



## Yonga Levha ve Lif Levhaların Su Alma Davranışlarının Dijital Görüntü Korelasyon (DGK) Yöntemi ile Karakterize Edilmesi

Timuçin BARDAK<sup>1\*</sup>, Eser SÖZEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, 74100, BARTIN

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

### Öz

Ahşap esaslı kompozitler, mobilya sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle, mutfak ve banyo dolapları gibi kabin tipi mobilyaların üretiminde; yüzey düzgünlüğü, kolay işlenebilirliği ve temin edilmesi, farklı üst yüzey işlemlerinin rahatlıkla uygulanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle en çok kullanılan malzemelerden biridir. Kullanım yerinde maruz kalacakları ortamın özellikleri, ahşap esaslı kompozit malzemelerin fiziksel özelliklerini, dolayısıyla da performansını etkilemektedir. Bu nedenle üretim sonrasında ahşap esaslı kompozit malzemeler bir dizi fiziksel ve mekanik testlerden geçirilmektedir. Ahşap malzemeler özellikle suya karşı oldukça hassastır. Ahşap esaslı malzemelerin su alma davranışı, mekanik performansları başta olmak üzere birçok özelliğini etkilemektedir. Dijital Görüntü Korelasyonu (DGK) yöntemi, bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda önemli bilgiler ve pratik çözümler sunmaktadır. Bu çalışmada yonga levha (kaplamalı ve kaplamasız) orta yoğunluklu (kaplamasız) lif levhaların (MDF) su alma davranışları dijital görüntü korelasyon yöntemi ile incelenmiştir. Uygulanan yöntem sayesinde kompozit malzemelerin su alma davranışları görselleştirilmiştir. Aynı zamanda geleneksel yöntemler ile belirlenemeyen yer değiştirme ve stres alanlarının detayları DGK ile belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kullanılan ahşap kompozit malzemelerin su alma oranlarında farklar olduğu bulunmuştur. Dijital görüntü korelasyonu yönetimi ile elde edilen sonuçların, deneysel sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yonga levha, MDF, Su alma, Dijital görüntü korelasyonu.

## Characterization of Water Absorption Behavior of Particle Board and Fiber Board by Digital Image Correlation (DIC) Method

### Abstract

Wood-based composites are widely used in the furniture industry. In particular, it is one of the most widely used materials in the production of cabin type furniture such as kitchen and bathroom cabinets, because of its smoothness, easy processability and assurance of different surface treatments. The properties of the environment to be exposed in the place of use have affected the physical properties and therefore the performance of the wood-based composite materials. Therefore, wood-based composite materials are subjected to a series of physical and mechanical tests after the production. Wood materials are particularly sensitive to water. Water absorption behavior of wood based materials affects many properties, mainly mechanical performances. Digital Image Correlation (DIC) method provides important information and practical solutions in scientific and industrial applications. In this study, water absorption behaviors of particle board (coated and uncoated) medium density (uncoated) fiber boards (MDF) were investigated by digital image correlation method. Water treatment behaviors of composite materials are visualized by the applied method. The details of the displacement and stress areas that cannot be determined by conventional methods are also determined by the DIC. When the results were examined, it was found that there were differences in water absorption rates of used composite materials. The results obtained with digital image correlation method were found to be consistent with the experimental results.

**Keywords:** Particle board, MDF, Water absorption, Digital image correlation

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Timuçin BARDAK (Dr.); Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, E-mail: [timucinbardak@gmail.com](mailto:timucinbardak@gmail.com), ORCID: 0000-0002-1403-1049

Geliş (Received) : 10.11.2018  
Kabul (Accepted) : 21.11.2018  
Basım (Published) : 15.12.2018

