

## NANOMİMARLIK BAĞLAMINDA NANOMALZEMELER

*Miray GÜR\**

**Özet:** Genel olarak 100 nanometreden daha küçük boyuttaki malzeme, cihaz ve sistemlerle ilgilenen nanoteknoloji, tıp, tekstil, enerji, gıda vb. pek çok alanda önemli gelişmeler meydana getirmiştir. Mimarlık ve bina yapım sürecine de önemli katkılar sağlayan nanoteknolojinin günümüz yapı sektöründeki en somut yansıması nanomalzemelerin hayata geçirilmesiyle olmuştur. Bu çalışmada, nanomimarlıktan yola çıkılarak yapıda kullanılan nanomalzemeler detaylı olarak incelenmiş, uygulama örnekleri ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, nanoyapı, nanokompozit, nanomalzeme, nanomimarlık, bina yapımı.

### Nanomaterials in the Context of Nanoarchitecture

**Abstract:** Nanotechnology, usually dealing with the materials, devices and systems smaller than 100 nm, has achieved important developments in many areas such as medical science, textile, energy, food etc. The most concrete reflection of nanotechnology which made considerable contributions in building sector has been by implementing the nanomaterials in building process. In this study, originating from nanoarchitecture, the nanomaterials used in buildings are analysed in detail and the implementation cases are handled.

**Key Words:** Nanotechnology, nanostructure, nanocomposite, nanomaterial, nanoarchitecture, building.

## 1. GİRİŞ

Nanoteknoloji 21. yüzyılın en önemli ve hızlı gelişen teknolojisi olmakla birlikte, küresel rekabet ortamında ülkeler için stratejik önem taşıyan bir hale gelmiştir. Medikal bilimler, malzeme, savunma, tekstil, ekonomi, bilgisayar, temiz enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji, çevre ve gıda vb. pek çok alanda yenilikler getiren ve getirecek olan nanoteknoloji, mimarlık alanında da olumlu gelişmeler ortaya çıkarmaktadır.

Mimarlık ve yapı sektörü alanında nanoteknolojinin ortaya çıkardığı gelişmelerin en somut yansıması yapıda kullanılan nanomalzemelerde izlenmektedir. Nanomimarlığın nanoteknolojinin binalarda uygulanması bileşeniyle bağlantılı olarak, makalede yapıda kullanılan nanomalzemeler uygulama örnekleriyle birlikte detaylı olarak incelenmiş, birtakım sonuçlara varılmıştır.

## 2. NANOTEKNOLOJİ

Yunanca ve Latince'den alınmış bir sözcük olan "nano", kelime anlamı ile herhangi bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri anlamına gelmektedir. Nanoteknolojinin tanımında çıkış noktasını oluşturan nanometre kavramı ele alındığında, bir nanometre, milimetrenin milyonda birini ifade etmektedir. Kullanılabilir niteliğe sahip bir nano yapı yaklaşık 1-100 nanometre arasında bir büyüklükte olup, nanoteknoloji genel olarak 100 nanometreden daha küçük boyuttaki malzeme, cihaz ve sistemlerle ilgilenmektedir.

$$1\text{m} = 10^3\text{ mm} = 10^6\text{ }\mu\text{m} = 10^9\text{ nm} \quad (1)$$

Nanoteknolojinin çıkış noktası, bireysel atomlar ve moleküllerin fonksiyonel yapılar oluşturmak üzere kullanılmasıdır (Gordijn, 2005). Nanoteknolojinin günümüzde öneminin gittikçe arttığı bir çalışma alanı haline gelmesinin nedenleri, biyoloji ve fizik alanında ortaya çıkardığı önemli gelişmeler, toplumda çok güçlü etki bırakan bir devrim olması, en önemli endüstriyel ülkelerin gelecek

\* Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 16059, Görükle BURSA.

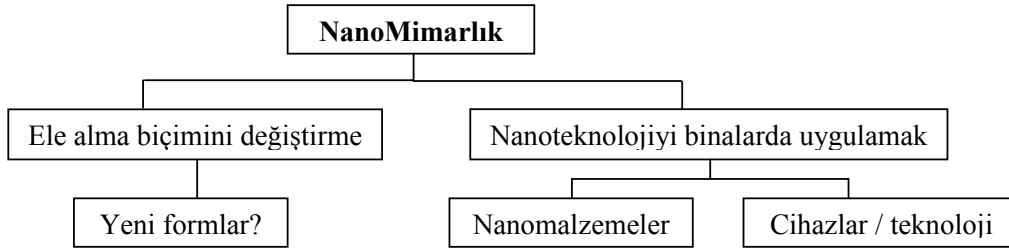
planlarına dahil edilmesi, yakın gelecekte ülkenin gücü ve zenginliği açısından taşıdığı önem olarak söylenebilir (Mnyusiwalla ve diğ., 2003). Tablo I’de nanoteknolojinin geçirdiği aşamalar görülmektedir.

