©Eksen
ISSN: 2757-5640
Atıf:Çubukcuoğlu Paksoy, B. ve Gür N.V. (2021). Türk yapı sektöründe nanoteknolojinin yeri. *Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(2), 77-93.
Cilt 2, Sayı 2, Yıl 2021, 77-93

Araştırma Makalesi

TÜRK YAPI SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİNİN YERİ

Benay ÇUBUKCUOĞLU PAKSOY[*], Nabi Volkan GÜR[**]

Öz

Nanoteknoloji, bir 21. yüzyıl teknolojisi olarak tüm dünyada birçok alanda tercih edilmekte ve kullanımı artarak devam etmektedir. Nanoteknoloji kullanımının, yakın gelecekte ülkelerin gelişmişlik düzeyinin göstergesi olacağı öngörülmektedir. Nanoteknoloji ile sürdürülebilirlik hedefine yaklaşmak daha az maliyetle mümkün olabileceği için ülkelerin yapı sektörlerindeki kullanımı daha fazla önem arz etmektedir. Bu çalışma ile Türk yapı sektöründe nanoteknoloji uygulamalarının tercih edilip edilmediği, ediliyorsa en çok hangi alanlarda ve üretim türünde tercih edildiği, İstanbul ilinde, tasarım sürecinden itibaren inşaat sürecine kadar yapı üretimi konusunda faaliyet gösteren ve halihazırda inşaatı olan firmalarda çalışan inşaat mühendisleri, mimarlar ve ustalar ile yapılan anket çalışması ile ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, Türk yapı sektörünün nanoteknolojiye bakış açısı ve teknolojik yenilikleri yapı üretiminde kullanma potansiyeli tartışılmış, nanoteknolojinin yapı üretiminin en fazla hangi evresinde ve hangi ürünlerde tercih edildiği belirlenmeye çalışılmıştır. Nanoteknolojinin yapı üretimi sürecinde taşıyıcı sisteme beton katkısı, yalıtım teknolojilerinde ve çatı, cephe kaplama elemanlarında kullanıldığı belirlenmiştir. Bilinirliğin ve yaygın kullanımın oluşmamasının sebebinin ise, nanoteknolojinin çok yeni bir teknoloji olması, yeni malzemeler ve ürünler ile ilgili, firmalar tarafından yeterli tanıtımın yapılmıyor olması, uzun vadedeki risk durumunun net olmaması gibi çekinceler olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen, anket sonuçlarından sektörün nanoteknolojik uygulamalara açık olduğu da ortaya çıkmıştır.

Anahtar Sözcükler: Nanoteknoloji; Sürdürülebilirlik; Nano malzemeler; Nano mimarlık

[*] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, benaycubukcuoglu@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8876-4061

[**] Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, volkan.gur@msgsu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8810-5023

Copyright© Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi (Eksen *Journal of Dokuz Eylul University Faculty of Architecture)*
https://dergipark.org.tr/en/pub/eksen
Geliş Tarihi: 26.03.2021 Kabul Tarihi: 06.07.2021

©Eksen
ISSN: 2757-5640
Citation: Çubukcuoğlu Paksoy, B. ve Gür N.V. (2021). The use of nanotechnology in the Turkish construction industry. *Eksen Journal of Dokuz Eylul University Faculty of Architecture*, 2(2), 77-93.
Volume 2, Issue 2, Year 2021, 77-93

Research Article

THE USE OF NANOTECHNOLOGY IN THE TURKISH CONSTRUCTION INDUSTRY

Benay ÇUBUKCUOĞLU PAKSOY*, Nabi Volkan GÜR**

Abstract

Nanotechnology as a 21st century technology is preferred to be used in many areas in the whole world. In near future, it is expected that the use of nanotechnology will be used as countries' development level indicator. It is possible to meet sustainability requirements with nanotechnology. The use of nanotechnology in the construction industry is becoming more important as it decreases costs. This study attempts to reveal whether nanotechnology applications are preferred in the Turkish construction sector. The study also elaborates on where and why nanotechnologies are preferred. Based on surveys with civil engineers, architects and craftsmen who are working in companies on building production from design to construction process in Istanbul, the Turkish construction sector's approaches to nanotechnology and the potential use in technological innovations in building production are discussed. It aims to determine in which production phases nanotechnology is used and which products of nanotechnology are most preferred in building production. Survey results have showed that; in the building production process, nanotechnology is used in concrete structural system, insulation solutions, roof and facade cladding elements. The reason for the lack of awareness and limited use is that nanotechnology is a very new technology, there is insufficient encouragement for the use of new materials and products by companies, and the long-term risks are unclear. Yet, the results of the survey revealed that; the sector is willing to incorporate nanotechnological applications more often.

Keywords: *Nanotechnology; Sustainability; Nano materials; Nano architecture*

* Mimar Sinan Fine Arts University , Faculty of Architecture, Department of Architecture, benaycubukcuoglu@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8876-4061

** Mimar Sinan Fine Arts University, Faculty of Architecture, Department of Architecture, volkan.gur@msgsu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8810-5023

Copyright© Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi (Eksen *Journal of Dokuz Eylul University Faculty of Architecture)*
https://dergipark.org.tr/en/pub/eksen
Received: 26.03.2021 *Accepted:* 06.07.2021

GİRİŞ

Nanoteknoloji ile, yapı ürünlerine üretim aşamasında nano partiküllerin ilave edilmesi sayesinde ürün özelliklerinde iyileştirme yapılabilmektedir. Nanoteknoloji sayesinde, gereksinme duyulan performansın daha az malzeme kullanımı ile sağlanabilmesi imkânı doğmaktadır. Bir 21. yy. teknolojisi olan nanoteknoloji kullanımının, önümüzdeki yıllarda ülkelerin gelişmişlik seviyelerinin göstergesi olacağına inanılmaktadır. Dünyada nanoteknoloji çalışmaları, ayrılan bütçeler ve oluşturulan Ar-Ge ekipleri sayesinde sürekli gelişmeye ve ilerlemeye devam etmektedir. Bu çalışma ile, nanoteknolojinin Türkiye'deki durumu, yapı sektöründe çalışan meslek sahipleri ile gerçekleştirilmek üzere hazırlanmış anket çalışmaları ile araştırılmış ve yapılan anketler neticesinde katılımcıların nanoteknoloji konusundaki bilgi düzeyleri ve konuya bakış açıları ortaya çıkartılarak önerilerde bulunulmuştur.

Çalışma ile;

- Yapı sektöründe faaliyet gösteren meslek sahiplerinin nanoteknoloji hakkında bilgi sahibi olup olmadıklarını saptamak,
- Nanoteknoloji çalışmalarının, örneklem alanı üzerinden ülkemizdeki durumunu belirlemek,
- Türk yapı sektöründe nanoteknolojinin, yapının hangi aşamalarında ve bölümlerinde kullanıldığını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Yapı sektöründe faaliyet gösteren firmalarda çalışan meslek sahiplerinin nanoteknolojiye bakış açısının belirlenmesi yapı sektörünün geleceğinin şekillenmesi için önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamında, Türk yapı sektöründe nanoteknoloji kavramının bilinirliği ve kullanım durumu incelenmiş ve meslek sahiplerinin nanoteknolojik ürünlere ve uygulamalara yönelik algıları ve bilinç düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma kapsamında kendileri ile anket yapılan katılımcılar, yapı tasarımı ve üretimi üzerine faaliyet gösteren ve halihazırda inşaatı devam eden firmalarda çalışmakta olan meslek sahiplerinden meydana gelmektedir. Karşılaşılan ulaşım, zaman ve maliyet kısıtlamaları neticesinde örneklem alanı daralmış, anket formu, bazı firmalara e-posta yoluyla direk ulaşılarak ve İstanbul Mimarlar Odası aracılığı ile üyelere gönderilerek ulaştırılmıştır fakat çalışma gönüllülük esasına dayalı olduğundan kısıtlı sayıda dönüş olmuştur.

Bu çalışmada; veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmış olup, anketler Covid 19 pandemisi sebebiyle çevrim içi olarak e-posta yoluyla uygulanmıştır. Araştırmanın amacına yönelik, bilimsel kaynakların taranması neticesinde oluşturulan anket, Ocak - Mart 2021 tarihleri arasında katılımcılara uygulanmıştır. Elde edilen veriler, IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 23 bilgisayar programı ile incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Nanoteknolojik uygulamaları kullanma potansiyeli olan, İstanbul ilinde, yapı üretiminin tasarım ve inşa süreçlerinde faaliyet gösteren ve halihazırda devam eden inşaatlarda tasarım sürecinden itibaren görev almış ya da almakta olan meslek sahipleri araştırmanın ana kütlesini oluşturmaktadır. Anket çalışmasında, tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Uygun örnekleme yöntemi, evrenin çok geniş ve örneklem birimlerine ulaşmanın maliyetli ve çok olası olmadığı çalışmalarda, evrenin ulaşılabilir ve uygulama yapılabilir birimlerinin seçilmesi ile gerçekleşmektedir. Zaman, maliyet ve pandemi kısıtlamaları örneklem büyüklüğünü etkilemiş, bu nedenle araştırmada anket çalışması 63 katılımcıya uygulanabilmiş ve bazı soruların eksik cevaplanması sebebiyle 55 adet anket formunun kullanılmasına karar verilmiştir.

