

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORCID : - - -**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**ORCID : - - -**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan :** .....

**Üye :** .....

**Üye :** .....

**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

‘İç Mekân ve Mobilya Tasarımı Kapsamında Akıllı Malzemelerin İncelenmesi’ adlı bu çalışma KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle tez danışmanlığımı üstlenerek değerli vaktini, bilgisini ve tecrübesini samimiyetle benimle paylaşan ve çalışmanın her aşamasında bana yol gösteren Doç. Dr. Filiz TAVŞAN başta olmak üzere, çalışmaya katmış oldukları değerli fikirlerinden dolayı jüri üyelerim Doç. Dr. Damla ALTUNCU’ya ve Doç. Dr. Funda KURAK AÇIÇI’ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitim sürecim boyunca bana her konuda yardımcı olan arkadaşım Öğr. Gör. Havva Beril BAL’a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak beni bu günlere getiren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan annem Nazife AKGÜN’e ve babam Hüseyin AKGÜN’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yeni araştırma alanlarına faydalı olmasını dilerim.

Sümevra AKGÜN

Trabzon 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “İç Mekân ve Mobilya Tasarımı Kapsamında Akıllı Malzemelerin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Filiz TAVŞAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.01/07./2020

Sümevra AKGÜN

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Problemin Belirlenmesi .....	2
1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	3
1.4. Tasarımda ve Mimaride ‘Akıllı’ Kavramı.....	7
1.4.1. Akıllı Binalar .....	8
1.4.2. Akıllı Cepheler .....	11
1.4.3. Akıllı Mekânlar .....	14
1.4.4. Akıllı Mobilyalar .....	17
1.5. Günümüzde Kullanılan Teknolojik Malzemeler .....	18
1.5.1. Biyomalzemeler .....	18
1.5.2. Nanomalzemeler .....	20
1.5.3. Akıllı Malzemeler .....	21
1.5.3.1. Akıllı Malzemelerin Özellikleri ve Yetenekleri .....	22
1.5.3.2. Akıllı Malzemeler ve Uyarlamalı Mimari .....	24
1.5.3.3. Akıllı Malzemeler ve Biyomimikri .....	27
1.5.3.4. Akıllı malzemeler ve Kontrol Sistemleri.....	29
1.5.3.5. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması .....	30
1.5.3.5.1. Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler .....	33
1.5.3.5.1.1. Şekil Değiştiren Malzemeler .....	33
1.5.3.5.1.1.1. Termobimetal Malzemeler .....	33

1.5.3.5.1.1.2. Şekil Bellek Alaşım lar.....	34
1.5.3.5.1.2. Renk ve Optik Özelliklerini Değıştiren Malzemeler.....	37
1.5.3.5.1.2.1. Fotokromik Malzemeler .....	37
1.5.3.5.1.2.2. Termokromik Malzemeler.....	38
1.5.3.5.1.2.3. Elektrokromik Malzemeler.....	39
1.5.3.5.1.2.4. Elektrooptik Malzemeler .....	42
1.5.3.5.1.3. Adezyon Değıştiren Malzemeler.....	45
1.5.3.5.2. Enerji Alışverişı Yapan Akıllı Malzemeler .....	48
1.5.3.5.2.1. Işık Yayan Malzemeler.....	49
1.5.3.5.2.1.1. Fotolüminesans Malzemeler.....	49
1.5.3.5.2.1.2. Elektrolüminesans Malzemeler .....	52
1.5.3.5.2.2. Enerji Üreten Malzemeler .....	53
1.5.3.5.2.2.1. Fotovoltaik Malzemeler.....	54
1.5.3.5.2.2.2. Piezoelektrik Malzemeler.....	57
1.5.3.5.2.3. Enerji Değıştiren Malzemeler.....	59
1.5.3.5.2.3.1. Faz Değıştiren Malzemeler.....	59
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	64
2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikleri .....	64
2.2. Örneklem grubunun seçimi .....	65
2.3. Kimlik Kartlarının Oluşturulması .....	65
2.3.1. Yapıya ve Tasarıma Ait Bilgiler.....	65
2.3.2. Kullanılan Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler.....	66
3. BULGULAR .....	68
3.1. İç Mekânda Kullanılan Akıllı Malzemeler ile ilgili Örnekler .....	68
3.2. Mobilya Tasarımında Kullanılan Akıllı Malzemeler ile ilgili Örnekler.....	84
4. İRDELEME .....	93
4.1. İç Mekânda Kullanılan Akıllı Malzemeler ile ilgili Bulguların İrdelenmesi. 93	
4.2. Mobilyada Kullanılan Akıllı Malzemeler ile ilgili Bulguların İrdelenmesi ..	95
5. SONUÇLAR.....	98
6. ÖNERİLER .....	102
7. KAYNAKLAR.....	103
8. EKLER .....	112

## ÖZGEÇMİŞ





Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

İÇ MEKÂN VE MOBİLYA TASARIMI KAPSAMINDA AKILLI MALZELERİN  
İNCELENMESİ

Sümevra AKGÜN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İç Mimarlık Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Filiz TAVŞAN  
2020, 114 Sayfa, 5 Sayfa Ek

Akıllı malzemeler doğal özellikleri sayesinde çevresindeki en az bir uyararı algılayıp tepki verebilen, uyarı ortadan kalktığında eski haline dönebilen ve uyarı-tepki ilişkisini sürekli tekrarlayabilen malzemelerdir. Bu malzemelerin genel tanımı, özellikleri ve sınıflandırılması yapılmasına rağmen tasarımda ve mimaride yeni ortaya çıkan ve yüksek performansa sahip malzeme türlerinden farkı ve ‘akıllı’ kavramındaki yeri henüz tam olarak anlaşılmadığı ve karıştırıldığı gözlenmiştir. Çalışmada, akıllı malzemeler hakkındaki bu karmaşıklığı gidermek amacıyla iki adımdan oluşan bir araştırma yapılmıştır.

İlk adımda karşılaştırma yöntemiyle tasarımda ve mimaride kullanılan akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkı, akıllı kavramındaki ve uyarlamalı mimarideki yeri sorgulanmıştır. Bununla beraber akıllı malzemelerin özellikleri, sınıflandırılması, uygulama yöntemleri ve problemleri incelenmiştir. İkinci adımda ise iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında akıllı malzemelerin uygulanma yöntemi, kullanım amacı ve kullanım alanı kimlik kartları ve analiz tabloları oluşturularak incelenip irdelenmiştir.

Sonuç olarak akıllı malzemeler görme ve dokunma duyularımızla etkileşime ve iletişime geçerek interaktif mimariyi, bulunduğu ortamdaki değişime farklı özelliklerle cevap vermesi bakımından uyarlamalı mimariyi, kullanıcı konforu ve enerji verimliliği sağlayarak sürdürülebilir mimariyi etkilediği tespit edilmiştir. Akıllı malzemeler farklı kullanım biçimlerinde geleneksel malzemelere eklenerek kompozit bir malzeme olarak, ham halde veya led gibi bir aygıt içerisinde kullanılmıştır. Bu malzemeler iç mekânda ve mobilya tasarımında kullanıcıyla veya çevresiyle iletişim ve etkileşim sağlaması amacıyla uygulanırken, iç mekânda hava kirliliğini azaltmak, iç mekân ısısını kontrol etmek, gizlilik sağlamak, gün ışığı kontrolü ve temizleme maliyetlerini azaltmak için işlevsel amaçla da kullanıldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı malzemeler, Akıllı kavramı, İç mekân, Mobilya tasarımı

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF SMART MATERIALS WITHIN THE SCOPE OF INTERIOR AND FURNITURE  
DESIGN

Sümeyra AKGÜN

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Interior Architecture Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Filiz TAVŞAN  
2020, 114 Pages, 5 Pages Appendix

Smart materials are materials that can perceive and react at least one stimulus around it thanks to their natural properties, can be reverted when the stimulus disappears and can repeat the stimulus-response relationship continuously. Although the general definition, properties and classifications of these materials have been made, it has been observed that its difference in high performance and new types materials that have emerged in design and architecture and its place in the concept of 'smart' has not been yet fully understood and mixed. In order to overcome this complexity about smart materials, a two-step research was conducted in the thesis.

In the first step, the difference between smart materials from other other types of high performance materials used in design and architecture, their place in the concept of smart and in the adaptive architecture were questioned by comparison method. In addition; the properties, classification, application methods and problems of smart materials were examined. In the second step, within the scope of interior and furniture design, the application method, usage purpose and usage area of smart materials have been examined by creating identity cards and analysis tables.

As a result, it has been determined that smart materials affect interactive architecture by interacting and communicating with our senses of vision and touch, adaptive architecture in terms of responding to the change in the environment in which it is located, sustainable architecture by providing user comfort and energy efficiency. Smart materials are used as a composite material by adding them to traditional materials in different usage form. In addition, they are also used directly or inside the device, such as LED. While these materials are applied in the interior and furniture design for the purpose of communicating and interacting with the user or the environment, it has been observed that they are also used for functional purposes in order to reduce air pollution in the interior, control the indoor temperature, provide privacy, reduce daylight control and cleaning costs.

**Key Words:** Smart materials, Smart concept, Interior design, Furniture design

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Tezin Bölümleri.....	7
Şekil 2. Edge ofis binası .....	10
Şekil 3. Edge ofis binasının iç mekânı .....	10
Şekil 4. Edge ofis binası ve atriyum alanı .....	11
Şekil 5. Al Bahar Kuleleri .....	12
Şekil 6. Origami şeklinde katlanıp açılan gölgeleme elemanlarının tam kapalı, yarı açık ve açık durumlardaki görünümleri .....	13
Şekil 7. Arap Enstitüsü Binası .....	13
Şekil 8. Media TIC ofis binasının güney batı ve güney doğu cephesi .....	14
Şekil 9. Optibo gizlenen masa ve oturma birimleri .....	15
Şekil 10. Popup Interactive Apartment .....	15
Şekil 11. RoboWalls isimli hareketli duvar tekniği .....	16
Şekil 12. 'Nature Trail' projesi .....	16
Şekil 13. Büyüyen masa ve çok fonksiyonlu mobilya .....	17
Şekil 14. Interactive Led Coffee Table .....	17
Şekil 15. Kendini iyileştiren biyobeton ve Reddingsbrigade pavyonu .....	19
Şekil 16. Jannis Hülsen tarafından tasarlanan Xylinum Chair .....	19
Şekil 17. Aerojel panellerin kullanıldığı İngiltere'de bir okul binası .....	20
Şekil 18. Ofis mekânında kullanılan nanomalzeme .....	21
Şekil 19. Uyarlamalı mimarinin sınıflandırılması ve artan karmaşıklık .....	24
Şekil 20. Bir tohumdan büyüeyebilen Multistory Apartman Binası .....	26
Şekil 21. Methodist Olive Branch hastane girişi .....	27
Şekil 22. Katar Kaktüs Projesi.....	28
Şekil 23. Santiago Calatrava sehpa tasarımı.....	28
Şekil 24. Pasif sistem .....	30
Şekil 25. Aktif sistem .....	30
Şekil 26. Bloom Projesi.....	34
Şekil 27. Şekil hafızalı alaşımın iki fazının görünümleri .....	35
Şekil 28. Şekil bellek alaşımılı iç mekân tekstili .....	36

Şekil 29. Pixelskin02 .....	36
Şekil 30. Bellek Alaşımlarının Kullanıldığı ‘Yaşayan Cam’ Projesi .....	37
Şekil 31. Elektrokromik cam pencere .....	39
Şekil 32. Elektrokromik camın renk değiştirmesi .....	40
Şekil 33. Farklı yükseklikteki pencere bölmelerinin renk durumu .....	40
Şekil 34. Elektrokromik cam ve zonlama .....	41
Şekil 35. Elektrokromik cam pencere bölmelerinin renk durumuna göre iletilen güneş ışığın rengi .....	41
Şekil 36. Likit kristal bazlı cam .....	43
Şekil 37. Likit kristal bazlı camın Şeffaflık durumu .....	43
Şekil 38. Asılı parçacık aygıt bazlı cam .....	44
Şekil 39. Fotokatalitik etkiye sahip malzeme yüzeylerinde temizlenme süreci aşamaları..	46
Şekil 40. Casalgrande Padana Tasarım Merkezi .....	47
Şekil 41. Manhattan Fitness Merkezi ve havayı temizleyen seramik karolar .....	48
Şekil 42. Merdiven boşluklarında fosforlu güvenlik işaretleme örnekleri .....	50
Şekil 43. Give Back Curtain .....	51
Şekil 44. Fosfor malzeme ile kaplı bisiklet yolu .....	51
Şekil 45. Farklı ağılardan Leuchtzeichnung .....	52
Şekil 46. Kensington Sarayı ve Elektrolüminesans fiberlerden dokunmuş kamusal sanat çalışması .....	52
Şekil 47. Pv hücre, modül, panel ve dizi oluşumu .....	54
Şekil 48. Solda Amorf ince film PV hücreleri ve sağda kristal PV hücreleri .....	55
Şekil 49. Canadian Centre for Housing Technology .....	56
Şekil 50. Enerji üreten dans zemini .....	58
Şekil 51. MATspace kuzeydoğu yönü.....	58
Şekil 52. Yandan Görünüm ve enerji üreten rüzgâr tüyleri.....	59
Şekil 53. Katı-sıvı faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması .....	60
Şekil 54. Faz değiştiren malzemelerin avantaj ve dezavantajları .....	60
Şekil 55. Solda: Duvar yüzeyine uygulanan dekoratif FDM alçı sıva tabakası bileşimi, Sağda: Sadece 15 mm kalınlığında olmasına rağmen bu alçıpan levha metrekare başına 3 kg mikrokapsüllü gizli ısı depolama malzemesi içermektedir. ....	61
Şekil 56. Marche Uluslararası Ofis binası .....	62
Şekil 57. FDM içeren cam sistemi.....	63
Şekil 58. Çalışmanın adımları .....	64

Şekil 59. Akıllı malzemelerin uygulama yöntemleri .....	64
Şekil 60. Akıllı malzeme türleri ve kullanım amaçları .....	64



## TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Uyarlamalı mimari projelerine genel bir bakış .....	26
Tablo 2. Addington ve Schodek'e göre akıllı malzemelerin sınıflandırılması.....	31
Tablo 3. Ritter'e göre akıllı malzemelerin sınıflandırılması .....	31
Tablo 4. Çalışmada incelenen akıllı malzemeler.....	32
Tablo 5. Şekil değiştiren akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri.....	33
Tablo 6. Renk ve optik özelliklerini değiştiren akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkiler.....	37
Tablo 7. Işık yayan akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri .....	49
Tablo 8. Enerji üreten akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri.....	53
Tablo 9. Akıllı Malzemelerin İncelendiği Kimlik Kartı Örneği.....	67
Tablo 10. İç Mekân İşlevlerine Göre Akıllı Malzemelerin Kullanımı .....	68
Tablo 11. 'Leuchtzeichnung' (Işıklı çizim) çalışması kimlik kartı bilgileri.....	69
Tablo 12. 'Two Rooms' (İki oda) çalışması kimlik kartı bilgileri .....	70
Tablo 13. 'In Heat' çalışması kimlik kartı bilgileri .....	71
Tablo 14. 'Touch-me' çalışması kimlik kartı bilgileri .....	72
Tablo 15. 'Hylozoic Ground' çalışması kimlik kartı bilgileri.....	73
Tablo 16. 'Luminance room' (Aydınlık oda) çalışması kimlik kartı bilgileri.....	74
Tablo 17. Sur Falveng konutu kimlik kartı bilgileri.....	75
Tablo 18. Crossway Konutu kimlik kartı bilgileri.....	76
Tablo 19. MSV Arena futbol stadyumu kimlik kartı bilgileri.....	77
Tablo 20. Charles Sturt Üniversitesi-Thurgoona Kampüsü kimlik kartı bilgileri.....	78
Tablo 21. La Vecchia aşçılık okulu kimlik kartı bilgileri .....	79
Tablo 22. Wolvehampton Okulları kimlik kartı bilgileri .....	80
Tablo 23. Sunderland Royal Hastanesi kimlik kartı bilgileri .....	81
Tablo 24. 'Lotus Dome' çalışması kimlik kartı bilgileri.....	82
Tablo 25. The Spirit Lake Casino and Resort restoranı kimlik kartı bilgileri.....	83
Tablo 26. Mobilya İşlevlerine Göre Akıllı Malzemelerin Kullanımı.....	84
Tablo 27. 'Swamp Bench' oturma elemanı kimlik kartı bilgileri.....	85
Tablo 28. 'Panton Glow' oturma elemanı kimlik kartı bilgileri.....	86

Tablo 29. ‘Tic Tac Tekstil’ mobilya kimlik kartı bilgileri .....	87
Tablo 30. ‘Blur Table’ isimli masa yüzeyi kimlik kartı bilgileri.....	88
Tablo 31. Karanlıkta parlayan ahşap masa kimlik kartı bilgileri .....	89
Tablo 32. Işıldayan cam masa kimlik kartı bilgileri .....	90
Tablo 33. ‘Dolunay büfe’ kimlik kartı bilgileri.....	91
Tablo 34. ‘Linger a Little Longer’ oturma elemanı ve masa kimlik kartı bilgileri .....	92
Tablo 35. İç Mekânda Kullanılan Akıllı Malzemelerin Analiz Tablosu .....	94
Tablo 36. İç Mekân İşlevlerine Göre Akıllı Malzemelerin Kullanımı Analiz Tablosu .....	95
Tablo 37. Mobilyada Kullanılan Akıllı Malzemelerin Analiz Tablosu.....	96
Tablo 38. Mobilya İşlevlerine Göre Akıllı Malzemelerin Kullanımı Analiz Tablosu .....	97
Tablo 39. Akıllı Malzemelerin Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırılması.....	100

## SEMBOLLER DİZİNİ

LED	Işık yayan diyot
FV	Fotovoltaik
BAPV	Bina uygulamalı fotovoltaik sistemler
BIPV	Bina entegre fotovoltaik sistemler
FDM	Faz değiştiren malzemeler





## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Sanayi devrimi gerçekleştiğinden beri malzeme dünyasında daha önce görülmemiş bir değişiklik görülmektedir. Yeni üretim yöntemleri, laboratuvarların geliştirilmesi ve yeni bir bilim alanı olarak malzeme mühendisliğinin doğuşu sayesinde yeni malzemeler ortaya çıkmıştır (Konarzewska, 2017).

Yeni geliştirilen malzemeler ve teknolojinin sürekli gelişmesi yeni mimari fikirlerin ve formların geliştirilmesinde etkili olmuştur. Modern çağımızda mimarlar, yeni formların oluşturulmasında potansiyel olarak kullanılacak pek çok ilginç özellik sergileyen çeşitli malzemelere erişme şansına sahip olmuştur. Bunlar, ortamları değiştiğinde geçici davranışlar sergileyen veya değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek özelliklere sahip olan 'akıllı malzemeler'dir (Moulai vd., 2013).

Doğanın kendini yenileme ve çevresiyle uyumlu olma yeteneği yönündeki araştırmaların bir sonucu olarak tasarım alanında akıllı malzemelerin kullanımı ortaya çıkmıştır. Enerji kaynaklarına ve ham maddelerine olan ihtiyacı azaltmak amacıyla akıllı malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemelerin doğal özellikleri sayesinde, tasarımlarımız çevresiyle uyumlu olma özelliği kazanmıştır. Böylece tasarım alanında, eski çağlardan beri geçerli olan 'yapının ortam şartlarıyla mücadele etme' anlayışı yerine günümüzde teknoloji ve malzeme alanındaki gelişmeler sayesinde 'yapının ortam şartlarına uyum gösterebilme ve çevresel uyarılara cevap verebilme' anlayışı gündeme gelmiştir (Gezer, 2012).

Akıllı malzemeler, doğal özelliklerinin bir sonucu olarak çevredeki değişiklikleri hisseden ve tepki veren malzemelerdir (Smith, 2005; Aksamija, 2016). Statik olan yapı malzemelerinin aksine, akıllı malzemeler sıcaklık, ışık gibi enerji alanlarına tepki vermesi sonucu dinamik bir yapıya sahiptir (Addington ve Schodek,2005).

Yeni geliştirilen bu malzemeler çevresine ve kullanıcı ihtiyaçlarına cevap veren yeni bina formları oluşturmak için mimarlara heyecan verici yeni olanaklar sunmaktadır. Bu malzemeler mimaride, iç mekânda ve ürün tasarımında uygulama alanı bulmuştur. Bununla birlikte, bazı akıllı malzemeler gelişimin erken aşamasındadır ve mimari ihtiyaçlara uygulanabilirliği ya belirsiz ya da sorunludur. Örneğin şekil hafızalı alaşımlar, şu anda

binalardan ziyade ürünler için daha uygun olan çok küçük boyutlarda mevcuttur (Moulai vd., 2013).

Tasarımda ve mimaride akıllı malzemelerin uygulanmasına yönelik ana engeller, uzun vadeli performans verilerinin eksikliği ve yüksek maliyetlerdir. Fakat yeni uygun maliyetli üretim süreçleri ile ekonomik etkilerin azaldığı görülmüştür. Örneğin, elektrokromik camın maliyeti, yeni üretim teknikleri ve yüksek talep oranı nedeniyle son beş yılda ciddi ölçüde azalmıştır. Artan sayıda uygulama, performans izleme ve sürekli araştırma bu yenilikçi malzemeler için performans verilerinin eksikliğini de ele alacaktır (Aksamija, 2016). Böylece araştırma sayılarının artması, mevcut uygulama yöntemlerinin gelişmesi ve yeni yöntemlerin ortaya çıkması sonucunda gelecekte akıllı malzemelerin uygulandığı örneklerin sayıları artabilir ve tasarımda ya da mimaride henüz kullanım aşamasında olmayan akıllı malzemeler gelecekte uygulama alanı bulması beklenebilir.

Çevresindeki uyarıları algılayan ve tepki veren akıllı malzemelerdeki ‘akıllı’ kavramı hala belirsizdir. Çünkü ‘akıllı malzemeler’ kategorisine tam olarak uymadığı halde kolay temizlenen yüzeyler veya kendi kendini iyileştiren malzemeler gibi yüksek veya benzersiz performanslara sahip malzemelerin veya davranışların akıllı malzemelerle karıştırıldığı gözükmemektedir (Casini, 2016).

Çalışmada bu karmaşıklığı gidermek amacıyla tezde iki adımdan oluşan bir araştırma yapılmıştır. İlk adım olan literatür kısmında karşılaştırma yöntemiyle mimaride, iç mekânda ve ürün tasarımında kullanılan akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkı, akıllı kavramındaki ve uyarlamalı mimarideki yeri sorgulanmıştır. Bununla beraber akıllı malzemelerin özellikleri, yetenekleri, sınıflandırılması, uygulama yöntemleri ve problemleri incelenmiştir. İkinci adım olan yapılan çalışma kısmında ise akıllı malzemelerin iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında uygulama yöntemi, kullanım amacı ve kullanım alanı kimlik kartları ve analiz tabloları oluşturularak örneklerin incelenmesiyle tespit edilmeye çalışılmıştır.

## **1.2. Problemin belirlenmesi**

Akıllı malzemeler doğal özellikleri sayesinde çevresindeki en az bir uyarıyı algılayıp belirli davranışlarla tepki verebilen, uyarı ortadan kalktığında eski haline dönebilen ve uyarı-tepki ilişkisini sürekli tekrarlayabilen malzemelerdir. Bu malzemelerin tasarımda kullanılan malzeme türlerindeki ve ‘akıllı’ kavramındaki yeri henüz tam olarak

anlaşılmadığı gözlenmiştir. Akıllı malzemelerin genel tanımı, özellikleri, yetenekleri ve sınıflandırılmaları yapılmasına rağmen tasarımda ve mimaride yeni ortaya çıkan ve yüksek performansa sahip malzemelerle karıştırıldığı gözükmektedir. Aynı zamanda tasarım ve mimari disiplinleri içerisinde geçen ve binaları, cepheleri, mekânları ve mobilyaları nitelendiren ‘akıllı’ kavramındaki yeri tam olarak anlaşılmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeplerle çalışmada akıllı malzemeler hakkındaki karmaşıklığı giderilmek amaçlanmıştır. Bununla beraber iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında akıllı malzemelerin uygulanma yöntemi, kullanım amacı ve kullanım alanı hakkında detaylı araştıran bir çalışmanın olmadığı gözlenmiştir.

### **1.3. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Akıllı malzemeler, doğal özellikleri sayesinde çevresindeki en az bir uyarıyı algılayan ve tepki veren malzemelerdir. Bu malzemeler girdi enerjisi olarak nitelendirilen kimyasal, termal, mekanik, manyetik, optik veya elektriksel uyaranlara tepki vermektedir. Bu tepkiyi malzemeler niteliklerini değiştirerek ya da girdi enerjisini şartlara ve koşullara bağlı olarak başka bir enerji formuna dönüştürerek vermektedirler. Akıllı malzemelerin bu özelliklerinin keşfedilmesi ve tasarım alanında akıllı malzemelerin bir araç olarak işlevsel amaçlarla kullanımının sürdürülebilir mimariye olumlu anlamda etkileyecek olması sebebiyle akıllı malzemeler tasarımcıların ve mimarların dikkatini çekmeye başlamıştır. Tasarımcıların ve mimarların bu ilgisi ve akıllı malzemelerin kullanımının yaygınlaşması sebebiyle akıllı malzemeleri farklı açılardan ele alan tez çalışmaları yapılmıştır. Günümüze kadar yapılan tezler incelendiğinde,

Özgönül Şensan’ın (2009) ‘Application of Smart Materials in Sustainable Architecture’ isimli tezinde akıllı malzemeler sayesinde yapıların çevre ile artan etkileşimi sürdürülebilir mimarlığa desteklediği düşüncesiyle akıllı malzemeleri sürdürülebilir mimarlık açısından incelenmiştir. Çalışmada akıllı malzemelerin sürdürülebilirliğini malzeme açısından incelemek yerine sahip olduğu özelliklerin sürdürülebilirliğe nasıl katkı sağlayabileceği üzerine inceleme yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda ve malzemelerin özelliklerine bağlı olarak şekil değiştiren, enerji üreten, kendini koruyan ve yüksek yalıtımlı akıllı malzemeler olarak dört başlık altında sınıflandırılıp incelenmiştir ve bu dört başlık altında akıllı malzemelerin desteklediği sürdürülebilir özellikler tespit edilmiştir.

Akın'ın (2009) 'Communication of Smart Materials: Bridging the Gap Between Material Innovation and Product Design' isimli tez çalışmasında akıllı malzemeler, kabul görmüş iki mevcut sınıflandırma üzerinden incelenmiş ve akıllı malzemeler hakkında bilgi alışverişin sağlanabileceği ve akıllı malzemelerin kullanımının yaygınlaştırılabileceği veritabanları ve ağlar, konferanslar, çalıştaylar, raporlar, danışmanlık, kitaplar, araştırma merkezleri, şirketler ve üniversiteler gibi iletişim kanallarının önemi vurgulanmıştır. Bununla beraber yeni malzemelerle ilgili kaynakların yetersiz olduğundan endüstriyel tasarımcılara yeni malzemeler hakkında bilgi vermenin bir sorun olduğu tespit edilmiştir. Yeni malzemelerin uygulanması konusunda mühendisler ve endüstriyel tasarımcıların iş birliğinin olması gerektiği vurgulanmıştır.

Ürkmez'in (2019) 'Use of Smart Materials in the Design of Dynamic Intelligent Surfaces' isimli tezinde akıllı malzemeler ve sistemler üzerine literatür araştırması yapılmıştır ve şekil değiştiren malzemelerden olan şekil hafızalı alaşımlar ile malzeme deneylerinde elde edilen bilgiler, dijital ortamda hesaplamalı tasarım süreci ve fiziksel ortamda yapılan modelleme süreci aktarılıp çıkarımlarda bulunulmuştur. Bu süreç içerisinde karşılaşılan zorluklarına ve konunun sınırlılıklarına değinilmiştir. Bununla birlikte, üretilen modelin geliştirilebilir yönlerine ve gelecekte yapılacak çalışmaların olası etkilerine değinilmiştir.

Yüksel Ayvaz'ın (2019) 'Akıllı Malzemelerin Mimaride Kullanım Olanakları' isimli tezinde akıllı malzemelerin türleri, özellikleri, tarihsel gelişimi, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları incelenmiş ve akıllı malzemelerin uygulandığı örnekler analiz edilerek irdelenmiştir.

Yağlı'nın (2019) 'Teknolojik Gelişmelerin Etkisi ile Yüzeylerde Malzeme Kullanımı: Akıllı Malzemeler' isimli tezinde duvar, zemin ve tavan yüzeylerinde yaygın olarak kullanılmakta olan yapı malzemeleri ve akıllı malzemelerin özellikleri araştırılmıştır. Ürün olarak ve/veya sistemler içerisinde kullanılan akıllı malzemelerin yapı yüzeylerindeki uygulamaları örnek projeler üzerinden incelenmiştir.

Ergin'in (2019) 'Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinde Güncel Yaklaşımlar ve Akıllı Malzemelerin Kullanımı' isimli tezinde amaç günümüzde hala araştırma aşamasında olan uyarlanabilir cephe sistemlerinde güncel yaklaşımlar ve akıllı malzemelerin uyarlamalı cephe içerisinde kullanımının incelenerek mimarlar, mühendisler ve tasarımcılar tarafından detaylı bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır.

Literatür taraması yapıldığında akıllı malzemelerin tasarımda yeni ortaya çıkan ve yüksek performansa sahip malzemelerle; elektronik sistemler, sensörler ve bilgisayar sistemleri sayesinde akıllı davranışlar sergileyen tasarımlarla karıştırıldığı gözlenmiştir. Bu problemin tespiti neticesinde çalışmada bu karmaşıklığı gidermek amacıyla akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkı, tasarımda ve mimaride kullanılan ‘akıllı’ kavramı ve uyarlamalı mimari içerisindeki yeri sorgulanmıştır. Bununla beraber akıllı malzemelerin özellikleri, yetenekleri, sınıflandırılması, uygulama yöntemleri ve problemleri incelenmiştir. Akıllı malzemelerin ne olduğu daha iyi anlaşılması amacıyla iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında kullanılan akıllı malzemelerin uygulama yöntemleri, kullanım amaçları ve kullanım alanları kimlik kartları ve analiz tabloları oluşturularak incelenip irdelenmiştir.

Çalışmanın amacına bağlı olarak aşağıdaki sorulara yanıt aranmış ve akıllı malzemeler ile ilgili karmaşıklığın giderilmesi ve netleştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın iki adet ana amacı bulunmaktadır.

1. Akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkının, akıllı kavramı ve uyarlamalı mimari içerisindeki yerinin belirlenmesi
2. İç mekân ve mobilyada kullanılan akıllı malzemelerin belirlenmesi ve akıllı malzemelerin uygulama yöntemlerinin, kullanım amaçlarının ve alanlarının tespit edilmesi

Bu amaçlar doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıt aranarak akıllı malzemeler ile bilgilerin netleştirilmesi hedeflenmiştir.

1. Tasarım ve mimari disiplinleri içerisinde kullanılan akıllı kavramı nedir?
2. Akıllı olarak nitelendirilen binalar, cepheler, mekânlar ve mobilyalar neyi ifade etmektedir?
3. Akıllı malzemelerin akıllı olarak nitelendirilen tasarımlar içerisindeki yeri nedir?
4. Akıllı malzemelerin nanomalzemeler ve biyomalzemeler ile arasındaki farkı nedir?
5. Akıllı malzemelerin uyarlamalı mimari içerisindeki yeri nedir?
6. Akıllı malzemelerin özellikleri ve yetenekleri nelerdir?
7. Akıllı malzemelerin uygulanma problemleri nelerdir?
8. Akıllı malzemelerin uygulama yöntemi nelerdir?
9. Akıllı malzemelerin kullanım amaçları ve alanları nelerdir?

Akıllı malzemeler hakkındaki bilgi karmaşıklığının giderilmesi amacıyla tezde üç bölüm olan literatür kısmı ve yapılan çalışma kısmı olmak üzere iki bölümden oluşan bir araştırma yapılmıştır.