## 1. Giriş

Türkiye için mobilya endüstrisi, öncü sektörlerden biri olarak tanımlanır (Sözen vd., 2017). Ahşap esaslı kompozitlerden üretilen panel mobilyalar, düşük ve orta gelirli tüketiciler tarafından yaygın olarak tercih edilmektedir. Bilim dünyasında ise bu kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün daha da artmaktadır (Efe ve Kasal 2007). Aynı zamanda tüm dünyada artan çevre bilinci nedeniyle doğal, yenilenebilir ve çevre dostu malzemelerin kullanımı giderek ilgi görmektedir (Kallakas vd., 2018). Türkiye levha sektörü son yıllarda özellikle mobilya endüstrisinde görülen gelişme ve büyümeye paralel olarak, önemli gelişmeler göstermektedir. Bu gelişme sektörde yeni yatırımların oluşumundan çok mevcut yatırımlarda ürün yapısının iyileştirilme-sine ve yeni özellikler kazandırılmasına yönelik genişleme biçiminde görülmektedir (Çabuk vd., 2013; İstek vd., 2017a). Ahşap esaslı kompozitler metaller gibi geleneksel malzemelere kıyasla düşük maliyette olması istenilen kalınlık ve ebatta üretilebilmesi ve işlenebilirliğinin kolay olması gibi birçok avantaja sahiptir. Fakat üretimde kullanılan tutkallara bağlı olarak genellikle kompozitler suya karşı yüksek duyarlılıkları vardır (Moubarik vd., 2013). Ürün kalitesi açısından mobilyayı oluşturan kompozit malzemelerin boyutsal kararlılığı önemli bir özelliktir. Suya ve su almaya karşı dayanıklı olan ahşap kompozitlerin nemli ortamlarda ve su ile temas etmesi muhtemel alanlarda kullanımı artmaktadır. (Ekpunobi vd., 2013). Özellikle mutfak gibi rutubetli ortamlarda müşteri isteklerinin karşılanmasında kullanılan malzemelerin öneminin önemli olduğu bildirilmiştir (İçel vd., 2017). Çünkü levhalarda suyun veya nemin etkisi ile oluşan çatlaklar bu malzemelerden üretilen ürünlerin kullanım ömrünü azaltmaktadır. Ahşap esaslı levhalarda yoğunluğun artmasıyla, mekanik özelliklerin arttığı belirtilirken, su alma ve kalınlığa şişme oranlarının sadece yoğunluğa bağlı olmayıp, kullanılan yonga (ağaç) türü, yonga boyutu gibi diğer faktörlerin de etkili olduğu Gündüz ve Masraf (2005) tarafından bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise İstek vd. (2017b), yonga levhalarda alt ve üst yüzey yonga miktarlarında azalmaların, levhanın su alma ve kalınlığa şişme özelliklerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Bardak vd. (2017), masif ve kontrplaklarda eğilme direncini incelediği çalışmalarında, deformasyonun belirlenmesinde dijital görüntü korelasyonu kullanmışlardır. Çalışma sonucunda eğilme direncinde meydana gelen deformasyon değerlerini ve gerilmeleri görselleştirerek sunmuşlardır. Bir başka çalışmada ise Zor vd. (2016), göknar ve sarıçam odunlarından elde edilen lamine ahşap malzemede eğilme direncini inceledikleri çalışmalarında, geleneksel yöntem ve dijital görüntü korelasyonu ile elde edilen verileri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda geleneksel yöntem ile elde edilen sonuçlar ile dijital görüntü korelasyonu ile elde edilen sonuçlar arasında %5,26 oranında fark olduğunu ve bunun kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu bildirmişlerdir. Nemli (2003), dış ve orta tabakadaki yonga miktarının 30:70'den (d:o) 45:55'e çıkarılmasıyla fiziksel ve mekanik özelliklerin geliştiğini, bu durumun ise dış tabakalarda daha fazla yonga kullanılmasıyla oluşan daha yoğun tabakadan kaynaklandığını bildirmiştir.

Bilim dünyasında her alanda veriler toplanmakta ve farklı amaçlar için farklı yöntemlerle değerlendirilmektedir (Bardak vd., 2018; Avcı vd., 2018). Mekanik bilimde dijital görüntü korelasyonu (DGK) yöntemi yer değiştirme ve gerinim ölçümleri için uzun yıllardır kullanılmaktadır (Nowak ve Maj 2018). Aynı zamanda, kullanılabilirliği, basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle en popüler muayene yöntemlerinden biri haline gelmiştir (Skarzyński ve Suchorzewski 2018). Bu yöntem diğer geleneksel yöntemlerden farklı olarak daha detaylı bilgiler verebilmekte ve sonuçlar daha anlaşılır bir şekilde görselleştirilebilmektedir. Aynı zamanda su altı yüksek sıcaklık gibi zorlu ortam şartlarında ölçüm yapılabilmektedir. Herhangi bir malzemede yer değiştirme ve gerinim alanları, DGK tekniği kullanılarak kesin olarak belirlenebilir. Genel olarak, DGK yöntemi referans görüntüdeki benekler ile yer değiştirme sonucu konumu değişen beneklerin eşleştirilmesine dayanmaktadır (Zhao vd., 2018). Siyah ve beyaz gibi benekler ve malzeme yüzeyi arasında yüksek kontrast olması istenir. Bu sayede beneklerin takip edilmesi daha kolay olmaktadır. LED ışıkları, disk üzerindeki leke boyası modelinin kamera tarafından tanımlandığından emin olmak için örnek diskle dengelenmektedir. Noktaların takip edilmesi için matematiksel korelasyon denklemleri kullanılmaktadır (Pan vd., 2009; Vora vd., 2018).

Bu çalışmada, dijital görüntü korelasyonu yönetimi ile yonga levha ve lif levhaların su alma davranışları incelenmiştir. Çalışma ile levhaların farklı bölgelerindeki su alma potansiyelleri belirlenerek görselleştirilmiştir. Orman ürünleri sanayiinde ahşap malzemelerin fiziksel özellikleri genellikle geleneksel yöntemlerle belirlenmektedir. Çalışma sonucunda, geleneksel yöntemlerle elde edilemeyen detay bilgiler, dijital görüntü korelasyonu yönetimi ile belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### Materyal

Çalışmada orta yoğunlukta lif levha, kaplamalı ve kaplamasız yonga levha olmak üzere üç farklı ahşap esaslı levha

kullanılmıştır. Deneyde kullanılan levha plakları 183 x 366 x 1,8 cm ebatlarında piyasadan temin edilmiştir. Her gruptan rastgele 10 adet deney örneği alınmış seçilerek su alma ve kalınlığına şişme özellikleri incelenmiştir. Tablo 1’de deneylerde kullanılan örnek grupları, sayısı ve kodları gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan örnek grupları, sayısı ve kodları

Levha Türü	Örnek Sayısı	Grup Kodları
Yonga levha	10	YL
Kaplamalı yonga levha	10	KYL
Orta Yoğunlukta lif levha	10	LL

## Metot

### Yoğunluk

Numune alma, kesme ve muayene işlemleri TS EN 326-1 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İlgili standarda göre 5x5x1,8 cm ebatlarına getirilen örnekler, iklimlendirme kabiniinde  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nem değerlerinde ağırlığı değişmeye kadar bekletilmiştir. Denge rutubet değerlerine ulaşan örnekler üzerinde yoğunluk tayini TS EN 323 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin yoğunluklarının hesaplanmasında aşağıda formül kullanılmıştır.