Anket formu oluşturulurken, soruların kısa ve anlaşılabilir düzeyde olmasına dikkat edilmiştir. Anket formu toplam 23 sorudan oluşmaktadır. İlk olarak, cinsiyet, yaş, öğrenim durumu, meslek, sektördeki hizmet süresi

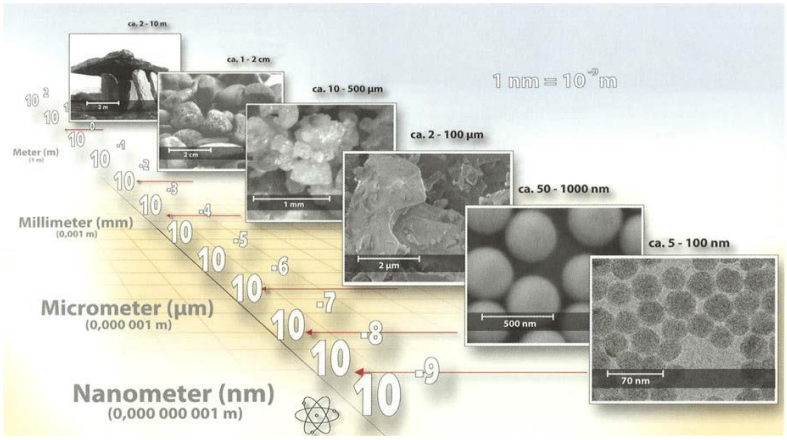
gibi belirleyici demografik sorular bulunmaktadır. Ardından, katılımcıların yapı sektöründe hangi üretim alanında çalıştığı ve çalıştıkları firmada hangi çalışma ekiplerinin bulunduğu çoktan seçmeli sorular ile ortaya çıkarılmıştır. Daha sonra, nanoteknoloji üzerine bazı kavramlar verilmiş ve katılımcıların bilgi düzeyleri ölçülmüştür. Katılımcıların nanoteknoloji ile ilgili kavramlar hakkındaki bilgi kaynaklarının neler olduğu sınıflandırılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra katılımcıların bakış açısını anlamak amacıyla, nanoteknolojinin yapı sektörü için gerekliliği, ardından nanoteknoloji uygulamalarının Türk yapı sektöründe kullanımı sorgulanmıştır.

Katılımcılara nanoteknoloji uygulamalarının kullanıldığı yapı örneklerinden haberdar olup olmadıkları sorulmuştur. Firmaların faaliyet gösterdikleri alana özgü kullandıkları özel nanoteknoloji uygulaması olup olmadığı, var ise yapının ve tasarımın hangi alanlarında kullanıldığı seçenekler sunularak belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra, nanoteknoloji uygulamalarında özele inilerek, uygulamalar yine seçenekler oluşturularak sıralanmış ve katılımcıların fikri sorulmuştur.

Son olarak katılımcıların görüşlerini almak üzere sorular belirlenmiş ve katılımcıların bu soruları 5'li Likert ölçeği üzerinde derecelendirmesi istenmiştir. Bu sorular, firma bazında nanoteknoloji kavramını ve uygulamalarını araştırmak ve firmaların nanoteknolojiye verdiği değeri belirlemek amacını taşımaktadır. Sorular ile, firmalar için teknolojik gelişmeleri takip etmenin önemi, firmalar için nanoteknolojik mimari ve strüktür tasarımının gerekli olup olmadığı, nanoteknolojik yeniliklerin takip edilip edilmemesi gerektiği, firmalarda nanoteknoloji için Ar-Ge ekiplerinin yer alması gerekip gerekmediği, nanoteknoloji uygulamalarına yeterli bütçe ayrılıp ayrılmaması, uzun vadedeki maddi faydaları sebebiyle tercih edilip edilmemesi konusundaki fikirler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, katılımcıların, nanoteknolojinin yapı sektörünün geleceğindeki yeri hakkındaki görüşleri, günümüz nanoteknoloji uygulamalarının fazla maliyetleri sebebiyle tercih edilip edilmemesi konusuna bakış açıları, nanoteknolojinin çevre sağlığına olan etkisinin derecesi ve nanoteknoloji kavramının sürdürülebilirlik kavramını destekleyip desteklemediği konusundaki fikirleri belirlenmeye çalışılmıştır.

NANOTEKNOLOJİ

Nano, kelime anlamı olarak herhangi bir ölçünün milyarda biri anlamına gelmektedir. Nanoteknoloji ise, maddeleri nano boyutta inceleyen, yüksek performanslı ürün elde etmek amacı ile malzemeye istenilen özelliklerin üretim aşamasında, nano boyutta verildiği yeni bir teknolojidir. Nanoteknolojide metrenin milyarda birine karşılık gelen nm ölçü birimi kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Uzunluk ölçü birimleri (**Kaynak:** Leydecker, 2008).

Nanoteknoloji, yapı üretiminin tüm süreçlerinde avantaj sağlamaktadır. Nanoteknoloji desteği ile, yapı üretimi esnasında enerji ve kaynak tüketimi azalırken toplam maliyet düşürülerek yapı tasarımı ve üretimi kolaylaşmaktadır (Fouad, 2012). Nanoteknoloji ile daha az maliyet ile üretilmiş ama daha üstün performanslı, daha hafif ama daha sağlam, daha uzun ömürlü ve fonksiyonel malzeme ve yapı üretimi mümkün olmaktadır. Bu sayede, üretim aşamasından itibaren, düşük maliyet, düşük enerji tüketimi ve daha az çevre kirliliği amaçlanmaktadır (Demirdöven ve Karacar, 2013). Nanoteknoloji ile, üretim sürelerini kısaltabilmek, zaman ve maliyet kayıplarını önleyebilmek, enerji tasarrufu sağlayabilmek, daha az maliyet ve malzeme ile daha üstün özellikli ürünler elde etmek gibi, yapı üretim süreci için önemli avantajlardan bahsetmek mümkündür.

Nanoteknolojinin Gelişimi

Nanoteknoloji kavramının ilk ortaya çıkışı 1950'li yıllara dayanmaktadır. İlk olarak 1959 yılında, Richard Feynman isimli fizikçinin düzenlediği 'There's Plenty of Room at the Bottom' adlı konferans ve ardından yayımladığı makale ile nanoteknoloji kavramı doğmuştur (Feynman, 1960). Sonrasında 1981 yılında, taramalı tünelleme ve ardından 1985 yılında, atomik kuvvet mikroskoplarının bulunması ile araştırmalar hızlanmış ve araştırmacılar doğada var olanı araştırarak doğadan esinlenmeye başlamışlardır. 1986 yılında, ilk nanoteknoloji kitabı 'Engines of Creation' adıyla Eric Drexler tarafından yazılmıştır (Drexler, 1986). 1991 yılında, nano tüp kavramı keşfedilmiş ve ardından ABD ve Avrupa Birliği'nde nanoteknoloji araştırmalarına büyük bütçeler ayrılmıştır. Dünyada bu ilerlemeler devam ederken, Türkiye'de, nanoteknoloji konusunda 2000 yılına kadar somut çalışmalar gerçekleşmemiştir. Bu tarihten sonra;

- 2002 yılında, TÜBİTAK tarafından, Vizyon 2023 Strateji Belgesi adı altında, 20 yıllık bir dönemde yeni bilim ve teknoloji politikalarının belirlenmesi için sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecek uygulamaları içeren bir belge yayımlanmıştır (TUBITAK, 2021).
- 2003 yılında, Gebze Teknik Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, malzeme ve bilim konularında araştırmalar yapmak üzere,
- 2007 yılında, Bilkent Üniversitesi bünyesinde Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM), nano biyoteknoloji, nano malzeme, kimya, enerji ve yüzey kaplama alanlarında çalışmalar yapmak üzere,
- 2008 yılında, Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Uygulama ve Araştırma Merkezi (NBUAM), nano sağlık ve nanoteknoloji alanlarında araştırmalar yapmak üzere,
- 2008 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi İTÜnano Nanoteknoloji Araştırma Merkezi, nano malzemeler ile ilgili çalışmalar yapmak üzere,
- 2010 yılında, Koç Üniversitesi Yüzey Teknolojileri Araştırma Merkezi (KUYTAM), malzeme bilimi ve yüzey kimyası ile ilgili çalışmalar yapmak üzere,
- 2011 yılında, Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (SUNUM), yapısal malzemeler, gıda-tarım, savunma, enerji- çevre ve sağlık alanlarında araştırmalar yapmak üzere,
- 2016 yılında, Sabancı Üniversitesi Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi, nano-mikro eklemeli üretim ve ileri kompozit malzeme üretimi, robotik ve sıra dışı imalatlar konularında araştırmalar yapmak üzere kurulmuş ve faaliyetlerine devam etmektedir.
- 2017 yılında ise, Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı kabul edilerek yayımlanmıştır (STRATEJİ VE BÜTÇE BAŞKANLIĞI, 2021).

