



Bu bir MMO
yayıdır

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Y.D.D. YÖNTEMİ KAPSAMINDA YÜN VE PLASTİK ESASLI HALI KAPLAMALARININ ÇEVRESEL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İÇ MEKÂN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ

MERVE TUNA KAYILI
GAZİ ÜNİVERSİTESİ

GÜLSER ÇELEBİ
ALANYA HEP ÜNİVERSİTESİ

Y.D.D. YÖNTEMİ KAPSAMINDA YÜN VE PLASTİK ESASLI HALI KAPLAMALARININ ÇEVRESEL PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İÇ MEKÂN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ

Merve TUNA KAYILI
Gülser ÇELEBİ

ÖZET

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD), yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Yapı ürünleri sisteminin girdi ve çıktılarıyla ilgili verilerin dökümünün yapılması, yapı ürünlerinin sebep olabileceği olası çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve değerlendirme sonuçlarının yorumlanmasında kullanılan bu yöntem, ilk olarak endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin belirlenmesi için uygulanmış olsa da, bugün yapı sektörü için çok önemli bir konumdadır. Avrupa Komisyonu da Entegre Ürün Politikası İletisinde YDD'nin ürünlerin vermiş olduğu çevresel etkilerin hesaplanması ve karşılaştırılması için en iyi yöntem olduğunu belirtmiştir.

Bu araştırmada, YDD yöntemi bağlamında plastik malzemelerin irdelenmesi amaçlanmıştır. Genel geçer anlamda plastiklerin bütün yapı malzemelerine oranla çevreye olan etkisinin daha çok olduğu kabul edilmektedir. Ancak, bu yargının, YDD ile çevresel etki analizi sonuçları incelendiğinde, bazı yapı ürünleri için tartışılabilir olduğu görülmektedir.

Bu bağlamda, çalışma kapsamında iç mekan zemin döşeme malzemelerinden plastik esaslı kaplama ve yün halı kaplama malzemelerinin YDD yöntemi ve BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) simülasyon programı kullanılarak çevresel etkilerine ulaşılmış, çevresel etki kategorilerine göre elde edilen veriler üzerinden bu iki malzemenin çevreye olan etkileri tartışılmıştır. Ayrıca bu iki kaplama malzemesinin, iç mekan hava kalitesine etkileri literatür desteğiyle irdelenmiştir. Bu veriler ışığında, yapı ürünlerinin nitelikli çevresel etki verilerine ulaşılabilmesinde, YDD yönteminin yeri ve önemine dikkat çekilmektedir.

Anahtar Kelimeler: YDD, Plastik esaslı halı kaplama, Yün halı kaplama, Çevresel etki, İç mekân hava kalitesi

ABSTRACT

Life cycle assessment (LCA), is a method to assess environmental impacts of building products throughout life cycle of them. This method which used for casting of data on the input and output of the building products system, assessing of possible environmental impact caused by building products, and interpreting of the results, have a very important position for construction sector although it had been used for determining of environmental effects of industrial products firstly. European Commission specifies LCA as a best method to calculate and compare the environmental impact of products in the Integrated Product Policy Message. In this study, we aimed to evaluate the plastic materials within the context of LCA method. In generally, the plastic materials were accepted that they have higher environmental impact compared to other materials, but this judgment can be

seen as arguable issue for the some building materials when the environmental impact results of materials was evaluated.

Within this context, environmental impact values of carpet flooring made from plastics and wool carpet flooring were obtained by using BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) simulation program and LCA method. Then, the environmental impacts of these carpet types were explained by evaluating result values. In addition, the effects of these carpet types to indoor air quality was examined with the literature survey. And, importance and value of LCA method was emphasized to reach real environmental impact values of building materials.

Key Words: LCA, Plastic-based carpeting, Wool carpeting, Environmental impact, Indoor air quality.

1. GİRİŞ

Yapı ürünlerinin yaşam süreçlerinde kullanılan kaynaklar, doğal çevreyi ve insan sağlığını büyük oranda etkileyebilmektedir. Yanlış seçilen üründen, öncelikle doğal çevre, sonrasında yapılı çevre ve bu yapılı ve doğal çevrede yaşayan insanlar, sonuç olarak ta ülke ekonomisi zarar görmektedir. Bu bağlamda ürün seçiminde doğru, sağlıklı ve yeterli kaynak kullanımı öne çıkmaktadır [1].

Ürünün doğru karar verilebilmesi için yeterli düzeyde ürün bilgisini ve bu da ürüne yönelik bilgi sistemlerini gerektirmektedir. Ürünün çevresel ve ekonomik performansının belirlenmesinde kullanılan yaşam döngüsü değerlendirme sistemi, günümüzde en az hatayla sonuç verebilen bir yöntemdir. Bu yöntem ürünün üretiminde kullanılacak hammadde çıkarımı evresinden, kullanım sonrasında oluşabilecek atık evresine kadar değerlendirme yapabilmektedir. Yapı ürünlerinin sadece kullanım evresi değil, bütün evreleriyle birlikte çevreye olan etkilerinin belirlenmesiyle, sağlıklı yapılı çevrelerin oluşturulabileceği düşünülmektedir [2].

Bu bağlamda çalışma kapsamında, öncelikle yapı ürünlerinin çevresel performansının belirlenmesinde kullanılan yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi (YDD) kısaca açıklanmış, sonrasında naylon ve yün halı kaplama malzemelerinin, YDD sınırları çerçevesinde BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) simülasyon yöntemi ve veri tabanı kullanılarak çevresel performansı ve etki kategorileri kapsamında elde edilen etki değerleri karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Ayrıca kullanım evresinde bu iki malzemenin iç mekan hava kalitesi ve insan sağlığına etkileri literatür kapsamında incelenmiştir. Çalışma, ürünlerin yaşam döngüsü sürecinde, yapı ürünü-çevre etkileşimi konusunda mimarları, mühendisleri, ürün üreticilerini ve kullanıcıları bilinçlendirmek açısından önemli görülmektedir.

2. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME

Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD), yapı ürünlerinin yaşam döngüleri boyunca sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. Yaşam döngüsü olarak ifade edilen beşikten mezara kavramı, ürün veya hizmetin üretiminde kullanılan hammaddenin çıkarılması ve gerekli olan enerji kullanımını kapsayan süreçten, ürün ve kullanılan kaynakların doğaya geri döndüğü yer ve zaman olarak tanımlanan sürece kadar olan süreci tanımlamaktadır [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Yapı ürünleri sisteminin girdi ve çıktılarıyla ilgili verilerin dökümünün yapılması, yapı ürünlerinin sebep olabileceği olası çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve değerlendirme sonuçlarının yorumlanmasında kullanılan bir yöntem olan yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ilk olarak endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesine yönelik ortaya çıkmış, zamanla yapı sektörü tarafından da benimsenmiştir. Günümüzde YDD yöntemiyle ilgili en ayrıntılı ve güncel bilgi, Uluslararası Standartlar Kuruluşu (ISO) tarafından hazırlanan ISO 14040, ISO 14044, ISO/TR 14047, ISO/TS 14048 ve ISO/TR 14049 Standartları'ndan elde edilmektedir [3]. Buna göre ISO 14040 Çevre



Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme - Prensipler ve Çerçeve (2006)'a göre yaşam boyu değerlendirme 4 adımda gerçekleştirilir. Bunlar;

1. Amaç ve Kapsam Tanımı
2. Yaşam Döngüsü Veri Analizi
3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
4. Yaşam Döngüsü Yorumu şeklinde sıralanmaktadır.

Amaç ve Kapsam Tanımı; ISO 14040'a göre bu aşamada, çevresel etkileri değerlendirilecek olan yapı ürünü sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırları, dağıtım yöntemleri ve veri kalite gerekleri tanımlanmalı; çalışma kamuya açılacaksa eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlamayla ilgili kararlar verilmelidir.

Yaşam Döngüsü Veri Analizi; bir yapı ürünü sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili veri toplama (data collection) yöntemleri ve hesaplama (data calculation) yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini kapsamaktadır.

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi; yaşam döngüsü veri analizinden elde edilen sonuçlara göre yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği aşamadır.

Yaşam Döngüsü Yorumu; yaşam döngüsü değerlendirmenin amaç ve kapsamına göre yapılır. Yaşam döngüsü yorumunun amacı, çalışmadaki kısıtları açıklamak, yaşam döngüsü veri analizi ve yaşam döngüsü etki değerlendirme bulgularına dayalı sonuçları çözümlemek, ulaşılan sonuçlar ve önerileri şeffaf bir rapor haline getirerek çalışmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır. ISO 14040'a göre yaşam döngüsü yorumu, önemli konuların tanıtımı, değerlendirme, eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlanmasını kapsar [3].

3. YÜN VE PLASTİK ESASLI HALI KAPLAMALARININ YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

Bu bölümde BEES simülasyon yöntemi kullanılarak, naylon ve yün halı kaplama malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında, çevresel performansı ve etki kategorilerine göre etki değerleri karşılaştırmalı olarak incelenmektedir.

3.1.Yün Halı Kaplamasının Yaşam Döngüsü Kapsamı ve Veri Analizi

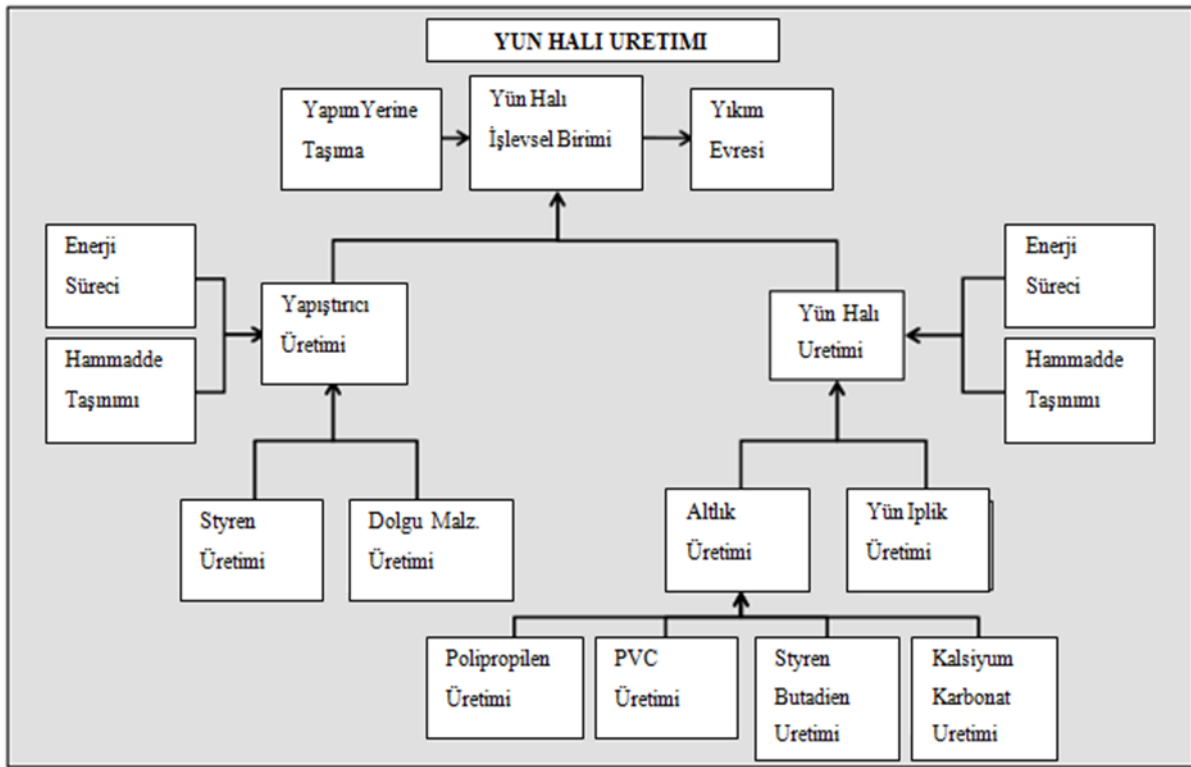
Bu bölümde yün halı kaplama malzemesinin, YDD yönteminin ilk iki aşaması olan amaç, kapsam tanımı ve yaşam döngüsü veri analizine yer verilmiştir.