$$D = \frac{Mr}{axbxc} \left( \frac{gr}{cm^3} \right) \quad (1)$$

$D$ = Yoğunluk ( $gr/cm^3$ )

$Mr$ = Hava kurusu ağırlık

$a$ =Örnek genişliği (cm)

$b$ =Örnek uzunluğu (cm)

$c$ = Örnek kalınlığı (cm)

### Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranı

5x5x1,8 cm boyutlarında kesilen ahşap esaslı levhalar, derin plastik kap içerisinde  $20 \pm 2$  °C sıcaklıktaki suya tamamen daldırılmıştır. Örneklerin suyun kaldırma kuvvetiyle yukarı çıkmaması için suyun üst kısmına çelik tel yerleştirilmiş ve blok halindeki taşlar ağırlık olarak kullanılmıştır. 2 saat boyunca suda bekletilen örnekler, sudan çıkarıldıktan sonra yüzeyindeki sular peçete yardımıyla silinmiş ve ağırlıkları ölçülmüştür. TS EN 317 (1999) standardına göre su alma oranları belirlenmiştir. Su alma oranını belirlemek için aşağıdaki formülden faydalanılmıştır.

$$p (\%) = \frac{M_s - M_0}{M_0} \times 100 \quad (2)$$

$p$ =Su alma oranı (%)

$M_0$ = Malzemenin ilk ağırlığı (gr)

$M_s$ = Malzemenin suda bekleme sonrası ağırlığı (gr)

2 saat süre ile sıcaklığı 20°C olan su içerisine tamamen batırılmış aynı örnekler üzerinde kalınlığına şişme oranları da belirlenmiştir. Bu amaçla 5x5 cm ölçülerindeki örneklerin dört farklı yerinden kalınlık ölçümü yapılmıştır. Örneklerin kalınlığına şişme değişimleri (EN 318, 2002), standardına göre belirlenmiştir.

$$q (\%) = \frac{M_s - M_0}{M_0} \times 100 \quad (3)$$

$q$ =Kalınlıkça şişme miktarı (%)

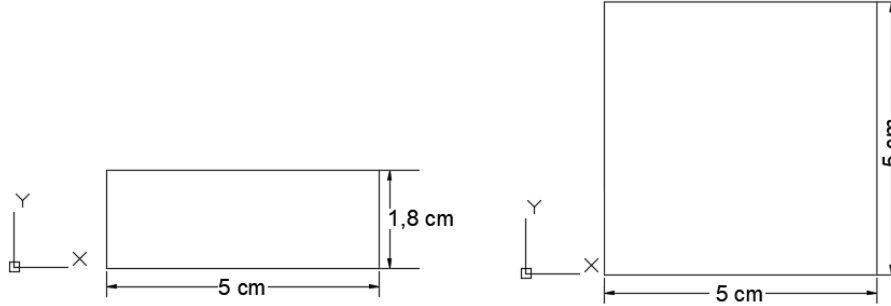
$M_0$ = Deney öncesi kalınlık (mm)

$M_s$ = Gözlem anındaki kalınlık (mm)

### Dijital Görüntü Korelasyon (DGK) Ölçümü

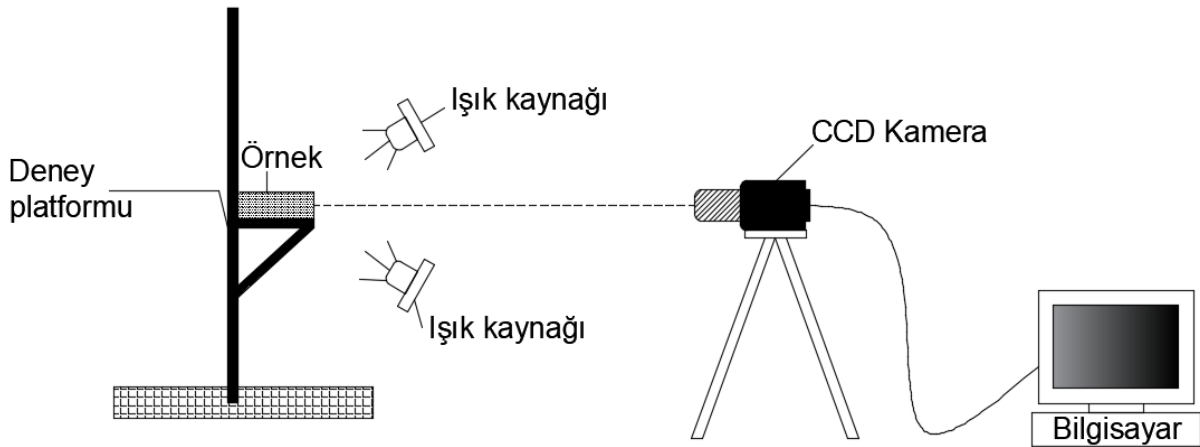
Bu çalışmada, 1628 x 1236 çözünürlüğe sahip endüstriyel kamera (Basler ace camera, acA1600-20gc)

kullanılmıştır. DGK yöntemi için ihtiyaç duyulan desenler, görüntüler alınmadan önce malzeme yüzeyinde rastgele oluşturulmuştur. Bu işlem için siyah renkli yağlı boya ve desen oluşturmaya uygun bir fırça kullanılmıştır. İlk görüntü, numuneler suya yerleştirilmeden hemen önce alınmıştır. Daha sonra 2 saat suda bekletilen örneklerden ikinci görüntüler toplanmıştır. Çalışmada malzeme yüzeyindeki rastgele desenlerin kamera tarafından tam olarak tanımlanabilmesi için led ışıklar kullanılmıştır (Nath et al. 2018). Örneklerin su alma davranışları iki boyutlu düzlem (x ve y) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de, çalışmada kullanılan düzlemler gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan düzlemler

Georgia Institute of Technology üniversitesi tarafından geliştirilen MATLAB® tabanlı, açık kaynak kodlu Ncorr yazılımı kullanılarak kompozit malzemelerde su alma sonucu oluşan yer değiştirme ve gerilme dağılımları belirlenmiştir (Harilal et al. 2015). Şekil 2’de DGK yöntemi için hazırlanan deney düzeneği gösterilmiştir.