Türkiye'de nanoteknoloji ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarının büyük çoğunluğu üniversiteler bünyesinde gerçekleşmektedir. 2020 yılı itibari ile Türkiye'deki üniversitelerin bünyesinde 19 adet nanoteknoloji araştırma kuruluşu bulunmaktadır.

Nano Malzemeler

Nanoteknoloji, mimarlık ve inşaat sektörlerinde yapı malzemesi alanında gelişim göstermiştir. Nanoteknolojik malzemeler, amaçlanan ürüne ulaşabilmek için üretim aşamasında içeriklerine nano partiküllerin ilave edilmesi ile oluşturulan üstün performanslı malzemelerdir. Ayrıca, nanoteknoloji ile üretilmiş malzemeler, daha hafif, hacimsel anlamda küçük ve daha verimli kullanım alanına sahip olmakta, bünyelerine kazandırılmış üstün özellikler sayesinde ise, daha az hasar görmekte, daha az bakım ve onarım ihtiyacı gerektirmektedirler (Mehdinezhad, Nikbakht ve Nowruzi, 2013; Miralaei, 2015). Nanoteknolojik malzemeler, yapı strüktüründe kullanılabilen beton, çelik ve ahşap malzemeler ve strüktürel olmayan malzemeler olarak iki gruba ayrılarak incelenmiştir.

Strüktürel malzemeler olarak, yapının taşıyıcı sisteminde kullanılan beton, çelik ve ahşap malzemeler incelenmiştir. Beton, çelik ve ahşap malzeme nanoteknoloji ile üretildiğinde, mukavemetlerinde büyük oranda artış sağlanabilirken, kesitleri azalmaktadır. Ayrıca, dezavantajları yapı bazında saptanarak, nano partiküller ile malzemedeki zayıflıklar giderilebilmektedir.

Beton, tekil olarak ele alındığında, beton karışımlarına;

- Uçucu kül ve cüruf eklenmesi ile daha az enerji tüketen sürdürülebilir beton üretimi sağlanabilmekte,
- SiO2 (silikon dioksit- nano silika) ilave edilerek, yoğunluğu artırılmış, aşınmaya karşı dayanımı artırılarak mekanik özellikleri iyileştirilmiş, geçirimsizlik özelliği iyileştirilmiş ve kimyasal bozulmalara karşı dayanımı artırılmış beton elde edilebilmekte (Mann, 2006),
- TiO2 (titanyum dioksit) eklendiğinde, betona kendi kendini temizleme özelliği ilave edilebilmekte (Han, Yu ve Ou, 2011),
- Nano tüpler eklenerek, basınç ve gerilme mukavemetinde önemli değerler elde edilirken, çatlak oluşması ve yayılması engellenebilmekte,
- Nano sensörler eklenmesi ile, durum değerlendirmesi uygulamaları oldukça kolaylaşmaktadır.

Nanoteknoloji destekli üretilen betonun mukavemeti 4 kata kadar artmakta ve yapısal uygulama olanaklarının geliştirilmesi sağlanabilmektedir (Mann, 2006).

Çelik malzeme ile geniş açıklıklar geçilebilmektedir fakat yangın ve korozyon dayanımının zayıf olması çeliğin en büyük dezavantajlarındandır. Nanoteknoloji ile çelikte bulunan korozyon ve yangın dayanımının az olması gibi sorunlara çözümler bulunabilmektedir. Nanoteknoloji, çeliğin sertliğinin, korozyona ve aşınmaya karşı direncinin artırılması, manyetik özelliklerinin geliştirilmesi ve sıcaklığa dayanım gibi alanlarda katkı sağlamaktadır (Kheiri, 2013). Çelik malzemeye üretim aşamasında, bakır (Cu) nano partikülleri eklenmesi sonucunda, mukavemeti artmakta, kaynaklanabilirliğini kolaylaştırmakta ve yüzey pürüzleri azalmaktadır. Bu şekilde üretilen nano çelik malzeme, geleneksel çelik malzemeye göre mukavemet açısından 3 kat, korozyona karşı ise 5 kat daha dayanıklıdır (Vigneshkumar, 2014).

Ahşap malzemede nanoteknoloji, ahşap içerisindeki liflerin birbirine bağlanmasını sağlamaktadır. Emprenye sıvısına, nano malzemeler ilave edilmesi, ahşabın yapısal performansını önemli düzeyde geliştirmektedir. Tıpkı betonda olduğu gibi, ahşap malzemeye de nano sensörler eklenerek, ahşap malzemenin herhangi bir yerinde oluşan çürüme ya da zararlıları tespit etmek kolaylaşmakta ve ahşabın ömrü uzatılabilmektedir.

Nanoteknolojik olarak, ahşap malzemenin lifleri arasına nano ölçekte, organik içerikli plastik kapsüller ilave edilerek bünyesindeki her tür mikroorganizmayı yok eden ahşap üretmek mümkündür. Taşıyıcı sistem malzemesi olarak kullanılacak olan ahşaba, nano ölçekte, zeolit kristalleri emprenye edilerek, ahşabın moleküler yapısı değiştirilebilmekte ve ahşap malzeme güneş enerjisi depolayabilmektedir (Candemir, Beyhan ve Karaata, 2012). Yeni nesil ahşap elde edebilmek, ahşabın mekanik özellikleri ve sertlik derecesini artırabilmek için, nano ölçekte, karbon nano tüpler ve nano kil parçaları ilave edilebilmektedir (Niroumand, 2013). Nanoteknoloji ile, strüktürel sistemlerde kullanılan, beton, çelik ve ahşabın, kesitleri azaltılırken fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmakta ve nano ölçekteki müdahaleler sayesinde, gelişmiş özelliklere sahip strüktürel malzemeler elde etmek mümkün olmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Strüktürel malzemelerde kullanılabilen nano katkılar ve kullanım amaçları (**Kaynak**: Çalışma kapsamında yazarlar tarafından üretilmiştir).

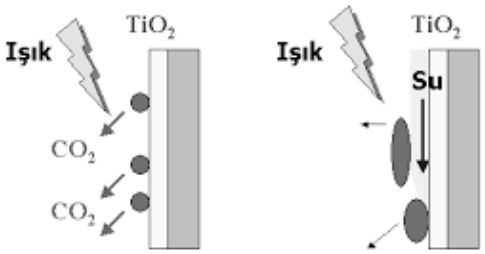
Nano katkı maddesi	Kullanım amacı
BETON	
Tio2	Kendi kendini temizleme
Uçucu kül ve cüruf	Daha az enerji tüketen sürdürülebilir beton
SiO2	Yoğunluğu artırma Mekanik özellikleri iyileştirme
Nano tüpler	Çatlak oluşumu ve yayılmasını engelleme
Nano sensörler	Durum değerlendirmesi
ÇELİK	
Bakır (Cu) nano partikülleri	Mukavemeti artırma Kaynaklanabilirliği kolaylaştırma Yüzey pürüzlerini azaltma
AHŞAP	
Nano sensörler	Durum tespiti
Organik içerikli plastik kapsüller	Mikroorganizma önleme

Strüktürel olmayan nano malzemeler, ağırlıklı olarak yüzey uygulamalarında kullanılarak malzemeyi korumayı ve kullanıcı konforunu artırmayı hedeflemektedir. Koruyucu yüzey uygulamaları; low-e kaplamalar, UV koruma kaplamaları, anti reflektif kaplama ve yüzeyler, camlar, çizilmeye ve yıpranmaya dayanıklı yüzeyler elde etmek için tercih edilmektedir. Temizlik amaçlı yüzey uygulamaları; lotus etkisi ile su tutmayan hidrofobik yüzeyler (Şekil 2), fotokataliz (güneş ışınları ile tepkimeye girme) ile kendi kendini temizleyen yüzeyler (Şekil 3); parmak izi, grafiti ve boya tutmayan yüzeyler, antibakteriyel yüzeyler, kolay temizlenebilen ve buğu yapmayan yüzeyler elde etmek için tercih edilmektedir (Vural ve Yılmaz, 2015). Mekân kalitesini artıran yüzey uygulamaları; kimyasal salımı ve bakteri üretimini azaltan yüzeyler, kokuyu hapseden yüzeyler, pasif ısı düzenlemesi ile ısıtma ve soğutma gereksinimini azaltan yüzeyler elde etmek için tercih edilmektedir. Konfor ve güvenliği artıran yüzey uygulamaları; yangın geciktirici, yangın esnasında şeffaflığı bozulmayan cam uygulamaları, darbelere karşı güvenliği artıran yüzey uygulamaları elde etmek

