektrik malzemelerdir (Yazıcı vd., 2004; Abacı, 2018).

Enerji değişimi yapabilen malzemeler; dış etkiler ile bünyesinde enerji değişimi yapabilme özelliği gösteren malzemelerdir (Topal ve Arpacioğlu, 2020). Bu tür malzemeler ve güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilme yetisine sahip olan fotovoltaik malzemeler günümüz mimarisinde de özellikle dış cephe kaplamalarında yaygın kullanıma sahip malzemelerdendir.

Işık yayılımı yapabilen malzemeler; dış ortamdan almış olduğu enerjiyi radyasyon enerjisine dönüştürerek ışık yayılımı yapabilen malzemelerdir. Bu tür malzemeler, Kemolüminesans, Fotolüminesans, Elektrolüminesans olarak sınıflandırılmaktadır. Kemolüminesans malzemenin kimyasal reaksiyonlar sonucunda ışık yayması, Fotolüminesans malzemenin radyasyon enerjisi ile ışık yayması ve Elektrolüminesans ise malzemenin elektriksel akımına bağlı olarak ışık yayması durumu olarak tanımlanmaktadır (Baldawi, 2015).

### 2.3 Madde Alışverişinde Bulunan Akıllı Malzemeler

Madde alışverişinde bulunan akıllı malzemeler madde depolayabilme ve tersinir olarak madde alıp verebilen malzemelerdir. Bu tür malzemeler çeşitli fiziksel veya kimyasal tepkimelerle maddeleri bileşenlerine ayırıp tekrar moleküllerin birbirine bağlanmasını gerçekleştirebilen ürünlerdir. Bu malzemelerden biri olan gaz ve su depolayabilen malzemeler günümüz uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ritter, 2007; Yağlı, 2019).

## 3. AKILLI YAPI MALZEMELERİNİN MİMARİDE KULLANIM ÖRNEKLERİ

### 3.1 San Raffaele Hastanesi

Mario Cucinella Architects tarafından tasarlanan binanın inşaa süreci 2021 yılında Milano'da tamamlanmıştır. 40.000 m<sup>2</sup> inşaat alanına sahip olan yapı, içerisinde 284 yatak kapasiteli hasta servisini, bilimsel araştırma ve klinik laboratuvarlarını barındıran uluslararası tanınırlığı olan sağlık ve eğitim kompleksidir. Dalgalı forma sahip olan bina cephesinde, yapının doğal ışıktan faydalanabilmesi ve dış mekan ile ilişki kurabilmesi amacıyla cam kaplama tercih edilmiştir. Cam kaplamaların üzeri açılıp kapanabilen seramik paneller ile kapatılmıştır. Seramik panel yüzeyleri yapıda ısı korunumunun sağlanabilmesi ve kirli hava partiküllerinin malzeme üzerinde parçalanıp cephenin temiz kalması için TiO<sub>2</sub> malzeme ile kaplanmıştır. Bu sayede yapının cephe kaplamalarının uzun yıllar bakım gerektirmeden kullanılabilirliği sağlanmıştır (URL- 1)

San Raffaele Hastanesi'nin genel görünümü ve yapının cephe detayı Şekil 1 (URL-2) ve Şekil 2'de (URL-3) gösterilmiştir.



Şekil 1. San Raffaele Hastanesi genel görünüm



Şekil 2. San Raffaele Hastanesi cephe detayı

### 3.2 Gateshead Milenyum Köprüsü

2001 yılında İngiltere'de inşa edilen köprü, Wilkinson Eye Architects tarafından tasarlanmıştır. 126 metre uzunluğa ve 800 ton ağırlığa sahip olan köprü, sadece yayalar ve bisiklet kullanıcılarının kullanımına olanak tanımaktadır (URL-4). Ayrıca köprü'nün deniz araçlarının geçişine de izin verebilmesi için açılır kapanır olarak tasarlanmıştır. Yapı, bu açılıp kapanma hareketini çelik konstrüksiyonun üzerine uygulanmış olan piezoelektrik

boya sayesinde yapabilmektedir. Piezoelektrik boya, yapıda elektrik potansiyelini kontrol altına alarak yapının strüktürel davranışının izlenmesinde kullanılmıştır (Yüksel Ayvaz, 2019). Yapı; yapım tekniği ve tasarımı ile 2005 yılında Uluslararası Köprü ve Yapı Mühendisliği Birliği - International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) tarafından verilen Olağanüstü Yapı Ödülü'nü (Outstanding Structure Award) almaya hak kazanmıştır.