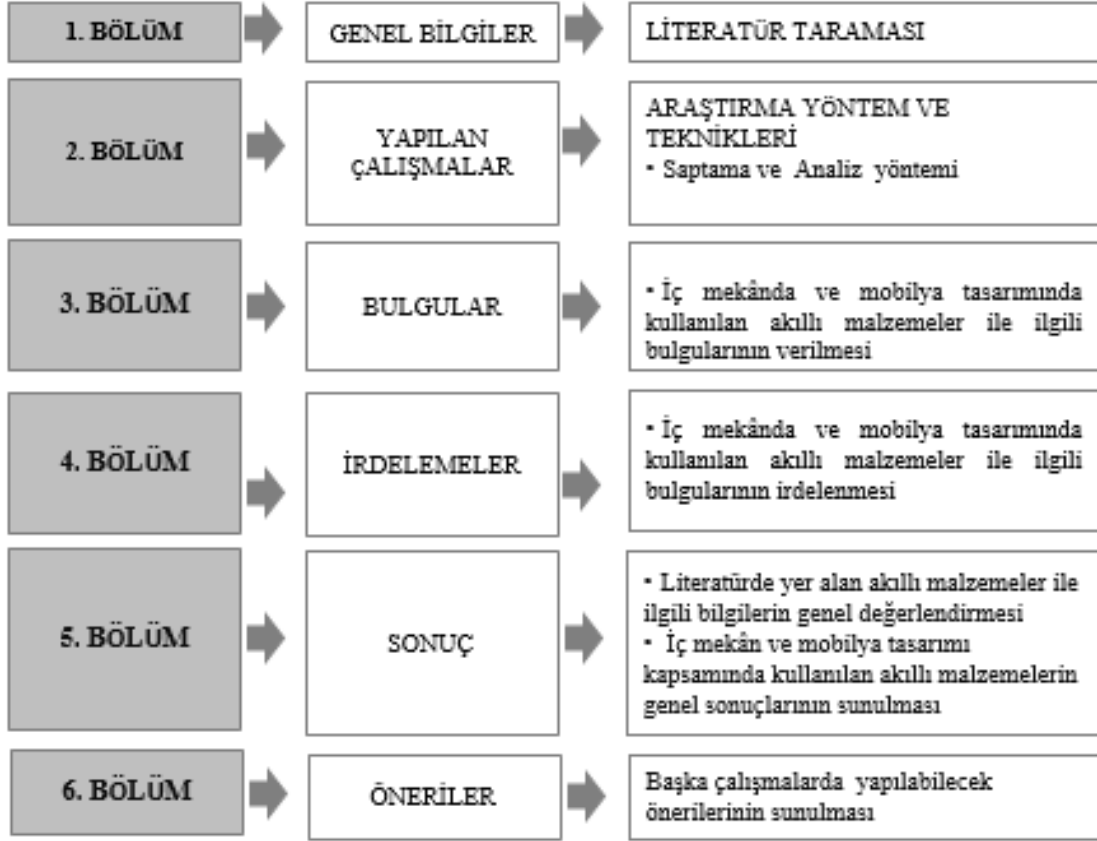
Literatür taraması yapıldığında akıllı malzemelerin elektronik sistemler, sensörler ve bilgisayar sistemleri sayesinde akıllı davranışlar sergileyen tasarımlarla karıştırıldığı gözlenmiştir. Bu tespit neticesinde ilk bölümde, akıllı malzemelerin tasarım ve mimari disiplinleri kapsamında akıllı kavramı içerisindeki yeri sorgulanmıştır. Bu amaçla genel olarak ‘akıllı’ kavramından bahsedildikten sonra akıllı bina, akıllı cephe, akıllı mekân ve akıllı mobilya kavramları incelenmiştir.

Teknolojinin gelişmesi ve sürdürülebilirlik kavramının önem kazanması ile birlikte akıllı malzemelerin tasarımda yeni ortaya çıkan ve yüksek performansa sahip malzemelerle karıştırıldığı gözlenmiştir. İkinci bölümde malzeme grupları arasındaki bu karmaşıklığı gidermek amacıyla akıllı malzemelerle karıştırılan nanomalzemeler ve biyomalzemeler incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise Lelieveld (2013)’in uyarlamalı mimari kavramı ile ilgili yapmış olduğu sınıflandırmalar incelenerek akıllı malzemelerin bu kavram içerisindeki rolü tespit edilmeye çalışılmıştır. Uyarlamalı mimari hakkında yapılmış olan geniş, detaylı ve mevcut tek bir sınıflandırma olması sebebiyle Lelieveld’in sınıflandırması seçilmiştir. Bununla beraber bu bölümde akıllı malzemelerin özellikleri, yetenekleri, sınıflandırılması, kullanım amaçları, uygulama yöntemleri ve uygulama sorunlarından bahsedilmiştir.

Son bölüm olan yapılan çalışma kısmında, akıllı malzeme kavramının tam olarak anlaşılabilmesi amacıyla iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında örnek uygulamalar incelenmiştir. Örneklerin seçiminde literatür içerisinde yer alan ve en fazla bilgi içeren akıllı malzeme uygulamalarına yer verilmiştir. Akıllı malzemeler 1990 yıllarından günümüze kadar kullanıldığından ve hala uygulamalar devam etmesinden dolayı bu yıllar arasındaki örnek uygulamalar incelenmiştir. Örnekler incelendiğinde, akıllı malzemelerin geleneksel malzemelere entegre edildiği, doğrudan ya da LED gibi aygıtlar içerisinde kullanıldığı gözlenmiştir. Çalışmanın kapsamında doğrudan kullanılan ve geleneksel malzemelerine entegre edilmiş örnekler seçilmiştir. Elektrolüminesans malzemelerin kullanıldığı LED aydınlatma sistemleriyle ilgili olan örneklere yer verilmemiştir. Çünkü LED aydınlatma sistemleri ayrı olarak ele alınması gereken geniş bir konu olması sebebiyle bu çalışmada değerlendirilmeye alınmamıştır. Bu bölümde akıllı malzemelerin uygulama yöntemleri; kimlik kartları ve analiz tabloları oluşturularak akıllı malzemenin türü, kullanım biçimi,

entegre edildiği malzemeler, kullanım amacı, kullanım alanı, örneğe ait görsel ve örneğe ait genel bilgiler olmak üzere yedi başlık altında incelenip irdelenmiştir.



Şekil 1. Tezin bölümleri

Literatür taraması yapıldığında akıllı malzemelerin elektronik sistemler, sensörler ve bilgisayar sistemleri sayesinde akıllı davranışlar sergileyen tasarımlarla karıştırıldığı gözlenmiştir. Bu sebeple çalışmanın ilk bölümünde akıllı malzemelerin tasarım ve mimari disiplinleri kapsamında, ‘akıllı’ kavramı içerisindeki yeri sorgulanmak istenmiştir. Bu amaçla genel olarak akıllı kavramı irdelendikten sonra binaları, cepheleri, mekânları ve mobilyaları nitelendiren akıllı kavramı incelenmiştir.

#### 1.4. Tasarımda ve Mimaride ‘Akıllı’ Kavramı

Akıllı tasarım kullanıcıların ihtiyaçlarını, tercihlerini öğrenme ve tahmin etme, böylece daha sürdürülebilir tasarıma ulaşmayı sağlamak için dinamik süreçleri optimize etme, yaşam tarzı konforunu ve esnekliği arttırma, enerji verimliliğini sağlama ve maliyetleri azaltma yeteneğine sahiptir. Bu nedenle akıllı tasarım kavramı, gelecek nesillerden ödün vermeden mevcut ihtiyaçları karşılayan yeni bir ortam yaratılmasını desteklemek için sürdürülebilir tasarımla ilişkili olarak düşünülebilir (Senagala, 2006).

Mimari disiplini içerisinde geçen ‘akıllı’ kavramı ise kullanıcının ihtiyacına, talebine ve çevrenin değişen koşullarına göre malzemelerin ya da yapıların algılamasını, hafızasını ve çoklu fonksiyonları sayesinde kendi kendine uyum sağlamasını ifade etmektedir (Addington ve Schodek,2005; Tarfie, 2015). Akıllı mimarinin temel özellikleri aktif ve dinamik, esnek ve çevreye uyumlu, duyarlı ve tepkisel olmaktır (Tarfie, 2015). Mimari disiplini içinde akıllı kavramı günümüzde sürdürülebilir tasarım ve akıllı bina içerisinde popüler olan bir kavramdır. Burada akıllı kavramı genellikle kullanıcı konforundan ödün vermeden enerji verimliliği sağlamak amacıyla çeşitli çevresel parametreleri pasif veya aktif olarak düzenleme yeteneğini ifade etmektedir (Senagala, 2006).

Akıllı kavramını özetleyecek olursak kullanıcıların ihtiyaçlarına, taleplerine ve çevrenin değişen koşullarına cevap olarak yapıların, mekânların ve nesnelere uyum sağlama yeteneğidir. Bununla beraber akıllı kavramı kullanıcının yaşam konforundan ödün vermeden enerji verimliliğini sağlamayı da ifade etmektedir.

##### 1.4.1. Akıllı Binalar

Akıllı binalar çevreye duyarlı, enerji ve yönetim etkin, kullanıcıların çalışma ve yaşam koşullarını güvenli, konforlu, etkin ve verimli hale getiren, kullandığı enerji kaynakları ile çevreyle bütünleşik olan, pasif ve aktif bina alt sistemlerini kullanan binalardır (Mangan,2006).

Akıllı bina kavramı birçok kurum ve kişi tarafından tanımlanmıştır. Karsımıza en sık çıkan iki tanımdan biri Avrupa Akıllı Bina Grubu’na, diğeri ise Amerikan Akıllı Bina Enstitüsü’ne aittir. Amerikan Akıllı Bina Enstitüsü’ne göre ‘Akıllı bir yapı sistemler, strüktür, hizmetler ve yönetimden oluşan dört temel unsurun ve bu unsurlar arasındaki ilişkinin optimizasyonu sayesinde üretken ve maliyet olarak verimli bir ortam sağlayan



binalardır. Akıllı binalar bina sahiplerinin, yöneticilerin ve kullanıcıların maliyet, enerji yönetimi, konfor, rahatlık, güvenlik, uzun vadeli esneklik ve pazarlanabilirlik alanlarında hedeflerini gerçekleştirmelerine yardımcı olur' (Heiselberg vd., 2007). Avrupa Akıllı Bina Grubuna göre akıllı bina 'Kullanıcıların verimliliğini en üst düzeye çıkaran ve minimum maliyetle kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesini izin veren binalardır' (Sherbini ve Krawczyk, 2004).

Akıllı binaların en önemli özelliği, kullanıcının yaşam kalitesinden ve çalışma koşullarının konforundan ödün vermeden aktif ve pasif sistemleri kullanarak enerji verimliliği sağlamalarıdır. Pasif sistemler, herhangi bir mekanik ve elektrik sistem kullanılmadan binanın şekli, yapısı ve yönlendiği gibi yapı elemanlarıyla oluşturulan bir düzendir. Aktif sistemler ise; bilgisayar destekli otomasyon sistemleridir (Kara,2017).

Bunlar:

- HVAC Sistemleri
- Elektriksel Güç Sistemi
- Aydınlatma Sistemleri
- Bina İçi Taşıma ve Geçiş Sistemleri
- Yangın Güvenlik Sistemleri
- Giriş Kontrol ve Güvenlik Sistemleri
- Bina Otomasyon Sistemleri ve Bina Yönetimi
- Haberleşme ve Network Sistemi
- Enerji Yönetimi ve İzleme Sistemleridir.

Kullanılan bu aktif sistemler, bina maliyetinin büyük kısmını oluşturduğu için bina otomasyon sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bina otomasyon sistemi sayesinde akıllı binalar sadece enerji korunumu ve tasarrufu sağlamamaktadır, aynı zamanda aktif sistemlerin işletimini ve denetimini tek bir merkezden güvenli bir şekilde yürütülmesinde de etkili olmaktadır (Kara, 2017).

Akıllı binalara örnek olarak en yüksek BREEAM derecesine sahip olan Edge ofis binası gösterilebilir. Bu bina, çalışanların rahatlığını sağlayan akıllı teknolojileri içermektedir. Her çalışan akıllı telefonlarındaki bir uygulama yoluyla binaya bağlıdır. Çalışanlar bu uygulamayı kullanarak boş park yeri, boş masa ve diğer çalışanları bulabilir, tesisler ile ilgilenen takıma sorunlarını bildirebilir, bina içinde yönlerini bulabilir. Ayrıca çalışanlar, bina içinde çalışmak istedikleri herhangi bir yerdeki ısı ve ışık seviyelerini mobil

uygulama yoluyla düzenleyebilir ve çalışmak istedikleri herhangi bir alanın ısı ve ışık seviyelerini ayarlayabilir (URL-1, 2018).



Şekil 2. Edge ofis binası (URL-1, 2018)

Edge ofis binasında, bilgisayar üzerinden kontrol edilebilen LED aydınlatma sistemi kullanılmıştır. Binanın çeşitli noktalarına 6000 adet yerleştirilen LED armatürlerin bir kısmında ısı, hareket, ışık sensörleri bulunmaktadır. Bu sensörler sayesinde boş olan mekânların gereksiz yere aydınlatılmasının önüne geçilmektedir. Böylece LED aydınlatma sistemi ile %50 civarında enerji verimliliği sağlanmaktadır (Kara, 2017).



Şekil 3. Edge ofis binasının iç mekânı (Kara, 2017)

Binanın çatısı üzerinde toplanan yağmur suyu tuvalet sifonlarında, atriyum içindeki yeşil teraslarda ve binayı çevreleyen diğer bahçe alanlarında sulama amaçlı kullanılmıştır. Binada bulunan atriyum, dış çevre ve çalışma alanı arasında bir tampon işlevi görmektedir.

Ofislerden gelen atık hava, atriyumda tepeye yerleştirilmiş olan ısı değiştirgecinde geçerek dışarı verilmektedir. Bu yolla elde edilen ısı bina içerisinde değerlendirilmektedir (URL-1, 2018).



şekil 4. Edge ofis binası ve atriyum alanı (Kara, 2017)

Edge ofis binasının güney, doğu ve batı cephesinde havalandırma için açılabilir paneller bulunmaktadır. Açılabilir paneller, gölgeleme sağlamak için daha az aralıklarla dizilmiştir. Güney cephede bulunan güneş panelleri bütün akıllı telefonları, dizüstü bilgisayarları ve elektrikli araçları şarj edecek kadar yeterli miktarda sürdürülebilir enerji sağlamaktadır. Kuzey cephe ise gün ışığının içeri alınması için oldukça saydam tasarlanmıştır. Buna ek olarak otoyoldan gelen gürültüyü azaltmak için kuzey cephede kalın cam kullanılmıştır (URL-1, 2018).

#### 1.4.2. Akıllı Cepheler

Bir binanın cephe maliyetinin toplam bina maliyeti içerisindeki payının %15-%40 arasında olmasına karşın, bina cephesinin bina işletim maliyeti üzerindeki etkisi %40 veya daha fazla olabilmektedir. Bu nedenle, fosil enerji kaynaklarının yenilenemez olması ve çevreyi kirletmesi, dünyada kullanılan toplam enerjinin büyük bir miktarının binalarda kullanılıyor olması ve dolayısıyla binalarda enerji verimliliğinin önem kazanması, yapı ve malzeme teknolojisindeki gelişmeler akıllı cephe tasarımı gündeme getirmiştir (Erturan ve ren, 2011).

Cephede kullanılan akıllı kavramı, binanın temel enerji harcamasını azaltabilme, değerşen günlük ve mevsimsel iklim şartlarına göre uyum sağlayabilme yeteneğine sahip olan

yapı elemanını ifade etmektedir (Erturan ve Ören, 2011). Akıllı cephelerin başarılı bir şekilde benimsenmesiyle binaların enerji performansı önemli ölçüde iyileştirilebilir. Bu cepheler, sadece bina enerji performansının artırılmasında değil aynı zamanda gün ışığını kontrol etmek, ısı kazanımını azaltmak, ses yalıtımı sağlamak ve görsel konfor için de etkilidir (Hoseini ve Berardi, 2012). Bu yüzden akıllı cepheler kullanıcıların konforu ile enerji kullanımı arasında optimum denge kurmaktadır (Erturan ve Ören, 2011). Akıllı cephelerin kullanımı, kullanıcının rahatlığını artırması ve enerji tüketim oranını azaltması gibi iki önemli sonucu içermesi bu cephelerin inşa edilmiş ortamlarda sürdürülebilirliğin artırılmasına yenilikçi bir çözüm olarak önerilmesinde etkili olmuştur (Hoseini ve Berardi, 2012).

Akıllı cephelere örnek olarak Abu Dhabi'de mimarlık ofisi Aedas tarafından tasarlanan Al Bahar kuleleri verilebilir. Bu ikiz kulelerinin kuzey cephesi dışındaki tüm cepheleri bal peteği şeklindeki dinamik bir strüktürle çevrelenmiştir. Kulelerin cam cephelerinin önünde bulunan bu dinamik gölgeleme elemanı güneşin hareketine göre açılıp kapanarak iç mekânı güneşin istenmeyen fazla ışınımlarından korumaktadır.



Şekil 5. Al Bahar Kuleleri (Attia, 2017)

Gölgeleme elemanı üzerinde bulunan her bir üçgen parça yaklaşık 6m x 4m boyutlarında olup ağırlıkları 240 – 600 kg arasında değişmektedir. Bu üçgen birimler, doğrudan güneş ışınımını engellemek için güneş hareketine tepki olarak çeşitli açılarla açılan bireysel gölgeleme elemanları olarak hareket etmektedir. Bu hareket güneşin açısına göre

açılma ve kapanma sırasını kontrol eden güneş izleme yazılımı ile çalıştırılmaktadır (Attia, 2017).



Şekil 6. Origami şeklinde katlanıp açılan gölgeleme elemanlarının tam kapalı, yarı açık ve açık durumlardaki görünüşleri (URL-2, 2018)

Bir diğer örnek ise Jean Nouvel mimarlık stüdyosu tarafından tasarlanan Paris'teki Arap Enstitüsü binasıdır. Bu binanın güney cephesinde güneş kırıcı cihaz olarak çalışan 240 adet ışığa duyarlı diyafram bulunmaktadır. Bu alüminyum diyaframlar bilgisayar yönetimindeki elektropnömatik mekanizma ile kendi ekseninde dönerek açılıp kapanmakta ve güneş ışığı girişini 0.10 ile 0.30 oranları arasında kontrol etmektedir. Diyaframlar dıştaki ısı yalıtım camı ile içte yer alan tek cam yüzey arasında yer almaktadır. Güneş ışığının seviyesine bağlı olarak otomatik olarak açılıp kapanan diyaframlar iç ortamdaki aydınlık düzeyini de kontrol etmektedir (Modin, 2014; Güncü ve Kurnuç, 2013).



Şekil 7. Arap Enstitüsü Binası (URL-3,2018; URL-4, 2018)

Enric Ruiz Geli liderliğinde Cloud 9 Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan Media-TIC binası şişme ve sönme hareketine dayanan diğer bir akıllı cephe örneğidir. Günde 6 saat güneşe maruz kalan güney doğu ve güney batı cepheleri, kullanılan malzeme ve teknoloji sayesinde binanın değişen ısı ve ışık şartlarına uyum sağlamaktadır. Her iki cephede ETFE malzeme kullanılmıştır, fakat malzemeler her cephede farklı şekilde uygulanmıştır. Binanın güney-doğu cephesi içbükey ve dışbükey üçgen ETFE panellerinden oluşmaktadır. Bu üç katmandan oluşan ETFE panelleri, dışarının ısısına karşı yalıtım sağlamak için hava ile şişirilerek bir hava yastığına dönüştürülür. Yalıtım sağlayan ETFE panelleri aynı zamanda panellerin üzerindeki gölgeleme desenlerinin örtüşmesi ile güneş kırıcı görevi de görmektedir. Güneybatı cephesinde ise iki katmandan oluşan ETFE panelleri çatıya yerleştirilmiş bir kaynaktan nitrojen gazı ile şişirilmektedir. Nitrojen gazının yoğunluğu paneller içinde bir sis etkisi oluşturarak, cephede buluta benzer bir güneş filtresi oluşturmaktadır. Bu iki akıllı cephe sistemi sayesinde bina %20 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır (Suner, 2011).



Şekil 8. Media TIC ofis binasının güney batı ve güney doğu cephesi (URL-5, 2018)

### 1.4.3. Akıllı Mekânlar

Akıllı mekân tasarımı, kullanıcının gereksinimlerini korurken inşa edilen alanların miktarını azaltmak amacıyla mekânın esnekliğini arttıran tekniklerin kullanılması olarak tanımlanabilir. Akıllı mekân, verimli ve uyarlanabilir mobilyalar, hareketli duvarlar ve diğer yer tasarrufu sağlayan teknikler gibi akıllı mekân tasarım çözümlerini ve bu çözümlerin binaların arazi kullanım verimliliğini sağlamasıyla ilişkilidir. Bu teknikler, zaman içinde mekânın olası kullanım sayısını artırarak binaların esnekliğini ve uyarlanabilirliğini

arttırmaktadır. Mekânın esnekliği, inşa edilen alanların miktarını azaltmanın yanı sıra inşaat malzemelerine olan ihtiyacı, atıkların üretimini ve bina iklimlendirmesi için gereken enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilirliği teşvik etmeye izin vermektedir (Barbosa vd., 2016). Örneğin, İsviçre’li White Design tasarımcıları tarafından tasarlanan Optibo 25 m<sup>2</sup>’lik bir mekân olmasına karşın tek bir hacimde yatak odası, yemek odası, oturma odası ve mutfak gibi farklı işlevlere sahip mekânlar bir arada bulunmaktadır. Dönüşebilir mobilyalar sayesinde sınırlı bir alana sahip olan 25 m<sup>2</sup>’lik bir mekân verimli bir şekilde kullanılmıştır. Düşük döşemenin kullanımı sayesinde zemine gömülen yatak, masa, sandalye gibi belli bir zaman içerisinde kullanılmayan mekânsal öğelerin ortadan kaldırılmasını mekânın verimli kullanımına olanak tanımıştır. Elektrohidrolik sistemlerle desteklenerek zemine gömülen masa ve sandalye yüksekliklerinin ayarlanabilir olması, çalışma ve yemek yeme gibi birbirine yakın işlevlere yanıt vermektedir (Savaş, 2011).



Şekil 9. Optibo gizlenen masa ve oturma birimleri (URL-6, 2019)

Diğer bir örnek, bir dairenin belirli pozisyonlarında istenen ve son şekli elde etmek için mobilyaların duvarların arkasına gizlenen ve zeminin altındaki mekanik cihazlar kullanılarak kayan ince düzlem elemanlardan yapıldığı Delft Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen Popup Interactive Apartment'dır (Barbosa vd., 2016).



Şekil 10. Popup Interactive Apartment (URL-7, 2019)

Kullanıcıların isteklerine göre mekânların sayısını ve alanını değiştirmeyi sağlayan verimli mobilya tasarımları ve RoboWalls hareketli duvar teknikleri kullanılarak aynı daire içerisinde farklı yerleşim düzenleri sunulabilir. Örneğin, mimar Gary Chang Hong Kong'daki kendi dairesinde, otomatik mekanizmalı sürgülü duvarlar ve gömülü uyarlanabilir mobilyalar kullanarak sadece 30 m<sup>2</sup>'de 24 odadan oluşan çok amaçlı bir daire oluşturmuştur (Barbosa vd., 2016).



Şekil 11. RoboWalls isimli hareketli duvar tekniği (URL-8, 2019)

Akıllı mekânlar, sürdürülebilir tasarımı desteklemek için kullanılan değişebilen ve dönüşebilen mekân birleşmelerinin yanı sıra sensörler ve bilgisayarlarla donatılan interaktif yüzeylerden de oluşmaktadır. Örneğin, Jason Bruges tarafından 2012 yılında yapılmış olan 'Nature Trail' isimli proje, monokromik renklerin kullanıldığı 12 farklı hayvan figürü ve orman soyutlamasından oluşmaktadır. Projenin uygulandığı duvar yüzeyi bir ormanın içerisinde at, geyik, kuş, kirpi ve kurbağa gibi hayvanların dijital olarak bulunan tasvirleri farklı yüksekliğe entegre edilmiştir (Bezci ve Gürbulak, 2015). Bu interaktif duvar yüzeyi, 50m<sup>2</sup>'lik koridorun her iki tarafına uzanan grafik duvar kağıdının arkasına entegre edilmiş LED panellerden ve hareket sensörlerinden oluşmaktadır (URL-9, 2019).



Şekil 12. 'Nature Trail' projesi (URL-10, 2019)



#### 1.4.4. Akıllı Mobilyalar

Akıllı mobilyalar, küçük yaşam alanları için minimum alan kullanımına izin veren, kullanım verimliliğini arttırarak zaman tasarrufu sağlayan ve kullanıcı arayüzü sayesinde kullanıcı tarafından kolayca erişebilir ve yönetebilir mobilyalardır (URL-11, 2019). Bu mobilyalar katlanıp daha küçük parçalara dönüşerek ya da duvar, zemin gibi mekân birleşenlerine gizlenerek daha küçük mekân kullanımına izin vermektedir. Bununla beraber akıllı mobilyalar kullanıcının birden fazla ihtiyacına cevap verebilir (Vaida vd., 2014).



Şekil 13. Büyüyen masa ve çok fonksiyonlu mobilya (URL-12, 2019)

Akıllı mobilyalar, geleneksel mobilya ve bilgi teknolojisinin birleşimi sayesinde nesnelere ile insanlar arasındaki doğrudan iletişimi sağlamaktadır. Kullanıcıyla iletişime geçen akıllı mobilyalar, sensörler sayesinde kullanıcıların ihtiyaç ve tercihlerinin farkında, programlanabilir olması sayesinde kullanıcıların faaliyetlerine duyarlı ve dokunmatik ekran yüzleriyle donatılması sayesinde etkileşimlidir (Heidari Jozam,2016). Örneğin, 'Interactive Led Coffee Table' isimli masa, camın altına yerleştirilmiş ledlerden oluşmaktadır. Bunları kullanıcıyı hissedip LED'lerin yanmasını sağlayan optik sensörlere sahiptir (URL-13, 2019).



Şekil 14. Interactive Led Coffee Table (URL-13, 2019)

## 1.5. Günümüzde Kullanılan Teknolojik Malzemeler

Endüstri devrimi sonrasında yeni malzemelerin ortaya çıkması, mevcuttaki malzemelerin bazı özelliklerinin yeni keşfedilmesi, malzemelerin olumsuz özelliklerinin giderilmesi için kullanılan yeni teknolojilerin gelişmesi, tasarım alanında bazı malzemelerin yeni kullanılması ve sürdürülebilirlik kavramının önem kazanması ile birlikte tasarım alanında malzeme kullanımını çeşitlendirmiştir. Böylece günümüzde malzeme ve teknolojideki gelişmeler tasarım alanında farklı malzemelerin ortaya çıkmasında ve gruplandırılmasında etkili olmuştur. Bu gruplandırılma içerisinde akıllı malzemeler ile yüksek performansa sahip olan biyomalzemelerinin ve nanomalzemelerinin karıştırıldığı gözlenmesi sebebiyle bu bölümde bu iki farklı gruptaki malzemeler incelenmiştir.

### 1.5.1. Biyomalzemeler

Biyomalzemeler, kökeni canlı bir yapıya dayanan, doğadan türetilen malzemelerdir. Binalarda yenilenebilir malzemelere ve sürdürülebilir tasarım stratejilerine ilgi mimaride biyomalzemelerin uygulanmasında etkili olmuştur (Aksamija,2016). Biyomalzemeler yün lifleri, deri gibi hayvansal malzemelerden ya da kâğıt hamuru, kâğıt, ahşap, bambu, hindistan cevizi lifleri gibi bitkisel malzemelerden yapılabilir (Durai Prabhakaran vd., 2015). Bununla beraber bakteriler, mantarlar ve algler gibi organizmalarla da farklı işlevlere ve özelliklere sahip biyomalzemeler oluşturabilir. (Gazit, 2010) Örneğin beton çatlak tedavisinde ‘kendini iyileştirme’ olarak bilinen çevre dostu bir teknik bulunmuştur. Bu teknikle oluşturulan biyobeton isimindeki malzeme ilk defa Hollanda'nın Breda kentindeki bir pavyonda uygulanmıştır (URL-14, 2018) (Şekil 15). Biyobetonun içerisinde özel bir bakteri, kalsiyum laktatı ve besin maddeleri bir arada kapsüllenmiş bir şekilde bulunmaktadır. Kapsüllemenin amacı, çatlakların oluşmasından önce herhangi bir etkileşiminin oluşmasını önlemektir. Çatlaklar meydana geldiğinde ise kapsüller parçalanmaktadır ve bakteriler su ile etkileşime girerek aktif hale gelmektedir. Aktif hale gelen bakteriler, kalsiyum laktat ve besin maddelerinden kireç taşı oluşturmakta ve ortaya çıkan kireçtaşı da çatlakları doldurmaktadır. Bu teknikle beton onarım maliyetlerinin azaltılması beklenmektedir (Khitab vd., 2016).



Şekil 15. Kendini iyileştiren biyobeton ve Reddingsbrigade Pavyonu (URL-14, 2018)

Bakterleri kullanarak biyomalzeme üretimi mobilya tasarımında da görülmüştür. Jannis Hülsen tarafından tasarlanan 'Xylinum' taburede %100 biyolojik olarak parçalanabilen bir kaplama sistemi uygulanmıştır. Bu kaplama sisteminde tasarımcı bir çözümlerde biyolojik işleminden geçtiğinde selüloz liflerinin büyüdüğü Xylium bakteri kullanmıştır. (Peters,2014) Böylece bakteriyel selüloz lifin kullanımı, selülozun ana kaynağı olan ağaç tüketiminin önüne geçebilir (Gazit, 2010).



Şekil 16. Jannis Hülsen tarafından tasarlanan Xylinum Chair (URL-15, 2018)

### 1.5.2. Nanomalzemeler

Nanomalzemeler iki farklı yöntemle üretilmektedir. Birinci yöntem, laboratuvar ortamında nanoteknoloji sayesinde üretilen aerojel, karbon nanotüp gibi nano ölçekte olan yeni malzemeleri içermektedir (Cengiz, 2016 ve Yılmaz, 2014). Örneğin, İngiltere’de bir okul binasının dersliklerinin, toplantı salonunun, internet kafesinin ve bir dans stüdyosunun yer aldığı güney kotu tamamen yarı saydam 70 mm kalınlığında aerojel dolgulı panellerle kaplanmıştır. Aerojel paneller, gün ışığının yumuşak bir şekilde iç mekâna girişine izin verirken enerji verimliliği sağlayan yalıtım özelliği sayesinde bina işletim maliyetlerini azaltmaktadır.



Şekil 17. Aerojel panellerin kullanıldığı İngiltere’de bir okul binası (Leydecker, 2008)

İkinci yöntemde ise altın, gümüş ve titanyum dioksit gibi var olan malzemelerin boyutu nano ölçeğe indirilerek elde edilmektedir. Bu yöntem sayesinde mimari uygulamalarda kullanılan geleneksel malzemelerin, fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirilmektedir. Böylece geleneksel malzemelere kendi kendini temizleme, havadaki zararlı gazları emme, temizleme kolaylığı oluşturma, buğulanmanın oluşumunu engelleme, ısı yalıtımı ve ısı kontrolü sağlama, UV korunumu, antibakteriyal olma, parmak izi oluşturmama, çizilmeyi önleme, yangına dayanım ve yanmazlık gibi olumlu özellikler kazandırılmaktadır (Cengiz, 2016 ve Yılmaz, 2014). Örneğin, Çin’de bir ofisin iç mekânında

nanoteknoloji sayesinde kolay temizlenen ve antibakteriyel özelliğine sahip özel bir duvar kaplama kullanılmıştır. Doğal taş merdivenler de kendini temizleme özelliğine sahiptir.