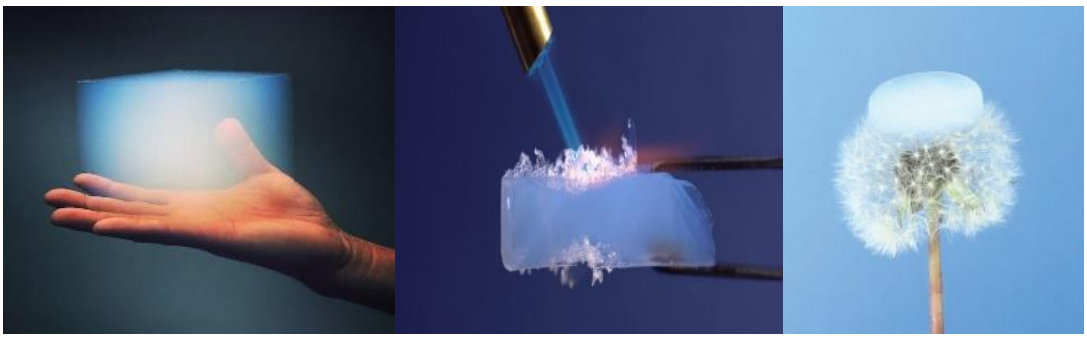
için tercih edilmektedir. Yalıtım uygulamaları; ısı kayıplarını engelleyen aerojel ya da silika esaslı malzemeler kullanılarak, üst düzey yalıtım sağlama ve iklimsel etkilere karşı koruma sağlamak amacıyla tercih edilmektedir (Şekil 4).



Şekil 2. Hidofobik yüzey uygulamaları (**Kaynak:** WIKIPEDIA, 2021).



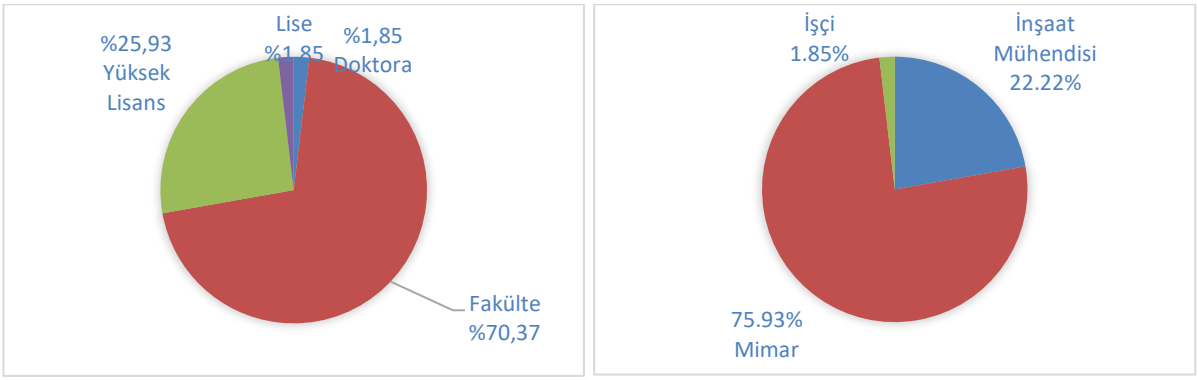
Şekil 3. Kendi kendini temizleyen yüzeyler (**Kaynak:** YALITIM, 2021).



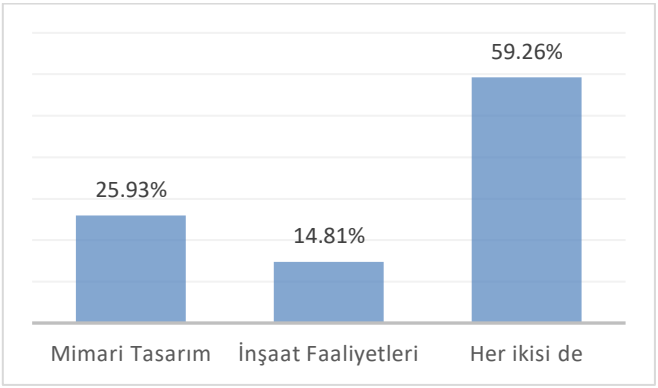
Şekil 4. Aerojel malzemenin hafiflik ve yanmazlık görüntüleri (**Kaynak**: WIKIPEDIA, 2021).

ANKET BULGULARI

Ankete katılan 54 kişiden %55.56'sı (30 kişi) kadın, %44.44'ü (24 kişi) ise erkektir. Ankete katılanların 2'sinin 18-24 yaş, 22'sinin 25-31 yaş, 22'sinin 32-38 yaş, 5'inin 39-45 yaş ve 3'ünün ise 46 ve üstü yaş aralığında oldukları görülmektedir. Ankete katılanların öğrenim durumuna bakıldığında, Şekil 5'te, büyük çoğunluğun üniversite mezunu olduğu ve ankete çoğunlukla mimar ve mühendislerin katılım gösterdiği görülmektedir. Hizmet sürelerine bakıldığında ise, katılımcıların %22.22'lik oranla 1-3 yıl, %9.26'lık oranla 3-6 yıl, %25,93'lük oranla 6-10 yıl, %27.78'lik oranla 10-15 yıl ve %14.81'lik oranla 15 yıldan fazla süredir çalışan kişiler olduğu görülmektedir. Katılımcılara, çalıştıkları firmanın üretim türü sorulmuş ve katılımcıların yarısından fazlasının hem mimari tasarım hem de inşaat faaliyetleri üzerine çalıştığı görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 5. Anket katılımcılarının öğrenim durumu ve meslek bilgileri.

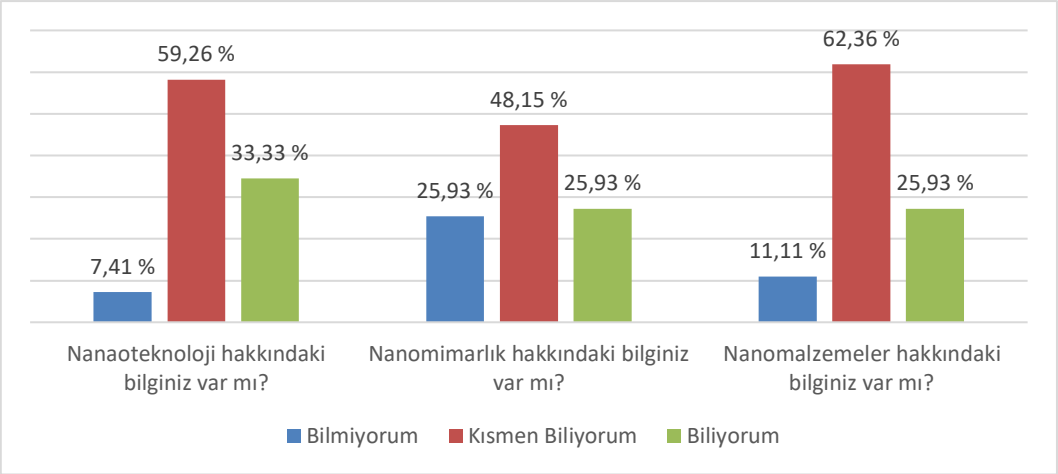


Şekil 6. Çalışılan firma üretim türü.