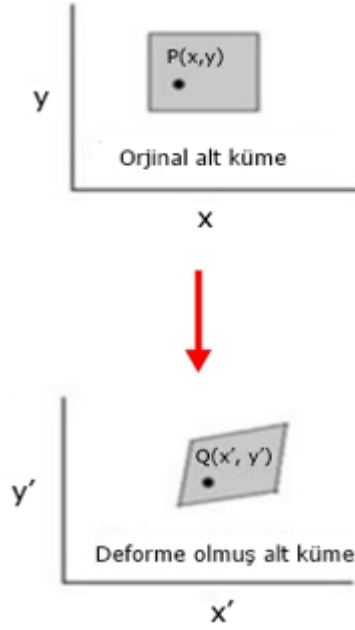
Şekil 2. DGK yöntemi için hazırlanan deney düzeneği

Yazılım bir numunenin iki veya daha fazla görüntüsünü karşılaştırabilir. Çalışma kapsamında her bir örnek için, su alma öncesi ve su alma sonrası olmak üzere iki adet görüntü alınıp karşılaştırmalar yapılmıştır. Yer değiştirme ve gerilme haritalarının oluşturulması şablon eşleştirme yöntemine dayanmaktadır. Bu amaç için korelasyon denklemlerinden faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$x_q' = x_q + u_p = \frac{\partial u_p}{\partial x} \Delta x_q + \frac{\partial u_p}{\partial y} \Delta y_q$$

$$y_q' = y_q + v_p = \frac{\partial v_p}{\partial y} \Delta y_q + \frac{\partial v_p}{\partial x} \Delta x_q$$

Formülde P'nin x ve y bileşenlerinin yer değiştirme vektörleri,  $u_p$  ve  $v_p$  olarak gösterilmiştir. Yükleme öncesi Q'nun koordinatları  $x_q$  ve  $y_q$  olarak verilmiştir (Berfield vd., 2007). DGK yönteminin temel prensibi olan referans ve deforme olmuş (aranan) görüntüdeki aynı piksel noktasının izlemesini anlatan şema, Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. DGK yönteminin temel prensibi (Pan vd., 2009).

Levhalarda su almanın etkisini anlamak için, her bir numune DGK yöntemi ile incelenmiştir. Bu sayede levhaların davranışları hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### Fiziksel özellikler

Çalışmada kullanılan levhalara ait yoğunluk değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek yoğunluk orta yoğunluklu lif levhalarda, en düşük yoğunluk ise yonga levhalarda görülmektedir. Elde edilen değerlerin literatürde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür. Akkılıç (2004), Kaplamalı yonga levhaların yoğunluklarının kaplamasız yonga levhalara göre daha yüksek olduğunu, bunun nedeninin ise kaplanan melaminli kağıt ve yapıştırıcı olarak kullanılan tutkalların yoğunluklarından kaynaklandığını bildirmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan levhaların yoğunluk değerleri

Örnek Kodu	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
YL	0,61
KYL	0,63
LL	0,73

Tablo 3’te suda bekletme sonrasında levhalarda meydana gelen kalınlık ve ağırlık değişimleri gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Çalışmada kullanılan levhaların kalınlık ve ağırlık değişimleri

Örnek Kodu	Süre (Saat)	Kalınlık (%)	Ağırlık (gr)
YL	2	10,40	15,19
KYL	2	9,28	12,80
LL	2	1,76	1,42

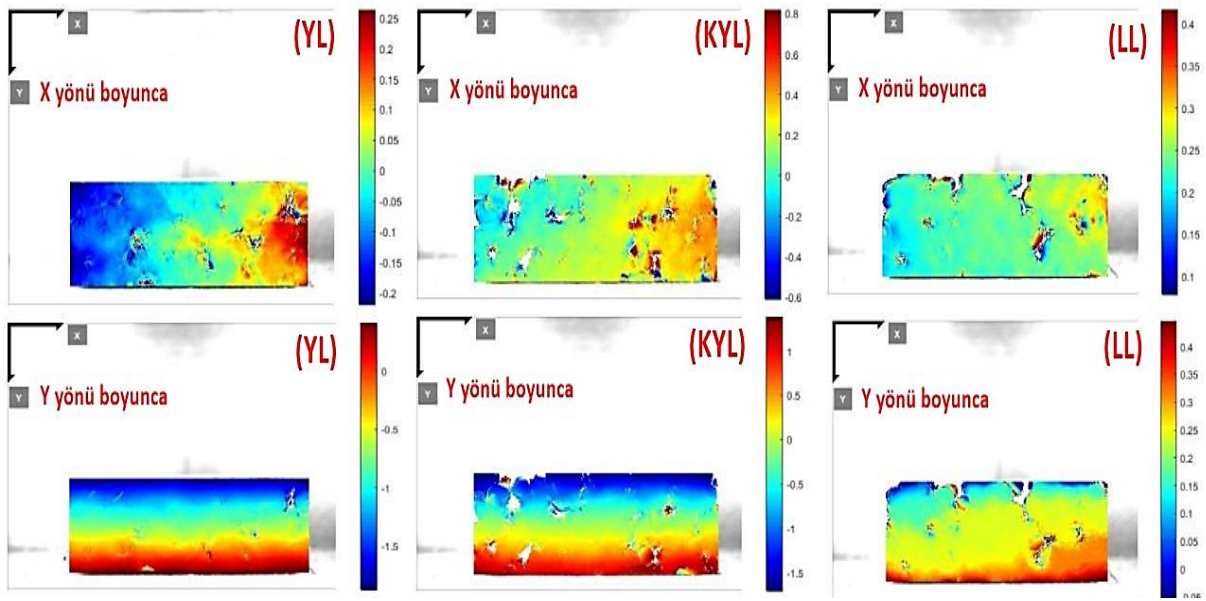
Su alma testi sonuçlarına göre, yonga levha diğer kompozit malzemelere göre daha yüksek su alma değerlerine sahiptir. Yonga levhanın kalınlık artışı %10,40 olarak belirlenmiştir. Bu değer kaplamalı yonga levhada %9,28, lif levhada %1,76 olarak ölçülmüştür. Ağırlık değişimleri de bu oranlarla orantılı olarak gerçekleşmiştir. Bu

