

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE  
ÇEVRECİ TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STRATEJİLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve MERMERTAŞ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA**

**ARALIK 2018**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE  
ÇEVRECİ TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STRATEJİLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve MERMERTAŞ  
501151726**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Çevre Bilimleri, Mühendisliği ve Yönetimi Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA**

**ARALIK 2018**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501151726 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve MERMERTAŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE ÇEVRECİ TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STRATEJİLER” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Fatoş GERMİRLİ BABUNA** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Gülen İSKENDER** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Neşe TÜFEKÇİ** .....  
İstanbul Üniversitesi

**Teslim Tarihi**      : 16 Kasım 2018  
**Savunma Tarihi**    : 25 Aralık 2018





*Tüm sevdiklerime,*





## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresinde hoşgörü ve sabır ile bana yol gösteren ve bu tezin hazırlanmasında tecrübeleri ile katkısı olan danışman hocam Prof. Dr. Fatoş Germirli Babuna'ya, hayatım boyunca bana karşılıksız sevgi ve destek veren anneme ve babama, çalışmalarım boyunca yanımda olan ve varlıklarından güç aldığım dostlarıma, mesleki bilgi ve birikimimi genişleten İTÜ Çevre Mühendisliği hocalarıma ve son olarak bu çalışmanın hazırlanmasında desteği olan tüm Koleksiyon Mobilya A.Ş. çalışanlarına en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2019

Merve Mermertaş  
(Çevre Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖNSÖZ.....                                                      | vii       |
| İÇİNDEKİLER .....                                               | ix        |
| KISALTMALAR .....                                               | xi        |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                            | xiii      |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                              | xv        |
| ÖZET.....                                                       | xvii      |
| SUMMARY .....                                                   | xix       |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                           | <b>1</b>  |
| 1.1 Çalışmanın Önemi.....                                       | 1         |
| 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....                           | 1         |
| <b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>                           | <b>3</b>  |
| 2.1 Dünyada ve Türkiye’de Mobilya Sektörü .....                 | 3         |
| 2.2 Yaşam Döngüsü Analizi.....                                  | 4         |
| 2.3 Çeşitli Mobilya Ürünleri İçin Yapılan YDA Çalışmaları ..... | 7         |
| <b>3. MATERYAL &amp; METHOD.....</b>                            | <b>15</b> |
| 3.1 Amaç ve Kapsam .....                                        | 15        |
| 3.2 Fonksiyonel Birim.....                                      | 15        |
| 3.3 Sistem Sınırı .....                                         | 16        |
| 3.4 Veri Kalitesi .....                                         | 18        |
| <b>4. ÇEŞİTLİ MOBİLYA ÜRÜNLERİ İÇİN YDA VE TARTIŞMA.....</b>    | <b>21</b> |
| 4.1 Çalışma Masası .....                                        | 21        |
| 4.1.1 Ürün özellikleri .....                                    | 21        |
| 4.1.2 Üretim prosesleri.....                                    | 22        |
| 4.1.3 Sistem sınırı.....                                        | 22        |
| 4.1.4 Envanter .....                                            | 23        |
| 4.1.5 Çevresel etkiler .....                                    | 25        |
| 4.2 Ofis Koltuğu 1 .....                                        | 26        |
| 4.2.1 Ürün özellikleri .....                                    | 26        |
| 4.2.2 Üretim prosesleri.....                                    | 27        |
| 4.2.3 Sistem sınırı.....                                        | 28        |
| 4.2.4 Envanter .....                                            | 29        |
| 4.2.5 Çevresel etkiler .....                                    | 30        |
| 4.3 Ofis Koltuğu 2 .....                                        | 33        |
| 4.3.1 Ürün özellikleri .....                                    | 33        |
| 4.3.2 Üretim prosesleri.....                                    | 33        |
| 4.3.3 Sistem sınırı.....                                        | 34        |
| 4.3.4 Envanter .....                                            | 35        |
| 4.3.5 Çevresel etkiler .....                                    | 36        |
| 4.4 Kanepe 1.....                                               | 39        |
| 4.4.1 Ürün özellikleri .....                                    | 39        |
| 4.4.2 Üretim prosesleri.....                                    | 39        |
| 4.4.3 Sistem sınırı.....                                        | 40        |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.4 Kanepe 1 envanter.....                                         | 41        |
| 4.4.5 Çevresel etkiler.....                                          | 42        |
| 4.5 Kanepe 2.....                                                    | 45        |
| 4.5.1 Ürün özellikleri .....                                         | 45        |
| 4.5.2 Üretim prosesleri .....                                        | 46        |
| 4.5.3 Sistem sınırı.....                                             | 46        |
| 4.5.4 Envanter .....                                                 | 47        |
| 4.5.5 Çevresel etkiler.....                                          | 54        |
| 4.6 Kanepe 2 Senaryolar.....                                         | 64        |
| 4.7 İncelenen Ofis Koltuklarının Çevresel Etki Karşılaştırması ..... | 66        |
| 4.8 İncelenen Kanepelerin Karşılaştırılması.....                     | 68        |
| <b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                     | <b>71</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                | <b>75</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                 | <b>77</b> |



## KISALTMALAR

|              |                                                                                  |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>KIP</b>   | : Küresel Isınma Potansiyeli                                                     |
| <b>FKS</b>   | : Fotokimyasal Sis Oluşumu                                                       |
| <b>OTİ</b>   | : Ozon Tabakası İncelmesi                                                        |
| <b>ÖP</b>    | : Ötrofikasyon Potansiyeli                                                       |
| <b>AP</b>    | : Asidifikasyon Potansiyeli                                                      |
| <b>YDA</b>   | : Yaşam Döngüsü Analizi                                                          |
| <b>YDD</b>   | : Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi                                                  |
| <b>CFC</b>   | : Kloroflorokarbon                                                               |
| <b>ABS</b>   | : Acrylonitrile Butadiene Stryne                                                 |
| <b>MÜF</b>   | : Melamin üre formaldehit                                                        |
| <b>MDP</b>   | : Medium Density Particle Board                                                  |
| <b>ÜF</b>    | : Üre formaldehit                                                                |
| <b>PA</b>    | : Poliamid                                                                       |
| <b>PP</b>    | : Polipropilen                                                                   |
| <b>LIFE</b>  | : Light, Intuitive, Flexible, Environmental                                      |
| <b>AR-GE</b> | : Araştırma ve Geliştirme                                                        |
| <b>ABD</b>   | : Amerika Birleşik Devletleri                                                    |
| <b>EPA</b>   | : Environmental Protection Agency                                                |
| <b>SETAC</b> | : Society of Environmental Toxicology and Chemistry                              |
| <b>NSF</b>   | : National Center for Sustainability Standards                                   |
| <b>BIFMA</b> | : Business and Institution Furniture Manufacturers Association                   |
| <b>UNCPC</b> | : United Nations Central Product Classification                                  |
| <b>TRACI</b> | : Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other Environmental Impacts |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1: LIFE sandalye malzeme bileşenleri. ....                                          | 8  |
| Çizelge 2.2: LIFE malzeme taşınım yöntemleri ve uzaklıkları. ....                             | 9  |
| Çizelge 2.3: Gardrop beşikten kapıya YDA sonuçları. ....                                      | 12 |
| Çizelge 3.1: Veri kalitesi puanları. ....                                                     | 18 |
| Çizelge 4.1: Çalışma masası ana malzemeleri. ....                                             | 23 |
| Çizelge 4.2: Çalışma masası yardımcı malzemeleri. ....                                        | 24 |
| Çizelge 4.3: Çalışma masası ambalaj malzemeleri. ....                                         | 24 |
| Çizelge 4.4: Çalışma masası YDA sonuçları. ....                                               | 25 |
| Çizelge 4.5: Ofis koltuğu 1 ana malzemeleri. ....                                             | 29 |
| Çizelge 4.6: Ofis koltuğu 1 yardımcı malzemeleri. ....                                        | 29 |
| Çizelge 4.7: Ofis koltuğu 1 ambalaj malzemeleri. ....                                         | 29 |
| Çizelge 4.8: Ofis koltuğu 1 YDA sonuçları. ....                                               | 30 |
| Çizelge 4.9: Ofis koltuğu 2 ana malzemeleri. ....                                             | 35 |
| Çizelge 4.10: Ofis koltuğu 2 yardımcı malzemeleri. ....                                       | 35 |
| Çizelge 4.11: Ofis koltuğu 2 ambalaj malzemeleri. ....                                        | 35 |
| Çizelge 4.12: Ofis koltuğu 2 YDA sonuçları. ....                                              | 37 |
| Çizelge 4.13: Kanepe 1 ana malzemeleri. ....                                                  | 41 |
| Çizelge 4.14: Kanepe 1 yardımcı malzemeleri. ....                                             | 41 |
| Çizelge 4.15: Kanepe 1 ambalaj malzemeleri. ....                                              | 41 |
| Çizelge 4.16: Kanepe 1 YDA sonuçları. ....                                                    | 42 |
| Çizelge 4.17: Kanepe 2 ana malzemeleri. ....                                                  | 48 |
| Çizelge 4.18: Kanepe 2 yardımcı malzemeleri. ....                                             | 48 |
| Çizelge 4.19: Kanepe 2 ambalaj malzemeleri. ....                                              | 48 |
| Çizelge 4.20: Kanepe 2 hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşaması için seçilen prosesler. .... | 49 |
| Çizelge 4.21: Kanepe 2 ulaşım için seçilen prosesler. ....                                    | 50 |
| Çizelge 4.22: Kanepe 2 üretim aşaması için seçilen prosesler. ....                            | 51 |
| Çizelge 4.23: Kanepe 2 üretiminde harcanan enerji miktarı. ....                               | 52 |
| Çizelge 4.24: Kanepe 2 üretiminde oluşan atık miktarları. ....                                | 52 |
| Çizelge 4.25: Kanepe 2 dağıtım lokasyonları ve seçilen prosesler. ....                        | 53 |
| Çizelge 4.26: Kanepe 2 yaşam sonu aşaması için seçilen prosesler. ....                        | 53 |
| Çizelge 4.27: Kanepe 2 YDA sonuçları. ....                                                    | 54 |
| Çizelge 4. 28: Kanepe 2 kaynak kullanımı. ....                                                | 54 |
| Çizelge 4.29: Kullanılan hammaddelerin KIP etkisi ve % dağılımları. ....                      | 58 |
| Çizelge 4.30: Ulaşımda kullanılan proseslerin KIP etkisi ve % dağılımları. ....               | 59 |
| Çizelge 4.31: Üretimde kullanılan proseslerin KIP etkisi ve % dağılımları. ....               | 60 |
| Çizelge 4.32: Dağıtım proseslerinin KIP etkisi ve % dağılımları. ....                         | 61 |
| Çizelge 4.33: Yaşam sonu proseslerinin KIP etkisi ve % dağılımları. ....                      | 62 |
| Çizelge 4.34: Her bir aşamada oluşan çevresel etkilerin ana katkı prosesleri. ....            | 63 |
| Çizelge 4.35: Dağıtım ve kullanım senaryo sonuçları. ....                                     | 65 |





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1: YDA metodolojisi. ....                                                   | 5  |
| Şekil 2.2: YDD kullanım alanları. ....                                              | 6  |
| Şekil 2.3: Küresel ısınma potansiyeli karşılaştırması. (Gamage ve diğ., 2008) ..... | 10 |
| Şekil 3.1: Ürün yaşam döngüsü. ....                                                 | 16 |
| Şekil 3.2: Sistem sınırı. ....                                                      | 17 |
| Şekil 4.1: Çalışma masası. ....                                                     | 21 |
| Şekil 4.2: Masa üretim akış şeması. ....                                            | 22 |
| Şekil 4.3: Çalışma masası YDA aşamalarının KIP oranları. ....                       | 25 |
| Şekil 4.4: Çalışma masası YDA çevresel etki karakterizasyonu. ....                  | 26 |
| Şekil 4.5: Ofis koltuğu 1. ....                                                     | 27 |
| Şekil 4.6: Ofis koltuğu 1 üretim aşamaları. ....                                    | 28 |
| Şekil 4.7: Ofis koltuğu 1 YDA aşamalarının KIP oranları. ....                       | 31 |
| Şekil 4.8: Ofis koltuğu 1 YDA çevresel etki karakterizasyonu. ....                  | 32 |
| Şekil 4.9: Ofis koltuğu 2. ....                                                     | 33 |
| Şekil 4.10: Ofis koltuğu 2 üretim aşamaları. ....                                   | 34 |
| Şekil 4.11: Ofis koltuğu 2 YDA aşamalarının KIP oranları. ....                      | 37 |
| Şekil 4.12: Ofis koltuğu 2 YDA çevresel etki karakterizasyonu. ....                 | 38 |
| Şekil 4.13: Kanepe 1. ....                                                          | 39 |
| Şekil 4.14: Kanepe 1 üretim aşamaları. ....                                         | 40 |
| Şekil 4.15: Kanepe 1 YDA aşamalarının KIP oranları. ....                            | 43 |
| Şekil 4.16: Kanepe 1 YDA çevresel etki karakterizasyonu. ....                       | 44 |
| Şekil 4.17: Kanepe 2. ....                                                          | 45 |
| Şekil 4.18: Kanepe 2 üretim aşamaları. ....                                         | 46 |
| Şekil 4.19: Kanepe 2 YDA aşamalarının KIP etkisi oranları. ....                     | 55 |
| Şekil 4.20: Kanepe 2 YDA çevresel etki karakterizasyonu. ....                       | 56 |
| Şekil 4.21: Kanepe 2 YDA aşamalarının çevresel etki oranları. ....                  | 57 |
| Şekil 4.22: Hammadde KIP etkileri. ....                                             | 58 |
| Şekil 4.23: Ulaşım proseslerinin KIP oranları. ....                                 | 59 |
| Şekil 4.24: Üretim proseslerinin KIP oranları. ....                                 | 60 |
| Şekil 4.25: Dağıtım proseslerinin KIP etkileri. ....                                | 61 |
| Şekil 4.26: Yaşam sonu proseslerinin KIP oranları. ....                             | 62 |
| Şekil 4.27: Senaryo çevresel etki % dağılımları. ....                               | 66 |
| Şekil 4.28: Ofis Koltuğu 1 ve ofis koltuğu 2 karşılaştırma. ....                    | 67 |
| Şekil 4.29: Kanepe 1 ve kanepe 2 karşılaştırma. ....                                | 69 |