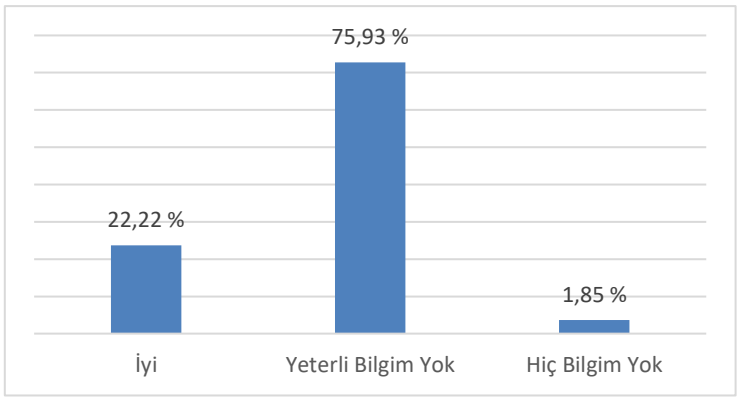
Katılımcılara sorulan, 'firmanız bünyesinde aşağıdaki çalışma ekiplerden hangisi veya hangileri mevcuttur?' sorusuna, 55 katılımcıdan, toplam 120 cevap gelmiştir. 46 firmanın bünyesinde mimari tasarım ekibi, 36 firmanın bünyesinde inşaat faaliyetleri ekibi, 11 firmanın bünyesinde elektrik tesisat ekibi, 7 firmanın bünyesinde sıhhi tesisat ekibi ve 20 firmanın bünyesinde ince işler ekibi olduğu görülmektedir (Tablo 2). Anket sorularından, 'nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili bilginiz var mı?' sorularına katılımcıların verdiği yanıtlar göstermektedir ki, bu kavramlar ile ilgili de en fazla tercih edilen yanıt 'Kısmen biliyorum' olmuştur (Şekil 7). Katılımcılara nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeyleri sorulmuş ve katılımcıların %1.85'i hiç bilgisi olmadığını belirtmiştir (Şekil 8).

Tablo 2. Çalışılan firma bünyesindeki ekipler.

KATILIM %100		CEVAPLAR	
		TOPLAM	YÜZDE
Firmanız bünyesinde aşağıdaki çalışma ekiplerinden hangileri mevcuttur?	Mimari Tasarım Ekibi	46	%38.3
	İnşaat Faaliyetleri Ekibi	36	%30,0
	Elektrik Tesisat Ekibi	11	%9,2
	Sıhhi Tesisat Ekibi	7	%5.8
	İnce İşler Ekibi	20	%16,7
	TOPLAM	120	%100

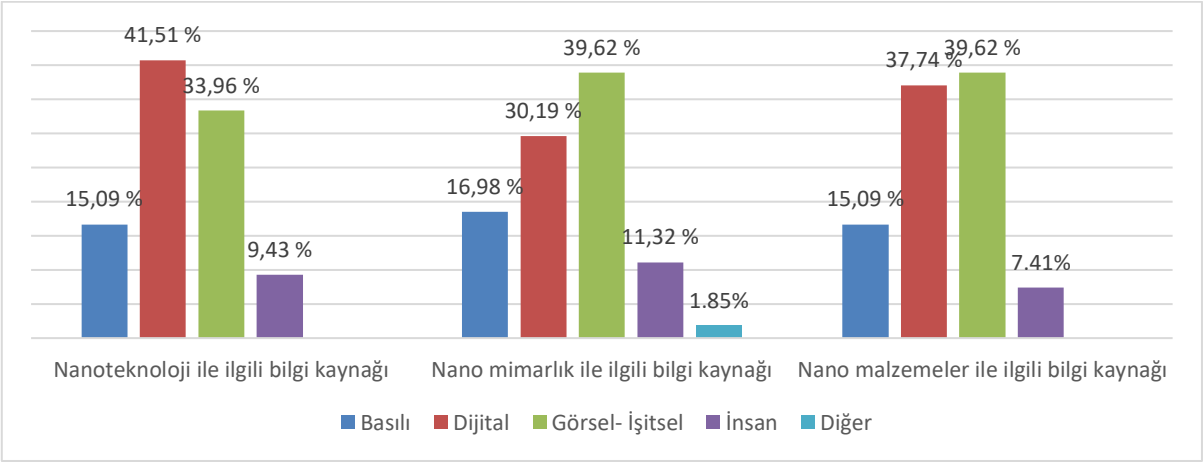


Şekil 7. 'Nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili bilginiz var mı?' sorularına verilen yanıtlar.



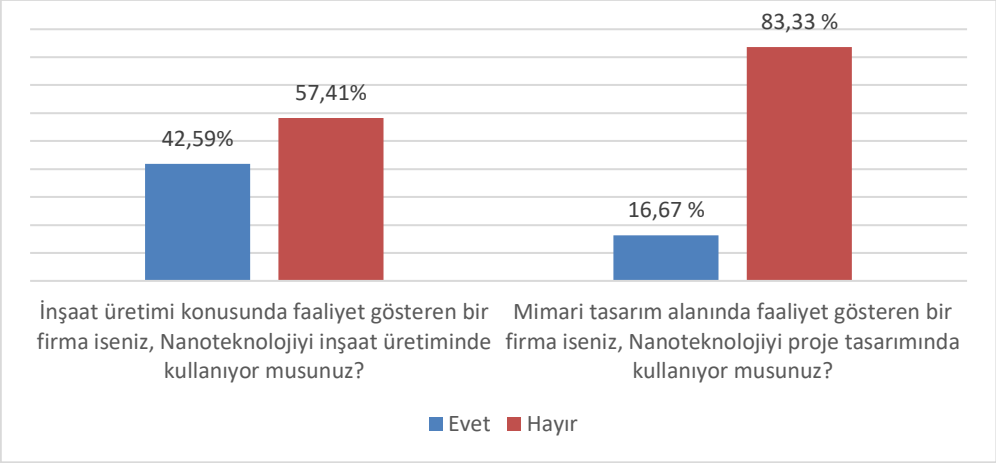
Şekil 8. Nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeyi.

'Nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili bilgi kaynağınız nedir?' sorularına verilen yanıtlardan, katılımcıların bu kavramlar ile ilgili bilgiye en fazla görsel-işitsel ve dijital kaynaklardan ulaştıkları anlaşılmaktadır (Şekil 9). Ankette katılımcılara 'nanoteknoloji uygulamaları yapı sektörü için gerekli midir?' sorusu sorulmuş ve katılımcıların %98.15'i 'evet', %1.85'i 'hayır' cevabını vermiştir. 54 katılımcıdan 53'ü 'evet' derken, 1'i 'hayır' demiştir.



Şekil 9. Nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili bilgi kaynağı.

Anket katılımcılarından, Türk yapı sektöründe nanoteknoloji uygulamalarının kullanımının önemli olup olmadığı sorusuna, 'önemsiz', 'az önemli' ve 'önemli' seçeneklerinden birini seçerek yanıt vermeleri istenmiş ve %75.93'ünün önemli bulduğu, % 14.81'inin az önemli bulduğu ve %9.26'sının önemsiz bulduğu belirlenmiştir. 'Nanoteknoloji uygulamalarının kullanıldığı bildiğiniz yapı örneği var mı?' sorusuna katılımcıların % 70.37'lik kısmı 'hayır' cevabını vermiştir. % 29.63'lük kısmı 'evet' seçeneğini tercih etmiştir. 'Evet' seçeneğini tercih eden katılımcılardan üçü yapı örneği belirtmiştir. Ankette, yapı sektöründe mimari tasarım ve inşaat üretimi alanlarında faaliyet gösteren firmalara yönelik olarak hazırlanan ve Şekil 10'da cevap grafikleri görülmekte olan anket sorularına, katılımcılar iki soru için de 'hayır' cevabını daha fazla tercih etmişlerdir. İnşaat üretiminde nanoteknoloji kullanan firmaların oranı %42.59'dur.



Şekil 10. İnşaat üretimi ve mimari tasarım alanında faaliyet gösteren firmaların nanoteknolojiyi kullanma oranları.

Tablo 3'te, ankette bulunan, mimari tasarım ve inşaat faaliyetleri konusunda hizmet veren firmalardan alınan 'evet' cevaplarına yönelik bağlantılı bir sorunun yanıt tablosu bulunmaktadır. Yapı sektöründe faaliyet gösteren ve nanoteknolojiyi proje tasarımında ve inşaat üretiminde kullandıklarını belirten katılımcılara yapının hangi alanında kullandıkları sorulmuş ve birden fazla seçeneği tercih edebilecekleri belirtilmiştir. Soruya cevap veren 25 kişiden, toplam 56 yanıt alınmıştır. 8 kişi taşıyıcı sistemde, 5 kişi bölme duvarlarda, 15 kişi kaplama malzemelerinde, 15 kişi cephede, 13 kişi ise çatıda kullandığını belirtmiştir.

Tablo 3. Nanoteknolojiyi yapının hangi alanında kullanıyorsunuz?

		CEVAPLAR	
		SAYI	YÜZDE
Nanoteknolojiyi yapının hangi alanında kullanıyorsunuz?	Taşıyıcı sistem	8	%14.3
	Bölme Duvarlar	5	%8.9
	Kaplama malzemeleri	15	%26.8
	Cephe	15	%26.8
	Çatı	13	%23.2
	TOPLAM	56	%100

Tablo 4. Firmanız tarafından kullanılan nanoteknolojik uygulamalar.

