

Çimentolu odun kompozit malzemeye eklenen katkı maddesinin levha özelliklerine etkisi

Gonca Düzkale Sözbir^{a,*}, İbrahim Bektaş^b, Müberra Demirbük^b

Özet: Çimentolu odun kompozitleri, çimentonun iyi niteliklerini ve ahşabın yüksek avantajlarını birleştirerek rutubet ve yangın direnci yüksek, işlenebilmesi kolay, mantar ve termitlere karşı yüksek mukavemet özellikleri göstermesi nedeniyle, lignoselülozik katkılı levhalar içerisinde yüksek dayanımlı malzemeler arasında önemli yapmaktadır.

Yapılan çalışmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu kereste atıkları çimento miktarına göre %20 oranında kullanılarak ve katkı maddesi olarak %2.5, %5 ve %10 oranında aktif odun karbon eklenerek kompozit levhalar üretilmiş ve farklı oranlardaki aktif karbonun levha özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çimentolu odun kompozit levhalarının rutubet; tam kuru yoğunluk (g/cm^3), hava kuru yoğunluk (g/cm^3), su alma, kalınlık artımı, eğilme direnci (N/mm^2), elastikiyet modülü (N/mm^2) ve ısı iletim katsayısı değerleri belirlenmiştir. Üretilen levhalar içerisine eklenen aktif karbon miktarı arttıkça, rutubet, su alma ve kalınlık artımı miktarının arttığı, tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerden çivi tutma direnci üzerine herhangi bir etkisi görülmezken, vida tutma direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerini arttırmıştır. Ayrıca katkı maddesinin ısı iletim katsayısı değerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, Çimento, Aktif karbon, Fiziksel ve mekanik özellikler

Effect of additive added to cemented wood composite material on board properties

Abstract: Cemented wood composites are among the high strength materials formed by combining the good qualities of cement and the high advantages of wood compared to other traditional materials and it is high moisture and fire resistance, easy to workability, high resistance to fungus and termites.

In the study, composite boards were produced by using 20% of red pine wood timber wastes according to the amount of cement and by adding 2.5%, 5% and 10% active wood carbon as an additive, and the effect of different ratios of activated carbon on the board properties was investigated. The humidity, oven dry density (g/cm^3), air dry density (g/cm^3), water absorption, thickness swelling, bending strength (N/mm^2), modulus of elasticity (N/mm^2) and heat transmission coefficient values of the cemented wood composite board were determined. It was determined that as the amount of activated carbon added to the produced boards increased, the amount of moisture, water absorption and thickness swelling increased, and the amount of full dry density and air dry density decreased. While there was no effect on the nail holding resistance from mechanical properties, it increased the screw holding resistance, bending resistance and modulus of elasticity values. In addition, it was determined that the additive decreased the heat transfer coefficient value.

Keywords: Red pine, Cement, Activated carbon, Physical and mechanical properties

1. Giriş

Ahşap çimento kompozit malzemelerinin levha taslağı haline getirilmesinde genel olarak mineral bağlayıcı olarak Portland çimentosu ile karıştırılır ve inşaat endüstrisinde kullanılan paneller, tuğlalar, fayanslar ve diğer ürünler haline getirilirken birçok ahşap şeritleri, parçacıkları veya lifleri katkı maddesi olarak kullanılır (Semple ve Evans, 2004). Çimento odun kompozit malzeme üretiminde pirinç kabuğu ve samanı, buğday samanı, küspe, palmye yaprağı, fındık kabuğu ve talaş gibi atıklar (Karade, 2010), çeşitli odun atıkları ayrıca farklı katkıları (Christy ve Tensing, 2010; Subaşı vd., 2011) ve sertleştiriciler (Zhengtian ve Moslemi, 1985) konularında araştırmalar yapılmıştır.

