

## Çimentolu Odun Yünü Kompozitleri ve Kullanım Alanları

\*Hülya KALAYCIOĞLU<sup>1</sup>, Hüsnü YEL<sup>2</sup>, Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Böl. Trabzon

<sup>2</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Böl. Artvin

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Böl., Trabzon

\*Sorumlu yazar: [khulya@ktu.edu.tr](mailto:khulya@ktu.edu.tr)

Geliş Tarihi: 07.06.2011

### Özet

Yüksek termal yalıtım, akustik özellikler, ateşe dayanıklılık, bakteri, böcek ve mantar tahribatına karşı dayanıklılık, düşük özgül ağırlık gibi benzersiz özellikler, çimentolu odun yünü levha üretiminin önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu çalışmada; çimentolu odun yünü levhaların, fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri, üretimi, sınıflandırılması, kullanım yerleri, monoblok ev imalatı ve son gelişmeler hakkında bilgiler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Odun yünü, çimento, kompozit, teknolojik özellikler

### Wood Wool Cement Boards and its Applications

#### Abstract

Manufacture of wood wool cement boards having unique properties such as high thermal insulation, acoustical properties, fire resistance, bacterial, insect and fungal resistance, low specific gravity are becoming more and more important day by day. In this study, physical, mechanical and technological properties, manufacture, classification, applications of wood wool cement boards, the large wood wool cement wall element building system and the recent developments was explained.

**Keywords:** Wood wool, cement, particleboard, technological properties

#### Giriş

Barınma ihtiyacı; nüfus artışı, çekirdek aile kavramının gelişmesi ve dünya doğal kaynaklarının azalmasından dolayı temel inşaat maliyetlerinin artması ile daha da karmaşık duruma gelmiştir. Konut ücretleri çoğu insanın ulaşabileceği seviyenin üzerindedir. Bunun nedenlerinden biri, inşaat malzemelerinin maliyetinin yüksek olmasıdır (Shullman, 1995).

Odunsu malzemelerden üretilen çimento-odun kompozitleri dış hava koşullarına ya da hızlı yaşlandırmaya karşı yüksek dayanım ve boyutsal kararlılık göstermektedir. Yangın mantar ve böcek gibi biyolojik faktörlere karşı yüksek dirence sahiptir. Reçine esaslı levhalardan daha ağır olmalarına rağmen betondan daha hafiftirler. Özgül ağırlıklarına kıyasla gösterdikleri direnç değerleri çok yüksektir. İçerdiği lignoselülozik materyal nedeniyle ses ve daha önemlisi ısı yalıtkanlığı yüksektir. Binaların daha az enerji ile ısınması mümkün olmaktadır. Özellikle prefabrik yapı sektöründe yüke maruz kalmayan kısımlarda rahatlıkla tercih edilmektedir. Ayrıca ses yalıtımı nedeniyle otoyol kenarlarında kullanılmaktadır (Wolfe ve Gjinolli, 1997). Japonya'da 1991'de

%41'lik pazar payına sahip yangın ve depreme karşı yüksek dayanıma sahip malzemeler olarak yapı kodu almış konutların kaplanması için kullanılan önemli bir malzemedir (Kuroki ve ark., 1995).

#### Çimentolu Odun Kompozitlerinin Tarihsel Gelişimi

Çimentolu odun kompozit levhalar Avusturya'da 1930'larda ilk defa Heraklith adı altında üretilmiş ve ambalaj talaşı şeklindeki materyalden yararlanılmıştır. Bağlayıcı olarak ise magnezit kullanılmıştır. Sonra magnezit yerine portland çimentosu kullanılmıştır.

Vidalarla monte edilmesine imkan sağlayan yüksek yoğunluklu CBPB'ler, inşaatçılar ve mimarlar tarafından tercih edilmektedir. Daha sonra geliştirilen yönlendirilmiş çimentolu yongalevhalar (WSCB) vida kullanılmadan geçmeli sistem ile monte edilebilmektedir. Günümüzde, odun yünü çimento kompozitleri (WWCB) popüler hale gelmiştir. Genellikle iç mekân uygulamaları için kullanılır. Neme dayanıklı olması nedeniyle dekoratif tavan ve çatı örtülerinde başarıyla kullanılırlar.

Odun lifi, su ve çimento kullanılarak çimentolu odun yünü levha (WWCB) üretimi ilk defa 1880'de Almanya'da gerçekleştirilmiş ve patenti alınmıştır. Daha sonra Avusturya Viyana'da 1908'de Robert Scherer tarafından magnezit çimentosu levhanın patenti almıştır (Elten, 2006).

1900: İlk kimyasal içerikli levha marangoz Schmid tarafından Avusturya'da üretilmiştir. Odun talaşı ve alçıtaşı (jibs) kullanılmıştır.

1910: Heraklit tarafından odun yününden Magnezyum destekli levha üretilmiştir.

1920: Josef Oberleitner, Sonntagberg yakınlarında portland çimentosundan çimentolu levha üretmiştir (WWCB). Avrupada birkaç kişi de bu üretimi takip etmiş ve metot yayılmıştır.

1930: Hollanda Woerd Barneveld'den Hendrik, WWCB'den lata destekli çatı levhası elde etmiş çimentolu levha üretmiştir.

1950: Franz Brandsteiner, Maria Rojach'da (Avusturya) kaba odun yongaları ve çimento kullanarak ilk defa Velox board isimli bir levha üretmiştir.

1960: İki alman makine üreticisi (Brown ve Schneider) karıştırıcı ve dozajlayıcı ekipmanlar geliştirmişlerdir. Canali tarafından çimentolu odun kompozitlerinin üretim akışı tamamlanmıştır.

Hollanda'da Gery van Elten sonsuz çift vidalı karıştırıcıyı geliştirmiştir. Bu üretim hızını değiştirmiştir.

1970: Duripanel diye isimlendirilen çimento destekli yongalevha (CBPB) Hans Knöpfel tarafından Durisol İsviçre'de üretilmiştir.

1980: Gerry van Elten CBPB üretiminde kullanılan mekanik dağıtıcı makineyi geliştirmiştir.

1990: Almanya Magdeburg'daki yeni Eltomotion mekanik dağıtım makinesi düşük kalınlıklarda üretim imkanı yaratmıştır. Filipinler'de Dr. Pablo yüksek yoğunluklu WWCB'yi geliştirmiştir ( $900\text{kg.m}^{-3}$ ). Hollanda'da Knouf Isol ilk defa 16 bıçaklı diskli odun yünü yongalama makinesini geliştirmiştir.