Gateshead Milenyum Köprüsü'nün genel görünümü ve strüktürel davranışı Şekil 3 (URL-5) ve Şekil 4'te (URL-6) verilmiştir.



**Şekil 3.** Gateshead Milenyum Köprüsü'nün genel görünüm



**Şekil 4.** Gateshead Milenyum Köprüsü'nün açılma anı

### 3.3 Stavros Niarchos Kültür Merkezi

Renzo Piano Building Workshop tarafından tasarlanan ve 2016 yılında inşa süreci tamamlanan bina Atina'da yer almaktadır. Yapı; Yunanistan Ulusal Kütüphanesi ve Yunan Ulusal Opera binasını bünyesinde barındıran kültür ve eğitim merkezidir. Yapının elektrik ihtiyacının güneşten karşılanabilmesi için yapının en üstünde yer alan çatı kanopisinin üzeri fotovoltaik paneller ile kaplanmıştır. Bu fotovoltaik paneller yaklaşık olarak 10.000 m<sup>2</sup> alana sahip olup yapı için gerekli olan 2,5 megawattlık enerji üretebilme kapasitesine sahiptir (URL-7). Fotovoltaik güneş panelleri yapının enerji etkin bir yapı olmasını sağlamasının yanında aynı zamanda mekanik ve strüktürel bilgiyi doğayla bütünleştiren bir eser olmasında da etkili olmaktadır.

Stavros Niarchos Kültür Merkezi'nin genel görünümü ve yapıda kullanılmış olan fotovoltaik paneller Şekil 5 (URL-8) ve Şekil 6'da (URL-9) verilmiştir.