Çimentolu odun kompozitlerinin, diğer geleneksel malzemelere göre en önemli avantajları çimentonun iyi niteliklerini (iyi ses yalıtımıyla birlikte nispeten yüksek su direnci, yangın mantarı ve termit istilası) ve ahşabın yüksek mukavemet (mukavemet/ağırlık) oranı, çivilenebilirlik ve işlenebilirlik gibi özelliklerini birleştirerek yeni bir ürüne dönüşmesidir (Basri vd., 1999; Magin, 2001; Gündüz vd., 2018). Bu yeni ürün, çürümeye (yani küf, çürüme, deliciler ve termitler) ve yanmaya karşı, reçine bağlı levhalardan veya masif ahşaptan çok daha üstün yapmaktadır (Dinwoodie ve Paxton, 1991; Goodell vd., 1997; Ramirez-Coretti vd., 1998). Ayrıca bu malzemeler, mevcut ahşap veya bitki atık kaynaklarının, biçilmiş kereste veya geleneksel reçine bağlı ahşap kompozitlerin üretimi için uygun olmadığı durumlarda

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Bölümü, Kahramanmaraş

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Onikişubat, Kahramanmaraş

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): goncaduzkale@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 31.12.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 28.02.2022



Citation (Atf): Düzkale Sözbir, G., Bektaş, İ., Demirbük, M., 2022. Çimentolu odun kompozit malzemeye eklenen katkı maddesinin levha özelliklerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 23(1): 64-68.
DOI: [10.18182/tjf.1048810](https://doi.org/10.18182/tjf.1048810)

da üretilebilirler (Ledhem vd., 2000). Ayrıca bu levhalar üretim sırasında çevreye zararlı toksik etki yaymazlar (Van Elten, 2000). Ahşap-çimento kompozitleri, yapı malzemeler (örneğin, dış cephe kaplaması, çatı kaplama, kaplama, çit ve alt döşeme) için mukavemet özellikleri ve otoyol ses bariyerleri gibi akustik özellikleri nedeniyle birçok ülkede hem iç hem de dış uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Kasai vd., 1998; Gündüz vd., 2018).

Yapılan çalışmada, portland çimentosu içerisinde %20 oranında karıştırılan kızılçam odun talaşı ve belirli oranlarda karıştırılan aktif odun karbonunun, üretilen levhanın fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri ve ısı iletim katsayısı üzerine etkileri ortaya konmuştur.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çimentolu odun levhaların yapımında kullanılan kızılçam odunu talaşı artığı Kahramanmaraş Odun sanayisinden kereste atığı olarak temin edilmiştir. Çimento olarak Portland 42.5 çimentosu (3150 kg/m³) Kipaş Çimento Sanayi Tic. AŞ.' den elde edilmiştir. Çimentolu levha üretiminde katkı maddesi olarak odun bazlı aktif karbon, Tarkim karbon şirketinden Carbon-300 (300-325 kg/m³) kodu ile temin edilmiştir. Sertleştirici olacak CaCl₂ (kalsiyum klorür) kullanılmıştır.