	CEVAPLAR		
		SAYI	YÜZDE
Firmanız tarafından aşağıdaki nanoteknolojik uygulamalardan kullanılan varsa yanına işaret koyunuz.	Nanoteknolojik uygulama kullanılmamaktadır	31	%29.8
	Karbon nano tüpler	2	%1.9
	Nano çelik (Cu nanopartikülleri, Al2O3)	2	%1.9
	Nano beton (Nano tüp, Nano sensör, ZnO, WO3, TiO2, Ag , AlO3)	5	%4.8
	Nano ahşap (Nano sensör, Metalik tuz, Zeolit kristalleri, Plastik kapsüller)	3	%2.9
	Nano cam	6	%5.8
	Kendi kendini temizleyen kaplama, boya	16	%15.4
	Nano seramik	8	%7.7
	Yangın korunumu sağlayan kaplamalar	12	%11.5
	Isı yalıtımı sağlayan nano malzemeler	14	%13.5
	Havayı temizleyen nano malzemeler	5	%4.8
TOPLAM		104	%100

Tablo 4'te katılımcılara çoklu cevap tercih edebilecekleri, çalıştıkları firmada nanoteknolojik uygulamaların hangisi veya hangilerinin kullanıldığının belirlenmesine yönelik soruda, karbon nano tüpler, nano çelik, nano beton, nano ahşap, nano cam, kendi kendini temizleyen boya ve kaplamalar, nano seramik, yangın korunumu sağlayan kaplamalar, ısı yalıtımı sağlayan nano malzemeler, havayı temizleyen malzemeler gibi nanoteknolojik uygulamalar sıralanmış ve yanıtlar alınmıştır. Nanoteknolojik uygulamaları kullanmayanlar için 'nanoteknolojik uygulama kullanılmamaktadır' seçeneği eklenmiştir. 54 katılımcının tamamı bu soruya cevap vermiştir ve 54 katılımcı tarafından, toplam 104 seçenek tercih edilmiştir. 54 katılımcıdan, 2'si, karbon nano tüp, 2'si, nano çelik, 5'i, nano beton, 3'ü, nano ahşap, 6'sı, nano cam, 16'sı, kendi kendini temizleyen kaplama ve boya, 8'i, nano seramik, 12'si, yangın korunumu sağlayan kaplamalar, 14'ü, ısı yalıtımı sağlayan nano malzemeler, 5'i ise havayı temizleyen nano malzemeler cevabını vermişlerdir. Görülmektedir ki, en fazla tercih edilen seçenekler, sırasıyla, kendi kendini temizleyen boya ve kaplamalar, ısı yalıtımı sağlayan nano malzemeler ve yangın korunumu sağlayan kaplamalardır.

Anketin son kısmında, çalıştıkları firmaların nanoteknolojiye bakışını belirlemek amacıyla, katılımcılara bazı sorular yöneltilmiş ve Likert ölçeği üzerinde görüşlerini belirtmeleri istenmiştir. Katılımcılara, çalıştıkları firmanın yeni teknolojik gelişmeleri takip etmesinin önemli olup olmadığı sorulduğunda, Tablo 5'te görüldüğü gibi, 1 kişi 'kesinlikle katılmıyorum', 3 kişi 'fikrim yok', 16 kişi 'katılıyorum', 34 kişi ise 'kesinlikle katılıyorum' seçeneğini tercih etmiştir.

Katılımcıların çalıştıkları firmada nanoteknolojik mimari ve strüktürel tasarım yapılmasının gerekliliği konusunda yöneltilen ifadeye, Tablo 5'te görülebildiği üzere, 54 katılımcıdan 2'si 'katılmıyorum', 12'si 'fikrim yok', 26'sı 'katılıyorum', 14'ü ise 'kesinlikle katılıyorum' cevabını vermiştir. Katılımcılara, çalıştıkları firmanın nanoteknoloji konusundaki yenilikleri yakından takip etmesinin gerekliliği üzerine görüşleri sorulduğunda, Tablo 5'te görüldüğü gibi, 1 katılımcı 'katılmıyorum', 8 katılımcı 'fikrim yok', 25 katılımcı 'katılıyorum', 20 katılımcı ise 'kesinlikle katılmıyorum' cevabını vermiştir.

Çalıştıkları firmada nanoteknoloji ile ilgili Ar-Ge ekibinin yer almasının gerekip gerekmediği hakkında, Tablo 5'te görüldüğü gibi, 3 katılımcı 'kesinlikle katılmıyorum', 10 katılımcı 'katılmıyorum', 18 katılımcı 'fikrim yok', 17 katılımcı 'katılıyorum' ve 6 katılımcı 'kesinlikle katılıyorum' cevabını vermiştir. Firmaların nanoteknolojik uygulamalara yeterli bütçe ayırmalarının gerekliliği konusunda, Tablo 5'te görüldüğü gibi 2 katılımcı 'katılmıyorum', 13 katılımcı 'fikrim yok', 29 katılımcı 'katılıyorum', 10 katılımcı ise 'kesinlikle katılıyorum' seçeneğini tercih ederek yanıtlamıştır. Katılımcılara yöneltilen, nanoteknolojik uygulamaların uzun vadedeki maddi faydaları sebebiyle kullanımının tercih edilmesinin gerekliliği konusundaki ifadeye, Tablo 5'te görülebildiği gibi 9 katılımcı 'fikrim yok', 29 katılımcı 'katılıyorum', 16 katılımcı 'kesinlikle katılıyorum' seçeneğini tercih ederek cevap vermiştir. 'Kesinlikle katılmıyorum' ve 'katılmıyorum' seçeneklerini tercih eden kimse olmamıştır. 'Nanoteknoloji yapı sektörünün geleceğinde çok önemli bir yere sahip olacaktır' ifadesine, Tablo 5'te görüldüğü gibi 1 katılımcı 'katılmıyorum', 7 katılımcı 'fikrim yok', 24 katılımcı 'katılıyorum' ve 22 katılımcı 'kesinlikle katılıyorum' şeklinde cevap vermiştir. Tablo 5'te 'nanoteknolojik uygulamalar maliyet fazlalığı sebebiyle tercih edilmemelidir' ifadesine, 15 katılımcı 'kesinlikle katılmıyorum', 21 katılımcı 'katılmıyorum', 8 katılımcı 'fikrim yok', 4 katılımcı 'katılıyorum' ve 6 katılımcı 'kesinlikle katılıyorum' şeklinde cevap vermiştir. Tablo 5'te, katılımcılara yöneltilen 'nanoteknolojik uygulamaların çevre sağlığına olumlu etkisi vardır' ifadesine verilen yanıtlar görülmektedir. Soruya 4 katılımcı 'katılmıyorum', 14 katılımcı 'fikrim yok', 21 katılımcı 'katılıyorum', 15 katılımcı 'kesinlikle katılıyorum' seçeneğini tercih ederek yanıt vermiştir. Tablo 5'te, 9 katılımcının 'fikrim yok', 26 katılımcının 'katılıyorum' ve 19 katılımcının 'kesinlikle katılıyorum' cevabını verdiği 'nanoteknoloji sürdürülebilirlik kavramını destekleyen bir uygulamadır' ifadesine verilen yanıtlar son satırda görülmektedir.

Tablo 5. Likert ölçek soruları.

	KESİNLİKLE KATILMIYORUM (1)	KATILMIYORUM(2)	FİKRİM YOK(3)	KATILIYORUM(4)	KESİNLİKLE KATILIYORUM(5)
Firmamız için yeni teknolojik gelişmeleri takip etmek önemlidir.	(1 kişi) %1.85		(3 kişi) %5.56	(16 kişi) %29.63	(34 kişi) %62.96
Firmamızda nanoteknolojik mimari ve yapı strüktür tasarımı yapılmalıdır.		(2 kişi) %3.70	(12 kişi) %22,22	(26 kişi) %48.15	(14 kişi) %25.93
Firmamız nanoteknoloji konusunda yenilikleri yakından takip etmelidir.		(1 kişi) %1.85	(8 kişi) %14.81	(25 kişi) %46.30	(20 kişi) %37.04
Firmamızda nanoteknoloji ile ilgili Ar-Ge ekibi yer almalıdır.	(3 kişi) %5.56	(10 kişi) %18.52	(18 kişi) %33.33	(17 kişi) %31.7348	(6 kişi) %11.11
Firmamız nanoteknoloji uygulamalarına yeterli bütçe ayırmalıdır.		(2 kişi) %3.70	(13 kişi) %24.07	(29 kişi) %53.70	(10 kişi) %18.52
Nanoteknolojik uygulamaların uzun vadedeki maddi faydaları sebebiyle kullanımı tercih edilmelidir.			(9 kişi) %16.67	(29 kişi) %53.70	(16 kişi) %29.63
Nanoteknoloji yapı sektörünün geleceğinde çok önemli bir yere sahip olacaktır.		(1 kişi) %1.85	(7 kişi) %12.96	(24 kişi) %44.44	(22 kişi) %40.74
Nanoteknolojik uygulamalar maliyet fazlalığı sebebiyle tercih edilmemelidir.	(15 kişi) %27.78	(21 kişi) %38.89	(8 kişi) %14.81	(4 kişi) %7.41	(6 kişi) %11.11
Nanoteknolojik uygulamaların çevre sağlığına olumlu etkisi vardır.		(4 kişi) %7.41	(14 kişi) %25.93	(21 kişi) %38.89	(15 kişi) %27.78
Nanoteknoloji sürdürülebilirlik kavramını destekleyen bir uygulamadır.			(9 kişi) %16.67	(26 kişi) %48.15	(19 kişi) %35.19