3.1.1. Amaç Kapsam Tanımı

Yapı ürünü sistemi; olarak kaplama malzemelerinden yün halı kaplaması olarak belirlenmiş ve bu malzemenin beşikten mezara kadar olan süreci ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan yün halı kaplamanın karşılaştırılması için işlevsel birim "1 m² halı kaplama" olarak tanımlanmaktadır. Yün halı kaplamanın yaşam döngüsündeki hammadde çıkarımı, üretim, taşıma evreleri çalışmanın kapsamını ve üretim evresindeki enerji gereksinimleri ve salımlar, katı atıklar ve taşıma ise çalışmanın birim işlemlerini tanımlamaktadır. Hammadde taşınmasında kullanılan yöntemler ve her bir yöntemdeki malzeme, enerji, su gibi girdi akışları ile hava/su/toprağa salımlar, su esaslı atıklar, katı atıklar, yan ürünler gibi çıktı akışları ise çalışmadaki sistem sınırlarını oluşturmaktadır (Bknz. Tablo 1). Veri kalite gerekleri, yün halı kaplama için toplanacak verilerin zaman, coğrafya ve teknoloji ile ilgili değişkenlerini kapsamaktadır. Bu çalışmada BEES yaşam döngüsü değerlendirme yazılımının US. LCI veri tabanından aldığı veriler dikkate alınmaktadır.

Tablo 1. Yün halı kaplama YDD yöntemine ait amaç ve kapsam tanımı [9]

Yapı ürünü sistemi	Yün halı kaplama
İşlevsel birim	1 m ²
Kapsam	Hammadde çıkarımı-Üretim-Taşıma
Birim işlemler	Üretim= Enerji gereksinimi ve salımlar Katı atıklar Taşıma
Sistem sınırları	Bkz. Şekil 1.
Veri kalite gerekleri	US. LCI
Eleştirel gözden geçirme	-----
Rapor	-----

**Şekil 1.** Yün halı kaplaması sistem sınırları [9]

Bölüm 2’de belirtildiği gibi, YDD yöntemine göre amaç ve kapsamı tanımlanan çalışmanın ikinci aşaması, yaşam döngüsü veri analizidir.

3.1.2. Yaşam Döngüsü Veri Analizi

Bu aşama, bir yapı ürünü sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili veri toplama ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini kapsamaktadır.

Yapı ürününün hammadde çıkarılması evresindeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde ürüne özgü ve kaynak akışlarına özgü veriler BEES yazılımının veri tabanında bulunmaktadır (Bkz. Tablo 2.ve 3.). Yün halı kaplamanın üretilmesi için yünün tutamlara ayrılır ve yün ipleri, bir kaplama ve tutam iğneleri ile birlikte halı altlığına tutturulur. Bu işlemler esnasında gerekli olan enerji tür ve miktarları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 2. Ürüne özgü veriler [9]

Bileşen	Malzeme	g/m ²
Yün iplik	Yün	1571
Altlık	Polipropilen	139
	Syren butadien latex	254
	Kalsiyum karbonat dolgu	750

Tablo 3. Yün bileşenleri [9]

Bileşen	Kütle Miktarı %
Temiz Yün iplik (80
Gres	6
Yün teli tuzları	6
Atık	8

Tablo 4. Yün üretimi için girdi ve çıktılar [9]

Yün üretimi girdileri		Çıktıları	
Doğalgaz	5375 Mj	Yün	1 kg
Elektrik	0,70 Mj		
Yağlayıcılar	0,063 Mj		
Su	37,5 L		
Yünün ağartılma sırasındaki girdileri	kg/kg yün ipliği		
Stabilizer	0,030		
Sodyum Tri-Fosfat	0,015		
Hidrojen Peroksit	0,200		
Formik Asit	0,002		
Sodyum Hidrosülfid	0,008		
Girdiler	kg/kg yün ipliği	Suya verilen salımlar; Biyokimyasal oksijen Kimyasal oksijen	4.125 gr 11.625 gr
Stabilizer	0,030		
Sodyum Tri-Fosfat	0,015		
Hidrojen Peroksit	0,200		
Formik Asit	0,002		
Sodyum Hidrosülfid	0,008		
Yünün tutamlara ayrılması için gerekli enerji girdisi	MJ/m²		
Elektrik	1,79		
Doğal gaz	8,13		
Toplam	9,92		

Veri tabanında belirtildiği üzere 0,09 m² yün halı kaplama üretiminde 0,01 kg katı atık meydana gelmektedir. Halı kaplama üretiminde kullanılan hammaddeler 402 km, yün ipliği ise 1600 km uzaklıktan kamyonla taşınmaktadır [9]. Yün için sistem tarafından kabul edilen bu veriler WRONZ'un (Wool Research Organisation of New Zealand/Yeni Zelanda Yün Araştırma Kurumu) kabul ettiği verilerdir. Dolayısıyla taşıma mesafeleri de Yeni Zelanda'da yapılan taşımayı nitelemektedir. Ülkemiz için oluşturulmuş bir veri tabanı olmaması, BEES yazılımının verdiği değerleri kabul etmede zorunluluk doğurmaktadır. Üretimi tamamlanmış ürünün, fabrikadan çıkarılıp şantiyeye getirilmesindeki taşıma mesafesi yazılımda kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Bu bağlamda fabrika şantiye arasındaki mesafe 200 km olarak varsayılmıştır. Ürünlerin taşıma sırasında ortaya çıkardığı çevresel etkiler ve performansı, çalışmada ayrıca gösterilmiştir. Ayrıca bu etki verilerinin mesafeye göre değişebileceği bilinci de açık tutulmalıdır.