değerlerin oluşmasında en önemli etken yoğunluk olarak görülmektedir. Yoğunlukları birbirine yakın olan yonga levhalarda (kaplamalı/kaplamasız) birbirine yakın değerlerin elde edildiği görülmüştür.

Yoğunluk birçok materyal için en önemli kavram olarak görülmektedir. Ahşap esaslı levhaların da fiziksel, mekanik ve işleme gibi özelliklerini etkilemektedir. Ahşap esaslı levhalarda yoğunluğun artması, su alma ve kalınlığına şişme özelliğini olumsuz etkilerken, mekanik özellikleri arttırmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan ahşap esaslı levhalarda ise işleme zorluğu ortaya çıkmaktadır (Güler, 2015).

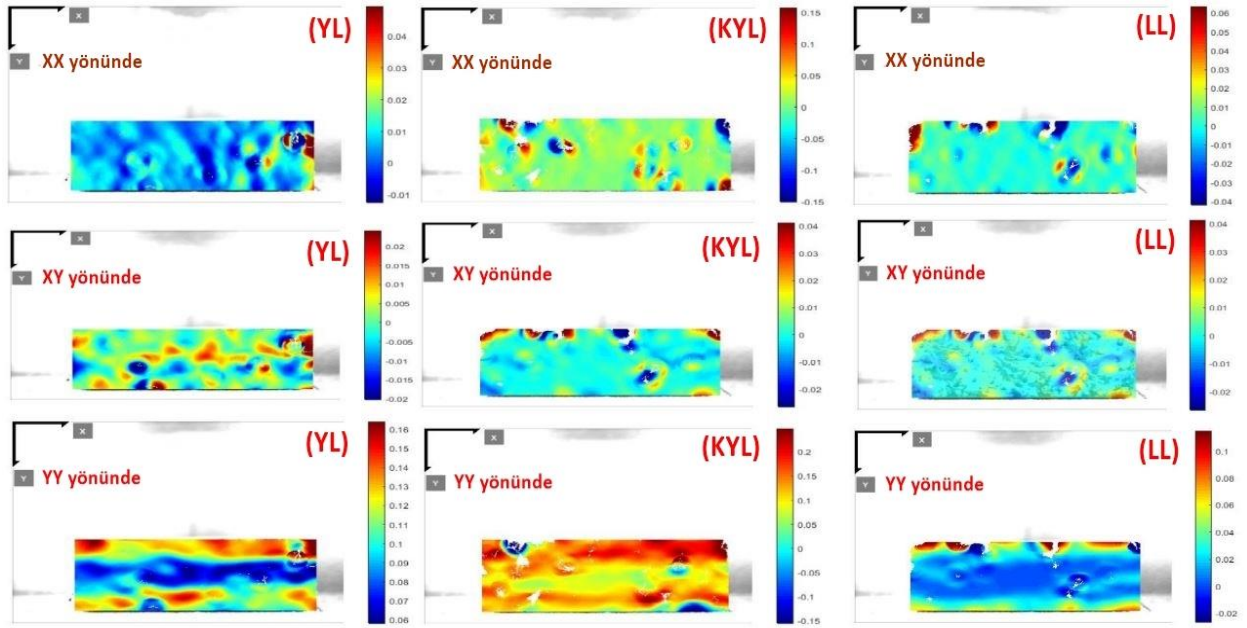
#### Ahşap kompozitlerin su alma davranışları

Çalışma kapsamında ahşap kompozit malzemelerin su alma davranışları, malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemede yaygın olarak kullanılan DGK yöntemi ile belirlenmiştir. Kullanılan bu yöntem ile malzemelerin tüm yüzeyi veya istenen alanlar incelenebilmekte ve elde edilen veriler görsel olarak sunulabilmektedir. Şekil 4'te, su alma testi sonunda kompozit malzemelerin (Yonga levha/YL, Kaplamalı yonga levha/KYL, lif levha/LL) x ve y yönlerinde kalınlık artışında meydana gelen yer değiştirmeler (mm) gösterilmiştir.