2.2. Çimentolu levha taslağının hazırlanması

Çimentolu odun levhası üretiminde, her bir levha türünde kullanılacak kızılçam odun talaşının %20 ye kadar rutubeti arttırılmıştır. Her bir levha için hesaplanan miktarda alınan çimento, aktif karbon, su ve sertleştirici kalsiyum klorür homojenlik sağlanıncaya kadar karıştırılmış, daha sonra karışıma odun yongaları ilave edilerek tekrar homojen karışım sağlanıncaya kadar (15 dakika) karıştırma işlemine devam edilmiştir. Hazırlanan çimentolu levha test örnekleri için kullanılan madde miktarları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çimentolu odun kompozit levha taslağı 500×500×100 mm ebatlarında ahşap kalıbı kullanılarak pres sonrası 18mm kalınlıkta çimentolu levha elde edilecek şekilde hazırlanmıştır. Tüm levha üretiminde olduğu gibi, ön pres uygulanıp kalıp çıkarıldıktan sonra tekrar üst yüzeye metal saç yerleştirilerek, 200 bar basınç altında 45 dakika soğuk preslemeye tabi tutulmuştur. Hidratasyon reaksiyonunun tamamlanması için DIN 1164 (2003) 'e göre çimentolu yonga levhanın reaksiyon süresi 28 gün olarak belirlenmiştir. Bunun için levhalar oda şartlarında 28 gün dinlendirilerek reaksiyonun tamamlanması sağlanmıştır. Deney örnekleri ilgili standartlarda belirtilen şartlara uygun olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm deney örnekleri %65±5 bağıl nem ve 20±2 sıcaklıkta 7 gün süreyle denge rutubetine getirilmiştir. Deney levhalarının yoğunlukları TS EN 323 (1999) standardı 50×50×18 mm ölçülerine, su alma; ASTM D1037 (2006) standardı 50×50×18 mm ebadına, kalınlığına şişme; TS EN 317 (1999) standardı 50×50×18 mm ölçülerine, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet; TS EN 310 (1999) standardı 400×50×18 mm ölçülerine uygun olarak belirlenmiştir. Çivi tutma direnci, TS EN 13446 (2005) standardına göre saptanmıştır. Levhaların vida ve çivi tutma direncini belirlemede, 3 mm çapında ve 60 mm uzunluğunda çiviler, 4 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda vidalar kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çimentolu odun kompozit levhaların üretim parametreleri

Grup no	Talaş (%)	Talaş (g)	Çimento (g)	Su (%)	SR (g)	AK (%)	AK (g)
E Grup (Kontrol)	20	1000	5000	55	30	0	0
F Grup	20	1000	4875	55	30	2.50	125
G Grup	20	1000	4750	55	30	5	250
H Grup	20	1000	4500	55	30	10	500

SR:Sertleştirici, AK; Aktif karbon

Isı iletim katsayısı ölçümleri, test levhalarından 100×100×18 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler üzerinde, QTM-500 Qyoto electronics quick thermal conductivity meter cihazla, ortam sıcaklığı 23°C de ASTM C 1113-09 (2004) standartlarına göre ölçülmüştür.

Levhalar üzerinde yapılan fiziksel testler 15 adet örnek üzerinde, mekanik testler 10 adet örnek üzerinde ve ısı iletim katsayısı 3 adet örnek üzerinde testleri yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, SPSS paket programında tek yönlü ANOVA analizi ve Duncan ortalamaları karşılaştırma testi yardımı ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Aktif karbon katkılı çimentolu odun levhaların fiziksel özelliklerine ait değerler Çizelge 2' de gösterilmektedir. Levha grupları arasında rutubet içeriği bakımından ($p<0.001$) güven aralığında anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Üretilen levha grupları incelendiğinde çimentolu odun levhası içerisine eklenen aktif karbon katkı miktarı arttıkça levhaların denge rutubeti miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Tam kuru ve hava kuru yoğunluk bakımından sonuçlar üzerinde istatistiki olarak önemli bir ayrılık oluşturmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.001$). Tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde, tüm levha gruplarında katkı maddesinin eklenmesi, yoğunluk miktarında azalmaya neden olmuştur. Bunun nedeninin çimentonun yoğunluğu, aktif karbonun yoğunluğundan daha fazladır. Çimento miktarındaki azalma ve aktif karbon miktarındaki artma nedeniyle levhaların yoğunluğu azalmıştır. Ohijeagbon vd., (2021) yaptığı çalışmada, yoğunluğu yüksek çimento miktarının azaltılarak, yoğunluğu düşük katkı maddelerinin eklenmesinin levhanın yoğunluğunu düşürdüğünü bildirmiştir.