## **MOBİLYA ENDÜSTRİSİNDE YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ YAKLAŞIMI İLE ÇEVRECİ TASARIM VE SÜRDÜRÜLEBİLİR STRATEJİLER**

### **ÖZET**

Günümüzde küresel bir sorun haline gelen iklim değişikliği konusu tüm dünyayı etkileyen niteliğiyle şüphesiz günümüzün en önemli küresel problemleri arasında yer almaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte artmaya devam etmesi, doğal kaynakların azalması ve bunlara bağlı olarak ekolojik bozulmaların artması iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini giderek daha fazla hissedilir kılmaktadır. Olumsuz yönde gerçekleşen bu gidişatın yavaşlatılması için ülkeler arası iklim sözleşmelerinin imzalanması ve çevreye en az etkili üretim ve iş modellerinin geliştirilmesini teşvik eden politikaların oluşturulması günümüzde bu konunun önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Bu sebeple endüstri alanlarında sürdürülebilirliği ve çevreci olma özelliğini odak noktasına alan değişimler yaşanmaktadır. Daimî olabilme yeteneği olarak tanımlanabilecek sürdürülebilirlik kavramı günümüzde yaşanan küresel sorunlara çözüm olma niteliği taşımakta ve bu özelliğe sahip ürün ve sistemlerin geliştirilmesi için stratejik uygulamaların hayata geçirilmesini gerektirmektedir.

Mobilya, günlük yaşamın her alanında yer edinen, yaşama yönelik, herkesin kullandığı ve insan yaşam kalitesini doğrudan etkileyen bir üründür. Nüfus artış hızındaki yükselme oranları ile beraber mobilyaya olan talep artmakta ve gün geçtikçe daha çok bilgi ve maddi sermaye gerektiren bir sektör haline gelmektedir.

Yaşam Döngüsü Analizi her türlü ürün, hizmet ve sistemlerin gelişim ve uygulama süreçlerinde projenin maliyeti ve performansı gibi parametrelerin dışında çevre sorunlarına sebep olma potansiyeli ve doğal kaynakların tükenmesine ilişkin parametrelerin ölçülmesinde kullanılmaktadır. YDD, bilimsel metodolojilere dayanarak ürün ve sistemlerin çevresel performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirme ve ölçme yöntemidir. YDD, söz konusu ürün ya da sistemin hammaddelerinin elde edilmesiyle başlayan ve ilgili tüm üretim, ulaşım, kullanım ve kullanım ömrünü tamamladıktan sonra atık olarak bertaraf edilme süreçlerini dahil ederek çevresel etkileri hesaplamak, raporlamak ve yönetmek için kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü süreçlerindeki çevresel etkilerin bütünsel bir şekilde değerlendirilebilmesi çevresel yönetim konularında kararların alınabilmesine büyük katkı sağlamaktadır. YDA ilkeleri, çerçevesi ve raporlanması ISO 14040 serisi standartları ile açıklanmaktadır.

Bu tez çalışmasında Türkiye’de üretimi gerçekleşen mobilya ürünlerine yönelik hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşamasından başlayarak tüm üretim, dağıtım, kullanım, bakım ve yaşam sonu süreçlerinde oluşan çevresel etkilerin YDD yaklaşımı ile ortaya konması hedeflenmiştir. Bunun dışında beşikten mezara yapılan bu değerlendirme sonuçlarına göre ürünlerin yaşam ömürleri boyunca oluşan

çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik çeşitli stratejiler geliştirilmiş ve ürünler arası karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda sektörde üretim yapan üreticilere, karar verici mercilere ve konu üstüne akademik çalışmalar yapan araştırmacılara da yol göstermesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında Küresel Isınma Potansiyeli, Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu ve Ozon Tabakasındaki İncelme Potansiyeli çevresel etkileri ele alınmıştır. Hesaplamalarda kullanılan fonksiyonel birim 10 yıllık kullanım ömrü üzerinden çalışma masası için 1m<sup>2</sup> olup ofis koltuğu ve kanepelerde 1 adet oturma birimidir. Yaşam Döngüsü modelleri GaBi DB Versiyon 6.115 kullanılarak yapılmıştır. Tüm sonuçlar EPA TRACI 2.1 çevresel etki karakterizasyon faktörlerine göre alınmıştır.

Alınan sonuçlar tüm etki kategorilerinde en fazla etkinin Kanepe 2 ürünü hariç hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğunu göstermiştir. Ürünler yaşam ömürlerini tamamladıklarında tüketici tarafından bertaraf edilme yöntemlerine ilişkin envanter verilerine ulaşamadığı için bu aşama uluslararası NSF kuruluşunun ve BIFMA'nın ortaklaşa geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği kabulü yapılmış olup bu kabulün tüm ürünlerde yaşam sonu aşaması için OTİ'de çevresel fayda sağladığı sonucu alınmıştır. Hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasında oluşan çevresel etkilerin diğer aşamalara göre daha fazla oluşu ürünlerde kullanılabilecek alternatif, hızlı yenilenebilir ve doğal malzemeler kullanılarak üretilen ürün tasarımlarının geliştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Aynı amaca hizmet veren ürünler arası yapılan karşılaştırmalar göstermiştir ki ürünler arasındaki tasarımsal farklılıklar, kullanılan malzemeler ve nihai ürünün talep edildiği tüketici lokasyonları ve bu noktalara olan taşıma yöntemleri ürünlerin yaşam ömürleri boyunca oluşan çevresel etkilerde önemli paya sahiptir. Kanepe 2 ürünü için yapılan detaylı proses ve etki dağılımları incelendiğinde dağıtım ve kullanım aşamasındaki çevresel etkilerin en fazla oluşu taşımada kullanılan yöntemlerin ve mesafelerin önemine dikkat çekmektedir. Bu sebeple, ürünün bu aşamada oluşan çevresel etkilerini azaltabilmek için mesafeler ve taşıma yöntemleri üzerine senaryolar geliştirilmiştir. Yapılan incelemelerde ürünün sürdürülebilir olmasını sağlayan ekonomik boyutları da göz önünde bulundurularak yurt dışı pazarına yapılan taşıma yöntemlerinin temiz taşıma araçları ile gerçekleştirilmesinin benimsenmesi gerektiği önerisinde bulunulmuştur.

Ülkemizde YDD konusunda çok az çalışmanın yapılmış olması ve bu çalışmanın mobilya sektörü için Türkiye'de yapılmış ilk YDA olması çalışmanın değer ve önemini arttırmaktadır.

## **ECO-DESIGN AND SUSTAINABLE STRATEGIES FOR THE FURNITURE INDUSTRY THROUGH LIFE CYCLE APPROACH**

### **SUMMARY**

Climate change is one of the most significant global problems of our time that has already had observable effects on our environment. From shifting precipitation patterns that increase the risk of catastrophic flooding to more intense heat waves that cause wildfires and threaten natural habitat are such examples for the impacts of climate change globally today. As the amount of greenhouse gas emissions due to anthropogenic sources increase, the cumulative level of ecological deterioration increase as well and leads to irreversible changes in major ecosystems and the planetary climate system. To preclude the effects of climate change and environmental problems, intergovernmental climate agreement and policies are developing that encourage the development of least ecological effective production systems and business models emphasizing the importance of this issue.

Eco-design and sustainability strategies are increasingly adopted to industrial processes to ensure the minimization of environmental impacts. Sustainability that may describe as the ability of enduring provides the solution to the global problems that we faced on our world today. However, the challenge is to select the most appropriate strategy to reach an efficient use of resources that ensure a satisfactory product from an environmental point of view. Therefore, comprehensive environmental profile studies need to be developed to define the most effective hotspots to provide sustainable value chain management and also for the right implementation of eco-design principles.

Environmental impacts of production and consumption can be controlled and reduced by using life cycle assessment and eco-design instruments which typically involve the analysis of complex product systems. Those approaches can be adapted to any products for addressing the further development and implementation of measures with which to promote more sustainable options.

Furniture is a product that takes place in each area of daily life and oriented towards living that is used by everyone and directly affects the quality of life. It covers a broad set of products used daily for functions such as storage, hanging, lying, sitting, working and eating. Typical products which can all be made of different materials with a variety of designs are chairs, desks, wardrobes, kitchens, bed structures and sofas. The need for furniture is increasing all around the world with the increasing population and urbanization and this situation is reflected directly in the furniture industry. It is also becoming increasingly necessary to produce environmentally friendly and human healthy furniture which expected to play a more active role in the future.

Life Cycle Assessment (LCA) is the analytical framework for quantifying the impact on the environment and the resources used by a product, service or system over its

entire life cycle. For most product systems, this means the period when raw materials extracted from nature to the period when these materials are processed, as well as, manufacture of the product, distribution to the user, use phase and the product's eventual end of life treatment methods. A wide range of disciplines, including engineers, product designers, project managers, and material scientists use LCA because it supports the process of identifying and improving the environmental performance of products or production systems. The success of achieving environmentally sustainable development rests on how it affects the environment. So, as the new ecological problems emerge and greenhouse reduction goals develop globally, LCA plays as an essential role used to assess mitigation strategies and policy goals.

LCA application is standardized through a series of international standards called the ISO 14040 series. Conformity to these standards assures that all the steps for an LCA performed transparently and reproducibly. A fundamental requirement for all LCA applications establishes four clearly defined phases which are goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation of results. The goal and scope definition phase specifies the objectives of the study, the functional unit and the description of the system boundary. The inventory phase is a process of quantifying material and energy requirements, solid wastes and other releases to the environment over the entire life cycle of the manufactured product. The LCA impact analysis phase uses the inventory to calculate the potential environmental impacts. The interpretation component of the LCA interprets the results throughout each life cycle stage of a product depend on the goal of the study.

The objective of this thesis study is to analyze the environmental impacts of different types of furniture products produced in Turkey via LCA approach. The evaluated furniture products are a desk, office chairs, and sofas. The product life cycle studied is cradle to grave which includes five main stages: raw material extraction and processing, materials transportation to the fabric gate, production, distribution, use and end of life. According to the results of this cradle to grave analysis, various strategies were developed to reduce the potential environmental impacts occurring throughout the entire life span of a sofa product and also comparisons between two different office chairs and sofas made. During the study, it is also aimed to produce useful data for the producers in the furniture sector, decision makers and academic researchers in this field. Global warming potential (GWP), acidification potential (AP), eutrophication potential (EP), photochemical ozone creation potential (smog) (POCP) and ozone depletion potential (ODP) are the investigated impact categories.

The functional unit for the office chairs and sofas are one unit of seating and for the desk is one square meter ( $1\text{m}^2$ ) of workspace, maintained for ten years. The modeling type of the LCA study is attributional. The LCA model of the products were created by using GaBi DB Version 6.115 software system. The results are based on characterization factors from the US EPA Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts called TRACI 2.1 Impact Categories. The limitations of the study were reduced to minimum by following the BIFMA PCR for Seating: UNCPC 3811 and BIFMA PCR for Office Furniture Workspace Products: UNCPC 3814.

The primary data collection was accomplished in the form of spreadsheet and questionnaires and supplemented by conversations with the manufacturer in Turkey, and the bill of materials gathered from the material suppliers. All relevant

background data necessary for the materials used in the model are included in the GaBi database. For consistency and completeness of data, GaBi 6 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering DB Version 6.115 is used. It provides the life cycle inventory database in all branches to assess the potential environmental burdens of a product from the cradle to the grave. All input and output flows, type of materials used, energy consumption, transportation, and wastes are primary data taken from the manufacturer. Once the data is collected, it was imported into GaBi where the modeling was carried out. The data for the LCA is based on 12 consecutive months for all products.

Allocation is avoided for the main materials, ancillary materials and packaging materials used to manufacture the product. Each input was taken from manufacturer per one product. The total amount of annual energy consumed in the atelier where production occurs was allocated by using total numbers of unit produced in the atelier. For some wastes that company has total yearly generation data only such as; packaging waste, boiler ash, and clinker, the amount per one product generation was calculated by using the total production percentage of a product group in all manufacturing activities of the facility. Afterward, the amount was divided by the total number of product production. The mass allocation for the end of life stage was made as 80% landfill and 20% incineration as stated in the PCRs. The end of life distance data have been taken from the US EPA WARM model as 32 kilometers.