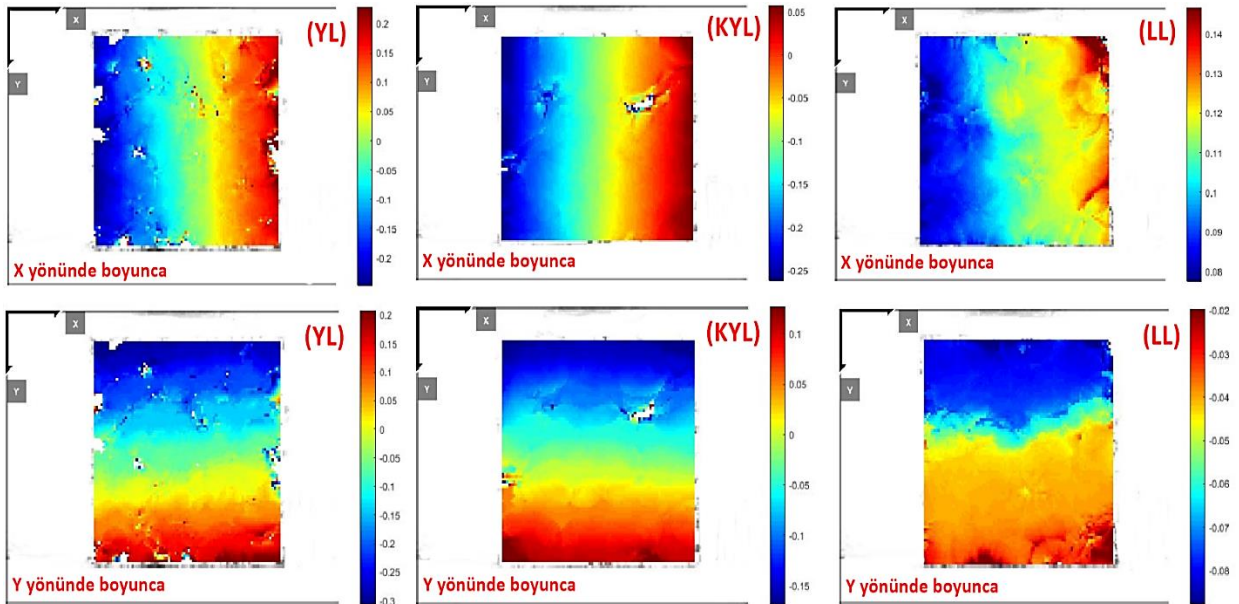
Şekil 4. Su alma testinde x ve y yönlerinde kalınlık artışında meydana gelen yer değiştirmeler (mm)

Şekil 4'te, DGK görüntüleri incelendiğinde x yönü boyunca kaplamalı yonga levha ve orta yoğunlukta lif levha, yonga levhaya göre yer değişim alanları daha homojen olduğu görülmektedir. Bu durum kaplamalı yonga levhalarda kaplama malzemesinin yer değiştirme dağılımları üzerine olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Orta yoğunlukta lif levhalar beklendiği gibi diğer kompozitlerden daha homojen dağılımlar göstermiştir. Bu orta yoğunlukta lif levhalar üretilirken kullanılan liflerin benzer özelliklere sahip olması ile açıklanabilir. Y yönü boyunca sonuçlar incelendiğinde kaplamalı yonga levha ve yonga levhanın yer değiştirmeler üç ana alana bölüldüğü görülmektedir. Bu durum üst tabakalarda kullanılan yonga ve orta tabakalarda kullanılan yongalar arasındaki farktan oluştuğu düşünülmektedir. Kaplamalı yonga levhalarda alt ve üst tabaka eşit oranda yer değiştirdiği görülmektedir. Bu da kaplamalı yonga levhaların bir diğer avantajı olarak düşünülebilir. Şekil 5'te su alma testinde kalınlık artışı için kompozit malzemelerden elde edilen  $\epsilon_{xx}$  (x yönünde),  $\epsilon_{xy}$  (kesme) ve  $\epsilon_{yy}$  (y yönünde) gerilme dağılımları ayrıntılı olarak görselleştirilmiştir.



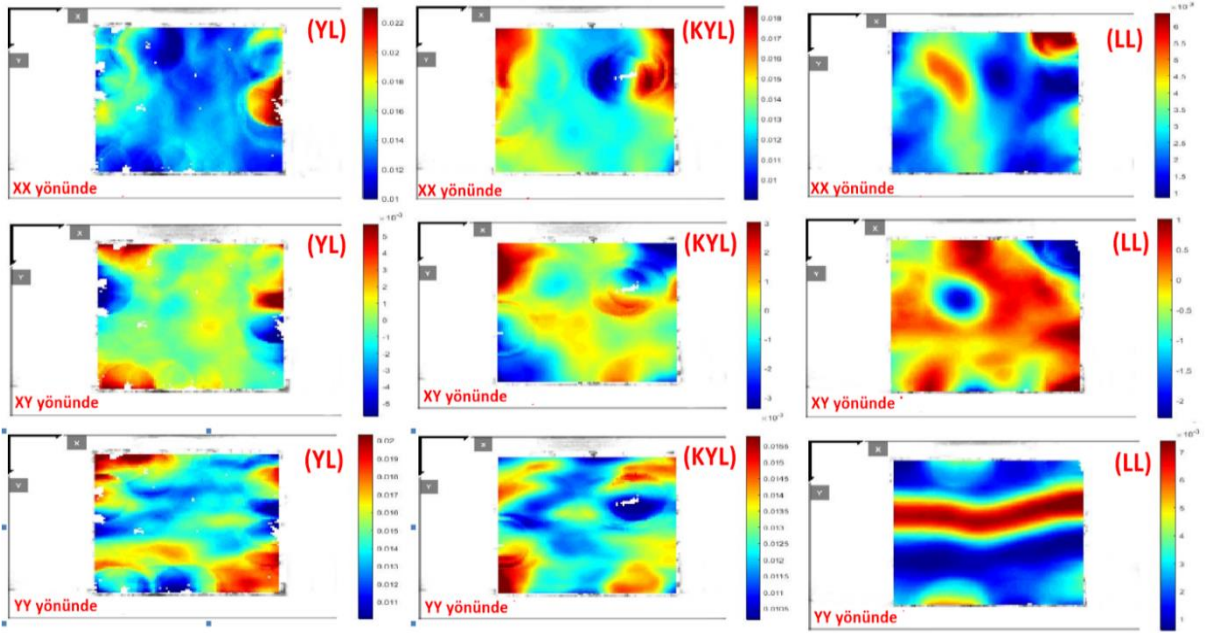
Şekil 5. Su alma testinde kalınlık artışı için kompozit malzemelerde elde edilen  $\epsilon_{xx}$  (x yönünde),  $\epsilon_{xy}$  (kesme) ve  $\epsilon_{yy}$  (y yönünde) yönlerinde meydana gelen yer değiştirmeler