Tablo 6'da firmalara sorulan 'çalıştığınız firmada aşağıdaki üretim sistemlerinden hangisi ya da hangileri kullanılmaktadır?' sorusu ve 'çalışılan firmada aşağıdaki nanoteknolojik uygulamalardan hangisi ya da hangileri kullanılmaktadır?' soruları birlikte analiz edilmiştir. Toplam 54 kişinin katıldığı ankette, mimari tasarım üzerine çalışan firmalarda 7 katılımcı nanoteknolojik uygulamalar kullanılmadığını belirtirken, 1'er katılımcı karbon nano tüp, nano beton, nano ahşap, nano seramik ve havayı temizleyen nano malzeme uygulamalarının kullanıldığını belirtmiş, 4 katılımcı kendi kendini temizleyen kaplama ve boya kullanıldığını, 2 katılımcı yangın korunumu sağlayan kaplamalar kullanıldığını ve 6 katılımcı ısı yalıtımı sağlayan nano malzemeler kullanıldığını belirtmiştir.

Tablo 6. Çalışılan firma üretim sistemine göre nanoteknolojik uygulamaların kullanım durumu.

	CEVAP SAYISI			
		MİMARİ TASARIM	İNŞAAT FAALİYETLERİ	HER İKİSİ	TOPLAM
Firmanız tarafından aşağıdaki nanoteknolojik uygulamalardan kullanılan varsa yanına işaret koyunuz.	Nanoteknolojik uygulama kullanılmamaktadır.	7	7	17	31
	Karbon Nanotüpler	1	1	0	2
	Nano çelik	0	0	2	2
	Nano beton	1	0	4	5
	Nano ahşap	1	0	2	3
	Nano cam	0	0	6	6
	Kendi kendini temizleyen kaplama boya	4	0	12	16
	Nano seramik	1	0	7	8
	Yangın korunumu sağlayan kaplamalar	2	1	9	12
	Isı yalıtımı sağlayan nano malzemeler	6	0	8	14
	Havayı temizleyen nano malzemeler	1	0	4	5
TOPLAM					104

İnşaat faaliyetleri üzerine çalıştıklarını belirten katılımcılardan 7'si nanoteknolojik uygulama kullanılmadığını belirtirken, 1'er katılımcı karbon nano tüp ve yangın korunumu sağlayan kaplama kullanıldığını belirtmiştir. Hem mimari tasarım hem de inşaat faaliyeti gerçekleştirdiklerini söyleyen katılımcılardan, 2'si nano çelik, 4'ü nano beton, 2'si nano ahşap, 6'sı nano cam, 12 'si kendi kendini temizleyen kaplama ve boya, 7'si nano seramik, 9'u yangın korunumu sağlayan nano kaplamalar, 8'i ısı yalıtımı sağlayan nano malzemeler ve 4'ü havayı temizleyen nano malzemeler kullandıklarını belirtirken, 17 kişi nanoteknolojik uygulama kullanmadıklarını belirtmiştir.

Ankette bulunan 'nanoteknolojinin yapı sektörü için gerekli olduğunu düşünüyor musunuz?' sorusuna 'evet' diyen 53 katılımcıdan 4'ü nanoteknolojinin Türk yapı sektöründe kullanımın önemsiz olduğunu, 8'i az önemli olduğunu ve 41'i önemli olduğunu belirtmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Nanoteknolojinin yapı sektöründe gerekli olduğunu düşünenlerin nanoteknolojinin Türk yapı sektöründe kullanımına verdiği önem.

			ÖNEMSİZ	AZ ÖNEMLİ	ÖNEMLİ	TOPLAM
Nanoteknolojinin yapı sektörü için gerekli olduğunu düşünenlerin nanoteknolojinin Türk yapı sektöründe kullanımına verdiği önem	EVET	KİŞİ SAYISI	4	8	41	53
	HAYIR	KİŞİ SAYISI	1	0	0	1
TOPLAM		KİŞİ SAYISI	5	8	41	54

'Nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeyine göre bu bilginin nereden sağlandığı' sorusuna 53 kişi cevap vermiştir. Ankete katılan 54 kişiden biri, nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili hiç bilgisi olmadığı gerekçesi ile bu soruyu boş bırakmıştır. Cevapların dağılımı Tablo 8'de görülmektedir. Bilgi düzeyi iyi olan 12 kişiden 2'si, 'basılı yayın organlarından', 6'sı 'dijital yayın organlarından', 3'ü 'görsel işitsel kaynaklardan' ve 1'i 'diğer insanlar' sayesinde bilgi edindiğini belirtmiştir. Bilgi düzeyine 'yeterli bilgim yok' cevabını veren katılımcılardan, 6'sı 'basılı yayın organlarından', 16'sı 'dijital kaynaklardan', 15'i 'görsel işitsel kaynaklardan' ve 4'ü 'insanlar sayesinde' cevaplarını vermiştir.

Tablo 8. Nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeyine göre, elde edilen bilginin nereden sağlandığı sorusunun analizi.

			BASILI	DİJİTAL	GÖRSEL İŞİTSEL	İNSAN	TOPLAM
Nanoteknoloji hakkındaki bilgi düzeyine göre bu bilginin nereden sağlandığı	İYİ	KİŞİ SAYISI	2	6	3	1	12
	YETERLİ BİLGİM YOK	KİŞİ SAYISI	6	16	15	4	41
	HİÇ BİLGİM YOK	KİŞİ SAYISI	0	0	0	0	0
TOPLAM		KİŞİ SAYISI	8	22	18	5	53

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapı sektöründe nanoteknolojinin yerini belirlemeye yönelik yapılmış olan alan çalışması kapsamında gerçekleştirilen anket çalışmasında, katılımcıların büyük çoğunluğunu yapı sektöründe 6-15 yıldır hizmet gösteren, 32-38 yaş aralığındaki fakülte ve yüksek lisans mezunlarının oluşturduğu görülmüştür. Meslek, yaş ve hizmet süresi, katılımcıların yapı sektörünün gerekleri ve ihtiyaçları konusunda fikir sahibi olmaları açısından objektif sonuç elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Katılımcıların yarısından fazlası hem mimari tasarım hem de inşaat faaliyetleri üzerine çalıştığından, yapı tasarımı ve üretiminde nanoteknoloji kullanımı ile ilgili objektif sonuçlar elde edilmiştir.

Katılımcılara yöneltilen 'nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler hakkında bilginiz var mı?' sorularına verilen cevaplara göre, katılımcıların çoğunluğu bu kavramlar ile ilgili kısmen ve iyi derecede bilgi sahibidir. Çok iyi seçeneğini tercih eden katılımcı olmaması bir sonraki soruda sorulan 'Nanoteknoloji ile ilgili bilgi düzeyiniz nedir?' sorusuna verilen cevabı destekler niteliktedir. Katılımcılar kavramlar ile ilgili bilgi sahibi olduklarını söyleseler de, nanoteknoloji kavramının geneli ile ilgili bilgi düzeylerinin yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Katılımcılara nanoteknoloji, nano mimarlık ve nano malzemeler ile ilgili bilgileri hangi kaynaklardan edindikleri sorulduğunda, büyük çoğunlukla dijital ve görsel işitsel kaynaklardan edindikleri

görülmektedir. Bilimsel basılı yayın organlarından konu ile araştırma yapılmadığı, duyumlar ile ve internet üzerinden bilgilerin edinildiği bu sorular neticesinde ortaya çıkmıştır. Katılımcıların nanoteknoloji ile ilgili genel bilgisinin olduğu, fakat sahip oldukları bilgi düzeyinin bu yeni teknolojiyi yapı tasarım ve üretiminde kullanmaya cesaret edebilecek kadar yeterli seviyede olmadığı ortaya çıkmıştır.