All inputs and outputs to unit processes for which data available were included in the calculation. Data gaps were filled by conservative assumptions with average or generic data. There is no neglected unit process more than 1% of total mass and energy flows. The total neglected input and output flows are also not exceed 5% of energy usage or mass as indicated in the PCRs. The amount of water use for regular cleaning of products was ignored. Since the amount of water to damp the rag is only a couple drop of water, it was taken under cut-off criteria. The infrastructure, building site, production of manufacturing equipment and personnel activities are excluded in this LCA study. The specific data coverages are geographical, time period and technology.

The results indicate that the most significant contributor to the environmental impacts during the life cycle of a desk is the material acquisition and pre-processing stage. This stage demonstrated the essential inputs in all environmental impact categories consistently. After this mentioned stage, the contribution of the end of life stage causes the highest impact on Global Warming Potential (GWP).

The greatest contributor to all impact categories during the life cycle of office chair 1 is the raw material acquisition and pre-processing stage. This stage is mainly affected by aluminum used in mechanism and furniture leg, polyurethane foam used for the main case and textile used for cladding. GWP is affected 75,6% because of raw material stage while other impact categories such as Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Photochemical Ozone Creation Potential (smog) (POCP), and Ozone Depletion Potential (ODP) are affected 88%, 84,8%, 79,8%, 99,6% respectively by raw material processes. The Manufacturing stage is the second most significant contributor in all impact categories. This stage is mainly affected by cardboard used in packaging and nylon and paper packaging wastes on landfill. As for the end of life stage, more than 60% of impacts occur because of the landfill process.

The obtained LCA results for the office chair 2 indicate that life cycle stages have the relatively same ratio of contribution processes with office chair 1 since they have similar raw materials and manufacturing processes but different designs. So, the comparison between those two products showed that office chair 2 has more environmental impacts besides ODP. The product has more effect in GWP, AP, EP, and POCP as the ratio of 17%, 42%, 48%, and 39% respectively. The reason of office chair 2 has less impact in ODP is the product has no movable mechanism with chrome gas column. These findings show the importance of product design on environmental impacts.

The results for the cradle to grave life cycle analysis of Sofa 1 showed that greatest contributor to GWP, AP, EP, POCP, and ODP is the raw material acquisition and processing stage with the ratio of 53,3%, 75,5%, 77,1%, 65,3%, and 93,8% respectively. After this mentioned stage, the contribution of manufacturing stage causes the highest impact besides GWP. As for the GWP, the second contributor is the end of life stage with 17,3% ratio due to the craft paper and electricity consumption. The manufacturing, distribution and usage, and transportation stages have 14,6%, 8%, and 6,8% contribution on GWP respectively.

The results for the cradle to grave life cycle analysis of Sofa 2 showed that most significant contributor to the GWP and POCP is the distribution and use stage which is mainly because of the cargo plane to distribute the product all around the world. In order to decrease the impacts at this stage, two different scenarios developed which one of them is on distribution distance and the other one is on distribution type. The distribution distances were reduced from 6000km (to USA) and 2334 km (to EU) to 1448 km (in Turkey only). The distribution type was changed to understand how the distribution type affects environmental burdens. The type of distribution to USA and Europe was assigned as container ship and truck respectively rather than cargo plane. In real situation, the product is distributed to EU and USA with cargo plane. For both of the scenarios, reduction occurs in all environmental burdens. However, the biggest reduction is when the distribution type changes with 33% reduction in GWP for the whole life cycle of a product. On the other hand, when the distribution distance reduced, the reduction in the GWP for the entire life cycle of the product is 22%.

The contribution of raw material acquisition and processing stage for the product Sofa 2 GWP impact is 31,4% while the other end of life, manufacturing, and transportation stages have 19,3%, 6,4%, and 4,8% contributions respectively. The raw material stage GWP impact primarily dominated by the textile used for cladding (65,51%), plywood (15,05%) and fiber (7,51%) used. Therefore, it is recommended to concentrate further efforts on used textile. Either substituting new materials instead of the used textile or optimizing the textile manufacturing process can yield lower environmental impacts. Other processes of interest are waste treatment processes such as landfill (70,7%) and incineration (29,3%) for the end of life stage and cardboard packaging material (36%) for the manufacturing stage.

This LCA study is the first of its kind as it targets the products that are globally distributed. Due to a lack of significant LCA applications in Turkey compared to US and European countries, it is being developed swiftly to show the manufacturers commitment to sustainability. Apart from obtaining the effective recommendations



on minimizing the environmental impacts by pointing out the environmental hotspots, pioneering steps towards spreading LCA specific to Turkish furniture production are taken.





## **1. GİRİŞ**

### **1.1 Çalışmanın Önemi**

Günümüzde endüstri alanlarında ciddi bir değişim olgusu yaratmaya başlayan iklim değişikliği konusu üretim süreçlerini kökten değiştirme yolunda adımlar atılmasına sebep olurken, üreticileri çevre ve insan sağlığına duyarlı ürünler üretmeye yönelik çalışmalara yönlendirmektedir.

Mobilya, günlük yaşamın her alanında yer edinen, yaşama yönelik, herkesin kullandığı ve insan yaşam kalitesini doğrudan etkileyen bir üründür. Son yıllarda yükselen hayat standardı ve nüfus artışı ile beraber mobilyaya olan talep artmakta ve geçmiş yıllara göre daha çok bilgi ve maddi sermaye gerektiren bir sektör olma yolunda ilerlemektedir.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi günümüzde her türlü ürün ve sistemlerin çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde hesaplamakta kullanılmaktadır. Ancak Türkiye’de kullanım alanı ve önceliğe alınarak ürün ve sistemlerin geliştirilmesi faaliyetleri çok azdır. Bu çalışma, günlük hayatımızda büyük öneme sahip mobilyaların YDA yaklaşımıyla analizlerini yaparak ürünlerin yaşam ömrü boyunca oluşan çevresel etkileri ortaya koyup yapılabilecek çevresel iyileştirme noktalarını sunmaktadır.

Ülkemizde YDD konusunda çok az çalışmanın yapılmış olması ve bu çalışmanın mobilya sektörü için Türkiye’de yapılmış ilk YDA olması çalışmanın değer ve önemini arttırmaktadır.

### **1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Çalışmanın amacı Türkiye’de üretimi gerçekleşen mobilya ürünlerine yönelik hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşamasından başlayarak tüm üretim, dağıtım, kullanım, bakım ve yaşam sonu süreçlerinde oluşan çevresel etkileri YDA yaklaşımı ile ortaya koymaktır. Beşikten mezara yapılan bu değerlendirme sonuçlarına göre ürünlerin yaşam ömürleri boyunca oluşan çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik

çeşitli stratejiler geliştirmek ve ürünler arası karşılaştırmalar yapılması da ikinci amaç olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda sektörde üretim yapan üreticilere, karar verici mercilere ve konu üstüne akademik çalışmalar yapan araştırmacılara da yol göstermesi hedeflenmiştir.

Bu amaçlara yönelik olarak ikinci kısımda mobilya sektörünün Dünyada ve Türkiye'deki önemi araştırılmış ardından dünyada YDD alanında mobilya ürünleri için yapılan akademik araştırmalar incelenmiştir. Üçüncü kısımda çalışma içerisinde analizleri yapılan ürünlerin çevresel etkilerini hesaplarken kullanılan materyal ve method bilgisi verilmiş olup dördüncü kısımda ürünlere ait toplanan envanter ve YDA sonuçları sunulmuştur.



## **2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

### **2.1 Dünyada ve Türkiye’de Mobilya Sektörü**

Günümüzde artan nüfus ve kentleşme ile beraber tüm dünyada mobilyaya olan ihtiyaç artmakta ve bu durum doğrudan mobilya sanayisine yansımaktadır.

Dünyada tüm mobilya üretiminin yarısından fazlasını gerçekleştiren ülkeler arasında Çin, ABD, İtalya ve Almanya yer almaktadır. Ardından %3'lük üretim paylarına sahip olan diğer üretici ülkeler arasında Japonya, Fransa, Kanada, Birleşik Krallık ve Polonya yer almaktadır. Türkiye’de üretilen mobilya miktarı ise dünyadaki toplam mobilya üretiminin %1’ini oluşturmaktadır. Mobilya sektöründeki ticaret oranı 2009 yılında yaşanan küresel krizden dolayı %20 oranında bir düşüş yaşamış ancak 2010 yılından itibaren sektör tekrar büyüme sağlamış ve o günden günümüze istikrarlı bir büyüme sağlamıştır. 2010 yılında 376 milyar dolar olan Dünya mobilya pazarının 2050 yılında 1 trilyon doları geçmesi tahmin edilmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

Türkiye ise mobilya sektöründe ulusal ve uluslararası pazarlara yönelmiş durumdadır. Türkiye’de kanepe, oturma grubu, mutfak, banyo, ofis, yatak odası mobilyaları, bahçe mobilyaları, otel ve hastane mobilya ve aksesuarları gibi geniş yelpazede üretim yapılmaktadır. Sektörde en çok üretilen ürün grupları arasında ahşap ve metal aksamli oturma grubu mobilyaları yer almaktadır. Türkiye’de mobilya üretimi küçük atölyelerden büyük fabrikalara kadar her il ve ilçeye dağılmış durumdadır ve istihdam kapasitesi en yüksek sektörlerden biridir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

Türkiye pek çok farklı ülkeye mobilya ihracatı yapmaktadır. Bu ülkeler arasında; Irak, Libya, Almanya, Azerbaycan, ABD, Fransa, Hollanda ve Rusya yer almaktadır. (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

Çin; 244,9 milyar dolar ile 2012 yılında dünyanın en büyük mobilya ihracatçısı olmuştur. Ardından 79,3 milyar dolar ile İtalya ikinci ve 66,9 milyar dolar ile

Almanya dünya mobilya ihracat üçüncüsü olarak sıralamada yer almıştır. (Serin ve diğ, 2014).

Tüm dünyada gerçekleşen ihracat oranları göz önünde bulundurulduğunda dünya mobilya sektörü uluslararası ticaret eğilimi yüksek olan ve coğrafik sınırların ortadan neredeyse kalktığı bir sektördür. Uluslararası ticaretin fazla olması rekabeti beraberinde getirerek günümüz koşullarının rekabette öne çıkan faktörleri olarak markalaşmanın ve uzmanlaşmanın altı çizilmektedir.

Günümüzde dünyada değişmeye başlayan üretim dinamikleri ile beraber gelecekte çevre dostu mobilyalar, insan ve çevreye duyarlı, hafif, fonksiyonel, kolay taşınabilir, modüler mobilyaların etkin rol alacağı düşünülmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

## **2.2 Yaşam Döngüsü Analizi**

Yaşam Döngüsü Analizi günümüzde artan çevre duyarlılığına paralel olarak, her türlü projenin geliştirme ve uygulama süreçlerinde projenin topluma maliyeti, performansı gibi geleneksel parametrelerin dışında yaşanan küresel çevre sorunlarına sebep olma potansiyeli ve doğal kaynakların tükenmesi gibi parametrelerin ölçülmesinde kullanılmaktadır. 1969 yılında Coca-cola tarafından yapılan ilk YDA çalışmasından bu yana YDA alanında yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde ürün ve sistemlerin çevresel etkilerini hesaplamakta kullanılmaktadır (Schenck ve White, 2014).

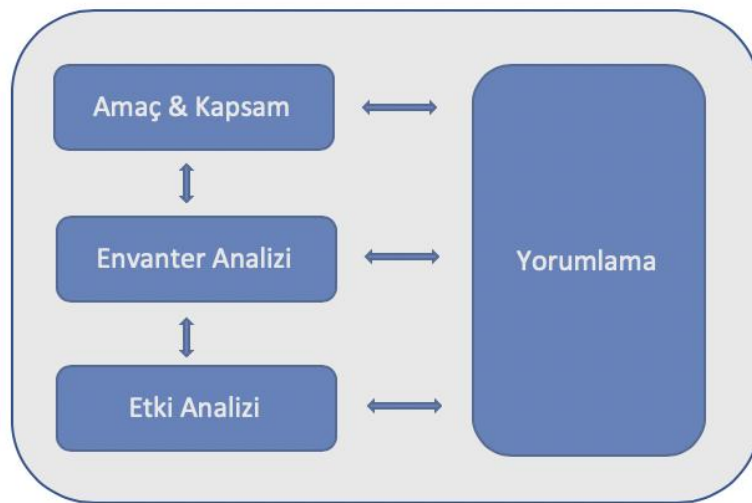
Yaşam Döngüsü Analizi ürün ve sistemlerin çevresel performansını kapsamlı bir şekilde ölçüp, değerlendirmek için kullanılan bilimsel değerlendirme yöntemidir. Hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak, bağlantılı tüm üretim, ulaşım, tüketici tarafından kullanım ve kullanım ömrünü tamamladıktan sonra atık olarak bertaraf edilme süreçlerini de kapsayarak çevresel etkileri hesaplamak, raporlamak ve yönetmek için kullanılmaktadır. Hesaplanan çevresel etkiler ozon tabakasındaki incelme, ötrofikasyon, asidifikasyon, küresel ısınma potansiyeli gibi kirlenme parametreleri ile beraber doğal kaynakların tükenmesi bazında değerlendirilmektedir.

Bir ürün ya da hizmetin yaşam döngüsü süreçlerindeki tüm bu etkilerin bütünleşik olarak değerlendirilmesi çevresel yönetim konusunda karar alma süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Söz konusu ürün ya da sisteme ilişkin çevresel

iyileştirme yapılabilecek noktaların tespitinde ya da karşılaştırmaların doğru kurgulanmış birim üzerinden yapılarak olabilecek değişikliklerin ne gibi etkilere sebep olacağının tespitinde kullanılmaktadır.