Gerilim alanları incelendiğinde kaplamalı yonga levha ve yonga levha benzer özellikler gösterirken orta yoğunlukta lif levhalar daha homojen bir dağılım gözlemlenmektedir. Bu durum orta yoğunlukta lif levhaların üretim tekniklerindeki farklılıktan dolayı oluştuğu düşünülmektedir. Şekil 6'da su alma testinde genişlik artışı için kompozit malzemelerden elde edilen x ve y yönlerinde boyunca yer değiştirmeler (mm) gösterilmiştir.



Şekil 6. Su alma testinde kalınlık artışı için kompozit malzemelerde elde edilen x ve y yönlerinde boyunca yer değiştirmeler (mm)

Yer değiştirme sonuçları x yönü boyunca incelendiğinde alanların dağılımı bakımından kaplamalı yonga levha ve yonga levha benzer özellikler göstermektedir. Fakat gerilim miktarı açısından yonga levha daha homojen olduğu görülmektedir. Orta yoğunlukta lif levha diğer kompozitlerden farklı olarak gerilim iki ana alana ayrılmıştır. Bu durum Orta yoğunlukta lif levhanın homojen bir malzeme olması ile açıklanabilir. Şekil 7'de su alma testinde genişlik artışı için kompozit malzemelerden (Yonga levha, Kaplamalı yonga levha, Orta yoğunlukta lif levha) elde edilen  $\epsilon_{xx}$  (x yönünde),  $\epsilon_{xy}$  (kesme) ve  $\epsilon_{yy}$  (y yönünde) gerilme dağılımları ayrıntılı olarak görselleştirilmiştir.



Şekil 7. Su alma testinde genişlik artışı için kompozit malzemelerde  $\epsilon_{xx}$  (x yönünde),  $\epsilon_{xy}$  (kesme) ve  $\epsilon_{yy}$  (y yönünde) meydana gelen yer değiştirmeler

Sonuçlar incelendiğinde genel olarak gerilim dağılımı açısından tüm kompozit levhalar benzer özellikler göstermiştir. Fakat orta yoğunlukta lif levha  $\epsilon_{yy}$  (y yönünde) diğer kompozitlerden farklı olarak gerilim orta kısımda yoğunlaşmıştır. Tablo 4’de deneysel ve DGK yöntemi ile elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 4. Deneysel ve DGK yöntemi ile elde edilen ortalama değerlerin karşılaştırılması

Örnek Kodu	Kalınlık Artışı (mm)		
	Deneysel Yöntem	DGK Yöntem	Fark (%)
YL	1,9	1,83	3,68
KYL	1,73	1,63	5,78
LL	0,34	0,32	5,88

Tablo 4’ de görüldüğü gibi deneysel ve DGK yönteminin sonuçlarının birbiri ile uyumludur. Bu durum kompozit malzemelerde (Yonga levha, Kaplamalı Yonga levha, Orta Yoğunlukta Lif levha) su alma davranışlarını incelemek için uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Dijital görüntü korelasyon yöntemi kullanılarak, yonga levha, kaplamalı yonga levha ve orta yoğunlukta lif levhaların yer değiştirme ve gerilim alanları elde edilmiştir. Çalışma sonucu yonga levha, kaplamalı yonga levha ve orta yoğunlukta lif levhaların davranışları arasındaki farklar açıkça gösterilmiştir. Levhaların kaplamalı ya da kaplamasız olmasının gerilim ve yer değiştirme üzerinde etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Genel olarak DGK görüntülerine göre orta yoğunluklu lif levhalarda yer değiştirme ve gerilimin daha homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Aynı zamanda kaplama malzemesinin kalınlık artışında gerilim dağılımı açısından olumlu bir etkisi olduğu saptanmıştır. Fakat genişlik artışı açısından gerilim miktarı üzerine olumsuz bir etki görülmüştür. Ahşap kompozitlerin su alma davranışlarını anlamak fiziksel özelliklerinin optimizasyonu açısından oldukça önemlidir. Deneysel sonuçlar ve DGK yönteminin sonuçları birbiri ile uyumlu bulunmuştur. Bu sonuçlar ahşap kompozitler üzerine yapılan fiziksel testler için DGK yönteminin uygun olduğunu göstermektedir. Bu yöntem sayesinde geleneksel testler ile elde edilemeyen ayrıntılı bilgiler elde edilebilmektedir. Ahşap endüstrisinde bu konu üzerine yapılan bilimsel çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu alanda yapılacak orijinal ve yeni çalışmalar ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek çalışmalarda farklı üretim koşullarının kompozit malzemelerin su alma davranışı üzerindeki etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmesi planlanmaktadır. Bu sayede nemin etkisinden daha az etkilenen levhalar üretilmesi sağlanabilir.