2000: Eltomotion odun yününden otomatik çimentolu levha üretimini geliştirmiştir. Özgül ağırlığı  $1100\text{kg.m}^{-3}$ , eğilme direnci  $20\text{N.mm}^{-2}$  olan çimentolu levhalar üretilmiştir.

Tarihte ilk çimentolu yonga levha fabrikası 1967'de İsviçre'de kurulmuştur. Türkiye'de ilk tesis 1987'de Arhavi'de faaliyete başlamıştır. Ancak bugün sadece Ankara'da Betopan ismi ile üretim devam ettirilmektedir. Üretilen levhalar ise sadece TEPE inşaat tarafından kullanılmaktadır.

Çimentolu odun kompozitleri; ağaç yonga veya tarımsal bitkilerin, çimento, su ve kimyasal maddelerin uygun oranlarda bir araya getirilmesiyle oluşturulan düzgün yüzeyli malzemedir. Bu levhalar ahşabın; hafiflik, elastikiyet ve işlenebilirlik özellikleri, çimentonun; su, rutubet, yanma ve çürümeye karşı direnç değerleri ile üstün yapısal özelliklere sahiptir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Çimentolu kompozitlerin üretiminde birçok parametre etkilidir. Örneğin; Odun/ çimento, su/çimento oranı, odun/bitkisel atık tipi ve sertleştirici çeşidi vb.'dir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Çimentolu kompozitlerin üretiminde odunsu materyal olarak; uzun şeritler halindeki odun yünü, yonga, lif şeklindeki materyal ve yıllık bitki atıkları, bağlayıcı madde olarak magnezit ve portland çimentosu kullanılmaktadır. Çimentolu odun kompozitleri kullanılan hammadde biçimine göre gruplandırılır (Tablo 1) (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). OSB boyutlu yongaların kullanıldığı çimentolu levhalar ise henüz laboratuvar çalışmaları halinde yürütülmektedir.

Tablo 1. Çimentolu Levha Tipleri

Levha Tipi	Yoğunluk ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
Çimentolu Yonga Levha (CBPB)	1250–1500
Çimentolu Lif Levha (FCB)	1100–1700
Çimentolu Odun Yünü Levhalar (WWCB); • Normal WWCB • Akustik WWCB • Kompozit WWCB • Yüksek yoğunluklu WWCB	360–570

**Normal WWCB:** 3-5mm genişliğindeki odun yünü ve gri çimento ile üretilen levhalardır. Genellikle termal izolasyonda, çatı ve duvar bölmelerde kullanılır.

**Akustik WWCB'ler;** Karo ya da panel şeklinde üretilir. Estetik görünümü sağlamak için genellikle kısa odun yününden üretilir. Magnezit, beyaz veya portland çimento kullanılır.

**Kompozit WWCB'ler;** 2-3 tabakalı halde üretilen bu tip levhalar termal yalıtım materyali olarak kullanılmaktadır. Kalınlığı genellikle 15 mm ile 140 mm arasında, dış tabaka kalınlığı 5mm ile 20 mm arasındadır. Özellikle yol termal izolasyonunda kullanılır. Şekil 1'de çimentolu levha örnekleri görülmektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009; URL-5, 2009).

**Yüksek yoğunluklu WWCB'ler;** 1000-1100kg.m<sup>-3</sup> yoğunluğundaki levhalardır. Oldukça sağlam ve iklimik koşullara karşı dirençlidir. İç ve dış duvarlarda kullanıldığında ayrı bir sıva işlemi gerektirmez (Ronald ve Wolfe, 1997; URL-2, 2009).

**Büyük boyutlu WWCB Duvar Elemanları;** Yoğunlukları 360-570kg.m<sup>-3</sup> civarında, 6x2,6-3x0.35-0.50m boyutlarında üretilen ve doğrudan duvar yapımında kullanılan (pencer ve kapı boşlukları açılmış halde) özellikle prefabrik ev yapımında kullanılan elemanlardır (Ronald ve Wolfe, 1997; URL-2, 2009).



Şekil 1. Çimentolu levha örnekleri

Çimentolu odun yünü levhalar tesadüfen Kuzey Avrupa'da kardan blok ev yaparken keşfedilmiştir. Önde gelen Avrupa ülkelerinde Alman DIN 1101 standartlarına uygun

olarak üretilmektedir. Genellikle 50 cm genişliğinde ve 200 cm uzunluğunda üretimi tavsiye edilmektedir.

### Çimentolu Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri Ağaç malzeme

Çimentolu odun kompozitleri üretiminde yakacak odun da dahil, tüm odun hammaddesi kullanılabilir (TS 1351, 1973). Ancak şeker oranları ile ilgili önemli bir kısıtlama vardır. Çimento hidratasyonu; su, ısı ve alkali çevre koşulları gerektiren oldukça karmaşık bir reaksiyondur. Odundaki glukoz ve ekstraktif içeriği bu hidratasyonu olumsuz yönde etkiler (Kalaycıoğlu, 1991).

Ekstraktif madde ve özellikle glukoz içeriğinin azaltılması bir dizi ön işleme mümkün olabilmektedir. Bu amaçla; soğuk-sıcak su yada %1'lik NaOH çözeltisinde çözüldürme gibi kimyasal işlem uygulanabilir (Simatubang ve ark., 1990). Ancak maliyet artar. Bu nedenle; odun çimento kompozitlerinin üretiminde, şeker oranı düşük türler tercih edilmektedir. Sonbahar veya kış kesimi çam, göknar ve ladin gibi İYA türler yaygın olarak kullanılırlar. Okaliptus, akasya ve kavak gibi türler ekstraktifleri etkisiz hale getirilerek kullanılır. Tanen ve aşırı miktarda şeker içeren kızılbaş (Alnus glutinosa) ve karaçam (Larix decidua) gibi ağırlıkça %0.25 glikoz, sakkaroz ve ksiloz oranına sahip türler kullanılamazlar (Aro, 2008).

Odun çimento kompozitleri üretiminde hızlı büyüyen ağaç türleri tercih edilmektedir. 8.000m<sup>3</sup>.yıl<sup>-1</sup> kapasiteli çimentolu odun yünü levha fabrikasının bir yıllık üretimi için yaklaşık 200-500 hektarlık bir ormanlık alan gereklidir. Kuruluş yeri seçiminde bunlara dikkat edilmelidir.

### Çimento

Çimento; kalkerli ve killi hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılıp öğütüldükten sonra (1350-1450°C) kadar pişirilmesiyle oluşan sinterleşmiş klinkerin, az miktarda (%3-6) alçıtaşıyla (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) beraber çok ince öğütülmesi sonucu elde edilen ve su ile birleştiğinde "hidrolik bağlayıcı" özellik kazanan bir üründür (Oyagade, 1998).

