

Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım: Ahşap Polimer Kompozitler

Alperen Kaymakcı¹
Nadir Ayrılmış²
Turgay Akbulut³

Konu Başlık No: 4 Sürdürülebilir Çatı Ve Cephe Sistemleri

ÖZET

Yapılarda yapı elemanlarının dış etkilere karşı dayanıklılığını arttırmak, estetik görünüş kazandırmak ve ısı yalıtımı sağlamak amacıyla duvar, döşeme ve tavanlara kaplama yapılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde bu amaç doğrultusunda birçok malzeme grubu kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ve çevresel hassasiyet ile birlikte kaplama malzemelerinde de birtakım değişiklikler meydana gelmek suretiyle çehresi değişmiş ve ekolojik-sürdürülebilir ürünlere olan talepler artmıştır. Ekolojik ve sürdürülebilir nitelikteki ürünler, kullanım sonrası atıkların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesi hususunda büyük avantajlar sağlamaktadır. Ahşap polimer kompozitler bu yöndeki çalışmalarını sonucunda geliştirilen yeni nesil mühendislik ürünü malzemelerdir. Ahşap polimer kompozitler (APK) lignoselülozik malzemeyle polimerin karıştırılması sonucunda oluşan kompozitlere verilen genel bir addir. Tanımda belirtilen “ahşap” kelimesi aynı zamanda lifsel yapıya sahip bütün tarımsal atıklar ve odunsu materyali kapsamaktadır. Bunun yanı sıra yine tanımda belirtilen polimer de termoset ve termoplastikleri kapsayan bir ifadedir. Ahşap plastik kompozitlerin içerisinde dolgu materyali olarak katılan ahşap, tarımsal atıklar veya diğer odunsu materyaller son ürün olarak kullanılacak materyalin fiyatını düşürmekte, hafifletmekte ve en önemlisi biyolojik olarak bozunabilir nitelik kazandırmaktadır. Ahşap plastik kompozitlerin biyolojik olarak bozunabilmesi çevresel olarak oldukça önemlidir ancak bu malzemelerin geri dönüşümünde sağlanabileceği düşünüldüğünde sağladığı katkı hiç şüphesiz son derece önemli bir avantajdır. Bu çalışmada ahşap polimer kompozitlerin dış cephe kaplaması olarak kullanım olanakları ve bunun ekolojik yönden faydaları irdelenecektir.

ANAHTAR KELİMELELER

Ahşap polimer kompozitler, ekoloji, polimer, dış cephe

¹ Alperen Kaymakcı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, alperen.kaymakci@istanbul.edu.tr

² Nadir Ayrılmış, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, nadiray@istanbul.edu.tr

