

## New Developments in Nanotechnology in Engineering Applications

Mehmet Cavas

Firat University, Department of Mechatronics Eng., Elazığ, Turkey  
E-mail: mcavas23@hotmail.com

Muharrem Imal (Corresponding author)

Kahramanmaraş S. I. University, Dep. of Mech. Eng. K.Maras, Turkey  
E-mail: muharremimal@ksu.edu.tr

### Abstract

In this paper, it was explained new developments in the nanotechnology that forms the basis of technological researches and engineering applications. What are the manufacturing techniques of nanomaterials? The development process of nanotechnology, its engineering applications, production techniques and manufacturing processes of nanomaterials were investigated. Particularly, nano materials, which have become a part of our lives, have attracted a great deal of attention for different applications in different engineering sector, and the quality of products, price, usability. Nanotechnology has started to develop rapidly especially after 2000's, its application areas are increasing more and more especially in the electronics sector, in the military sector, in the automotive sector, in the textile sector, in the aerospace sector etc. that has been using for at the different shapes and applications. This case also shows that the importance of nanotechnology and its application sectors in engineering for future.

**Key Words:** Nanomaterials; Nanotechnology; Nano applications.

## Nanoteknolojinin Mühendislik Uygulamalarında Yeni Gelişmeler

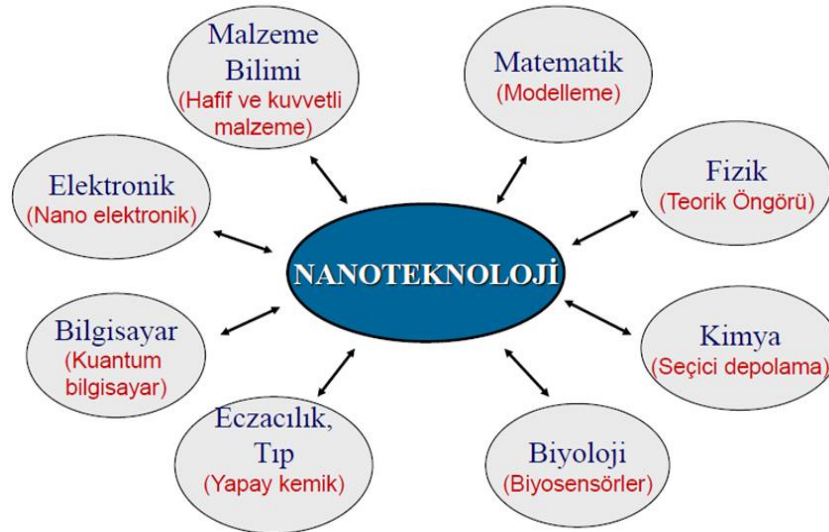
### Özet

Bu araştırmada, son yıllarda teknolojik gelişmelerin temelini oluşturan nanoteknoloji nedir? Kullanım alanları nelerdir? Nanomalzemenin üretim teknikleri nelerdir? gibi sorulardan yola çıkılarak Nanoteknolojinin gelişim süreci, kullanım alanları, Nanomalzemelerin üretim teknikleri ve süreçleri araştırılarak derlenmiştir. Özellikle son yıllarda hayatımızın bir parçası haline gelen nano malzemeler farklı alanlarda farklı uygulamalar için yoğun ilgi görmekle birlikte, tüketicilere de ürünün kalitesi, fiyatı, kullanılabilirliği, maliyeti vb. açıdan önemli avantajlar sağlamaktadır. Nanoteknoloji bu açıdan değerlendirildiğinde, özellikle 2000' li yıllardan sonra hızla gelişmeye başlamış ve her geçen gün uygulama alanları artarak günümüze kadar devam etmiştir. Özellikle elektronik alanında, askeri alanda, otomotiv sektöründe, tekstil sektöründe, havacılık ve uzay alanında vb. birçok alanda farklı şekilde ve uygulamalar için kullanılmaktadır. Bu durum Nanoteknolojinin önemini ortaya koymakta ve gelecekte de her alanda uygulanabilecek özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Nanomalzeme; Nanoteknoloji; Nano uygulamalar.