3.2. Plastik Esaslı Halı Kaplamasının Yaşam Döngüsü Kapsamı ve Veri Analizi

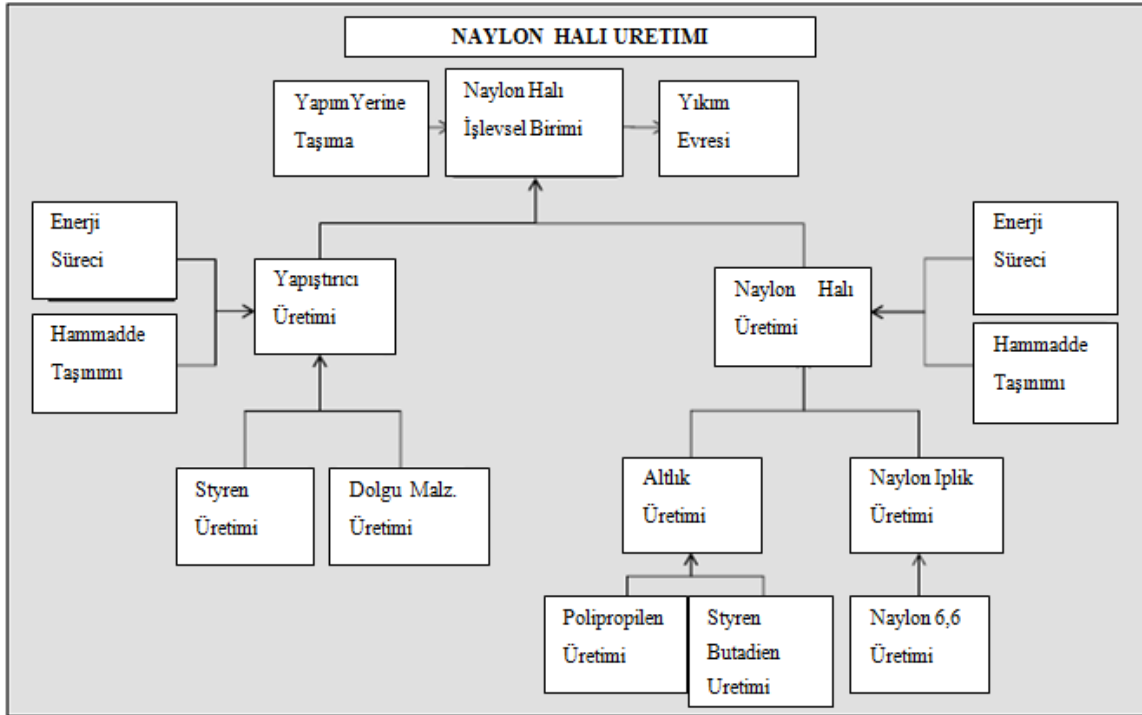
Bu bölümde plastik halı kaplama malzemesinin, YDD yönteminin ilk iki aşaması olan amaç, kapsam tanımı ve yaşam döngüsü veri analizine yer verilmiştir.

3.2.1. Amaç ve Kapsam Tanımı

Yapı ürünü sistemi; olarak plastik esaslı kaplama malzemelerinden naylon halı kaplaması olarak belirlenmiş ve malzemenin üretimden şantiye sahasına getirilmesine kadar olan süreç ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan naylon halı kaplamanın karşılaştırılması için **işlevsel birim** “1 m² halı kaplama” olarak tanımlanmaktadır. Naylon halı kaplamanın yaşam döngüsündeki hammadde çıkarımı, üretim, taşıma evreleri çalışmanın **kapsamını** ve üretim evresindeki enerji gereksinimleri ve salımlar, katı atıklar ve taşıma ise çalışmanın **birim işlemlerini** tanımlamaktadır. Hammadde taşınımında kullanılan yöntemler ve her bir yöntemdeki malzeme, enerji, su gibi girdi akışları ile hava/su/toprağa salımlar, su esaslı atıklar, katı atıklar, yan ürünler gibi çıktı akışları ise çalışmadaki **sistem sınırlarını** oluşturmaktadır (Şekil 2). **Veri kalite gerekleri**, naylon halı kaplama için toplanacak verilerin zaman, coğrafya ve teknoloji ile ilgili değişkenlerini kapsamaktadır (Tablo 5). Bu çalışmada BEES yaşam döngüsü değerlendirme yazılımının US. LCI veri tabanından aldığı veriler dikkate alınmaktadır.

Tablo 5. Naylon halı kaplama YDD yöntemine ait amaç ve kapsam tanımı [9]

Yapı ürünü sistemi	Naylon halı kaplama
İşlevsel birim	1 m ²
Kapsam	Hammadde çıkarımı-Üretim-Taşıma
Birim işlemler	Üretim= Enerji gereksinimi ve salımlar Katı atıklar Taşıma
Sistem sınırları	Bkz. Şekil 2
Veri kalite gerekleri	US. LCI
Eleştirel gözden geçirme	-----
Rapor	-----



Şekil 2. Naylon halı kaplamasına ait sistem sınırları [9]

YDD yöntemine göre amaç ve kapsamı tanımlanan çalışmanın ikinci aşaması, yaşam döngüsü veri analizidir

3.2.2. Yaşam Döngüsü Veri Analizi

Bu aşama, bir yapı ürünü sistemindeki girdi ve çıktılarla ilgili veri toplama ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulmasını ve sistem sınırlarının kesinleştirilmesini kapsamaktadır.

Yapı ürününün hammadde çıkarılması evresindeki çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde ürüne özgü ve kaynak akışlarına özgü veriler BEES yazılımının veri tabanında bulunmaktadır. Bu veriler Tablo 6. ve 7.'den izlenebilmektedir.

Tablo 6. Naylon halı kaplamasına ait veriler [9]

Bileşen	Malzeme	g/m ²
Halı yüzeyi	Naylon 6,6	1029
Altlık	Polipropilen	227
	Syren butadien latex	263
	Kalsiyum karbonat dolgu	909
	Leke önleyici	0,24
	Diğer	2

Tablo 7. Naylon halı kaplama üretimi için gerekli enerji girdisi [9]

Enerji türü	Değer (Mj)
Elektrik	0,39Mj
Fuel oil	5,0 Mj
Isıtma sistemi	1,67Mj
Toplam	7,06 Mj

Veri tabanında belirtildiği üzere naylon halı kaplama üretiminde % 7 ile % 9 arasında katı atık meydana gelmekte ve yaklaşık olarak 0,96 kg/m² su harcanmaktadır. Halı kaplama üretiminde kullanılan hammaddeler 402 km uzaklıktan kamyonla taşınmaktadır. Naylon halı kaplaması için sistem tarafından kabul edilen bu veriler Association of Plastic Manufacturers in Europe (APME) kurumundan alınmıştır. Ayrıca enerji gereksinimleri ve emisyonlar AP-42 verileridir. Ülkemiz için oluşturulmuş bir veri tabanı olmaması, BEES yazılımının verdiği değerleri kabul etmede zorunluluk doğurmaktadır [9].

Halı kaplamanın fabrikadan çıkarılıp şantiyeye getirilmesindeki taşıma mesafesi yazılımda kullanıcının seçimine bırakılmıştır. Bu bağlamda fabrika şantiye arasındaki mesafe 200 km olarak varsayılmıştır. Ürünlerin taşıma sırasında ortaya çıkardığı çevresel etkiler ve performansı, çalışmada ayrıca gösterilmiştir. Ayrıca bu etki verilerinin mesafeye göre değişebileceği bilinci de açık tutulmalıdır.