³ Turgay Akbulut, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Odun Mekaniği ve Teknolojisi ABD, 0212 226 11 00, takbulut@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi sonrası oluşan sosyal, kültürel ve ekonomik değişiklikler; beraberinde kullanıcı isteklerinde ve tercihlerinde büyük çaplı değişikliğe sebep olmuştur. Özellikle son 50 yılda gelişen teknolojiler özellikle malzeme biliminde ve teknolojisinde son derece büyük atılımlar yapılmasını sağladı. Geliştirilen yeni yöntemler, materyaller, hızla büyüyen nüfus ve ekonomi sonucunda kullanılan her türlü malzemenin artması aynı zamanda oluşan atık miktarında yükselmeye sebep oldu. Bu çerçevedeki atıkların flora ve fauna dengesini bozmadan bertaraf edilmesi ve ekonomiye kazandırılması için geri dönüşümü kaçınılmazdır. Bu amaçla “3R” kuralı birçok ülkede hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Burada amaç daha az atık oluşturmak için kullanılan hammaddeyi azaltmak (Reduce), bir ürünün yeniden kullanılmasını sağlamak (Reuse) ve bir malzemenin geri dönüşümünün (Recycle) gerçekleştirilmesidir [1]. Ülkemizde halen atıkların büyük bir kısmı mevzuata uygun şekilde bertaraf edilmemektedir. Bu duruma yol açan pek çok idari, mali ve teknik sebep vardır. Ülkemizde geri dönüştürülebilir atıkların kompozisyonuna baktığımızda büyük bir kısmının kağıt-karton (%45.48), cam (%18.46) ve plastik (%13.19) oluştuğunu görmekteyiz [2]. Özellikle plastikler petrol kökenli malzemeler grubuna dahil olduklarında doğada kısa süre içerisinde bertaraf edilmeleri imkansızdır. Benzer şekilde plastiklerin bu şekilde yok olmasını beklemek ekonomik açıdan yerinde bir karar değildir. Plastiklerin geri dönüşüm yoluyla ekonomiye kazandırılması bu anlamda atılacak en önemli adımların başında gelmektedir. Polietilen, polipropilen ve polivinil klorür gibi polimerler ve lignoselülozik malzemeler polimer-kompozit üretiminde kullanılabilir. Plastiklerin (termoplastik) odun lifi ya da ahşap unuyla karıştırılarak şekillendirilmesiyle elde edilen ürünler ahşap plastik kompozitleri (APK) olarak adlandırılmaktadır. APK, kendisini oluşturan plastik ve ahşaba kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sayesinde tüm dünyada geniş kullanım alanları bulmaya başlamıştır. Bu özellikler arasında plastik malzemeye kıyasla daha düşük maliyetli olmaları ve doğada daha kolay bozularak çevre dostu olmaları, ağaç malzemeye kıyasla ise daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olmaları, istenilen boyut ve şekilde, farklı renk ve dokuda üretilebilmeleri, çatlamalara, mantarlara ve böceklere karşı daha dayanıklı olmaları, geri dönüşümlü / atık malzemelerden üretilebilmeleri sayılabilir [1]. Ahşap plastik kompozitler kapı-pance doğraması, kamelya malzemesi, taban döşeme malzemesi ve dış cephe kaplaması olarak kullanılabilir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak malzemenin çevreyle uyumlu, dış ortamdan kaynaklanan fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı, kolay işlenebilen, kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilen, işçilik ve inşaat maliyeti düşük, yeniden düzenleme ve bakım kolaylığı sağlayabilen bir yapıda olması gerekmektedir [3]. Bu çalışmanın amacı yukarıda bahsettiğimiz ahşap plastik kompozitlerin dış cephe kaplaması olarak kullanımının ekolojik yönden faydalarını belirlemektir.

2. APK ÜRETİMİNDE KULLANILAN DOLGU MADDELERİ

APK üretiminde çok değişik türlerde organik ve inorganik dolgu materyalleri kullanılabilir. Günümüzde halen APK üretiminde yoğun olarak inorganik dolgu materyalleri APK üretiminde değerlendirilmektedir. Ancak kalsiyum, talk, kalsiyum karbonat, alüminyum silikat, kil, cam dolgu, metal oksit benzeri dolgu maddeleri pahalı oluşları ve makine aksamında meydana getirdikleri aşınma dolayısıyla yerlerini organik dolgu materyallerine bırakmaya başlamışlardır. Odun unu ve lifleri, yıllık bitki lifleri, atık kağıt gibi organik dolgu maddeleri APK üretiminde başarıyla kullanılmaktadır. Ülkemizde bu açıdan bakıldığında büyük miktarda orman endüstri atıkları ve tarımsal atıklar mevcut olup rasyonel bir şekilde değerlendirilmemektedir. Orman endüstri atıklarının ve tarımsal atıkların ekolojik olarak en büyük faydası biyolojik olarak bozunabildiklerinden çevreye herhangi bir zarar vermemeleridir. Bundan dolayı bu gibi lifsel kaynakların ahşap polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi çevresel açıdan çok büyük yarar sağlayacaktır. APK üretiminde kullanılabilen lifsel materyallere ilişkin bilgiler aşağıda kapsamlı bir biçimde aktarılmıştır.