2 saat ve 24 saat su alma değerleri incelendiğinde, kontrol levhasıyla karşılaştırıldığında, su alma değerleri her iki zaman diliminde de arttığı saptanmıştır. Sonuçlar arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.001$). Genel olarak bakıldığında aktif karbon miktarı arttıkça, levhaların su alma miktarları artmıştır. Bunun sebebinin aktif karbonun birim kütlesi başına düşen geniş yüzey alanı emiciliğinin artmasına neden olmaktadır (Na vd., 2021). Levha türlerinde kalınlık artımı sonuçları, hem 2 saatte hem de 24 saatte kontrol örneğine göre artmış olsa da bu fark istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur. Aktif karbon suyun fazla tutulumuna neden olmaktadır (Justo-Reinoso vd., 2018). Bu durum levhalarda, aktif karbon katkısı miktarı arttıkça su alma ve kalınlığına artma miktarındaki artışın sebebi olarak düşünülmektedir.

Çizelge 3 incelendiğinde üretilen levhaların çivi tutma direnci değerleri bakımından aktif karbon katkısının istatistiki olarak anlamlı farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Vida tutma direnci bakımından üretilen levhalarda en yüksek tutma direnci H grubu levhalarda elde

edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, tüm aktif karbon katkılı levhalarda, karbon miktarı arttıkça direncin arttığı ve sonuçların istatistiki olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğu belirlenmiştir ($p < 0.001$). Aktif karbon çimento içerisindeki hava boşluğu oranını azaltmaktadır (Mahoutian vd., 2015). Bu direnç artışının, aktif karbonun çimento içerisindeki hava boşluğu oranını azalttığı için direncini arttırmış olduğu düşünülmektedir. Eğilme direnci değeri en yüksek F grubu levhalarda tespit edilmiş, katkı maddesinin %5 (G grubu) ve %10 (H grubu) çıkmasıyla direnç değerinde azalma bulunmuştur. Buna rağmen üretilen tüm levhaların direnç değerleri kontrol örneğine göre yüksek bulunmuştur ve %95 güven aralığında sonuçlar anlamlı bulunmuştur. Odun çimento oranı ile eğilme dirençleri arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Moslemi ve Prifister, 1987). Meneís vd., (2007) çalışmalarında eğilme dirençleri için en uygun odun çimento oranının 1/2-1/3 arasında olduğu belirlenmiştir. Kızılçam odunu miktarının %20 oranında kullanılması ile odun çimento oranı 1/5 e kadar azalmıştır ve eğilme direnci özelliklerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda %4 ten fazla aktif karbon kullanımının direnç değerlerini azalttığı bildirilmiştir (Na vd, 2021; Justo-Reinosa vd., 2018). Levhaların elastikiyet modülü değerleri, eğilme direnci değerleri ile pozitif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek elastikiyet modülü değeri F grubu levhalarda tespit edilmiş, katkı maddesinin %5 (G grubu) ve %10 (H grubu) çıkmasıyla elastikiyet modülü değerinde azalma bulunmuştur. Bu azalmaya rağmen aktif karbon

katkılı levhalar, kontrol levhasına göre elastikiyet modülü değerleri daha yüksek elde edilmiştir.

Elde edilen levhaların ısı iletim katsayısı değerleri Çizelge 4' te gösterilmiştir. Üretilen levhaların ısı iletim katsayısı değerleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). En yüksek ısı iletim katsayısı değeri kontrol örneğinde 0.90 W/m²K olarak belirlenmiştir. Kızılçam katkılı çimento levha içerisinde aktif karbon miktarı arttıkça, levhaların ısı iletim katsayısı değeri azalmıştır. Bunun nedeni üretilen levhalar içerisindeki aktif karbon oranı arttıkça, yoğunluğu azalmıştır. Yapılan çalışmalarda, ısı iletim katsayısı değerinin yoğunlukla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Asasutjarit vd., 2007). Aktif karbon katkılı kompozitlerde de, katkı maddelerinin eklenmesiyle oluşan yoğunluk azalması, levhaların ısı iletim katsayısı değerini düşürmüştür. ISO ve CEN standardına göre ısı iletim katsayısı 0.065W/m²K değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi olarak tanımlanmaktadır (Yıldız, 2014). Buna göre üretilen levhaların ısı iletim katsayısı değeri bu değerin üstünde kalmıştır ve yalıtım malzemesi sınıfına girememiştir.