## 1. Giriş

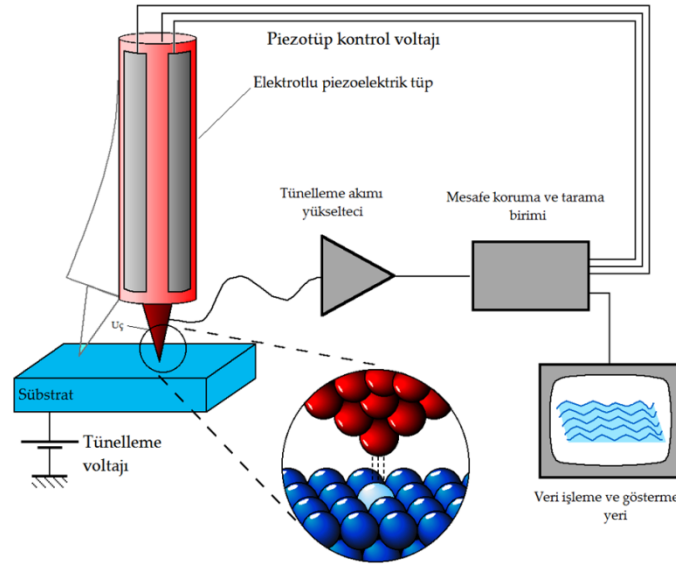
Nanoteknoloji, 1-100 nm arasındaki boyutlara sahip malzemenin özelliklerini inceleyen, maddeyi nano boyuta indirgeyerek atomlar düzeyinde çalışan, atomları ve molekülleri tek tek işleyip yeniden düzenleyen, bu teknolojiyi kullanarak farklı malzemeler, cihazlar ve sistemler oluşturan bilim dalıdır. Bununla birlikte, bilim dallarının mikro seviyede yapamadığı işlemleri nano boyuta indirgeyerek araştırılmasına ve uygulanmasına imkân sağlayan önemli bir teknolojidir. Bu özelliklerinden dolayı günümüzün ve geleceğin teknolojisi olarak görülen Nanoteknoloji, disiplinler arası işbirliğine ve ortak çalışmaya imkân sağladığı için daha kapsamlı ve daha etkin bilimsel çalışma ve araştırmaların yapılmasını sağlayarak birçok alanda mevcut problemlerin çözümüne ciddi katkılar sağlayacağı düşünülmektedir[1-7]. Şekil.1.de de görüldüğü gibi nanoteknoloji farklı bilim dalları ile birlikte kullanılabilir geniş kapsamlı bir teknolojidir. Bu teknolojinin önemli avantajlarından biride, malzemelerin kuantum etkisi nedeniyle nano boyutta, mikro boyuttan daha farklı özelliklerini kullanmasıdır. Bu teknoloji sayesinde üretilen malzemelerin boyutları 1 ile 100 nm aralığında olmasından dolayı, üretilen malzemenin enerjisi ve iletkenliği, geometrik yapıya ve büyüklüğe bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimden dolayı malzemeler olağanüstü özellikler kazanmakta ve kullanıldıkları alanlarda da önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Bu nedenle Nanoteknoloji ve Nanomalzeme teknolojik gelişim açısından oldukça önemlidir.