## Kaynaklar

- **Akkılıç H. (2004).** Farklı yüzey malzemeleri ile kaplanan yonga levhaların teknolojik özellikleri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 54(2), 109-129.
- **Avcı Ö, Bardak T, Bardak S, Akkaya Y. (2018).** Evaluation of Employee's Happiness by Data Mining and Statistical Methods in the Process of Internal Public Relations. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April, pp.29-32, Kastamonu/Turkey.
- **Bardak S, Bardak T, Avcı Ö, Akkaya Y. (2018).** Evaluation of Learning Forms of Students Based on Data Mining: Bartın Vocational School Example. International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April, pp.25-28, Kastamonu/Turkey.
- **Cabuk Y, Karayılmazlar S, Onat SM, Kurt R (2013).** Econometric modeling and projection of production, import and export of particle board industry in Turkey. International Journal of Physical Sciences, 8(5), 199-209.
- **Efe H, Kasal, A. (2007).** Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi,” Politeknik Dergisi, 10(3), 303–311.
- **Ekpunobi U, Eboatu AN, Okoye PA. (2013).** Comparative Study on the Effect of Density on Water Absorption of Particle Boards Produced from Nipa Palm Fibres with HDPE Wastes. Pertanika Journal of Science and Technology, 21(2), 499–506.
- **EN 318 (2002).** Wood-based panels – Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity
- **Güler C. (2015).** Farklı Kalınlıklarda Üretilmiş Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. Ormancılık Dergisi, 11(1), 52-63.
- **Gündüz G, Masraf Y (2005).** Üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 7(8), 49-57.
- **Harilal R, Vyasarayani CP, Ramji M. (2015).** A linear least squares approach for evaluation of crack tip stress field parameters using DIC. Optics and Lasers in Engineering, 75, 95–102.
- **İçel B, Kayahan K, Avcı Ö. (2017).** Yeni Tasarlanacak Mutfak Masa ve Sandalyelerinde Kullanıcı Beklentilerinin Belirlenmesi: Bartın İli TOKİ Konutlarına Yönelik Bir Araştırma. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 19(2), 144-152.
- **İstek, A, Özlüsoylu, İ, Kızılkaya A. (2017a).** Türkiye Ahşap Esaslı Levha Sektör Analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 132-138.
- **İstek A, Kurşun C, Aydemir D, Köksal SE, Kelleci O. (2017b).** Yüzey Tabaka Yonga Oranının Yonga Levha Özelliklerine Etkisi. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 19(1), 182-186.
- **Kallakas H, Närepe M, Närepe A, Poltimäe T, Kers J. (2018).** Mechanical and physical properties of industrial hemp-based insulation materials. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Teaduste Akadeemia Kirjastus, 67(2), 183–192.
- **Moubarik A, Mansouri HR, Pizzi, A. (2013).** Improving UF particleboard adhesives water resistance by small albumin and sunflower oil additions. European Journal of Wood and Wood Products, 71(2), 277–279.
- **Nath F, Kimanzi RJ, Mokhtari M, Salehi S. (2018).** A novel method to investigate cement-casing bonding using digital image correlation. Journal of Petroleum Science and Engineering, Elsevier, 166, 482–489.
- **Nemli G. (2003).** Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured from Alder (*Alnus glutinosa* subsp. Barbata), Turk J Agric For 27: 99-104.
- **Nowak M, Maj M. (2018).** Determination of coupled mechanical and thermal fields using 2D digital image correlation and infrared thermography: Numerical procedures and results. Archives of Civil and Mechanical Engineering, Elsevier, 18(2), 630–644.
- **Pan B, Qian K, Xie H, Asundi A. (2009).** Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review. Measurement Science and Technology, IOP Publishing, 20(6), 062001.
- **Skarżyński Ł, Suchorzewski, J. (2018).** Mechanical and fracture properties of concrete reinforced with recycled and industrial steel fibers using Digital Image Correlation technique and X-ray micro computed tomography. Construction and Building Materials, 183, 283–299.
- **Sözen E, Bardak T, Peker H, Bardak S. (2017).** Apriori Algoritması Kullanılarak Mobilya Seçimde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3), 679–684.
- **TS EN 317 (1999).** Su içersine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, Yonga levhalar ve Lif Levhalar, Ankara. Nisan 1999.
- **TS EN 323 (1999).** Birim ağırlığının tayini, Ahşap Esaslı Levhalar, Ankara. Nisan 1999
- **TS EN 326-1 (1999).** Ahşap esaslı levhalar-Numune alma kesme ve muayene, Ankara. Nisan 1999.
- **Vora SR, Bognet B, Patanwala HS, Young CD, Chang SY, Daux V, Ma AWK. (2018).** Global strain field

mapping of a particle-laden interface using digital image correlation. *Journal of Colloid and Interface Science*, Academic Press, 509, 94–101.

- **Zhao X, Wen Y, Zhao J, Zhao D. (2018).** Study of the quality of wood texture patterns in digital image correlation. *Optik, Urban & Fischer*, 171, 370–376.
- **Zor M, Sozen E, Bardak T. (2016).** Lamine Ahşap Malzemenin Mekanik Performansları ve Görüntü Analizi Yöntemiyle Eğilme Direnci Testinde Deformasyonun Belirlenmesi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2), 126-136.