3.3. Plastik Esaslı ve Yün Halı Kaplama Malzemesinin Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Bu bölümde naylon ve yün halı kaplama malzemelerinin YDD yönteminin üçüncü evresi olan yaşam döngüsü etki değerlendirme, genel çevresel performansı ve etki kategorilerine özgü etki değerleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

3.3.1. Çevresel Performans Değerlendirmesi

Yapı ürünlerinin çevreye verdiği etkilere verilen önem ağırlıkları birçok ülkeye ve kuruma göre farklılık gösterebilmektedir. Bu durum, ürünün kabul edilen önem ağırlıklarına göre çevresel performans sonuçlarının farklılaşması anlamına gelmektedir. Fark, büyük etki değerine sahip etki kategorisini barındıran ürünlerin çevresel performansında daha büyük farklara neden olabilmektedir. Bu nedenle yün ve halı kaplama malzemesinin çevresel performansının belirlenmesinde kullanılan eşit önem ağırlıkları ve BEES ve EPA kurumlarının kabul ettiği önem ağırlıkları Tablo 8'de belirtilmiştir.



Buna göre, farklı önem ağırlıklarına göre hesaplanan çevresel performans değerleri Tablo 9'da karşılaştırmalı olarak görülebilmektedir.

Tablo 8. Çevresel etki sınıflarına göre farklı kurumların kabul ettiği önem ağırlıkları [9,10]

Çevresel Performans Etki Sınıfları	BEES Önem Ağırlığı	EPA Önem Ağırlığı	Eşit Oranlar Önem Ağırlığı
Küresel ısınma	29	16	9
Asidifikasyon	3	5	9
Ötrofikasyon	6	5	9
Fosil yakıt tüketimi	10	5	9
İç mekân hava kalitesi	3	11	8
Çevre tahribatı	6	16	8
Su tüketimi	8	3	8
Hava kirleticiler	9	6	8
Sis	4	6	8
Ekotoksosite	7	11	8
Ozon tahribatı	2	5	8
İnsan sağlığı	13	11	8
Toplam	100	100	100

Tablo 9. Naylon ve yün halı kaplama malzemesinin kurumlara göre seçilen önem ağırlıklarına bağlı olarak BEES simülasyon programı kapsamında elde edilen çevresel performans değerleri

BEES Yaşam Döngüsü Evreleri	Naylon Halı Kaplama (puan/birim)	Yün Halı Kaplama(puan/birim)
1. Hammadde	0,019	0,077
2. Üretim	0,0006	0,0005
3. Taşıma	0	0
Toplam	0,0196	0,0775
EPA Yaşam Döngüsü Evreleri	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	0,0103	0,0564
2. Üretim	0,0004	0,0003
3. Taşıma	0	0
Toplam	0,0107	0,0567
EŞİT Yaşam Döngüsü Evreleri	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	0,0153	0,064
2. Üretim	0,0004	0,0003
3. Taşıma	0	0
Toplam	0,0157	0,0643

Tablo 8'de verilen önem ağırlıkları kullanılarak yapılan simülasyon sonucu, yün ve naylon halı kaplama malzemesine yönelik elde edilen çevresel performans değerleri incelendiğinde, önem ağırlıklarının sonuç değerler üzerine etkisi gözlemlenmektedir (Bkz. Tablo 9). Tablo 8'de verilen değerler puan bazındadır ve az puana sahip ürünün çevreye olan etkisi daha azdır. Bu bağlamda, yün

halı kaplama malzemesinin çevresel performans değeri, her 3 farklı önem ağırlığı gruplamasında da naylon halı kaplamasına göre yaklaşık olarak 4 kat daha fazladır.

3.3.2. Çevresel etki sınıfları kapsamında etki değerlendirmesi

Yapılan simülasyon sonucu yün ve naylon halı kaplama malzemesinin genel çevresel performansının belirlenmesine etki eden her bir etki sınıfına ait etki değerleri, eşit önem ağırlıkları kullanılarak, yapı ürünlerinin yaşam döngüsü evrelerine göre karşılaştırmalı olarak Tablo 10'da verilmiştir. Her bir etki sınıfına ait veriler, yün halı kaplamasının sahip olduğu yüksek çevresel etki değerinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında ve BEES yazılımında elde edilen sonuç değerlerde, karşılaştırılan ürünlerin kullanım evresi dikkate alınmadığından iç mekân hava kalitesine yönelik değerlere ulaşılamamıştır. Yün ve halı kaplama malzemelerinin kullanım evresindeki iç mekan hava kalitesine etkileri, literatür desteğiyle bölüm 4'te ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 10. Naylon ve Yün Halı Kaplama Malzemesinin Çevresel Etki Kategorilerine Göre Yaşam Döngüsü Etki Değerleri

Küresel Isınma (gCO₂/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	5.711,366	38.904,615
2. Üretim	333,238	225,921
3. Taşıma	16,123	13,073
Toplam	6.060,728	39.143,609
Asidifikasyon (mg H⁺/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	2.359,893	29.926,297
2. Üretim	106,579	109,694
3. Taşıma	5,647	4,581
Toplam	2.472,121	30.040,572
Ötروفikasyon (g N/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	6,448	67,276
2. Üretim	0,056	0,045
3. Taşıma	0,005	0,004
Toplam	6,511	67,326
Fosil yakıt tüketimi (Mj/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	15,833	12,756
2. Üretim	0,582	0,491
3. Taşıma	0,028	0,022
Toplam	16,444	13,270
Su kullanımı (l/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	394,992	358,596
2. Üretim	0,600	3,322
3. Taşıma	0,008	0,006
Toplam	395,601	361,926
Hava kirleticiler (microDALYs/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	0,710	2,125
2. Üretim	0,023	0,030
3. Taşıma	0,000	0,000
Toplam	0,735	2,156
Ekotoksisite (g 2,4-D /birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	5,113	126,886
2. Üretim	0,619	0,446
3. Taşıma	0,021	0,017

Toplam	5,757	127,351
Sis (g NOx/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	28,685	469,877
2. Üretim	1,411	1,044
3. Taşıma	0,155	0,126
Toplam	30,253	471,048
İnsan sağlığı kanser (g C₆H₆/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	3,148	9,311
2. Üretim	0,408	0,159
3. Taşıma	0,007	0,006
Toplam	3,564	9,477
İnsan sağlığı kanser harici (g C₇H₈/birim)	Naylon Halı Kaplama	Yün Halı Kaplama
1. Hammadde	937,552	26.673,804
2. Üretim	426,077	128,254
3. Taşıma	5,253	4,260
Toplam	1.368,884	26.806,31