Şekil.1. Nanoteknolojiyi bağımsız ve birlikte kullanan bilim dalları

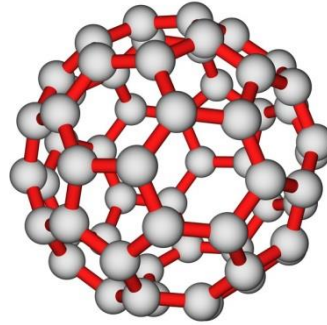
## 2. Nanoteknolojinin Tarihi Gelişimi

Nanoteknoloji alanındaki çalışmalar 1959 yılında Amerikalı Fizikçi Richard Feynman'ın malzeme ve cihazların moleküler boyutta üretilebileceğini söylemesi üzerine başlamış ve 1980'li yıllara kadar geçen süreçte birçok araştırmacı daha küçük boyutlarda çalışmıştır. Fakat yapılan bu çalışmalarda birçok problem ile karşılaşmış bu problemlerden biri de yapılan çalışmalarda boyutlar küçüldükçe yapılan çalışmaları izlemenin ve görüntülemenin zorluğu olmuştur. Bu zorlukları aşabilmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılan bu çalışmalar sonucunda, 1981 yılında IBM firması şekil.2.de görülen yeni bir mikroskop türü olarak tanımlanan 'Scanning Tunneling Microscope (STM)'yi geliştirdiğini açıklamıştır. Bu çalışmanın önemi ve bilimime yaptığı katkıdan dolayı, bu araştırmayı yürüten ve ürüne dönüştüren bilim adamlarına 1986 yılında Nobel Fizik ödülü verilmiştir. O dönemde aynı şekilde STM mikroskopunun bir türevi olan 'Atomic Force Microscope' (AFM) da geliştirilerek bu alanda çalışan araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Bu çalışmalar sonuç vermiş ve Feynman'ın bahsettiği cihazlar geliştirilerek üretilmişti. Aynı dönemde gelişen bilgisayar teknolojisi de kullanılarak, malzemelerin nano boyutta ölçümünü yapmak, görüntülemek ve modellemek kolay hale gelmiş ve bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır [8,11].



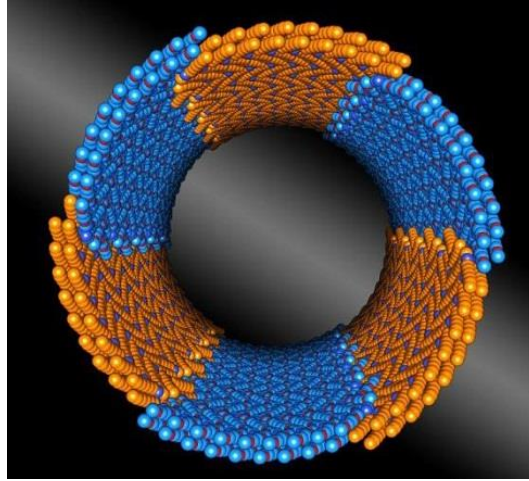
Şekil.2. Taramalı tünel mikroskobu yapısı

1990'lı yıllara gelindiğinde, Rice Üniversitesinde araştırma yapan Richard Smalley ve arkadaşları şekil.3.te görülen 60 karbon atomunun simetrik biçimde sıralanmasıyla elde edilen futbol topu şeklindeki 'fullerene' moleküllerini geliştirdiklerini açıklamış ve bu alanda yapılan çalışmalarda önemli bir aşama daha kaydedilmiştir. Elde edilen bu molekül 1 nanometre boyutunda olup, çelikten daha güçlü, plastikten daha hafif, elektrik ve ısıyı iletkenliği gibi önemli özelliklere sahipti. Richard Smalley ve arkadaşlarına da yaptıkları bu önemli çalışmadan dolayı 1996 yılında Nobel Kimya ödülü verilmiştir [3,7].



Şekil.3. Fullerene yapısı

Bu alandaki çalışmalar devam ederken 1991 yılında Japon NEC firması adına araştırmalar yapan Sumio Iijima şekil.4.te görülen karbon nano tüplerini bulduğunu açıklamış ve bu tüplerin önemli özelliklere sahip olduğunu belirtmiştir. Keşfedilen bu nanotüplerde çelikten 100 kat daha güçlü ve ağırlığı çeliğin ağırlığının 6'da 1'i kadar olması bu alandaki çalışmaların önemine dikkat çekmiş ve birçok ülkede birçok bilim insanı bu alanda çalışmaya başlamıştır.