2.1. Odun Lifleri

Odunsu hücreler yaptıkları göreve ve türlerine göre farklı yapı gösterirler. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının destek, iletim ve depolama görevi yapan elemanları vardır. Hücrelerin bu farklı

özelliklerinden dolayı bazı türler bazı kullanım yerlerinde daha üstün tutulurlar. Örneğin, uzun lifli türler lif levha ve kağıt yapımı için daha uygundur. Yapraklı ağaç odunları anatomik yapı bakımından, iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha karmaşık bir yapı göstermektedirler [5]. Tablo 1'de iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları gösterilmektedir.

Tablo 1. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının hücre tipleri ve oranları [5]

| İğne Yapraklı Ağaçlar | | Yapraklı Ağaçlar | |
|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Hücre Tipi | Hücre Oranı (%) | Hücre Tipi | Hücre Oranı (%) |
| Traheidler | 90-95 | Lifler | 15-60 |
| Paranşimler | 4-10 | Traheleler | 20-60 |
| Reçine Kanalları | 0-1 | Özışınları | 5-30 |
| | | Boyuna Paranşimler | 0-15 |

2.2. Yıllık Bitki Lifleri

Yıllık bitkiler bol ve ucuz selülozik lif kaynaklarıdır. Tarımsal liflerin yapısı, özellikleri ve bileşimi onları kompozit, tekstil ve kağıt üretimi gibi kullanım alanları için uygun bir materyal yapmaktadır. Ayrıca tarımsal lifler yakacak, kimyasal madde, enzim ve yiyecek üretiminde de kullanılabilir [6].

Dünyada ve Türkiye'de odun dışı yıllık bitki kökenli lignoselülozik maddelerin yaklaşık potansiyeli Tablo 2'de gösterilmiştir [7].

Tablo 2. Dünya ve Türkiye lif kaynaklarının potansiyeli

| Dünya Lif Kaynakları | Dünya Yıllık Bitki Sapı (ton) | Türkiye Kaynakları | Lif | Türkiye Yıllık Bitki Sapı (ton) |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------|-----|---------------------------------|
| Tahıl sapsarı | 1 145 000 000 | Buğday sapsarı | | 18 000 000 |
| Diğer sapsarı | 970 000 000 | Arpa sapsarı | | 8 000 000 |
| Şeker kamışı | 75 000 000 | Pamuk sapsarı | | 3 000 000 |
| Göl kamışı | 30 000 000 | Mısır sapsarı | | 2 500 000 |
| Bambu | 30 000 000 | Ayçiçeği sapsarı | | 2 500 000 |
| Pamuk lifi | 15 000 000 | Kendir-kenevir | | 2 000 000 |
| Jüt, Kenaf, Kendir | 10 900 000 | Tütün sapsarı | | 300 000 |
| Papirus | 5 000 000 | Çavdar sapsarı | | 240 000 |
| Pamuk linteri | 1 000 000 | Pirinç sapsarı | | 200 000 |
| Esparto otu | 500 000 | Göl kamışı | | 200 000 |
| Sisal ve abaca yaprakları | 480 000 | Pamuk linteri | | 100 000 |
| Sabai out | 200 000 | Pamuk şiti | | 580 000 |
| Odun | 1 750 000 000 | Asma çubuğu | | 600 000 |
| Toplam | 4 033 080 000 | | | 38 220 000 |

2.3. Atık Kağıt

Atık kağıt %40 oranında geri kazanılmaktadır. Kullanım oranı ise %32'dir. Buna rağmen yıllık 100 milyon ton kağıt ve kağıt karton kullanımı sözkonusudur. Kağıt endüstrisinde atık kağıdın kullanım miktarı artmıştır. Ayrıca, birçok kağıt ürünü % 100 atık kağıtla üretilmez. Bu yüzden bir başka pazar

için atık kağıtlar kullanılabilir. Kağıt endüstrisi atıkları da APK üretiminde lifsel hammadde olarak kullanılmaktadır.

Kompozit üretim yapan küçük-ölçekli işletmeler için kağıt endüstrisi atıkları oldukça uygundur. Kompozitler her türlü atık kağıttan yapılabilmektedir [8].