Uluslararası standartlar örgütü (ISO) YDA çalışmalarının raporlanması ve incelenmesi hakkında tanımlamalar, method ve protokoller geliştirmiştir. ISO 14040 Yaşam Döngüsü Analizi ilkelerini ve çerçevesini açıklamaktadır. Bu temel standart amaç ve kapsam, envanter, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve yorumlama aşamalarını YDA'nın temel adımları olarak tanımlamaktadır. (Şekil 2.1). Ancak bu standart YDA tekniği konusunda bilgilendirme sunmamaktadır. Her bir spesifik aşamayı nasıl ele alacağımızı açıklamaktadır.

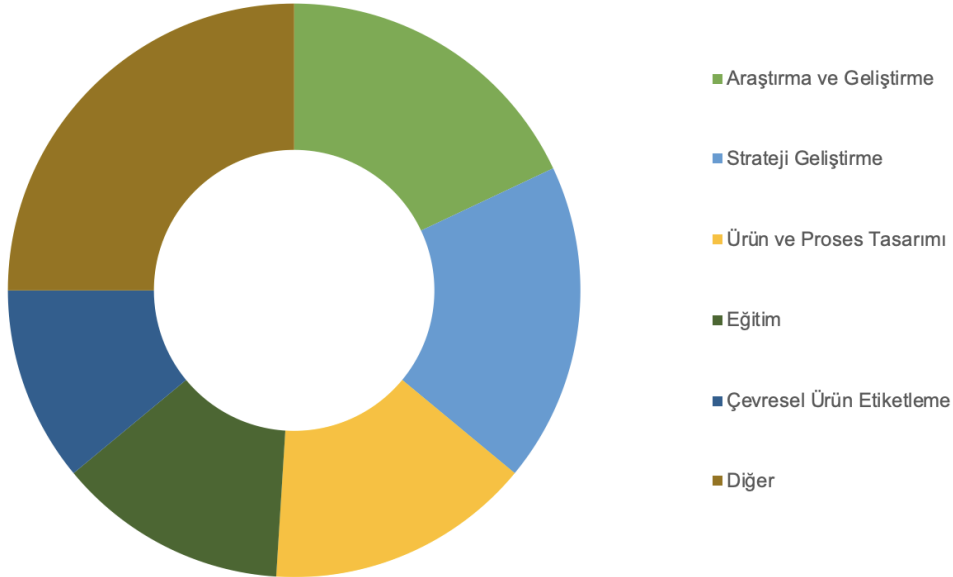
- Amaç & Kapsam: Çalışmanın amacı, kapsamı, sınırları ve detaylandırma düzeyi belirlenir.
- Envanter Analizi: Çalışılan ürün ya da hizmet için belirlenmiş sistem sınırları dahilinde ilgili enerji, su, malzeme ve bunlara bağlı çevresel girdi ve çıktılar toplanır.
- Etki Analizi: Envanter aşamasında toplanmış girdi ve çıktıların oluşturduğu çevresel etkiler hesaplanır.
- Yorumlama: Hesaplanan çevresel etkilerin sonuçları değerlendirilerek çalışmanın amacına yönelik yorumlamalar yapılır.



**Şekil 2.1:** YDA metodolojisi.

YDA çalışmaları ürün, hizmet ya da sistemlerin yaşam ömrünün hangi aşamalarını sistem sınırına dahil edildiğine bağlı olarak beşikten mezara, beşikten beşiğe, beşikten kapıya ve kapıdan kapıya olmak üzere gruplandırılabilir. Beşikten mezara; hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak yaşam ömrünü tamamladığı noktaya kadar gerçekleşen tüm aşamaları kapsar. Beşikten kapıya; ürünün üretilmesi için gerekli olan hammadde çıkarım işlemlerinden nihai ürünün üretilmesine kadar gerçekleşen faaliyetleri kapsamaktadır. Kapıdan kapıya sistem sınırı sadece üretim süreçlerinde gerçekleşen prosesleri kapsamaktadır. Beşikten beşiğe ise beşikten mezara olan tüm yaşam ömrü aşamalarının en son yaşam sonu aşamasına gelen ürünün yeni bir ürüne dönüştürülmesi ya da verimli bir geri dönüşüm söz konusu ise bu durumu ifade etmek için kullanılmaktadır (McDonough ve Braungart, 2002).

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin kullanıldığı alanlar çalışmayı düzenleyen kuruma ve ihtiyaca göre değişmektedir. YDA uygulayan kişiler arasında yapılan bir anket sonucuna göre %18 oranla YDA en fazla AR-GE ve iş geliştirme alanlarında kullanılmaktadır. Kullanıldığı diğer alanlar ise; ürün ve proses tasarımı (%15), eğitim (%13) ve çevresel ürün etiketleme alanlarında (%11) kullanılabilmektedir (Şekil 2.2). (Schenck & White, 2014).



Şekil 2.2: YDD kullanım alanları.



Yaşam döngüsü analizi; ürün ya da proseslerin ve alternatiflerinin çevresel, ekonomik ve sosyal yönden oluşturacağı etkileri karşılaştırmak, yaşam döngüsü tasarımı geliştirmek ve geleceğe dönük alınan kararların etkili sonuçlar getirmesini sağlamak için kullanılmalıdır. EPA ve SETAC'ın 1970'li yıllarda sadece kimyasalların toksik etkilerini daha iyi ortaya koyabilmek için beraber geliştirmeye başladıkları YDA çalışmaları günümüzde ISO tarafından standartlaşmış ve sürdürülebilir amaçlar doğrultusunda analitik sonuçlar verebilecek kapsama kadar gelişmiştir.

### **2.3 Çeşitli Mobilya Ürünleri İçin Yapılan YDA Çalışmaları**

Ofis mobilyaları tasarımcısı ve üreticisi, Formway Mobilya Yeni Zelanda'da kurulu olan fabrikalarında sürdürülebilir gelişim ve üretim stratejilerini belirlemek için ürettikleri iki farklı ofis sandalyesine YDA çalışması yapmışlardır. LIFE (Light, Intuitive, Flexible, Environmental) ürün grubu olarak ürettikleri bu iki sandalyenin alüminyum ve cam dolgulu naylon olmak üzere iki farklı ana hammadde içerikli modeli bulunmaktadır (Gamage ve diğ., 2008).

Gamage ve diğ. (2008) tarafından yürütülen YDA çalışmasının yürütülmesinde amaç olarak öncelikle her iki sandalye için çevresel etkilerin en fazla olduğu noktaları tespit etmek ve ardından iki model arasında çevresel etki karşılaştırması yapmak belirlenmiştir. Üçüncü amaç ise her iki modelde uygulanabilecek farklı yaşam sonu atık bertaraf yöntemleri için en verimli olacak senaryoyu tespit etmek belirlenmiştir (Gamage ve diğ., 2008).

Bu çalışmada Ecoinvent veri tabanı ve SimaPro 7 YDA yazılımı kullanılmıştır. Alınan sonuçlarda ise Leiden Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü tarafından geliştirilen CML 2000 karakterizasyonu kullanılmıştır (Pre Consultants, 2006). Çevresel etki değerlendirmesi bir tek Küresel Isınma Potansiyeli için yapılmıştır. Sistem sınırı beşikten mezara tüm aşamaları kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Fonksiyonel birim ise 10 yıllık kullanım ömrü için 1 adet Formway LIFE sandalyedir. Analizleri yapılan her iki model LIFE sandalyenin üretiminde kullanılan malzemeler ve ağırlık yüzdeleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Gamage ve diğ., 2008).

**Çizelge 2.1:** LIFE sandalye malzeme bileşenleri.

| Malzeme Adı          | Ağırlık Yüzdesi (%) |                    |
|----------------------|---------------------|--------------------|
|                      | Alüminyum           | Cam Dolgulu Naylon |
| Alüminyum            | 59.3                | 49.8               |
| Çelik                | 9.1                 | 9.6                |
| Cam Dolgulu Naylon   | 6.3                 | 15.6               |
| Polipropilen         | 0.8                 | 0.9                |
| Cam Dolgulu Propilen | 0.3                 | 0.3                |
| Poliüretan           | 4.6                 | 4.8                |
| Asetil               | 1.8                 | 1.9                |
| ABS                  | 2.1                 | 2.2                |
| Kumaş                | 0.8                 | 0.8                |
| PBT                  | 7.1                 | 7.6                |
| Naylon (PA6)         | 2.2                 | 2.3                |
| Ambalaj              | 5.7                 | 4.2                |
| TOPLAM               | 100                 | 100                |

Kullanılan bu malzemeler ise dünyanın farklı yerlerinden; başta ABD ve Çin olmak üzere Almanya, Avusturalya ve Yeni Zelanda’da üretilerek fabrikaya gelmektedir. Dünyadaki farklı tedarikçilerden alınan malzemelerin mobilya üretimi için fabrikaya gelmesi süresinde Çizelge 2.2’de belirtilen uzaklıklar ve yöntemler kullanılmaktadır. Uzaklığın 100 km den az olduğu durumlarda kamyonetler, 100 km den fazla olduğu durumlarda ise tırlar kullanılarak karayolu ile taşınım sağlanmaktadır. Kıtalar arası olan uzaklıklarda ise yük gemileri kullanılarak deniz yolu üzerinden taşınım sağlanmaktadır (Gamage ve diğ., 2008).

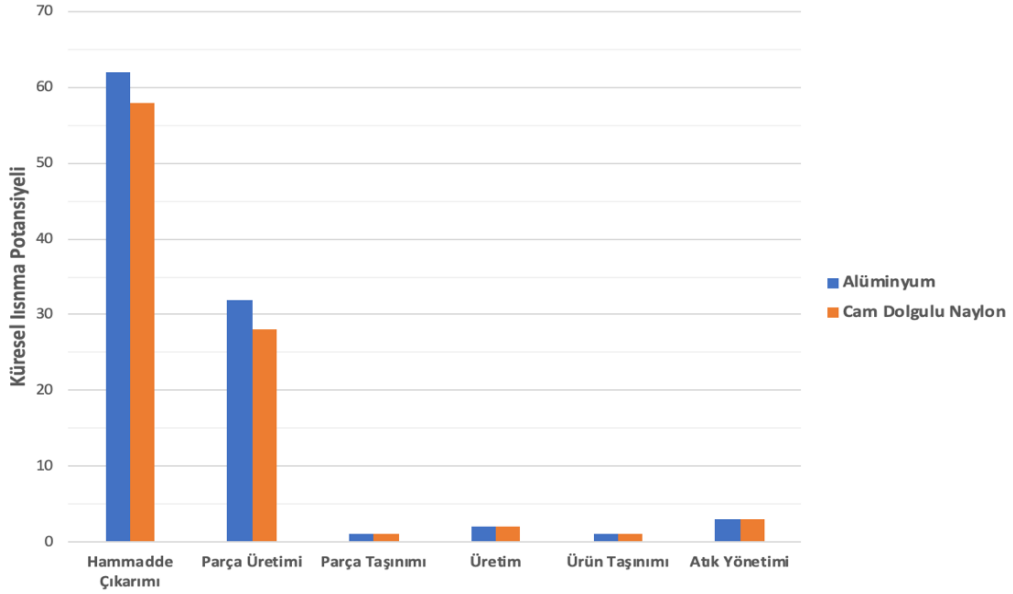
**Çizelge 2.2:** LIFE malzeme taşınım yöntemleri ve uzaklıkları.

| Malzeme             | Konum        | Karayolu<br>(km) | Denizyolu<br>(km) |
|---------------------|--------------|------------------|-------------------|
| Alüminyum           | ABD          | 17,3             | 10742             |
|                     | Çin          | 45,3             | 8953              |
|                     | Yeni Zelanda | 190              | -                 |
| Cam Dolgulu Naylon  | Avustralya   | 35,3             | 1490              |
| Kumaş               | Almanya      | 429,3            | 11585             |
| Çelik               | Çin          | 200              | 10050             |
|                     | Yeni Zelanda | 650              | -                 |
| PBT                 | Yeni Zelanda | 190              | -                 |
| Diğer plastikler    | Yeni Zelanda | 190              | -                 |
|                     | ABD          | 578              | 18761             |
| Bağlantı elamanları | ABD          | 131,3            | 10176             |

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre KIP açık ara bir şekilde en fazla hammadde çıkarımı ve işlenmesi sürecinde oluşmaktadır. Üretim, taşınım ve yaşam sonunda oluşan toplam KIP etkisi %10 civarında iken hammadde çıkarımı ve parçaların üretilmesindeki etkiler toplamda %90 lık bir yüzde ile göz ardı edilemeyecek düzeyde daha fazladır (Şekil 2.3).

Alüminyum ve cam dolgulu naylon olmak üzere farklı hammaddeler kullanılarak üretilen iki sandalyenin yaşam döngüsü etkileri karşılaştırıldığında oluşan KIP etkisinin hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasında en fazla alüminyumdan ardından cam dolgulu naylondan kaynaklandığı ortaya konmuştur.

Gamage ve diğ. (2008) etkilerin yoğun olduğu yerlerin tespiti ve iki ürünün yaşam döngüsü etkilerini karşılaştırırken yaşam sonu atık bertaraf yöntemi için düzenli depolama şeklinde modelleme yapmışlardır.