### Odun/çimento oranı

Çimento/odun oranı ürün özelliklerine etki eden önemli bir parametredir. Bu kompozitlerde kabul edilebilir özelliklerde bağlanma sağlamak için odun yonga, yün veya liflerini tamamen saracak düzeyde çimentoya ihtiyaç duyulmaktadır (Simatubang ve ark., 1990). Günümüzde ticari levhalar 2.75 ile 3.0 seviyesindeki çimento/odun oranı ile üretilmektedir. Örneğin bir saatlik sürede 2440x610x50 mm boyutlarında çimentolu levha üretimi için gerekli olan hammadde miktarları Tablo 2’de verilmiştir (URL-2, 2009).

Tablo 2. Hammadde tüketim oranları

Kapasite m <sup>3</sup> .levha <sup>-1</sup>	Odun Yünü (Kg)	Çimento (Kg)	Su (Kg)	Kimya- sallar (Kg)
4.3	514	1029	514	43
12.9	1542	3100	1542	114
17.1	2057	4129	2057	143
23.6	2857	5714	2857	200

### Çimentonun sertleşmesi ve sertleştirici ilavesi

Neville (1995)’ye göre sertleşme işlemi çimento içerisindeki belirli bileşikler tarafından gerçekleştirilir. Bunlardan biri reaktör bileşik tri kalsiyum aliminat (C<sub>3</sub>A), diğeri tri kalsiyum silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub>)’tir. Tri kalsiyum silikat hidrasyonu çimentonun su ile temas etmesiyle başlar ve reaksiyon sonunda kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>) oluşur. Tri kalsiyum alüminat (C<sub>3</sub>A) reaksiyonu hızlıdır. Kristal yapıların boyut ve miktarında hidrasyon süreci ile artış olmaktadır. Nispeten yüksek ısıda gerçekleşen hidrasyon süreci malzemenin hemen hemen kuru hale gelmesine olanak sağlar.

Tetra kalsiyum aluminoferrit (C<sub>4</sub>AF) hidratların suyla teması geçmesiyle reaksiyon hızı C<sub>3</sub>A reaksiyonundaki kadar hızlı değildir. C<sub>4</sub>AF bileşikleri suyla karıştıktan bir gün sonra iyi kristal yapı oluştururlar (Taşkın, 1994). Çimentolu odun levhaları normal şartlarda şekerler ve diğer ekstraktif madde içeriğine bağlı olarak ancak 3-6 ay gibi bir sürede kurur.

Çimento ile suyun bir araya getirilmesiyle elde edilen çimento hamuru başlangıçta plastik bir yapıya sahip olup, iki malzemenin birleştiği andan itibaren hidrasyon başlar. Hidrasyonun devam etmesiyle plastik yapı-

daki hamur giderek katılaşır sert bir malzeme durumunu almaktadır (Rixom ve Mailwaganam, 1999). Çimento hamurunun bağlayıcılık kazanma hız ve miktarı çimento ile su arasındaki hidrasyonun mükemmelliğine bağlıdır. Bu ise ortamdaki sıcaklık ve rutubet değişkenlerine ek olarak büyük oranda çimento içeriği ve kullanılan çimento miktarına bağlıdır (Neville, 1963).

Çimentolu yonga levhalarda sertleştirici kullanımı, 1880’lerin başında hidrasyonu hızlandırmak amacıyla CaCl<sub>2</sub>’nin kullanımıyla gündeme gelmiştir. CaCl<sub>2</sub>, etkin ve kolay bulunabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. CaCl<sub>2</sub> metal yüzeylerde korozyona neden olan klorid’in açığa çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum uygulamalarda problem yaratmakta olup, korozyon riskine karşı galvanizli çivi ve vidaların kullanılmasını gerektirmektedir (Lee ve Hong, 1994).

Ayrıca magnezyum klorür (MgCl<sub>2</sub>), sacamı (sodyum silikat, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, veya potasyum silikat, K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), alüminyum sülfat (AL<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), FeCl<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> bileşikleri ve kireç suyuda sertleştirici olarak kullanılır (Rixom ve Mailwaganam, 1999).

Hızlandırıcılar genellikle su ile birlikte odun yününe çimento ile karıştırılmadan önce ilave edilir. Konsantrasyonu suyun ağırlığının %1-5’i oranındadır.

### Su/çimento oranı

Su miktarı çimento esaslı ürünlerin kalitesi için en önemli faktörlerin başında gelir. Miktarının çok fazla olması su hidrasyon süreci ve öncesinde çimento partikülleri arasındaki temas yüzeyini arttırdığı için kılcal boşluk hacminin artmasına neden olur. Ürünün fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz etki edebilir (Zhengtian ve Moslemi, 1985; Taşkın, 1994).

Çimento hamurunun bağlayıcılık kazanma hız ve miktarı çimento ile su arasındaki hidrasyona bağlıdır. Hidrasyonun ne hızda ve mükemmellikte oluşacağı hususu ise ortam sıcaklık ve rutubetine ek olarak büyük oranda çimento içeriği, çimento inceliği ve kullanılan çimento miktarına bağlıdır (Neville, 1963).

### Çimentolu Odun Yünü Levha Üretim Teknolojisi

Odunlarının kabukları soyulur ve yongalama makinesine bağlı olarak 450 mm uzun-

luğundaki tomruklara biçilir. Üretilcek çimentolu levha türüne bağlı olarak yonga odun yünü ya da lif şeklinde belirli ölçülerde yongalanır. Şekil 2’de çimentolu levha üretiminde kullanılan hammaddeler görülmektedir (URL-3, 2006).



Şekil 2. Çimentolu odun kompozitleri üretimindeki hammaddeler

### Yongalama

Odunlar 45cm uzunluğunda biçilir. Besleme ünitesine yüklenir ve yongalama makinesinde yönlendirme işlemine tabii tutulur.



Şekil 3. Geleneksel odun yünü üretim makinesi tamburu

Bu amaçla cepli yongalayıcılar veya geleneksel yönlendirme makineleri kullanılır. Geleneksel yönlendiriciler planya makinesine benzerler. Odundan diş büyüklüğüne bağlı olarak yün koparırlar. Şekil 3’te odun yünü makinesi görülmektedir.

### Nemlendirme ve kimyasal ilavesi

Kuru odun yünleri tartıldıktan sonra silo içerisinde nemlendirme işlemine tabii tutulur. Burada nemlendirilen ve sonra daldırma tankına doldurulan yünler sertleştirici çözeltinin içerisine daldırılır. Önce ıslak odun yünü daldırma tankına bırakılır daha sonra aşırı

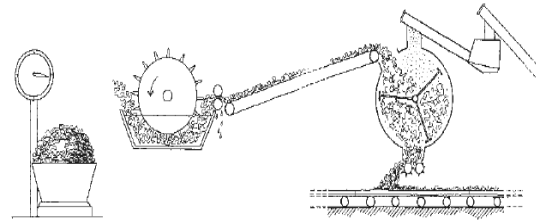
sıvının alınması için kauçuk silindirler arasından geçer. Böylece sertleştiriciler ile karıştırılmış odun yünü sonra konveyör bant tarafından karıştırıcıya boşaltılır.