3.4. Plastik Esaslı ve Yün Halı Kaplama Malzemesinin Yaşam Döngüsü Yorumu

Naylon ve yün halı kaplama malzemesinin çevresel performans değerleri ve çevresel etki sınıflarına göre etki değerleri incelendiğinde yün halı kaplama malzemesinin genel çevresel etkisinin naylon halı kaplamasına göre daha büyük olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun nedeni yün halı kaplama malzemesinin hammadde edinimi sürecinde gerekli olan hammaddenin fazlalığı ve yünün üretime hazır hale getirilmesine kadar geçen süreçteki uygulamaların girdi ve çıktılarıdır. Üretime hazır hale gelene kadar geçen evreler sonuç ürünün çevresel performansında oldukça etkili olabilmektedir. Seçilen kaplamalar, çevresel etki sınıfları ölçeğinde incelendiğinde her malzemenin farklı etki sınıfında üstünlüğü gözlemlenmektedir. Yün halı kaplaması, küresel ısınma, asidifikasyon, ötrofikasyon, hava kirleticiler, ekotoksikite sis ve insan sağlığı kriterlerinde daha fazla etki değerine sahiptir, yani bu kriterler kapsamındaki zararı daha fazladır. Naylon halı kaplamasının daha fazla etki değerine sahip olduğu etki sınıfları ise su kullanımı ve fosil yakıt tüketimi kriteridir.

Naylon ve halı kaplama malzemelerinin çevreye olan etkileri hammadde çıkarımı, üretim ve taşıma kapsamında ele alınarak irdelenmiştir. Beşikten şantiyeye şeklinde tanımlanabilecek bu döngü, ürünlerin kullanım ve atık evrelerini ele almamaktadır. Bu bağlamda, insan sağlığı kriterinin yün halı kaplamasında fazla çıkmasının nedeni hammadde edinimi sürecinde kullanılan ağartıcılar olarak söylenebilmektedir. Döngüye kullanım evresi dahil edildiğinde bu kriterin değeri değişebilecektir. Bununla ilgili olarak, yün ve halı kaplama malzemesinin iç mekân hava kalitesine etkisi özel olarak incelenmiş ve konuyla ilgili yapılan çalışmalar Bölüm 4'te özetlenmiştir.

4. YÜN VE PLASTİK ESASLI HALI KAPLAMASININ KULLANIM EVRESİNDE İÇ MEKÂN HAVA KALİTESİNE ETKİLERİ

İnsanların birçoğu iş yaşamı nedeni ile günlük yaşamlarının büyük kısmını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Bu ortamların hava kalitesi, insan sağlığı ve verimliliği üzerinde büyük etkiye sahiptir. Yapıda kullanılan ürünlerinden kaynaklanan uçucu organik bileşik (volatile organic compounds (VOCs) emisyonları in mekân hava kalitesinde büyük rol oynamaktadır [11, 12, 13]. VOCs emisyonları genellikle boyalar, vernikler, wax ve çözücüler, deterjanlardan ortaya çıksa bile aynı zamanda yazıcılar, halı ve kaplama malzemeleri de VOCs emisyonlarına neden olabilmektedir [14]. Kısaca, uçucu organik bileşikler sudaki klordan mobilyalarda kullanılan cilaya, dış ortam havasından, ayakkabı boyasına kadar birçok nedenle ev ve çalışma ortamına girebilmektedir. İç ortama giren bu emisyonlar,

ortamda buldukları düzeye göre insan sağlığı üzerinde etkiler oluşturmaktadır. 2–3 ppm veya daha az düzeydeki uçucu organik bileşiklerle (VOCs) temasa giren kişilerde göz, burun ve boğazda tahriş gibi alerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir. 4–5 ppm de hafıza kaybı, hapşırma ve cilt kızarıklıkları oluşmaktadır. 10–20 ppm düzeyinde ise, solunum güçlükleri ile gözlerde, burun ve boğazda yanma meydana gelebilmektedir [15, 16, 17].

İç mekânda kullanılan halı kaplamaları da, VOC emisyonlarının bir diğer kaynağıdır. Yün ve plastik halı kaplamalarının yaydığı VOC emisyonlarına ve iç mekân hava kalitesine etkilerine yönelik literatürde yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre, halı kaplama malzemeleri vinil kaplama malzemeleri ve boyalara göre daha az VOC emisyonları yaymaktadır. Ayrıca halı kaplamaların ilk kullanımında en yüksek VOC emisyon değerlerine ulaşılırken, ileriki zamanlarda da bu emisyon değerleri azalarak devam edebilmektedir. Bunun özellikle nedeni ise derine inen tozların, kullanım esnasında tekrar yüzeye çıkması ve havaya karışabilmesidir. Bu durumdan özellikle çocuklar etkilenebilmektedir. Buna bağlı olarak, düz ve alçak dokulu halılar, shaggy türü ya da fiber kalınlığı daha yüksek olanlara oranla rahat temizlenebildiğinden dolayı bir adım öne çıkmaktadır [18].

Halı kaplamaları fiber ve sırtlıktan oluşmaktadır. Fiberler genel olarak doğal ya da sentetik malzemelerden oluşabilmektedir. Farklı fiber türlerinden oluşan halı kaplamaları üzerinden VOC emisyon ölçümlerinin yapıldığı çalışma kapsamında, 4 farklı fiberden üretilmiş halı kaplamalarının, 24 ve 72 saat sonraki VOC emisyon ölçümleri yapılmıştır [19]. Ölçümleri yapılan 4 farklı fiber halı kaplamasına ait özellikler şu şekildedir;