Şekil.4. Karbon Nanotüpler

Bu alandaki araştırmaların ortaya koyduğu yeni keşiflerin önemi 2000’li yıllara gelindiğinde daha iyi anlaşılmış ve birçok ÷lke nanoteknoloji alanında çalışmalar yapmak üzere, araştırma enstitüleri kurmuş ve ciddi yatırımlar yaparak bu çalışmalara önemli fonlar aktarmıştır. Bu ÷lkeler arasında örneğin, 1999 yılında ABD hükümeti nanoteknoloji alanında yürütölen araştırma, geliştirme ve ticarileştirme faaliyetlerine hız kazandırmak için ilk resmi hükümet programını, (National Nanotechnology Initiative) başlatan ÷lkelerden biri olmuştur. Aynı zamanda Avrupa Birliği de 2001 yılında oluşturduğu Avrupa Birliği Çerçeve Programına Nanoteknoloji çalışmalarını öncelikli alanlar arasına dâhil etmiş ve destekleme kararı alarak, bu alandaki çalışmalara önemli miktarda fonlar aktarmıştır. Diğer taraftan Japonya, Tayvan, Singapur, Çin, İsrail ve İsviçre gibi diğer ÷lkelerde benzer programları başlatmış ve 21. Yüzyılın teknolojisi olan nanoteknoloji yarışında önemli yatırımlar yaparak bu alanda çeşitli araştırmalar yapan ve bu teknolojiyi kullanan ÷lkeler olmuşlardır [3,7].

### 3. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları

Günümüzde Nanoteknoloji çok geniş bir yelpazede faklı alanlarda faklı uygulamalar için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Başta nano elektronik ve nano bilgisayar teknolojileri olmak üzere nano biyolojik sistemler, nano ilaçlar, havacılık ve uzay çalışmaları gibi alanların yanısıra, Nanoteknoloji özellikle; Nano boyutlu malzemelerin işlenmesinde ve üretiminde, Nano boyutta ki malzemelerin fiziksel özelliklerinin anlaşılmasında, Nano cihazların nano malzemeler kullanılarak tasarlanmasında ve üretilmesinde, Nano boyutlu malzemelerin karakterizasyonu vb. birçok alanda kullanılmaktadır [3].

Ayrıca, Nanoteknolojinin fizikçiler, kimyacılar, malzeme bilimcileri, moleküler biyolojistler, farmakolojistler gibi diğer bilim dalları ile disiplinler arası çalışma ve araştırmaların yapılmasına imkân vermesi, yapılan çalışmalardan daha verimli ve başarılı sonuçların alınmasını sağlamaktadır. Bu şekilde Nanoteknolojinin faklı alanlarda faklı uygulamalar için kullanılabilmesi, her alanda maddenin nano boyutta işlenilmesini ve bu boyutta elde edilen malzemelerin yeni ve değişik özelliklerinin kullanılabilmesi gibi sağladığı avantajlardan dolayı, her alanda ihtiyaç duyulan, nano ölçekteki cihazların ve malzemelerin üretimini ve kullanımını mümkün hale getirmektedir. Örneğin, tarama, tünelleme veya atomik kuvvet mikroskoplarını kullanarak yüzey üzerindeki atomları birbirlerinden ayırmak veya istenilen herhangi bir şekilde dizmek mümkün hale gelmiştir[3,7]. Bu şekilde tek molekülden oluşan transistörler üretilerek yeni elektronik cihazlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bugüne kadar bu alanda yapılan çalışmalar dikkate alındığında yakın gelecekte de Nanoteknoloji sayesinde yeni cihazların ve yeni uygulamaların birçok alanda kullanılacağını göstermektedir. Bu çalışmalara örnek olarak, sağlık alanında, insan vücudunun içindeki hastalıklı dokuyu bulup iyileştiren, ameliyat yapabölen, beyindeki bariyerleri aşan vb. işlemleri gerçekteştirebilecek nano robotlar ve nano ilaçlar geliştirilerek kullanılacaktır. Bununla birlikte, bu teknoloji sayesinde insan beyninin kapasitesi ek nano hafızalarla güçlendirilecek, hava kirliliğini önleyen nano parçacıklar sayesinde sanayi bölgelerindeki fabrikalar çevreyi çok daha az kirletecektir. Aynı zamanda, ulusal güvenliğimizi ilgilendiren konularda da nano malzeme bilimi, yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesinde, haber alma, radar vb. yeni askeri sistemlerin tasarımı ve üretimi alanında da ciddi katkılar sağlayacaktır [13].