### Çimento ve diğer kimyasallar ile karıştırma

Çimento tanka boşaltılıp istenilen oranda kullanılır. Üretim için gerekli olan çimento miktarının ayarı dozajlama makinesi tarafından yapılır.

Islak ve sertleştirici ile işlem görmüş odun yünü ve kuru çimento sürekli yatay bir karıştırıcıda karıştırılır. Karıştırma ünitesinde tam kuru odun ağırlığı esas alınarak çimento-odun oranı 2/1 olacak şekilde ayarlanmıştır (Johansson, 1994).

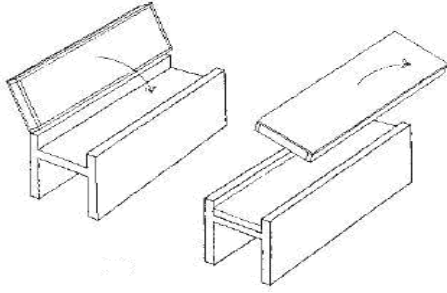
Karıştırma işlemi hammaddenin çimentoyla tamamen kaplanmasına kadar devam eder. Levha direnç özellikleri ve serme kalitesinde bozulma olmaması için karışımın rutubetinin %40-45 arasında olmasına dikkat edilir. Şekil 4’te çimento ve odun yünü karıştırma makinesinin şematik görünümü verilmektedir (Johansson, 1994).



Şekil 4. Çimento ve odun yünü karıştırma makinesi

### Serme

Serme ünitesine gelen homojen karışım, mekanik serme makinesinde tek veya çok tabaka olacak şekilde taşıyıcı sacın üzerine serilir. Kalıptaki malzeme miktarı; yoğunluk ve levha kalınlığına bağlı olarak değişebilir. Karışım eşit olarak yayılmış ve kenarları boyunca basılı olmalıdır.



Şekil 5. Levhaların kalıptan çıkarılması

Çimento aşındırıcı etkisi sebebiyle karışımın cilde temas etmesi önlenmelidir. Şekil 5'te 24 saat basınç altında bekletilmiş levhaların kalıplardan çıkartılması gösterilmektedir (Johansson, 1994).

### Pres

#### Ön presleme

Serme ünitesine gönderilen ve kalıp levhaların üzerine serilen karışım önce bir sıkıştırma presinden geçirilerek taşıyıcı levha ebatlarında boyutlandırılır prese gönderilir. Şekil 6'da ön sıkıştırma presi görülmektedir (URL-5, 2010).



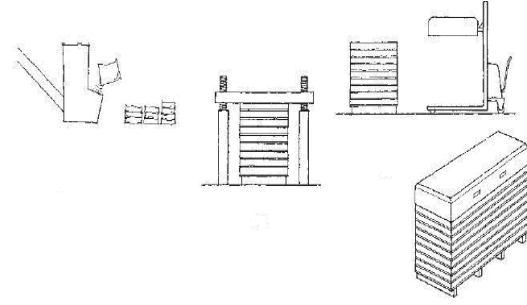
Şekil 6. Ön sıkıştırma presi

#### Presleme

Levhaların preslenmesinde soğuk ve sıcak pres (CO<sub>2</sub> enjeksiyonu) şeklinde iki tip presleme yöntemi mevcuttur. Soğuk pres uygulamalarında levha kalınlığına bağlı olarak taslaklar (10-20 adet) üst üste

konularak prese yüklenir. Preste basınç altında sıkıştırıldıktan sonra presten kalıp halinde çıkarılarak 1 günlük süre boyunca baskı altında (kancalanmış bir şekilde) bekletilerek iyice sertleşmeleri sağlanır. Uygulanan basınç levha özgül ağırlığı ve kalınlığına bağlıdır. Örneğin 1,2-1,3gr/cm<sup>3</sup>'lük bir levha için kalınlığına bağlı olarak 1,8-2,0N/mm<sup>2</sup>'lik bir spesifik basınç gereklidir.

Sıcak pres uygulamaları ise hem zaman hem de levha kalitesi açısından daha uygun olup 11dak preste istenilen kalınlığa kadar CO<sub>2</sub> ilavesi yapılarak basınç altında preslenen levhalar kalıptan çıkartılır. Soğuk preste sıkıştırılmış ve kancalanmış bloklar halindeki levha taslakları Şekil 7'de gösterilmektedir (Johansson, 1994).



Şekil 7. Soğuk preste sıkıştırılmış ve kancalanmış bloklar halindeki levha taslakları

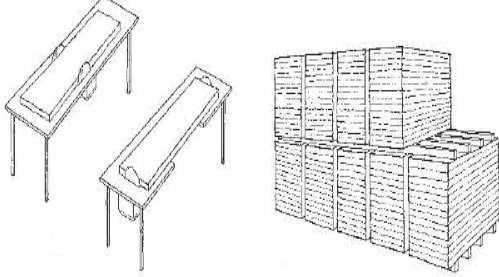
#### Sertleştirme işlemi

Levhalar 3-6 saat süreyle rutubetsiz ve 70-80°C sıcaklıktaki odalarda bekletilerek sertleşme sağlanır. Bu süre sonunda menşeler açılır ve levhalar kalıplardan ayrılır. Kalıplar, tekrar kullanılmak üzere temizlenip, otomatik olarak serme istasyonuna gönderilmek üzere istif edilir.

#### Klimatize etme

Kalıplardan ayrılan çimentolu levhalar henüz tamamen sertleşmemişlerdir. Ebatlama makinesinde uzunluk ve genişlik boyunca uygun boyutlarda ölçümlendirilerek istiflenir. İstif halindeki levhalar; uygun bir depolama alanında 2-3 hafta tam sertleşmenin sağlanması için bekletilir (Bahre ve Greten, 1977; Prestemon, 1976). Levhalar doğrudan güneş ışığından korunarak klimatize edilmelidir. Eğer çevresindeki hava biraz nemli ise levhalar etkileneceğinden açık havada kurummasına izin verilmez. Ancak

etrafı plastik bir malzemeyle kaplanabilir. Şekil 8’de bloklardan çıkarılmış levhaların kenar alma işlemi görülmektedir (Johansson, 1994).