**Şekil 2.3:** Küresel ısınma potansiyeli karşılaştırması. (Gamage ve diğ., 2008)

İki ürünün YDA etkileri kıyaslandığında ise alüminyum içerikli olan üründe KIP etkisi %10 oranında daha fazladır. Her iki ürün arasında bu farkın oluşması alüminyum ve cam dolgulu naylon ürün içeriklerindeki kullanılan malzemelerin miktar farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Kullanılan hammaddelerdeki bu fark ayrıca ürünlerin üretim aşamalarında oluşan etki farklılıklarına da sebep olmaktadır (Gamage ve diğ.,2008).

Her iki sandalye teknik olarak %90'ının üzerinde geri dönüştürülebilir olma potansiyeline sahip olmasına rağmen Gamage ve diğ. (2008) iki farklı yaşam sonu senaryosu modellemiştir. İlk senaryo olarak tüm ürünün yaşam ömrünü tamamladıktan sonra ambalajı da dahil olmak üzere düzenli deponlaması, ikinci yaşam sonu senaryosunda ise metal bileşenlerin geri dönüştürülüp diğer malzemelerin düzenli depolama sahasına gönderilmesi durumundaki etkiler incelenmiştir. İkinci senaryoda toplamda negatif sonuçlar yani çevresel açıdan fayda oluşturacak sonuçlar elde edilmiştir (Gamage ve diğ., 2008).

Gamage ve diğ. (2008) yaptıkları analizlerde en fazla alüminyumun üretilmesi ve işlenmesi aşamasından kaynaklı KIP etkileri gerçekleştiği için alüminyumun 3 farklı geri dönüştürülmüş içerik oranları üzerinden hassaslık analizi de yapmışlardır. Primer alüminyum, %34 geri dönüştürülmüş içerikli alüminyum ve %100 geri dönüştürülmüş içerikli alüminyum için yapılan hassaslık analizi çalışmasında geri dönüştürülmüş içerik arttıkça her iki model sandalye içinde hammadde çıkarılması

ve işlenmesi aşamasında oluşan KIP etkisinin azaldığı görülmüştür (Gamage ve diğ., 2008).

Iritani ve diğ. (2015) MDP (orta yoğunluklu partiküler sunta)'den yapılmış giysi dolabının çevresel performansını YDA ile değerlendirdikleri başka bir çalışma ise Brezilya'da yapılmıştır. Çevresel etkilerin yoğun olduğu noktaların tespitinden sonra sürdürülebilirlik performansını arttırabilmek için stratejiler geliştirilmiş ve ürünün yaşam ömründeki performansını arttırmaya yönelik senaryolar yapılmıştır.

YDA analizleri yapılan dolabın ölçüleri 2670 mm x 606 mm x 2323 mm dir. Çalışma için bu dolabın seçilmesinde üretimini yapan firmanın satışlarının %40'ını bu ürünün oluşturması ve fabrika girdilerinin %68'i bu ürünün üretiminden kaynaklı olması etkili olmuştur. YDA modellemesinde GaBi V4.4 kullanılmıştır. Fonksiyonel birim 5 senelik kullanım ömrü üzerinden 1 adet dolap olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sistem sınırları beşikten kapıya yani hammaddelerin üretilmesinden başlayarak ürün üretiminin tamamlanmasına kadar geçen süreçlerdeki prosesleri kapsamaktadır (Iritani ve diğ., 2015).

Gardrobun üretilmesinde ana girdilerin %95'ini MDP oluşturmaktadır. Kalan girdiler ise polipropilen, çelik ve kağıt paneldir. Ana girdi olan MDP için envanter çalışması Silva ve diğ. (2013)'den alınmıştır. Diğer girdiler için GaBi veritabanından faydalanılmıştır. Bunun dışında gardrobun üretimi aşamasında kullanılan sentetik yapıştırıcı, boya ve cilalar sistem sınırı dışında kabul edilmiş ve sadece bu girdilerin fabrika kapısına olan taşınım prosesleri dahil edilmiştir. Taşınımında kullanılan prosesler GaBi veri tabanından alınmıştır. Modelleme sonucunda alınan YDA sonuçları Çizelge 2.3'de verilmiştir. YDA sonuçlarında EDIP-97 orta nokta metodu kullanılmıştır (Iritani ve diğ., 2015).

Alınan sonuçlarda en fazla etkinin MDP'nin üretilmesi ve taşıma aşamalarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu noktalarda yapılabilecek iyileştirme olarak taşınımında kullanılan diesel yerine daha temiz yakıtların kullanılması önerilmiştir. Bunun dışında ulaşımda izlenen yolun daha kısa rotalarla değiştirilebileceği ve ürünün ambalaj hacmini küçülterek bir kamyonla daha fazla ürün taşıyıp ulaşım dolaylı oluşan etkinin azaltılabileceği belirtilmiştir. Hammadde temini aşamasındaki etkilerin çoğunluğundan sorumlu olan MDP ana girdisi için ise alternatif malzemeler kullanılması önerilmiştir (Iritani ve diğ., 2015).

**Çizelge 2.3:** Gardrop beşikten kapıya YDA sonuçları.

| Etki Kategorisi              | Birim                            | Etki Değeri |
|------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Küresel Isınma               | kg CO <sub>2</sub>               | 290,75      |
| Ozon Tükenmesi               | kg R11                           | 4.3E-6      |
| Fotokimyasal Oksidasyon      | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 0.18        |
| Asidifikasyon                | kg SO <sub>2</sub>               | 1,49        |
| Kronik Ekotoksisite (Toprak) | m <sup>3</sup>                   | 11,042      |
| Akut Ekotoksisite (Su)       | m <sup>3</sup>                   | 444,67      |
| Kronik Ekotoksisite (Su)     | m <sup>3</sup>                   | 4921,7      |
| İnsan Zehirlenmesi (Hava)    | m <sup>3</sup>                   | 7,08E+8     |
| İnsan Zehirlenmesi (Su)      | m <sup>3</sup>                   | 306,16      |
| İnsan Zehirlenmesi (Toprak)  | m <sup>3</sup>                   | 12,983      |
| Besleyici Madde Birikmesi    | kg NO <sup>-3</sup>              | 1,64        |

Alternatif malzeme kullanımına bir öneri olarak öncelikle geri dönüştürülmüş odun atıklarından üretilen MDP belirtilmiş ve bu durumda oluşan çevresel etkileri kıyaslayabilmek için senaryo analizleri yapılmıştır. Geri dönüştürülmüş odun içeriğinin %50 ve %100 olduğu durumlar şeklinde yapılan iki senaryo analizi sonuçları göstermiştir ki geri dönüşüm içeriği arttıkça küresel ısınma etkisinde sırasıyla %27 ve %48 azalma olmaktadır (Iritani ve diğ., 2015).

Malzeme kullanımına yönelik yapılan bir diğer öneri ise fındık kabuğu ve hintyağı reçinesi kullanılarak üretilen sürdürülebilir levhalar olmuştur. Wechsler ve diğ., 2013'e gönderme yaparak bu yöntemle üretilen levhaların geleneksel yöntemlerle üretilen levhalara göre formaldehit emisyonlarında %5 azaltım sağlanabileceği belirtilmiştir.

MDP girdisinin üretimi sırasında etkilerin yoğun olarak gözlemlendiği üretilen formaldehit (ÜF) reçinesi girdisi için ise daha düşük formaldehit içerikli malzemelerin kullanılması ve ÜF yerine yenilenebilir, doğal kaynaklardan elde edilen girdilerin kullanılabileceği belirtilmiştir. Ahşap panellerin üretilmesinde yenilenebilir kaynak olarak lignin, kaju fıncığı kabuğu sıvısı, doğal tanen ve hint yağı ahşap panellerin üretilmesinde başarılı bir şekilde senelerdir kullanılmaktadır (Varanda, 2013). Ancak kullanılan bu alternatiflerin çevresel etkileri yaşam döngüsü perspektifi ile doğrulanmamıştır.

Silva ve diğ. (2015), ÜF reçinesine alternatif olarak kullanılabilecek bir diğer girdi olan melamin üre formaldehiti (MÜF) yaşam döngüsü analizi yaparak inceledikleri başka bir çalışmada ise MÜF ile üretilen MDP'nin özellikle fotokimyasal oksidasyon, ekotoksisite ve insan sağlığına olan etkilerinin daha düşük olduğunu göstermektedir.







### **3. MATERYAL & METHOD**

#### **3.1 Amaç ve Kapsam**

Çalışmanın amacı Türkiye’de üretilen farklı mobilyalara YDA metodolojisini uygulayarak ürünlerin yaşam döngülerindeki çevresel etkileri hesaplamak ve etkilerin azaltılabilmesi için stratejiler geliştirmektir. Ayrıca aynı amaç için kullanılan ürünler arası karşılaştırmaların yapılması amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm veriler Türkiye’de mobilya üretimi konusunda öncü bir firmadan alınarak sektörde üretim yapan üreticilere, karar verici mercilere ve konu üstüne akademik çalışmalar yapan araştırmacılara yol göstermesi hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında Küresel Isınma Potansiyeli, Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu ve Ozon Tabakasındaki İncelme Potansiyeli çevresel etkileri ele alınmıştır.

Yaşam Döngüsü modelleri GaBi DB Versiyon 6.115 bilgisayar yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Tüm sonuçlar EPA TRACI 2.1 çevresel etki karakterizasyon faktörlerine göre alınmıştır. Çalışma süresinde verilere ulaşılamayan noktalarda yapılan varsayımlarda Dünya Mobilya Üreticileri Derneği’nin (BIFMA) YDA için başvurulabilecek kaynak olarak geliştirdiği UNCPC 3811 ve UNCPC 3814 Ürün Kategori Kuralları’ndan faydalanılmıştır.

Çalışmanın kapsamı beşikten mezara tüm yaşam döngüsü aşamalarını içermektedir. Kullanılan veriler üretici firmanın bir senelik (01.06.2014 - 31.05.2015) faaliyetlerini kapsamaktadır. Ürünlerin sosyal ve ekonomik etkileri bu YDA çalışması kapsamında ele alınmamıştır.

#### **3.2 Fonksiyonel Birim**

Çalışmada kullanılan fonksiyonel birim 10 yıllık kullanım ömrü üzerinden çalışma masası için 1m<sup>2</sup> olup ofis koltuğu ve kanepelerde 1 adet oturma birimidir.

### 3.3 Sistem Sınırı

Çalışmanın sistem sınırı ürünlerin yaşam döngüsündeki tüm prosesleri kapsayacak şekilde hammadde çıkarılması ve işlenmesi, kullanılan malzemelerin fabrikaya taşınımı, üretim, ambalajlama, nihai ürünün son tüketiciye ulaştırılması, kullanım sırasındaki bakım ve temizlik uygulamaları, yaşam ömrünü tamamlayan ürünün atık bertaraf tesisine taşınımı ve bertaraf proseslerini içermektedir. Ürünün tüm yaşam döngüsünü içeren bu aşamalar Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1:** Ürün yaşam döngüsü.

Ürün yaşam döngüsündeki tüm bu prosesler 5 aşama altında (hammadde çıkarılması ve işlenmesi, taşıma, üretim, dağıtım, yaşam sonu) incelenmiş olup her bir aşamada dahil edilen prosesler aşağıda açıklanmıştır.

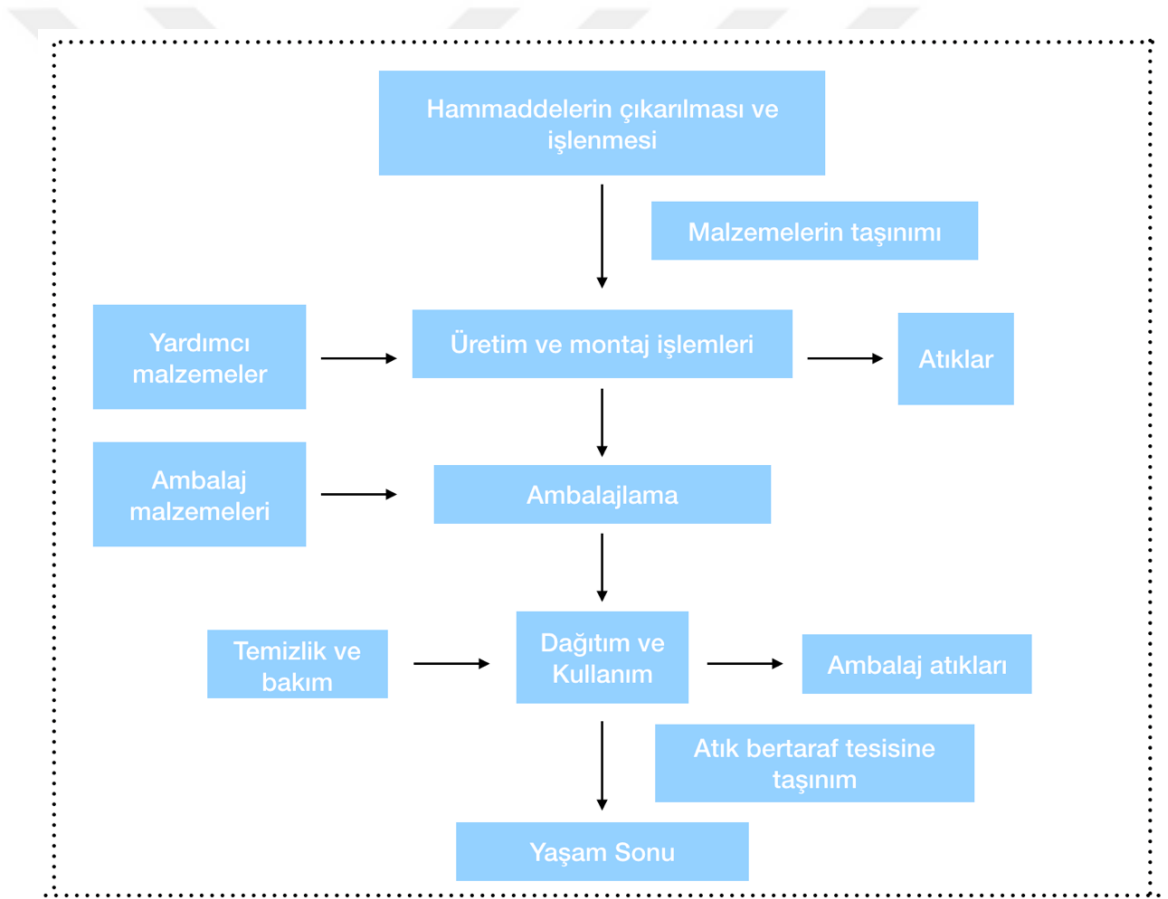
Hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşaması; ürün üretimi için gerekli olan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve ana malzemenin üretilmesi süreçlerini kapsamaktadır.