3. LİGNOSELÜLOZİK LİFLERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bireysel liflerin özellikleri kristallik derecesi, boyutları, şekli, yönelmesi, L/d oranı (narinlik oranı), hücre çeperi kalınlığı ve boşluk miktarına göre değişmektedir. Doğal liflerin özellikleri bitki türüne göre değişmektedir. Ayrıca, bir tür içinde lif özellikleri yetişme yeri, iklim ve yaşa bağlı olarak değişim göstermektedir [9]. Tablo 3'te bazı yaygın olarak kullanılan bitki liflerinin ve polimerik liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3. Yaygın olarak kullanılan bazı bitki liflerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ve sentetik liflerle karşılaştırılması

| | Yoğunluk (g/cm ³) | Çekmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²) | Çekme Direnci (N/mm ²) | Uzama (%) |
|------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|-----------|
| Keten | 1.5 | 4.13 | 51 | 2.5 |
| Kenevir | 1.48 | 4.29 | 119 | 3.5 |
| Jüt | 1.3-1.49 | 3.8 | 84 | 1.5 |
| Kenaf | 1.47 | - | 232 | 2.7 |
| Ramie | 1.51-1.55 | 3.28 | 121 | 4 |
| Abaca | 1.35 | 2.86 | 132 | 3.5 |
| Ananas | 1.44 | 2.23 | 20 | 0.88 |
| Hindistan cevizi | 1.15-1.46 | 1.03 | 31 | 16 |
| Pamuk | 1.5-1.6 | 1.19 | 80 | 5 |
| Cam lifleri | 1.35-2.55 | 10.52 | 400 | 3 |
| Karbon lifleri | 1.77 | 33.96 | 520 | 1.5 |
| Aramid lifleri | 1.44 | 17.96 | 405 | 2.5 |

Ahşap polimer kompozitlerinin elastikiyeti ve mekanik özellikleri polimer ve lifin mekanik özelliklerine bağlıdır. Polimerler özellikle termoplastikler odun liflerine göre daha düşük mekanik özelliklere sahiptir. Düşük yoğunluklu polietilen, yüksek yoğunluklu polietilen, polistiren ve polipropilenin yaklaşık olarak elastikiyet modülü 137,9-3447 N/mm² ve çekme direnci 4,13-8,26 N/mm², odun lifinin elastikiyet modülü 13790-41370 N/mm² ve çekme direnci 345-896 N/mm²'dir. Bu nedenle, uygun yönlendirme ve yük dağılımı sağlanarak odun liflerinin mekanik özellikleri ahşap polimer kompozitinin mekanik özelliklerini yönlendirebilir [10].

4. AHŞAP POLİMER KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ

Ahşap polimer kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri büyük oranda malzeme bileşenleri ve üretim yönteminden etkilenmektedir. Ahşap polimer kompozitlerin üretiminde kullanılan plastiklerin türü, lignoselülozik malzeme miktarı, lignoselülozik malzeme narinlik oranı (aspect ratio), uyum sağlayıcı ajan ve diğer katkı maddeleri esas olarak fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkilidir. Kullanım alanına bağlı olarak yukarıda bahsedilen malzeme bileşenlerinden ve üretim yönteminde arzu edilen değişiklikler yapılarak son ürün performansı geliştirilebilmektedir. Mühendislik ürünü bir malzeme olması dolayısıyla kullanım yerine ilişkin detaylar dikkate alınarak üretim reçetesinde maksimum fayda sağlayacak şekilde değişikliğe gidilebilmektedir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak olan malzeme kullanım yerinde ve servis ömrü boyunca basınç, çekme ve eğilme gibi mekanik etkilere maruz kalmaktadır [3]. Ahşap polimer kompozitlerin kullanım alanlarıyla

bakımından genelde plastik kerestelere alternatif olarak düşünüldüklerinden bunların ASTM D 6662 (2001) standardıyla kıyaslanmasında fayda vardır. Bu standard, poliefin plastiklerden elde edilen plastik kerestelerin eğilme direnci değerlerinin ne olması gerektiğini belirleyen bir standarttır. Eğilme direnci değerlerinin en az 6.9 MPa ve elastikiyet modülünün ise 340 MPa olması istenmektedir. Tablo 4'te ahşap polimer kompozitlerin mekanik özelliklerine ait literatürde yapılan çalışmalardan bazıları verilmiştir.