Şekil 8. Bloklardan alınıp kenarları kesilen levhalar

### Çimentolu Odun Kompozitlerinin Genel Özellikleri

Çimentolu odun yünü levhalar odun ve çimentonun iyi özelliklerini birlikte sunan ekonomik bir malzemedir. Üretimi basit ve düşük maliyette olduğu için ürün fiyatı ucuzdur. Tablo 3’de odun, çimento ve her iki malzemeden üretilen levhaların olumlu özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 3. Odun, çimento ve çimentolu levhaların olumlu özellikleri

Özellikler	Odun	Çi-mento	Çimen-tolu levha
Ürün maliyeti	+	+	+
Isı yalıtımı	+		+
Makine ile kolay işlenebilme	+		+
Yoğunluk	+		+
Elastikiyet	+		+
Mekanik direnç	+	+	+
Rutubet direnci ve boyutsal kararlılık		+	+
Biyolojik zararlılara karşı dayanım		+	+
Yangına karşı direnç		+	+
Gürültü izolasyonu	+		+
Üretim esnasında enerji kull.	+		+
Geri dönüşüm	+		+

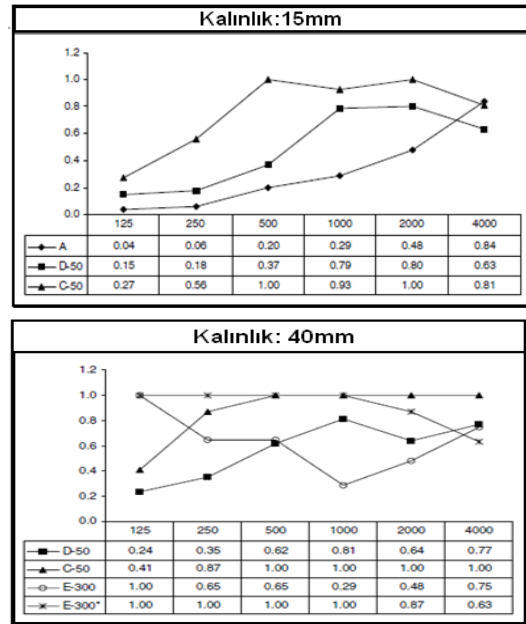
Çimentolu kompozit levhaların çalışma oranı; ortamın bağıl nemine göre yok denecek kadar düşüktür. Bünyesinde formaldehit asbest vb. sağlığa zararlı maddeler bulunmaz. İşlenme boyanma işlerinde çevre

kirliliği etkisi azdır. Makine ile kolay işlenebilir, elle taşınabilecek düzeyde hafif olduğu için montajı kolaydır. Çarpmaya ve darbelere karşı son derece dayanıklıdır. Rutubete, UV ışığına, aşırı sıcak ve soğuğa karşı oldukça dirençlidirler. Biyolojik zararlılara (küf ve mantar enfeksiyonu) karşı dayanıklıdır ve yangına karşı dirençlidirler [B1 (zor alev alır)]. Termit ve böceklerle karşı dirençlidir. Ses yalıtımı çok iyi olup, 10mm’lik çimentolu kompozit için 31dB dir. Kalınlığa bağlı farklı levhalardaki akustik değerler Şekil 9’da verilmiştir.

Termal yalıtıma sahiptir. Akustik performans ve ses absorpsiyonu çok iyidir.

### Akustik sınıflandırma:

- Ses absorpsiyonu: Ses absorpsiyonu ASTM C423 ve ISO 354 standartlarına uygundur.
- Ses yalıtımı: ISO 140-III 1995 ve ISO 717- I değerlerine eşdeğerdir.



Şekil 9. Kalınlığa bağlı farklı levhalardaki akustik değerler

- A: Hava boşluklu sert odun yünü levha
- D-50: 50mm’lik hava boşluklu ızgara (2’x2’lik ızgara üzerine yerleştirilmiş 50x50mm boyutlarındaki levha)
- C-50: Ahşap çerçevenin içine yerleştirilmiş 50mm kalınlık ve 24 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğundaki izocam
- E-300: 300mm hava boşluklu döşenmiş bir tavan
- E-300\*: 300mm hava boşluklu 24kg/m<sup>3</sup> yoğunluk ve 50mm kalınlığındaki izocam )

**Ateşe dayanıklılık:** ISO 1182 standartlarında 750 °C'ye kadar tutuşmaz özelliğindedir.

**Termal direnç:** 10mm kalınlıktan büyük değerler için 600 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğa kadar 0.09 W/(m.K) değerinde EN 8302 standartları dâhilindedir.

**Su buharı difüzyon direnci:** EN 12086 standartlarına uygundur.

**Yüzeye dik çekme direnci:** EN 1607 standartlarında T3 sınıfında 90kPa değerini sağlamaktadır.

**Basınç direnci:** EN 826 standartlarında 2359 kPa değerini sağlamaktadır.

**Eğilme direnci:** B1 sınıfında EN 12089 standardına göre kalınlıklara bağlı olarak Tablo 4'deki eğilme direnci değerleri sağlamaktadır.

**Bükülmeye karşı direnç:** EN 29052-1 standartlarına uygun olarak 8000 MNm<sup>-3</sup>'ten büyük değerdedir.

**Yorulma direnci:** 50 mm'den daha kalın levhalar için 2.2 kN'luk değeri sağlamalıdır.

**Darbe direnci:** 50 mm'den daha kalın levhalar için 1200mm yükseklikten düşen 45kg'lık bir ağırlık için 1.32kN'luk bir statik yük değerine sahiptir. Daha aşağıdaki değerlerde: 1 kN'luk yük değerinin altında maksimum 2mm deforme olmaktadır.

Tablo 4. EN 12089'e göre kalınlığa bağlı olarak eğilme direnci değişimi

Kalınlık (mm)	Eğilme direnci (Kpa)
15	1700
25	1000
35	700
50	500
75	400
100	300

Tablo 5. Çimentolu Odun Yünü Levhaların Diğer Levhalar ile Karşılaştırması

Levhalar	Yoğunluk (kg.m <sup>-3</sup> )	Termal iletkenlik (W.m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	Termal kapasite (J.m <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup> )	Basınç direnci (N.mm <sup>-2</sup> )
Çim. odun yünü levha	400	0.085	640x10 <sup>3</sup>	0.2-1.0 <sup>2</sup>
Cam yünlü levha	50	0.036	44x10 <sup>3</sup>	0.01
Genişletilmiş polistren (strafor levha)	30	0.036	36x10 <sup>3</sup>	0.1
Boşluklu tuğla	800	0.47	700x10 <sup>3</sup>	-

**Sertleştirici içeriği:** CI sınıfında %1-3.5 arasında C2 EN 13168 standartlarına uygun olarak sertleştirici katılır (URL-4, 2009).