**Şekil 5.** Stavros Niarchos Kültür Merkezi genel görünüm

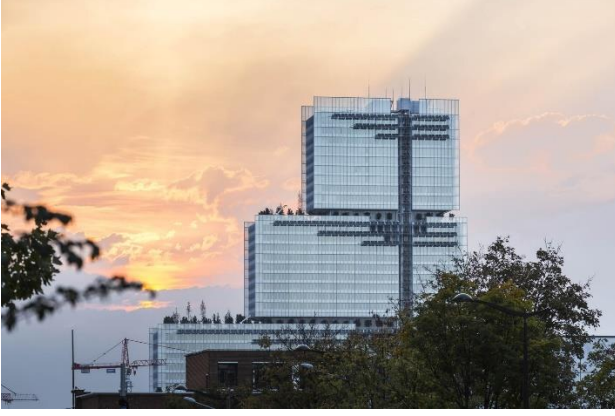


**Şekil 6.** Stavros Niarchos Kültür Merkezi fotovoltaik paneller

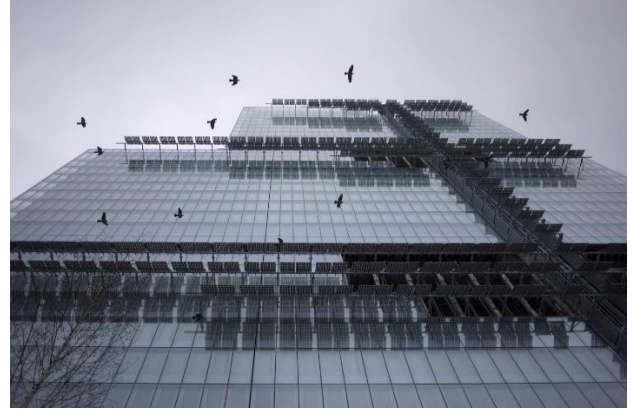
### 3.4 Paris Adalet Sarayı

2016 yılında inşa edilen bina Paris'in tüm yargı kurumlarını tek bir çatı altında toplamak amacıyla Renzo Piano Building Workshop tarafından tasarlanmıştır. Üst katlara doğru giderek küçülen dikdörtgen kütlelerden oluşan yapı 160 metre yüksekliğe sahiptir (URL-10). Yapının daralan formu ile yapı hem daha işlevsel hem de daha ferah mekan alternatifleri olan bir yapı haline gelmiştir. Yapının güneş enerjisinden faydalanması ve yapıda enerji korunumunun sağlanabilmesi amacıyla yapının cepheleri fotovoltaik paneller ile kaplanmıştır.

Paris Adalet Sarayı genel görünümü ve yapı cephesinde kullanılan fotovoltaik paneller Şekil 7 (URL-11) ve Şekil 8'de (URL-12) gösterilmiştir.



Şekil 7. Paris Adalet Sarayı genel görünüm



Şekil 8. Paris Adalet Sarayı fotovoltaik paneller

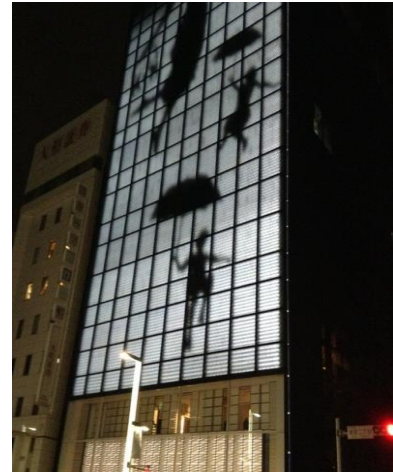
### 3.5 Tokyo Chanel Ginza Binası

Peter Marino tarafından tasarlanmış olan binanın inşa süreci 2004 yılında tamamlanmıştır. 10 katlı olarak inşa edilen bina, içerisinde butik mağazaları, sergi ve konser salonlarını, ofisleri ve yeme içme mekanlarını barındırmaktadır. Yapının cephesi geceleri medya ekranına dönüşebilmesi için akıllı malzemelerden biri olan ve üzerine etkiyen elektriksel kuvvete tepki olarak optik özelliklerini değiştirebilme yetisi olan elektro-optik camlar kullanılarak kaplanmıştır. Yapının cephesi üç adet katmandan oluşmaktadır. En dış katman, güneş ışığı kontrolünü sağlayabilen lamine camdan, orta katman elektro-optik özellikli cam katmandan ve en iç katman ise yapısına LED sistem entegre edilen cam katmandan oluşmaktadır (Orhon, 2013). Cephe, gündüzleri şeffaf bir görüntü sağlarken geceleri iç katmanda yer alan LED ışıkların çalışmaya başlaması ile elektro-optik camlar harekete geçmekte ve cephenin medya ekran haline gelmesi sağlanmaktadır. Elektro optik cam kullanımı ile yapının görsel etkisinin ve davetkarlığının artırılmasına katkı sağlanmaktadır.

Tokyo Chanel Ginza Binası'nın gündüz ve gece görüntüleri Şekil 9 (URL-13) ve Şekil 10'da (URL-14) verilmiştir.