Çalışma içerisinde incelenen tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin, kontrol grubu levhalara nazaran yüzde (%) değişimleri Çizelge 5'te verilmiştir. Kontrole göre en fazla artış F grubu levhanın elastikiyet modülü değerinde %148 olarak tespit edilmiştir. En fazla azalma H grubu levhanın hava kuru yoğunluk değerinde %11.75 olarak tespit edilmiştir. Aktif karbon katkısı fiziksel özelliklerden en çok 2 saat su alma değerini etkilerken, mekanik özelliklerden en çok elastikiyet modülü değerini etkilemiştir.

Çizelge 2. Çimentolu odun levhaların rutubet (%), yoğunluk(g/cm³), su alma ve kalınlık artımına ait değerler

Levha türü	R (%)	D ₀ (g/cm ³)	D ₁₂ (g/cm ³)	SA (2 s)	SA (24 s)	KA (2 s)	KA (24 s)
E Grubu (Kontrol)	10.87a (1.06)*	0.883b (0.06)	0.996c (0.06)	20.53a (4.5)	24.0a (1.5)	2.30a (1.5)	3.38a (1.4)
F Grubu	11.46b (0.97)	0.847ab (0.04)	0.933b (0.05)	22.2ab (1.6)	24.9a (2.4)	2.97a (1.9)	3.89a (3.1)
G Grubu	12.04c (0.51)	0.808a (0.07)	0.894ab (0.06)	24.2b (2.4)	25.7a (1.7)	3.28a (2.5)	3.95a (2.1)
H Grubu	13.89d (0.45)	0.805a (0.07)	0.879a (0.07)	24.3b (2.5)	28.6b (3.1)	3.52a (3.1)	3.97a (2.9)
Sign.	$p < 0.001$	$p < 0.05$	$p < 0.001$	$p < 0.05$	$p < 0.001$	$p > 0.05$	$p > 0.05$

*: Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir, R: Rutubet, D₀:Tam kuru yoğunluk (g/cm³), D₁₂:Hava kuru yoğunluk (g/cm³), SA: Su alma, KA: Kalınlık artımı, s:saat.

Çizelge 3. Çimentolu odun levhaların mekanik özellikleri

Levha türü	Çivi tutma direnci (N/mm ²)	HG	Vida tutma direnci (N/mm ²)	HG	Eğilme direnci (N/mm ²)	HG	Elastikiyet modülü (N/mm ²)	HG
E grubu	4.10 (0.5)*	A	5.43 (0.9)	A	0.365 (0.17)	A	125 (69)	A
F grubu	4.34 (0.4)	A	6.25 (0.6)	B	0.680 (0.27)	B	310 (190)	B
G grubu	3.94 (0.4)	A	6.19 (0.3)	B	0.465 (0.16)	A	208 (97)	A
H grubu	4.21 (0.5)	A	7.24 (0.6)	C	0.396 (0.17)	A	151 (72)	A
Sign.	$p > 0.05$		$p < 0.001$		$p < 0.05$		$p < 0.05$	

*Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir, HG: Homojenlik grubu

Çizelge 4. Levhaların ısı iletim katsayısı değerleri

Levha grubu	k (W/m ² K)	SS*	HG	Min. (W/m ² K)	Max. (W/m ² K)
E Grubu	0.90	0.02	A	0.885	0.907
F Grubu	0.89	0.01	C	0.873	0.911
G Grubu	0.54	0.04	C	0.501	0.586
H Grubu	0.49	0.01	B	0.478	0.500

*SS:Standart sapma, k: ortalama ısı iletim değeri, HG: homojenlik grubu. Min.: Minimum değer, Mak.: Maksimum değer

Çizelge 5. Tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin, kontrol grubu levhalara nazaran yüzde (%) değişimleri