Odun yünü çimentolu levhaların diğer levhalar ile karşılaştırması Tablo 5'de verilmektedir (Johansson, 1994).

#### Çimentolu Odun Kompozitlerin Kullanım Alanları

Çimentolu odun kompozitleri; kullanım alanlarının koşullarına göre farklı kalınlık, yoğunluk ve özelliklere sahip olarak üretilirler.

Ateşe karşı dayanıklı oluşu, kaplanabilmesi, ses ve ısı yalıtım özellikleri, bakım maliyetinin düşük oluşu, montajı kolay ve hızlı olabilmesi nedeniyle; iç mimari'de iç bölme ve kaplama malzemesi

olarak kullanılmaktadır. Ayrıca; rutubet, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı dayanıklı olması, değişik tasarımlara uygun oluşu, hafif ve işlenebilirliğinin kolay olması, güneşin zararlı UV ışınlarına karşı ahşap malzemeye nazaran çok daha dayanıklı olması, fiyat uygunluğu nedeniyle dış mekân uygulamalarında kullanılmaktadır. Cam, granit, masif laminat vb. mekanik montajlı dış cephe giydirmeye malzemelerine alternatif bir malzeme olarak yalı baskı, lambalı dış cephe giydirmeye, komple dış duvar uygulamaları için de kullanışlı bir malzemedir.

2 ya da 3 tabakalı kompozit levhalar termal yalıtım materyali olarak kullanılır. Orta tabaka kalınlığı genellikle 15mm ile 140mm arasında, dış tabaka kalınlığı 5mm ile 20mm arasındadır. Şekil 10'da çok



tabakalı levha örnekleri gösterilmektedir (URL-3, 2006).

Polyester ve poliüretan gibi yalıtım malzemeleriyle çimentolu odun yünü levhalar birleştirilerek akustik ve termal özellikleri nedeniyle tiyatro ve soğuk hava depolarında kullanılmaktadır.

Çok iyi ses yalıtımı sağladığı için otoyol cephe kaplamaları olarak kullanılmaktadır.

Özellikle sanayi tesislerindeki uygulamalarda yangına direnç özelliği nedeniyle çelik kolon ve kirişlerin kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Sanayi tesisleri, atölyeler büro ve depo görevi gören asmatıkların yapımında ısı yalıtımının sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Çok iyi ısı yalıtım yüksek montaj hızı ve çok az fire vermesi nedeniyle çatı altı örtüsü kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Şekil 11'de çimentolu odun yünü levhaların özelliğine göre kullanım yerleri gösterilmektedir (URL-5, 2010).



Şekil 10. Çok tabakalı çimentolu kompozit levha örnekleri

Zemin ile temaslı döşemelerin kaplanmasında; (Toprakla temas eden zeminlerin ısı kaybının binanın toplam ısı kaybında %15'lik bir paya sahip olması nedeniyle ısınma ile ilgili sabit maliyetlerin düşmesini sağlar) kullanılmaktadır.

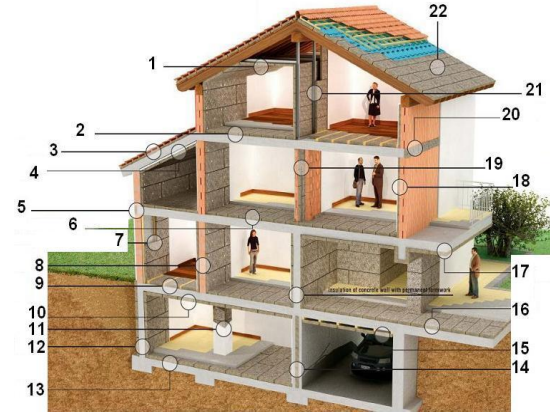
Temellerde su yalıtım katmanını koruyucu kaplama olarak kullanılabilir (Lee ve Hong, 1994).

### Monoblok Ev İmalatı

Bazı ülkelerde odun yünü levhalar diğer materyallerle kombine edildiğinde ucuz maliyetli konstrüksiyon için ekonomik ve daha hızlı inşa edilebildiği için önerilmektedir. Özellikle yüksek

yoğunluktaki WWCB ucuz maliyetli ev yapımında kullanılmaktadır. Karkas, dış duvarlar ve bölmelerde genellikle kereste, çelik ya da beton kullanılmaktadır. Normal WWCB levhalar aynı zamanda çatı işlerinde kullanılmaktadır. Alternatif olarak kiremit altı örtü için yüksek yoğunluklu çimentolu levha kullanılabilir.

Yüksek yalıtım, çok iyi termal depolama kapasitesi ve rutubet dengesine (kışın bile mutfakta ve banyodaki camlarda yoğunlaşma oluşumu yok) sahip bu sistemin, özellikle soğuk iklime sahip kuzey ülkelerin dağlık bölgeleri için umut verici olduğu görülmüştür. Tablo 6'da odun esaslı levhalarda termal yalıtım ve ısı depolama kapasitesi değerleri verilmiştir (Johansson, 1994).



Şekil 11. Özelliğine göre kullanım yerlerindeki gösterimiyle odun yünlü levhalar (1.Örtülmüş tavan arası yalıtım, 2. Tavan arası zemin izolasyonu, 3.Çimentolu tuğladan çatı izolasyonu, 4.Çatı altı izolasyonu, 5.Kiriş izolasyonu, 6.Zemin ses yalıtımı, 7.Termal ve akustik izolasyon özelliği olan duvar paneli, 8.Duvarın her iki tarafındaki akustik izolasyon, 9.Ahşap zeminin akustik izolasyonu, 10.İlk zemin izolasyonu, 11.Termal köprü yalıtımı, 12.Toprakla sürekli temas halinde olan betonun yalıtımı, 13.Zemin izolasyonu, 14.Merkezi (çekirdek) yalıtım, 15.İlk zemin izolasyonu, 16.Düz çatı izolasyonu, 17.Termal köprü yalıtımı, 18.İç yalıtım tabakası, 19.Çift duvar akustik yalıtımı, 20.Termal köprü yalıtımı, 21.İnce duvarda akustik yalıtım, 22.Ahşap çatı izolasyonu)

Tablo 6. Odun esaslı levhalarda termal yalıtım ve ısı depolama kapasitesi değerleri

Karşılaştırma	Termal yalıtım (W.m <sup>-2</sup> °C)	Termal iletkenlik kapasitesi (kJ.m <sup>-2</sup> °C)
Odun yünü dolgulu mineral levha	0.14	65
Çimentolu odun yünü levha	0.19	250

Düşük ağırlıktaki beton	0.28	210
İşlem görmüş betonarme blok	0.50	255

### Monoblok Bina İmalatı İş Akışı

Duvar elemanları kamyonu yüklenir ve hazırlanan temelin üzerine vinç yardımıyla bir günde kurulur. Geniş parçalar birbiriyle dikey girişler ile bağlanır.