Şekil 9. Tokyo Chanel Ginza Binası gündüz görünümü



Şekil 10. Tokyo Chanel Ginza Binası gece görünümü

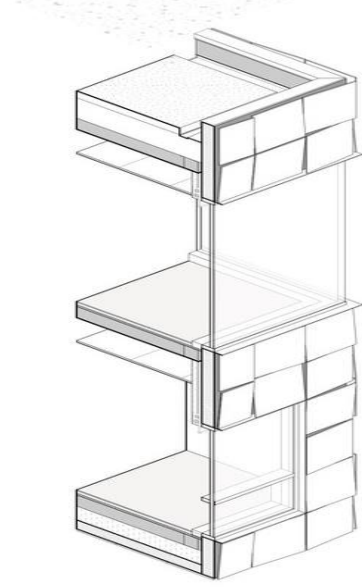
### 3.6 Copenhagen International School

C.F. Moller Architects tarafından tasarlanmış olan bina, 2017 yılında inşa edilmiştir. 25.000 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahip olan bina bünyesinde 1200 öğrenci ve 280 çalışanın aynı anda kullanabileceği uluslararası bir eğitim merkezidir. Okul binasının cephesinde 1200 adet fotovoltaik panel yerleştirilerek binanın elektrik gereksiniminin güneşten karşılanması sağlanmıştır (URL-15).

Copenhagen International School binasının genel görünümü ve cephe detayı Şekil 11 (URL-16) ve Şekil 12'de (URL-17) verilmiştir.



Şekil 11. Copenhagen International School binasının genel görünüm



Şekil 12. Copenhagen International School binası cephe detayı

### 3.7 Bertram ve Judith Kohl Binası

Mimar Westlake Reed Leskosky tarafından tasarlanan binanın inşa süreci 2010 yılında tamamlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan yapı buradaki müzik konservatuarına sonradan eklenmiş ek yapı niteliğinde olan bir eğitim binasıdır. Yapının cepheleri alüminyum paneller ile örtülmüştür. Bu alüminyum panellerin bünyesine TiO<sub>2</sub> bileşeni eklenmesiyle birlikte panellere fotokatalitik özellik kazandırılmıştır (Orhon, 2014). Fotokatalitik özellik sayesinde yapının cephelerine güneş ışığı etkilemesi ile birlikte cephe üzerinde bulunan toz partiküller temizlenmektedir.

Bertram ve Judith Kohl Binası genel görünümü ve cephede kullanılan alüminyum paneller Şekil 13 (URL-18) ve Şekil 14'te (URL-19) gösterilmiştir.



Şekil 13. Bertram ve Judith Kohl Binası genel görünüm



Şekil 14. Cephede kullanılan alüminyum paneller

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada akıllı yapı malzemeleri ve akıllı yapı malzemelerinin mimari uygulamalarda kullanımı araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda akıllı malzemelerin kullanımının günümüz uygulamalarında giderek yaygınlaştığı, bu malzemelerin yapılarda genellikle cephe kaplamalarında tercih edildiği, akıllı yapı malzemelerinin yapılarda çoğunlukla geleneksel yapı malzemeleriyle bir arada kullanıldığı, bu malzemelerin mimari uygulamalarda kullanılması ile birlikte enerji korunumunu sağlamada, kullanıcı konforunu artırmada, yapıdan beklenen performansın en iyi şekilde sağlanmasında ve yapıların modern, sürdürülebilir ve estetik bir görünüm kazandırılmasında etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Günümüzde gelişim göstermeye devam eden teknoloji ile birlikte akıllı yapı malzemesi üretiminde de artış olacağı düşünüldüğünde akıllı yapı malzemelerini konu edinen çalışmaların ilerleyen süreçlerde de devam ettirilerek yeni tekniklerin geliştirilmesi önerilmektedir.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar, makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### KAYNAKLAR