Şekil 18. Ofis mekânında kullanılan nanomalzeme (Leydecker, 2008)

Nanoteknoloji, geleneksel malzemelerinin dayanıklı olmasında ve ağırlığının azaltılmasında etkili olmaktadır. Malzemelere kazandırılan gelişmiş özellikler sayesinde, malzemelerin hasardan korunumu güçlendirilerek, bakım ve onarıma olan ihtiyacı azaltılmaktadır (Yılmaz, 2014).

### 1.5.3. Akıllı Malzemeler

Akıllı malzemeler, bilgisayarlara gerek duymaksızın kendi içsel özellikleri sayesinde çevreye adapte olabilen ve çevreden gelen uyarılara cevap verebilen malzemelerdir (Çakmaklı vd., 2015). Bu malzemeler hem algılama hem de harekete geçme işlevlerini yerine getirme ve çevredeki değişikliklere uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Akıllı malzemeleri kullandığımızda, algılayıcı ve harekete geçirici bileşenler içeren bir sistemde karmaşık bir parça artık tek bir birleşimde mevcut olabilir. Böylece sistemin genel büyüklüğü ve karmaşıklığı azalmaktadır. Ancak, akıllı malzemeler asla sistemi tamamen değiştirmezler, genellikle bazı akıllı sistemlerin parçasıdır (Aggour ve Soliman, 2010).

1988'de ABD Ordusu Araştırma Ofisi Atölyesi tarafından akıllı malzemeler tanımlanmıştır. Bu tanıma göre, özünde ya da sonradan gömülü olarak sensör, aktüatör ve kontrol mekanizması bulunan bir malzeme bir uyarıyı algılamaktadır, önceden belirlenmiş

bir davranışla cevap vermektedir ve uyaran ortadan kalktığıında hemen eski haline dönmektedir. Sınıflandırma uyarı ve cevap arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Bu tanımlama 1992’de Gandhi ve Thompson tarafından detaylandırılıp genişletilerek akıllı malzemeler pasif ve aktif olarak ikiye ayrılmıştır. Aktif akıllı malzemeler, dış uyaran ile uyarıldığında özelliklerini veya geometrisini değiştirme yeteneğine sahiptir. Pasif akıllı malzemeler ise sadece çevresel koşulları veya uyaranları algılayan malzemelerdir. Bu malzemeler sensör görevi görmektedir. Örneğin fiber optikler çevresel bir uyarana tepki vermeyip sadece uyararı algılamaktadır (Bohnenberger, 2013).

Bu çalışmada aktif olarak nitelendirilen akıllı malzemeler incelenmiştir. İncelenen bu malzemeler doğal özellikleri sayesinde uyaranları algılayan ve tepki veren malzemelerdir. Bu malzemelerin ne olduğu tam olarak anlaşılması amacıyla tezin diğer başlıkları altında malzemenin genel özelliklerinden ve yeteneklerinden, biyomimikri ile olan ilişkisinden bahsedilmiştir ve uyarlamalı mimari içerisindeki yeri sorgulanmıştır. Ayrıca akıllı malzemeler hakkında yapılan sınıflandırmalar incelenmiş ve yapılan sınıflandırmalar içerisinde biri seçilip, akıllı malzemeler seçilen sınıflandırmada detaylı olarak incelenmiştir.

### **1.5.3.1. Akıllı Malzemelerin Özellikleri ve Yetenekleri**

Addington ve Schodek (2005), akıllı malzemeleri kavramsal olarak geleneksel malzemelerden ayıran beş temel özelliğe sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu kavramsal özellikler geçicilik (transiency), seçicilik (Selectivity), dolaysızlık (directness), kendi kendini harekete geçirme (Self-actuation) ve anlıktır (Immediacy). Bu bağlamda anlık kavramı akıllı malzemelerin eşzamanlı olarak tepki verdiğini, seçicilik kavramı tepkisinin öngörülebilir olduğunu, kendi kendini harekete geçirme ise zekânın malzemenin içsel özelliklerinden kaynaklandığını ifade etmektedir. Dolaysızlık, yanıtın etkinleştirme olayına yerel olduğunu ve geçicilik kavramı birden fazla çevresel duruma cevap verdiğini tanımlamaktadır.

Sonuç olarak Addington ve Schodek’e göre bir malzemenin akıllı olması beş kavramsal özelliğe sahip olmasıyla ilişkilidir. Örneğin, Termokromik malzemeler, ısıyla aktive edildiğinde renk değişikliklerine maruz kalan malzemelerdir. Termokromikler bu beş kavramsal özelliklere göre incelendiğinde akıllı bir malzeme oldukları gözükmemektedir (Yates, 2012):

- Anlık: Geçiş sıcaklığını geçtikten sonra rengini değiştirir.
- Geçicilik: Anahtar sıcaklığının altında ve üstünde farklı renk özelliklerine sahiptir.
- Kendi kendini harekete geçirme: Termal aktivasyona tepki olarak emilim özelliklerinde değişime neden olan moleküler yapıda bir değişiklik yapacaktır.
- Seçicilik: Geçiş sıcaklığıyla ilişkili öngörülebilir renk değişimi olacaktır.
- Dolaysızlık: Renk değişimi yalnızca ısıyla etkinleştirilmiş bölgelerde olur.

Bu inceleme sonucu, termokromikler anlık, geçicilik, kendi kendini harekete geçirme, seçicilik ve dolaysızlık özelliklerine sahip oldukları için kesinlikle 'akıllı' olarak sınıflandırılabilir (Yates, 2012).

Addington ve Schodek (2005) akıllı malzemelerin özelliklerinin yanı sıra yeteneklerini de gruplandırmıştır. Bunlar:

- Nitelik değiştirme yeteneği: Kimyasal, termal, mekanik, manyetik, optik veya elektriksel uyaranlara tepki olarak akıllı malzemeler niteliklerini değiştirmektedir.
- Enerji değiştirme yeteneği: Enerji değişim kabiliyetine sahip olan akıllı malzemeler girdi enerjisini şartlara ve koşullara bağlı olarak başka bir enerji formuna dönüştürebilir. Örneğin, fotovoltaik ve piezoelektrik malzemeler
- Tersinirlik: Hem özellik değiştirme yeteneğine hem de enerji değiştirme yeteneğine sahip olan malzemeler tersinirdir. Elektrik dönüştürücü malzemelerin birçoğu giriş ve çıkış enerji formlarını tersine çevirebilir. Örneğin, bazı piezoelektrik malzemeler uygulanan bir gerilim ile bir akım üretebilir ya da uygulanan bir akımla deforme olabilir.
- Boyut: Akıllı malzemedan yapılan bir birleşen veya eleman geleneksel malzeme kullanılarak yapılan benzer bir yapıdan daha küçük olacaktır ve aynı zamanda daha az altyapı desteğine ihtiyaç duyacaktır.

Akıllı malzemeler belirli uygulamalarda filamentler, boyalar veya filmler gibi tasarımcı için faydalı kullanım biçimlerinde mevcut olması gerekmektedir. Bunlar (Ritter, 2007):

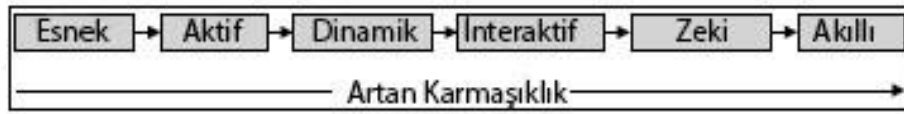
- Faz değiştiren malzemeler: Granül, kapsül
- Adezyon değiştiren malzemeler: Boya, granül
- Fotokromik malzemeler: Granül, film, iplik, mürekkep
- Temokromik malzemeler: Mikrokapsül, iplik, mürekkep, film, boya
- Elektrokromik malzemeler: Mürekkep, film

- Fotolüminesans malzemeler: Granül, film, iplik, mürekkep, yün
- Elektrolüminesans malzemeler: Film, şerit, mürekkep, kablo
- Şekil bellek alaşımlar: Teller, çubuklar, borular, levha, bant

### 1.5.3.2. Akıllı Malzemeler ve Uyarlamalı Mimari

Uyarlamalı mimari, otomatik olarak ve /veya insan müdahalesi aracılığıyla çevresine ve kullanıcılarına uyum sağlayan yapıları içermektedir (Schnädelbach, 2010). Uyarlamalı bina sistemleri enerji tüketimini önemli ölçüde azaltılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle bina performansını iklim konforuna göre optimize edebilir (Lelieveld, 2013).

Lelieveld'e (2013) göre mimaride uyarlama (adaptasyon) birçok seviyede gerçekleşebilir. Uyarlamalı mimari esnek, aktif, dinamik, interaktif, zeki ve akıllı mimari şeklinde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar arasındaki farklılıkların uyarlamanın karmaşıklığına dayandığı görülmüştür (Şekil 19). Bunlar:



Şekil 19. Uyarlamalı mimarinin sınıflandırılması ve artan karmaşıklık (Lelieveld, 2013)

- Esnek mimari: İlk uyarlamalı mimari seviyedir. Bu seviyede, bina bileşenlerindeki değişiklik kullanıcı tarafından kontrol edilmektedir. Esnek yapı bileşenleri sadece bir uyarlamalı işleve sahiptir. Örneğin bir oda bölücü kullanıcı tercihlerine göre açılabilir veya kapatılabilir. Ayrıca bu tek uyarlamalı işlevi gerçekleştirmek için rulmanlar, menteşeler, kızaklar ve raylar gibi mekanik tekniklere ihtiyaç vardır. Hollanda'nın Utrecht kentindeki Rietveld-Schröder evi, esnek mimari örneklerinden biridir. Bu konutta alanlar, kayan ve dönen duvarların kullanımıyla yeniden düzenlenebilir.
- Aktif mimari: Bu mimari seviyede önceden ayarlanmış bir performansın başlatıcısı kullanıcıdır ve performansı gerçekleşmesi için bir enerji kaynağına ihtiyaç vardır. Örneğin otomatik kapı bir butona basılarak aktif edilir ve elektrik enerjisi kullanılarak açılabilir.



- **Dinamik mimari:** Bir bina birleşeni kullanıcının manuel kontrolü olmadan konfigürasyonunu değiştirme yeteneğine sahiptir. Bina birleşeni belirli bir değişikliği algılamaktadır ve programlanan sistemlere göre uygun şekilde tepki vermektedir. Bu seviyedeki mimari uyarlamada dinamik ortamların oluşturulması için bilgisayar ve sensör teknolojisindeki ilerlemeler gereklidir.
- **İnteraktif (etkileşimli) mimari:** Kullanıcı performansına veya çevresel değişikliklere anında tepki vermektedir. Belirli bir durum yeniden ortaya çıktığında, sistem kullanıcının tercihlerini hatırlamaktadır ve buna göre tepki göstermektedir. Ayrıca binanın performansı tek işlevli bir seviyede gerçekleşmektedir. İnteraktif mimarideki gelişmeler, gelişmiş bilgisayar sistemlerinin bina sistemine entegrasyonu ile ilgilidir. Kapı, etkileşimli bir sistemin prensibi olarak gösterebilir. Elektrikli bir kapı, kullanıcının yaklaşan hızını tespit ederek, performans hızını artırabilir. Bu sayede kullanıcı açılış ve kapanış performansını ayarlayabilir. Etkileşimli mimari, yaklaşık 1995'ten beri mevcut olan dijital algılamaya ihtiyaç duymaktadır.
- **Zeki mimari (Intelligent):** Bu seviyedeki mimari yapı kullanıcıların ilgi alanlarına ve etkileşim tercihlerine adapte ederse ve belli amaçları gerçekleştirmek için kullanıcı ile birlikte çalışırsa, sistem akıllı olarak kabul edilir. Sistem, tepki gösterip göstermeyeceğini, nasıl ve ne zaman tepki vereceğini belirleyebilir, işleyebilir. Örneğin, Kullanıcı havalandırma amacıyla kapının açık olmasını isterse sistem belirli bir durum sırasında kapının açık kalması gerektiğini öğrenebilir ve adapte olabilir. Sistem açılan kapının amacını anlayacaktır ve bu durum tekrar meydana geldiğinde kapı açık kalacaktır. Böylece kapı sadece bir giriş yeri değil, aynı zamanda iklim optimizasyonu için bir kontrol sistemi olacaktır. Bu sistemde kapı bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilen akıllı unsurların bir parçası olacaktır. Zeki mimaride gelişmiş yazılımlara sahip bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- **Akıllı mimari (Smart):** Büyüme, gelişme, uyarlanma ve öğrenme yeteneğine sahip olan uyarlamalı mimari seviyedir. Örneğin John Johansen tarafından bir tohumdan büyüeyebilen bir bina tasarlanmıştır. Tohum, binanın özelliklerinin tüm bilgilerini içeren entegre bir mimari kod içermektedir (Şekil 20).



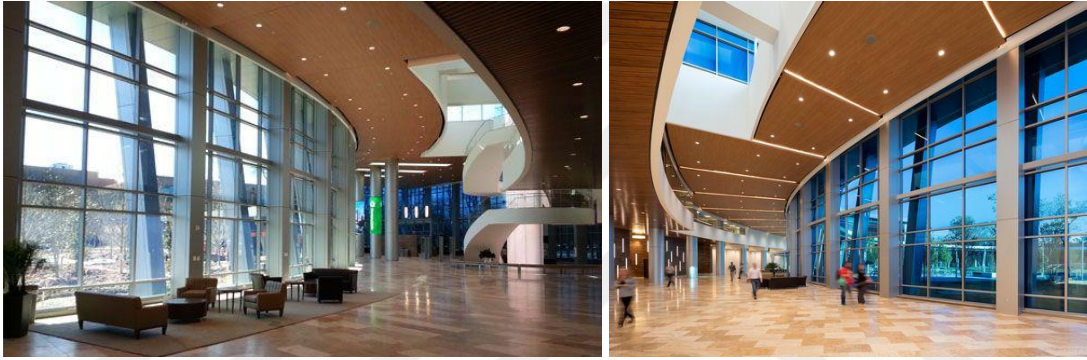
Şekil 20. Bir tohumdan büyüeyebilen Multistory apartman binası (URL-16, 2018)

Akıllı, interaktif ve zeki mimari şu an da mevcut olmayan yeni teknolojilere ihtiyaç duydukları için örnek uygulama bulunmamaktadır. Bu yüzden sadece esnek, dinamik ve aktif mimari örnek uygulamalar mevcuttur (Tablo 1).

Tablo 1. Uyarlamalı mimari projelerine genel bir bakış (Lelileveld, 2013)

Mimar/ Tasarımcı	Projenin ismi	Adaptasyon yöntemi	Yapının resmi	Adaptasyon seviyesi
Rietveld, Gerrit	Rietveld Schröder Evi	El ile yeniden yapılandırılabilir sürgülü duvarlar		Esnek mimari
Steven Holl	Fukuoka apartmanı	Elle dönen elemanlar		Esnek mimari
Jean Nouvel	Arap Dünya Enstitüsü	Cephede motor ile kontrol edilen açıklıklar		Dinamik mimari
Hanse Coloni	Rotor Evi	Elektrikle dönen oda		Aktif mimari

Lelieveld'in (2013) yapmış olduğu sınıflandırmalar incelediğine uyarlamalı mimari performans seviyesine bağlı olarak sensörlere, mekanik sistemlere, gelişmiş yazılımlara sahip bilgisayar sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Fakat akıllı malzemeler içsel özellikleri sayesinde çevresindeki değişiklikleri algıladığı ve bu değişikliklere bir tür harekete geçirme veya eylemle cevap verebildiği için akıllı malzemelerin kullanıldığı tasarımlar malzemenin doğası gereği adaptasyon yeteneğine sahiptir. Örneğin, Methodist Olive Branch Hastanesi girişinde elektrikle uyarılması sonucu açık ve değişen renk tonları arasında geçiş yaparak güneş ışığı miktarının ve ısı kazanımının kontrolüne izin veren elektrokromik cam kullanılmıştır.



Şekil 21. Methodist Olive Branch hastane girişi (URL-17, 2018; URL-18, 2018)

### 1.5.3.3. Akıllı Malzemeler ve Biyomimikri

İnsanların doğanın tüketebildiğini fark etmesi sonucunda doğayı koruma farkındalığının artması ve böylece sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasıyla beraber tasarım alanında yeni bakış açıları gelişmeye başlamıştır(Çakmaklı ve Selçuk, 2019). Bu yaklaşımlardan biri olan biyomimikri, yunanca bios: yaşam ve mimesis: imitasyon/taklit anlamına gelen kelimelerden oluşmaktadır (Keskin, 2019). Benyus'a (1997) göre biyomimikri şu şekilde tanımlanmıştır: 'Biyomimikri, doğanın modellerini, sistemlerini, oluşum sistemlerini ve elementlerini inceleyen ve elde ettiği bilgilerden taklit ederek ya da yaratıcı ilham alarak yararlanan, problem çözmeye yönelik yeni bir bilimdir'(İnner, 2019). Biyomimikrinin amacı, doğada yaşayan organizmaların varlığını başarılı bir şekilde sürdürme yönteminden ilham alarak ya da taklit ederek tasarım problemlerine sürdürülebilir çözümler üretmektir. Bu yöntemle yapılan tasarımlarda ya doğadan bir canlının şeklini ya

da o canlının işlevsel yönünü ele alınmaktadır (Keskin, 2019). Örneğin, Katar’da bulunan MMAA binasında enerji verimliliği sağlamak amacıyla kaktüsün işlevsel yönü dikkate alınarak tasarlanmıştır. Kaktüs projesi olarak adlandırılan MMAA binasının pencere önünde bulunan güneşlikler değişen sıcaklığa bağlı olarak açılıp kapanmaktadır. Bu tasarım tıpkı kaktüslerin suyu tutmak için gündüz yerine gece terleme yaparak bulunduğu ortama uyum sağlamasına benzemektedir (Bilmen, 2019).



Şekil 22. Katar Kaktüs projesi

Bir canlının formundan örnek alınarak tasarlanan diğer bir örnek ise Santiago Calatrava’nın insan vücudundan esinlenerek yapmış olduğu sehpa tasarımıdır(Keskin,2019).



Şekil 23. Santiago Calatrava sehpa tasarımı

Biyomimikri yöntemi sayesinde tasarımcılar doğadan ilham alarak ya da doğayı taklit ederek doğada var olan estetik, form, malzeme ve strüktür bilgisinden faydalanmaktadır

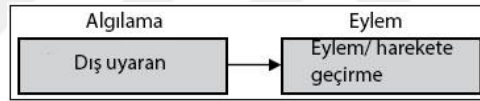
(Çakmaklı ve Selçuk, 2019). Bu yöntem sayesinde tasarımcılar çevresel değişimlere uyum sağlama, iklim değişiklikleri, enerji, ekoloji ve sürdürülebilirlik gibi tasarım problemlerine çözüm bulabilirler. (Alqalami vd., 2015). Bu tasarım problemlerine çözüm bulmaya çalışan mimarlar doğadaki biyolojik sistemlerden esinlenirken bir araç olarak akıllı malzemeleri de kullanabilir. Örneğin, insan vücudu sıcaklığını 37 ° C'ye kadar ayarlamak için, kasları ve ter bezleri otomatik olarak çalıştırmaktadır. Eğer insan vücudu çok sıcaksa cildin içinde bulunan ter bezleri, vücut soğuma etkisine girecek şekilde ter salgılamaktadır. Aynı amaçla insan derisinde bulunan tüyler, ciltte bulunan küçük kaslar sayesinde yüksek sıcaklıkta dik durumdayken ve düşük sıcakta ise düz durumdadır. Terleme ve sıcaklık ya da kaslardaki hareket ve sıcaklık arasındaki bu ilişki duvarlarda uygulanan faz değiştirici malzemelerin işleyişine benzemektedir. Faz değiştiren malzemeler, gündüz güneş ısısını depolayabilir ve geceleri depoladığı ısıyı serbest bırakabilir. Böylece gündüz aşırı ısınmayı önlemektedir ve akşam saatlerinde ısıtma maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Ahmed Nasr, 2017).

Bir başka benzerlik ise balon balığı ve akıllı camlar arasında görülmektedir. Balon balığı fazla ışığa maruz kalınca gözünün saydam tabakasının (korneanın) kenarlarında yer alan 'kromatofor' adlı boya hücreleri sarı renkli bir boya (pigment) yaymaya başlamaktadır. Bu boya gözün üzerine yayılarak bir filtre rolü oynamaktadır ve gelen ışığın şiddetini azaltarak balığın daha net görmesi sağlamaktadır. Karanlık sularda ise balon balığının gözlerindeki sarı renk kaybolmaktadır ve göz en çok ışık alabileceği yapıya dönmektedir (URL-19,2018). Balon balıkları gibi akıllı camlar da iç mekâna giren ışık yoğunluğunu ve güneş ısısını azaltmak için pigmentini değiştirmektedir. Bu sayede akıllı camlar yaz aylarında soğutma maliyetlerini ve daha rahat çalışma ortamı için istenmeyen parlamayı azaltabilir (Buttton, 2016).

Örnekler incelendiğinde, doğadaki biyolojik sistemlerin çevresiyle uyum sağladığı gibi akıllı malzemelerin kullanıldığı tasarım fikirlerinde ışık ve renk ya da sıcaklık ve faz değişimi arasındaki ilişkiye bakınca uyum sağlama yeteneği görülmüştür. Bu ilişkinin kontrolünde bazı akıllı malzemelerde insanların müdahale söz konusuysen, bazılarında malzemenin çevresindeki sıcaklık, ışık gibi doğal değişimler sonucu kontrol gerçekleşmektedir. Aktif ve pasif olarak nitelendirilen bu kontrol sistemleri bir sonraki başlık altında incelenmiştir.

#### 1.5.3.4. Akıllı malzemeler ve Kontrol Sistemleri

Akıllı malzemeler, aktif veya pasif sistemlerle özelliğini gerçekleştirmektedir. Bir sistem, belirli bir uyarı değişikliğini algılayarak ve bir tür eylem ile uyarıya doğrudan yanıt verirse, pasif olarak adlandırılmaktadır (Şekil 24). Pasif sistemde aktivasyonu başlatmak için gereken enerji, çevresel kaynaklardan elde edilmektedir ve sistem performansı kesintiye uğramamaktadır (Lelieveld, 2013). Fakat pasif sistemde dezavantaj, performansın tahmin edilmesi zordur ve performans kontrol edilmediği için sorun oluşturabilir (Roe, 2013). Örneğin Fotokromik ve termokromik cam sırasıyla ışık ve sıcaklık uyarılarına doğrudan tepki veren pasif sistemlerdir. Fakat bu camlarda kullanıcı, performansı kontrol edemediği için dezavantajlıdır. Çünkü fotokromik ve termokromik camlar güneş radyasyonunu daima engellediği için kış aylarında iç mekânın ekstra ısıtılması için güneş radyasyonunun kullanılmasını engellemektedir. Ayrıca maruz kaldıkları uyarıya bağlı oldukları için homojen olmayan bir yüzey oluşturabilir (Lelieveld, 2013).



Şekil 24. Pasif sistem (Lelieveld, 2013)

Eğer malzemenin performansı, bir sistem tarafından tamamen kontrol edilirse bu sistem aktif olarak kabul edilmektedir (Şekil 25). Aktif sistem ise karmaşıktır, fakat kontrol sistemi mevcut olduğu için insan müdahalesine izin vermektedir (Roe, 2013). Örneğin, elektrokromik cam elektrik akımı ile kontrol edilebilir (Lelieveld, 2013).



Şekil 25. Aktif sistem (Lelieveld, 2013)

### 1.5.3.5. Akıllı malzemelerin Sınıflandırılması

Bilim insanları tarafından akıllı malzemeler davranış özelliklerine, tepki verdiği uyaranlara bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Addington ve Schodek (2005) akıllı malzemeleri davranış özelliklerine bağlı olarak özellik değiştiren ve enerji alışverişi yapan malzemeler şeklinde iki tip akıllı malzeme grubunun olduğunu vurgulamıştır ve enerji değiştiren malzemeleri uyaran-tepki ilişkisini dikkate alarak tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere ikiye ayırmıştır (Tablo 2). Ritter (2007) ise akıllı malzemelerin davranış özelliklerine bağlı olarak özellik değiştiren, enerji alışverişi yapan ve madde değiştiren malzemeler olarak üç gruba ayırmıştır (Tablo 3).

Tablo 2. Addington ve Schodek'e (2005) göre akıllı malzemelerin sınıflandırılması

AKILLI MALZEME TÜRLERİ	GİRDİ	ÇIKTI
<b>Özellik değiştiren akıllı malzemeler</b>		
1. Termokromik	Sıcaklık farkı	Renk değişimi
2. Fotokromik	Radyasyon (Işık)	Renk değişimi
3. Mekanokromik	Deformasyon	Renk değişimi
4. Kemokromik	Kimyasal konsantrasyon	Renk değişimi
5. Elektrokromik	Elektrik potansiyel farkı	Renk değişimi
6. Sıvı kristaller	Elektrik potansiyel farkı	Renk değişimi
7. Asılı parçacık	Elektrik potansiyel farkı	Renk değişimi
8. Elektroeolojik	Elektrik potansiyel farkı	Sertlik / viskozite değişimi
9. Manyetoreolojik	Elektrik potansiyel farkı	Sertlik / viskozite değişimi
<b>Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler</b>		
1. Elektrolüminesans	Elektrik potansiyel farkı	Işık
2. Fotolüminisan	Radyasyon	Işık
3. Kemolüminesans	Kimyasal konsantrasyon	Işık
4. Termolüminesans	Sıcaklık farkı	Işık
5. Işık yayan diyotlar	Elektrik potansiyel farkı	Işık
6. Fotovoltaik	Radyasyon (Işık)	Elektrik potansiyel farkı
<b>Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler (tersinir)</b>		
1. Piezoelektrik	Deformasyon	↔ Elektrik potansiyel farkı
2. Piroelektrik	Sıcaklık farkı	↔ Elektrik potansiyel farkı
3. Termoelektrik	Sıcaklık farkı	↔ Elektrik potansiyel farkı
4. Elektrostriktif	Elektrik potansiyel farkı	↔ Deformasyon
5. Magnetostriktif	Manyetik alan	↔ Deformasyon

Tablo 3. Ritter'e (2007) göre akıllı malzemelerin sınıflandırılması

Özellik değiştiren akıllı malzemeler	
Şekil Değiştiren Malzemeler	1. Fotostriktif
	2. Termostriktif malzemeler • Termobimetaller • Şekil bellek alaşımlar
	3. Elektroaktif
	4. Magnetrostriktif
	5. Kemostriktif
	6. Piezoelektrik
Renk ve Optik özelliklerini değiştiren malzemeler	1. Fotokromik
	2. Termokromik / tropik
	3. Elektrokromik
	4. Elektrooptik
	5. Mekanokromik
	6. Kemokromik
Adezyon Değiştiren Malzemeler	
Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler	
Işık yayan akıllı malzemeler	1. Fotolüminesans
	2. Elektrolüminesans
	3. Kemolüminesans
	4. Termolüminesans
	5. Biyolüminesans
	6. Radyolüminesans
	7. Radyofotolüminesans
	8. Tribolüminesans
Elektrik üreten akıllı malzemeler	1. Fotoelektrik
	2. Termoelektrik (Piroelektrik)
	3. Piezoelektrik
	4. Kemoelektrik
Enerji değiştiren akıllı malzemeler	1. Isı depolayan akıllı malzemeler • Faz değiştiren malzemeler
	2. Işık depolayan akıllı malzemeler
	3. Elektrik depolayan malzemeler
	4. Hidrojen depolayan malzemeler
Madde değiştiren akıllı malzemeler	
Gaz/su depolayan malzemeler	
Parçacık depolayan malzemeler	

Bu bölümde geniş ve detaylı bir sınıflandırmaya sahip olması bakımından Ritter'in yapmış olduğu sınıflandırılma içerisinde tasarımcılar ve mimarlar tarafından deneysel çalışma yapılmış ya da uygulama alanı bulmuş akıllı malzemeler incelenmiştir. Bu incelenen malzemeler aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Tablo 4. Çalışmada incelenen akıllı malzemeler

Özellik değiştiren akıllı malzemeler	
Şekil Değiştiren Malzemeler	1. Termostriktif malzemeler • Termobimetaller • Şekil bellek alaşımlar
Renk ve Optik özelliklerini değiştiren malzemeler	1. Fotokromik
	2. Termokromik / tropik
	3. Elektrokromik
	4. Elektrooptik
Adezyon Değiştiren Malzemeler	
Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler	
Işık yayan akıllı malzemeler	1. Fotolüminesans
	2. Elektrolüminesans
Elektrik üreten akıllı malzemeler	1. Fotoelektrik
	2. Piezoelektrik
Enerji değiştiren akıllı malzemeler	1. Isı depolayan akıllı malzemeler • Faz değiştiren malzemeler

#### 1.5.3.5.1. Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler

Bu malzemeler, çevresindeki değişimlere cevap olarak kimyasal, termal, mekanik, manyetik, optik veya elektriksel özelliklerinde bir değişime uğramaktadır. Bu değişim malzemenin moleküler yapısında olması sebebiyle malzemedeki özellik değişimi görülmektedir. Malzemedeki değişiklik durumu; sıcaklık, ışık gibi ortamdaki doğal değişimler sonucu olabilir ya da direkt olarak enerji girişiyle de üretebilir (Mohamed,2017; Aggour ve Soliman,2010).

##### 1.5.3.5.1.1. Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler

Şekil değiştiren malzemeler ortamdaki ışık, sıcaklık, basınç, elektrik, manyetik alan veya kimyasallar gibi uyaranlara tepkileri sonucu şeklini ya da boyutunu dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemeleri içermektedir. Bunlar arasında, boyutlarını değiştirmeden şekillerini değiştirebilen ya da şeklini koruyup boyut değişikliğine uğrayan malzemeler vardır. Aynı zamanda bazıları her iki parametreyi de değiştirebilir (Ritter,2007). Bu bölümde deneysel çalışma yapılmış ya da büyük ölçekli uygulama alanı bulmuş örnekler mevcut olmasından dolayı, şekil değiştiren akıllı malzemeler içerisinde termostriktif malzeme türlerinden olan termobimetal ve şekil bellek alaşım malzemeleri incelenmiştir (Tablo 4).

Tablo 5. Şekil değiştiren akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri

ŞEKİL DEĞİŞTİREN AKILLI MALZEMELER		
Malzeme türü	Uyaran (girdi enerjisi)	Tepki (çıkı enerjisi)
Fotostriktif malzemeler	→ Işık	→ Şekil değiştirme(deformasyon)
Termostriktif malzemeler	→ Sıcaklık	→ Şekil değiştirme(deformasyon)
Elektroaktif malzemeler	→ Elektrik	→ Şekil değiştirme(deformasyon)
Magnetostrıktif malzemeler	→ Manyetik	→ Şekil değiştirme(deformasyon)
Kemostriktif malzemeler	→ Kimyasal	→ Şekil değiştirme(deformasyon)
Piezoelektrik malzemeler	→ Elektrik	→ Şekil değiştirme(deformasyon)

#### 1.5.3.5.1.1. Termobimetal Malzemeler

Termobimetaller, farklı termal genişleme katsayılarına sahip metallere yapılan kompozit malzemelerdir. Düşük termal genişleme katsayısına sahip termobimetal bileşen pasif, yüksek katsayılı olana aktif olarak adlandırılmaktadır (Azmy Nessim,2016). Krom ve bakır ile kaplanarak korozyona dayanıklı hale getirilebilen termobimetallerin elektrik iletkenlikleri, iki bileşen arasında bir bakır katmanı eklenerek aktif ısı kazanımı için geliştirilebilir (Ritter, 2007).

Termobimetaller, seralarda havalandırma kanatlarının otomatik olarak açılması ve kapatılması için geliştirilmiştir ve kendiliğinden kapanan yangın koruma kanatları olarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu malzemenin bina yüzeyleri için geliştirilmesi konusunda hiçbir şey yayınlanmamıştır (Kim Sung, 2014). Bu konuda sadece mimar ve biyolog olan Kim Sung tarafından yapılan çalışmalar ve bir prototip mevcuttur. Örneğin, Doris Kim Sung bimetalik şeritler kullanarak 'Bloom' adında bir pavilyon tasarlamıştır. Bimetalik şeritler yüzeylerindeki sıcaklık yüksek olduğunda açılmaktadır ve tekrar soğuduğunda başlangıç konumuna geri dönmektedir. Bu projeye Kim Sung, termobimetal malzemeyi kullanarak bina yüzeylerinde otomatik bir havalandırma sistemi geliştirmeyi ummaktadır (Modin, 2014).