Paneller ahşap veya metal iskeletlerin içine kurulur. Metal iskeletler gizlenmiş ya da açık bırakılır. Vidalama işlemlerine imkân sağlanmak için 24cm ya da daha az bir boşluk bırakılmalıdır. Vidalama ızgara şeklinde yapılmalıdır. Izgaralama yaparken levha ağırlığı dikkate alınarak bükülme engellenmelidir.



Şekil 12. Monoblok bina inşası

Levhalar ışık kaynağı dikkate alınarak yerleştirilir. Tavan yüzeyinde meydana gelen eğilmede önlenmelidir. Monoblok Bina İmalatı İş Akışı şöyledir;

1. Adım - Kanalin duvardaki yeri levha ölçülerine bağlı olarak maksimum 600mm genişliğinde işaretlenir. Kanal doğru pozisyona getirilir ve vidayla duvarı delerek tutturulur.

2. Adım - Her panelin yeri işaretlenerek yanlışıklar minimize edilir.

3. Adım - Levhalar desteklere çiviler ile tutturulur. Çivinin yüksekliğine bağlı olarak zemin kısmında sübürgelik kullanılabilir.

4. Adım - ilk panelin kanalı bağlanır. Levha iskeletteki kanala hafifçe vurarak vida ile tutturulur.

5. Adım - bir sonraki levha kenar ve köşeleri uçuca getirilerek düzenli bir şekilde yerleştirilir. Aynı işlemler tüm duvar boyunca tekrarlanır.

Hazırlanan soğuk beton karışımı odun yünü levhaların direkt üst kısmındaki deliğin içine dökülerek bağlama işlemi tamamlanır. Beton sertleştikten sonra yüksek yalıtımlı çimentolu odun yünü levhaları ile çatı konstrüksiyonu tamamlanır.

Ancak bu durumda bir eğilme meydana gelebilir. Bunu önlemek için tedbir alınmalıdır. Şekil 12'de monoblok ev inşası ve çimentolu odun yünü duvar elemanları görülmektedir (URL-1, 2010)

### Levhaların Pazarlanması

Öncü Avrupa ülkelerinde odun yünüden çimentolu levha üretimi Alman DIN 1101 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilir.

Tabakalı kompozit çimento odun yünü levhalarının bazı standart özellikleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. 2-3 Tabakalı kompozit çimento odun yünü levhalarının standart özellikleri

Parametreler	Standartlar	Sınıf	Toleranslar
Uzunluk	EN 822	Lt3	± 1mm uzunluk < 1250 mm ± 2mm uzunluk > 1250mm
Genişlik		W2	± 1mm
Kalınlık		D2	± 1mm kalınlık < 100mm
Köşe Kayması	EN 823	Q3	≤ 2mm
Kalınlık farkı	EN 824		≤ 3mm asma tavan için ≤ 6mm yüzeyel üretim için
Yoğunluk	EN 825		± %10
Rutubet	EN 1602 AS*		~% 15
Çekme miktarı	EN 1602 AS*		~ % 0.1
Dış hava koşullarına dayanım	EN 1602 AS*		< yoğunluk için her 5 değerinde bir

Levhalarda 500 mm genişlik ve 2000 mm uzunlukta üretim tavsiye edilmektedir. Günümüzde 500-600 mm genişlik ve 2000-2500 mm uzunlukta levhalar üretilmektedir.

Aslında her işletmesinin kalınlık genişlik ve uzunluk ölçüleri levhaların üretimine göre çeşitlilik göstermektedir. Avrupa dışında bu boyutlar 610 mm genişlik ve 2440 mm uzunluk standartlarında üretilmektedir.

### Öneriler

Son 50 yılda Avrupa ülkelerinde güvenilir bir yapı materyali olması, yüksek termal yalıtım ve akustik özellikler, bakteri, böcek ve mantar tahribatına ve ateşe karşı dayanıklılık, düşük özgül ağırlık vs. gibi sahip olduğu özelliklerin yanı sıra doğal kaynaklara olan talebin az olması ve zamanla geri dönüşüm imkânı da sağlaması nedeniyle çimentolu odun yünü levhalarının üretiminin önemi her geçen gün artmaktadır.

Ayrıca; kağıt, kereste ve levha sanayisinden kullanılmaya uygun olmayan atıkların da değerlendirilmesi günden güne azalan orman varlığı açısından oldukça önemlidir.

İnşaat sektörüne bakıldığında, çimentolu odun kompozitleri, çimento kullanım oranını düşürmesi, maliyetleri azaltması, yalıtım sağlaması, inşaatın tabana uyguladığı yükü azaltılması, hızlı uygulanması avantajları ile alternatif araştırmaların kaynağı olmuştur.

Özellikle küresel ısınmanın büyük problemler yarattığı günümüzde önemli olan enerji kaynaklarının ekonomik kullanılmasıdır. Bu nedenle Dünyada ısınma için gerekli olan enerjinin azaltılması büyük bir önem arz etmektedir. Hele de nüfus artışı ve çekirdek aile kavramının gelişimi dünyadaki konut sayısının her geçen gün binlerce artması anlamına gelmektedir. TÜİK verilerine göre ülkemizde 15070093 adet konut bulunmaktadır (TÜİK, 2010). Konutlarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı iç mekân ısıtması amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’de 1 konutta enerjinin %45’i ısıtma-soğutma için harcanmaktadır. Binaları ısıtmak için kullanılan enerjiden tasarruf edilmesi ısının iç ortamda muhafaza edilmesiyle sağlanır. Isının binanın içinde kalması için bina yalıtımının eksiksiz yapılmış olması gerekir. Binalarda dış duvardan %40, çatılardan %7, döşemelerden %6 ve kapılardan %17 civarında ısı kayıpları olmaktadır. Bina

yalıtımı ile bu oranlarda %50 değerinde düşüş gözlemlenebilir.

Bir konut için harcanan enerji miktarında 1 birimlik kazanç milyonlarca TL’ye denk gelmektedir. Bu da ısı tasarrufu sağlayan bina elemanlarının önemini arttırmaktadır.