Taşıma aşaması; üretimi tamamlanan malzemelerin üretildiği noktadan fabrikaya olan ulaşım proseslerini içermektedir.

Üretim aşaması; ürün üretiminde montajlama için gerekli olan yardımcı malzemelerin ve ambalaj malzemelerinin üretilmesi prosesleri ile fabrikada ürün üretimi sırasında gerçekleşen tüm faaliyetleri kapsamaktadır.

Dağıtım ve kullanım aşaması; nihai ürünün son tüketiciye taşınması, tüketiciye ulaştığında atık olarak oluşan ürün ambalaj atıkları, kullanım ve bakım sırasında gerçekleşen uygulamalar ve ürün yaşam ömrü tamamlandığında bertaraf edileceği noktaya taşıma proseslerini içermektedir.

Yaşam sonu aşaması; kullanım ömrünü tamamlamış ürünün atık olarak bertaraf edilme proseslerini içermektedir. Şekil 3.2 beşikten mezara olan bu sistem sınırını göstermektedir.



**Şekil 3.2:** Sistem sınırı.

### 3.4 Veri Kalitesi

Analizler yapılırken bütünlüğün ve tutarlılığın sağlanması için GaBi veritabanı 6.115 kullanılmıştır. GaBi veri tabanı 6.115 ürünlerin yaşam döngüsü süreçlerinde kullanılan girdi ve çıktıların beşikten mezara çevresel etki potansiyellerini değerlendirmeye yardımcı olan envanteri sağlamaktadır.

Tüm girdi ve çıktılar, kullanılan malzemeler, enerji kullanımı, ulaşım mesafeleri ve yöntemleri ve oluşan atık miktarları üretici firmadan alınmıştır. Üretici firma verilerin gerçek durumu yansıttığı konusunda beyanda bulunmuştur.

Üreticiden farklı aşamalar için toplanan farklı veri kaynaklarının kalitesi Çizelge 3.1’de özetlenmiştir. Verilerin kalitesinin genel niteliğini özetleyebilmek için 5 mükemmel kalite ve 1 en düşük kaliteli veri durumunu temsil etmektedir. Bu sayılar hesaplanmış sayılar değildir. Çalışma süresinde üretici ve tüm tedarikçilerden toplanan verilerin anlaşılabilirliğini ve yapılan varsayımların gerçek durumu yansıtması düşünülerek verilmiş sayılardır.

**Çizelge 3.1:** Veri kalitesi puanları.

| Model Aşaması      | Veri Kalitesi Puanı |
|--------------------|---------------------|
| Hammadde           | 5                   |
| Ulaşım             | 4                   |
| Üretim             | 5                   |
| Dağıtım & Kullanım | 4                   |
| Yaşam Sonu         | 3                   |

Hammadde ve üretim aşamalarında kullanılan veriler üretimin gerçekleştiği fabrikada yetkili bir temsilci ile beraber ve kullanılan malzemelerin tedarikçileri ile temasa geçerek hassas bir şekilde toplanmıştır. Bu sebeple, bu aşamaların veri kalitesi mükemmel olarak düşünülmüştür. Ancak yaşam sonu aşamasında kullanılan verilerde herhangi bir kullanıcı veri tabanına sahip olunmadığı için varsayım yapılmak durumunda kalınmış ve bu varsayımlarda tutarlılığın sağlanabilmesi için BIFMA’nın YDA için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen ortalama yaşam sonu verileri kullanılmıştır. Bu sebeple, yaşam sonundaki verilerin kalitesi 3 puan olarak düşünülmüştür.

YDA için gerekli tüm birincil veriler birbirini takip eden 12 ay boyunca 01.06.2014 - 31.05.2015 tarihleri arasındaki zaman diliminden toplanmış ve hesaplamada kullanılan GaBi envanter verileri seçilirken son 10 yıl içerisinde olmasına dikkat edilmiştir.

Toplanan verilerde dikkat edilen veri kalitesi kapsamı ise şu şekildedir;

- Coğrafi kapsam: Çalışma Türkiye’de üretimi gerçekleşen mobilya grupları içindir.
- Zaman Periyodu: Çalışma birbirini takip eden 12 ay boyunca fabrikada gerçekleşen faaliyetler içindir.
- Teknolojik Kapsam: Gerçek durumu temsil eden teknoloji verileri kullanılmıştır. GaBi’deki mevcut olan veri tabanlarının teknoloji kapsamında küresel olarak sınırlı değişkenlik göstererek ortalamayı yansıtmaktadır.

Analizleri yapılan ürünlere ait verilerde saha ziyaretleri, tedarikçiler, üretimden sorumlu uzmanlarla yapılan doğrudan temaslar ve GaBi veri tabanı esas alınmıştır. Toplanan veriler her bir aşama için doğrudan excel hesap tablosunda kaydedilmiş ve bu hesap tablosunda her bir yaşam döngüsü aşaması için girdi ve çıktılar aşağıda açıklandığı şekilde derlenmiştir.

Hammadde çıkarımı ve işlenmesi; ürünün üretilmesi için gerekli olan hammaddelerin nitelik, nicelik ve miktarlarını,

Ulaşım; ürünün üretilmesi için gerekli olan hammadde, yardımcı malzemeler ve ambalaj malzemelerinin fabrikaya gelene kadar kat ettiği mesafeler, tedarik edilen konum noktaları, taşıma türleri ve taşıma için kullanılan yakıt türlerini,

Üretim; ürün üretilmesi için uygulanan tüm işlemler, malzeme, enerji ve doğal kaynak girdi ve çıktılarını,

Dağıtım ve Kullanım; ürünün fabrikadan çıkıp kullanıcıya ulaşması için kat edilen mesafeler ve ulaşım türleri, kullanım aşamasındaki enerji ve kaynak kullanımını, ürün kullanıcıya ulaştığı zaman oluşan ambalaj atıklarının bertaraf yöntemlerini ve yaşam sonu bertaraf tesisine ulaşması sırasındaki taşıma işlemlerini,

Yaşam Sonu; ürünün yaşam sonu atık bertaraf yöntemlerini içermektedir.



## 4. ÇEŞİTLİ MOBİLYA ÜRÜNLERİ İÇİN YDA VE TARTIŞMA

### 4.1 Çalışma Masası

#### 4.1.1 Ürün özellikleri

Çalışma masası olarak kullanılan ürün Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ahşap çapraz çerçeveli ayaklardan oluşan bir masa sistemidir. Ürün, basit görünen yapısının altında günümüzde çalışırken kullanılan cep telefonu, bilgisayar ve dizüstü bilgisayarların kullanımını kolaylaştıracak donanımlar içermektedir. Masanın üst kısmında, yan taraftaki dolapların iç ve arka panellerinde MDF, diğer ahşap yüzeylerde ise melamin kaplama sunta ve kontrplak kullanılmıştır. Yan taraftaki dolapların gövdesi ise demirden yapılmıştır. Masanın ölçüleri şu şekilde sıralanabilir: uzunluk: 1600-1880 mm, derinlik: 800-1146 mm, yükseklik ise 740 mm dir.



**Şekil 4.1:** Çalışma masası.

#### 4.1.2 Üretim prosesleri

Masanın üretilmesi için tedarik edilen malzemeler öncelikle fabrika içinde ilgili atölyelerde sınıflandırılır. Üretim; üst kısmında, yan depolama alanlarında ve ayaklarda kullanılan malzemelerin boyutlandırılması ile başlamaktadır. Masa için boyutlandırılmış bu parçalar frezeleme ünitesinde şekillendirilir ve ardından kaplama ve boyama işlemleri yapılır. Uygun sürelerde bekletilip kuruma sağlandıktan sonra montajlama kısmında mobilyanın tüm ana ve yardımcı aksamaları birleştirilir ve ürün ambalajlanır.



**Şekil 4.2:** Masa üretim akış şeması.

Ürünün imalatı boyunca talaş, çelik hurda, boya ve fabrikaya hazır halde gelen aksamaların ambalaj malzemeleri atık olarak oluşmaktadır. Boyutlandırma ve şekillendirme atölyelerinde oluşan talaş atıklar fabrikanın genel ısınma ihtiyacını karşılamak üzere fabrika içindeki kazanlarda yakılmaktadır. Boya atıkları, çelik hurda ve ambalaj atıkları ise ayrı şekillerde lisanslı bertaraf ve geri dönüşüm tesislerine gönderilmektedir.

#### 4.1.3 Sistem sınırı

Ürüne yapılan yaşam döngüsü analizinin sistem sınırı beşikten mezardır. Hesaplanan çevresel etkiler kullanılan tüm malzemelerin kaynağından çıkarılması ve işlenmesi, nihai ürünün üretimi ve montajı, nihai ürünün dağıtımı, kullanımı ve yaşam sonunu içermektedir.

Hammadde çıkarımı ve işlenmesi ürünü üretmek için gerekli olan ana malzemelerin üretimini kapsar. Bu aşama ayrıca tüm malzemelerin mobilyanın üretildiği fabrikaya olan taşıma faaliyetlerini de içermektedir.

Üretim aşamasında üretimin gerçekleştiği fabrikada kapıdan kapıya gerçekleşen tüm faaliyetler ele alınmıştır. Üretim için gerekli olan yardımcı ve ambalaj



malzemelerinin üretim prosesleri, montajlama, enerji tüketimi ve atık oluşumu miktarları bu aşamanın sınırı dahilindedir.

Dağıtım ve kullanım aşaması tüketiciye teslim edilen nihai ürünün fabrika kapısına gelmesiyle başlar. Son ürünün tüketiciye ulaştırılması, depolama, kullanım ve bakım faaliyetleri bu aşamada değerlendirilmiştir. Ayrıca nihai ürün tüketiciye ulaştığı zaman oluşan ambalaj atıklarının bertarafı ve kullanım ömrünü tamamlayan ürünün yaşam sonunda bertaraf edileceği noktaya taşıma işlemleri de bu aşamada ele alınmıştır. Ürünün depolanması sırasında enerji ihtiyacı olmadığı ve kullanımı sırasında nemli bez ile silme işleminde ihmal edilebilecek düzeyde su kullanımı olduğu için depolama ve kullanım sırasında herhangi bir girdi oluşmamaktadır.

Yaşam sonu aşaması kullanım ömrünü tamamlamış ürünün bertaraf edilme proseslerini içermektedir.

#### 4.1.4 Envanter

Çalışma masası üretilirken kullanılan tüm malzemeler ve girdi miktarları Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir. Ürün üretimi sırasında envanter girdisi olarak kullanılan malzemeler üretim yapan fabrikadan alınmıştır. Ana malzemeler ürünü oluşturan temel malzemeleri temsil ederken yardımcı malzemeler ürün montajlaması sırasında kullanılan girdileri vermektedir.

**Çizelge 4.1:** Çalışma masası ana malzemeleri.

| Ana Malzemeler        | Ağırlık (kg / 1 m <sup>2</sup> ) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| MDF                   | 10,203                           | 30,84               |
| Melamin kaplama sunta | 8,911                            | 26,93               |
| Demir                 | 8,708                            | 26,32               |
| Kontrplak             | 2,438                            | 7,37                |
| Çelik                 | 2,095                            | 6,33                |
| Ahşap                 | 0,167                            | 0,50                |
| ABS Plastik           | 0,160                            | 0,48                |
| Toz Boya              | 0,146                            | 0,44                |
| Polipropilen (PP)     | 0,096                            | 0,29                |
| Alüminyum             | 0,059                            | 0,18                |
| Tutkal                | 0,054                            | 0,16                |
| Boya                  | 0,027                            | 0,08                |
| Poliamid (PA)         | 0,023                            | 0,07                |
| TOPLAM                | 33,086                           | 100                 |

**Çizelge 4.2:** Çalışma masası yardımcı malzemeleri.

| Yardımcı Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------|--------------|---------------------|
| Çelik               | 0,303        | 45,29               |
| Demir               | 0,218        | 32,59               |
| Polipropilen        | 0,096        | 14,35               |
| Poliamid            | 0,046        | 6,88                |
| Ahşap               | 0,006        | 0,90                |
| TOPLAM              | 0,669        | 100                 |

**Çizelge 4.3:** Çalışma masası ambalaj malzemeleri.

| Ambalaj Malzemeleri | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------|--------------|---------------------|
| Karton              | 2,219        | 90,64               |
| Poliamid            | 0,146        | 5,96                |
| Polietilen          | 0,073        | 2,99                |
| Demir               | 0,010        | 0,41                |
| TOPLAM              | 2,448        | 100                 |

Ürünün YDA envanter çalışması için kullanılan her bir malzemenin tedarik edildiği konum verileri üzerinden fabrikaya olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tedarikçilerinden malzemeye ait detaylı bilgiler ve fabrikaya olan taşıma türü bilgileri alınmıştır. Üretim aşamasında kullanılan enerji ve oluşan atık miktarları için ürünün üretiminin gerçekleştiği atölyelerdeki senelik toplam enerji kullanımı ve oluşan toplam atık miktarlarına ulaşılmış ve ürünün üretim yüzdesi üzerinden paylaşım yapılmıştır. Fabrika genelinde kullanılan evsel su, enerji ve oluşan atık miktarları ürünün yaşam döngüsüne dahil edilmemiştir. Ürünün depolandığı alanda herhangi bir enerji ve kaynak kullanımı yoktur. Ürün kullanımı sırasında nemli bir bez ile silinmektedir ancak bunun için kullanılan su miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Envanter verilerine ulaşamayan yaşam sonu ve yaşam sonu noktasına ulaşım uzaklığı için BIFMA'nın mobilya yaşam döngüsü için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği varsayımı yapılmıştır (NSF International, 2020). Kullanılan tüm proseslerin etki envanterler veri tabanı için GaBi 6.115 kullanılmıştır.