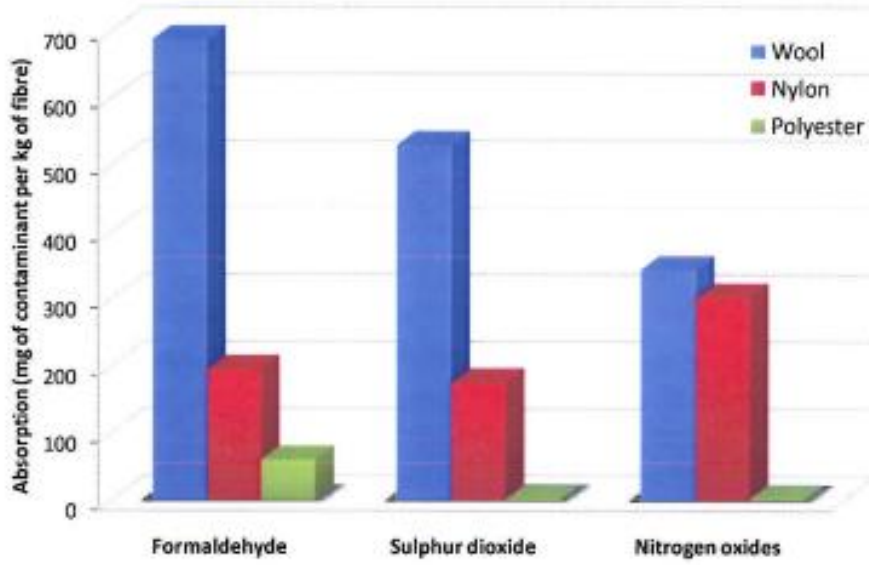
- Halı 1 (Cp-1): % 100 poliamit fiber (naylon) ve %100 sentetik sırtlık
- Halı 2 (Cp-2): %80 yün,%10 poliamit, %10 polipropilen ve %100 sentetik sırtlık (SBR)
- Halı 3 (Cp-3): %100 yün ve %100 sentetik sırtlık (SBR)
- Halı 4 (Cp-4): %100 poliamit (naylon) ve %100 sentetik sırtlık (SBR)

Yapılan çalışma kapsamında elde edilen veriler Tablo 11’de verilmiştir [19,20].

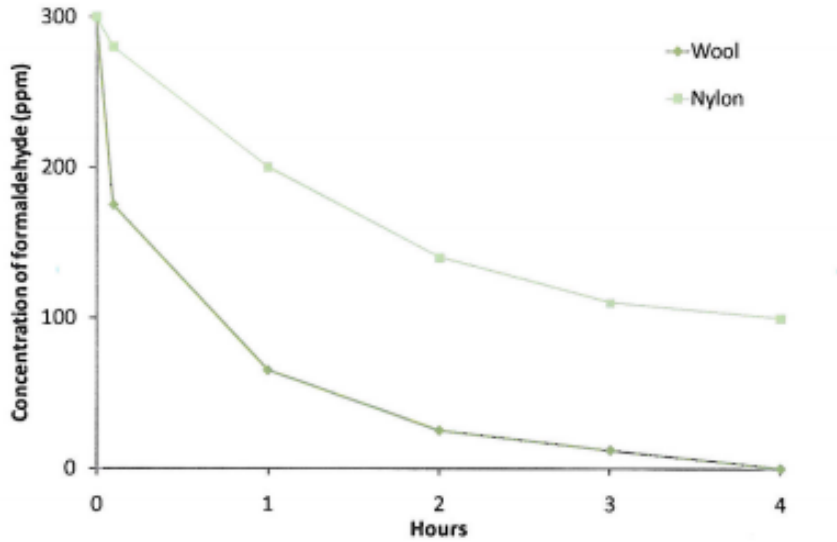
Tablo 11. 4 farklı fiberden üretilmiş halı kaplaması tipine ait 24 ve 72 saat sonraki ölçüm sonuçları (konsantrasyon: $\mu\text{g m}^{-3}$, hacim: 0.45 m³) (ND:İzlenmedi)

Time (h) ◆	Benzene ◆	Toluene ◆	Ethylbenzene ◆	Xylenes ◆	Styrene ◆	4-PCH ◆	2-2-BEE ◆
Cp-1 24	1.6	2.1	ND	ND	ND	ND	ND
Cp-1 72	ND	2.1	ND	ND	ND	ND	ND
Cp-2 24	ND	0.8	ND	ND	ND	71	11
Cp-2 72	ND	0.3	ND	ND	ND	71	1
Cp-3 24	0.66	2	ND	0.29	0.53	17	ND
Cp-3 72	0.97	0.97	ND	ND	0.27	12	ND
Cp-4 24	0.32	0.45	ND	ND	ND	32	ND
Cp-4 72	ND	0.24	ND	ND	ND	29	ND

Formaldehit, azotoksit ve sülfüdioksit bileşikleri, iç mekân hava kalitesine etki eden yaygın kirlenmeler olarak bilinmektedir. Yeni Zelanda Yün Araştırma Organizasyonu (WRONZ) önceliğinde Ag Research ve Canesis’in yaptığı 3 farklı fiber türlerine göre yapılan bir çalışmada yün halı kaplamasının, naylon ve polyestere göre bu bileşikleri bünyesinde tutarak tekrardan havaya karışmasını önlemekte daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 3,4). Buna göre yün halı kaplaması, özellikle formaldehit bileşenini absorblayabilmekte ve bunları bünyesinde tutarak iç mekân hava karışımına geri vermemektedir. Ayrıca yün halı kaplaması, iç mekân hava kalitesine katkısını 30 yıla kadar sürdürebilmektedir [21].



Şekil 3. İç mekân hava kirleticilerinin farklı fiber türlerine göre absorblanma miktarları [21]



Şekil 4. Yün (wool) ve naylon (nylon) halı kaplamasının zaman-formaldehit konsantrasyonu grafiği[21]

Çalışma kapsamında yapılan çevresel performans analizinde yün halının, naylon halıya göre çevreye olan etkilerinin daha fazla olduğu gözlenmesine karşın, naylon halının hasta bina sendromuna ve alerji risk faktörü oluşturabileceğine yönelik geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu bağlamda, yapıda hangi ürünün kullanımına yönelik alınacak kararlarda, ürünlerin özelliklerinin çok yönlü olarak değerlendirilmesi, yapıda doğru ve sağlıklı kaynak kullanımının sağlanmasında önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır.

SONUÇ

Çalışma kapsamında naylon ve halı kaplama malzemelerinin çevresel performansı hammadde edinimi sürecinden şantiyeye taşınması sürecine kadar YDD kapsamında ele alınmış, bu süreçte yün halı kaplama malzemesinin genel çevresel etkisinin naylon halı kaplamasına göre daha büyük olduğu gözlenmiştir. Genel olarak bakıldığında, plastik esaslı malzemelerin çevreye zararının daha çok olduğu yargısının, naylon ve yün halı kaplamaları için geçerli değildir. Bu bağlamda, yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirmesinde yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin kullanılması, ürüne dahil olan bütün ve girdi ve çıktılarının izlenebilmesi ve böylece gerçek etki değerlerine ulaşılabilmesi açısından önemlidir.