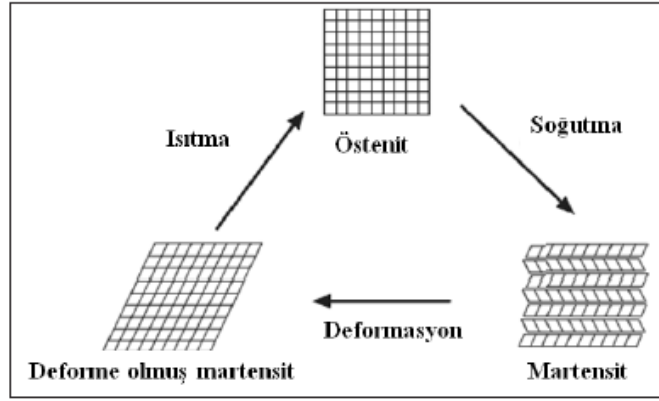


Şekil 26. Bloom Projesi (URL-20,2018)

#### 1.5.3.5.1.1.2. Şekil Bellek Alaşım (ŞBA)

Şekil bellek alaşımların davranışı, sıcaklık değişiminin etkisiyle şeklini değiştirmesinden dolayı termobimetallere benzemektedir. Fakat şekil değişikliği iki ayrı malzemenin özelliklerindeki farklılıkları tarafından önceden tanımlanmamıştır. Bunun yerine, bir değişimin nasıl ve ne zaman gerçekleşeceğine dair kurallar, alaşımın moleküler yapısında saklıdır. Değişime sebep olan sıcaklık sınırı her bir alaşımın özelliklerine bağlıdır. Fakat ticari olarak temin edilebilen ürünler genellikle  $35^{\circ}\text{C}$  ile  $90^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklığa tepki vermektedir (Modin, 2014).

Alaşımın şekil hafıza etkisi daha önceden belirlenmiş bir şeklin geri dönmesi veya hatırlanması yeteneğini ifade etmektedir. Bu özellik malzemenin faz değişiminden kaynaklanmaktadır. Yüksek sıcaklık fazı östenit durumu olarak ifade ederken, düşük sıcaklık fazı ise martensit durumu ifade etmektedir. Östenit ve martensit fazlarında malzemenin fiziksel özellikleri oldukça farklıdır. Östenit halindeki malzeme güçlü ve serttir, martensit fazında ise yumuşak ve sünektir. Bu yüzden ŞBA düşük sıcaklıkta martensit faza geçiş yaparak birçok farklı şekillerde deforme olabilir. Fakat yüksek sıcaklığa maruz kalınca östenit faza geçiş yaparak ilk şekline geri dönmektedir (Addington ve Schodek, 2005) (Şekil 27).



Şekil 27. Şekil hafızalı alaşımın iki fazının görünüşleri (Bedeloğlu, 2011)

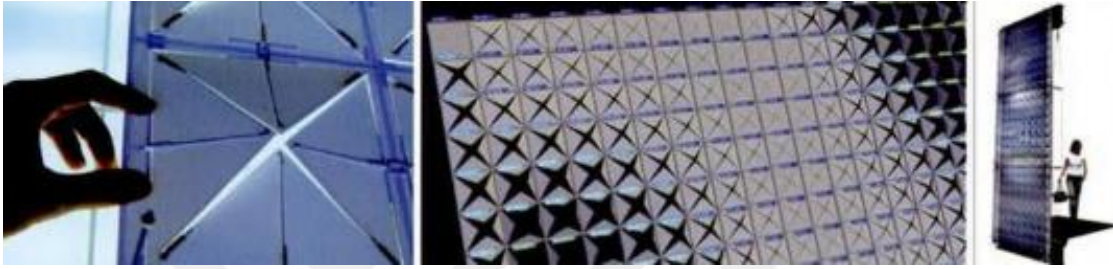
Şekil bellek alaşımlar, tek yönlü hafıza ve çift yönlü hafıza olmak üzere iki farklı tipte bulunmaktadır. Tek yönlü hafızada, alaşımlar ısıtıldıktan sonra ilk şekline geri dönebildiği ve tekrar soğutulduğu zaman şeklini koruduğu anlamına gelirken, çift yönlü hafızada, alaşımlar hem yüksek hem de düşük sıcaklık şeklini aynı anda hafızasına alarak dönüşümlü olarak şekil değiştirebilirler (Modin,2014 ve Bedeloğlu, 2011).

Günümüzde, ŞBA'lar belirli uygulamalar için teller, tüpler, levhalar, ince filmler ve önceden tanımlanmış şekiller olarak üretilebilmektedir (Bohnenberger, 2013). Örneğin, Leeds Üniversitesi'nde profesör olan Yvonne Chan Vili tasarladığı bir tekstil yüzeyinin birkaç yerinde ŞBA tellerini kullanmıştır. Bu tekstilde ŞBA telleri aralarında uzun açıklıklarla üretilmiştir. Teller arasındaki açıklıkların genişlikleri, ortam sıcaklığına bağlı olarak gün boyunca değişecektir. Tekstil, sıcaklığa bağlı olarak içeriye giren ışığın miktarını kontrol eden perde olarak üretilmiştir. Bu tasarım perde dışında oda bölücüsü ya da duvar kaplama sistemlerinde kullanım için de uygundur (Ritter, 2007).



Şekil 28. Şekil bellek alaşımlı iç mekân tekstili (Ritter, 2007)

Şekil hafızalı alaşımlar ışık, sıcaklık ve hava kalitesi gibi ortamdaki değişikliklere cevap vererek, uyarlamalı binalardaki son eğilime katkıda bulunabilir. 2006 yılında Sachin Anshuman tarafından hazırlanan bir proje olan 'Pixelskin02' de, yüzeyi hareket ettirmek için motorize olmayan bir teknik olarak şekil bellek alaşımlı teller kullanılmıştır. Bu projede, her bir karo şekil hafızalı alaşımlı tellerle harekete geçirilen dört üçgen panelden oluşturulmuştur ve üçgenler elektrik akımı ile kontrol edilerek açılıp kapanmaktadır (Chang ve Araki,2016 ve Brownell, 2008).



Şekil 29. Pixelskin02 (Brownell, 2008)

Uyarlamalı binalarda kullanılabilecek bir başka örnek olan 'Living Glass' (Yaşayan Cam) mimar Soo-in Yang ve David Benjamin tarafından tasarlanmıştır. Yaşayan Cam projesi 'solungaçlarını' havadaki CO<sub>2</sub> seviyesine göre açıp kapatmaktadır. Odadaki hava kalitesinin kontrolü ŞBA telleri ile gerçekleştirilmektedir. Odanın içindeki CO<sub>2</sub> seviyesi dengelendiğinde, solungaçlar kapanmaktadır (Özgönül Şensan, 2009).



Şekil 30. Bellek Alaşımlarının Kullanıldığı 'Living Glass' Projesi (Özgönül Şensan, 2009)

### 1.5.3.5.1.2. Renk ve Optik Özelliklerini Değiştiren Akıllı Malzemeler

Işık, sıcaklık, basınç, elektrik, manyetik ve kimyasal uyarılara karşı rengini ve/veya optik özelliklerini değiştirerek cevap veren ve uyarı ortadan kalktığında eski özelliğine dönen malzemelerdir. Renk ve optik özelliklerini değiştiren akıllı malzemeler, tepki verdikleri uyarana ve tepki türlerine göre farklı alt kategorilere ayrılmaktadır. Bunlar fotokromik, termokromik, elektrokromik, elektrooptik, mekanokromik, kemokromik ve termotropik malzemelerdir. Bu alt kategorilerden sadece termokromik, elektrooptik, elektrokromik ve fotokromik mimaride, iç mekânda ve ürün tasarımında uygulama alanı bulmuştur (Ritter,2007).

Tablo 6. Renk ve optik özelliklerini değiştiren akıllı malzemeler ve uyarı-tepki ilişkileri

RENK VE OPTİK ÖZELLİKLERİNİ DEĞİŞTİREN AKILLI MAZLEMELER		
Malzeme türü	Uyarı (girdi enerjisi)	Tepki (çıkı enerjisi)
Fotokromik malzemeler	Işık	Renk değiştirme
Termokromik malzemeler	Sıcaklık	Renk değiştirme
Elektrokromik malzemeler	Elektrik	Renk değiştirme
Elektrooptik malzemeler	Elektrik	Optik özelliklerini değiştirme
Mekanokromik malzemeler	Mekanik	Renk değiştirme
Kemokromik malzemeler	Kimyasal	Renk değiştirme

#### 1.5.3.5.1.2.1. Fotokromik Malzemeler

Fotokromik malzemeler güneş ışığına maruz kaldığında renk değiştirmektedir. Bu malzemenin moleküler strüktüründeki bir değişim optik özelliklerindeki bir değişime neden olmaktadır. Fotokromik malzemeler, bir iç özellik değişimi üretmek için ultraviyole bölgesindeki elektromanyetik enerjiyi emmektedir. Işık yoğunluğuna göre malzemenin yansıtma ve emisyon özelliği değiştirmektedir. Belirli bir dalga boyundaki fotonlara maruz kaldığında, moleküler yapı uyarılmış bir duruma dönüştürülmektedir ve böylece görünür spektrumda daha uzun dalga boylarında yansıtmaya başlamaktadır. Ultraviyole kaynağı ortadan kalktığında, molekül orjinal durumuna dönmektedir (Vavan Vuceljic,2009). Pencerelede veya cephelerde fotokromik camın kullanımı açık bir uygulama olmasına rağmen, yetersiz uzun vadeli davranışları, ısıya karşı hassasiyeti ve nispeten yüksek üretim

maliyetleri, uyarana yavaş tepki vermesi nedeniyle bugüne kadar başarılı olmamıştır (Ritter,2007). Fotokromik camın uygulamasında diğer bir problem ise, kış ayında parlamının yüksek olduğu durumlarda cam karararak iç mekâna istenen ısı geçişine engel olmasıdır (Addington ve Schodek, 2005; Ritter, 2007).

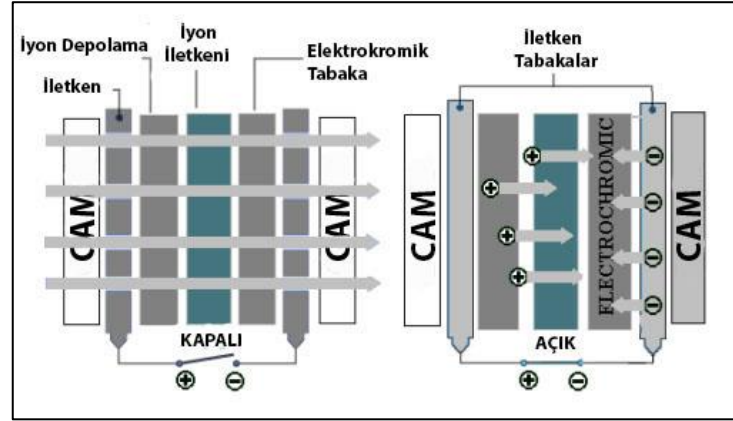
#### **1.5.3.5.1.2.2. Termokromik Malzemeler**

Termokromik malzemeler sıcaklığa tepki olarak renklerini tersine çevirebilen malzemelerdir (Ritter, 2007). Camda renk değiştirme özelliği termokromik malzemenin ince film şeklinde uygulanması ile gerçekleşmektedir. Camın renk değişimi için istenilen anahtar sıcaklık noktası, iç ortam sıcaklığına göre ayarlanmaktadır (Addington ve Schodek, 2005). Termokromik cam, gün ışığının büyük bir kısmını yansıtırken %27-35 arasında iletmesi bina cephesinde kullanımına engel olmaktadır (Addington ve Schodek, 2005).

Termokromik malzemeleri içeren uygulamalar, fotokromik materyalleri içeren uygulamalardan daha yaygındır. Termokromik malzemeler cam dışında boya içerisine entegre edilerek duvar yüzeylerinde, mobilyalarda ve seramik içerisine entegre edilerek lavabolar ve banyolarda kullanılmıştır. 2005 yılında bir duşta seramik duvar karolarına termokromik malzeme entegre edilmiştir. Böylece her duş sırasında seramikler aşamalı olarak renklerek suyun sıcaklığını göstermiştir. İç mekân duvarlarında termokromik pigmentli lateks boyalar uygulanmıştır. Bu boyaların dış cephede uygulanma fikri ise yetersiz UV direnci ve yüksek maliyet sebebiyle reddedilmiştir (Ritter, 2007). UV ışınlarına karşı dayanıksızlığı ve yüksek maliyetinin yanı sıra düşük ışık geçirgenliği, geçiş sıcaklığının ayarlanması ve karartılmış durumun sarı renkte olması mimari uygulamalarını sınırlandırmıştır (Haldimann vd., 2008).

#### **1.5.3.5.1.2.3. Elektrokromik Malzemeler**

Elektrokromik malzemeler, elektrik uygulandığında rengini değiştirebilen malzemelerdir. Bu malzemeler elektrokromik cam üretiminde kullanılmaktadır. İki cam levha arasında belirli malzemelerin sıkıştırılmasıyla üretilen elektrokromik cam pencere dıştan içeriye doğru sırasıyla cam, iletken tabaka, elektrokromik tabaka, iyon iletken, iyon depolama, iletken tabaka ve cam katmanlarından oluşmaktadır (Gavrilović ve Stojić, 2011) (Şekil 28).



Şekil 31. Elektrokromik cam pencere (Oltean, 2006)

Elektrokromik pencere elektrikle uyarıldığında iyonların, iyon depolama katmanından iyonik iletkenlik katmanına, daha sonra elektrokromik katmana hareket etmesine ve camın karanlık hale gelmesine neden olmaktadır. Elektrik kesintisi ile süreç tam tersi bir şekilde gerçekleşmektedir ve cam tekrar saydamlaşmaktadır (Tarfiei, 2015 ve Oltean, 2006) (Şekil 31).

Uygulanan elektrik miktarı arttıkça elektrokromik cam daha fazla koyulaşmaktadır ve camın koyulaşma derecesine bağlı olarak iletilen güneş ışığının miktarı değişmektedir (Tarfiei,2015). Elektrokromik camdaki renk değişimi, camın boyutuna bağlı olarak birkaç dakikada tamamlanmaktadır ve renk değişimi camın kenarından ortaya doğru gerçekleşmektedir (Dam ve Daniel, 2015) Elektrik akımı sadece camın renk modunu değiştirmek için gerekliken renk değerini korumak için elektriğe ihtiyaç yoktur (Tarfiei, 2015). Elektrokromik cam karardıktan sonra da dışarıya görüş sağlamasından dolayı likit kristaller gibi gizlilik ve mahremiyet uygulamaları için uygun değildir (Dam ve Daniel,2015). Ayrıca şeffaf, mavi, yeşil ve gri olmak üzere birçok renkte elektrokromik cam ürünü mevcut olmakla birlikte genellikle mavi renkte kullanılmaktadır (URL-21, 2018).



Şekil 32. Elektrokromik camın renk değiştirmesi (URL-22, 2018)



Elektrokromik cam teknolojisi, güneşin istenmeyen ısını ve parıltısını emmektedir. Parlamayı kontrol ederek kullanıcıya dışarıyı seyretme imkânı sunmaktadır. Böylece ısı, ışık ve manzara gibi çevresel faktörlerden sadece birini değil tümünü optimize ederek kullanıcıya kaliteli bir iç mekân ortamı oluşturmaktadır. Elektrokromik cam iç mekân koşullarını optimize etmesinin yanı sıra kullanıcıya camın rengini kontrol etme imkânı sağladığı için daha fazla gelişme göstermiştir. Elektrokromik cam bina sakinleri tarafından manuel olarak, doğrudan kontrol sistemi tarafından ya da bina yönetim sistemi (BMS) ile birlikte renklendirilebilir (URL-21, 2018).

Termokromik ve fotokromik camların aksine, elektrokromik cam pencereler deneyimlenen ısı ve parıltı miktarına bağlı olarak farklı derecede renklendirme imkânı sunmaktadır. Örneğin, Colorado Eyalet Üniversitesi kampüsündeki Lory Öğrenci Merkezi'nde bir balo salonunda, elektrokromik cam pencereler bir öğle yemeği için üç farklı renklendirme seviyesinde ayarlanmıştır (URL-23, 2018) (Şekil 33).



Şekil 33. Farklı yükseklikteki pencere bölmelerinin renk durumu (URL-23, 2018)

Elektrokromik cam pencerelerin, bölgesel olarak bu farklı düzeydeki renklendirilme yöntemine zonlama olarak tanımlanmaktadır. Zonlama yöntemi, iç mekânda doğal bir ışık hissinin sağlanmasında son derece önemlidir. Çünkü elektrokromik cam pencereler renkli durumdayken, iç mekâna giren gün ışığının rengi şeffaf durumundakinden farklı olmaktadır (URL-22, 2018) (Şekil 34).



Şekil 34. Elektrokromik cam ve zonlama (URL-21, 2018)

Zonlama konumuna ve miktarına bağlı olarak iç mekana giren gün ışığının renginde farklılık şu şekildedir (URL-22, 2018) (Şekil 35):

1. Elektrokromik cam pencere tamamen şeffaksa, camda iletilen ışığın rengi daha nötr bir renktedir.
2. Pencerenin tüm bölmeleri renkli haldeyse, iletilen ışığın rengi görünür ışık spektrumunun alt ucuna geçmektedir.
3. Eğer pencerenin 1/3'ü şeffafsa harmanlanmış gelen ışığın rengi tüm bölmeleri şeffaf olan pencereden gelen ışığın rengiyle çok benzerdir.
4. Camın sadece 1/5(örnekte verilen) veya 1/8 şeffafsa iletilen ışığın rengi nispeten nötrdür.



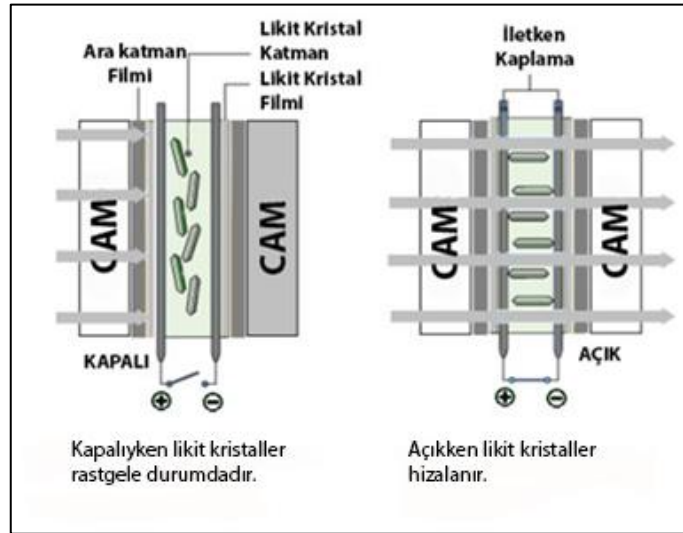
Şekil 35. Elektrokromik cam pencere bölmelerinin renk durumuna göre iletilen güneş ışığının rengi (URL-22, 2018)

#### 1.5.3.5.1.2.4. Elektrooptik Malzemeler

Elektrooptik malzemeler, uygulanan elektriğe tepki olarak optik (şeffaflık) özelliklerini tersine çevrilebilir bir şekilde değiştirebilen malzemelerdir. (Ritter, 2007). Likit kristaller ve asılı parçacık aygıtları elektrikle uyarıldığında şeffaflık özelliklerini değiştirebilir (Vavan Vuceljic, 2009).

- Likit Kristal Bazlı Cam Teknolojisi

Likit kristal bazlı cam teknolojisi, iki iletken cam parçası arasına sıkıştırılmış bir polimer karışımı ile çevrelenmiş sıvı kristal damlacıklarından oluşmaktadır. Elektrik uygulanmadığında, sıvı kristal damlacıkları rastgele olarak yönlendirilir ve opak bir durum oluşmaktadır. Elektrik uygulandığında ise sıvı kristaller elektrik alanına paralel olarak hizalanmaktadır ve cam şeffaf duruma geçmektedir. Opak durumda, cam doğrudan güneş ışığını dağıtmaktadır ve ultraviyole ışınlarının % 99'unu ortadan kaldırmaktadır ve şeffaf durumla beraber ışığı iletir (Oltean, 2006) (Şekil 36).



Şekil 36. Likit kristal bazlı cam (Oltean, 2006)



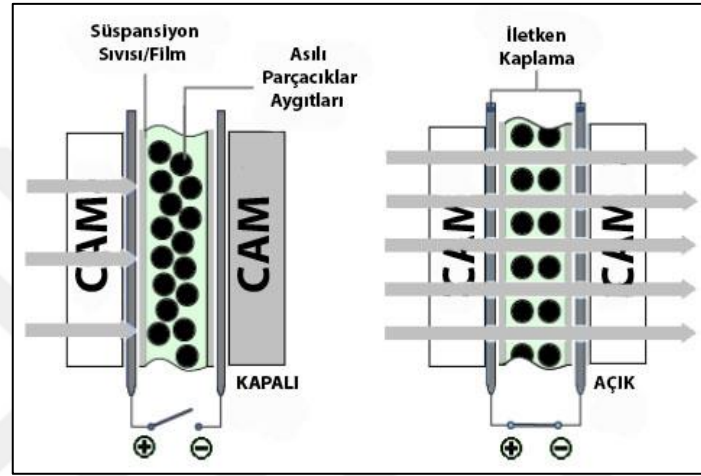
Şekil 37. Likit kristal bazlı camın şeffaflık durumu (URL-24, 2018)

Fakat bu teknoloji, şeffaflık derecesini kontrol etme yeteneğinden yoksun olduğu için sadece şeffaf ya da opak durumda olabilir. Bu yüzden bu iki durumun arasında olamamaktadır (Dam ve Daniel, 2015). Elektrokromik cam sadece değişimi başlatmak için güce ihtiyaç duyarken, likit kristal bazlı cam şeffaf durumdayken sürekli elektriğe ihtiyaç duymaktadır. Bununla beraber likit kristaller kızılötesi iletimi azaltmak için etkili değildir ve şeffaf aşamadayken kristallerin doğrusal hizalanması sebebiyle eğik açılardan görünümü önemli ölçüde azaltmaktadır (Addington ve Schodek, 2005).

Likit kristal bazlı cam, opak halde ayarlandığında ışık iletimini yok etmeden gizlilik sağladığı için ofis ve hastane gibi farklı işlevlerdeki binaların iç mekânlarında bölücü eleman olarak uygulanmaktadır. Ohio'daki Cleveland Veterans Affairs Tıp Merkezi tarafından yapılan bir çalışmada, hastanelerde hasta yataklarının arasına asılan perdelerin C-diff, MRSA ve VRE gibi ilaca karşı dirençli bakteriler tarafından kirlendiği tespit edilmiştir. Bu yüzden likit kristal bazlı cam bölücü eleman, opak hale geçerek gerektiğinde mahremiyet sağlayabildiği ve kolay temizlenebildiği için hastanelerin kullanımı için avantajlıdır (URL-25, 2018). Ofiste uygulanan akıllı cam ise sunum ve toplantı yapacak kişilerin iş arkadaşları tarafından dikkatinin dağıtılmamasına izin vermektedir. Toplantı bittikten sonra şeffaf hale geçen akıllı cam ışığın iç mekâna daha kolay ulaşmasını sağlamaktadır (URL-26, 2018). Likit kristal bazlı cam teknolojisi sadece iç mekânda bölücü eleman olarak değil yüksek çözünürlüklü projeksiyon ekranı olarak da dış cephede kullanılmaktadır. Böylece firmalar logolarını ve görsellerini dış cepheye yansıtabilir (URL-27, 2018).

- Asılı Parçacık Aygıt Bazlı Cam Teknolojisi

Bu teknolojiye, iki cam veya plastik panel arasına milyonlarca asılı parçacık aygıtları yerleştirilir. İletken kaplamalar yoluyla süspansiyona bir elektrik voltajı uygulandığında, parçacıklar hizalanmaya zorlanmaktadır ve ışığın geçmesine izin vermektedir. Uyarı ortadan kalktığında ise parçacıklar rastgele bir dizilişe geri dönmektedir ve ışığı bloke etmektedir (Oltean, 2006) (Şekil 38).



Şekil 38. Asılı parçacık aygıt bazlı cam (Oltean, 2006)

Asılı parçacık aygıt bazlı bir cam içerisinde soldan sağa sırasıyla aşağıdaki malzemeler bulunur:

- Cam veya plastik panel
- İletken malzeme: Cam panelleri kaplamak için kullanılmaktadır.
- Asılı parçacık aygıtları: Milyonlarca siyah parçacıklar iki cam arasına yerleştirilmektedir.
- Sıvı süspansiyon veya film: Parçacıkların cam arasında serbestçe yüzmesini sağlamaktadır (Oltean, 2006).

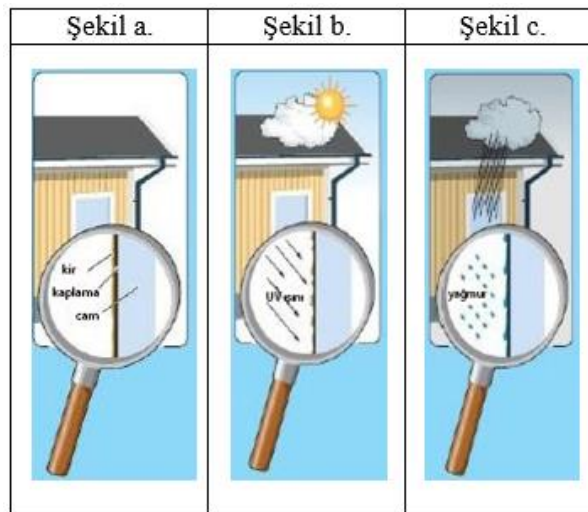
Sadece opak ve şeffaf duruma geçebilen likit kristal bazlı camların aksine, uygulanan elektrik miktarına bağlı olarak asılı parçacık aygıt bazlı camlar bu iki durumunun arasında da olabilir. Böylece camın şeffaflık derecesi çeşitli oranda ayarlanarak iletilen ışık miktarı belirlenebilir. Asılı parçacık aygıt bazlı camın optik özelliklerini değiştirme süresi ise elektrokromik cama göre daha kısadır. Bununla beraber yüzey alanı artıkça optik özelliklerin

değişim süreside artmaktadır. Bu akıllı cam teknolojisi elektrokromik camın aksine şeffaf durumdayken sürekli elektriğe ihtiyaç duymaktadır (Oltean, 2006).

### 1.5.3.5.1.3. Adezyon Değiştiren Malzemeler

Adezyon, farklı bileşenlerdeki atomlar ve moleküller arasındaki çekim kuvvetlerini ifade etmektedir. Adezyon değiştiren malzemeler, bir uyarana yanıt olarak katı, sıvı veya gaz gibi birleşenin bir atom veya molekülünün emme (absorbsiyon) veya yüzeye tutunma (adsorpsiyon) çekim kuvvetlerini geri dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemelerdir. Adezyon değişimi ışığın, sıcaklığın, bir elektrik alanın, bir sıvı veya biyolojik bileşenin etkisinden dolayı meydana gelebilir (Ritter, 2007).

Suda çözünmeyen, hafif ve sıcaklığa dayanıklı olan  $TiO_2$ , ışığın etkisiyle adezyon değiştiren bir malzemedir.  $TiO_2$ , absorpsiyon veya adsorpsiyon ile kendisine tutunan mikrop, bakteri, koku ve zararlı organik kimyasallar gibi istenmeyen organikleri güneş ışınları etkisiyle parçalayarak su ve karbondioksit gibi zararsız türlerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu olaya fotokatalitik etki denir.  $TiO_2$ , fotokatalitik etkiyle yüzeyine yapışan kirleri parçalayarak ve yağmur suyunun yardımıyla parçalanmış kirleri yüzeyinden uzaklaştırarak kendi kendini temizleme özelliğini gerçekleştirmiş olmaktadır. Bu özelliğini gerçekleştirebilmesi için UV ışığı, oksijen ve neme ihtiyacı vardır (URL-28, 2018; Yılmaz, 2014).



Şekil 39. Fotokatalitik etkiye sahip malzeme yüzeylerinde temizlenme süreci aşamaları (Yılmaz, 2014)

Fotokatalitik etkiye sahip malzemelerin uygulandığı yüzeylerin işlev görebilmesi için 5-7 günlük bir süre geçmelidir. (Şekil 39a) Bu malzemelerin uygulandığı yüzeyler güneş ışığı ile etkinleşmektedir. Gün ışığıyla başlatılan fotokatalitik tepkimeler yardımıyla yüzeydeki organik kirler parçalanmaktadır ve inorganik kirlerin yüzeye yapışması azaltılmaktadır (Şekil 39b). Yağmur suyu sayesinde parçalanmış kirler yüzeyden uzaklaştırarak temizlenmektedir (Yılmaz, 2014) (Şekil 39c).

1967 yılında titanyum dioksitin fotokatalitik özelliği Tokyo Üniversitesi'nde Akira Fujishima tarafından keşfedilmiştir ve Fujishima, profesörüyle birlikte 'Honda-Fujishima Efektisi' başlıklı fenomen hakkında bir rapor yayınlamıştır (Leydecker, 2008).  $TiO_2$  fotokatalitik etkisi keşfedildikten sonra, Japonlar 1995 yılında seramik yüzey kaplamalarında  $TiO_2$  kullanılmasında başarılı olmuştur. Almanya'da ve Japonya'da havadaki organik molekül kirleticileri ve kokuları oksitlemek ve su, karbon gibi maddelere dönüştürmek için UV ışığını kullanan fotokatalitik kâğıt uygulamaları da geliştirilmiştir. Fakat kâğıttaki selüloz higroskopiktir(nemçeker) ve su buharını yüzeyde tuttuğu (adsorbs) için ürünün önemli bir kendine temizlik özellikleri yoktur. Seramik malzemenin yanı sıra  $TiO_2$  entegre edilen cam, boya, çimento, çatı kiremitleri ve membran yapı malzemeleri de bulunmaktadır (Ritter, 2007 ve Leydecker,2008). Örneğin, Casalgrande Padana Tasarım Merkezi binasının  $150\text{ m}^2$ 'lik seramik dış cephesinin titanyum dioksitle kaplanması sonucu seramik yüzey 11 adet motorlu taşıtın neden olduğu hava kirliliğini ortadan kaldırabilir ya da bir futbol sahası büyüklüğünde orman alanının temizlediği miktarda havayı temizleyebilir.



Şekil 40. Casalgrande Padana Tasarım Merkezi (URL-29,2018; URL-30,2018)

Fotokatalitik reaksiyonun gerçekleşmesi için 390 nm'den daha küçük bir dalga boyuna sahip UV ışığı gerekmektedir ve UV ışığının yoğunluğu önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle fotokatalitik etkiyle kendiliğinden temizlenen yüzeyler, iç mekâna göre dış mekânda daha etkilidir. Kendini temizleme etkisi su olmadan çalışmadığı için binanın saçakları, yağmur suyunun ve çığın cepheye ulaşmasını engellemeyecek bir şekilde tasarlanmalıdır. Aynı zamanda camda sızdırmazlık maddelerinin kullanılmasından kaçınmak gerekmektedir. Fotokatalitik kaplamalar ile birlikte silikon içermeyen dolgu macunları kullanılmalıdır. (Leydecker,2008)

Kendini temizleyen malzemeler inşaat alanında Japonya'nın en çok kullandığı malzemedir. Bu malzemeler, daha az deterjan kullanımı sonucu çevre kirliliğini ve malzemenin aşınmasını, yıpranmasını azaltması sebebiyle dünya çapında her boyutta birçok binada kullanılmıştır (Leydecker,2008). Fotokatalitik, yüzeydeki kiri büyük ölçüde azaltmaktadır ve trafik kaynaklı kirlilik tarafından büyük oranda kirlenen bir kentsel ortamda beyaz rengin korunmasını sağlamaktadır (Acharya vd.,2017). Fotokatalitik etkiyle kendi kendine temizleme özelliği kazandırılan yapı malzemeleri temizlik gereksinimi tamamıyla ortadan kaldırmamakla beraber iş gücü ihtiyacını ve zararlı temizlik malzemelerin kullanımı azaltmaktadır (Yılmaz,2014).