No	R (%)	D ₀	D ₁₂	SA (2s)	SA (24 s)	KA (2 s)	KA (24 s)	ÇTD	VTD	ED	EM
F	5.43	-4.07	-6.33	8.13	3.75	29.13	15.09	5.85	15.1	86.3	148
G	10.76	-8.49	-10.24	17.87	7.08	42.61	16.86	-3.90	14.00	27.40	66.4
H	27.78	-8.83	-11.75	18.36	19.16	53.04	17.46	2.68	33.33	8.49	20.8

R: Denge rutubeti, D₀: Tam kuru yoğunluk (g/cm³), D₁₂: Hava kuru yoğunluk (g/cm³), SA: Su alma, KŞ: Kalınlığına şişme, VTD: Vida tutma direnci (N/mm²), ÇTD: Çivi tutma direnci (N/mm²), ED: Eğilme Direnci (N/mm²), EM: Elastikiyet modülü (N/mm²), s: saat.

4. Sonuç ve Öneriler

Çimentolu levhaya eklenen farklı oranlardaki aktif karbonun kompozit levhası üzerine rutubet, yoğunluk, 2 saat su alma, 24 saat su alma, vida tutma direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve ısı iletim katsayısı değeri üzerine istatistiki olarak anlamlı etkisi olduğu belirlenmiştir. Test örneklerine uygulanan analizler sonucunda, aktif karbon katkısı miktarı arttıkça levhanın fiziksel özelliklerinden denge rutubeti miktarının, su alma miktarının, kalınlık artımı miktarının arttığı, tam kuru yoğunluk, hava kuru yoğunluk miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Çimentolu odun levha içerisindeki aktif karbon miktarı arttıkça vida tutma direncinde artış, çivi tutma direnci üzerine herhangi bir etkisi bulunmamıştır. En yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri %2.5 aktif karbon eklenen levhalarda tespit edilmiş, oran arttıkça bu değer azalmıştır. Buna rağmen kontrol levhasına göre değerler yüksek bulunmuştur. Isı iletim katsayısı değeri aktif karbon miktarı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Aktif odun karbonun levha içerisinde katkı maddesi olarak kullanılması mekanik özelliklerden en çok %148 elastikiyet modülü değerinde (F grubu) ve %86 eğilme direnci (F grubu) değerinin artmasına, fiziksel özelliklerden en çok kalınlık artmasına %53 (H grubu) neden olmuştur. En fazla azalma fiziksel özelliklerden hava kuru yoğunlukta %11.75 oranında H grubunda elde edilmiştir.

Elde edilen bu değerler sonucunda, aktif karbonun belirli oranlarda çimentolu levhaya katılmasının malzemeye birçok avantaj sağladığı ortaya konmuştur. Daha ileriki çalışmalarda, aktif karbon katkı maddesinin farklı miktarları ve farklı ağaç türlerinin malzemeye olan etkisinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Açıklamalar

Bu çalışma KSÜ BAP tarafından, 2021/6-13 YLS numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı KSÜ BAP birimine teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghmati, B., Cheul Shin, U., 2007. Development of coconut coir-based lightweight cement board. *Construction And Building Materials*, 21(2): 277–288.
- ASTM C1113-09, 2004. Standard test method for thermal conductivity of refractories by hot wire (Platinum resistance thermometer technique). ASTM, USA.
- ASTM D1037, 2006. Standard test method for evaluating properties of wood-based fibers and particle panel materials. ASTM, USA.
- Basri, H.B., Mannan, M.A., Zain, M.F.M., 1999. Concrete using waste oil palm shells as aggregate. *Cement and Concrete Research*, 29: 619–22.
- Christy, C.F., Tensing, D., 2010. Effect of class-f fly ash as partial replacement with cement and fine aggregate in mortar. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 17: 140-144.