#### 4.1.5 Çevresel etkiler

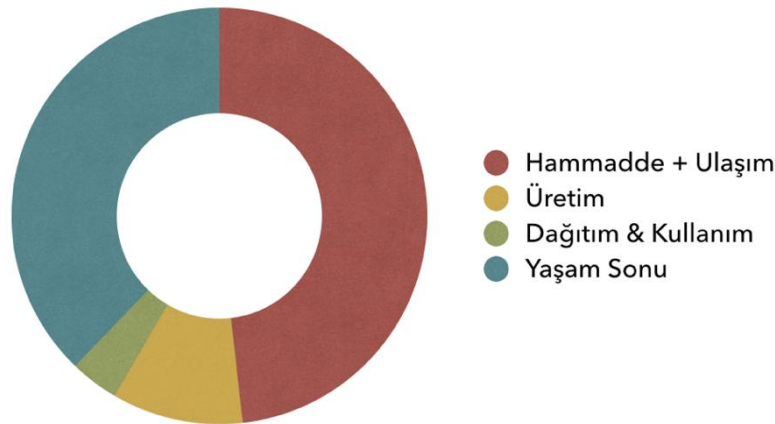
Ürün için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Alınan sonuçlarda TRACI 2.1 çevresel etki değerlendirme hesaplama metodu kullanılmıştır.

**Çizelge 4.4:** Çalışma masası YDA sonuçları.

| Etki Sınıfı              | Birim                  | Hammadde + Ulaşım | Üretim          | Dağıtım ve Kullanım | Yaşam Sonu        | Toplam         |
|--------------------------|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> (%) | 40,50 (48,2)      | 8,55 (10,2)     | 3,17 (3,8)          | 31,8 (37,8)       | 84,02 (100)    |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> (%) | 9,02E-02 (101,8)  | 5,57E-02 (62,9) | 1,53E-02 (17,3)     | -7,26E-02 (-81,9) | 0,09 (100)     |
| Ötrofikasyon             | kg N (%)               | 1,04E-02 (76,5)   | 4,57E-03 (33,6) | 1,01E-03 (7,4)      | -2,93E-03 (-17,6) | 0,01 (100)     |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub> (%)  | 1,49 (79,5)       | 5,00E-01 (26,7) | 3,07E-01 (16,4)     | -4,23E-01 (-22,6) | 1,874 (100)    |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC (%)             | 4,81E-07 (99,8)   | 7,45E-10 (0,2)  | 1,40E-11 (ih*)      | -8,01E-12 (ih*)   | 4,82E-07 (100) |

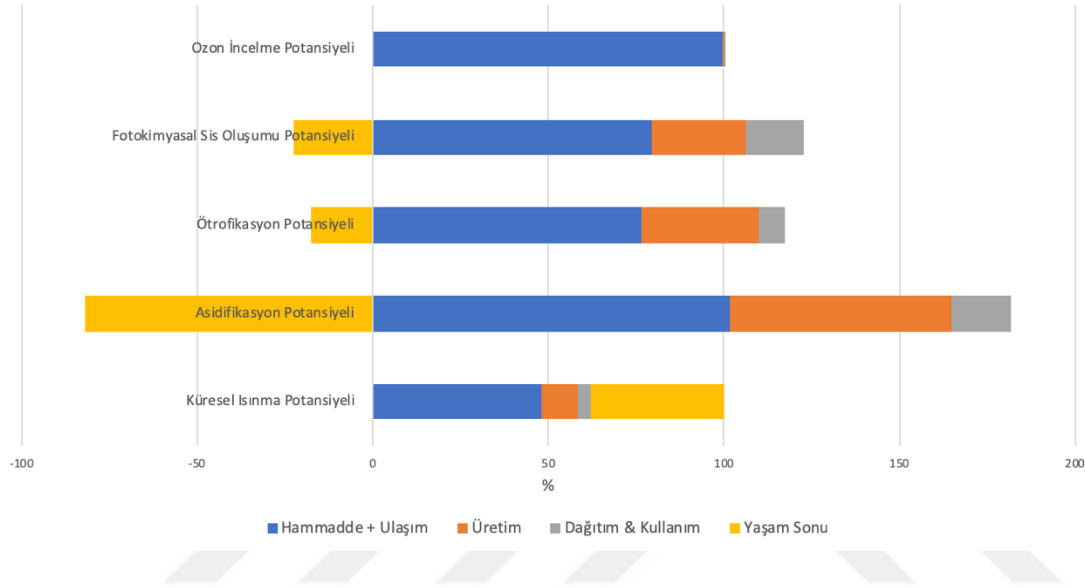
\*ihmal edilebilir.

Elde edilen sonuçlar ürünün yaşam döngüsündeki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) çevresel etkisi üzerinden değerlendirildiğinde hammadde çıkarımı ve işlenmesi ve kullanılan malzemelerin fabrikaya taşınımları süresinde %48,2 oranla en fazla olduğu tespit edilmiştir. İkinci olarak en fazla çevresel etki yaşam sonu aşamasında (%37,8) ve üretim (%10,2), dağıtım ve kullanım (%3,8) şeklinde oluşmaktadır. (Şekil 4.3)



**Şekil 4.3:** Çalışma masası YDA aşamalarının KIP oranları.

Ürün için yapılan YDA kapsamında ele alınan Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu (FKS) ve Ozon Tabakası İncelme (OTİ) potansiyeli çevresel etkileri değerlendirildiğinde ise KIP etkisinde olduğu gibi en fazla etkinin hammadde üretimi ve malzemelerin fabrikaya taşınımı süresinde gerçekleştiği görülmektedir. Yaşam sonu aşamasında ise KIP dışında değerlendirilen etkilerde kullanılan bertaraf yöntemi ve ürünün içeriğindeki malzemelerden kaynaklı negatif sonuçlar elde edilmiş yani çevresel açıdan fayda sağlandığı saptanmıştır. (Şekil 4.4)



**Şekil 4.4:** Çalışma masası YDA çevresel etki karakterizasyonu.

Ozon Tabakası İncelme (OTİ) etkisi incelendiğinde ise dağıtım & kullanım ve yaşam sonu aşamalarından kaynaklı oluşan çevresel etkinin ihmal edilebilir düzeyde düşük sonuçlar verdiği ve ürün yaşam ömrü boyunca oluşan toplam OTİ etkisinin neredeyse tamamının (%99,8) hammadde üretimi ve taşınması süresinde oluştuğu görülmektedir. (Çizelge 4.4)

## 4.2 Ofis Koltuğu 1

### 4.2.1 Ürün özellikleri

Tasarım sürecinde peri kanatlarından esinlenilmiş olan Şekil 4.4'deki ofis koltuğu yüksekliği ayarlanabilir iskelet yapısı ve hareketli ayakları ile açık ve kapalı ofis alanlarında tercih edilen bir üründür. Omurgayı desteklemek için yapılmış sırt kısmı ve ayarlanabilir yükseklik özelliği ile kişiye özel rahatlık sağlamaktadır. Tek parça halinde poliüretan süngerin şekillendirilerek yapılmış oturma kısmının üstü kumaş ile

kaplanmıştır. Yükseklik ayarı için mekanizma ve krom gazlı kolon kullanılmıştır. Ürünün ayaklarında ise kromdan yapılmış malzeme kullanılmıştır. Ürünün ayarlanabilir yükseklik ölçüsü 1143-1228 mm arasında değişmektedir. En uzunluğu ise 745 mm ve derinliği 741 mm dir.



**şekil 4.5:** Ofis koltuğu 1.

#### **4.2.2 üretim prosesleri**

rn retimi ilk olarak iskeleti oluşturan poliüretan snėerin şekillendirildiği atölyede başlamaktadır. Burada poliüretana ürüne uygun ölçü ve şekil verilir. Ardından pürüzsüz bir yüzey alanı elde etmek için poliüretan (PU) snėer zımparalanır. Dikim atölyesinde ürünün ölçülerine göre kesilip dikilmiş kumaş PU snėer üzerine giydirilir. Son aşama olarak kumaş ile kaplanmış PU snėer mekanizmanın, ayakların ve tekerleklerinin montajlanacağı montaj atölyesine getirilir ve montajlama işlemi yapılır. Böylelikle retimi tamamlanmış ürün ambalajlama ünitesine gelerek kullanıya teslim edilmek üzere ambalajlanır ve nihai ürün oluşur.



**Şekil 4.6:** Ofis koltuğu 1 üretim aşamaları.

Ürünün imalatı sırasında kumaş parçaları, poliüretan ve kullanılan malzemelerin ambalajları atık olarak oluşmaktadır. Kumaş ve ambalaj atıkları anlaşmalı geri kazanım tesislerine gönderilirken poliüretan fabrika atıkları ile beraber lisanslı bertaraf tesisine gönderilmektedir.

#### **4.2.3 Sistem sınırı**

Ürüne yapılan YDA sistem sınırı beşikten mezaradır. Ürün malzeme girdilerinin hammadde olarak çıkarılması ve işlenmesi, üretilen malzemelerin fabrika kapısına taşınımı, ürün üretimi, dağıtım, kullanım & bakım ve yaşam sonu aşamaları olmak üzere ürünün tüm yaşam ömrü boyunca oluşan çevresel etkiler sistem sınırına dahil edilmiştir. Hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşaması; üründe kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin kaynağından çıkartılarak ilgili tüm malzeme üretimi proseslerini kapsar. Taşıma aşaması; üründe kullanılan tüm malzemelerin (ana malzeme, yardımcı malzeme, ambalaj malzemesi) fabrikaya gelmesi için gerçekleşen taşıma proseslerini içerir. Üretim aşaması; ürünün üretimi sırasında kullanılan yardımcı malzeme ve ambalaj malzemelerinin üretimi, fabrikada ürün üretimi için kullanılan enerji ve oluşan atıkları kapsar. Dağıtım ve kullanım aşaması; nihai ürünün tüketiciye teslimi sırasında gerçekleşen taşıma faaliyetlerini, ürün kullanıcıya ulaştığı zaman oluşan ürün ambalaj atıklarının bertarafını, kullanım sırasında gerçekleşen temizlik ve bakım uygulamalarını ve ürün yaşam ömrünü tamamladığında bertaraf edileceği noktaya olan taşıma proseslerini içermektedir. Yaşam sonu aşaması ise ürünün bertaraf edilme proseslerini kapsamaktadır.

#### 4.2.4 Envanter

Ofis koltuğu 1 üretilirken kullanılan tüm malzemeler ve girdi miktarları Çizelge 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Ürün üretimi sırasında envanter girdisi olarak kullanılan malzemeler ve miktarları üretim yapan fabrikadan alınmıştır. Ana malzemeler ürünü oluşturan temel malzemeleri temsil ederken yardımcı malzemeler ürün montajlaması sırasında kullanılan girdileri vermektedir.

