



*Field* : Furniture and Decoration

*Type* : Research Article

*Received*: 08.10.2016 - *Accepted*: 12.12.2016

## Orman Endüstrisinde Nanoteknoloji<sup>1</sup>

Timuçin BARDAK<sup>1</sup>, Selahattin BARDAK<sup>2</sup>, Kadir KAYAHAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bartın Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon Programı Bartın, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü,  
Sinop, TÜRKİYE

E-posta: [selahattinbardak@hotmail.com](mailto:selahattinbardak@hotmail.com)

### Öz

Günümüzde nanoteknoloji neredeyse tüm bilimsel ve teknolojik alanlarda yeni ufuklar açmaktadır ve bu teknoloji orman endüstrisi üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Orman endüstrisinde ürün performansını artırma ve malzeme kullanımını en aza indirme yolları aranmaktadır. Bu noktada nanoteknoloji önemli bir araç olarak kullanılabilir. Aynı zamanda ekonomik büyümeyi artırmak için büyük bir potanseye sahiptir. Orman Endüstrisinde nanoteknolojinin bazı uygulamalar şunlardır: nanopartikül takviyeli tutkallar, nanokaplamalı ahşap yüzeyler, nanoselülozdir. Yakın bir gelecekte nanomalzemeler sayesinde üstün özelliklere sahip yeni ürünlerin piyasa sürülmesi beklenmektedir. Ve ülkeler bu konudaki yatırımlarını sürekli olarak artırmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmada nanomalzemelerinin orman endüstrisinde kullanım alanları ve pazarı konusunda genel bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, orman endüstri, nanopartikül, teknoloji

<sup>1</sup> Bu makale, 13-16 Ekim 2016 tarihlerinde Antalya'da düzenlenen Uluslararası Avrasya Spor, Eğitim ve Toplum Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur.



## **Nanotechnology in Forest Industry**

### **Abstract**

Today, Nanotechnologies are opening up new scopes in almost all scientific and technological fields and this technology is having a profound impact on the forest industry. In the forest industry it is sought ways to improve product performance and to minimize the use of materials. At this point, nanotechnology can be used as an important tool. At the same time it has a great potential to improve growth. Nanotechnology implementations, in forest industry include: nanoparticle reinforced adhesives, nano-coated wood surfaces, nanocellulose. It is expected to be the market of new products with superior properties whereby nanotechnology near future. And countries are permanently increasing their investments in this issue. As a result, in this study, it is aimed to give general information usage areas and market of nanomaterials in forest industry.

**Keywords:** Nanotechnology, forestry industry, nanoparticles, technology

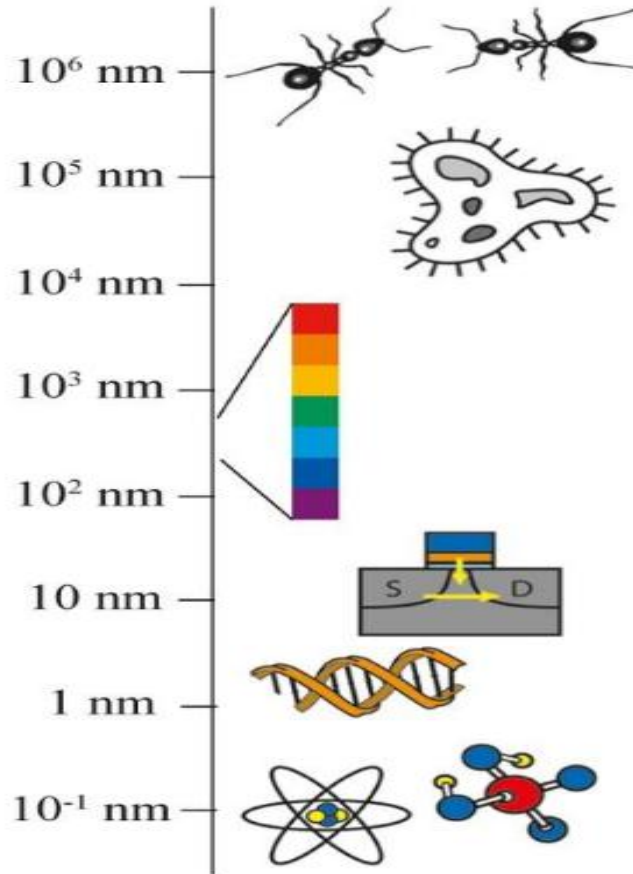


## Giriş

Değişen dünya düzenine ve gelişen teknolojiye paralel olarak yoğun rekabet koşulları ortaya çıkmıştır (Akça, 2016). Nanoteknoloji alanındaki çok hızlı gelişmeler nedeniyle, bu teknolojinin gelecekteki yeni bir sanayi devriminde itici güç olacağına inanılmaktadır. Bu teknoloji birçok endüstriyi yeniden şekillendirecek büyük bir fırsat olarak akademik çevrede ve dünyada hızla artan bir ilgi görmektedir.