- Abacı, VM. Piezoelektrik yamalı akıllı partikül takviyeli metal matrisli kompozitlerin serbest titreşim analizi ve aktif titreşim kontrolü. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, Türkiye, 2018.
- Abeer, S.Y.M. Smart materials innovative technologies in architecture: towards innovative design paradigm. Energy procedia 2017; 115,139-154
- Addington, M., & Schodek, D. Smart materials and new technologies for architecture and design professions. Harvard University, Architectural Press, Elsevier. New York, 2005.
- Aslan, H. Piezoelektrik malzemelerle asfalt yollarda elektrik enerjisi üretimi, 4. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Kasım 2016, Antalya, Bildiriler Kitabı, 1809-1816.
- Baldawi, M.T. Application of smart materials in the interior design of smart houses. Civil and Environmental Research 2015; 7(2), 1-15.
- Çakmaklı, B., Ateş Can, S. ve Muraçal, E. Deprem ve mimarlıkta kullanılan polimer malzemeler, Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, Mayıs 2015, Burdur, Bildiriler Kitabı, 448-455.
- Dobrescu, L. A. From traditional to smart building materials in architecture. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2021; 1203(3), 032113.
- Karalı, C.H. Akıllı malzemelerin iç mimarlıkta kullanımı. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 2019.
- Kienl, N. Evaluating dynamic building materials, Harvard University Doktora Tezi, Cambridge, 2002.
- Orhon, A.V. Akıllı malzemelerin mimarlıkta kullanımı, Ege Mimarlık 2012; 82,18-21.
- Orhon, AV. Akıllı yapı kabukları. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi 17-20 Nisan 2013, İzmir.
- Orhon, AV. Kendini temizleyen cephe sistemleri. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3-4 Nisan 2014, İstanbul.
- Özgönül Şensan, Ö. Use of smart materials in the design of dynamic intelligent surfaces. The Graduate School of Social Sciences of Izmir University of Economics Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye, 2019
- Ritter, A. Smart materials in architecture, interior architecture and design. Birkhause, Publishers for



Architecture. Almanya, 2007.

Sevgi, H. E. Piezoelektrik yamalı katmanlı kompozit bir kirişin titreşim analizi ve kontrolü, , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 2009.

Temel, S. Malzeme bilimindeki gelişmelerin mimarlık disiplini üzerine etkileri: akıllı malzemeler. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 2021.

Topal, AS. ve Arpacıoğlu, Ü. Mimarlıkta akıllı malzeme. Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi 2020; 5(2), 241-254.

URL-1 San Raffaele Hastanesi [San Raffaele Hastanesi – Yapı Dergisi \(yapidergisi.com\)](http://yapidergisi.com) Erişim Tarihi: 26.09.2022.

URL-2 San Raffaele Hastanesi Genel Görünüm <https://yapidergisi.com/wp-content/uploads/2022/08/San-Raffaele-Hospital-ph-Duccio-Malaqamba-%C2%A9Mario-Cucinella-Architects-7-Medium.jpg> Erişim Tarihi: 26.09.2022

URL-3 San Raffaele Hastanesi Cephe Detayı <https://www.archdaily.com/981657/san-raffaele-hospital-mario-cucinella-architects/627a44023f79d9016595a6ad-san-raffaele-hospital-mario-cucinella-architects-facade-detail> Erişim Tarihi: 26.09.2022

URL-4 Gateshead Milenyum Köprüsü [Gateshead Milenyum Köprüsü - StructPedia](http://StructPedia) Erişim Tarihi: 01.10.2022.

URL-5 Gateshead Milenyum Köprüsü Genel Görünüm <https://decombo.com/wp-content/uploads/2019/11/unlu-kopruler-iliginc-kopru-tasarimlari-2.jpg> Erişim Tarihi: 01.10.2022.

URL-6 Gateshead Milenyum Köprüsünün Srtüktrel Davranışı [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Gateshead\\_millennium\\_bridge\\_open.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Gateshead_millennium_bridge_open.jpg) Erişim Tarihi: 01.10.2022.

URL-7 Stavros Niarchos Kültür Merkezi [Stavros Niarchos Kültür Merkezi / RPBW - Arkitektuel](http://RPBW - Arkitektuel) Erişim Tarihi: 10.10.2022.

URL-8 Stavros Niarchos Kültür Merkezi Genel Görünüm <https://www.arkitektuel.com/wp-content/uploads/2019/02/snfcc-18.jpg> Erişim Tarihi: 10.10.2022.

URL-9 Stavros Niarchos Kültür Merkezi Fotovoltaik Paneller [https://www.arkitera.com/wpcontent/uploads/2016/09/RPBW\\_SNFCC\\_0515\\_135.jpg.jpeg](https://www.arkitera.com/wpcontent/uploads/2016/09/RPBW_SNFCC_0515_135.jpg.jpeg) Erişim Tarihi: 10.10.2022.