Tablo 4: Ahşap polimer kompozitlerin bazı mekanik özellikleri

| Kompozit içeriği | Eğilme Direnci (N/mm ²) | Elastikiyet Modülü (N/mm ²) | Çekme Direnci (N/mm ²) | Kaynak |
|---------------------|-------------------------------------|---|------------------------------------|--------|
| %70 HDPE+ %30 AU | 17.93 | - | 8.22 | [1] |
| % 70 PP+ % 30 AU | 36.3 | 3511 | 22.1 | [12] |
| % 70 PP+ % 30 AU | 47.1 | 5260 | 28.2 | [13] |

HDPE: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

AU: Ahşap unu

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde ASTM D 6662 de istenilen değerlerin çok üstünde sonuçlar elde edildiği görülebilmektedir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılacak olan ahşap polimer kompozitlerin kullanım yerinde ve servis ömrü boyunca maruz kalacağı yükler dikkate alındığında tabloda verilen değerlerin bu kullanım yerine ilişkin yeterliliği sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda ahşap polimer kompozitlerin mekanik özellikleri esas alınarak düşünüldüğünde dış cephe kaplaması olarak kullanılmasında herhangi bir problem oluşturmayacağı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda ahşap plastik kompozitlerin diğer özelliklerini şu şekilde sıralamıştır [11];

- Rutubete karşı yüksek dirençlidir,
- Yüksek boyutsal stabiliteye sahip olup çalışması çok azdır,
- İsteğe göre boyutlandırılabilir,
- Daha az bakım gerektirir,
- Mantar ve böceklere karşı dayanıklıdır.

Ahşap polimer kompozit üretiminde kullanılan hidrofobik yapıda olan plastik dolayısıyla rutubete ve rutubet değişimlerine karşı oldukça dayanıklıdır. Hidrofob plastik materyal içerisinde iyi bir şekilde kapsüle olmuş lignoselülozik malzeme (ahşap, odun talaşı, yıllık bitki artıkları vb) unları hidrofilik karakterde olmalarına rağmen son üründe kullanım yerinde problem oluşturacak düzeyde çalışma (daralma ve genişleme) göstermez. Bundan dolayı ahşap polimer kompozitler yüksek boyutsal stabiliteye sahiptirler.