Nanoteknoloji ile ilgili ilk olarak ünlü fizikçi Richard Feynman 1959'da katıldığı bir kongrede "Aşağıda daha çok yer var. Atomları tek tek istediğimiz gibi düzenleyebilseydik ne olurdu?" diyerek nanoteknoloji hakkındaki vizyonu ortaya koymuştur (Körözlü, 2016).

"Nanoteknoloji" kavramı; nano ve teknoloji kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Teknoloji, yararlı ürünler üretmeye ve yeni ürünler tasarlamaya yarayan bilgiler bütünüdür (Ayhan, 2002, Celep, 2008). Nano, Yunanca "cüce" demektir. Şekil 1'de İnsandan hidrojen atomuna kadar boyut karşılaştırılması gösterilmiştir. İnsan saç telinin çapının yaklaşık 100.000 nanometre olduğu düşünülürse ne kadar küçük bir ölçekten bahsedildiği daha rahat anlaşılabilir. Bir başka deyişle, bir nanometre içine yan yana ancak 2-3 atom dizilebilir. (Akbaş ve Özarslan, 2007, Bayındır, 2006, Çıracı, 2005). Şekil 1'de İnsandan hidrojen atomuna kadar boyut karşılaştırılması gösterilmiştir. (www.diyot.net).



Şekil 1. Karıncadan Atoma Kadar Boyut Karşılaştırılması (www.diyot.net).

Geniş bir anlatımla maddenin atomik moleküler boyutta yani nano boyutta mühendisliği yapılarak yeni ve farklı özelliklerinin açığa çıkartılması ve nano boyutundaki fiziksel,

kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılabilir ve kontrollü üretimi için, işlevsel malzemelerin ve sistemlerin geliştirilmesidir. (Kut ve Güneşoğlu, 2005, Erem ve Özcan, 2013). Nanoteknoloji, amaç ve hedeflerimize teknik çözümler sunmak üzere işlenmiş atomlar ve moleküller ile çalışmaktadır. Nanoteknoloji çok geniş bir uygulama alanına sahiptir: insan vücudunda hücreler seviyesinde faaliyet gösteren cihazlar, atıkları çok faydalı ürünlere dönüştürebilen malzemeler bunlardan sadece birkaçıdır (Hongladarom, 2009).

2015 yılında bu alanda yapılan yatırımların trilyon dolarlar düzeyine ulaşacağı tahmin edilmektedir (Dikensoy, 2010). Ekonomistler nanoteknolojinin yeni bir sanayi ve bilgi devrimi olarak 21. yüzyıla damgasını vuracağına inanmaktadırlar. Yakın bir gelecekte, bir ülkenin nanoteknolojideki seviyesi o ülkenin gücünün bir göstergesi olabilecektir. Tablo 1’de dünyada nanoteknoloji alanında yapılan yatırımlar görülmektedir. (Akbaş, ve Özarslan, 2007, Bayındır, 2006) .

**Tablo 1.** Dünyada Nanoteknoloji Yatırımları (milyon \$ /yıl) (Akbaş ve Özarslan, 2007, Bayındır, 2006)

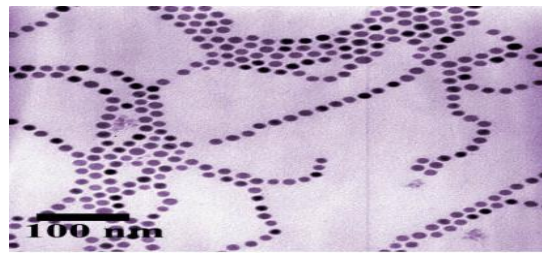
Bölge	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
AB	126	151	179	200	225	400	650	950	1050
Japonya	120	135	157	245	465	720	800	900	950
ABD	116	190	255	270	465	697	862	989	1081
Diğerleri	70	83	96	110	380	550	800	900	1000
Toplam	432	559	687	825	1535	2350	3100	3700	4100
(%)	(100)	(129)	(159)	(191)	(355)	(547)	(720)	(866)	(945)