TiO<sub>2</sub> kendini temizleme özelliğinin yanı sıra buğu tutmayan, havayı temizleyen ve antibakteriyel olan yüzeylerin oluşturulmasında etkilidir (URL-28, 2018). Fakat TiO<sub>2</sub> ışık gibi bir uyarana tepki sonucu kendini ve havayı temizleme özelliklerini sergilediği için akıllı bir malzeme olarak kabul edilebilir. Çünkü bir malzemenin akıllı olabilmesi için en az bir uyarana tepki gösterip bir davranış sergilemesi gerekmektedir.

TiO<sub>2</sub>, havayı tamamen temizlemese de hava kalitesini iyileştirmektedir. İstenmeyen koku ve kirlilikleri yok ederek kimyasal olarak zararsız bileşenlerine ayırmayı mümkün kılmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım hasta bina sendromuna (SBS) karşı koymak için de kullanılabilir. Hava temizleme özellikleri hem iç mekânda hem de dış mekânda uygulanabilir. İç mekânda, havayı temizleme özelliğinin gerçekleşmesi için yüzeyin havaya maruz kalması gerekmektedir ve yeterli düzeyde çalışması için yüzey alanı odanın hacmine göre yeterli olmalıdır. Bununla beraber gün ışığı da gerekli olduğu için iç mekânlarda fotokatalitik sistemlerin kullanımı dikkatli bir şekilde planlanmalıdır (Leydecker,2008). İç mekânda havayı temizleme özelliğine örnek olarak Manhattan Fitness Merkezi verilebilir. Bu binanın duvarlarında ve zemininde fotokatalitik etkiye sahip seramik karolar uygulanmıştır (URL-31,2018).





Şekil 41. Manhattan Fitness Merkezi ve havayı temizleyen seramik karolar (URL-31,2018)

### 1.5.3.5.2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Bu malzemeler, termodinamiğin birinci yasasına uygun olarak bir çıkış enerjisi üretmek için bir girdi enerjisini başka bir forma dönüştürmektedir. Enerji girişi, malzeme bileşiminin enerji durumunu değiştirmektedir, fakat malzemeyi değiştirmemektedir. (Mohamed,2017). Bazı enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler çift yönlüdür, yani akıllı bir malzemenin enerji transferi her iki yönde de gerçekleşebilir. Bu özelliğe sahip akıllı malzemeler arasında piezoelektrik malzemeler, piroelektrik malzemeler, termoelektrik malzemeler, manyetostriktifler, elektrostriktifler ve elektroaktif polimerler bulunmaktadır. Örneğin piezoelektrik malzemeler mekanik etki sonucu elektrik üretirken, elektrikle uyarıldığında şekil değiştirmektedir (Yates,2012).

#### 1.5.3.5.2.1. Işık Yayan Akıllı Malzemeler

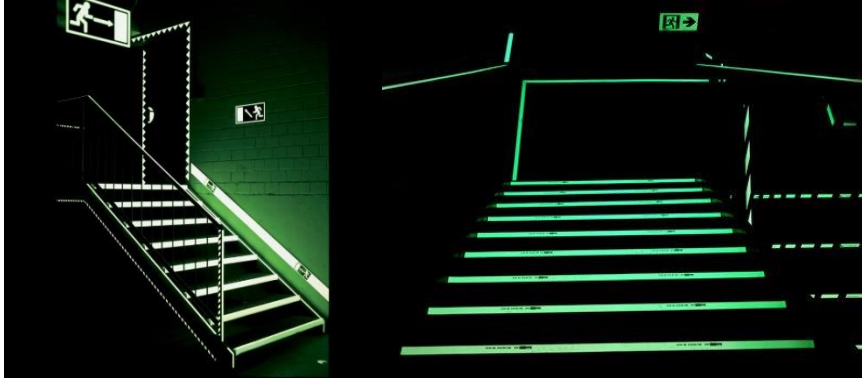
Işık yayan akıllı malzemeler, ışık yaymak amacıyla çeşitli formdaki enerjinin etkisiyle uyarılan moleküllere sahip malzemelerdir. Bir molekül, aldığı yüksek enerjinin bir bölümünü ısı radyasyonu emisyonu olmadan görünür elektromanyetik radyasyon şeklinde dağıtmaktadır. Bu optik olaya lüminesans denir. Bu grup içerisinde yer alanlar fotolüminesans, elektrolüminesans, kemolüminesans, termolüminesans, biyolüminesans, radyolüminesans, radyofotolüminesans ve tribolüminesans malzemelerdir (Ritter,2007). Fakat sadece fotolüminesans ve elektrolüminesans malzemelerin tasarımda uygulama örneklerine rastlanması sebebiyle bu iki malzeme türü incelenmiştir.

Tablo 7. Işık yayan akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri

IŞIK YAYAN AKILLI MAZLEMELER		
Malzeme türü	Uyaran (girdi enerjisi)	Tepki (çıktı enerjisi)
Fotolüminesans malzemeler	Işık	Işık yayma
Elektrolüminesans malzemeler	Elektrik	Işık yayma
Kemolüminesans malzemeler	Kimyasal reaksiyon	Işık yayma
Termolüminesans malzemeler	Sıcaklık	Işık yayma
Biyolüminesans malzemeler	Kimyasal reaksiyon	Işık yayma
Radyolüminesans malzemeler	Radyoaktif radyasyon	Işık yayma
Radyofotolüminesans	Radyoaktif ve termal	Işık yayma
Tribolüminesans malzemeler	Mekanik etki	Işık yayma

#### 1.5.3.5.2.1.1. Fotolüminesans Malzemeler

Fotolüminesans malzemeler dış ışık kaynağından gelen enerjiyi emen ve daha sonra kısa dalga boyunda ışığı yayan malzemelerdir. Bu malzemelerde ışık yayılımı elektrik akımı olmadan gerçekleşmektedir (Vegasack, 2006). Fotolüminesans malzemeler, zamana göre parlama davranışlarına bağlı olarak floresans veya fosforesans olarak sınıflandırılabilir. (Ritter, 2007). Floresans malzemeler, gelen ışık malzemenin üzerine yansıtıldığı zaman anında görünür ışık yaymaktadır ve uyaran ortadan kalkınca ışık hızla kaybolmaktadır. Floresans malzemeler duvar kâğıdı, boya ve kumaşlarda kullanılmıştır. Fosforlu (fosforesans) malzemeler ise hem görünür hem de UV ışığını emebilir, ancak ışık yayılımında hafif bir gecikme vardır. Bununla birlikte, fosforlu malzemeler floresans malzemelerin aksine gelen ışık kaynağı ortadan kalktıktan sonra da parlaklıklarını koruyabilir (Yates, 2012). Günümüzde fosforlu boyalar genellikle elektrik kesintileri veya yangın gibi ışığın olmadığı acil durumlarda yön okları ile kaçış yollarını işaretleme ya da merdivenlerin ön kenarlarının görünebilmesi amaçlı işaretleme gibi güvenlik uygulamalarında kullanılmaktadır (Ritter, 2007). Bu işaretler, elektrik kesildiğinde kayda değer parlaklığa sahiptir ve parlaklık 5 saatten uzun sürmektedir (Yeşilay ve Karasu, 2012).



Şekil 42. Merdiven boşluklarında fosforlu güvenlik işaretleme örnekleri (URL-32, 2018; URL-33, 2018)

Güvenlik uygulamaları dışında mimari alanda kullanılacak fosforesans pigmentler entegre edilmiş kâğıt, cam, plastik, beton, boya gibi geleneksel malzemeler ve fosforesans iplikle dokunmuş kumaşlar da mevcuttur (Ritter, 2007). Örneğin, Boston merkezli Kennedy & Violish mimari ofis doğal ya da sentetik liflere fotoluminans pigmentler entegre edilmiş ‘Their Give Back Curtains’ isimli bir kumaş geliştirmiştir. Kumaş UV ışınlarını ve ortamdaki yapay ışığı emmektedir, daha sonra bünyesine aldığı enerjiyi renkli ışık olarak yaymaktadır (Vegasack, 2006).



Şekil 43. Give Back Curtain (Vegasack, 2006)

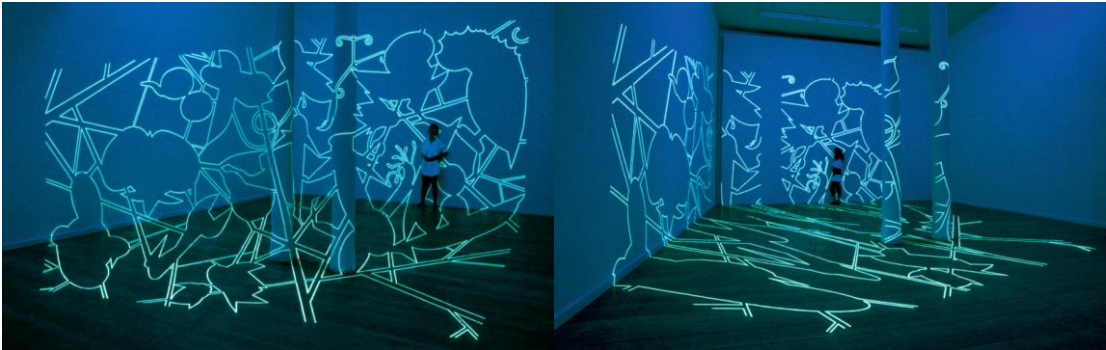
Farklı bir uygulamada, Meksika'daki San Nicolás de Hidalgo Michoacan Üniversitesi araştırmacıları tarafından tasarlanan, elektrik kullanmadan yolları veya binaları aydınlatmak için kullanılacak yeni bir fosforlu çimentodur. Araştırma Ekibi, çimentonun bulutlu günde dahi 12 saate kadar aydınlık kalması için yeterli enerjiyi emebileceğini savunmuştur. Fakat malzemenin dayanıklılığı ve zarar gördüklerinde nasıl onarılacağı daha fazla

araştırılmalıdır (URL-34, 2018). Benzer bir ürün Hollandalı tasarımcı Daan Roosegaarde tarafından tasarlanan ve Van Gogh'un 'Yıldızlı Gece' tablosundan ilham alınan ışıklı bisiklet yolu fosfor boyalı taşlar ile kaplanmıştır (URL-35, 2018).



Şekil 44. Fosfor malzeme ile kaplı bisiklet yolu (URL-34, 2018)

Floresans ve fosforesans malzemeler, mimarlar ve sanatçılar tarafından mekânsal enstalasyon çalışmalarında da kullanılmıştır. Örneğin, 1990 yılında Berlin'de Künstlerhaus Bethanien sanat merkezinde İsviçreli sanatçı Ruth Handschin tarafından 'Leuchtzeichnung' (Işıklı çizim) isimli bir enstalasyon çalışması sergilenmiştir. Sergi salonunun zeminine, iki duvarına ve iki kolonuna UV ışığı ile uyarılan floresan kâğıt şeritler yapıştırılması sonucu sergi salonundaki çizgiler gündüz gözükmemektedir, gece karanlığında ise aydınlanmaya başlamaktadır. Ayrıca çizgiler gözlemcinin konumuna göre bozulmaya başlamaktadır (Ritter, 2007).



Şekil 45. Farklı açılardan Leuchtzeichnung (Ritter, 2007)

### 1.5.3.5.2.1.2. Elektrolüminesans Malzemeler

Elektrolüminesans malzemeler elektrik enerjisini görünür spektrumda radyasyon enerjisine dönüştüren malzemelerdir. Bu malzemeler uzun ömürlüdür ve düşük güç tüketimine sahip olma eğilimindedir (Yates, 2012). Elektrolüminesans malzemeler teller, film, mürekkep ve baskı yolu ile kâğıt, cam ve kumaşlara uygulanabilir (Ritter, 2007). Örneğin Kensington Sarayı'ndaki yenileme projesinin bir parçası olarak elektro ışık saçan fiberlerden dokunmuş duyarlı bir ışık ortamı oluşturulmuştur. Çalışmada 4 kilometreden fazla elektrolüminesans teli ve 12,000 Swarovski kristali kullanılmıştır.



Şekil 46. Kensington Sarayı ve elektrolüminesans fiberlerden dokunmuş kamusal sanat çalışması (URL-36, 2018)

Elektrolüminesans malzemeler LED (Işık yayan diyot) aydınlatma sisteminin temelidir (Ritter, 2007). LED'lerde ışımının gerçekleştiği bölge, n ve p yarı iletkeni arasında bulunmaktadır. Yarı iletkenlere belli düzeyde doğru akım uygulandığında, fazla elektronu bulunan n iletkeninden eksik elektronu olan p iletkenine doğru elektron geçişleri olmaktadır. Boşluklar ya da serbest elektronlar aracılığıyla enerji taşınmaktadır ve bu sırada elektronların enerji kaybı, yayımlanan fotonlar ile görünür ışınımına dönüşmektedir (Nivart Koçyan, 2013).

LED'ler, cıva gibi ağır maddeler ve halojen gazlar bulunmadığı için çevreye zarar vermeyen, darbelere karşı dayanıklı ve diğer aydınlatmalara göre %80- 90 oranında bir enerji verimliliğine sahip bir teknolojidir (Koyuncu, 2017). LED'ler aydınlatma işlevinin yanı sıra medya cephe olarak adlandırılan dijital mimaride de kullanılmaktadır. Medya cephelerde görüntü kalitesi artarken enerji tüketimi de artmaktadır. Bu yüzden medya cephelerde geleneksel lambalardan daha az enerji tükettiği için LED aydınlatma kullanımı tercih edilmektedir. Fakat enerji tüketimini azaltmak için LED aydınlatma tek başına yeterli

gelmediğinden Grenpax gibi bazı medya cephelede fotovoltaik hücreler de kullanılmaktadır (Aydoğan, 2009).

### 1.5.3.5.2.2. Enerji Üreten Malzemeler

Elektrik üreten akıllı malzemeler ışık, mekanik, sıcaklık ya da kimyasal enerji gibi uyaranlara tepki olarak elektrik üreten malzemelerdir. Bu malzemeler içerisinde mimari ve tasarım alanında sadece fotovoltaik ve piezoelektrik malzemelerle ilgili uygulama örnekleri mevcut bulunması sebebiyle çalışmada bu iki malzeme türü incelenmiştir.

Tablo 8. Enerji üreten akıllı malzemeler ve uyaran-tepki ilişkileri

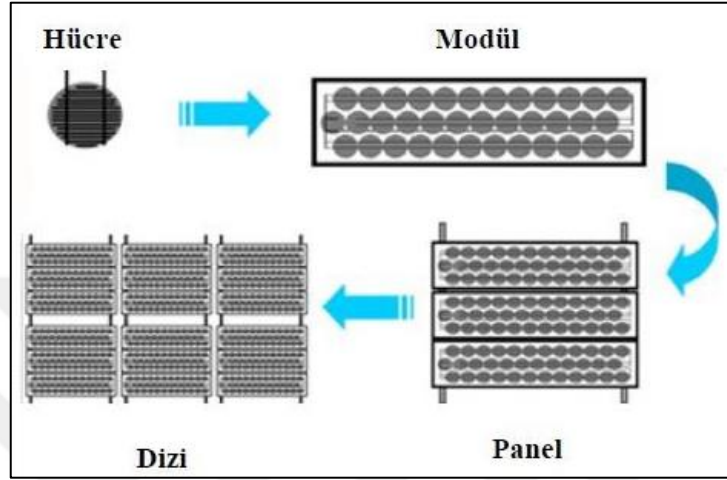
ENERJİ ÜRETEN AKILLI MALZEMELER		
Malzeme türü	Uyaran (girdi enerjisi)	Tepki (çıktı enerjisi)
Fotovoltaik (fotoelektrik) malzemeler	→ Işık	→ Elektrik üretimi
Piezoelektrik malzemeler	→ Mekanik	→ Elektrik üretimi
Termoelektrik( Piroelektrik) malzemeler	→ Sıcaklık	→ Elektrik üretimi
Kemoelektrik malzemeler	→ Kimyasal	→ Elektrik üretimi

#### 1.5.3.5.2.2.1. Fotovoltaik Malzemeler

Fotovoltaik hücreler güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerden üretilmiştir. FV (Fotovoltaik) hücreler, üstte n tipi katman altta p tipi katman olmak üzere en az iki katmandan oluşmaktadır. Güneş ışığının n-tipi katmana gelmesi ile bazı ışık fotonları emilerek n-tipi katmandaki elektronların dış devreden p-tipi katmana doğru akmasını sağlamaktadır. Böylelikle doğrusal elektrik akımı oluşmaktadır (Aygün, 2012). Fotovoltaik hücre yapımında en elverişli olan yarı iletken malzemeler silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellürdür. Fotovoltaik güneş pili üretiminde kullanılan temel malzeme silisyumdur. Yarı iletken özelliğe sahip olan silisyumun ham maddesi silikat yani yeryüzünde büyük miktarda bulunan kum olduğu için kaynak sıkıntısı bulunmamaktadır (Sayın ve Koç, 2011).

Yüzeyleri kare, dikdörtgen ya da daire şekillerinde üretilen güneş hücrelerinin yüzey alanları 100 cm<sup>2</sup> civarındadır ve kalınlıkları mikrometreyle ölçülecek kadar incedir. Tek

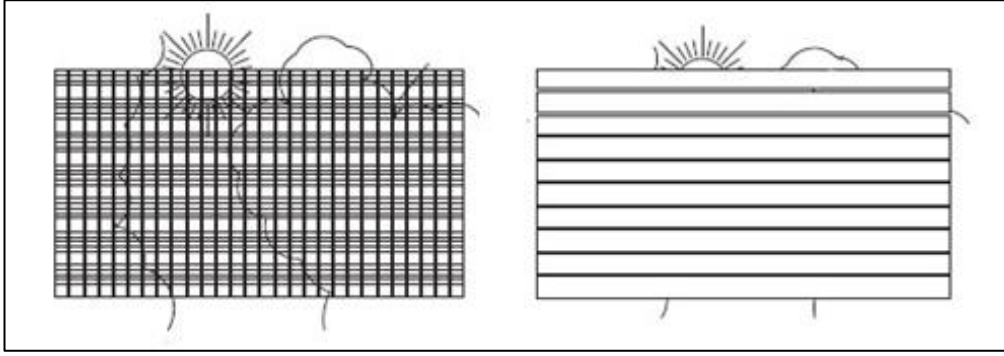
bir fotovoltaik hücreden elde edilen enerji oldukça azdır. Bu nedenle ihtiyaç duyulan elektrik enerjisine bağlı olarak, hücreler seri ya da paralel bağlanarak modülleri, modüllerde bir araya gelerek panelleri, panellerde birleşerek fotovoltaik dizini meydana getirmektedir (Sayın ve Koç, 2011) (Şekil 47).



Şekil 47. FV hücre, modül, panel ve dizi oluşumu (URL-37, 2018)

Malzeme yapısına ve bileşenlerine bağlı olarak birçok farklı fotovoltaik türü vardır. Bunlar polikristalin silikon, amorf silikon ve monokristal silikon hücrelerdir. Amorf silikon hücreler ince filmlerde kullanılmaktadır. İnce filmler cam, metaller ve ETFE gibi farklı yapı malzemelerinde uygulanabilir. Yapı malzemelerinin yanı sıra gölgeleme ve çatı elemanları gibi yüzeylere de entegre edilebilir. İnce filmler dışında FV hücreler panellere de entegre edilmektedir. Bu tip fotovoltaik paneller çatılara ve bina cephelerine monte edilebilir (Aksamija, 2016).

Kristalin güneş hücreleri veya amorf ince film güneş hücreleri kullanan fotovoltaik camlar yarı saydam ve opak olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yarı saydam fotovoltaik cam, kullanıcıların dışarıya bakmasına ve gün ışığının içeriye girmesine izin verirken opak fotovoltaik camlar dışarıya görüşü engellemektedir (Aksamija, 2016) (Şekil 48).



Şekil 48. Solda amorf ince film FV hücreleri ve sağda kristal FV hücreler ( Aksamija, 2016)

Fotovoltaik hücreler, 1981 yılından itibaren binalarda kullanılmaktadır. Binalarda ilk kez çatıda uygulanmıştır. İlk zamanlarda çatılara ek sistem olarak ilave edilen fotovoltaik paneller daha sonra çatı kaplaması olarak üretilmiştir. (Çelebi, 2002)

Bu farklı uygulama yöntemlerine bağlı olarak Binalarda, BAPV (Bina uygulamalı fotovoltaik sistemler) ve BIPV (Bina entegre fotovoltaik sistemler) olmak üzere iki tür fotovoltaik kullanım sistemi vardır. Bina entegre fotovoltaik sistemler, enerji üremenin yanı sıra yapı kabuğunda çatı, cephe, pencere gibi yapı elemanları olarak kullanılabilir. Örneğin güneş pilleri, ilk defa Stadtwerke Aachen kamu tesisleri binasında çok işlevli yarı şeffaf cephe oluşturmak için yalıtım camının içine gömülmüştür. Bu yaklaşım ise güneş pillerine estetik değer kazandırmıştır (Heinstein vd, 2013).

Bina entegre fotovoltaik sistemlerde bina kabuğu üzerinde ek bir kaplama malzemesi ya da askı sistemine gerek olmadan FV paneller doğrudan kabuk elemanı olarak uygulanmaktadır (Ekici, 2015). İyi entegre edilmiş FV modülleri enerji toplamasının yanı sıra yağmur, rüzgâr, kar ve dolu gibi olumsuz hava koşullarına karşı dayanıklılık, ısı yalıtımı, gölgeleme modülasyonu, ses yalıtımı ya da elektromanyetik koruyucu olarak hizmet ederek binanın konforuna katkıda bulunmaktadır. Ayrıca BIPV bağlı FV modüllerinin çok işlevli olması, bir bina projesinin genel maliyetleri üzerinde olumlu etkiye sahiptir (Heinstein vd., 2013).

Bina uygulamalı fotovoltaik sisteminde ise FV paneller binadan bağımsız olarak sadece elektrik enerjisi üretmek için ayrı bir strüktüre monte edilip kullanılmaktadır (Aygün, 2012) Bu sistem mevcut veya yeni inşa edilen binalara uygulanabilir. Bu sistemde FV paneller binada mimari işlevler sunmamaktadır ve bir eklenti olarak kabul edilmektedir.



Bunlar genellikle entegre fotovoltaik modüllerle karşılaştırıldığında görünürdür ve mimari uygulamaları da sınırlıdır.

Şekilde solda BAPV sistemi, sağda BIPV sistemi çatıda kullanılmıştır. Ayrıca fotovoltaik modüllerine ek işlev eklenerek güneş gölgeleme cihazları olarak da pencerelerin üzerine uygulanabileceği gösterilmiştir (Mousa, 2014) (Şekil 49).



Şekil 49. Canadian Centre for Housing Technology (Mousa, 2014)

Fotovoltaik sistemler, açık havada kullanılmak üzere üretildiği için deniz şartlarına, tropikal şartlara ve çöl şartlarına dayanıklıdır. Yüksek verimlilik elde etmek için fotovoltaik paneller, güneş ışığına dik bir konumda olmalı ve uzun süre ışığa maruz kalacak şekilde binaya yerleştirilmelidir. Fotovoltaik panellerin uygulanacağı bina, kuzey yarım kürede bulunuyorsa paneller güneye, güney yarım kürede bulunuyorsa kuzeye yerleştirilmelidir (Karakan ve Oğuz, 2015).

Farkas ve arkadaşlarının (2012) yaptıkları anket sonuçlarına göre fotovoltaik teknolojinin ana problemi maliyet olduğu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle maliyet problemin üstesinden gelmek için ürün fiyatlarının düşürülmesi ve hükümet teşviklerinin olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca yaptıkları anket sonuçlarında maliyetten sonra, mimarların ve müşterilerin fotovoltaik teknoloji hakkında yeterli bilgiye ve ilgiye sahip olmaması diğer problemler olarak tespit edilmiştir (Farkas vd., 2010).

### 1.5.3.5.2.2.2. Piezoelektrik Malzemeler

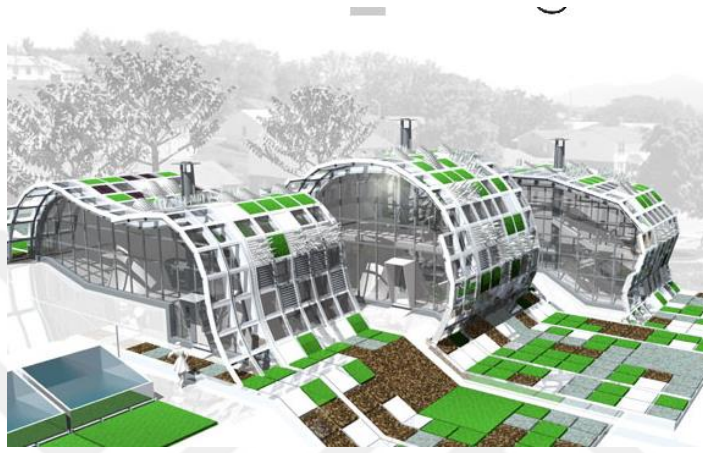
Piezoelektrik malzemeler voltaj ve mekanik etki olmak üzere iki farklı uyarana tepki verebilir. Malzeme, mekanik bir yük altında deformasyon sonucu olarak elektrik üretmektedir. Tam tersi durumda ise malzeme bir voltajın uygulanmasıyla şeklini değiştirmektedir. Bu fenomenler sırasıyla piezoelektrik ve ters piezoelektrik etki olarak tanımlanmaktadır. Bu iki fenomenlerden dolayı piezoelektrik malzemeler hem şekil değiştiren hem de elektrik üreten malzemeler grubuna girmektedir (Ritter, 2007).

Avrupa'da bulunan bazı gece kulüplerinde dans pistlerinin zemininin altında piezoelektrik malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bir grup insan bu dans pistini kullandığında, gece kulübünün ekipmanlarına güç sağlamak için kullanılacak çok büyük miktarda voltaj üretebilir (Arun ve Mehta, 2013). Örneğin, Hollanda'da Club Watt gece kulübünde dans edenler tarafından üretilen kinetik enerji, karolar altında gömülü olan LED'ler için elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Evans, 2015). Dans pistinde bulunan 75x75x20 cm boyutlarındaki her bir karo adım atıldığında 10 mm sıkıştırılır ve daha sonra mekanik enerji 25 Watt'a kadar güç üretecek bir iç jeneratörle elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Sürdürülebilir enerji üreten zeminlerle birlikte gece kulüplerinde kullanıcılara ne kadar güç ürettiklerini bildirmek için bir enerji metre kulesi veya dijital enerji sayacı kullanılabilir. Böylece kullanıcıları, dans etmeye ve daha fazla enerjiyi dönüştürmeye teşvik edilebilir (Yates, 2012). Bu sayede yenilenebilir enerji kullanarak sürdürülebilirliğe destek veren gece kulüpleri aynı zamanda sürdürülebilirlik mesajını orada bulunanlara iletebilir.



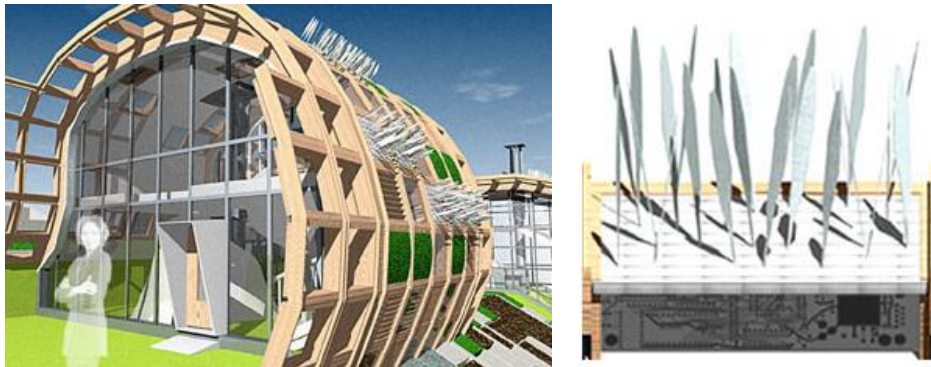
Şekil 50. Enerji üreten dans zemini (Yates, 2012)

Piezoelektrik malzeme, fotovoltaikler gibi yenilenebilir enerji üretme potansiyeline sahip olsa da uygulama alanları sınırlı sayıdadır ve piezoelektrik malzemelerin kullanıldığı geniş ölçekli bir proje bulunmamaktadır. Fakat MatSpace isimli bir tasarı projesinde rüzgâr basıncıyla elektrik enerjisi üreten piezoelektrik malzemelerin kullanılması önerilmiştir (Özgönül Şensan, 2009).



Şekil 51. MATspace kuzeydoğu yönü (Özgönül Şensan, 2009)

Mitchell Joachim tarafından tasarlanan MATscape, ızgara biçiminde bir cepheye sahiptir. Bu ızgara yüzeyi tek bir çevresel girdiye değil, kullanıcının ihtiyaçlarına ve güneş enerjisi, rüzgâr, yağmur ve sıcaklık gibi ortamın çevresel koşullarına göre çeşitli teknolojiler kullanarak tepki vermektedir. Bu projede, elektrik enerjisi güneş panelleri ya da piezoelektrik malzemelerle doldurulan rüzgâr tüyleri adı verilen üniteler kullanılarak üretilmektedir (Özgönül Şensan, 2009).



Şekil 52. Yandan görünüm ve enerji üreten rüzgâr tüyleri (Özgönül Şensan, 2009)

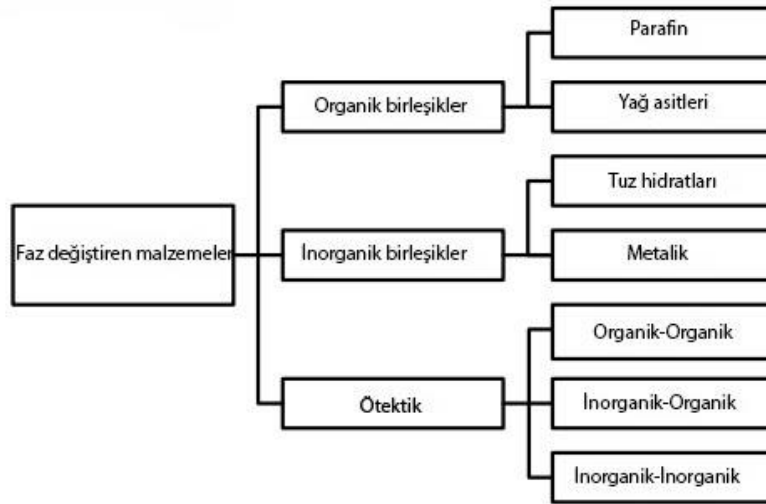
### 1.5.3.5.2.3. Enerji Değiştiren Akıllı Malzemeler

Enerji değiştiren akıllı malzemeler, ışık, ısı, elektrik veya hidrojen şeklinde gizli enerji depolayan ve en azından bir miktar tersinirlik sergileyen malzemelerdir. Bu malzemeler arasında olan faz değiştiren malzemeler gizli ısı depolayan malzemelerdir (Ritter, 2007).

#### 1.5.3.5.2.3.1. Faz Değiştiren Malzemeler

Bir malzeme üzerindeki sıcaklık veya basınçtaki bir değişiklik sonucu malzemenin katı, sıvı ya da gaz hal değiştirmesine faz değiştirme denir. Faz değişim süreçleri her zaman gizli ısı şeklinde büyük miktarlarda enerjinin emilmesini, depolanmasını veya bırakılmasını içermektedir (Addington ve Schodek, 2005).

Faz değişim şekline göre FDM'ler (Faz değiştiren malzemeler) katı-katı, katı-sıvı ve sıvı-gaz olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Isıl enerji depolama için en uygun olanı katı-sıvı FDM'lerdir. Bu FDM türleri organik, inorganik ve ötekikler şeklinde sınıflandırılmaktadır (Şekil 53). Bu sınıflandırmaların her biri farklı olumlu ve olumsuz özelliklere sahiptir (Zhou vd., 2012) (Şekil 54).



Şekil 53. Katı-sıvı faz değiştiren malzemelerin sınıflandırılması (Zhou vd., 2012)

Sınıflandırma	Avantajları	Dezavantajlar
Organik FDM	1. Geniş sıcaklık aralığında kullanılabilirlik 2. Yüksek füzyon ısısı 3. Süper soğutma yok, 4. Kimyasal olarak kararlı ve geri dönüştürülebilir 5. Diğer malzemelerle iyi uyumluluk	1. Düşük ısı iletkenliği 2. Bağıl büyük hacim değişikliği 3. Yanabilirlik
İnorganik FDM	1. Yüksek füzyon ısısı 2. Yüksek termal iletkenlik 3. Düşük hacim değişim	1. Süper Soğutma 2. Korozyon
Ötektik	1. keskin erime sıcaklığı 2. Yüksek hacimsel termal depolama yoğunluğu	Termo-fiziksel özelliklerin mevcut test verilerinin eksikliği

Şekil 54. Faz değiştiren malzemelerin avantaj ve dezavantajları (Zhou vd., 2012)

Yapı malzemelerine FDM entegre etmek için doğrudan dahil etme, daldırma, makrokapsülleme ve mikrokapsülleme yöntemleri kullanılmaktadır.

- Doğrudan dâhil etme yöntemi: Sıvı veya toz halinde FDM'lerin, üretim sırasında alçı, beton veya sıva gibi yapı malzemelerine doğrudan eklendiği en basit yöntemdir.
- Daldırma yöntemi: Alçı, tuğla veya beton gibi bina yapı malzemeleri eritilmiş FDM'lere batırıldığı ve daha sonra bu yapı malzemelerin iç gözeneklerinin FDM'leri emdiği bir teknolojidir. Hem daldırma hem de doğrudan dahil etme yönteminde FDM direk geleneksel malzemelere entegre edilmektedir, fakat bu iki yöntemde de bir sızıntı problemi yaşanılmaktadır.
- Makro-kapsülleme: Bu yöntemde tüpler, küreler veya paneller gibi bir kap içerisinde kapsüllenmiş FDM'ler geleneksel malzemelere entegre edilir. Sızdırma problemi önlenemez, fakat termal iletkenliği zayıftır.
- Mikrokapsülleme: FDM partiküllerin şeklini koruması ve faz değişim sürecinde sızmasını önlemesi için ince, kapalı ve yüksek moleküler ağırlıklı polimerik film içerisine kapatıldığı bir teknolojidir. Günümüzdeki binalarda bu yöntem kullanılmaktadır (Zhou vd., 2012).

Faz değişim sırasında malzemenin hacminde bir değişim meydana geldiği için FDM'nin kapatıldığı kaplar hacim değişimine göre düşünölmelidir. Bununla beraber FDM içeren malzemeler FDM'ye hızlı bir transfer sağlaması için iyi bir termal iletkenliğe sahip olmalıdır (Leydecker, 2008).

FDM'ler mikrokapsölleme yöntemiyle alçı sıva, dolgu malzemesi, alçı levha ve cam yapı malzemelerine entegre edilebilir. Alçı sıvaya entegre edilen parafin esaslı FDM iç duvarlarda ve tavanlarda uygulanabilir. Fakat geleneksel sıvalara göre pahalıdır. Tuz hidrat bazlı FDM içeren camlar ise geleneksel izolasyon camlarla kıyaslandığında yüksek üretim, kurulum ve yenileme maliyetlerine sahiptir (Ritter, 2007).



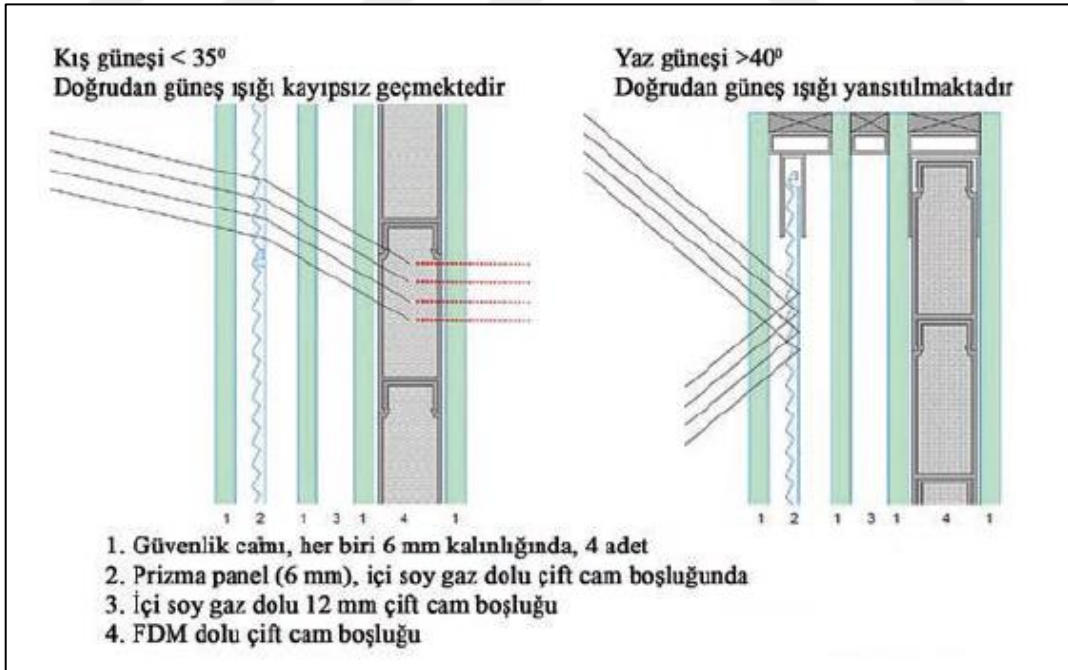
Şekil 55. Solda: Duvar yüzeyine uygulanan dekoratif FDM alçı sıva tabakası bileşimi, sağda: Sadece 15 mm kalınlığında olmasına rağmen bu alçıpan levha metrekare başına 3 kg mikrokapsüllü gizli ısı depolama malzemesi içermektedir (Leydecker, 2008).

2001 yılında Almanya'nın Ludwigshafen kentinde 3 litrelik bir binanın iç duvarları mikrokapsüllenmiş FDM içeren alçı sıva ile sıvalıdır. 2005 yılında Lauffen am Neckar, Almanya'da bir lisenin derslikleri, mikrokapsüllü parafin bazlı FDM içeren 500m<sup>2</sup> alçıpan paneller kullanılmıştır. Makro kapsüllenmiş FDM'ler ise şimdiye kadar sadece yeni binalarda kullanılmıştır. Örneğin, güney Almanyalı bir şirket ile birlikte İsviçreli mimar Dietrich Schwarz, FDM olarak makro-kapsüllenmiş parafin ile bir cam sistemi geliştirmiştir ve geliştirdikleri bu cam 2000 yılında İsviçre'de bir güneş evin güney cephesinde kullanılmıştır. Daha sonra parafinin yüksek derecede yanması nedeniyle, şeffaf plastik kaplarda tutulan tuz hidratı kullanılarak, benzer bir yalıtım camı sistemi geliştirilmiştir ve bu cam sistemi sadece inşaat ürünü olarak kullanılmak üzere onaylanmıştır (Ritter, 2007). 2007 yılında mimar Beat Kampfen tarafından Marche Uluslararası Ofis binası bu cam sistemiyle inşa edilmiştir (URL-38, 2018) (Şekil 56).



Şekil 56. Marche Uluslararası Ofis binası (URL-38, 2018)

FDM cam sistemi 3 hava boşluğu ve 4 güvenlik camından oluşmaktadır. En dışa bakan hava boşluğunda yer alan prizmatik panel yazın dik açıyla gelen güneş ışığını yansıtmaktadır, kışın ise 35 derecenin altında gelen ışınların içeri girmesine izin vermektedir. Ara boşluk, ısı yalıtımını arttırmak için asal gazla doldurulmuştur. İç mekâna bakan boşlukta ise FDM olan tuz hidrati yer almaktadır (Tokuç ve Taşçı, 2014; Parthenopoulou ve Malindretos, 2016) (Şekil 57).



Şekil 57. FDM içeren cam sistemi (Tokuç ve Taşçı, 2014)

FDM'ler uygulama alanlarına bağlı olarak farklı anahtarlama sıcaklıklarına sahiptir. 25°C üzeri sıcaklık hoş olmayan sıcaklık olmasından dolayı FDM kullanılan bir yapıda faz değişiminin gerçekleşmesi için önceden belirlenmiş anahtar sıcaklık 25°C olarak tanımlanmıştır. Kullanılan FDM bağlı olarak sıcaklıkta 5 ° C'lik bir artışı düzenlemek için 10-40 mm betona kıyaslandığında sadece 1 mm faz değişim malzemesi gerekmektedir (Leydecker, 2008).

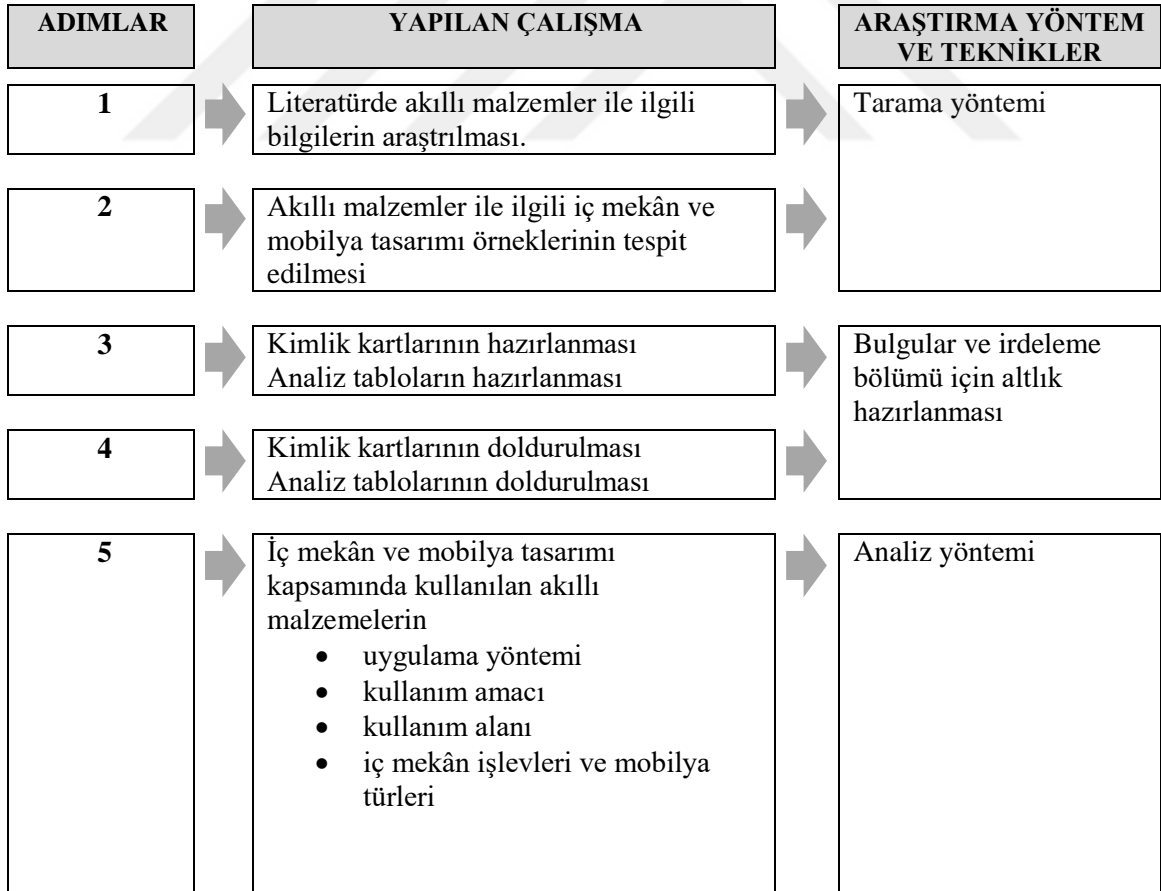
Güneş enerjisinden pasif olarak yararlanma imkânı sağlayan FDM iç ortam sıcaklığını düzenleyerek ısıtma ve soğutma için harcanan enerjiden tasarruf sağlamaktadır. Böylece enerji ihtiyacı için kullanılan fosil yakıt tüketimini ve bunun sebep olduğu sera gazı emisyonlarını azaltacaktır. FDM'ler geri dönüştürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler olduğu için doğaya zarar vermemektedir (Kurt, 2012; Leydecker, 2008).



## 2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikleri

Çalışmanın amaçları olan ‘akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkının, akıllı kavramı ve uyarlamalı mimari içerisindeki yerinin belirlenmesi’ ve ‘iç mekân ve mobilyada kullanılan akıllı malzemelerin belirlenmesi ve akıllı malzemelerin uygulanma yöntemlerinin, kullanım amaçlarının ve alanlarının tespit edilmesi’ için beş adımda bir çalışma yürütülmüştür. Bu kapsamda; literatür incelemesi, akıllı malzemeler ile ilgili örneklem grubunun belirlenmesi, kimlik kartlarının ve analiz tablolarının oluşturulması ve doldurulması olmak üzere beş adımda gerçekleşmiştir (Şekil 58). Aşağıda çalışmanın adımlarına bağlı olarak kullanılan yöntemler şekil 58’de yer verilmiştir.



Şekil 58. Çalışmanın adımları

## 2.2. Örneklem Grubunun Seçimi

Örneklem grubunda iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında literatür içerisinde yer alan ve en fazla bilgi içeren akıllı malzeme uygulama örneklerine yer verilmiştir. Örnekler incelendiğinde akıllı malzemelerin geleneksel malzemelere entegre edildiği, doğrudan ya da LED gibi bir aygıt içerisinde kullanıldığı gözlenmiştir. Çalışmada doğrudan kullanılan ve geleneksel malzemelere entegre edilmiş örnekler seçilmiştir. Bu amaç doğrultusunda elektroluminans malzemelerin kullanıldığı LED aydınlatma sistemleriyle ilgili olan örnekler yer verilmemiştir. Çünkü LED aydınlatma sistemleri ayrı olarak ele alınması gereken geniş bir konu olması sebebiyle bu çalışmada değerlendirilmeye alınmamıştır. Bununla beraber piezoelektrik malzemelerle ilgili bir örneğe rastlanılmıştır. Fakat örnekte tam olarak akıllı malzemenin nasıl uygulandığı hakkında yeterli bir bilgiye ulaşılmadığı için örneklem grubunda yer verilememiştir.

Akıllı malzemelerin yüksek maliyeti, zamanla özelliğinin bozulması veya büyük ölçekte uygulama sorunu sebepleri sonucunda tasarım alanında sınırlı sayıda örnekler ulaşılmıştır. Bununla beraber örneklem grubunu belirlerken farklı uygulama yöntemlerinde, kullanım alanlarında ve kullanım amaçlarında uygulanan örnekler dikkate alınmıştır. Tüm bu sebepler doğrultusunda örneklem grubu, 15 adet iç mekân ve 8 adet mobilya tasarımı olarak sınırlı kalmıştır.

Akıllı malzemeler 1990 yıllarından günümüze kadar kullanıldığından ve hala uygulamaların devam etmesinden dolayı bu yıllar arasındaki örnek uygulamalar incelenmiştir. Bu örneklerin seçiminde tezlerden, makalelerden, kitaplardan ve internet kaynaklarından faydalanılmıştır.

## 2.3. Kimlik Kartların Oluşturulması

Kimlik kartlarında iç mekân kapsamındaki örneklerde yapıya ve akıllı malzemelere ait bilgiler verilirken mobilya tasarımı için oluşturulan kimlik kartlarında tasarıma ve akıllı malzemelere ait bilgilere yer verilmiştir. Akıllı malzemelere ait bilgilerde ise malzemenin türü, kullanım biçimi, entegre edildiği malzemeler, kullanım amacı, kullanım alanı, örneğe ait görseller ve örneğe ait bilgiler olmak üzere 7 başlık altında incelenmiştir.

### 2.3.1. Yapıya ve Tasarıma Ait Bilgiler

İç mekân örneklerinde yer alan yapıya ait bilgilerde örnek yapının adı, mimarlık ofisi, uygulandığı yıl, yapının işlevi ve bulunduğu ülkeye ait bilgiler yer almaktadır. Mobilya tasarımının incelendiği örneklerde yer alan tasarıma ait bilgilerde ise örnek tasarımın adı, tasarımcı, üretim veya sergileme yılı ve üretimin gerçekleştiği ülkeye ait bilgiler bulunmaktadır.

### 2.3.2. Kullanılan Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler

Kimlik kartının bu bölümünde akıllı malzemeler hakkındaki karmaşık bilgilerin giderilmesi amacıyla akıllı malzemelerin uygulanma yöntemleri, kullanım alanı ve amacı örnekler üzerinden incelenip tespit edilmeye çalışılmıştır. Akıllı malzemelerin uygulandığı örnekler incelendiğinde farklı kullanım biçimlerinde geleneksel malzemelere entegre edilerek kompozit bir malzeme ya da doğrudan tek bir malzeme olarak kullanıldığı görülmüştür. Bununla beraber akıllı malzemelerin estetik ya da işlevsel amaçlarla iç mekân birleşenlerinde ve farklı mobilya türlerinde kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple kimlik kartın bu bölümü; akıllı malzemenin türü, kullanım biçimi, entegre edildiği malzemeler, kullanım amacı, kullanım alanı, örneğe ait görseller ve örneğe ait bilgiler olmak üzere 7 başlık altında incelenmiştir (Tablo 9).

- Akıllı malzemelerin türü: İç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında uygulama alanı bulan akıllı malzemelere yer verilmiştir.
- Kullanım Biçimi: Geleneksel malzemelere entegre edilen yada ham halde kullanılan akıllı malzemelerin farklı kullanım biçimleri incelenmiştir.
- Entegre edildiği malzemeler: Akıllı malzemeler, doğrudan tek bir malzeme şeklinde kullanılarak ya da kompozit bir malzeme olarak geleneksel malzemelere entegre edilerek kullanılmıştır. Bu başlıkta cam, beton gibi entegre edilen geleneksel malzemelere yer verilmiştir. Bununla beraber akıllı malzemeler doğrudan kullanılmışsa 'yok' yazılmıştır.
- Kullanım amacı: Akıllı malzemelerin işlevsel ve estetik açıdan kullanımı incelenmiştir.

- Kullanım alanı: Kullanım alanları tespit edilerek duvar, zemin, tavan, pencere, bölücü eleman, mekân içerisinde ve mobilya olarak ifade edilmiştir.
- Örneğe ait görseller: Akıllı malzemelerin uygulandığı örneklere ait fotoğraflar yer almaktadır.
- Örneğe ait bilgiler: İç mekân ve mobilya tasarımına ait bilgiler ve kullanılan akıllı malzemelerin uygulanma yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır.



Tablo 9. Akıllı malzemelerin incelendiği kimlik kartı örneği

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı / Yapının Adı:					
		Tasarımcı / Mimarlık Ofisi:			İşlev / Yapının işlevi:		
		Uygulandığı yıl:			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Şekil bellek alaşım	Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik	
		Şekil değiştiren malzemeler				Elektrokromik	
		Işık yayan akıllı malzemeler		Fotoluminesans	Enerji değiştiren akıllı malzemeler	Faz değiştiren malzemeler	
		Kullanım biçimi		Tel Vernik	İnce film Reçine	Kapsül Folyo	Boya
	Entegre edildiği malzemeler		Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum	
			Kumaş	Membran	Plastik	Yok	
			Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı		Estetik		Gün Işığını Kontrolü		
			Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
			Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak		
Kullanım alanı		Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan		
		Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler							

### 3. BULGULAR

Çalışmanın bulgular kısmı iç mekân ve mobilya tasarımı olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

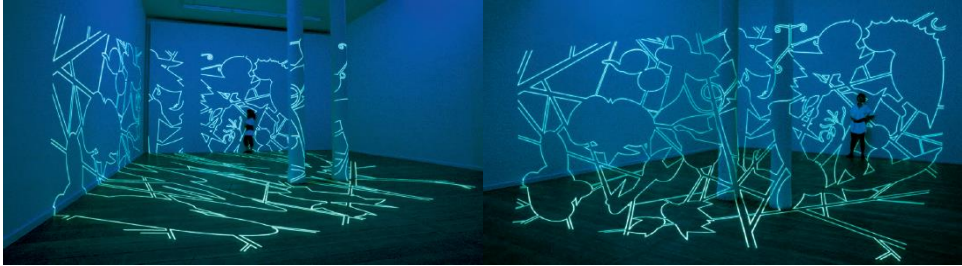
#### 3.1. İç Mekânda Kullanılan Akıllı Malzemelerle İlgili Bulgular

İç mekân tasarımı kapsamında çalışmaya dâhil edilen 15 adet örneğin farklı yapı türlerindeki kullanımını aşağıda verilmiştir.


Tablo 10. İç mekân işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı

<b>YAPI İŞLEVİ</b>	<b>İÇ MEKÂN ÖRNEĞİ</b>
Sanat ve Kültür	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ruth Handschin Sanat Galerisi</li><li>• In Heat</li><li>• Touch-Me</li><li>• İki Oda (Two Rooms)</li><li>• Hylozoic Ground</li></ul>
Otel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aydınlık Oda (Luminance Room)</li></ul>
Konut	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sur Falveng Konutu</li><li>• Crossway Konutu</li></ul>
Spor	<ul style="list-style-type: none"><li>• MSV Arena Futbol Stadyumu</li></ul>
Eğitim	<ul style="list-style-type: none"><li>• Charles Sturt Üniversitesi-Thurgoona Kampüsü</li><li>• La Vecchia Aşçılık Okulu</li><li>• Wolvehampton Okulları</li></ul>
Sağlık	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sunderland Royal Hastanesi</li></ul>
Din	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lotus Dome</li></ul>
Restoran / Kafe	<ul style="list-style-type: none"><li>• The Spirit Lake Casino And Resort Restoranı</li></ul>

Tablo 11. ‘Leuchtzeichnung’(Işıklı çizim) çalışması kimlik kartı bilgileri


Genel Bilgiler		Yapının Adı: Ruth Handschin				
		Mimarlık Ofisi:		Yapının işlevi: Sanat ve Kültür		
		Uygulandığı yıl: 1990		Ülke: Almanya		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik	
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik	
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik	
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler		
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik	Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok	
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü		
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek				
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller						
Örneğe ait bilgiler	<p>Berlin'de Künstlerhaus Bethanien sanat merkezinde 1990'da gösterilen ‘Leuchtzeichnung’ (Işıklı Çizim) İsviçreli sanatçı Ruth Handschin’in ilk büyük kamu çalışmasıdır. Sergi salonunun zeminine, iki duvarına ve iki kolonuna UV ışığı ile uyarılan floresan kâğıt şeritler yapılandırılması sonucu sergi salonundaki çizimler gündüz gözükmemektedir, gece karanlığında ise aydınlanmaya başlamaktadır. Ayrıca çizimler gözlemcinin konumuna göre bozulmaktadır (Ritter, 2007).</p>					

Tablo 12. ‘Two Rooms’ (İki oda) çalışması kimlik kartı bilgileri


Genel Bilgiler		Yapının Adı: İki Oda (Two Rooms)				
		Mimarlık Ofisi: Christina Kubisch		Yapının işlevi: Sanat ve Kültür		
		Uygulandığı yıl: 2004		Ülke: Almanya		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik	
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik	
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik	
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler		
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik	Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok	
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü		
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek				
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller						
Örneğe ait bilgiler	<p>Almanya’da, Weimar yakınlarında bulunan Schloss Ettersburg isimli şato, 2004 yılında sanatçılar Christina Kubisch ve Bernhard Leitner tarafından bir festival kapsamında ‘Zeitversetzt’ (Zamanla Değişmiş) sergisi için kullanılmıştır. Eski şatonun batı kanadında önceden bir tiyatro olarak kullanılan bir odanın sahnesinin arkasında yer alan büyük cam pencereler Christina Kubisch tarafından serginin bir parçası olarak seçilmiştir. Arka yüzeyinde aydınlık bir koridor bulunan bu cam pencereler floresan kaplama ile kaplanmıştır. Daha yakından bakıldığında buzlu camı andıran kaplama yeşilimsi beyaz floresan pigment sırlardan oluşmaktadır. İzleyici tarafından gözükmemesi için gizlenmiş olan 4 adet UV lamba kaplamadaki pigmenti aktive etmek için kullanılmıştır (Ritter, 2007).</p>					




Tablo 13. 'In Heat' çalışması kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: In Heat			
		Mimarlık Ofisi: Jürgen Hermann Mayer		Yapının işlevi: Sanat ve Kültür	
		Uygulandığı yıl: 2005		Ülke: Almanya	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
	Kullanım biçimi	Tel		Kapsül	Boya
		Vernik		Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	İnce film		Beton	Alüminyum
		Ahşap		Plastik	Yok
		Membran		Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Alçıpan		Gün Işığını Kontrolü	
		Estetik		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Hava Kirliliğini Azaltmak		Duvar	Tavan	
	Mekân içerisinde	Zemin	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>Berlinli mimar ve tasarımcı J. Mayer H., çeşitli uluslararası sergilerde termokromik boyalar içeren eserler sergilemiştir. Bu eserlerden biri olan 'In heat' isimli enstalasyon çalışması ile ziyaretçiler serginin bir parçası haline getirilmiştir. Ziyaretçiler, sergide ısıya duyarlı bölgelere dokunarak varlıklarının geçici görüntülerini bırakmıştır. Isıya duyarlı bölgeler, insan vücut sıcaklığına göre ayarlanmış termokromik boya pigmenti içermektedir. Bu boya türünün dış yüzeylerde kullanılması, yüksek üretim maliyetleri ve yetersiz UV direnci nedeniyle reddedilmiştir (Ritter, 2007).</p>				

Tablo 14. ‘Touch-me’ çalışması kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Touch-me			
		Mimarlık Ofisi: Zane Berzina		Yapının işlevi: Sanat ve Kültür	
		Uygulandığı yıl: 2005-2009		Ülke: İngiltere	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler			Fotoluminesans
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>2003 yılında sanatçı Zane Berzina, ısıya bağlı olarak renk değiştiren termokromik mürekkep kullanan ‘Touch me’ duvar kâğıdını tasarlamıştır. Bu tasarımını İngiltere’de Sanat ve Teknoloji Vakfı’nda halka sunmuştur. İnsan vücut sıcaklığına duyarlı olan bu duvar kâğıdı insanların elleriyle desen oluşturabilmesini sağlamaktadır (URL-41, 2018).</p>				

Tablo 15. 'Hylozoic Ground' çalışması kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Hylozoic Ground					
		Mimarlık Ofisi: Philip Beesley			Yapının işlevi: Sanat ve Kültür		
		Uygulandığı yıl: 2010			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler			Fotoluminesans	Elektrooptik	
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler			
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya		
		Vernik	Reçine	Folyo			
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum		
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok		
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı			
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü			
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek					
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak					
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan			
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya				
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Mimar ve heykeltıraş Philip Beesley tarafından yapılan Hylozoic Ground, Kanada'daki 2010 Venedik Bienali'nde etkileşimli mimariyi temsil etmek için ulusal jüri bir yarışma ile seçilmiştir. Hylozoic Ground, mikroişlemciler ve sensörlerle donatılmış olan on binlerce hafif, dijital olarak üretilmiş bileşenlerden oluşan etkileyici ve etkileşimli bir ortamdır (URL-40, 2018). Tasarımdaki hareket şekil bellek alaşımli teller ile gerçekleşmektedir ve tellerin kasılmalarını arttırmak için mekanik kollar kullanılmıştır. ŞBA telleri ısıtıldığında uzunluğunun en fazla %5 kadar kasılmaktadır. Yaklaşım sensörleri, bir seyircinin hareketini algılamaktadır ve ŞBA kol mekanizmalarını harekete geçirmek için Arduino™ mikroişlemcilerini uyarılmaktadır. Böylece ŞBA telleri bir seyircinin hareketine göre cevap olarak aktivite edilmektedir (Kanaani ve Kopec, 2016; Yates, 2012).</p>						


Tablo 16. 'Luminance room' (Aydınlık oda) çalışması kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Aydınlık oda (Luminance room)			
		Mimarlık Ofisi: Ruth Handschin		Yapının işlevi: Otel	
		Uygulandığı yıl: 1994		Ülke: Almanya	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>Basel'deki Teufelhof Otel sahiplerinin isteği üzerine 1994 yılında sanatçı Ruth Handschin tarafından otel odalarından biri ışıklı çizimlerle aydınlık oda haline getirilmiştir. Çizimler duvar, zemin ve tavan üzerinde ince çizgiler halinde floresan ve fosforlu pigmentler içeren akrilik esaslı boya ile oluşturulmuştur. Çeşitli parlaklık veren pigmentlerin eklenmesiyle, motifler hem gündüz hem gece ışık yaymaktadır. (Ritter, 2007).</p>				

Tablo 17. Sur Falveng konutu kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Sur Falveng		Yapının işlevi: Konut	
		Mimarlık Ofisi: Schwarz Mimarlık		Yapının işlevi: Konut	
		Uygulandığı yıl: 2004		Ülke: İsviçre	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Enerji değiştiren akıllı malzemeler
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek	
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>Sur Falveng binası, İsviçre Alplerinde yaşlılar için bir evdir ve engelli erişimine uygun 20 oda sahiptir. Güney cam cephesi, pasif ve aktif olarak odaları ısıtmaktadır ve iklim koşullarına göre değişmektedir (Parthenopoulou ve Malindretos,2016). Bu cam sistemi üç hava boşluğu ve dört güvenlik camı olmak üzere toplam 8 cm'dir. En dışa bakan hava boşluğunda yer alan prizmatik panel yazın dik açıyla gelen güneş ışığını yansıtmaktadır, kışın ise 35 derecenin altında gelen ışınların içeri girmesine izin vermektedir. Ara boşluk, ısı yalıtımını arttırmak için asal gazla doldurulmuştur. İç mekâna bakan boşluk ise FDM olan tuz hidratı yer almaktadır (Tokuç ve Taşçı, 2014; Parthenopoulou ve Malindretos, 2016).</p> <p>FDM' nin (Polikarbonat kaplar içinde kapsüllenmiş hidratlı tuz) ısı kapasitesi 15 cm kalınlığında bir beton duvarın ısı kapasitesine eşittir. Malzeme katıdan sıvıya geçtiğinde cam cephe saydamlaşır. Bu nedenle malzemenin durumunun değişmesi binanın görünümü üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Dış sıcaklığın yükselmesiyle malzeme sıvı faza geçerek ısıyı emmektedir. Dış sıcaklık düştükçe, FDM katı fazına geri dönmektedir ve emilen ısıyı iç mekâna aktarmaktadır. Böylece malzeme iç mekânı ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını azaltmaktadır (Parthenopoulou ve Malindretos, 2016).</p>				

Tablo 18. Crossway konutu kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler	<b>Yapının Adı:</b> Crossway Konutu				
	<b>Mimarlık Ofisi:</b> Hawkes Mimarlık			<b>Yapının işlevi:</b> Konut	
	<b>Uygulandığı yıl:</b> 2008			<b>Ülke:</b> İngiltere	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>Konut, 2008 yılında sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği sağlamak için Richard Hawkes tarafından yeni teknoloji entegre edilerek tasarlanmıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için fotovoltaik teknolojisi ve iç sıcaklık dalgalanmalarını azaltmak için alüminyuma entegre edilen faz değiştiren malzeme kullanmıştır. FDM içeren alüminyum paneller tavanda alçı levhaların arkasına monte edilmiştir. Böylece FDM merkezi ısıtma ve soğutma sistemlerine ihtiyacı azaltarak önemli bir enerji tasarrufu sağlayabilir (Vavan Vuceljic, 2009).</p>				

Tablo 19. MSV Arena futbol stadyumu kimlik kartı bilgileri


Genel Bilgiler		Yapının Adı: MSV Arena futbol stadyumu			
		Mimarlık Ofisi: Ar.te.plan		Yapının işlevi: Stadyum	
		Uygulandığı yıl: 2004		Ülke: Duisburg/Almanya	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>Bir yıldan fazla bir süre boyunca, Ruhr kentinin merkezinde Duisburg futbol kulübü MSV'nin 30.000 hayranını barındıran yeni bir stadyum inşa edilmiştir. Binada 15.000m<sup>3</sup> beton, 3500 ton çelik donatı, yaklaşık 30 adet çelik sütun ve 7.500 m<sup>2</sup> lik çim kullanılmıştır. Cam ve alüminyumdan oluşan cephe için de 1.500 m<sup>2</sup> cama ihtiyaç duyulmuştur. Cephede kullanılan cam güneşten koruma ve ses yalıtımının yanı sıra fotokatalitik etkiye sahiptir. Bu etki camın temizleme aralığını önemli ölçüde azaltabilir (Leydecker, 2008).</p>				

Tablo 20. Charles Sturt Üniversitesi-Thurgoona Kampüsü kimlik kartı bilgileri


Genel Bilgiler		<b>Yapının Adı:</b> Charles Sturt Üniversitesi-Thurgoona Kampüsü					
		<b>Mimarlık Ofisi:</b>			<b>Yapının işlevi:</b> Eğitim		
		<b>Uygulandığı yıl:</b> 2009			<b>Ülke:</b> Avustralya		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>2009 yılında, Charles Sturt Üniversitesi'nin Albury'deki Thurgoona kampüsü, dünyada beton döşeme içerisinde faz değiştirme malzemelerini kullanan ilk örnektir. Ayrıca FDM'ler alçıpan tavanlara da entegre edilmiştir. Bu uygulama binanın Avustralya'nın Yeşil Bina Konseyi'nden altı yeşil yıldız ve 'dünya lideri' statüsü kazanmasına yardımcı olmuştur (Topličić – Čurčić vd., 2018).</p>						




Tablo 21. La Vecchia aşçılık okulu kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: La Vecchia aşçılık okulu			
		Mimarlık Ofisi: Studio ARD, Rimondini e Donà		Yapının işlevi: Eğitim	
		Uygulandığı yıl: 2010		Ülke: Bologna/İtalya	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek	
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>İtalya'da bulunan bir aşçılık okulunun iç mekânının duvarında ve zemininde fotokatalitik etkiye sahip seramik karolar kullanılmıştır. Bu uygulama ile karolara havayı temizleme özelliği kazandırılmıştır (Yılmaz, 2014).</p>				


Tablo 22. Wolvehampton okulları kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Wolvehampton Okulları			
		Mimarlık Ofisi: Architype Architects		Yapının işlevi: Eğitim	
		Uygulandığı yıl: 2011		Ülke: İngiltere	
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya
		Vernik	Reçine	Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller					
Örneğe ait bilgiler	<p>İngiltere'de Oakmeadow and Bushbury Hill İlköğretim Okulları pasif ev statüsünü kazanmıştır. Bu okulların iç mekânı titanyum dioksit pigmentleri içeren bir boya ile boyanmıştır. Bu boya iç hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaya yardımcı olmaktadır. Böylece astım ve alerjiden rahatsız olan çocukların kirlenici maddelere maruz kalması önenebilir (URL-44, 2018).</p>				


Tablo 23. Sunderland Royal hastanesi kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Yapının Adı: Sunderland Royal Hastanesi					
		Mimarlık Ofisi: HDP Mimarlık			Yapının işlevi: Sağlık Yapısı		
		Uygulandığı yıl: 2011			Ülke: İngiltere		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Elektrooptik
						Faz değiştiren malzemeler	
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film		Kapsül	Boya
		Vernik		Reçine		Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap		Beton	Alüminyum
		Kumaş		Membran		Plastik	Yok
		Seramik		Alçıpan		Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek				
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Sunderland Royal Hastanesi, mahremiyeti korurken aynı zamanda hastaları izlemesine izin veren yeni bir bölücü elemanın inşasına ihtiyaç duymuştur. Ayrıca, bölücü elemanların herhangi bir modern hastanenin hijyen standartlarını karşılaması gerekmektedir. Bu yüzden hastanede şeffaf durumdan mat duruma geçebilen elektrooptik cam kullanılmıştır. Mat durumdayken mahremiyet sağlayan elektrooptik cam şeffaf durumdayken hastanın izlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece bölücü eleman olarak kullanılan elektrooptik cam, hijyen olmayan perde kullanımını ortadan kaldırarak daha modern bir görüntü sunmaktadır (URL-42,2018; URL-43, 2018).</p>						

Tablo 24. 'Lotus Dome' çalışması kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		<b>Yapının Adı:</b> Lotus Dome					
		<b>Mimarlık Ofisi:</b> Studio Roosegaarde			<b>Yapının işlevi:</b> Dini Yapı		
		<b>Uygulandığı yıl:</b> 2012			<b>Ülke:</b>		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>17. yüzyıldan kalma Sainte Marie Madeleine Kilisesi'nde yer alan Lotus Dome, etkileşimli bir ışık ve gölge oyunu yaratmaktadır. Lotus Dome, insan davranışına tepki olarak organik olarak açılıp kapanan şekil bellek alaşımlı folyolardan oluşmaktadır. Hareket algılama sensörleri sayesinde lambalara bir aydınlatma girişi tetiklenmektedir ve lambalardan ortaya çıkan ısı folyoların şekil değiştirmesine sebep olmaktadır (Martini, 2013; URL-39, 2018).</p>						

Tablo 25. The Spirit Lake Casino and Resort restoranı kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler	<b>Yapının Adı:</b> The Spirit Lake Casino and Resort Restoranı						
	<b>Mimarlık Ofisi:</b> EAPC Mimarları ve Mühendisleri			<b>Yapının işlevi:</b> Kafe/Restoran			
	<b>Uygulandığı yıl:</b> 2013			<b>Ülke:</b> North Dakota/ABD			
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film		Kapsül	Boya
		Vernik		Reçine		Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap		Beton	Alüminyum
		Kumaş		Membran		Plastik	Yok
		Seramik		Alçıpan		Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Kuzey Dakota'daki Spirit Lake Casino ve Resort Restoranı, Şeytan Gölü ve yat limanına bakan güzel bir manzaraya sahiptir. Fakat günün geç saatlerinde restoran genellikle güneşten gelen yoğun parıltıya maruz kalması nedeniyle binanın pencereleri perdelerle örtülmek zorunda kalmıştır. Bu nedenle 2014 yılında restoranın yenilenmesi sırasında perdelerin ve güneşliklerin yerine kullanılması için rengini otomatik olarak değiştiren elektrokromik cam takılmıştır. Gün batımında, parlamayı önlemek için dış mekân sensörleri elektrokromik camı etkinleştirmektedir. Böylece sıcak ve güneşli günlerde binanın soğutma maliyetleri azalmıştır (URL-23, 2018).</p>						


### 3.3.2. Mobilya Tasarımında Kullanılan Akıllı Malzemelerle İlgili Örnekler

Mobilya tasarımı kapsamında çalışmaya dâhil edilen 8 adet örneğin 3 farklı işlevi aşağıda verilmiştir.


Tablo 26. Mobilya işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı

<b>MOBİLYA TÜRÜ</b>	<b>MOBİLYA ADI:</b>
Oturma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Swamp Bench</li> <li>• Panton Glow</li> <li>• Linger a Little Longer</li> </ul>
Servis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tic Tac Tekstil</li> <li>• Blur Table</li> <li>• Karanlıkta parlayan ahşap</li> <li>• Işıldayan cam</li> <li>• Linger a Little Longer</li> </ul>
Depolama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolunay büfe</li> </ul>

Tablo 27. ‘Swamp Bench’ oturma elemanı kimlik kartı bilgileri


Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Swamp Bench					
		Tasarımcı: Visual Reference Studio			İşlevi: Oturma		
		Üretim veya sergileme yılı: 2007			Ülke: ABD		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Visual Reference Studio'nun Swamp Koleksiyonu, ilhamını stüdyosunun bulunduğu Mississippi bataklıklarının derinliklerinden almaktadır. Koleksiyon içerisinde yer alan ‘Swamp Bench’, vücut ısısına tepki olarak renk değiştiren etkileşimli bir mobilya parçasıdır. Basit bir dokunuş, renk değiştirme özelliğini harekete geçirmektedir ve vücudunuzun geçici bir işaretini kontrast bir renkte bırakmaktadır. Birkaç saniye sonra işaret kaybolmaktadır ve parçanın orijinal rengi görülmektedir. Isıya duyarlı döşeme malzeme, UV ışınlarına dayanıklı ve antibakteriyel özellikli bir kontrat dereceli poliüretandır. Renk değiştirme etkisi kumaşa tamamen kapsülenmiş termokromatik kristaller içerdiğinden kullanımla yıpranmaz veya zamanla bozulmamaktadır. Ancak, bu parça dış mekân kullanımı için önerilmemektedir. Kumaş UV Stabil ve antibakteriyel olan kontrat dereceli poliüretandır (URL-51, 2019).</p>						

Tablo 28. ‘Panton Glow’ oturma elemanı kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Panton Glow					
		Tasarımcı: Vitra			İşlevi: Oturma		
		Üretim veya sergileme yılı: 2018			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Vitra tarafından fosforlu pigmentler içeren bir vernik, ikonik mobilya olan Panton Chair'in ham poliüretan kabuğuna elle 5 kat uygulanmıştır. Fosforlu pigmentler eklenen bu yeni tasarım gün ışığını emmektedir ve karanlıkta mavi bir parıltı yaymaktadır (URL-46, 2018).</p>						



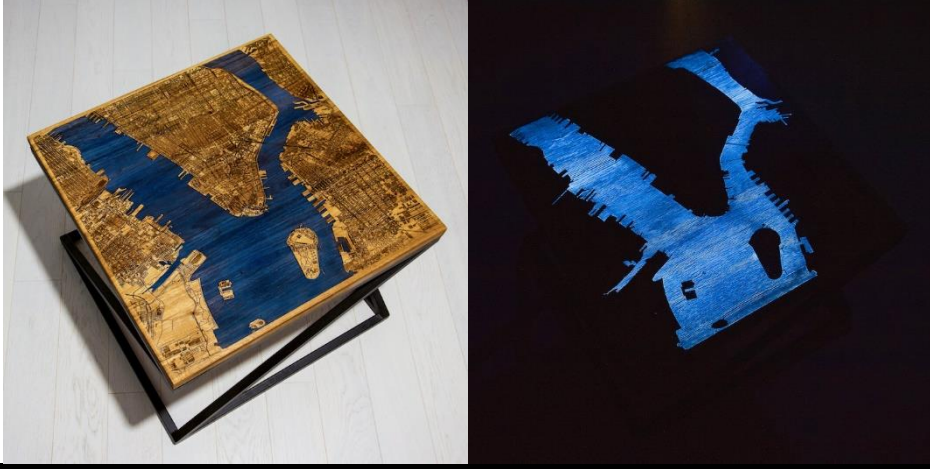
Tablo 29. ‘Tic Tac Tekstil’ mobilya kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Tic Tac Tekstil					
		Tasarımcı: İnteraktif Enstitünün araştırmacıları		İşlevi: Servis			
		Üretim veya sergileme yılı:		Ülke:			
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler			
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film		Kapsül	
		Vernik		Reçine		Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap		Beton	Alüminyum
		Kumaş		Membran		Plastik	Yok
		Seramik		Alçıpan		Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek				
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>‘Tic’ ve ‘Tac’, çay ve kahve molaları için ideal olan iki parçalı bir mobilyadır. ‘Tic’ ve ‘Tac’ mobilyalarında, masa yüzeyi dokuma termokromik kumaş ile kaplanmıştır. Masaya sıcak bir bardak konulduğunda masanın tekstil yüzeyindeki bir ızgara sisteminde düzenlenen ‘x’ veya ‘o’ gizli işaretler etkinleşip tekstil yüzeyine iletilmektedir. Kahvenin sıcak kaldığı sürece süren ‘tic-tac-toe’ oyununda katılımcılar işaretleri planlı ya da kaza ile keşfetmektedir (Maze, 2007). Böylece günlük mobilya, yeni bir iletişim türü için bir ortam haline gelmektedir ve beklerken zaman geçirmek için kullanılabilir. Mobilya modülerdir ve çift işlevli masa yüzeyinin ortak ya da bireysel kullanımı için çeşitli şekillerde düzenlenebilir ve oturulabilir (Maze, 2007; URL-45, 2018).</p>						


Tablo 30. 'Blur Table' isimli masa yüzeyi kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Blur Table					
		Tasarımcı: biz +			İşlevi: Servis		
		Üretim veya sergileme yılı: 2017			Ülke: İtalya		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler			
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film		Kapsül	Boya
		Vernik		Reçine		Folyo	
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap		Beton	Alüminyum
		Kumaş		Membran		Plastik	Yok
		Seramik		Alçıpan		Duvar kâğıdı	
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek				
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar		Tavan	
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	Tokyo merkezli stüdyo biz + tarafından tasarlanan 'Blur Table' isimli masa yüzeyi sıcaklık değişimlerine tepki veren sıcağa duyarlı bir mürekkeple kaplanmıştır. Bu masa, 2017 Milano Tasarım Haftası sırasında Rossana Orlandi Galeri'sinde sergilenmiştir (URL-52, 2019).						


Tablo 31. Karanlıkta parlayan ahşap masa kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Parlayan ahşap ve reçine şehir harita masası					
		Tasarımcı: Woo Designs			İşlevi: Servis		
		Üretim veya sergileme yılı:			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler			
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya		
		Vernik	Reçine	Folyo			
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum		
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok		
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı			
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü			
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek					
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak					
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan			
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya				
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	Varşova merkezli Woo Designs, ahşap malzemeden yapılmış sehparların oyulmuş kısımlarına fotoluminesans tozu içeren reçineyle doldurmuştur (URL-50, 2018).						

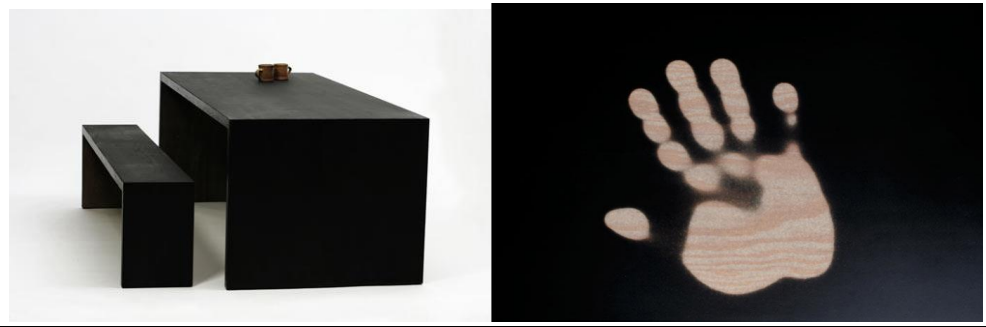
Tablo 32. Işıldayan cam masa kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Işıldayan cam masa					
		Tasarımcı: Gruppe RE			İşlevi: Servis		
		Üretim veya sergileme yılı:			Ülke: Almanya		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	Karanlıkta aydınlanan cam masa, Almanya'da Köln şehrinde bulunan iç mekân ve ürün tasarımcısı Grup RE tarafından geliştirilmiştir. Fosforlu cam masa yapay ışığı saklamaktadır ve karanlıkta tekrar serbest bırakmaktadır (Ritter, 2007).						

Tablo 33. ‘Dolunay büfe’ kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Dolunay büfe					
		Tasarımcı: Sotirios Papadopoulos			İşlevi: Depolama		
		Üretim veya sergileme yılı:			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler			Fotoluminesans	Elektrooptik	
		Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler			
	Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül	Boya		
		Vernik	Reçine	Folyo			
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum		
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok		
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı			
	Kullanım amacı	Estetik		Gün Işığını Kontrolü			
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak		İç Mekân Isısını Kontrol Etmek					
Hava Kirliliğini Azaltmak		Gizlilik ve mahremiyet sağlamak					
Kullanım alanı	Mekân içerisinde	Zemin	Duvar	Tavan			
	Bölücü Eleman	Pencere	Mobilya				
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>Sotirios Papadopoulos tarafından tasarlanan ‘Dolunay büfe’, İtalyan tasarım şirketi Ennezero tarafından üretilen yirmi dört parçanın sınırlı bir mobilyasıdır. Bu büfe, Papadopoulos’un icat ettiği fotoluminesans malzeme içeren çevre dostu bir boya ile boyanmıştır. Bu mobilya ‘dEMOsign’ sergisi için Milano’daki SOHO galerisinde sergilenmiştir (URL-49, 2018).</p>						

Tablo 34. ‘Linger a Little Longer’ oturma elemanı ve masa kimlik kartı bilgileri

Genel Bilgiler		Tasarımın Adı: Linger a Little Longer					
		Tasarımcı: Jay Watson			İşlevi: Oturma + Servis		
		Üretim veya sergileme yılı: 2011			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik		
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik		
		Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans		Elektrooptik		
	Kullanım biçimi	Tel		İnce film	Kapsül	Boya	
		Vernik		Reçine	Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam		Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş		Membran	Plastik	Yok	
		Seramik		Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü		
		Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek		
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak				
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan		
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya			
Örneğe ait görseller							
Örneğe ait bilgiler	<p>İngiltere merkezli tasarımcı Jay Watson, özel bir siyah kaplamaya sahip olan bir masa ve bir banktan oluşan bir dizi termokromik mobilyayı tasarlamıştır. Mobilya, Avrupa meşesinden yapılmıştır ve yüzeyi ısıya tepki veren termokromik boya ile kaplanmıştır. Kullanılan termokromik boya 27 derecede reaksiyona girerek mobilyada geçici renk değişimine sebep olmaktadır (URL-47,2018 ve URL-48, 2018).</p>						

## 4. İRDELEME

İrdeleme bölümü; iç mekânda kullanılan akıllı malzemeler ve mobilya tasarımında kullanılan akıllı malzemeler olmak üzere 2 başlık altında toplanmıştır.

### 4.1. İç Mekânda Kullanılan Akıllı Malzemeler ile İlgili Bulguların İrdelenmesi

Analiz tablosu incelendiğinde, iç mekânda kullanılan termokromik, elektrooptik, fotoluminans, faz değiştiren ve adezyon değiştiren akıllı malzemeler, geleneksel malzemelere entegre edilerek kompozit bir malzeme olarak kullanılırken, sadece şekil bellek alaşımlı akıllı malzemeler tel ve folyo kullanım biçiminde ham halde kullanılmıştır. Kompozit malzeme olarak kullanılan akıllı malzemeler ince film, boya ve kapsül olmak üzere üç farklı kullanım biçiminde cama, seramiğe, alüminyuma, duvar kağıdına, beton ve alçıpan entegre edildiği görülmüştür. Bununla beraber adezyon değiştiren ve fotoluminans malzemeler geleneksel malzemelere entegre edilmeden boya kullanım biçiminde yüzeylerde uygulandığı örnekler de vardır (Tablo.35).

Kullanım amacı olarak fotoluminans, termokromik ve şekil bellek alaşımlı malzemeler sergilerde, bienallerde ve diğer kamusal alanlarda insanların etkileşimli ortamları deneyimlemesi için tasarımcılar tarafından tercih edildiği görülmektedir. Etkileşimli mekân deneyimlerinin yanı sıra kullanıcıların konfor koşullarını iyileştirmek ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla adezyon değiştiren, faz değiştiren, elektrooptik ve elektrokromik akıllı malzemeler sırasıyla hava kirliliğini azaltmak, iç mekân ısını kontrol etmek, gizlilik ve mahremiyet sağlamak ve gün ışığını kontrol etmek için kullanıldığı görülmektedir. Bölücü eleman olarak kullanılan elektrooptik malzemeler şeffaf ve mat olmak üzere iki duruma geçiş yaparak gerektiğinde mekân içerisinde mahremiyet ve gizlilik sağlamak için mat halde kullanılırken mekâna gün ışığının daha fazla geçişi için şeffaf halde kullanılmıştır. Adezyon değiştiren malzemeler iç mekân duvar yüzeylerinde ve pencere camında havayı temizleme amacıyla kullanılmıştır. Fakat pencere camında kullanılan adezyon değiştiren malzemeler, yağmur suyuna temas edebilmesi sebebiyle kendi kendini temizleme özelliğini gerçekleştirerek temizleme maliyetlerini de azaltmaktadır (Tablo.35).

Akıllı malzemeler duvar, zemin, tavan, bölücü eleman, pencere gibi mekânın birleşenlerinde kullanılırken şekil bellek alaşımlar sadece bir mekânın içerisinde kullanıldığı

görülmüştür. Bununla beraber sadece adezyon değiştiren, faz değiştiren ve elektrokromik malzemeler dış ortamla temas edebilen pencere camında kullanılmıştır (Tablo.35).

Tablo 35. İç mekânda kullanılan akıllı malzemelerin analiz tablosu

Akıllı malzemeler	Kullanım biçimi				Entegre edildiği malzemeler						Kullanım Amacı				Kullanım Alanı								
	Tel	İnce film	Boya	Kapsül	Cam	Seramik	Alüminyum	Duvar kâğıdı	Beton	Alepan	Yok	Estetik	İç mekân ısısını kontrol etmek	Hava kirliliğini azaltmak	Temizleme maliyetlerini azaltmak	Gizlilik / Mahremiyet sağlamak	Gün ışığı kontrolü	Duvar	Tavan	Zemin	Bölücü eleman	Mekân içerisinde	Pencere
Adezyon değiştiren malzeme																							
Faz değiştiren malzeme																							
Elektrooptik malzeme																							
Termokromik malzeme																							
Fotoluminans malzeme																							
Şekil bellek alaşım																							
Elektrokromik malzeme																							

Akıllı malzemeler, iç mekân işlev türlerine göre incelendiğinde sanat ve kültür, otel, konut, spor, eğitim, sağlık ve restoran/ kafe gibi farklı yapı türlerinde uygulandığı görülmüştür. Estetik amacıyla kullanılan şekil bellek alaşım, fotoluminans ve termokromik malzemeler sanat ve kültür, otel, din gibi farklı kamusal mekânlarda kullanılmıştır. Estetik amacıyla kullanılan bu üç farklı türdeki akıllı malzemeler tasarımcılar tarafından malzemenin etkileşim-iletişim özelliğinin sergilenmek istenmesi ve kullanıcıların malzemeyi deneyimlemesi istenmesi sebebiyle kamusal mekânlarda kullanılmış olabilir. İşlevsel amaçla kullanılan adezyon değiştiren, faz değiştiren, elektrokromik ve elektrooptik malzemeler de farklı türde kamusal mekânlarda uygulanmıştır. Bu malzeme türleri ise maliyetinin yüksek olması bakımından kamusal mekânlarda denenmiş olabilir. Akıllı



malzemeleri genel olarak değerlendirdiğimizde çoğunlukla kamusal mekânlarda tercih edildiği görölmektedir. Sadece faz değiştiren malzemeler özel mekân olan konutlarda kullanıldığı görölmüştür. Gelecekte teknolojinin gelişmesi, yeni uygun maliyetli üretim teknikleri ve malzemeye olan yüksek talep oranının artması sonucunda malzemenin maliyetinin düşmesiyle beraber akıllı malzemelerin kullanılma olasılığı artabilir ve özel mekânlar olan konutlarda da kullanılması olasılığı ortaya çıkabilir (Tablo 36).

Tablo 36.İç mekân işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı analiz tablosu

Yapı İşlevi	İç Mekân Örneği	Adezyon değiştiren malzemeler	şekil bellek alaşım	Fotolüminesans	Termokromik	Elektrokromik	Elektrooptik	Faz değiştiren malzemeler
Sanat ve Kültür	Ruth Handschin Sanat Galerisi							
	In Heat							
	Touch-Me							
	Hylozoic Ground							
	İki Oda (Two Rooms)							
Otel	Aydınlık Oda (Luminance Room)							
Konut	Sur Falveng Konutu							
	Crossway Konutu							
Spor	MSV Arena Futbol Stadyumu							
Eğitim	Charles Sturt Üniversitesi- Thurgoona Kampüsü							
	La Vecchia Aşçılık Okulu							
	Wolvehampton Okulları							
Sağlık	Sunderland Royal Hastanesi							
Din	Lotus Dome							
Restoran/ Kafe	The Spirit Lake Casino And Resort Restoranı							



Mobilyaların işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı incelendiğinde oturma, servis ve depolama birimi olmak üzere üç farklı mobilya türünde kullanıldığı gözlenmiştir. Bu üç farklı mobilya türünde kullanılması tasarımcıların tercihi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Tablo 38).

Tablo 38. Mobilya işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı analiz tablosu

Mobilya İşlevi	Mobilya Örneği	Adezyon değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım	Fotolüminesans	Termokromik	Elektrokromik	Elektrooptik	Faz değiştiren malzemeler
Oturma Birimi	Swamp Bench							
	Panton Glow							
	Linger a Little Longer							
Servis Birimi	Tic Tac Tekstil							
	Blur Table							
	Parlayan ahşap ve reçine şehir harita							
	Işıldayan cam							
	Linger a Little Longer							
Saklama Birimi	Dolunay büfe							

## 5. SONUÇLAR

Tez çalışmanın birinci amacı olan akıllı malzemelerin yüksek performansa sahip diğer malzeme türlerinden farkının, akıllı kavramı ve uyarlamalı mimari içerisindeki yerinin belirlenmesi ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmeye çalışmıştır.

Akıllı malzemeler doğal özellikleri sayesinde çevresindeki uyaranlara tepki veren malzemelerdir. Bu malzemeler çevresindeki uyaranları algılamak, kendisini kontrol etmek ve harekete geçmek için sensörlere, aktuatörlere ve bilgisayar sistemlerine ihtiyaç duymamaktadır. Bir malzemenin 'akıllı' olabilmesi için çevresindeki en az bir uyarana tepki verebilmesi ve uyaran ortadan kalktığında eski haline dönebilmesi, aynı zamanda bu özelliğini sürekli tekrarlayabilmesi gerekmektedir. Akıllı malzemelerin tanımı, sınıflandırılması ve özellikleri belirlenmesine rağmen bu malzemeler mimaride ve tasarımda yeni ortaya çıkan ve yüksek performansa sahip malzemelerle karıştırıldığı gözükmemektedir. Karıştırılan malzeme grupları arasında olan nanomalzemeler ile akıllı malzemeler arasındaki fark, nanomalzemelerin çevresindeki uyaranlara tepki vermemesidir. Sadece kendi kendini temizleyen nanomalzemeler ışığa maruz kalması sonucu özelliğini gerçekleştirilmesinden dolayı hem akıllı malzemeler hem de nanomalzemeler grubuna girebilir. Nanomalzemeler, nanoteknoloji sayesinde yeni malzemelerin ortaya çıkmasını, mevcuttaki malzemelerin olumsuz özelliklerini giderilmesini ya da yeni özellikler kazandırılmasını ifade ederken akıllı malzemeler, statik olan mevcuttaki malzemeyi aktif hale getirerek malzemeye yeni özellikler kazandırmaktadır. Benzer bir karışıklık, biyoteknolojinin gelişmesi sonucunda ortaya çıkan biyomalzemelerde de yaşanmaktadır. Biyomalzemelerin bazıları tıpkı akıllı malzemelerde olduğu gibi çevresindeki uyaranlara tepki vererek bulunduğu ortama bir defalığına uyum sağladığı örneklerde görülmüştür. Fakat malzemeler uyum sağlama özelliğini sürekli gerçekleştirebilirse 'akıllı malzemeler' olarak tanımlanabilir.

Tasarımda 'akıllı' kavramı sorgulandığında; binaların, mekânların, mobilyaların ya da nesnelerin kullanıcıyla ve çevresiyle iletişimini-etkileşimini ya da sürdürülebilirliği destek veren çözümleri ifade etmektedir. Akıllı bir tasarım ihtiyaca, talebe, değişen koşullara göre değişebildiği ve dönüşebildiği için dinamik ve esnektir. Tasarımdaki bu değişim ve dönüşüm özelliği sensörlerin, aktuatörlerin, bilgisayar sistemelerin, mekanik sistemlerin ve diğer teknolojik sistemlerin kullanılmasıyla gerçekleşebilir. Fakat akıllı malzemelerin

kullanılması ile akıllı bir hale getirilen tasarımdaki değişim ve dönüşüm özelliği malzemenin doğal yapısından kaynaklanmaktadır.

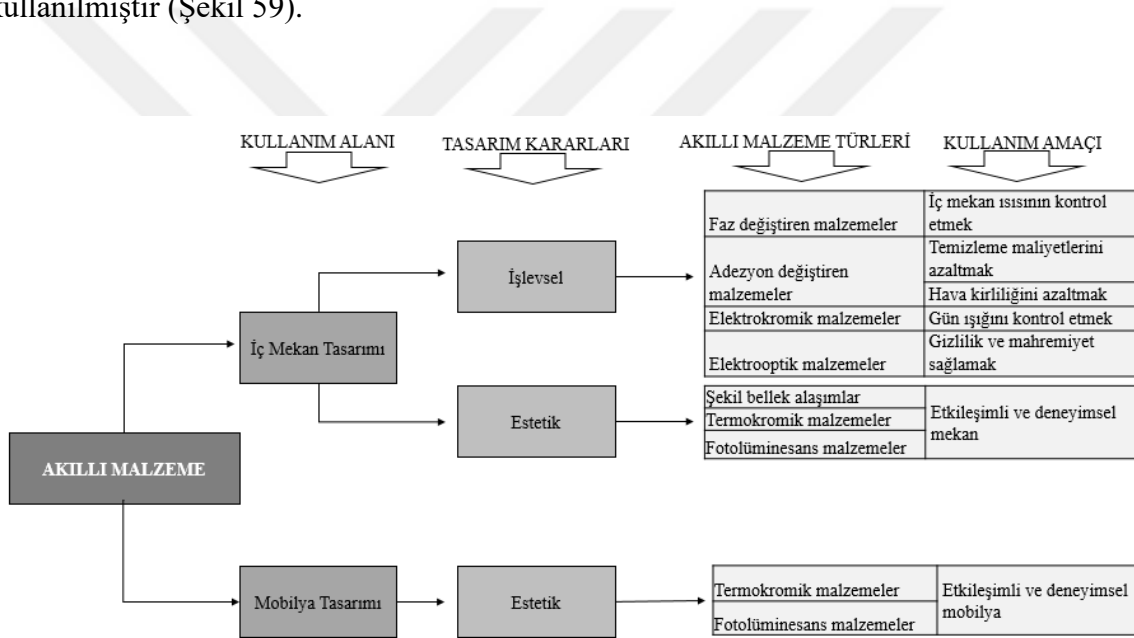
Akıllı malzemeler, otomatik olarak ve /veya insan müdahalesi aracılığıyla çevresine ve kullanıcılarına uyum sağlayabilen malzemeler olması bakımından uyarlamalı mimari grubuna girmektedir. Bu malzemelerdeki uyum sağlama yeteneği doğal özellikleri sayesinde gerçekleştirdiği için mekanik teknikler, sensörler, bilgisayar sistemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Fakat bazı durumlarda malzemenin özelliğini gerçekleştirme gücünü arttırmak için bazı sistemlere ihtiyaç duyulabilir.

Tez çalışmasının ikinci amacı olan iç mekân ve mobilya tasarımında kullanılan akıllı malzemelerin belirlenmesi ve akıllı malzemelerin uygulanma yöntemlerinin, kullanım amaçlarının ve kullanım alanlarının tespit edilmesi ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Akıllı malzemeler iç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında incelendiğinde faz değiştiren, adezyon değiştiren, elektrokromik, elektrooptik, termokromik, fotoluminans ve şekil bellek alaşımlar uygulama alanı bulduğu gözlenmiştir. Bu malzemeler tek tek değerlendirildiğinde, elektrooptik malzemeler iç mekânda benzer yöntemlerle ve kullanım alanlarında uygulanması sebebiyle bir örnek verilse de çalışma boyunca çok sayıda uygulama örneklerine rastlanılmıştır. Genellikle elektrooptik malzemelerin uygulandığı örnekler, mahremiyet ve gizlilik sağlamak amacıyla iç mekânda bölücü eleman olarak kullanılan akıllı cam olarak bilinmektedir. Adezyon değiştiren malzemeler ise pencere camı uygulamalarında hava kirliliğini azaltmakla birlikte dış mekânda uygulanan yüzeyin yağmurla temas etmesi sonucu temizleme maliyetlerini de azaltmaktadır. İç mekân yüzeylerinde ise yağmurla temas sağlanmadığı için sadece hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Elektrokromik malzemeler, gün ışığı kontrolü sağlamak istenmesi sebebiyle sadece pencere camında uygulandığı görülmüştür. Faz değiştiren malzemeler ise iç mekân ısını kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Şekil bellek alaşımlı malzemelerde büyük ölçekte özelliğini gerçekleştirme sorunu yaşanması sebebiyle mimari yapıların cephelerinde kullanılmak üzere çevresel koşullara bağlı olarak havalandırma amacıyla sadece deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Fakat bu malzemeler günümüzde tasarımcılar tarafından enstalasyon çalışması olarak kullanıcıya duyarlı ve etkileşimli tasarımlar oluşturmak amacıyla kamusal mekânlarda küçük ölçekte uygulandığı görülmüştür. Termokromik malzemelerin güneş ışığının etkisiyle zamanla bozulması, uygulama sorunu olarak gözükse de iç mekânda gün ışığının dış mekâna göre daha az olması sebebiyle iç mekân ve mobilya

tasarımı alanında uygulandığı tespit edilmiştir. Fotolüminesans malzemeler ise çevresiyile iletişime ve etkileşime geçen tasarımlar olarak estetik amacıyla uygulandığı görülmüştür.

Akıllı malzemeler tel, ince film, kapsül, boya, reçine ve vernik gibi farklı kullanım biçimlerinde geleneksel malzemelere entegre edilip statik olan malzemeyi, yeni özellikler kazandırması sonucu aktif hale dönüştürmektedir. Genellikle geleneksel malzemelere entegre edilerek kullanılan akıllı malzemeler ham halde de kullanılmıştır. Ayrıca literatür bölümünde görüldüğü üzere LED gibi mekanik bir aygıt içerisinde de kullanılmıştır. Sonuç olarak akıllı malzemeler farklı kullanım biçimlerinde geleneksel malzemelere entegre edilerek kompozit bir malzeme olarak, geleneksel malzemelere entegre edilmeden doğrudan tek bir malzeme olarak ya da LED gibi mekanik bir aygıt içerisinde üç farklı yöntemle kullanılmıştır (Şekil 59).



Şekil 59. Akıllı malzemelerin uygulama yöntemleri

Akıllı malzemeler iç mekânda estetik ve işlevsel amaçla kullanılırken mobilya tasarımında sadece estetik amaçla kullanılmıştır. Bu malzemeler sergilerde, bienallerde ve diğer kamusal alanlarda insanların etkileşimli ortamları deneyimlemesi ve nesnelere iletişim kurması için tasarımcılar tarafından tercih edildiği görülmektedir. Etkileşimli mekân deneyimlerinin yanı sıra akıllı malzemeler iç mekân ısısını kontrol etmek, hava kirliliğini azaltmak, gizlilik ve mahremiyet sağlamak ve gün ışığını kontrol ederek kullanıcıların konfor koşullarını iyileştirmek ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla kullanıldığı da

görülmektedir. Mobilya tasarımı kapsamında kullanıcının dokunsal ve görsel duyularını harekete geçirmek amacıyla kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 60).



Şekil 60. Akıllı malzeme türleri ve kullanım amaçları

İç mekânda ve mobilya tasarımı kapsamında kullanılan akıllı malzemeler hem işlevsel hem de estetik açıdan önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Estetik olarak kullanılan akıllı malzemeler kullanıcıyla etkileşime ve iletişime girmesi sonucu interaktif mimariyi etkilerken, işlevsel olarak kullanımı sürdürülebilir mimariyi etkilemektedir. Özellikle sürdürülebilir mimariye olumlu anlamda etkileyecek olması sebebiyle akıllı malzemeler tasarımcıların ve mimarların dikkatini çekmeye başlamıştır (Tablo 39).

Tablo 39. Akıllı malzemelerin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması

İç Mekân ve mobilya tasarımı kapsamında akıllı malzemelerin kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması	
İşlevsel amacına göre	Estetik amacına göre
1. Faz değiştiren malzemeler	1. Termokromik malzemeler
2. Adezyon değiştiren malzemeler	2. Fotolüminesans malzemeler
3. Elektrokromik malzemeler	3. Şekil bellek alaşım malzemeler
4. Elektrooptik malzemeler	

Akıllı malzemeler bulunduğu ortama tek başlarına uyum sağlamamaktadır. Aslında sadece malzemede değil tasarım fikrinde de uyum (adaptasyon) vardır. Tasarımcılar, doğanın ve canlıların değişen koşullara uyum sağlamasından yani adaptasyonundan ilham alarak tasarımlarını işlevsel ve estetik amacıyla ortamdaki değişime cevap vermesi için akıllı malzemeleri bir araç olarak kullanması tasarım fikrinin de uyum sağladığını göstermektedir. Sonuç olarak ortamdaki değişime cevap verebilen malzemeler keşfedildikçe ve tasarımcılar doğadan ilham aldığı sürece yeni tasarım fikirlerinin ortaya çıkması beklenebilir. Bununla beraber teknoloji geliştikçe günümüzde kullanılmayan akıllı malzemelerin gelecekte kullanma olasılığı ortaya çıkabilir.

Akıllı malzeme uygulamalarının önündeki ana engeller maliyet, malzemenin özelliğinin zamanla bozulması ve malzemenin büyük ölçekte uygulanmasının zorluğudur. Akıllı malzeme gruplarının bazıları mimaride, iç mekânda, ürün tasarımında uygulama alanı bulmuşken bazıları henüz deneysel aşamasındadır ya da hiçbir uygulaması bulunmamaktadır. Uygulama alanı bulamayan veya deneysel aşamada kullanılan akıllı malzemelerin gelecekte mimaride, iç mekân ve mobilya tasarımında uygulanması gelişen teknoloji ile mümkün olabilir.

Akıllı malzemeleri genel olarak değerlendirdiğimizde görme ve dokunma duyularımızla etkileşime ve iletişime geçerek interaktif mimariyi, bulunduğu ortamdaki değişime farklı özelliklerle cevap vermesi bakımından uyarlamalı mimariyi, kullanıcı konforu ve enerji verimliliği sağlayarak sürdürülebilir mimariye etkilemektedir.



## 6. ÖNERİLER

- Akıllı malzemelerin uygulanmasına yönelik problemlerini, kullanım alanlarını daha iyi tespit etmek için üreticilerle, tasarımcılarla ve kullanıcılarla daha detaylı araştırmalar yapılabilir.
- Türkiye’de akıllı malzemeler içerisinde sadece akıllı camlar uygulandığı için konfor ve görsellik açısından akıllı camlarla ilgili deneysel çalışmalar yapılabilir.
- Dış ortamlardaki hava koşullarının malzemenin özelliğini bozması, uygulama ölçęi büyüdükçe malzemenin özelliğini gerçekleştirememesi ve maliyet gibi akıllı malzemelerde yaşanan uygulama problemleri araştırmalar ve deneysel çalışmalar yapılarak çözülebilir ve böylece akıllı malzemelerin gelecekte tasarım alanında yaygın olarak kullanımını artabilir.

## 7. KAYNAKÇA

- Acharya, A., Giri, S. ve Gokhale, V., 2017. Nano Technology in Architecture: Exploring Possibilities, IOSR Journal of Applied Chemistry,10,2,44-47.
- Addington, D., A. ve Schodek D., M., 2005. Smart Materials and New Technologies For the Architecture and Design Professions, Architectural Press, First Edition, Oxford.
- Aggour, M., M., H. and Soliman, O., A., E., 2010. Smart Materials–Toward A New Architecture, In Conference Of Smart Materials, Paper’s No. Bue-Fisc–13,1-13.
- Ahmed Nasr, Y., T., 2017. Using Smart Materials to Mimic Nature in Architecture, Master Thesis, University of Alexandria, Faculty of Engineering, Department of Architecture, Egyp.
- Aksamija, A., 2016. Integrating Innovation in Architecture: Design, Methods and Technology for Progressive Practice and Research, First Edition, First Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Brisbane.
- Alqalami, T., Ahmed, V. ve Ormerod, M., 2015. Bio-inspired Design Material: A Multipurpose Case Study, WIT Transactions on The Built Environment, 149, 567-577.
- Arun, P. ve Mehta, D., 2013. Eco-Friendly Electricity Generator Using Scintillating Piezo, International Journal of Engineering Research and Applications,3,5, 478-482.
- Attia, S., 2017. Evaluation of adaptive facades: The case study of Al Bahr Towers in the UAE, QScience Connect,2,6,1-12.
- Aydoğan, E., 2009. From ‘Advertising architecture’ To ‘Media Façade’: Communication Through Digital Display Skin, A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara.
- Aygün, O., D., 2012. Mevcut Konut Yapılarına Fotovoltaik Panel Sistemlerin Entegre Edilmesi: İzmir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Azmy Nessim, M., 2016. Biomimetic Architecture as New Approach For Energy Efficient Buildings, the Degree of Doctor Of Philosophy, Cairo University, Giza, Egypt.
- Barbosa, J., A., Araújo, C., Mateus, R. ve Bragança, L., 2016. Smart interior design of buildings and its relationship to land use. Architectural Engineering and Design Management, 12,2, 97-106.
- Bezci, İ. ve Gürbulak, T., 2015. Teknoloji ve Mekân Bağlamında Yüzey Analizi, 1.Ulusal Tasarım İç Mimari Tasarım Sempozyumu, Ekim, Trabzon, Bildiriler Kitabı: 94-104.

- Bedeloğlu, A., 2011. Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Tekstil Malzemelerindeki Uygulamaları, Tekstil ve Mühendis, 83, 18, 27-37.
- Bilmen, M., M., 2019. Mimarlıkta Biyomimikri Kavramı Antoni Gaudi ve Michael Pawlyn Eserlerinin İncelenmesi 21.YY'a Yansıması, Y. Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bohnenberger, S., 2013. Material exploration and engagement: Strategies for investigating how multifunctional materials can be used as design drivers in architecture, PhD Thesis RMIT University, Melbourne, Australia.
- Brownell, B., 2008. Transmaterial 2: A Catalog of Materials That Redefine Our Physical Environment, Princeton Architectural Press, New York.
- Button, T., 2016. Biomimicry: A Source for Architectural Innovation in Existing Buildings, Master Thesis, Rochester Institute Of Technology, Golisano Institute for Sustainability, Rochester, USA.
- Casini, M., 2016. Smart Buildings: Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental Performance, First Edition, Woodhead Publishing.
- Cengiz, G., 2016. Mimarlıkta Sürdürülebilir Nanoteknolojik Malzeme Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Chang, W., S. ve Araki, Y., 2016. Use of shape-memory alloys in construction: a critical review, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 169,2, 87-95.
- Çakmaklı, B., Ateş Can, S. ve Muraçal, E., 2015. Deprem ve Mimarlıkta Kullanılan Polimer Malzemeler, Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, May, Burdur.
- Çakmaklı, M., C. ve Selçuk, S., A., 2019. Biyomimetik Bakış Açıçı ile Fütüristik Mimarlık Üzerine Bir İnceleme: John M. Johansen Mimarlığını Anlamak, 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, April, Ankara, Bildiriler Kitabı: 297-303.
- Çelebi, G., 2002. Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17,3,17-33.
- Dam, V. ve Daniel, S., 2015. Remote Control of Smart Glass An evaluation of possible remote protocols, Chalmers University Of Technology, Degree Project Report in Computer Engineering, Sweden.
- Durai Prabhakaran, R., T., Ormondroyd, G. A., Curling, S. F. ve Spear, M. J., 2015. Bio-based and Bio-inspired materials for a modern Building Design – A Research Perspective, International Panel Products Symposium, September, Llandudno, 292-296.

- Ekici, B., 2015. Farklı yönlerde bakan cephelerdeki bina entegre fotovoltaiik (BIPV) sistem performanslarının değerlendirilmesi, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 3-5 Haziran, Ankara, Bildiriler Kitabı, 425-435.
- Erturan, B. ve Ören, E., 2011. Akıllı Cepheler, 6th International Advanced Technologies Symposium, Mayıs, Elâzığ, 125-130.
- Evans, J., 2015. Energy Harvesting Through The Piezoelectric Effect At Sports Venues, Master Thesis, Humboldt State University, California.
- Farkas, K., Munari Probst, M., C. ve Horvat, M., 2010. Barriers and Needs for Building Integration of Solar Thermal and Photovoltaics, the 8th EuroSun conference of ISES Europe, September- October, Graz, Austria.
- Gavrilović, D. ve Stojić, J., 2011. Usage of "smart" Glass Panels In Commercial And Residential Buildings, Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering, 9, 2, 261- 268.
- Gazit, M., 2016. Living matter: biomaterials for design and architecture, Master Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Gezer, H., 2011. Malzemenin Gizil Güçlerinin Mimariye Katkısı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 20, 97-118.
- Güncü, A. ve Kurnuç, A., 2013. Güneş Enerjisine Dayalı Yenilikçi Kinetik Yapı Kabuğu Uygulamaları, I. Uluslararası Mühendislik ve Fen Bilimlerinde Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISITES2013), Haziran, Sakarya, Bildiriler Kitabı: 1292-1302.
- Haldimann, M., Luible, A. ve Overend, M., 2008. Structural Use of Glass, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE-AIPC-IVBH), Zurich.
- Heidari Jozam, M., 2016. Smart home design: spatial preference modeling of smart homes, Technische Universiteit Eindhoven.
- Heinstein, P., Ballif, C. ve Perret-Aebi, L.E., 2013. Building integrated photovoltaics (BIPV): review, potentials, barriers and myths. Green, 3, 2,125-156.
- Heiselberg, P., Christiansson, P. ve Reinhold, C., 2007. Intelligent Buildings / Smart Homes.
- Hoseini, A.H.G. ve Berardi, U., 2012. Intelligent Facades in Low-Energy Buildings, British Journal of Environment & Climate Change, 2,4, 437-464.
- İnner, S., 2019. Biyomimikri ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı ve Gelişimi, Tasarım Enformatiği, 1,1, 15-29.
- Kanaani, M. ve Kopec D., 2016. The Routledge Companion for Architecture Design and Practice, First Edition, Routledge, New York.

- Kara, B., 2017. Akıllı Bina Cephelerin Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karakan A. ve Oğuz, Y., 2015. Mevcut Yapılara Uygulanan Fotovoltaik Sistemlerin İncelenmesi: Afyonkarahisar Örneği, 2. Ulusal Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu, Mayıs, Ankara, 887-897.
- Keskin, R., 2019. Doğadan Esinlenen Mekânsal Tasarımlarda Anolojinin Kullanımı: Biyomimikri, Y. Lisans Tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Khitab, A., Anwar, W., Mehmood, I., Khan, U., A., Minhaj, S. ve Munir, M., J., 2016. Sustainable construction with advanced biomaterials: an overview, Science International Journal, 28, 3, 2351-2356.
- Kim Sung, D., 2014. Prototyping a self-ventilating building skin with smart thermobimetals, University of Southern California, AIA Report on University Research Volume 5.
- Koyuncu, S., 2017. Led aydınlatma tasarımının görsel sanata etkisi, International Journal of Innovative Research in Education, 4, 2, 102-108.
- Konarzewska, B., 2017. Smart Materials in Architecture: Useful Tools with Practical Applications or Fascinating Inventions for Experimental Design?, IOP Conferans Series: Materials Science and Engineering, 245,5, 1-8.
- Lelieveld, C., 2013. Smart Materials For The Realization Of An Adaptive Building Component, Doctoral Thesis, Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Netherlands.
- Leydecker, S., 2008. Nano materials in architecture, interior architecture and design, Birkhauser Verlag, Almanya.
- Mangan, S., D., 2006. Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Martini, A., 2013. 'Techno-Poetry' within Zedekiah's Cave, Screencity Journal 2: Colour Environment Interactive Media, 2,1-6.
- Maze, R., 2007. Ocuppying Time: Design, Technology, and the form of interaction, Blekinge Institute of Technology Doctoral Dissertation Series, First Edition, Axl Books, Stockholm.
- Modin, H., 2014. Adaptive building envelopes, Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Mohamed, A., S., Y., 2017. Smart materials innovative technologies in architecture; towards innovative design paradigm, Energy Procedia, 115, 139-154.

- Moulaii, M., M., Bemanian, M., R., Mahdavinejad, M. ve Mokary, N., 2013. How Smart Materials Can Help Occupants To Live In More Sustainable Buildings, Asian Journal of Applied Sciences, 1,1, 16-20.
- Mousa, O., 2014. BIPV/BAPV Barriers to Adoption: Architects' Perspectives from Canada and the United States, Master's thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Nivart Koçyan, N., 2013. Led Teknolojisi ve Müzelerde Kullanılabilirliği Üzerine Değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Oltean, M., 2006. Switchable glass: a possible medium for evolvable hardware. NASA / ESA konferansı, Haziran, Washington DC, Bildiriler Kitabı: 81-87.
- Özgönül Şensan, S., 2009. Application Of Smart Materilas in Sustainable, Master Thesis, İzmir University Of Economics, İzmir.
- Parthenopoulou, N., K., ve Malindretos, M., 2016. The Use of Innovative Materials in Innovative Architectural Applications, Combining Forces for High Performance Structures, Materials Today: Proceedings, 3, 3, 898-912.
- Peters, S., 2014. Material Revolution 2: New Sustainable and Multi-Purpose Materials for Design and Architecture, Birkhauser Verlag AG, Basel.
- Ritter, A., 2007. Smart Materials in architecture, interior architecture and design, Second Edition, Birkhäuser, Basel.
- Roe, S., 2013. Information Storm—An Assessment of Responsive Facades and Their Potential to Introduce New Relations Between Building Users and the Weather, Proceedings of the 18th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, (CAADRIA 2013), 915–924.
- Savaş, S., 2011. Kısıtlı Mekân-Mobilya Çözümlerinde Çağdaş Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Sayın, S. ve Koç, İ., 2011. Güneş Enerjiinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26, 3, 89-106.
- Senagala, M., 2006. Rethinking Smart Architecture: Some Strategic Design Frameworks, International Journal of Architectural Computing, 4, 3, 33-46.
- Sherbini, K. Ve Krawczyk R., 2004. Overwiev Of Intelligeent Architecture, 1st ASCAAD International Conference, December, Dhahran, Saudi Arabia, 137-152.
- Suner, A., 2011. 'Adaptive Architecture' Çevresel Etkenlere Göre Değişebilen Mimari, Eko Yapı Dergisi, Mayıs-haziran, 82-86.

- Tarfiei, M., 2015. Smart building materials in sustainable architecture: A case study in Electrochromic glass, European Online Journal of Natural and Social Sciences,3,3, 408-416.
- Tokuç, A. ve Taşçı, B., G., 2014. Enerji Etkin Cephelelerde Nanoteknoloji, Yapı Dergisi, 397,146-150.
- Topličić – Ćurčić, G., Keković, A., Grdić, D., Veljković, S., D. ve Grdić, Z., 2018. Phase change materials (PCMs)-Innovative materials for improvement of energy efficiency of buildings, 6th International Conference Contemporary achievements in civil engineering, 20. April, Serbia.
- URL-1, <https://www.ekoyapidergisi.org/3007-dunyanin-en-yesil-binasi-the-edge.html>. 05 Şubat 2018
- URL-2, <https://www.arch2o.com/al-bahr-towers-aedas/>. 10 Şubat 2018
- URL-3, <https://www.peutz.fr/references/institut-du-monde-arabe>. 25 Şubat 2018
- URL-4, <https://inhabitat.com/jean-nouvells-stunning-museum-facade-dilates-to-let-in-daylight/>. 15 Şubat 2018
- URL-5, <https://www.arkitektuel.com/media-tic/#jp-carousel-12553>. 15 Şubat 2018
- URL-6, <http://enchulamelaweb.com/portfolio/tangram-magazine/>. 25 Aralık 2019
- URL-7, <https://www.designboom.com/readers/pop-up-interactive-apartment-by-students-at-tu-delft/>. 25 Aralık 2019
- URL-8, <https://www.jebiga.com/hong-kong-micro-apartment-gary-chang/>. 25 Aralık 2019
- URL-9, <https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2012/dec/12/children-journey-jason-bruges-great-ormond>. 26 Aralık 2019
- URL-10, <https://www.jasonbruges.com/nature-trail/>. 26 Aralık 2019
- URL-11, [file:///C:/Users/S%C3%BCmeyra%20Akg%C3%BCn/Downloads/19-sml-ingenious-home-products\\_en%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/S%C3%BCmeyra%20Akg%C3%BCn/Downloads/19-sml-ingenious-home-products_en%20(4).pdf). 27 Aralık 2019
- URL-12, <https://dornob.com/turning-tables-flexible-wood-seats-flip-into-work-surfaces/>. 27 Aralık 2019.
- URL-13, <https://www.geeky-gadgets.com/ripple-interactive-led-coffee-table-19-10-2009/4>. 28 Aralık 2019
- URL-14, <https://www.marcus-architecten.nl/012-paviljoen-reddingsbrigade-breda/>. 18 Şubat 2018
- URL-15, <https://www.themethodcase.com/xylinum-by-jannis-hulsen/>. 20 Şubat 2018

- URL-16, <https://mimaritasarimsurecveetkilesimleri.wordpress.com/2018/01/08/arayista-olma-hali-ve-gelisen-teknoloji-ile-yeni-mimarlik/>. 28 Şubat 2018
- URL-17, [http://news.centurylink.com/CenturyLink-Technology-Center-of-Excellence-achieves-Silver-LEED-certification#assets\\_131:19189](http://news.centurylink.com/CenturyLink-Technology-Center-of-Excellence-achieves-Silver-LEED-certification#assets_131:19189). 5 Mart 2018
- URL-18, <https://www.usatoday.com/story/tech/news/2016/04/27/high-tech-brings-its-smarts-buildings/82864284/>. 20 Mart 2018
- URL-19, <https://www.superhaber.tv/tropikal-sularda-yasayan-balon-baligi-akdenizde-goruldu-haber-88829>. 13 Nisan 2018
- URL-20, <https://www.archdaily.com/215280/bloom-dosu-studio-architecture>. 20 Nisan 2018
- URL-21, [https://www.sageglass.com/sites/default/files/designguide\\_mkt\\_64.pdf#page=3](https://www.sageglass.com/sites/default/files/designguide_mkt_64.pdf#page=3)  
Optimize Design with SageGlass. 10 Mayıs 2018
- URL-22, [https://www.sageglass.com/sites/default/files/mkt-061\\_sageglass\\_controls.pdf](https://www.sageglass.com/sites/default/files/mkt-061_sageglass_controls.pdf).  
11 Mayıs 2018
- URL-23, <https://urbanland.uli.org/industry-sectors/infrastructure-transit/smart-glass-shadows/>. 09 Mayıs 2018
- URL-24, [https://shop.smarttint.com/How-does-it-work-\\_b\\_500.html](https://shop.smarttint.com/How-does-it-work-_b_500.html). 15 Mayıs 2018
- URL-25, [http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study\\_Royal-Sunderland.pdf](http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study_Royal-Sunderland.pdf). 16 Mayıs 2018
- URL-26, [http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study\\_Microsoft-Lisbon.pdf](http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study_Microsoft-Lisbon.pdf). 17 Mayıs 2018
- URL-27, [http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study\\_East-Wintergarden.pdf](http://smartglassinternational.com/wp-content/uploads/Case-Study_East-Wintergarden.pdf). 16 Mayıs 2018
- URL-28, <https://kimyasimya.blogspot.com.tr/2012/10/fotokataliz.html>. 26 Nisan 2018
- URL-29, [https://www.edilportale.com/prodotti/casalgrande-padana/pavimento-rivestimento-fotocatalitico-in-gres-porcellanato/bios-self-cleaning-ceramics\\_69434.html](https://www.edilportale.com/prodotti/casalgrande-padana/pavimento-rivestimento-fotocatalitico-in-gres-porcellanato/bios-self-cleaning-ceramics_69434.html). 26 Nisan 2018
- URL-30, [https://www.architectmagazine.com/technology/products/product-casalgrande-padana-bios-self-cleaning-ceramics\\_o](https://www.architectmagazine.com/technology/products/product-casalgrande-padana-bios-self-cleaning-ceramics_o). 26 Nisan 2018
- URL-31, <https://www.theplan.it/eng/webzine/report/fitness-centre-manhattan-nord>. 27 Nisan 2018
- URL-32, <https://www.unitech.com.sg/product/photoluminescent-tapes/>. 01 Haziran 2018



- URL-33, <http://news.lifesafetyservices.com/blog/photoluminescence-the-light-at-the-end-of-the-hallway>. 01 Haziran 2018
- URL-34, <https://www.sciencealert.com/glow-in-the-dark-cement-might-be-coming-to-city-near%20you>. 01 Haziran 2018
- URL-35, <http://canergz.com/parlayan-bisiklet-yolu>. 01 Haziran 2018
- URL-36, <http://loop.ph/portfolio/kensington-archilace/>. 04 Haziran 2018
- URL-37, <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-pilleri-nasil-calisir/10272#ad-image-2>. 26 Haziran 2018
- URL-38, <http://glassx.ch/index.php?id=652>. 05 Temmuz 2018
- URL-39, <https://studioroosegaard.net/data/files/2018/08/313/lotusfactsheetroosegaard.pdf>. 15 Temmuz 2018
- URL-40, [http://www.philipbeesleyarchitect.com/sculptures/0929\\_Hylozoic\\_Ground\\_Venice/](http://www.philipbeesleyarchitect.com/sculptures/0929_Hylozoic_Ground_Venice/). 15 Temmuz 2018
- URL-41, <https://mymodernmet.com/2100445blogpost40374/>. 15 Temmuz 2018
- URL-42, <http://switchable-privacy-glass.artlookglass.com/2018/02/how-smartglass-design-is-changing.html>. 17 Temmuz 2018
- URL-43, <http://blog.smartglassinternational.com/ensuring-privacy-hygiene-medical-facilities-smart-glass/>. 17 Temmuz 2018.
- URL-44, <https://www.keim.com/en-gb/project-gallery/detailed-view-uk/wolverhampton-schools/> 19 Temmuz 2018.
- URL-45, [http://dru.tii.se/reform/projects/\\_casestudies/casestudy\\_tictactextiles.pdf](http://dru.tii.se/reform/projects/_casestudies/casestudy_tictactextiles.pdf). 19 Temmuz 2018
- URL-46, <https://www.vitra.com/en-ch/living/product/details/panton-glow>. 20 Temmuz 2018
- URL-47, <http://designwrld.com/thermochromic-furniture-jay-watson-design/>. 20 Temmuz 2018
- URL-48, [http://jaywatsondesign.com/index.php/portfolio\\_page/linger-a-little-longer/](http://jaywatsondesign.com/index.php/portfolio_page/linger-a-little-longer/). 21 Temmuz 2018
- URL-49, [http://inventorspot.com/articles/full\\_moon\\_sideboard\\_glow\\_dark\\_12124](http://inventorspot.com/articles/full_moon_sideboard_glow_dark_12124). 21 Temmuz 2018

URL-50, <https://mymodernmet.com/city-map-resin-coffee-table/>. 22 Temmuz 2018

URL-51, <https://www.yatzer.com/thermosensitive-swamp-collection-visual-reference-studio>. 02 Eylül 2019

URL-52, <https://www.homecrux.com/we-studio-designs-constantly-transforming-low-table-blur/78463/>. 02 Eylül 2019

Vaida, C., Gherman, B., Dragomir, M., Iamandi, O. ve Banyai, D., 2014. Smart Furniture– Quo Vadis, In International Conference on Production Research–Africa, Europe and Middle East, 493-498.

Vavan Vuceljic, S., 2009. ‘Application of smart materials in retrofitting homes can help housing energy efficiency’ Union university of Belgrade.

Vegasack, A. ve Eisenbrand, J., 2006. Open House: Architecture and Technology for Intelligent Living, First Edition, Weil am Rhein: Vitra Design Stiftung, Basel.

Yates, S., J., 2012. Structural and Smart Materials Analysis in responsive Architectural and Textile Mechanical Applications, Master Thesis, Dalhousie University, Department Of Mechanical Engineering, Nova Scotia.

Yeşilay, S. ve Karasu, B., 2012. Glass and Ceramics with Phosphorescent Ability, Ceramics Technical Journal,34, 94-99.

Yılmaz, S., 2014. Nanomalzemelerin Mimaride Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Zhou, D., Zhao, C.Y. ve Tian, Y., 2012. Review on Thermal Energy Storage with Phase Change Materials (PCMs) in Building Applications, Applied Energy, 92, 593–605.

## 8. EKLER

Ek Tablo 1. İç mekân ve mobilya tasarımı kapsamında akıllı malzemelerin incelendiği kimlik kartı

Genel Bilgiler	Yapının Adı:					
	Mimarlık Ofisi:			Yapının işlevi:		
	Uygulandığı yıl:			Ülke:		
Akıllı Malzemelere Ait Bilgiler	Malzemenin türü	Adezyon değiştiren malzemeler		Renk ve optik özelliklerini değiştiren malzemeler	Termokromik	
		Şekil değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım		Elektrokromik	
					Elektrooptik	
	Işık yayan akıllı malzemeler	Fotoluminesans	Enerji değiştiren akıllı malzemeler		Faz değiştiren malzemeler	
			Kullanım biçimi	Tel	İnce film	Kapsül
	Vernik	Reçine		Folyo		
	Entegre edildiği malzemeler	Cam	Ahşap	Beton	Alüminyum	
		Kumaş	Membran	Plastik	Yok	
		Seramik	Alçıpan	Duvar kâğıdı		
	Kullanım amacı	Estetik			Gün Işığını Kontrolü	
Temizleme Maliyetlerini Azaltmak			İç Mekân Isısını Kontrol Etmek			
Hava Kirliliğini Azaltmak			Gizlilik ve mahremiyet sağlamak			
Kullanım alanı	Mekân içerisinde		Zemin	Duvar	Tavan	
	Bölücü Eleman		Pencere	Mobilya		
Örneğe ait görseller						
Örneğe ait bilgiler						



Ek Tablo 3. İç mekân işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı analiz tablosu

Yapı Türü	İç Mekân Örneği	Adezyon değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım	Fotolüminesans	Termokromik	Elektrokromik	Elektrooptik	Faz değiştiren malzemeler
Sanat ve Kültür	Ruth Handschin Sanat Galerisi							
	In Heat							
	Touch-Me							
	Hylozoic Ground							
	İki Oda (Two Rooms)							
Otel	Aydınlık Oda (Luminance Room)							
Konut	Sur Falveng Konutu							
	Crossway Konutu							
Spor	MSV Arena Futbol Stadyumu							
Eğitim	Charles Sturt Üniversitesi- Thurgoona Kampüsü							
	La Vecchia Aşçılık Okulu							
	Wolvehampton Okulları							
Sağlık	Sunderland Royal Hastanesi							
Din	Lotus Dome							
Restoran/ Kafe	The Spirit Lake Casino And Resort Restoranı							



Ek Tablo 5. Mobilya işlevlerine göre akıllı malzemelerin kullanımı analiz tablosu

Mobilya İşlevi	Mobilya Örneği	Adezyon değiştiren malzemeler	Şekil bellek alaşım	Fotoluminesans	Termokromik	Elektrokromik	Elektrooptik	Faz değiştiren malzemeler
Oturma Birimi								
Servis Birimi								
Saklama Birimi								

## ÖZGEÇMİŞ

Sümevra AKGÜN 1992 yılının temmuz ayında İstanbul'da doğdu. İlkokul ve ortaokul eğitimini İstanbul'da ve lise eğitimini Yalova'da tamamladı. 2012 yılında İstanbul Ticaret Üniversitesi'nde tam burslu olarak başladığı İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü'nü 2016 yılında tamamladı. Aynı yıl içerisinde Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde İç Mimarlık Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında araştırma görevlisi olarak atandığı Altınbaş Üniversitesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü'nde halen çalışmaya devam etmektedir.