Çalışmada ayrıca, seçilen iki kaplama malzemesinin kullanım sürecindeki iç mekân hava kalitesine etkisi literatür kapsamında özel olarak irdelenmiş ve yün halının naylon halıya göre iç hava kirleticilerini arbsorblanması açısından olumlu etkilerinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Bu durumda naylon halı kaplamasının yün halı kaplamasına göre çevresel performansının yüksek, iç mekân hava kalitesine olumlu etkisinin daha düşük olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda, yapıda kullanılan ürünlerin seçiminde, ürünün bütün etki sınıflarına etkisi göz önünde bulundurularak seçilmesi, hem çevre hem de kullanıcı sağlığı açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] TUNA KAYILI, M., “Bina Derecelendirme Sistemlerinde Çevresel Etki Sınıflarının Önemi”, Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 15, 2010.
- [2] TUNA TAYGUN G., BALANLI A., “Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi
- [3] Megaron, Cilt 1, Sayı1, Sayfa 40-50, 2005.
- [4] GÜLTEKİN, A.B., “Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Kapsamında Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6-24, 2006.
- [5] TUNA TAYGUN, G., “Yapı Ürünlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesine Yönelik Bir Model Önerisi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 18-19, 2005.
- [6] ANDERSON, J., SHIERS, D. E., SINCLAIR, M., “The Green Guide to Specification an Environmental Profiling System for Building Materials and Components”, 3rd Edition, Blackwell Science Ltd., Oxford, 9-12, 2002.
- [7] JENSEN, A. A., HOFFMAN, L., MOLLER, B., SCHMIT, A., CHRISTIANSEN, K., ELKINGTON, J.,
- [8] DIJK, F. V., “Life Cycle Assessment, A Guide To Approaches”, Experiences and Information Sources, European Environment Agency, Denmark, 84, 1997.
- [9] SCHEUER, C. W., KEOLEIAN, G.A., “Evaluation of LEED: Using Life Cycle Assessment
- [10] Methods”, Center for Sustainable Systems University of Michigan NIST GCR 02-836 - National Institute of Standards and Technology, 2002.
- [11] <http://www.bfrl.nist.gov/oa/publications/gcrs/02836.pdf>
- [12] VIGON, B. W. , TOLLE, D. A., CORNABY, B. W., LATHAM, H. C., HARRISON, C. L., BOGUSKI, T. L., HUNT, R. G., SELLERS, J. D., U.S.E.P.A. “Risk Reduction Engineering Laboratory, Life – Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles”, Lewis Publishers, USA, 65, 1994.
- [13] LIPPIATT, B. C., “BEES© 3.0, “Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide”, NISTIR 6916, National Institute Standards and Technology of (NIST), Washington D. C., 8-28, 2002.
- [14] <http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm>
- [15] WILKE, O., JANN, O., BROEDNER, D., “VOC- and SVOC-Emissions from Adhesives, Floor Coverings and Complete Floor Structures”, Indoor Air, 14, (8), 9, 8–107, 2004.



- [16] COX, S.S., LITTLE, J.C., Hodgson, A. T., “Predicting the Emission Rate of Volatile Organic Compounds From Vinyl Flooring” Environ. Sci. Technol., 36, 709–771, 2002.
- [17] HODGSON, A.T., RUDD, A.F., BEAL, D., CHANDRA, S., “Volatile Organic Compounds and Emissions Rates in New Manufactured and Site-Built Houses” Indoor Air, 178–192, 2000.
- [18] LEE, C.W., DAI, Y.T., CHIEN, C.H., HSU, D.J., “Characteristics and Health Impacts of Volatile Organic Compounds in Photocopy Centers”, Environ. Res., 100, (2), 139–149, 2006.
- [19] EU. “Critical Appraisal of The Settling and Implementation of Indoor Exposure Limits in The Eu”, The INDEX project, Final report, 2005.
- [20] US-EPA, <http://www.epa.gov/iaq/voc.html>.
- [21] KATSOYIANNIS, A., LEVA, A. P, KOTZIAS, D., “Determination of Volatile Organic Compounds Emitted from Household Products. The Case of Velvet Carpets Fresenius” Environ. Bull., 15, (8b) 943–949, 2006.
- [22] WAYNE, O. R., STEINEMANN, A.C., WALLACE, L. A., “Exposure Analysis” Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [23] http://www.appropedia.org/VOCs_in_carpet_and_carpet_pads#cite_note-12
- [24] KATSOYIANNIS, A., LEVA, A. P, KOTZIAS, D., “VOC and Carbonyl Emissions From Carpets: A Comparative Study Using Four Types of Environmental Chambers.” Journal of Hazardous Materials, Volume 152, Issue 2, 669-676, 2008.
- [25] <http://www.agresearch.co.nz/our-science/textiles/biomaterials/textilechemistry/docs/Removal%20of%20Indoor%20Air%20Contaminants%20brochure.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Merve TUNA KAYILI

2008 yılında Karabük Üniversitesi Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü'nü bitirmiştir. 2010 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2011 yılında aynı enstitüde doktora eğitimine başlayan Merve Tuna Kayılı, 2014-2015 yılları arasında doktora araştırmaları kapsamında Hollanda Delft Teknik Üniversitesi'nde 1 yıl misafir araştırmacı olarak çalışmalarda bulunmuştur. 2009-2012 yılları arasında Karabük Üniversitesi'nde, 2012'den bu yana ise Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yapı malzemelerinin çevresel performansı, kompozit malzeme geliştirimi ve lamine camlar üzerine çalışmaları bulunmaktadır.

Gülser ÇELEBİ

1974 yılında Ankara Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi (A.D.M.M.A.) Mimarlık Bölümünü, 1982 yılında Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Güzel Sanatlar Eğitimi Bölümü'nde yüksek lisans eğitimini, 1994 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı'nda doktora eğitimini tamamlamıştır. 2006-2008 yılları arasında Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde profesör olarak çalışmış, 2009-2012 yılları arasında Karabük Üniversitesi Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi dekanlığını üstlenmiştir. Şubat 2014'ten bu yana ise Alanya HEP Üniversitesi Sanat ve Tasarım Fakültesi Dekanı olarak görev yapmaktadır. Sürdürülebilir mimarlık, ekolojik yapı malzemeleri, yapı malzemelerinde inovasyon ve akıllı malzemeler, yapım teknik ve teknolojileri ve binalarda enerji kullanımı alanlarında çalışan Gülser Çelebi'nin ulusal ve uluslararası ortamda çok sayıda bilimsel yayını bulunmaktadır.