## Nanopartiküller

Günümüzde nanoteknoloji hızla çok sayıda endüstriyi değiştirmektedir. Bu değişim merkezinde nanomalzemelerin özellikleri ve karakteristikleri vardır. Sıkı rekabet koşulları ve daha yüksek kalite gereksinimleri üreticileri sürekli yeni ürünler geliştirmeye zorlamaktadır.

Nanopartiküller boyutları 0,1nm ile 100nm arasında değişen partiküllere verilen genel addır. Bir partikülü nano ölçekli olarak adlandırabilmek için en az bir boyutunun 100 nm den küçük olması gerekmektedir. (Dikensoy, 2010).

Şekil 2’de Kobalt nanopartiküllerin Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) görüntüleri gösterilmiştir. (www.news-medical.net).

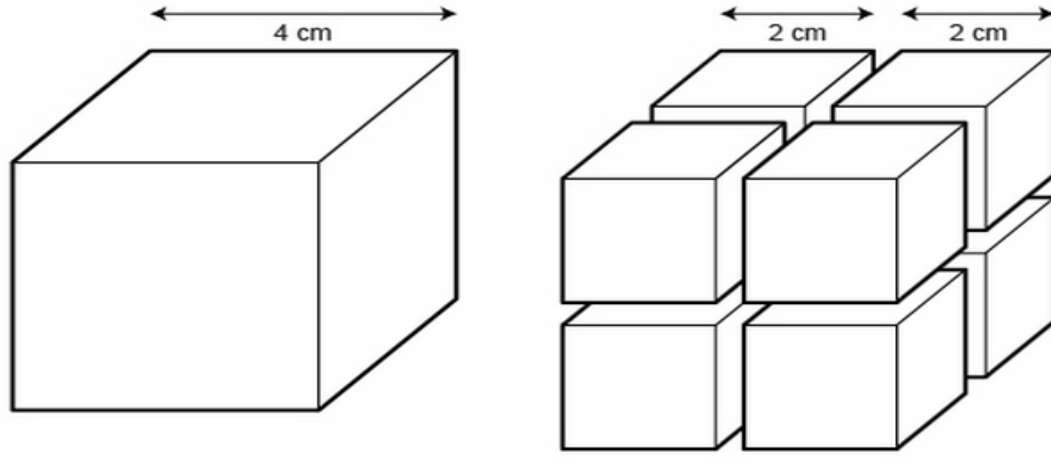


**Şekil 2.** Kobalt Nanopartiküllerin Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM) Görüntüleri (www.news-medical.net).



Nanopartikül sentezi bu yapıların sergiledikleri olağandışı özellikler sebebiyle yüksek aktiviteli katalizörler, optik uygulamalar için özel teknolojik malzemeler ile birlikte süperiletkenler, aşınmaya karşı katkılar, yüzey aktif maddeler, ilaç taşıyıcılar ve özel teşhis aletleri gibi birçok teknolojik ve farmakolojik ürünlerin hazırlanmasının yolunu açmıştır. Bunların yanı sıra, malzemelerin nanoboyut seviyesinde kontrolü nanotaşıyıcılar, sensörler, nanomakinalar ve yüksek yoğunluklu veri depolama hücreleri gibi kendine özgü işlevselliğe sahip minyatürleştirilmiş aygıtların gerçekleştirilmesine izin vermektedir (Gürmen ve Ebin, 2008, Liveri, 2006).