URL-10 Paris Adalet Sarayı [Paris Adalet Sarayı / Renzo Piano Building Workshop - Arkitektuel](http://Renzo Piano Building Workshop - Arkitektuel) Erişim Tarihi: 13.10.2022.

URL-11 Paris Adalet Sarayı Genel Görünüm [https://images.adsttc.com/media/images/5a14/5b9f/b22e/38df/8800/001c/slideshow/photo-SG-2017-RPBW-palais\\_de\\_justice-paris17\\_IMP-A-08.jpg?1511283611](https://images.adsttc.com/media/images/5a14/5b9f/b22e/38df/8800/001c/slideshow/photo-SG-2017-RPBW-palais_de_justice-paris17_IMP-A-08.jpg?1511283611) Erişim Tarihi: 13.10.2022.

URL-12 Paris Adalet Sarayı Fotovoltaik Paneller <https://images.adsttc.com/media/images/5a14/5bf7/b22e/385a/fe00/000b/slideshow/PJP.jpg?1511283699> Erişim Tarihi: 14.10.2022.

URL-13 Tokyo Chanel Ginza Binası Gündüz Görünümü <https://i.pinimg.com/originals/a5/8d/15/a58d15c81aa4feb1bd5dae3eb74e1a09.jpg> Erişim Tarihi:15.10.2022

URL-14 Tokyo Chanel Ginza Binası Gece Görünümü [https://fastly.4sqi.net/img/general/600x600/7789792\\_V1Gsr\\_aLTdn1yDYSZRR0ftSFvsIzBzUdKnpa0Wmh74Ms.jpg](https://fastly.4sqi.net/img/general/600x600/7789792_V1Gsr_aLTdn1yDYSZRR0ftSFvsIzBzUdKnpa0Wmh74Ms.jpg) Erişim Tarihi: 15.10.2022

URL-15 Copenhagen International School [Kopenhagen Uluslararası Okulu Nordhavn / C.F. Møller | ArchGünlük](http://Kopenhagen Uluslararası Okulu Nordhavn / C.F. Møller | ArchGünlük)

URL-16 Copenhagen International School Genel Görünüm [Copenhagen-International-School-Nordhavn-C-F-Moeller--img-60278-w1800-h775.jpg](http://Copenhagen-International-School-Nordhavn-C-F-Moeller--img-60278-w1800-h775.jpg) (1800×775) ([cfmoller.com](http://cfmoller.com)) Erişim Tarihi: 18.10.2022

URL-17 Copenhagen International School Cephe Detayı [Facade-detail-solarcells\\_1-50.jpg](http://Facade-detail-solarcells_1-50.jpg) (707×1000) ([adsttc.com](http://adsttc.com)) Erişim Tarihi: 18.10.2022

URL-18 Bertram ve Judith Kohl Binası genel görünümü [07\\_OberlinKohl\\_454.010\\_Lehoux.jpg](http://07_OberlinKohl_454.010_Lehoux.jpg) (1280×853) ([adsttc.com](http://adsttc.com)) Erişim Tarihi: 23.10.2022.

URL-19 Bertram ve Judith Kohl Binası cephede kullanılan alüminyum panel görseli [02\\_OberlinKohl\\_454.060\\_Lehoux.jpg](http://02_OberlinKohl_454.060_Lehoux.jpg) (678×1000) ([adsttc.com](http://adsttc.com)) Erişim Tarihi: 23.10.2022

Yağlı, S. Teknolojik gelişmelerin etkisi ile yüzeylerde malzeme kullanımı: akıllı malzemeler., Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Türkiye, 2019.

Yazıcı, EY., Alp, İ., Yılmaz, AO. ve Celep, O., 2004. Piezoelektrik teknoloji ve piezomalzeme olarak turmalin, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Mayıs 2004, İzmir, Bildiriler Kitabı, 279-285.

Yüksel Ayvaz, Ö. Akıllı malzemelerin mimaride kullanım olanakları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Trabzon, Türkiye, 2019.