- DIN 1164-11, 2003. Special cement - Part 11: Composition, specification and conformity evaluation for cement with short setting time. German Institute for standards, Germany.
- Dinwoodie, J. M. and Paxton B. H., 1991. The long -term performance of cement-bonded wood particleboard. In proc. Inorganic bonded wood and fibre composite materials conference. For. Prod. Res. Soc. Madison W/S. pp. 45-54.
- Goodell, B., Daniel, G., Liu, J., Mott, L., Frank, R., 1997. Decay resistance and microscopic analysis of wood-cement composites. *Forest Products Journal*, 47(11-12): 75-80.
- Gunduz, L., Kalkan, S.O., Isker, M., 2018. Effects of using cement-bonded particle boards with a composite component in terms of acoustic performance in outdoor noise barriers. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM)*, 4 : 246-255.
- Justo-Reinoso, I., Srubar, W.V., Caicedo-Ramirez, A., Hernandez, M.T., 2018. Fine aggregate substitution by granular activated carbon can improve physical and mechanical properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*, 164: 750–759.
- Karade, S.R., 2010. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and Building Materials*, 24: 1323–1330.
- Kasai, Y., Kawamura, M., Zhou, J.D., 1998. Study on wood chip concrete with used timber. *Recent Advances in Concrete Technology*, 7-11 June, Tokushima, Japan, 179: 905–928.
- Ledhem, A., Dheilily, R.M., Benmalek, M.L., Queneudec, M., 2000. Properties of wood-based composites formulated with aggregate industry waste. *Construction And Building Materials*, 14: 341-350.
- Magin, G., 2001. *An Introduction to Wood Waste in the UK*. Fauna & Flora International, Cambridge, UK
- Mahoutian, M., Lubell, A.S., Bindiganavile, V.S., 2015. Effect of powdered activated carbon on the air void characteristics of concrete containing fly ash. *Construction and Building Materials*, 80: 84–91.
- Meneéis, C.H.S., Castro, V.G., Ve Souza, M.R., 2007. Production and properties of amedium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. *Maderas: Ciencia Y Tecnología*, 9(2): 105-116.
- Moslemi, A.A., Pfister, S.C., 1987. The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. *Wood and fiber science*, 19(2): 165-175.
- Na, S., Lee, S., Youn, S., 2021. Experiment on activated carbon manufactured from waste coffee grounds on the compressive strength of cement mortars. *Symmetry*, 13(4): 619.
- Ohijeagbon, I.O., Bello-Ochende, M.U., Adeleke, A.A., Ikubanni, P.P., Samuel, A.A., Lasode, O.A., Atoyebi, O.D., 2021. Physico-mechanical properties of cement bonded ceiling board developed from teak and african locust bean tree wood residue. *Materials Today: Proceedings*, 44: 2865-2873.
- Ramirez-Coretta, A., Eckelman, C.A. Wolfe, R.W., 1998. Inorganic-bonded composite wood panel systems for low cost housing: A central american perspective. *Forest Products Journal*, 48(4): 62-68.

- Semple, K. E., & Evans, P. D. 2004. Wood-cement Composites- Suitability of Western Australian Mallee Eucalypt, Blue Gum and Melaleucas: A Report for the RIRDC/Land & Water Australia/FWPRDC/MDBC Joint Venture Agroforestry Program. RIRDC.
- Subaşı, S., İşbilir, B., Ercan, İ., 2011. Uçucu kül ikameli çimento numunelerinin mekanik özelliklerine yüksek sıcaklığın etkisi. *Politeknik Dergisi*, 14(2): 141-148.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar – eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar – su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar - birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 13446, 2005. Ahşap esaslı levhalar - bağlayıcıların geri çıkma kapasitesinin tayini. TSE, Ankara.
- Van Elten, G. J. 2000. Production, properties and world wide application of various wood-cement products. In *Proceedings 34th International Particleboard and Composite Materials Symposium* pp. 169-174.
- Yıldız, N., 2014. Yalıtımda doğal çözüm: Perlit. *Madencilik Dergisi*, pp. 100-102
- Zhengtian, L., Moslemi, A.A., 1985. Influence of chemical additives on the hydration characteristics of western larch wood-cement-water mixtures. *Forest Products Journal*, 35(7-8): 37-43.