Ayrıca, birim ağırlık başına şu anki ağırlığından çok daha hafif ve dayanıklı malzemeler üretilerek, insanın günlük yaşamında kullandığı birçok ürünün değişeceği gibi, uzay araştırmaları ve havacılık alanında da yeni tasarımların yapılması mümkün hale gelecektir. Bu vb. gelişmeler ve bu teknolojiye beklenenler dikkate alındığında bugün olduğu gibi gelecekte de bu teknolojinin her geçen gün daha geniş bir alanda kullanılacağı kaçınılmaz olacaktır.

#### 4. Nanomalzemelerin Sınıflandırılması

Nanoyapılı malzemeler, Gleiter'in 1981-1989 yılları arasında yaptığı çalışmalar nano boyutta atomik gruplamaların yapılması ve ultra küçük taneli malzemelerin sentezleme çalışmalarından başarılı sonuçlar almasından sonra nano malzemeler daha aktif kullanılmaya başlanmış ve daha iyi tanınır hale gelmiştir. Nano kristalli malzemelerin tane boyutu 100nm'den küçük ve aynı kimyasal kompozisyona sahip geleneksel tane boyutu 1µm'den büyük polikristalli veya tek kristalli malzemeler ile kıyaslandığında nanoyapılı malzemelerin daha iyi özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle nanoyapılı malzemeler her geçen gün daha dikkat çekici ve daha çok tercih edilir olmuştur. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanına sahip nanoyapılı malzemeler şekil.5.te görüldüğü gruplara ayrılmaktadır.

Nanomalzemelerin sahip oldukları boyutları dikkate alındığında bu boyutlarından dolayı,

- Elektronik,
- Fotonik,
- Manyetik,
- Reolojik,
- Yapısal ve mekaniksel özellikler

	Eş-Eksenli (partiküller)	Fiberli (1 Boyutlu)	Lamelli (2 Boyutlu)
metal	Au nanopartiküller Fe magnetik nanopartiküller Katalistler (Pt,Zn,Cu,Ni,Co...)  kuantum dot	nanoteller  Yarıiletken nanoteller, nanoçubuklar	
seramik	nanophase powders for low-T sinterable coatings, parts, composite fillers, sorbents	electrospun ceramic nanofibers for composite fillers	nano-killer
karbon	fuleren, karbon karası	karbon nanotüpler, nanofiberler	nano-grafit
polimer	Biyolojik polimerler (medikal uygulamalar için)	electrospun polimer nanofiberler	
diğerleri	oligomerler (çitosan) Dallanmış bileşikler (dendrimerler) Yüzey aktif malzemeler ile birleşme (lipozomlar)		

Şekil.5. Nanomalzemelerin gruplandırılması

olarak yapı bakımından geleneksel malzemelere göre önemli farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılığın temel nedenleri, özellikle yüksek yüzey-hacim oranları, hacimsel davranışlar ortaya çıkmadan sınırlı sayıda atom ya da molekül arasındaki kooperatif fenomenler ve nano boyutlu yapılarda ortaya çıkan kuantum etkilerden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte nanoyapılı malzemeler çok farklı şekil ve formlarda olmakla birlikte önemli kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptirler. Tane boyutları kritik değer olan ~10-20 nm altına düştüğünde atomların %50'den fazlası tane veya ara yüzey sınırında bulunur ki bu durumda dislokasyonlar oluşmaz ve konvansiyonel iri tanelerde gözlenen Hall-Petch ilişkisi de ortaya çıkmaz. Bu yüzden tane sınırları, nanoyapılı malzemelerin deformasyonunda önemli bir yere sahiptirler. Nanoyapılı malzemeler, mikro yapı malzemelere göre, akma ve süper plastiklik özelliğini daha düşük sıcaklıklarda gösterir. Nano kristalli

kaplamaların plastik deformasyonunun, tane sınırı difüzyonu veya rotasyonu tarafından desteklenen tane sınırı kayması ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir [11,17].

Nanoyapılı malzemeler tek veya çok fazlı polikristaller olup, kristal boyutu tek boyutta en az 1-100 nanometredir. Bu nedenle Nanomalzeme sınıflandırılırken uzunluk birimi nanometre olan boyutlara dayanılarak sınıflandırılır ki buna göre nano malzemeler;

- a. Nano partiküller
- b. Tabakalı veya lamelli yapılar
- c. Telsi yapılar
- d. Kütleli nano yapıları malzemeler

olarak gruplandırılır. Nano partiküller atom salkımları halindedir ve doğada sıfır-boyutlu (0-D) olarak adlandırılırlar [1]. Tabakalı veya lamelli yapılar bir-boyutlu (1-D) nanoyapılı malzemeler olup uzunluk-genişlik büyüklükleri kalınlık büyüklüğünden daha fazladır [2]. Telsi yapılar iki-boyutlu (2-D) nanoyapılı malzemeler olup uzunlukları ile genişliklerinin çaplarına oranı çok daha büyüktür. Nanomalzemeler de sık rastlanan nanoyapılar, nanokristaliter olarak da adlandırılan üç-boyutlu (3-D) nanoyapılardır [3]. Nanoyapılı malzemeler hem kristal yapıları hem de amorf fazlar içerebilirler ki bu kapsamda metal, seramik, polimer veya kompozit şekilde olabilirler.

### 5. Nanoyapılı Malzemelerin Üretim Yöntemleri

Çok ince taneli polikristalli malzemelerin üretimde kullanılan yöntemler nano kristalli malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır. Bu nedenle nanoyapılı malzemelerin üretiminde buhar, sıvı ve katı fazdan başlayan farklı üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler aşağıda belirtildiği gibi gruplandırılabilir [3,18];

#### 1. Buhar yöntemleri

- a. Asal Gaz yoğunlaşması yöntemi
- b. Fiziksel Buhar Çöktürme (PVD) yöntemi
- c. Kimyasal Buhar Çöktürme (CVD) yöntemi
- d. Plazma Fazı Sentezleme yöntemi

#### 2. Sıvı yöntemler

- a. Hızlı katılaştırma yöntemi
- b. Elektro depolama yöntemi
- c. Sol-jel tekniği yöntemi
- d. Kimyasal reaksiyonlar yöntemi
- e. Hidrotermal sentez yöntemi
- f. Mikro emülsiyon tekniği yöntemi

#### 3. Katı yöntemler

- a. Mekanik Aşındırma yöntemi
- b. Devitrifikasyon yöntemi

Bu yöntemler kullanılarak farklı alanlarda farklı uygulamalar için nanoyapılı malzemeler üretilmektedir. Her bir yöntemin diğerine göre avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte yöntem tercihi, maliyet, üretilecek nanoyapılı malzemenin kullanım alanı, elektrik, optik, manyetik özellikleri vb. parametreler belirleyici olmaktadır. Üretim yöntemi tercihi elde edilecek nanoyapılı malzemelerin uygulama alanındaki ihtiyaçları karşılayacak olması önemlidir.