Sonuç olarak, çimentolu odun yünü kompozitlerinin, yüksek termal yalıtım, akustik özellikler, ateşe, bakteri, böcek ve mantar tahribatına karşı dayanıklılık, düşük özgül ağırlık ve doğal kaynaklara olan ihtiyacı azaltması gibi benzersiz birçok özellikleri nedeniyle gelecekte üretim ve pazarındaki artış kaçınılmaz olacaktır. Ülkemizde odun yünü çimentolu kompozit üretimi henüz gerçekleştirilmemektedir. Bu nedenle yurt dışından ithalat yapılmaktadır. Ve her m<sup>2</sup> çimentolu odun yünü fiyatı 75 TL gibi pahalı bir rakama tekabülemiş olsada (strofor yalıtımlı duvar elemanlarını m<sup>2</sup> fiyatı 50 TL’dir) ülkemizde gerçekleştirilecek üretimler ve ayçiçeği sapı, bambu gibi yıllık bitkilerin kullanımı üretim maliyetinin azalması anlamına gelecektir. Çimentolu kompozit üretimi ülkemiz açısından önemli bir çözüm olacaktır. Ülkemizde özellikle; Avrupa ülkelerinde olduğu gibi spor salonları, havuzlar, kütüphane gibi binalar için kullanımı teşvik edilmelidir.

Çimentolu odun yünü kompozitlerinin kullanımı hava kirliliği açısından dikkat çekmektedir. Odun ve çimento doğayı strofordan daha az kirleten hammadelerdir. Bunun yanında özgül ağırlığına bağlı olarak mekanik özellikleri yüksek ve hafif olmasından dolayı kullanım alanı için daha uygundur. Ayrıca tamir ve bakımının kolaylığı yanında yangına karşıda yüksek direnç göstermektedir.

Bu nedenle önce kullanım alanları genişletilmeli, sonra da ülkemizde üretim çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

### Kaynaklar

Shullman, S., 1995, Recycled Architecture, Tech., Rev. 98, 18-19.

Wolfe, R.W., Gjinolli, A., 1997, Cement Bonded Wood Composites as an Engineering Materials, in the Use of Recycled Wood and Paper in Buildings Applications, USD A Forest Service and Forest Product Society Proceedings No: 7286, 84-91.

Kuroki, Y., Nagadomi, W., Sasaki, H., Kawai, S., Eusebio, D., 1995, Cement Bonded Board

Industry and Market in Japan and New Technology Developments, in Proceedings 4th International Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials, 1995, Medison, Ed A.A Moslemi, Forest Products Research Society, 105-112

Kalaycıoğlu H., 2009, Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları Yayın No 89. Trabzon.

Aro, M., 2008, Wood Strand Cement Board, 11<sup>th</sup> Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference (IIBCC2008), November 5-7, Madrid, Spain.

TS 1351-1973, Lif, Yonga ve Talaş İmalinde Kullanılan Odun TSE, Ankara.

Kalaycıoğlu H., Sahil Çamı (*Pinus pinaster*) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, KTÜ FBE, 1991, Trabzon

Oyagade, A.O., 1998, Effects of Extractive Removal from Gmelina Arborea Wood on The Reaction of Ordinary Portland Cement-Wood Water System, Africa Journal of Science, 2(1), 54-63

Simatubang, M.H., Geimer, A., Robert, L., 1990, Inorganic Binder for Wood Composites: Feasibility and Limitation, Wood Adhesives, Forest Product Societies, 167-176, Madison, Wisconsin

Taşkın C., 1994, Türkiyede Çimento ve Hammadde Kaynakları, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği.

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., 1995, Design and Control of Concrete Mixtures, Canadian Portlan Cement Association, Sixth Canadian Edition By Steven H. Canada.

Neville, A.M., 1963, Properties of Concrete, 3<sup>rd</sup> Edition, Willey and Sons, New York, USA.

Lee., A., Hong, Z., 1994, Compressive Strenght of Cylindrical Samples as an Indicator of Wood-Cement Compatibility, Forest Products J., 36 (11-12), 59-62.

Rixom, M., Mailwaganam N, 1999, Chemical Admixtures for Concrete, E& Fn Spon, UK.

Zhengtian, L., Moslemi A.A., 1985, Influence of Chemical Addivites on the Hydration Characteristics of Wastern Larch Wood-Cement-Water Mixtures, Forest Prod. J, 35(7/8), 37-43.

Johansson, E., 1994, Woodwool Slabs-Manufacture, Properties and Use, Building Issues, Volume 6, Number 3.

BS EN 634-2: 2007, Cement-bonded particleboards - specifications. Requirements for OPC bonded particleboards for use in dry, humid and exterior conditions, London, UK.

Aslan, A., 1998, Termik Santral ve Biyokütle Atıkları ile Traş Katkılarının Çimentonun Mekanik Dayanımı ve Hidratasyon Özelliklerine Etki-

sinin Araştırılması, Doktora Tezi, KTU, FBE, Trabzon.

Erdoğan, Y.T., 1995, Betonun Oluşturan Malzemeler Çimentolar, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.

Neville, A.M., 1995, Properties of Concrete, Copyright by Pitman Publishing Limited, London.

Bahre, B.W., Greten, K.G., 1977, Cement-Bonded Particleboard Plant İntegrated With Low-Cost Housing Production Unit. Proceedings of the 22<sup>th</sup> Washington State Symposiom on Particleboard, p. 333-345.

Prestemon, D.R., 1976, Preliminary Evalation of Wood Cement Composite, Forest Products Journal, 2(26).

Taylor, H.F.W., 1990, Cement Chemistry, Academic Pres Inc., pp. 243-275.

Lee, A.W.C., 1991, The Latest Developments in the Cement Bonded Wood Excelcior Board Industry, Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Meterials, Forest Product Research Society.

Elten, G.V., 2006, Production of Wood Wool Cement Board and Wood Strand Cement Board (EltoBoard) on One Plant and Applications of The products, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil.

Eltomation Engineering & Logistic General Information, [www.Eltomation.NI/](http://www.Eltomation.NI/) Mineral Bonded Boards.

Anonim, Tepe Betopan Çimentolu Yonga Levha Özellikleri ve Kullanım Yerleri Broşürü. <http://www.betopan.com.tr>.

URL-1, 2009, Large WWC Elements Applications, [www.eltomation.com](http://www.eltomation.com)

URL-2, 2009, wood wool cement boards (properties, applications and production technology), [www.eltomation.com](http://www.eltomation.com).

URL-3, 2006, Ecobiocompatible Insulation Made From Fir Wood-Wool and Portland Cement, [www.celenit.com](http://www.celenit.com)

URL-4, 2009, Measurement of Sound Absorption Coefficient by Peverberation Room Method as per is: 8225-1987 Equivalent to ISO: 354 and ASTM:C423-99, Natural Walls and Ceilings, [www.anutone.com/naturals.htm](http://www.anutone.com/naturals.htm).

URL-5, 2010, WWC applications, [www.eltomation.com](http://www.eltomation.com).

URL-6, 2010, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Konut istatistikleri