Nanopartiküllerin sahip oldukları üstün özellikler boyutlarının azaltılmasından kaynaklanmaktadır. Bir parçacık nano boyuta indirildiğinde hacim başına daha büyük bir yüzey alanı elde edilir. Ve daha da önemlisi parçacık yüzeyinde molekül veya atom oranlarında yüksek bir artış olur (Dongguang vd., 2002). Şekil 3'de Yüzey – Hacim Oranı İlişkisi gösterilmiştir.



$$\text{Toplam Yüzey alanı=} \\ (4\text{cm} \times 4\text{cm}) \times 6 \text{ yüzey}=96 \text{ cm}^2$$

$$\text{Bir Küpün Yüzey alanı=} \\ (2\text{cm} \times 2\text{cm}) \times 6 \text{ yüzey}= 24 \text{ cm}^2 \\ \text{Toplam Yüzey Alanı } 24 \text{ cm} \times 8 \text{ küp} =192 \text{ cm}^2$$

Şekil 3. Yüzey – Hacim Oranı İlişkisinin Gösterimi (www.bbc.co.uk)

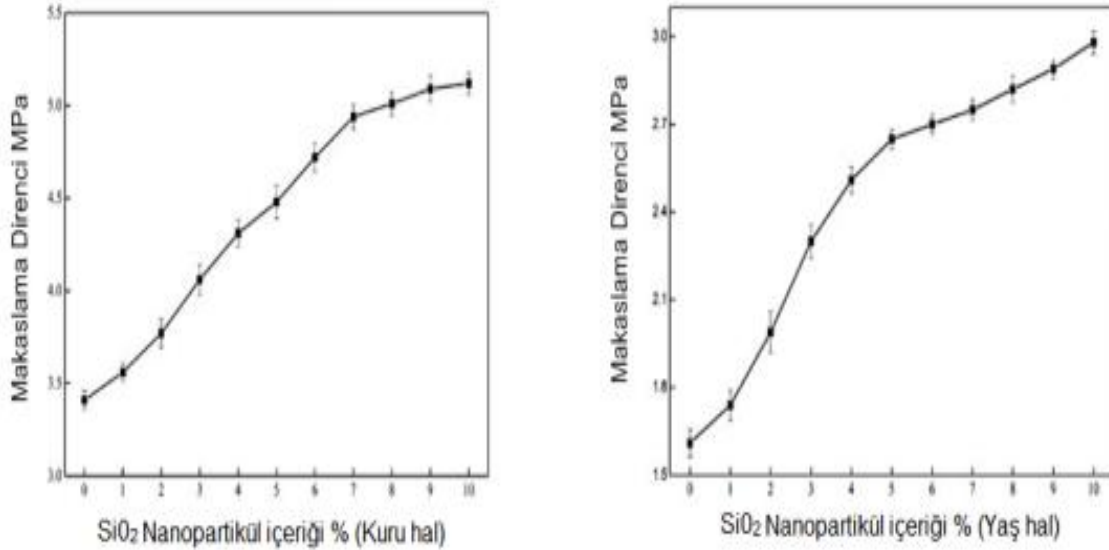
### Orman Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları

Nanobilim ve nanoteknoloji, günümüzde eriştiği nokta itibariyle, multi-disipliner özelliğini pratikte sektörel düzeyde de kanıtlamış ve kısa zamanda diğer alanlarda olduğu gibi, ahşap ve mobilya endüstrisinin de vazgeçilmezleri arasına girmiştir. Nanoteknoloji, endüstriyel alanda lazerlerin, mikrosensörlerin, mikromakinaların, optoelektronik elemanların ve komponentlerinin uygun şekilde bir araya getirilerek üretilme kazandırılmalarını sağlarken, ormancılık endüstrisinden ağaçişleme ve mobilya üretim makinalarına, kimyasallardan yapıştırıcılara, mobilya tekstilinden duvar boyalarına kadar hemen her ürün nanoteknoloji kullanılarak üretilmekte, mükemmelleştirilmekte ve sektörün kullanımına sunulmaktadır (www.mobilyadergisi.com.tr).

## Nanopartikül Takviyeli Tutkallar

Nanopartiküllerin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi tutkal uygulamalarına nano ölçekte yeni olanaklar sunmuştur. Nanopartikül takviyesi ile tutkalların geliştirilmesi günümüzde malzeme bilimi ve mühendisliğinin en çok araştırılan konuları arasında yer almaktadır (May vd., 2010). Yapılan çalışmalarda polimer malzemelerin nanopartiküller ile yüklendiğinde daha yüksek mekanik mukavemet, yüksek ısı, iletkenlik ve geliştirilmiş elektriksel performans gösterdiği saptanmıştır. Yapıştırıcı formülasyonlarında kullanılan başlıca nano dolgu malzemeleri şunlardır: Silis, alüminyum oksit, magnezyum oksit, titanyum dioksit, zirkonyum oksit, gümüş, bakır ve nikel dir (Licari ve Swanson, 2016).