Anket çalışmasının kilit sorularından olan 'nanoteknoloji uygulamalarının kullanımının yapı sektörü için gerekli olup olmadığı' sorusu sadece 2 kişi hariç tüm katılımcılar tarafından 'evet' olarak cevaplanmıştır. Katılımcılar tarafından nanoteknoloji uygulamalarının yapı sektörü için önemli olduğu düşünülmektedir. Türk yapı sektöründe nanoteknoloji, inşaat üretimi sürecinde, en fazla kaplama malzemesi olarak cephe alanında, daha sonra çatı alanında, en az ise taşıyıcı sistem ve bölme duvar yapımında kullanılmaktadır. Bu durum göstermektedir ki, nanoteknoloji Türk yapı sektöründe, en fazla değiştirilebilme ve dönüştürülebilme ihtimali fazla olan, çevresel koşulların etkisine maruz kalan cephe ve çatı kaplama malzemelerinde kullanılmakta, taşıyıcı sistem ve bölme duvarlar gibi yapının iç hacme yönelik kısımlarında daha az tercih edilmektedir. Katılımcılara yöneltilen, 'firmanız tarafından kullanılan nanoteknolojik uygulamaları işaretleyiniz' sorusuna 31 katılımcı, 'kullanılmamaktadır' derken, 23 katılımcıdan toplam 104 cevap gelmiştir. En çok kullanılan nanoteknolojik uygulamalar, bir önceki soruyu destekler nitelikte, sırasıyla, kendi kendini temizleyen kaplama ve boya, ısı yalıtımı sağlayan malzemeler, yangın korunumu sağlayan malzemeler, seramik, cam, beton uygulamaları olmuştur.

Anketin son kısmında bulunan, katılımcıların nanoteknoloji konusundaki çeşitli ifadeler hakkındaki görüşlerini edinmeyi amaçlayan sorulardan, firmalar tarafından teknolojik gelişmelerin takip edilmesi, nanoteknolojik mimari ve strüktür tasarımı yapılması, nanoteknoloji konusunda yeniliklerin takip edilmesi sorularına katılımcıların çoğunluğunun 'katılıyorum' cevabını vermesi, nanoteknolojik gelişmelerin takip edilmesi gerektiği konusunda fikir birliği olduğunu ortaya çıkartmıştır. Firma bünyesinde nanoteknoloji ile ilgili Ar-Ge ekibi yer alması gerektiğine katılan ve fikri olmadığını belirten katılımcı sayısı eşittir, dolayısıyla yapı sektörünün nanoteknolojik gelişmeler konusunda daha fazla bilgilendirilmeye ihtiyacı olduğu ortaya çıkmaktadır. Nanoteknolojik uygulamalara yeterli bütçe ayrılması gerektiği, nanoteknolojinin uzun vadedeki maddi faydaları sebebiyle tercih edilmesi gerektiği, nanoteknolojinin yapı sektörünün geleceğinde önemli bir yere sahip olacağı ifadelerine katılımcıların çoğunluğu 'katılıyorum' cevabını vererek nanoteknolojinin öneminin bilindiğini ortaya çıkartmıştır. 'Nanoteknolojik uygulamaların pahalı uygulamalar olması sebebiyle, maliyet fazlalığı nedeniyle tercih edilmemelidir' ifadesine, katılımcılar 'katılmıyorum' cevabını vererek maliyet fazla olsa bile sektörü geliştirebilecek uygulamaların tercih edileceğini belirtmişlerdir. Nanoteknoloji maruziyeti konusunda, havayı, suyu ve kendi kendini temizleyen malzemelerin çevre sağlığına etkisinin bilinirliğini ortaya çıkartmayı amaçlayan, 'nanoteknolojinin çevre sağlığına olumlu etkisi vardır' ifadesine çoğunluk 'katılıyorum' cevabını vermiştir. Son olarak, nanoteknolojinin sürdürülebilirlik kavramını desteklediği çoğunluk tarafından belirtilmiştir.

Çalışma kapsamında yürütülmüş olan alan çalışmasının, genellenebilirlik konusunda kısıtlılıklarının bulunduğu göz önüne alınmalıdır. Buna rağmen, örneklem grubunun Türk yapı sektörünü belirli düzeyde temsil ettiği de gerçektir.

Yapı sektörü nanoteknoloji gibi yeni teknolojik gelişmeleri yakından takip etmekte, yeni malzemeleri araştırmakta, nanoteknolojik uygulamaların kullanımını önemsemektedir. Ancak, çok yeni bir teknoloji olması, sonuçlarının net ve güvenilir olmaması, nanoteknolojik malzeme tanıtımlarının yeterli düzeyde yapılamıyor olması gibi sebepler neticesinde nanoteknoloji en fazla cephe ile çatıda, yalıtım ve kaplama alanlarında kullanılmaktadır. Yapı taşıyıcı sisteminde ise nanoteknoloji uygulamaları en fazla beton katkıları olarak tercih edilmektedir.

Sonuç olarak; nanoteknoloji, strüktürel olan ve olmayan malzeme/bileşen üretiminde tercih edilme potansiyeli yüksek bir teknolojidir. Yapılan araştırmalar ve anket çalışması sayesinde malzeme üretimi yapan firmalar tarafından nanoteknoloji hakkında detaylı bilgilendirmeler yapıldığı takdirde Türk yapı sektörünün nanoteknoloji uygulamalarına açık olduğu ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

Candemir, B., Beyhan, B. ve Karaata, S. (2012). *İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri*. İstanbul: İMSAD ve TÜSİAD, 55- 79.

Demirdöven J. ve Karacar, P. (2013). Yeşil binalarda nano teknoloji uygulamaları ve mimari tasarım üzerindeki etkileri. *VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu, 25-26 Nisan 2013*, Edirne, 1- 6.

Drexler, K. E. (1986). *Engines of creation*. Anchor books.

Feynman, R. P. (1960). There is plent of room at the bottom: An invitation to enter a new field of physics, *Caltech's Engineering and Science*, *23*(5), 22-36.

Fouad, F.F. (2012) *NanoArchitecture and sustainability.* (Yüksek Lisans Tezi). Alexandria University.

Han, B., Yu, X. ve Ou, J. (2011). Multifunctional and smart carbon nanotube reinforced cement-based materials. *Nanotechnology in civil infrastructure*, Berlin, 1-47.

Kheiri, F. (2013). Material follows function: nanotechnology and sustainability in steel building constructions. *Int J Sci Res (IJSR) ISSN (Online)*, *2*(12), 2319-7064.

Leydecker, S. (2008). *Nano materials: in architecture, interior architecture and design*. Walter de Gruyter.

Mann, S. (2006). *Nanotechnology and Construction*: *Nanoforum Report, European Commission,* 9, 6-20.

Mehdinezhad, M. R., Nikbakht, H. ve Nowruzi, S. (2013). Application of nanotechnology in construction industry. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, *3*(8), 509-519.

Miralaei, M. (2015). The influence of nanotechnology over redesigning and improving the elements of architecture. *Afghanistan Quarterly*, *11*(2), 131-143.

Niroumand, H., Zain, M.F.M. ve Jamil, M. (2013). The role of nanotechnology in architecture and built environment, *Procedia- Social And Behavioral Sciences,* 89, 10-15.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2017). *Türkiye nanoteknoloji stratejisi eylen planı*. Strateji ve bütçe başkanlığı internet adresinden 30.09.2021 tarihinde erişildi: http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/155/Turkiye+Nanoteknoloji+Stratejisi+ve+Eylem+Plani+_2017-2018

TUBİTAK (2001). *Vizyon 2023 strateji belgesi*. Tubitak web adresinden 30.09.2021 tarıhında erişildi: https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf,

Vigneshkumar, C. (2014). Study on nanomaterials and application of nanotechnology and its impacts in construction. *Discovery*, 23 (2014), 8- 12.

Vural, N. ve Yılmaz, S. (Nisan 2015). Mimaride nano kaplamaların kullanımı. *Egemimarlık.com* internet adresinden 10.09.2020 tarihinde erişildi: http://egemimarlik.org/89-90/3.pdf.

WİKİPEDİA (2021). *Aerojel nedir?* [Fotoğraf]. Wikipedia internet adresinden 15.03.2021 tarihinde erişildi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Aerojel

YALITIM (2021). *Kendi kendini temizleyen cephe sistemleri* [Fotoğraf]. Yalıtım.net internet adresinden 15.03.2021 tarihinde erişildi: http://www.yalitim.net/yayin/488/kendini-temizleyen-cephe-sistemleri_14426.html#.YE8UqJ0zZPY

WİKİPEDİA (2021). *Hidrofobi nedir?* [Fotoğraf]. Wikipedia internet adresinden 21.03.2021 tarihinde erişildi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrofobi