

Poliüretan ve Taşyünü Dolgulu Kompozit Panellerin Çevresel Performanslarının İrdelenmesi

Öğr. Gör. Emrah Yılmaz¹
Doç.Dr. Hakan ARSLAN²

Konu Başlık No: 1

TÜRKÇE ÖZET

Dünya nüfusunun artışına bağlı olarak Kompozit inşaat malzemelerinin üretimi her geçen gün artmaktadır. Küresel aktivitenin önemli bir bölümünü oluşturan inşaat sektörü enerji ve malzeme tüketiminde öncü rol oynamaktadır. Bu durum kompozit inşaat malzemelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesini önemli hale getirmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi bir ürünün ham maddelerinin elde edilmesinden başlayıp, üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafını da içeren sürecin çevre üzerindeki etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılan bilimsel bir yöntemdir. Bu çalışmada, inşaat sektöründe endüstriyel tesisler, alışveriş merkezleri, ticaret merkezleri gibi mekanlarda çatı ve duvar yapılarında kaplama elemanı olarak kullanılan kompozit panellerin üretiminde kullanılan malzemeler, üretim süreçleri ve çevresel performanları irdelenmektedir. Kompozit panellerden 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve taşyünü dolgulu kompozit panellerin hammadde temini, üretim, bertaraf ve geri dönüşüm aşamaları Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yöntemiyle detaylı bir şekilde incelenerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda kompozit panellerin üretim aşamasının çevre üzerindeki etkilerinin ne kadar önemli olduğunu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER

Yalıtımlı kompozit panel, Yaşam döngüsü değerlendirmesi, Çevresel etki.

ABSTRACT

The production of composite construction materials is increasing day by day depending on the world's growing population. The construction sector plays a pivotal role in the consumption of energy and materials, which constitutes a significant part of global activity. This makes the assessment of the environmental impact of composite construction materials important. The life cycle assessment methodology is a scientific method that is used to identify, report and manage the environmental impacts of a product, starting with the acquisition of raw materials, including production, shipment, consumer use, and disposal as waste after use. In this study, materials, production processes and multimedia performances used in the production of composite panels used as covering elements in roof and wall structures in the construction sector such as industrial facilities, shopping centers, trade centers are examined. The production, disposal and recycling stages of composite panels with 100 mm thick polyurethane and stone filled composite panels were examined and compared in detail by the Life Cycle Assessment (LCA) method. As a result of comparison, it is seen how important the environmental effects of the production steps of composite panels are.

KEYWORDS

Insulated composite panel, life cycle assessment, environmental impact

¹ Emrah Yılmaz, Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 0380 542 1500, 0380 542 1501, emrahylimaz@duzce.edu.tr

² Hakan ARSLAN, Düzce Üniversitesi Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 0380 542 1100, hakanarslan@duzce.edu.tr

1. Giriş

Kompozit malzemeler; iki veya daha fazla malzemenin belirli oranlarda ve tasarım düzeninde bir araya getirilerek daha iyi ve farklı özelliklere sahip yeni malzeme elde edilmektedir [1]. Bu yeni bileşen, münferit malzemelerden gelen yeni özellikleri içermekte ve geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında genellikle daha güçlü, daha hafif ve/veya daha ucuz olduğu için birçok nedenden dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca kompozit malzemeler, havacılık, uzay, otomotiv, inşaat vb. yüksek teknolojilerin zorluklarını karşılayabilmektedir [2].

Günümüzde kompozit inşaat malzemesi sektörü, hem hammadde açısından hem de tüketilen enerji açısından çevre üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Bu etkilerin hesaplanması ve azaltılmasına yönelik her geçen gün çalışmalar artmaktadır. İnşaat malzemesi sektöründe uygulanan yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi, malzeme sürecinin tüm aşamalarındaki etkisini değerlendiren bir tekniktir [3], [4].

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin inşaat sektöründe, kaynak tüketimi sorununun üstesinden gelmek, daha çevre dostu ve sürdürülebilir malzemelerin üretilmesini sağlamak, inşaat malzemelerini karşılaştırmak ve çevresel kaygılara hitap etmek için, yapıların çevresel performansını değerlendiren bir yöntem olan YDD (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi) kullanılmaktadır [5], [6].

YDD, kompozit bir inşaat malzemesinin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek çevresel etkilerini kapsadığından, değerlendirilen bu çevresel etkileri tüm boyutlarıyla ve kapsamlı olarak yansıtır. YDD ile gerçekleştirilebilen kapsamlı ve bütünsel değerlendirme, söz konusu yapı ürününe ilişkin yapılacak olası modifikasyonların yol açacağı çevresel etkilerin farklı senaryolar için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini ve ilgili karar alma süreçlerine yansıtılabilmesini de sağlar. Endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşamları boyunca değerlendirilmesine yönelik olarak ortaya çıkan YDD yöntemi, zamanla inşaat sektörü tarafından da benimsenmiştir[7].

Dünyada inşaat üretimine paralel olarak inşaat malzemesi tüketiminin de her geçen gün arttığı gözlenmektedir. Montaj kolaylığı, işçilik ve zamandan tasarruf sağlaması, hafif olması, gerektiğinde sökülüp yeniden kullanılabilmesi gibi pek çok özelliğinden dolayı fabrikasyon ürünlerin tercih edildiği inşaat sektöründe, üretim bantlarında standart üretim yaklaşımı ile üretilen inşaat ürünlerinin çevresel etkilerinin incelenmesi önem arz etmektedir. Çalışma kapsamında poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel performansları irdelenecektir. Kompozit panellere ait çevresel etki sonuçları Avrupa Paneller ve Profiller Birliği tarafından yayınlanan poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellere ait Çevresel Ürün Beyanlarından (EPD) temin edilmiştir. Ayrıca YDD'si irdelenecek poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin üretim süreçleri hakkındaki bilgilere de Türkiye'de panel üretiminde önde gelen üretim tesisi ziyaret edilerek ulaşılmıştır.

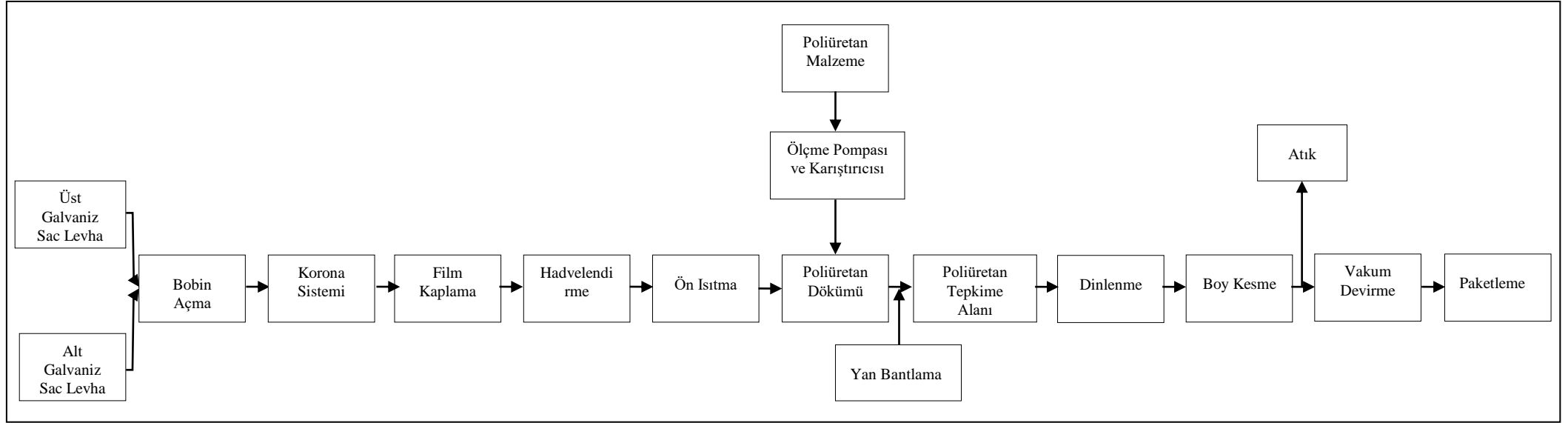
2. Kompozit Panellerin Üretim Süreci

Kompozit paneller, 2 metal levha arasında çeşitli kalınlık ve yoğunlukta ısı yalıtım malzemesi doldurularak elde edilmektedir. Bu metal levhaların yapımında kalınlığı 0,5 – 0,7 mm arasında değişen alüminyum veya galvanize sac levhalar kullanılmaktadır. Kullanılan ısı yalıtım malzemesini ise çoğunlukla poliüretan ve taşıyıcı oluşturmaktadır. Üretim aşamasında; bir uçtan üretim hattına giren metal levhalar şekillendirilerek, panelin alt ve üst yüzeyini oluşturan forma sokulmaktadır. Sonrasında metal levhalar arasına yalıtım malzemesi doldurulmakta böylece yalıtım malzemesi ve metal levhalar kompozit bir panel oluşturmaktadırlar. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmektedirler. Kompozit paneller özel fırın boya ile istenilen her renge boyanabilmektedir. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanabilmektedir.

*9. Ulusal atı & Cephe Konferansı 12 - 13 Nisan 2018
İstanbul Kùltür Üniversitesi - İstanbul*

2.1. Poliüretan Dolgulu Kompozit Paneller

Bir uçtan üretim hattına giren, istenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac şekillendirilerek kompozit panelin alt ve üst yüzeyini oluşturmakta, sonrasında levhalar arasına yalıtım malzemesi olarak farklı yoğunluk ve kalınlıkta poliüretan dökülerek poliüretan dolgulu kompozit panel oluşturulmaktadır. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmektedirler. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanmaktadır. Poliüretan dolgulu kompozit panelin üretim akış şeması Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Poliüretan dolgulu kompozit panel üretim akış şeması

Bobin açma; Panelin alt ve üst katmanını oluşturan alüminyum veya galvanize sacların bobine takılması ile üretim süreci başlamakta olup üretim hattının başlangıç aşamasında yer alan üst bobin panelin üst cidarını, alt kısmına takılan bobinde panelin alt cidarını oluşturmaktadır.

Korona sistemi; Üretim bandındaki ilk adım, "korona" sistemi ile sac yüzeylerinin temizlenmesidir. Bu sistemde sac yüzeylerinin üstüne mikro delikler açılarak sacın ön temizlemesi sağlanmaktadır. Böylece poliüretanın saca daha iyi tutunması amaçlanmaktadır.

Hadvelendirme; Korona sisteminde temizlenen saclar hadvelendirme aşamasına geçmekte ve bu aşamada al ve üst sacın istenilen boyutlarda hadvelendirilmesi sağlanarak saca şekil verilmektedir. Bu aşamada sacın yüzeyine taşıyıcılığı sağlayan büyük hadveler ile mikro hadveler verilirken aynı zamanda kenar bitişleride şekillendirilmektedir.

Ön ısıtma; İstenilen şekle uygun hale getirilen saclar, ön ısıtmaya girerek poliüretan dökümüne hazır hale getirilmektedir.

Poliüretan Dökümü; Belirli oranlarda poliüretan takında hazırlanan karışım pompa yardımı ile ön ısıtma işleminden çıkan sacın üstüne dökümü gerçekleştirilir.

Yan Bantlama; Poliüretan döküm işlemi gerçekleştirilirken alt sacın her iki yanından poliüretanın akmaması için bantlama işlemi yapılır. Firmanın reklamının yapılması amacıyla bantların üzerinde şirket bilgileri yer almaktadır.

Poliüretan Tepkime Alanı; Poliüretan döküm işleminden sonra altta ve üstte ilerleyen saclar birbirine yaklaşarak alt sacın üstüne dökülen poliüretan bu aşamada köpürmekte ve panelin üst yüzeyine yapışmaktadır.

Dinlenme; Poliüretanın alt ve üst sac ile birleşerek tek parça haline geldiği aşamadır.

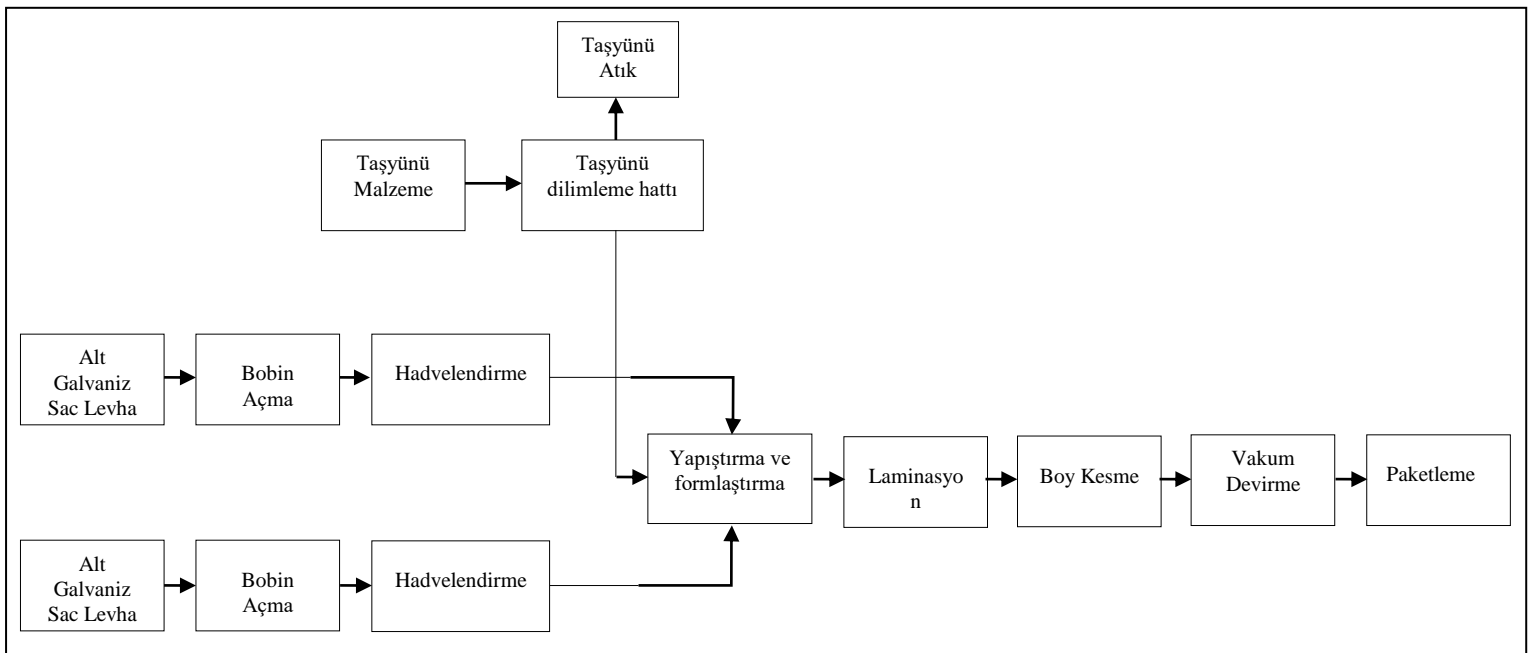
Boy Kesme; Bu aşamada paneller istenilen boyda boy kesme aleti ile kesilmektedir.

Vakum Devirme; İstenilen boyda kesilen paneller vakum devirme aleti ile üst üste konularak paketlemeye hazır hale getirilir.

Paketleme; Üst üste konularak istiflenen paneller dış yüzeyinin korunması amacıyla paketlenmektedir.

2.2. Taşyünü Dolgulu Kompozit Paneller

Bir uçtan üretim hattına giren, istenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac şekillendirilerek kompozit panelin alt ve üst yüzeyini oluşturmakta, bu esnada taş yünü istenilen boyutta kesilerek sacın içine doğru götürülmektedir. Şekillendirilmiş sacın çekirdek malzeme (taşyünü) gelecek yüzeyine yapıştırıcı sürülerek malzemenin saca yapışması sağlanmaktadır. İstenilen renkte ve kalınlıkta iki alüminyum veya galvanize sac bobinlerin rulo açıcıya takılarak hadvelendirildikten, bu esnada taşyünü istenilen boyutta kesilerek, şekillenmiş sacın içine doğru götürülmekte ve taşyününün yapışması için üst saca yapıştırıcı sürülmektedir. Laminasyon bölümünde alt sac, iç dolgu ve üst yüzeyin birleşmesi sağlandıktan sonra taşyünü dolgulu kompozit panel oluşturulmaktadır. Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilir. Panellerin nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanır. Taşyünü dolgulu kompozit panel üretim akış şeması Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Taşyünü dolgulu kompozit panel üretim akış şeması

Taşyünü dolgulu kompozit panellerde bobin açma, hadvelendirme, boy kesme, vakum devirme ve paketleme sistemi poliüretan dolgulu kompozit panel üretimi için aynı olup üretim akış şemasında olan farklı olan sistemler aşağıda açıklanmıştır.

Taşyünü dilimleme hattı; Hadvelendirme işlemiyle eş zamanlı olarak taşyünü istenilen boyutta kesilir ve alt sacın içine doğru ilerlemesi sağlanır.

Yapıştırma; Üst sacın taşyünü ile temas edeceği yüzeye yapıştırıcı sürülmektedir.

Laminasyon; Yapıştırma işleminden sonra, arasında taşyünü bulunan saclar preslenmek ve yapıştırıcı ile yalıtım tabakasının kimyasal reaksiyonunun tamamlanması için laminasyon aşamasına geçilir. Bu arada alt sac, taşyünü ve üst sacın birleşimi sağlanır.

2.3. Kompozit Panel Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Poliüretan ve taşyünü dolgulu kompozit paneller, iç ve dış metal levha ve yalıtım çekirdeğinden oluşmaktadır. Yapıların dış kabuğunu ısı, su ve ses yalıtımı olarak estetik bir şekilde çözen bu paneller; fabrikalar, sanayi yapıları, askeri yapılar, sosyal yapılar, zirai yapılar, spor tesisleri, şantiye binaları, silolar, hipermarketler, alışveriş merkezleri, soğuk hava depoları, hal binaları gibi taşıyıcı sistemi çelik veya prefabrikte olan büyük boyutlu binaların çatı ve duvarlarında kullanılmaktadır.

Galvaniz Sac

Sıcak daldırma galvanizleme, metallerin korozyondan korunması için dünya çapında çok yaygın kullanılan, ekonomik ve dayanıklı bir tekniktir. Temel olarak, metallerin erimiş halde bulunan çinko havuzuna daldırılmasıyla malzeme yüzeylerini çinko ile kaplama sürecidir. Metallerin çinko ile kaplanması uzun süre korozif ortamlara karşı güçlü bir koruma sağlamaktadır. Galvanizleme süreci yüzey hazırlama, galvanizleme süreci ve yüzey temizleme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır [8], [9]. Çinko doğal bir element olduğundan dolayı hem çevresel açıdan rahatsız edici bir etki oluşturmaz hem de ahşap, taş veya cam gibi diğer doğal malzemeler ile uygun bir kombinasyonuyla estetik bir etki elde edilebilir. Günümüzde modern sıcak daldırma galvanizleme tesisleri çevrenin korunması için katı kanun gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmaktadır [10]. Yasal zorunluluk çerçevesinde yapılan tasarımlar ile metal sacların galvanizlenmesi işleminde çevresel etkiler gün geçtikçe azaldığı söylenilir.

Poliüretan

Poliüretan, polyol ve izosiyanat adlı iki ana bileşenin, özel üretim şartlarında, katalizör malzemelerle, yüksek basınç altında karışımıyla oluşan rijit poliüretan sert köpüktür. Çok etkili izolasyon malzemesi olup sıkı hücre yapısından dolayı su da yüzelebilmektedir [11]. Poliüretan, termoset malzeme olup 250 °C kadar ısı yalıtımı sağlama özelliğine sahiptir. İlk üretildiğinde ısı iletkenliği 0,020 – 0,024 W/m°C olup zamanla kullanım sonucu aralarda oluşan gazlardan dolayı 0,024 – 0,030 W/m°C kadar yükselebilmektedir. Ayrıca kimyasal yapısı sayesinde bir kere şekil verildiğinde, şekli bir daha değiştirilemez. Montreal Protokolü'ne göre dolgu reaksiyonunu başlatan florotikloktan ozon tabakasına zarar verdiği için yasaklanmıştır [12].

Poliüretan, kompozit panellerin iç dolgu malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bir çok dış cidar malzemesi ile birlikte kullanılabilen poliüretan iç dolgulu kompozit paneller, yapılarda, dış cephe paneli, çatı paneli, soğuk hava deposu paneli ve iç mekan bölme paneli olarak kullanılmaktadır [13].

Boya

Bobin boyama tekniğinde galvaniz veya alüminyum rulo kesintisiz boyama hattında açılır ve ilk olarak yüzey temizleme işlemi uygulanarak boyanacak yüzey, yağ ve istenmeyen maddelerden

arındırılır. Arındırma işleminden sonra sac yüzeyine kromatlama işlemi uygulanarak yüzeyler boyamaya uygun hale getirilir. İlk olarak metalin her iki yüzeyine astar uygulanır ve fırınlanır. Son kat olarak istenen RAL rengine ve cinsten boyama yapılır, tekrar fırınlanır, istenilen boyutta kesilerek rulo boyalı olarak sarılır. Bobin boyama tekniği sayesinde panel yüzeylerinin her noktası homojen kalınlıkta boyanmaktadır. Panelin kullanılacağı yerin coğrafi ve çevresel durumuna göre epoksi astar üzerine Polyester, pvd, plastisol veya poliüretan boya kullanılmaktadır. Özel durum haricinde Türkiye şartlarında epoksi astar üzerine polyester, pvd, plastisol veya poliüretan boya kullanılması yeterli olmakla beraber boya metalin uzun ömürlü olmasını sağlayan en önemli unsurdur. Bobin boyama tekniğiyle boyanan panel yüzeyleri kolaylıkla işlenebildiğinden doyalı formlandırma işlemi sırasında boyalı yüzey etkilenmemektedir [14].

Folyo

Paneller istenen boy ve sayıda kesilerek sevke hazır hale getirilmekte ve paneller nakliye ve montajda korunması için dış yüzeylerine koruyucu polietilen folyo uygulanmaktadır.

Yan bant

Poliüretan döküm işlemi gerçekleştirilirken alt sacın her iki yanından poliüretanın akmasını için bantlama işlemi yapılır. Firmanın reklamının yapılması amacıyla bantların üzerinde genellikle şirket bilgileri yer almaktadır.

3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü düşüncesi kavramına dayanan yaşam döngüsü değerlendirme (YDD), ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin tüm yaşam döngüleri boyunca olası çevresel etkilerini değerlendirmek için sistematik bir yöntemdir. YDD yöntemi, dört adımdan oluşur: (i) amaç ve kapsam tanımlama, (ii) envanter analizi, (iii) etki değerlendirme ve (iv) yorumlama [15]. Ürünlerin çevresel etkilerinin karşılaştırılması için bir yaklaşım olarak başlayan YDD aynı zamanda endüstri ve hükümetin çevresel sürdürülebilirliği için sağlam bir bilimsel temel sağlamak adına standartlaştırılmış bir yöntemdir [16].

Bu yöntem ile bir ürünün ham maddelerin elde edilmesinden başlayarak, ilgili tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafını da kapsayan yaşam döngüsünün "beşikten mezara" her aşamalarındaki çevresel etkileri detaylı analiz edilmektedir [17], [18].

Bu çalışmada, kompozit panellerin çevresel etkilerine ait veriler Avrupa Panel ve Profiller Birliği tarafından yayınlanan çevresel ürün beyanlarından temin edilmiştir. Kompozit panellere ait beyannamelerde yayınlanan çevresel etki sonuçları, taşıyıcı dolgu panel için Avrupa Panel ve Profiller Birliği'nin 8 üye poliüretan dolgu panel için 12 firmasının 2011 yılı yıllık üretim miktarları dikkate alınarak hesaplanmış ve bu şirketler, sandviç panel üreten üyelerin %50 ila %70'ini temsil etmektedir. Bu şirketlerin üretim hacmi Avrupa pazarına yaklaşık %50'dir [19].

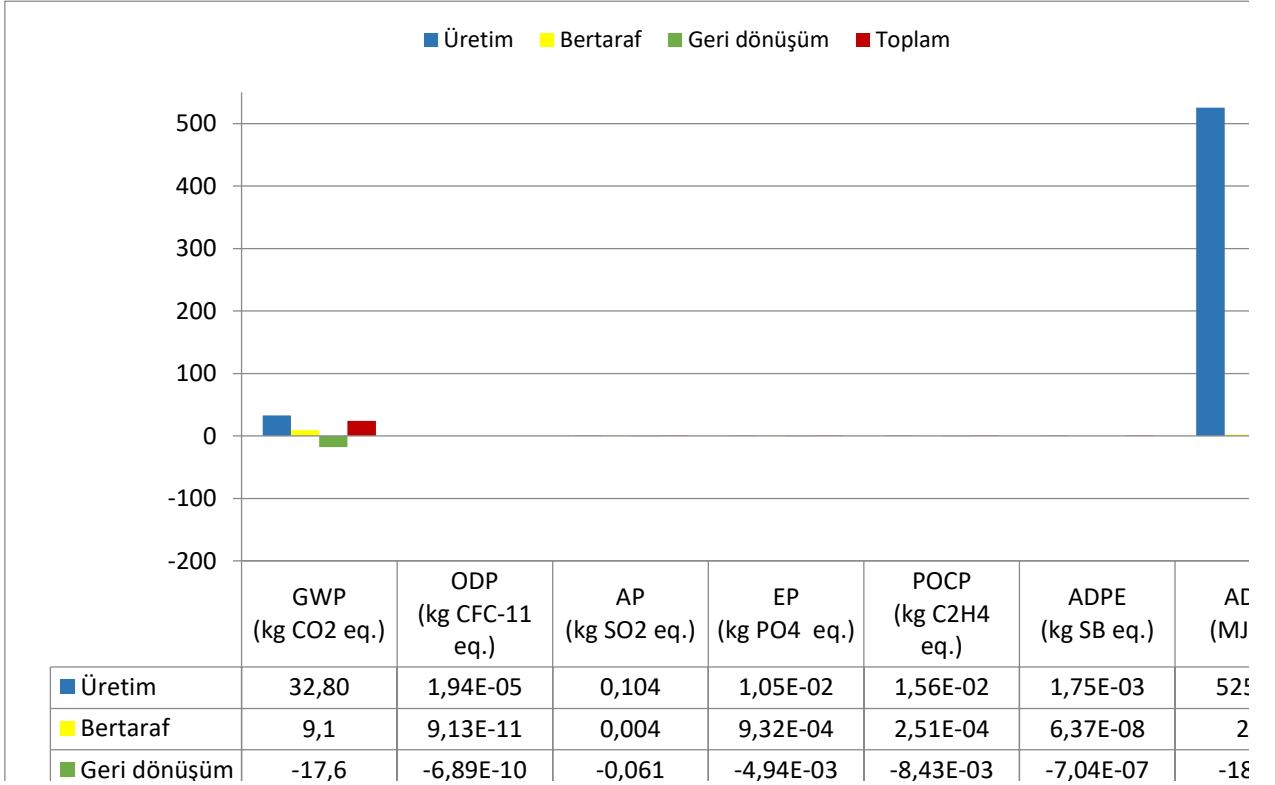
Çalışma kapsamında, kompozit inşaat malzemelerinden 100 mm kalınlığındaki poliüretan dolgu kompozit panel ile 100 mm kalınlığındaki taşıyıcı dolgu kompozit panelin çevresel performansları incelenerek çevresel etkileri karşılaştırılacaktır.

4. Poliüretan ve Taşıyıcı Dolgu Kompozit Panellerin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

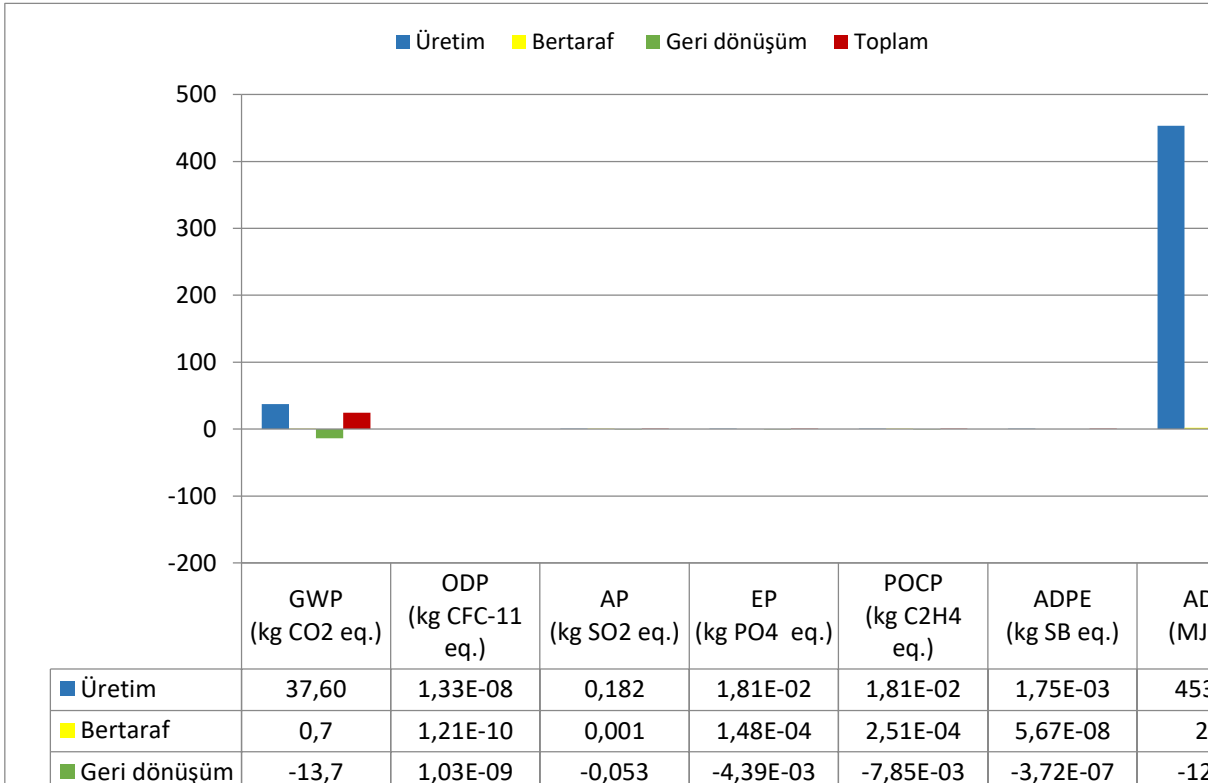
Bu çalışmada poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin fonksiyonel birim, "1 m² yalıtımlı kompozit panel" olarak tanımlanmaktadır. Veriler Avrupa Panel ve Profiller Birliği'nin üye olduğu firmalardan temin edilerek hesaplama yapılmıştır. Sistem sınırları üretim aşaması (hammadde temini, nakliye ve üretim), yaşam sonu (bertaraf) ve geri dönüşüm aşamalarından oluşmaktadır.

Poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) için yaşam döngüsü etki değerlendirme sonucunda 100 mm kalınlığındaki poliüretan dolgu kompozit

panelin çevresel performansı Şekil 4.1’de taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkileri ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Ayrıca 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve Taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkilerinin karşılaştırılması şekil 4.3’de elde edilmiştir.



Şekil 4.1. 100 mm kalınlığında 1m² poliüretan dolgu kompozit panelin çevresel etkileri



Şekil 4.2. 100 mm kalınlığında 1m² taşıyıcı dolgu kompozit panelin çevresel etkileri

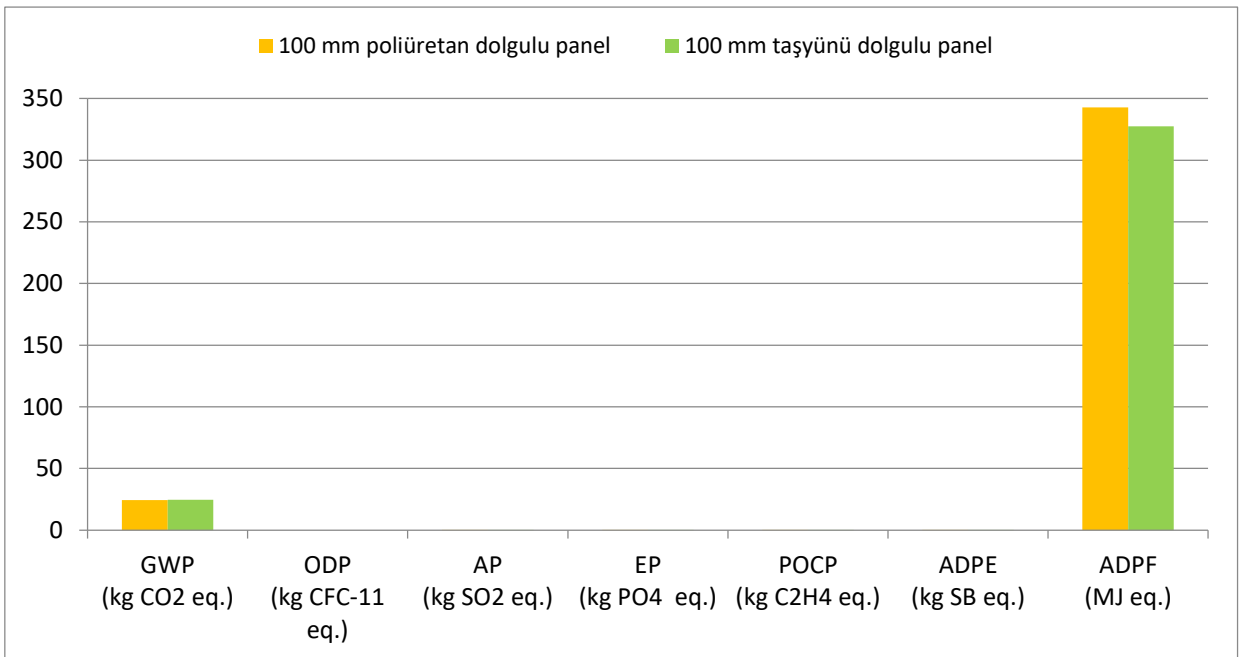
[Etki kategorileri: GWP: Küresel ısınma potansiyeli; ODP: Ozon incelme potansiyeli; AP: Asidifikasyon potansiyeli; EP: Ötrofikasyon potansiyeli; POCP: Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli; ADPE: Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan); ADPF: Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)]

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi çevresel olarak en etkili olan kategoriler kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) ve küresel ısınma potansiyelidir. Şekil 4.1 ve şekil 4.2’ye göre, 100 mm kalınlığındaki poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin üretim aşamasındaki etki kategorileri bertaraf ve geri dönüşüm aşamasındaki etki kategorilerinin tümünden daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu görülmektedir. Şekilde gösterilen negatif değerler çevre üzerinde olumlu etki olduğunu pozitif değerler ise çevre üzerindeki zarar etki yüzdesini göstermektedir. Buna göre geri dönüşüm aşamasının küresel ısınma potansiyeli ve kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) üzerinde olumlu etkisi bulunmaktadır.

Poliüretan dolgu kompozit panelin üretim aşaması küresel ısınmaya 32,80 kg CO₂ eşdeğeri, bertaraf aşaması 9,1 kg CO₂ eşdeğeri etkisi olduğu görülürken geri dönüşüm aşamasının -13,7 kg CO₂ eşdeğeri negatif değere yani çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli açısından irdelendiğinde ise üretim aşaması 525,40 MJ eşdeğeri, bertaraf aşaması 2,3 MJ eşdeğeri olumsuz etki sağlarken geri dönüşüm aşaması -185 MJ eşdeğeri çevreye olumlu etki katkı sağlamaktadır.

Taşıyıcı dolgu kompozit panelin üretim aşaması küresel ısınmaya 37,60 kg CO₂ eşdeğeri, bertaraf aşaması 0,7 kg CO₂ eşdeğeri etkisi olduğu görülürken geri dönüşüm aşamasının -17,6 kg CO₂ eşdeğeri negatif değere yani çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli açısından irdelendiğinde ise üretim aşaması 453,20 MJ eşdeğeri, bertaraf aşaması 2,1 MJ eşdeğeri olumsuz etki sağlarken geri dönüşüm aşaması -128 MJ eşdeğeri çevreye olumlu etki katkı sağlamaktadır.

Şekil 4.3’te poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkileri hammadde temini, hammaddelerin tesise nakliyesi, kompozit malzemenin üretimi, paketlenmesi, kullanım sonrasındaki bertarafı geri dönüşüm aşamalarını kapsayan yaşam döngüsü süreci kapsamında karşılaştırılmaktadır.



Şekil 4.3. 100 mm kalınlığında 1m² poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panelin çevresel etkilerinin karşılaştırılması

[Etki kategorileri: GWP: Küresel ısınma potansiyeli; ODP: Ozon incelme potansiyeli; AP: Asidifikasyon potansiyeli; EP: Ötrofikasyon potansiyeli; POCP: Fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli; ADPE: Kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan); ADPF: Kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan)]

Şekil 4.3 poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkilerini karşılaştırmalı bir şekilde göstermektedir. Buna göre, taşıyıcı ve poliüretan dolgu kompozit panellerin çevre üzerinde olumlu etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Taşıyıcı dolgu kompozit paneli küresel ısınma potansiyeli, ozon incelme potansiyeli, asidifikasyon potansiyeli, ötrofikasyon potansiyeli, fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeli, kaynak tüketim oluşumu potansiyeli (fosil olmayan) bakımından poliüretan dolgu kompozit panele göre daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ozon incelme potansiyeli ve kaynak tüketimi oluşumu potansiyeli (fosil kaynaklardan) bakımından ise daha az çevresel etkisi vardır.

5. Sonuçlar

Taşıyıcı dolgu kompozit panelin küresel ısınma üzerinde olumsuz etkisi bulunmaktadır ve bu etkinin poliüretan dolgu kompozit panele göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Hidrokloroflorokarbonların salımının bir etkisi olarak oluşan ozon tabakasının zarar görmesi ise taşıyıcı dolgu kompozit panelin kullanımı tercih edilmesi durumunda poliüretan dolgu kompozit panel kullanımına göre büyük ölçüde azaltılmaktadır.

Taşıyıcı dolgu kompozit panel yerine poliüretan dolgu kompozit panelin tercih edilmesi durumunda NH₃, SO_x ve NO_x emisyonlarına bağlı olarak oluşan asidifikasyon ve ötrofikasyon etkisi azalacağından dolayı ekosistem kalitesine olumlu katkıları artacaktır.

Taşıyıcı dolgu kompozit panelinin fotokimyasal oksidasyon oluşma potansiyeline poliüretan dolgu kompozit panele göre daha fazla katkı sağlamaktadır. Bu etkiye taşıyıcı dolgu kompozit panel üretmek için daha fazla elektrik tüketilmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Kaynak kullanımı değerlendirildiğinde ise fosil yakıtların kullanımı açısından taşıyıcı dolgu kompozit panel avantajlı konumda iken minerallerin kullanılması açısından poliüretan dolgu kompozit paneli kullanımının daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Poliüretan ve taşıyıcı dolgu kompozit panellerin çevresel etkileri genel olarak incelendiğinde üretim aşamasının çevre üzerindeki etkilerinin ne kadar önemli olduğunu görülmektedir. Bu etkilerin azaltılması için yalıtım malzemesi olarak kullanılan taşıyıcı ve poliüretan miktarlarının azaltılmasına yönelik çalışmaların önemle ele alınması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kompozit panel üretiminde kullanılan hammaddelein azaltılması sayesinde kompozit inşaat malzemelerinin çevreye olan etkileri iyileştirilmiş olacaktır.

6. Kaynaklar

- [1] F. C. Campbell, *Structural Composite Materials*. Materials Park, US: ASM International, 2010.
- [2] E. Bayraktar, “Composite Materials”, içinde *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, Elsevier, 2017.
- [3] G. K. C. Ding, “Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: an overview”, içinde *Eco-efficient Construction and Building Materials*, Elsevier, 2014, ss. 38–62.
- [4] G. Pérez ve L. F. Cabeza, “Buildings Life Cycle Assessment”, içinde *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, Elsevier, 2017, ss. 275–290.
- [5] H. Babaizadeh, N. Haghighi, S. Asadi, R. Broun, ve D. Riley, “Life cycle assessment of exterior window shadings in residential buildings in different climate zones”, *Build.*

- Environ.*, c. 90, ss. 168–177, Ağu. 2015.
- [6] O. Ortiz, C. Bonnet, J. C. Bruno, ve F. Castells, “Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain”, *Build. Environ.*, c. 44, sayı 3, ss. 584–594, Mar. 2009.
- [7] J. S. Cooper, “The Computational Structure of Life Cycle Assessment, by Reinout Heijungs and Sangwon Suh. Dordrecht”, *J. Ind. Ecol.*, 2003.
- [8] V. Kuklík ve J. Kudláček, *Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures*. 2016.
- [9] F. Ozturk, Z. Evis, ve S. Kilic, “3.12 Hot-Dip Galvanizing Process”, içinde *Comprehensive Materials Finishing*, 2017, ss. 178–190.
- [10] V. Kuklík, J. Kudláček, V. Kuklík, ve J. Kudláček, “13 – Hot-dip galvanizing and the environment”, içinde *Hot-Dip Galvanizing of Steel Structures*, 2016, ss. 199–202.
- [11] H. AYDIN ve İ. EKMEKÇİ, “Isı yalıtım malzemesi olarak poliüretan köpüğün fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretimi ve incelenmesi”, *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 6, sayı 1, ss. 45–50, 2002.
- [12] J. M. Davies, *Lightweight sandwich construction*. John Wiley & Sons, 2008.
- [13] N. Serter, “Cephelerde Kullanılan Sandviç Panellerin Üretim Ve Montaj Aşamaları”. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [14] “Anonim”. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.teknopanel.com.tr/Sayfalar/410/Hammadde-Bilgileri/Boya.aspx>. [Erişim: 02-Oca-2018].
- [15] ISO 14044, “ISO 14044 - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines”, *Int. Stand.*, 2006.
- [16] M. A. Curran, “Life Cycle Assessment: A review of the methodology and its application to sustainability”, *Current Opinion in Chemical Engineering*, c. 2, sayı 3, ss. 273–277, 2013.
- [17] G. Rebitzer vd., “Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications”, *Environ. Int.*, c. 30, sayı 5, ss. 701–720, 2004.
- [18] P. Van Den Heede ve N. De Belie, “Environmental impact and life cycle assessment (LCA) of traditional and ‘green’ concretes: Literature review and theoretical calculations”, *Cem. Concr. Compos.*, c. 34, sayı 4, ss. 431–442, 2012.
- [19] “Anonim”. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.epaq.eu/Umweltaspekte.html> [Erişim: 10-Oca-2018].