Silisyum Dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) nanopartiküllerin nişasta bazlı ahşap tutkalı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada:  $\text{SiO}_2$  nanopartikülleri içermeyen kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, % 10 nanopartikül içeren tutkalların kuru halde % 50,1 ve yaş halde % 84,0 makaslama direncinin arttığı saptanmıştır. Ayrıca su dayanımı da %20 artışı ortaya konmuştur (Wang vd., 2011). Şekil 4'de  $\text{SiO}_2$  nanopartikül içeriği ile çekme dayanımı arasındaki ilişki durumu gösterilmiştir.



Şekil 4. Silis Nanopartikül İçeriği ile Çekme Dayanımı Arasındaki İlişki Durumu (Wang vd., 2011)

## Nanokaplamalı Ahşap Yüzeyler

Ahşap 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. (Gür, 2010). Şekil 5'de Su bazlı nano silan uygulanmış yüzey ve uygulanmamış yüzey gösterilmektedir. (www.nanoprotect.co.uk).

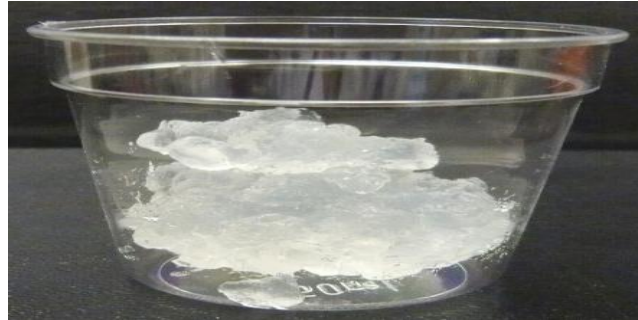




**Şekil 5.** Su Bazlı Nano Silan Uygulanmış Yüzey ve Uygulanamamış Yüzey (www.nanoprotect.co.uk).

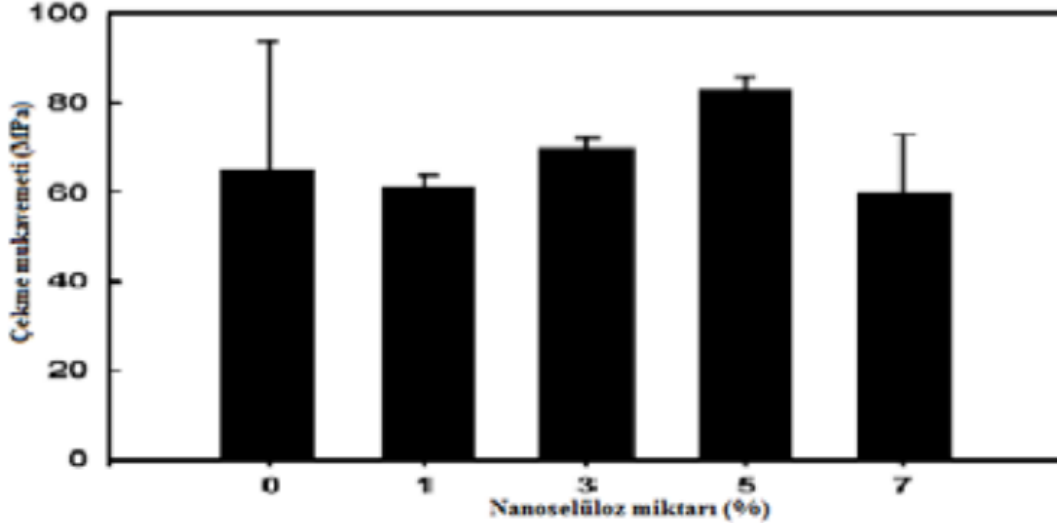
### Nanoselüloz

Nanoselüloz lignoselülozik hammadde kaynaklarından elde edilebilen ve fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri dolayısıyla elde edilen son ürünlere olumlu etkiler kazandıran ve orman ürünleri alanında bu potansiyeli ile büyük önem arz eden bir hammadde kaynağıdır. Nanoselüloz mikrofibrillenmiş selüloz, nanokristalin selüloz ve bakteriyel nanoselüloz olmak üzere üç farklı tipte üretilmekte ve bu ürünler farklı boyutlarda olup, farklı özellikleri ve farklı üretim metotlarını kapsamaktadırlar (Tozluoğlu vd., 2015). Şekil 6'da nanoselüloz gösterilmiştir.



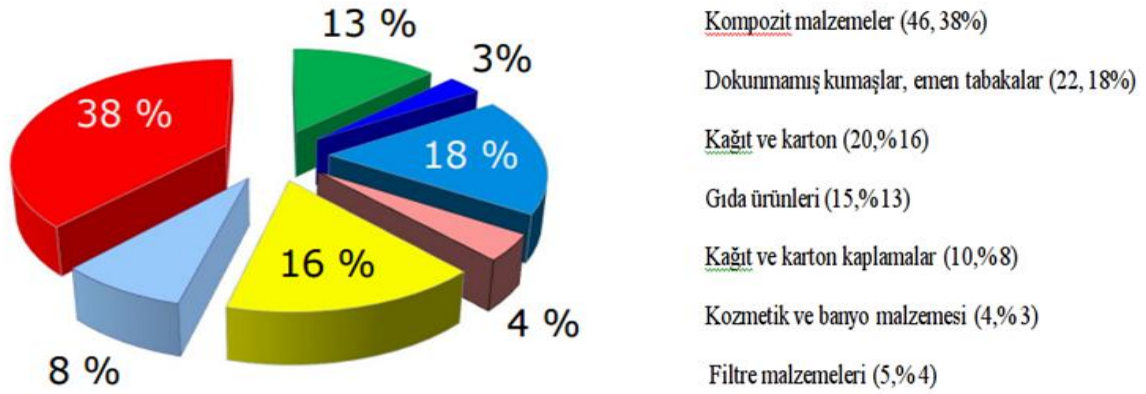
**Şekil 6.** Nanoselüloz (en.wikipedia.org).

Cho ve Park (2011)'in çalışmalarında polivinilalkol (PVA) içerisine nano boyutta (en: 6.96 nm, boy:178 nm) mikrokristalin selüloz (MCC) ilave ederek (%1, 3, 5, 7) oluşturdukları nanokompozitin testlerini yapmışlardır. Nanokompozite ilave edilen %1 MCC çekmemukavemetinde ters etki yaparak azalmaya sebep olmuştur. Bu durumu matris ve nanoselüloz arasında çekme sırasında oluşabilecek düzgün bir şekilde dağılamamasına bağlamışlardır. Ancak malzeme, içerisindeki nanoselüloz oranının artması çekme mukavemeti de artmıştır. Şekil 7'de Nanoselüloz oranının PVA nanokompozitin çekme dayanımına etkisi görülebilmektedir.



Şekil 7. Nano Selüloz Oranının PVA Nanokompozitin Çekme Dayanımına Etkisi (Cho ve Park, 2011, Kaştan ve Oral, 2016)

Nanoselülozlar düşük kalorili ürünler olarak hali hazırda kullanılan birçok karbonhidrat ürünü yerine ezme, sos, gofret, puding, cips vs gibi yiyeceklerin üretiminde kullanılabilirler. Nanoselüloz jelleri reolojik özellikleri nedeniyle son yıllarda bu sektör içinde oldukça sık bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Tozluoğlu vd., 2015). Şekil 8’de nano ve mikro selülozların kullanım alanları gösterilmiştir.



Şekil 8. Nano ve Mikro Selülozların Kullanım Alanları (www.oske.ketek.fi)





## **Tartışma ve Sonuç**

Günümüzde nanoteknolojinin küresel ekonomik büyümeye büyük bir katkısı olacağı düşünülmektedir. İhtiyaçları karşılamak için nanoteknoloji yardımı ile yeni nesil ürünlerin üretilmesi oldukça önemlidir. Aynı zamanda Bu teknolojinin orman endüstrisini dönüştürebilecek bir potansiyele sahip olduğuna inanılmaktadır. Tüm bu anlatılan nedenlerden dolayı, nanoteknolojiye hazırlıklı olmak gelişmiş ülkeler için önemli bir konu olmuştur. Bu bağlamda ülkemizin nanoteknoloji alanına yapacağı yatırımlar stratejik bir öneme sahiptir.

## **KAYNAKÇA**

Akbaş, T., Özarslan, C. (2007). Nanoteknoloji ve tarımda uygulama olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, Kahramanmaraş.

Akçalı, K. (2016). Teknik tekstillerin spor branşlarında kullanımının incelenmesi. *International Journal of Science Culture and Sport (IntJSCS)*,4(4): 533-546.

Ayhan, A. (2002). Dünden bugüne Türkiye’de bilim-teknoloji ve geleceğin teknolojileri. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, 455s.

Bayındır, M. (2006). Nanoteknoloji: disiplinler arası yeni bir bilim dalı. [http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/dokumanlar/Nanoteknoloji\\_UNAM.pdf](http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/dokumanlar/Nanoteknoloji_UNAM.pdf) (erişim 2 Aralık, 2015).

Celep, Ş., Koç, E. (2007). Nanoteknoloji ve tekstilde uygulama alanları. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, cilt:17-7.

Cho, M.J., Park, B.D. (2011). Tensile and thermal properties of nanocellulose reinforced poly(vinyl alcohol) nanocomposites. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 17 (36–40): 2011

Çıracı, S. (2005). Metrenin bir milyarda birinde bilim ve teknoloji. *Bilim ve Teknik (Ağustos-2005 eki)* 6-10.

Dikensoy, Ö. (2010). Nanopartiküller ve plevra. *Plevra Bülteni*, 4: 7-9.

Dongguang, W., Rajesh, D., Robert, P. (2002)., Mixing and characterization of nanosized powders: An assessment of different techniques. *Journal of Nanoparticle Research*, 4: 21–41.

Erem, A.D., Özcan, G. (2013). Polimer esaslı nanokompozitler ve tekstil uygulamaları. *Cilt: 20*, 89.

Gür, M. (2010). Nanomimarlık bağlamında nanomalzemeler. *Uludağ Ünivesitesi-Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(2): 81-90.

Gürmen, S., Ebin, B. (2008). Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1. *Metalurji Dergisi*, 150: 31-38.

Hongladarom, S. (2009). Nanotechnology, Development and Buddhist Values. *Nanoethics*, 3 (2): 97-107.

<http://www.diyot.net/nanoteknoloji/> (erişim 12 Eylül, 2016).



<http://www.news-medical.net/life-sciences/What-are-Nanoparticles.aspx> (erişim 12 Eylül, 2016).

<http://www.nanoprotect.co.uk/wood-protection.html> (erişim 13 Eylül, 2016).

[http://www.oske.ketek.fi/Nanocellulose%20center\\_Teknokeskiviikko%2020\\_4\\_2011.pdf](http://www.oske.ketek.fi/Nanocellulose%20center_Teknokeskiviikko%2020_4_2011.pdf) (erişim 13 Eylül, 2016).

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nanocellulose#/media/File:Nanocellulose.JPG> (erişim 14 Eylül, 2016).

<http://www.mobilyadergisi.com.tr/haber/cagimizin-endustriyel-devrimi-nanoteknoloji-> (erişim 14 Eylül, 2016).

[http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/21c/materials\\_choices/nanotechnologyrev1.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/21c/materials_choices/nanotechnologyrev1.shtml) The importance of nanotechnology. (erişim 15 Eylül, 2016).

Kaştan, A., Oral, O. (2016). Polimer Matrisli Kompozitlerin Çekme Mukavemetine Nano Katkıların Etkisi. *Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 4(1), 35-41.

Körözlü, N. (2016). Bilim ve teknolojinin geleceği nanoteknoloji. *Ayrıntı Dergisi*, 4(39).

Kut, D., Güneşoğlu, C. (2005). Nanoteknoloji ve tekstil sektöründeki uygulamalar. *Tekstil & Teknik Dergisi*, Şubat, 224-230.

Licari, J.J., Swanson, D.W. (2016). *Adhesives Technology for Electronic Applications*. ed: Andrew W., Vol:2, Elsevier, USA.

Liveri, V.T. (2006). *Controlled synthesis of nanoparticles in microheterogeneous systems*. Springer Science+Business Media, Inc., New York.

May, M., Wang, H.M., Akid, R. (2010). Effects of the addition of inorganic nanoparticles on the adhesive strength of a hybrid sol-gel epoxy system. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 30 (6): 505-512.

Tozluoğlu, A., Çöpür, Y., Özyürek, Ö., Çıtlak, S. (2015). Nanocellulose production technology. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 203-219.

Wang, Z., Gu, Z., Hong, Y., Cheng, L., Li, Z. (2011). Bonding strength and water resistance of starch-based wood adhesive improved by silica nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 86(1): 72- 76.