### 5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada 1959 yılında Fizikçi Richard Feynman tarafında yapılan bir konuşma ile üzerinde çeşitli çalışma ve araştırmaların yapıldığı Nanoteknoloji ve nanoyapılı malzemelerin tarihi gelişimi, üretim yöntemleri ve kullanım alanları incelenmiştir. Özellikle 2000'li yılların başında itibaren ivme kazanmış ve günümüze kadar gelişerek farklı alanlarda farklı uygulamalar için farklı özelliklere sahip Nanomalzemelerin üretimi ve kullanılmaya başlanması, bu teknolojiye olan ilgiyi artırmış ve her geçen gün daha geniş bir yelpazede kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Bu gelişmeler gösteriyor ki yakın gelecekte de bu alandaki çalışmalar ve araştırmalar devam edecektir. Teknolojik gelişmeler ışığında belki de nano boyut aşılı olarak artık piko boyutta çalışmalar ve araştırmalar yapılmaya başlanacaktır. Bu nedenle ülkemizin de nanoteknoloji alanında ki mevcut çalışmalarını sürdürmesi ve desteklemesi, üniversiteler bünyesinde Nanoteknoloji ve Araştırma enstitülerini kurması, ülkenin teknolojik gelişim sürecine ciddi katkılar sağlayacağı gibi, dışa bağımlılığı da azaltarak teknoloji ithal eden değil teknoloji



ihraç eden bir ülke konumuna gelmemizi sağlayacaktır. Teknolojik çağın gereği olan AR-GE fonlarının artırılması, farklı alanlarda desteklenen Nanoteknolojik çalışma ve araştırmaların ürüne dönüştürülmesi ülkemizin stratejik, ekonomik, teknolojik, güvenlik ve lider ülke olma hedeflerini gerçekleştirmesinde önemli katkılar sağlayacağından dolayı nanoteknoloji ve nano araştırmalara daha çok önem verilmeli ve bu alanda yapılan çalışmalar desteklenmelidir.

#### 6.Kaynaklar

Demirel Ö. R., (2007), Askeri malzemelerde nano teknoloji kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erhardt, D., (2003), Nat. Mater. 2, 509

Ferin, J., (1996), J. Aerosol Sci. (1990) 21, 381

Gök, Zehra., ve ark. Nanoteknolojinin Sağlık Alanında Kullanımı ve Hemşirenin Sorumlulukları, Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 2015.

Kroto, H. W., et al., (1985), Nature 347, 354

Iijima, S., (1991), Nature 354, 56

Mossman, B. T., (1990), Science 247, 294

Nanoscience and nanotechnologies: (2004), Opportunities and Uncertainties, The Royal Society and

The Royal Academy of Engineering, London, UK, (also available at [www.nanotec.org.uk](http://www.nanotec.org.uk)).  
Nanotechnology (2004), Views of the General Public, Report, BMRB International Ltd., London, UK, [www.nanotec.org.uk](http://www.nanotec.org.uk)

Nanotechnologies: (2004), A preliminary risk analysis on the basis of a preliminary workshop in Brussels on 1-2 March by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission.  
[www.europa.eu.int/comm/health/ph\\_risk/documents/ev\\_20040301\\_en.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf)

Opinion concerning Titanium Dioxide (2000), (Colipa noS75) SCCNFP, Brussels.  
[www.europa.eu.int/comm/health/ph\\_risk/committees/sccp/docshtml/sccp\\_out135\\_en.htm](http://www.europa.eu.int/comm/health/ph_risk/committees/sccp/docshtml/sccp_out135_en.htm).

Oberdörster, G., (1996), Inhal., Toxicol., 8, 73  
Özer Y.,2008. Nanobilim ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği / Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi, Yüksek lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Teknoloji Yönetimi Ana Bilim Dalı, Ankara.

Özkan İ. (2006). Nano teknolojik yöntemler ile malzemenin yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Pathakoti, K.,et al., (2017), Nanostructures: Current uses and future applications in food science, Journal of Food and Drug Analysis, V. 25, 245-253.  
Roco, M., and Bainbridge, W., (eds.), (2003), Converging Technologies for Improving Human Performance, Kluwer, Netherlands.

Román, C., (2004), Nanotubes, Cientifica.

Zhang, W., (2003), J. Nanoparticle Res., 5, 323.