**Tablo I. Nanoteknolojinin geçirdiği aşamalar**

1959	Feynman’ın “Temelde birçok oda var” adını verdiği konferans
1974	“Nanoteknoloji” teriminin bulunması
1981	Taramalı tünelleme mikroskopunun bulunması
1985	Küre yapılarının keşfi
1986	Atomik güç mikroskopunun bulunması
1989	“IBM” kelimesinin bireysel atomların üzerine yazılması
1990	Küre yapılarının makroskopik boyutlarda ilk üretimi
1991	Nanotüplerin keşfi
1990’ların ortaları	Devletler nanoteknolojiyi başlıca araştırma ve geliştirme alanı olarak desteklemeye başladı
2000	Bill Joy’un “Why the Future Doesn’t Need Us” adlı makalesi nano tartışmalarının başlangıcına işaret etti
2007	Tuv-Sud ve the Innovationsgesellschaft tarafından geliştirilen “Onaylanabilir Nanospesifik Risk Yönetimi ve Monitoraj Sistemi” - Dünya çapında onaylanmış ilk kalite damgası (El-Samny, 2008)
2009	0,3 nm büyüklüğünde S ve U harflerinin yazılması (IBM’den 40 kat küçük)

### 3. NANOMİMARLIK KAVRAMI

Nanomimarlık, mimarlığın 21. yüzyılda gerçekleşen nano devrimine dönüşümü olarak nitelendirilebilir (El-Samny, 2008).



*Şekil 1.*  
*Nanomimarlık (El-Samny, 2008)*

Şekil 1’de görüldüğü gibi nanoteknolojinin mimarlığa etkisi formların yeniden ele alınması ve binalarda uygulanması bakımından izlenebilmektedir. Nanoteknolojinin yapı sektöründeki etkisi nanomalzemeler ve teknolojinin geliştirilmesi biçiminde olmakta, özellikle nanomalzemelerdeki gelişmeler çok hızlı bir biçimde ortaya çıkmaktadır.

Mimari yapıyı nanoteknoloji bağlamında yeniden ele alma çerçevesinde konuya bakıldığında, dayanıklılık, hafiflik, yapım sistemi, kabuğun sürekliliği, geçirgenlik, değişen, gelişen formlar gibi bina karakteristiklerinde nanoteknolojinin yapma çevreyi yeniden biçimlendireceği açıktır (Johansen, 2002).

Nanoteknolojinin yapı sektöründeki olumlu ve yoğun etkileri, nanomalzemelerdeki hızlı gelişmeler, mimarlığın, mimari biçimlerin yeniden ele alınmasını gerektirmekte, yeni formlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, nanoteknolojinin ve yapıda kullanılan nanomalzemelerin detaylı olarak ele alınması gerekmektedir.

#### 4. YAPIDA KULLANILAN NANOMALZEMELER

Tıp, tekstil, enerji, gıda vb. pek çok alanda devrim niteliğinde gelişimler ortaya çıkaran nanoteknolojinin günümüz yapı sektöründeki en somut yansıması nanomalzemelerin hayata geçirilmesiyle gerçekleşmiştir. Kendi kendini temizleyen yüzeyler, kolay temizlenen yüzeyler, hava temizliğini artıran ve kalitesini iyileştiren malzemeler, bulanık yüzeyi engelleyen kaplamalar, kendi kendini onaran beton, ısı yalıtımı sağlayan malzemeler, ultraviyole ve kızılötesi ışıklardan koruyan kaplamalar-filmeler, yangın korunumu sağlayan malzemeler, duvar yazısı tutmayan yüzeyler, yansımayı önleyen cam yüzeyler, antibakteriyel malzemeler, parmak izi tutmayan yüzeyler, çizilmeyi ve aşınmayı önleyen kaplamalar, ledli ampuller gibi örnekler nanoteknolojinin yapı alanına getirdiği en önemli yeniliklerdendir. Tablo II’de görülen, seramik malzemesi baz alınarak yapılan karşılaştırma ışığında nanomalzemelerin konvansiyonel malzemelere göre sağladığı avantajlar izlenebilmektedir.

**Tablo II. Nano seramik ile konvansiyonel seramiğin karşılaştırılması (El-Samny, 2008)**

Özellik	Nano-malzeme (Seramik)	Konvansiyonel malzeme (Seramik)
Antibiyotik	√	x
Nefes alabilen	√	x
Dayanıklı	√	√
Kolay temizlenebilir	√	√
Çevre dostu	√	x
Yanmaz	√	√
Esnek	√	x
Darbeye dayanıklı	√	x
Kolay taşınabilir	√	x
Çizilmez	√	x
UV korumalı	√	√
Su geçirmez	√	√

Yapı sektörü ile birlikte tüketici tercihlerini önemli bir biçimde değiştiren ve etkileyen nanomalzemelerle ilgili ilk araştırmalar Ball State ve Surrey Üniversiteleri’nde gerçekleştirilmiştir. Enerji Araştırma, Eğitim ve Uygulama Servisi’nin üyelerinden, Yapı Geleceği Enstitüsü’nün kıdemli araştırmacılarından biri olan, Yeşil Teknoloji Forumu’nun direktörü, Ball State Üniversitesi Mimarlık ve Planlama Fakültesi’nden George Elvin nanoteknoloji ve biyoteknoloji üzerine birtakım çalışmalar gerçekleştirmiş, mimarlık bağlamında nanoteknoloji ve nanomalzemeleri bilimsel, sosyal, etik, yasal vb. çeşitli açılardan incelemişlerdir. Bu bağlamda, “Yeşil Bina İçin Nanoteknoloji” adıyla hazırladığı raporda Elvin, yeşil binalarda nanoteknoloji kullanımı ile ilgili kapsamlı bir bilgi birikimi sunmaktadır. Konuyu farklı bir bağlamda ele alan Surrey Üniversitesi araştırmacıları ise, kişinin ruh haline göre, nano-kompozit malzemelerin kullanılmasıyla üretilen aydınlatma elemanları sayesinde duvar ve tavan renklerini değiştirebileceği tasarımlar gerçekleştirmiştir. Konuya ilişkin başka bir bakış açısı ise, ısı yalıtımı sağlanmasında kullanılabilen, korozyona karşı koruma sağlayan, aynı zamanda cephede boya olarak kullanılabilen nanomalzemelerin geliştirilmesi yönündedir (<http://www.politicsofhealth.org/wol/2008-3-30.htm>). Nanomalzemelerin üretilmesinde en önemli katkıyı kimya bilimi sağlamaktadır.

Yapıda kullanılan nanomalzemeler çalışma kapsamında kendi kendini temizleyen ve kolay temizlenen, havayı temizleyen ve kalitesini artıran, buhar oluşumunu engelleyen, ısı yalıtımı sağlayan, ultraviyole ışıklara ve güneşe karşı korunum sağlayan, yangın korunumu sağlayan, antibakteriyel, duvar yazısı, parmakizi tutmayan, çizilmeyen ve aşınmayan yüzeyler, nanotüpler ve nanokompozitler başlıkları altında incelenmiştir.

#### 4.1. Kendi Kendini Temizleyen ve Kolay Temizlenen Nanomalzemeler

##### 4.1.1. Lotus Etkisi ile Kendi Kendini Temizleyen Nanomalzemeler

Kendi kendini temizleyen malzeme üretiminin çıkış noktasını Wilhelm Barthlott tarafından keşfedilen “lotus etkisi” oluşturmaktadır (Fürstner ve diğ.,2005 ve Forbes, 2008). Lotus etkisi denilen durum, lotus bitkisinin üzerine toz partikülleri geldiğinde yapraklarını hareket ettirerek, partikülleri yaprakların üzerindeki belli noktalara doğru itmesi ve yağmur yağdığında üzerindeki su damlalarını da toz partiküllerinin biriktiği noktaya doğru itmesiyle tozları kendisinden uzaklaştırmasıdır. Tekstilde kir tutmayan kumaşların üretilmesinde kullanılarak devrim niteliğinde bir yenilik getiren nanoteknolojinin nanomalzemelerde kullanılması da bu kumaşlara benzer biçimde, suyun malzemeden akıp giderken kiri de beraberinde götürmesi şeklindedir. Bununla birlikte, lotus etkisi ile temizlenme, suya az maruz kalan yerlerde de insan gücüyle temizleme gereksinimini minimuma indirmektedir.

Lotus etkisi ile kendi kendini temizleyen boyanın kullanıldığı önemli örneklerden biri Ara Pacis Arkeolojik Eserler Müzesi’dir (Şekil 2). Mimari projesi Richard Meier & Partners’a ait olan, Roma’da yer alan müze kentin geleneksel ve modern yapıları arasında bir bağlantı niteliğinde olan Tiber Nehri’nin yanında konumlanmıştır. Üç bölümden oluşan yapı kompleksinde, önünde kentsel bir meydanın yer aldığı giriş holü, sergi alanlarının bulunduğu ana bina, konferans salonları, restoran, geçici sergi alanları, kütüphane ve ofisler yer almaktadır. Yoğun hava kirliliğinin olduğu bir bölgede konumlanmış olan beyaz cepheli binada, kendi kendini temizleme özelliğine sahip olan şeffaf nanomalzeme sayesinde cephenin renginin korunması sağlanmaktadır.



Şekil 2:

Ara Pacis Arkeolojik Eserler Müzesi  
([http://lifewithoutbuildings.net/wordpress/wp-content/uploads/2008/08/080810\\_arapacis.jpg](http://lifewithoutbuildings.net/wordpress/wp-content/uploads/2008/08/080810_arapacis.jpg))

##### 4.1.2. Fotokatalizle Kendi Kendini Temizleyen Nanomalzemeler

Fotosentezdeki klorofile benzeyen fotokataliz, ışığa maruz kaldığında sürekli aktif hale gelecek birtakım reaksiyonların oluşmasını sağlamaktadır. Fotokatalizin ışık ile birlikte girdiği reaksiyon sonucunda birtakım tepkimeler için gerekli aktivasyon enerjisinin sağlanabilmesi 1970’lerden beri bilinmesi ile birlikte kendi kendini temizleyen süperhidrofilik yüzeyler ile ilgili araştırmaların oldukça yeni olduğu söylenebilir (Euvanont ve diğ., 2008, Wang ve diğ., 2008, Hashimoto ve diğ., 2005, Guan, 2005).  $TiO_2$  (titanyum dioksit) endüstriyel alanda kullanım için en uygun, en verimli, en stabil ve en ucuz fotokatalizdir (Hashimoto ve diğ., 2005).

Fotokatalizle kendi kendini temizleme, nanoteknolojinin bina yapımında en yaygın olarak kullanılan özelliğidir. Fotokatalizin ışık ile birlikte girdiği tepkimeler sonucunda cam, membran gibi malzeme yüzeylerinin üzerindeki oluşumun, havanın nemi ve oksijenle birlikte yüzeydeki organik kirliliklerin ve gazların yanarak parçalanmasına neden olmasıyla, temizlenme gerçekleşmiş olur.

Lotus etkisi ve fotokatalizle kendi kendini temizleyen nanomalzemeler çoğunlukla boya ve çeşitli kaplama malzemeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. İç cephede kullanılan nanoteknolojik boyalar, nikotin izi, kalorifer izi vb. kirlerin boya üzerinde oluşmasına izin vermemekle birlikte, kalem, boya,

yağ vb. sonradan oluşan lekelerin de kolay temizlenmesine olanak verirken; dış cephede kullanılan nanoteknolojik boyalar da içeriğindeki nano parçacıklar ve reçine sayesinde, güneş ışığı ile tepkimeye girerek, cephedeki kirlerin rüzgar ve yağmur suyu ile temizlenmesini sağlamaktadır.

Fotokatalizle kendi kendini temizleyen malzemelerin kullanıldığı en önemli örneklerden biri, Duisburg, Almanya’da 2004 yılında inşa edilmiş olan MSV Arena Futbol Stadyumu’dur (Şekil 3 ve 4). İnşaatında 15000 m<sup>3</sup>’ten fazla betonun, 3500 ton çelik desteğinin, yaklaşık 30 çelik pilonun, 7500 m<sup>2</sup> çimin kullanıldığı stadyumda, cam ve alüminyumdan oluşan ön cephe için 1500 m<sup>2</sup> cam kullanılmıştır. Güneş ışınlarından koruma ve ses yalıtımı özelliklerine de sahip olan fotokatalizle kendini temizleyen cam malzemesinde, bu özellik sayesinde temizleme zamanlarının aralığı oldukça uzamış, temizlik masrafından önemli miktarda kazanç sağlanmıştır.



Şekil 3:  
MSV Arena Futbol Stadyumu Ön Cephe  
([http://www.duisburg.de/worldgames\\_archiv/\\_upload/sportstaetten/bild\\_1/image1\\_16.jpg](http://www.duisburg.de/worldgames_archiv/_upload/sportstaetten/bild_1/image1_16.jpg))



Şekil 4:  
MSV Arena Futbol Stadyumu ([http://www.dasrotepferd.de/Die\\_Chronik/msv-arena.jpg](http://www.dasrotepferd.de/Die_Chronik/msv-arena.jpg))

#### 4.1.3. Kolay Temizlenen Nanomalzemeler

Kendi kendini temizleme özelliği ile karıştırılan kolay temizlenebilme özelliğine sahip yüzeyler suyu uzaklaştırıcı niteliktedir. Bu malzemelerin yüzeyleri pürüzlü olmak yerine, düz bir yapıya sahiptir, daha düşük bir çekim kuvvetine sahip olan yüzeyler, suyun damlalar oluşturarak yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlar (El-Samny, 2008). Bu tür yüzeyler hem hidrofobik (su itici), hem de oleofobik (yağ itici) özelliğe sahiptir.

Kolay temizlenen yüzeyler sağlık yapılarında ve duşakabinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür malzemeler, kendi kendini temizleyen yüzeyler kadar etkili olmamakla birlikte, daha kolay ve kısa zamanda temizlenebilme özelliğine sahiptir.

Almanya’daki Kaldewei Kompetensi Merkezi (Şekil 5), Kaldewei’nin ürettiği malların sergilendiği, kursların, toplantıların, bireysel ve grup halinde ziyaretlerin, etkinliklerin ve ürünler üzerinde çeşitli testlerin yapıldığı bir binadır. Kolay temizlenen bir kaplamayla kaplanmış olan beyaz, mavi ve kahverengi çelik şeritler ön cepheyi oluşturan öğelerdir.



Şekil 5:

*Kaldewei Kompetenç Merkezi*

(<http://www.arkitera.com/UserFiles/Image/project/2007/bolleswilson/anasayfa.jpg>)

#### 4.2. Havayı Temizleyen ve Hava Kalitesini Artıran Nanomalzemeler

Yapı için en önemli kriterlerden biri olan kullanıcı konfor koşullarının önemli parametrelerinden olan iç ortam hava kalitesi, yapı malzemelerinin ömürleri üzerinde de etkilidir. İç ortam hava kalitesini etkileyen faktörler, yapının yer aldığı çevre, maruz kaldığı ısı, nem gibi teknik koşullarla birlikte, yapının işlevi, kullanım süresi gibi kullanımla ilişkili etkenlerdir.

Nanoteknoloji sayesinde hava kalitesini yükseltme işlevi, kötü kokuların bileşenlerine ayrılması veya birtakım yapı malzemelerinin havanın içindeki bazı kir, toz gibi partikülleri absorbe etmesiyle gerçekleşmektedir. Kirli havayı temizleme özelliğine sahip malzemeler, havayı tamamen temizlememekle birlikte, havanın kalitesini ciddi oranda artırmakta, iç ortamdaki nem dengesinin kurulmasına yardımcı olmakta, kötü kokuların ve kirli havanın yok edilmesini sağlamaktadır. Kendi kendini temizleyen nanomalzemelerde önemli olan fotokataliz, hava kalitesini artıran nanomalzemelerde de önemlidir. Havayı temizleme özelliğine sahip nanomalzemelerin binalarda kullanımı çeşitli kaplama malzemeleri, boya, ampul gibi ürünlerle olabilmektedir.

Japonya, Tokyo'da Kochi Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan, 2004 yılında inşa edilen bir hafta sonu evi ve kaligrafi atölyesi (Şekil 6), kirli havayı temizleyen nanomalzemelerin kullanıldığı örneklerden biridir. Temiz havanın olduğu kırsal bir bölgede inşa edilmesine rağmen, seyrek kullanımı nedeniyle düzenli olarak havalandırılmayan konut yapısında iç mekân hava kalitesi olması gerekenden düşük seviyededir. Kirli hava partiküllerini emen bir malzemeyle kaplanmış olan ahşap duvar panoları, buhar geçirimi özelliği sayesinde kaplamanın da yardımıyla havadaki nemi alıp vererek partiküllerin temizlenmesini sağlamaktadır.



Şekil 6:

*Tokyo, Hafta Sonu Evi* (<http://www.designboom.com/tools/WPro/images/12j/ka11.jpg>)

#### 4.3. Buhar Oluşumunu Engelleyen Nanomalzemeler

Nanoteknoloji sayesinde buhar oluşumunu engelleyen kaplamaların üretilmeye başlaması çok yenidir, bu kaplama transparan ve buhar oluşumunu engelleyen bir filmidir. En yaygın kullanımına ayna kaplamasında rastlanan bu nanomalzeme, cam ve plastik kaplaması için de uygundur (El-Samny, 2008).

#### 4.4. Isı Yalıtımı Sağlayan Nanomalzemeler

Yapısal konforun en önemli parametrelerinden biri olan ısı yalıtımında nanoteknolojinin sağladığı gelişmeleri, tek bir cümleyle açıklamak gerekirse, maksimum ısı yalıtımının minimum et kalınlığıyla sağlandığı söylenebilir. Konvansiyonel yalıtım malzemeleriyle karşılaştırıldığında, 6-7 kat daha fazla performans gösteren, daha fazla enerji korunumu sağlayarak yapılarda ısıtma maliyetini önemli oranda azaltan nanomalzemeler, cephe, duvar, çatı ve döşemelerde panel biçiminde kullanılabilir. Bununla birlikte, bu ısı yalıtım panelleri yeni inşa edilmekte olan binalarda olduğu gibi, dönüştürme ve yenileme yapılan binalarda da uygulanabilmektedir.

$$\text{Nanomalzeme ısı yalıtımı} = 7 \times \text{Konvansiyonel malzeme ısı yalıtımı} \quad (2)$$

Nanoteknolojinin ısı yalıtımına getirdiği diğer bir yenilik ise, faz değiştirme ve yüksek oranda enerji depolayabilme özelliklerine sahip malzemelerin üretilmesidir. Malzemelerin faz değiştirmesi, yer aldıkları mekanın ısısına bağlı olarak katılaşmaları veya erimeleri biçiminde görülmekte ve bu malzemeler buna bağlı olarak yüksek oranda enerjiyi bünyelerinde depolayabilmektedir. Gerekli durumlarda ise depoladıkları bu enerjiyi açığa çıkarabilmektedirler.

Isı yalıtımı ile ilgili yine son yıllardaki en önemli gelişmelerden biri de iç mekanda kullanılan nanoteknolojik boyaların ([http://www.yapimalzeme.com.tr/web/haber\\_goster.asp?id=1820](http://www.yapimalzeme.com.tr/web/haber_goster.asp?id=1820)) ısı yalıtımı sağlamasıdır.

Almanya, Münih'teki yedi katlı Seitzstrasse binası konut ve ticari birimler olarak karışık işlevli bir yapıdır (Şekil 7). Vakumlu yalıtım panelleriyle kaplı olan bu binada, konvansiyonel yalıtım malzemelerine göre 8-10 kat daha fazla verim alınabilmektedir. Oldukça iyi yalıtım sağlayan ve oldukça ince olan bu paneller sayesinde, enerji kaybının önemli oranlarda azaltılmasının yanı sıra duvar kalınlıkları da azaldığından, iç mekan kullanımında da verimlilik artmıştır.



Şekil 7:  
Seitzstrasse Binası, Münih  
(<http://www.ais-online.de/6/pdcnewsitem/00/72/90/vip.jpg>)

#### 4.5. Ultraviyole Işınlara ve Güneşe Karşı Korunum Sağlayan Nanomalzemeler

UV ışınlarına karşı koruyan nanomalzemeler, organik veya birtakım katkı maddeleri ile oluşturulmuş olabilmektedirler. UV ışınlarını absorbe ederek, malzemeyi koruma görevi gören bu koruyucu kaplamalar transparan yapıda olduklarından, alttaki malzemenin görünümünü ve rengini etkilememektedir.

Genel olarak güneşe karşı korunum sağlayan nanomalzemeler ise, perdeye duyulan gereksinimi azaltmaktadır. Elektrokromatik camlarda nanoteknoloji kullanımı sürekli elektrik akımının olması gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır, nanokaplama sayesinde gerektiği zaman elektrik kullanılması enerji tasarrufu sağlayan bir özelliktir (Lazim ve diğ., 2008). Nanoteknoloji, güneşe bağlı olarak otomatik kararlı fotokromatik camlarda da enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

#### 4.6. Yangın Korunumu Sağlayan Nanomalzemeler

Yapı güvenliğinin en önemli bileşenlerinden biri olan yangın güvenliği, yapının tasarım ve proje aşamasından uygulama aşamasına kadar önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Yangın korunumu sağlayan ve yangının yapı üzerindeki etkisini olabildiğince geciktiren malzemelere ilişkin olarak, nanoteknolojinin oldukça önemli bir katkısı yangın korunumu sağlayan nanocamlardır.

Degussa kimyasal maddeler firması tarafından üretilen Aerosil, çok yönlü yararlar sağlayan bir malzeme olmakla birlikte, yangın korunumunda önemli bir role sahiptir (He-sheng ve diğ., 2004). Malzeme, iki veya daha fazla güçlendirilmiş cam tabakaların arasında dolgu malzemesi olarak kullanılarak yangın korunumlu nanocamların üretilmesini sağlamaktadır. Camların arasında bulunan jel biçimindeki ara katmanların alev ile karşılaşması halinde opaklaşarak, ısı yalıtımı sağlaması sonucunda nanocamların yangına karşı korunumlu hale gelmesi sağlanmaktadır. Nanocamların uzun süreli yangın dayanımının yanısıra inceliği, hafifliği, ışık geçirgenliğinin yüksek olması, ultraviyole ışınlarına karşı dayanıklı olması ve darbe dayanımı olumlu özellikleridir. Yangın korunumu sağlayan nanocamlar, özellikle çok katlı ofis yapılarında tercih edilmekle birlikte, koridorlar, fuayeler vb. farklı yapıların yangın güvenliğine önem verilen birtakım bölümlerinde de kullanılmaktadır.

Almanya, Bonn'daki Deutsche Post Merkez Ofisi 2000'den fazla çalışanı barındıran, 160 m yüksekliğinde bir landmark niteliğinde olan bir yapıdır (Şekil 8-9). Yapının oval biçimli cephesi ve iç mekandaki cam duvarlar yangın korunumlu nanocamlarla inşa edilmiştir.



Şekil 8:  
Deutsche Post Merkez Ofisi  
([http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Posttower\\_Bonn\\_001.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Posttower_Bonn_001.jpg))





Şekil 9:

*Deutsche Post Merkez Ofisi İç Görünüş (<http://www.vetrotech.com/gb/eng/inh2638.asp>)*

#### **4.7. Antibakteriyel Yüzeyler**

Organik maddeleri parçalaması sayesinde kir tutmama özelliği sağlayan fotokataliz, antibakteriyel özelliğe sahip gümüş nanopartiküllerle birleştirildiğinde antibakteriyel yüzeylerin üretimi gerçekleştirilebilir. Antibakteriyel yüzeyler duvar, döşeme gibi yapı elemanlarında olduğu gibi elektrik düğmesi, kapı kolu, lavabo gibi birtakım elemanlarda da uygulanabilir. Özellikle sağlık yapılarında antibakteriyel yüzeyler bakteriler nedeniyle oluşan enfeksiyon hastalıkları ve ölümlerini azaltmak, hatta ortadan kaldırmak bakımından önem taşımaktadır.

#### **4.8. Duvar Yazısı Tutmayan Yüzeyler**

Nanoteknolojinin yapı uygulamalarına bir katkısı da, hidrofobik bir yapıya ve kiri uzaklaştırma özelliğine sahip olan, duvar yazısı tutmayan kaplamaların üretilmesidir (El-Samny, 2008). Bu kaplamaların beton, tuğla, kum taşı gibi geçirgen ve emici özelliğe sahip malzemelere de uygulanabilmesinin yanı sıra, malzemenin gözeneklerini kapatmayarak nefes almasını sağlaması oldukça olumludur.

#### **4.9. Parmakizi Tutmayan, Çizilmeyen ve Aşınmayan Yüzeyler**

Çelik ve cam yüzeylerde oluşan parmak izlerini ışığı yansıma açısını değiştirerek görünmez kılan transparan kaplamalar asansörlerde, mobilyalarda, beyaz eşyalarda oldukça kullanılan bir nanoteknoloji ürünüdür.

Ahşap, metal, bazı seramik çeşitleri gibi birtakım malzemelerde oluşan çizilmeleri önlemek amacıyla birtakım boya veya cilalar olmasına rağmen, bunlar yeterince iyi sonuç vermemekle birlikte birtakım olumsuz özelliklere de sahiptirler. Çizilme ve aşınmayı önleyen nanokaplamaların, ultraviyole ışınları geçirmeme, kolay silinme, kir tutmama gibi –gittikçe geliştirilen- ek özelliklere sahip olması da tercih edilme oranlarını ve kullanımlarını artırmaktadır. Bu kaplamalar dikkat gerektirmeyen rahat kullanım olanağı vermesiyle birlikte yüzeylerin kolay temizlenmesini ve temiz görünmesini sağlamaktadır.

#### **4.10. Nanotüpler ve Nanokompozitler**

Nanotüplerin bina yapımında betonu güçlendirmek için kullanılmasıyla birlikte, çelikten yüz kat daha güçlü olan karbon nanotüplerinin jeneratör ve ışık kaynağı olarak kullanılması sözkonusudur.

Nanomalzemelerin çelik, beton, cam ve plastik gibi geleneksel malzemelerle birleşiminden oluşan nanokompozitler, standart malzemelere oranla çok daha güçlü malzemelerdir. Nanokompozit çeliğin de konvansiyonel çeliğe göre üç kat daha güçlü olduğu bilinmektedir.

#### **Nanokompozit çelik = 3 x Konvansiyonel çelik**

(3)

Yakın gelecekte çeliğin, betonun, camın ve plastiğin nanokompozit hale getirilmesi sayesinde malzemelerin performansı ve dayanıklılığı artacaktır. Bu sayede taşıyıcı malzeme olarak camın yaygın olarak kullanımının gerçekleşmesiyle birlikte taşıyıcı camın uygulandığı binalar görülmeye başlamıştır.

## 5. SONUÇ

21. yüzyılın anahtar teknolojisi olan ve ülkeler için stratejik önem taşıyan nanoteknoloji, pek çok alanda olduğu gibi yapı malzemeleri ve mimarlık alanında da devrim niteliğinde yenilikler meydana getirmiştir.