Ahşap yapısını oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin dolayısıyla mantar ve böcekler gibi ağaç zararlılarının etkisi ile deformasyona uğraması oldukça yaygın endüstriyel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mantar ve böcekler ahşabın bileşenlerini besin olarak kullanmak suretiyle ahşabı çürütmekte ve özellikle mekanik anlamda ciddi direnç kayıpları oluşturmaktadır. Ahşap polimer kompozit üretiminde kullanılan ahşap unu polimer matris içerisine iyi bir şekilde kapsüle edilmesi halinde ağaç zararlılarının uğrattığı tahribata karşı oldukça dayanıklı bir hal almaktadır. Ancak polimer matris ile ahşap unu arasındaki bağlanmanın ve karışımın iyi bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bunun yanı sıra ahşap polimer kompozitlerin üretim dizaynı içerisine dahil edilecek çeşitli katkı maddeleri sayesinde hem bağlanma artırılabilir hem de bu zararlılara karşı önlemler almak suretiyle daha stabil hale getirilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap polimer kompozitler kendisini oluşturan materyallerden daha üstün özelliklere sahip mühendislik ürünü malzemelerdir. Ahşap polimer kompozitlerin üretiminde kullanılan lignoselülozik esaslı materyallerin sağladığı biyolojik olarak bozunabilirlik ekolojik açıdan bu malzemeye olan ilgiyi her geçen gün arttırmaktadır. Ekolojik olarak çevreye dost malzemelerin pazarda kabul görmesi ve devamlılığının sağlanması her geçen gün daha hayati bir hal almaktadır. Ahşap polimer kompozitlerin bu çalışmaya konu olan dış cephe kaplaması olarak kullanılma potansiyeli malzemenin gösterdiği üstün özellikler nedeniyle oldukça yüksektir. Dış cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap polimer kompozitlerin servis ömrü sonunda geri dönüşüm yoluyla tekrar üretime kazandırılması veya doğaya bırakıldığında biyobozunur karakter göstermesi oldukça büyük bir avantajdır. Katı atık oluşumunun bu şekilde azaltılması her geçen gün daha da bilinçlenen son tüketicilere yönelik önemli bir tercih sebebi olacaktır. Bu şekilde çevre üzerindeki baskı azalacak ve aynı zamanda çevreci bir rol üstlenmiş olunacaktır. Ancak bu noktada gerçekten kafa karıştıran bir sorun da yok değildir. Şöyle ki ahşap polimer kompozitlerin içerisindeki biyobozunur karakterde olan lignoselülozik hammaddeler dolayısıyla ekolojik bir ürün olarak nitelendirilebilir. Bunun yanı sıra bünyesinde bulundurduğu biyolojik olarak degradasyonu oldukça güç olan polimer kısmının ekolojik olarak zararı açıktır. Bundan dolayı ekolojik olarak çevreye dost bir ürün tasarlanacaksa, bu problemin öncelikle giderilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Bundan sonraki aşamada ahşap polimer kompozitlerin dış cephe kaplamalarını da içine alan uygulamalarında doğada biyolojik olarak bozunabilen polimerler kullanılarak üretimi yoluna gidilmesi daha uygun olacaktır. Ancak bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar oldukça yenidir ve daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu konuda araştırmacılara ve devlete çok büyük iş düşmektedir. Araştırmacıların bu konu ile alakalı çalışmalara ivme vermesi, devletin ise yakın zamanda ekolojik ürünlerin üretimine ve teknolojisine altyapı sağlayacak teşvik tedbirlerini alması artık zaruri hale gelmiştir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Karakuş, K. 2008. Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen Atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- [2] www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-4.pdf (Erişim Tarihi: 06.02.2014)
- [3] Gezer, H. 2005. Dış Cephe Kaplamalarında Polimer Esaslı Malzemenin UV, Isı ve Suyun Bileşik Etkisi Karşısında Yüzey Dayanıklılığının Araştırılması, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ABD, İstanbul.
- [4] Ford, M. 1999. Research needs of the woodfiber-plastic composites marketplace, The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, May 26-27 1999, The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 199-201.
- [5] Akbulut, T. 2001. Lif Levha Endüstrisi Ders Notları, 21-24.
- [6] Reddy, N.,Y. Yang, 2005. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications, TRENDS in Biotechnology Vol.23 No.1.
- [7] Mengeloğlu, F., M.H. Alma, 2002. Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2):37-48.
- [8] Backiel, A. 1995. The fiber side of equation, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for Composites, Madison USA, 3-7.
- [9] Ray, D., J. Rout, 2005. Thermoset Biocomposites, In: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites Mohanty, A.K., M. Misra, L.T. Drzal, CRC Press, 291-345, Boca Raton.

- [10] Groom, L.H., S.M. Shaler, L. Mott, 1995. The mechanical properties of individual lignocellulosic fibers, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for Composite, Madison, Wisconsin.
- [11] Aslan, M., 2008. Odun plastik kompozitlerinde geri dönüşüm ve atık malzeme kullanımı. VI. Ulusal orman fakülteleri öğrencileri kongresi, s: 63-67.
- [12] Ayrilmis, N., Kaymakci, A. 2012. Fast growing biomass as reinforcing filler in thermoplastic composites: Paulownia elongata wood, Industrial Crops and Products 43 (2013) 457– 464.
- [13] Ayrilmis, N., Dundar, T., Kaymakci, A., Ozdemir, F., Kwon, J.H. 2014. Mechanical and thermal properties of wood-plastic composites reinforced with hexagonal boron nitride, Polymer Composites, 35(1), DOI 10.1002/pc.22650.