Disiplinlerarası gerçekleştirilen araştırma-geliştirme çalışmalarının önemli rol oynadığı nanoteknoloji binalara sonradan entegre edilebilecek bir kavram veya sistem değildir. Nanoteknoloji mevcut yapı stoğuna sonradan entegre edilmeye çalışılırsa, bu sınırlı bir durumdan ileri gidemez. Mimari tasarım süreci en başından itibaren bu bilinçle ilerlemeli, yapı malzemesi, yapım sistemi, yapım teknolojisi, enerji kullanımı, klimatizasyon, tesisat (havalandırma, sıhhi tesisat), geri dönüşüm vb. tasarım süreci girdileri buna göre belirlenmelidir. Seçilen malzeme, detaylar ve kararların planlamayı doğrudan etkilediği mimari tasarım ve yapı üretim süreci bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. El-Samny, M.F. (2008) *Nanoarchitecture, Nanotechnology and Architecture*, Yüksek Lisans Tezi, University of Alexandria Faculty of Engineering Department of Architecture.
2. Euvananont C., Junin C., Inpor K., Limthongkul P., Thanachayanont C. (2008) TiO<sub>2</sub> optical coating layers for self-cleaning applications, *Ceramics International*, 34(4), 1067-1071.
3. Forbes, P. (2008) Self-cleaning materials: lotus leaf-inspired nanotechnology, *Scientific American Magazine*.
4. Fürstner, R., Barthlott, W., Neinhuis, C., Walzel, P. (2005) Wetting and self-cleaning properties of artificial superhydrophobic surfaces, *Langmuir*, 21, 956-961.
5. Gordijn, B. (2005) Nanoethics: From Utopian dreams and apocalyptic nightmares towards a more balanced view, *Science and Engineering Ethics*, 11, 521-533.
6. Guan K.H., (2005) Relationship between photocatalytic activity, hydrophilicity and self-cleaning effect of TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> films, *Surface & Coatings Technology*, 191(2-3), 155-160.
7. Hashimoto, K., Irie, H., Fujishima, A. (2005) TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects, *Japanese Journal of Applied Physics*, 44 (12), 8269–8285.
8. He-sheng, C., Zhen-ya, S., Li-hui, X. (2004) Properties of nano SiO<sub>2</sub> modified PVF adhesive, *Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition*, 19 (4), 73-75.
9. [http://lifewithoutbuildings.net/wordpress/wpcontent/uploads/2008/08/080810\\_arapacis.jpg](http://lifewithoutbuildings.net/wordpress/wpcontent/uploads/2008/08/080810_arapacis.jpg)
10. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Posttower\\_Bonn\\_001.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f4/Posttower_Bonn_001.jpg)
11. <http://www.ais-online.de/6/pdcnewsitem/00/72/90/vip.jpg>
12. <http://www.arkitera.com/UserFiles/Image/project/2007/bolleswilson/anasayfa.jpg>
13. [http://www.dasrotepferd.de/Die\\_Chronik/msv-arena.jpg](http://www.dasrotepferd.de/Die_Chronik/msv-arena.jpg)
14. <http://www.designboom.com/tools/WPro/images/12j/ka11.jpg>
15. [http://www.duisburg.de/worldgames\\_archiv/\\_upload/sportstaetten/bild\\_1/image1\\_16.jpg](http://www.duisburg.de/worldgames_archiv/_upload/sportstaetten/bild_1/image1_16.jpg)
16. <http://www.politicsofhealth.org/wol/2008-3-30.htm>
17. <http://www.vetrotech.com/gb/eng/inh2638.asp>
18. [http://www.yapimalzeme.com.tr/web/haber\\_goster.asp?id=1820](http://www.yapimalzeme.com.tr/web/haber_goster.asp?id=1820)
19. Johansen, J.M. (2002) *Nanoarchitecture: A New Species of Architecture*, Princeton Architectural Press, New York.
20. Lazim, N. A., Asim, N., Rani M.A.A., Ahmadzadeh, A., Yarmo, M.A., Radiman, S. (2008) Investigation of Nanoscale Tungsten (VI) Oxide as a Catalyst for the Ozonolysis of Oleic Acid, *European Journal of Scientific Research*, 24 (4), 463-467.
21. Mnyusiwalla, A., Daar, A. S., Singer, P. A. (2003) 'Mind the gap': Science and ethics in nanotechnology, *Institute Of Physics Publishing, Nanotechnology*, 14, R9–R13.
22. Wang C.Y., Tang H.J., Pang S.H. (2008) Enhancing sunlight photocatalytic efficiency of self-cleaning glass by coating ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub> film, *Rare Metal Materials and Engineering*, 37, 548-551.