**Çizelge 4.5:** Ofis koltuğu 1 ana malzemeleri.

| Ofis Koltuğu 1<br>Ana Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|----------------------------------|--------------|---------------------|
| Poliüretan                       | 7,000        | 55,10               |
| Kumaş                            | 0,480        | 3,78                |
| Mekanizma                        | 1,200        | 9,45                |
| Gaz silindir                     | 0,800        | 6,30                |
| Mobilya Ayağı                    | 2,000        | 15,74               |
| Tekerlek                         | 1,225        | 9,64                |
| TOPLAM                           | 12,705       | 100                 |

**Çizelge 4.6:** Ofis koltuğu 1 yardımcı malzemeleri.

| Ofis Koltuğu 1<br>Yardımcı Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| Raptiye                               | 0,080        | 32,65               |
| Yapıştırıcı                           | 0,100        | 40,82               |
| Fermuar                               | 0,060        | 24,49               |
| Zamak                                 | 0,004        | 1,63                |
| Etiket                                | 0,001        | 0,41                |
| TOPLAM                                | 0,245        | 100                 |

**Çizelge 4.7:** Ofis koltuğu 1 ambalaj malzemeleri.

| Ofis Koltuğu 1<br>Ambalaj Malzemeleri | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| Karton                                | 3.250        | 91,37               |
| Naylon                                | 0,195        | 5,48                |
| Plastik İp                            | 0,112        | 3,15                |
| TOPLAM                                | 3,557        | 100                 |

Ürünün YDA envanter çalışması için kullanılan her bir malzemenin tedarik edildiği konum verileri üzerinden fabrikaya olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tedarikçilerinden malzemeye ait detaylı bilgiler ve fabrikaya olan taşıma türü bilgileri alınmıştır. Üretim aşamasında kullanılan enerji ve oluşan atık miktarları için ürünün üretiminin gerçekleştiği atölyelerdeki senelik toplam enerji kullanımı ve oluşan toplam atık miktarlarına ulaşılmış ve ürünün üretim yüzdesi üzerinden paylaşım yapılmıştır. Fabrika genelinde kullanılan evsel su, enerji ve oluşan atık miktarları ürünün yaşam döngüsüne dahil edilmemiştir. Ürünün depolandığı alanda herhangi bir enerji ve kaynak kullanımı yoktur. Ürün kullanımı sırasında nemli bir bez ile silinmektedir ancak bunun için kullanılan su miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Envanter verilerine ulaşamayan yaşam sonu ve yaşam sonu noktasına ulaşım uzaklığı için BIFMA'nın mobilya yaşam döngüsü için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği varsayımı yapılmıştır (NSF International, 2020). Kullanılan tüm proseslerin etki envanterler veri tabanı için GaBi 6.115 kullanılmıştır.

#### 4.2.5 Çevresel etkiler

Ürün için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Alınan sonuçlarda TRACI 2.1 çevresel etki değerlendirme hesaplama metodu kullanılmıştır.

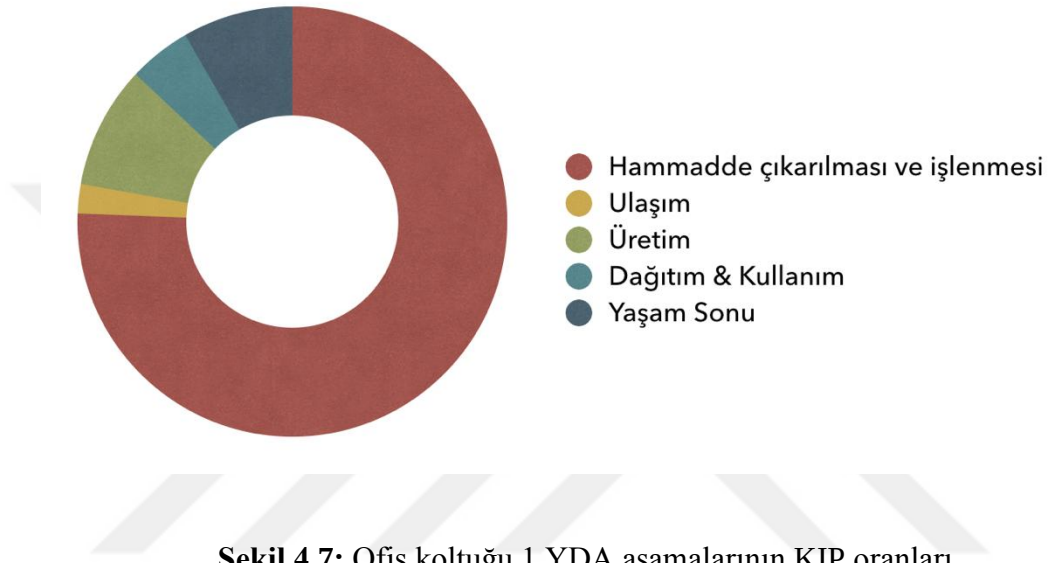
**Çizelge 4.8:** Ofis koltuğu 1 YDA sonuçları.

| Etki Sınıfı              | Birim                  | Hammadde Çıkarılması ve İşlenmesi | Ulaşım         | Üretim         | Dağıtım ve Kullanım | Yaşam Sonu       | Toplam         |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> (%) | 80,67 (75,6)                      | 2,37 (2,2)     | 9,78 (9,2)     | 5,02 (4,7)          | 8,80 (8,3)       | 106,64 (100)   |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> (%) | 0,387 (88,0)                      | 0,008 (1,8)    | 0,025 (5,7)    | 0,015 (3,4)         | 0,005 (1,1)      | 0,44 (100)     |
| Ötrofikasyon             | kg N (%)               | 0,0512 (84,8)                     | 0,0006 (1,0)   | 0,0054 (8,9)   | 0,0012 (2,0)        | 0,002 (3,3)      | 0,0604 (100)   |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub> (%)  | 4,026 (79,8)                      | 0,212 (4,2)    | 0,44 (8,7)     | 0,286 (5,7)         | 8,00E-02 (1,6)   | 5,044 (100)    |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC (%)             | 4,62E-07 (99,6)                   | 1,09E-11 (ih*) | 2,48E-09 (0,5) | 2,28E-11 (ih*)      | -5,45E-10 (-0,1) | 4,64E-07 (100) |

\*ihmal edilebilir.

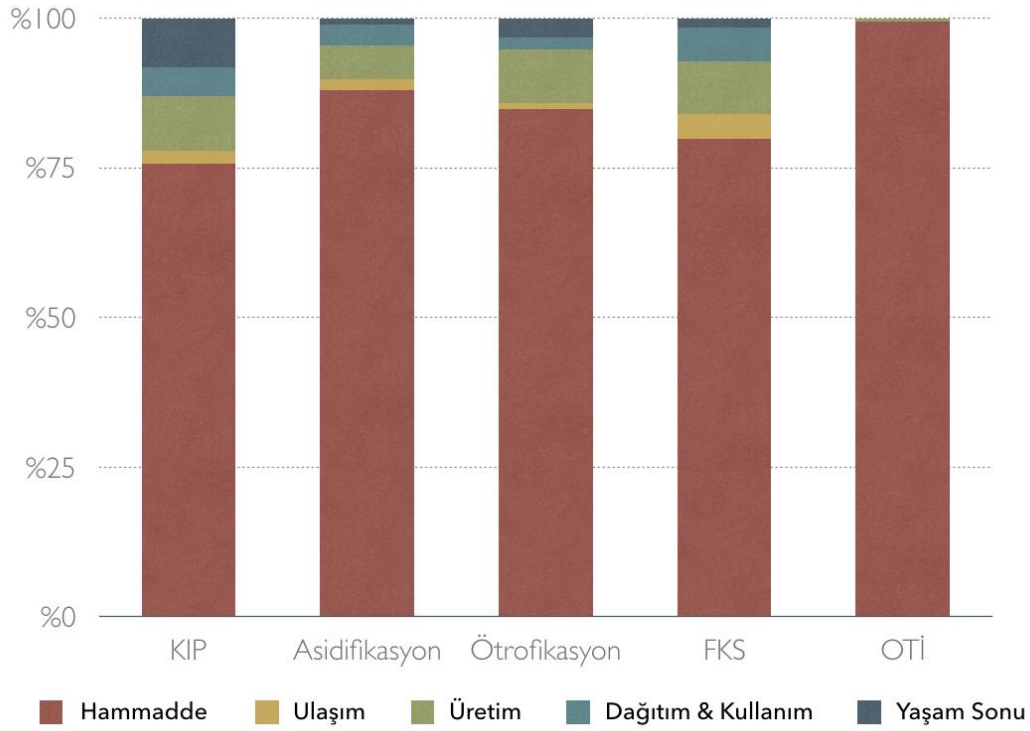


Elde edilen sonuçlar ürünün yaşam döngüsündeki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) çevresel etkisi üzerinden değerlendirildiğinde ürün başına oluşan toplam 106,64 kg CO<sub>2</sub>'nin 80,67 kg CO<sub>2</sub> 'si (%75,6) hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. Ardından ikinci büyük etki 9,78 kg CO<sub>2</sub> (%9,78) ile üretim aşamasından gelmektedir. Bu sıralamayı yaşam sonu aşaması 8,80 kg CO<sub>2</sub> (%8,3), dağıtım & kullanım aşaması 5,02 kg CO<sub>2</sub> (%4,7) ve ulaşım 2,37 kg CO<sub>2</sub> (%2,2) aşamaları takip etmektedir. (Şekil 4.7)



**Şekil 4.7:** Ofis koltuğu 1 YDA aşamalarının KIP oranları.

Ürün için yapılan YDA kapsamında ele alınan Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu (FKS) ve Ozon Tabakası İncelme (OTİ) potansiyeli çevresel etkileri değerlendirildiğinde ise KIP etkisinde olduğu gibi en fazla etkinin ürünün üretiminde kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve işlenmesi ardından üretim aşamasından geldiği görülmektedir. (Şekil 4.8) Asidifikasyon ve FKS oluşumunda üçüncü büyük etkiyi sırasıyla %3,4 ve %5,7 dağıtım ve kullanım aşamasından kaynaklı gerçekleşen prosesler oluştururken Ötrofikasyon etkisinde üçüncü sırada yaşam sonu (%3,3) faaliyetleri yer almaktadır. (Çizelge 4.8) Ötrofikasyonda her bir aşamadan kaynaklı oluşan etkilerin sıralaması KIP'da olduğu gibidir. Asidifikasyon ve FKS'de ise ulaşım proseslerinden kaynaklı oluşan etkinin yaşam sonu faaliyetlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ötrofikasyon etkisinde ise ulaşımdan kaynaklı etki yaşam sonu proseslerine göre daha azdır.



**Şekil 4.8:** Ofis koltuğu 1 YDA çevresel etki karakterizasyonu.

OTİ çevresel etkisi incelendiğinde ise  $4,62E-07$  kg CFC ile neredeyse oluşan etkinin tamamının (%99,6) hammadde aşamasından geldiği görülmektedir. Ulaşım ve dağıtım&kullanım aşamalarından kaynaklı oluşan etkinin ihmal edilebilir düzeyde düşük sonuçlar verdiği ve yaşam sonu aşamasının ise -%0,1 oranla çevresel açıdan fayda sağladığı saptanmıştır.

## 4.3 Ofis Koltuğu 2

### 4.3.1 Ürün özellikleri

Ofis koltuğu 1 ile aynı ürün ailesine ait olan Şekil 4.9'daki ofis koltuğu 2 açık ofis ve yaşam alanları için tasarlanmıştır. Ofis koltuğu 1'den farklı olarak ayarlanabilir yüksekliğe ve hareketli ayaklara sahip değildir. Yüksek bir sırtta sahip olması baş dahil olmak üzere tüm omurganın şeklini koruyarak rahat bir oturma sağlamaktadır. Oturulan kısımlarında poliüretan ve elyaf kullanılmış ve üstü kumaş ile kaplanmıştır. Sabit bir oturuş sağlamak için ise mekanizma ve epoxy boyalı ayaklar kullanılmıştır. Ürünün yüksekliği 1120 mm, derinliği 785 mm, eni 728 mm dir.



Şekil 4.9: Ofis koltuğu 2.

### 4.3.2 Üretim prosesleri

Ürün üretimi öncelikle Ofis koltuğu 1'de olduğu gibi oturulan ana kısımda kullanılan poliüretan süngerin uygun ölçülerde şekillendirildiği atölyede başlamaktadır. Pürüzsüz bir yüzey alanı elde etmek için PU sünger zımparalandıktan sonra uygun

miktarda elyaf oturtulan kısım için dikilir. Tek parça halinde olan poliüretan ve dikilmiş elyaf dikim atölyesinde kumaş ile kaplanır. Boya atölyesinde ayaklar boyanır ve kuruması beklenir. Ardından montaj atölyesinde tüm parçalar birleştirilir ve son aşama olan nihai ürün ambalajı yapılır. (Şekil 4.10)



**Şekil 4.10:** Ofis koltuğu 2 üretim aşamaları.

Ürünün imalatı sırasında kumaş parçaları, poliüretan, boya ve kullanılan malzemelerin ambalajları atık olarak oluşmaktadır. Kumaş ve ambalaj atıkları anlaşmalı geri kazanım tesislerine gönderilirken poliüretan atıkları fabrika atıkları ile beraber lisanslı bertaraf tesisine gönderilmektedir. Boya atıkları ise anlaşmalı atık bertaraf tesisine gönderilmektedir.

#### **4.3.3 Sistem sınırı**

Ürüne yapılan YDA sistem sınırı beşikten mezardır. Ürün malzeme girdilerinin hammadde olarak çıkarılması ve işlenmesi, üretilen malzemelerin fabrika kapısına taşınımı, ürün üretimi, dağıtım, kullanım & bakım ve yaşam sonu aşamaları olmak üzere ürünün tüm yaşam ömrü boyunca oluşan çevresel etkiler sistem sınırına dahil edilmiştir. Hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşaması; üründe kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin kaynağından çıkartılarak ilgili tüm malzeme üretimi proseslerini kapsar. Taşıma aşaması; üründe kullanılan tüm malzemelerin (ana malzeme, yardımcı malzeme, ambalaj malzemesi) fabrikaya gelmesi için gerçekleşen taşıma proseslerini içerir. Üretim aşaması; ürünün üretimi sırasında kullanılan yardımcı malzeme ve ambalaj malzemelerinin üretimi, fabrikada ürün üretimi için kullanılan enerji ve oluşan atıkları kapsar. Dağıtım ve kullanım aşaması; nihai ürünün tüketiciye teslimi sırasında gerçekleşen taşıma faaliyetlerini, ürün kullanıcıya ulaştığı zaman oluşan ürün ambalaj atıklarının bertarafını, kullanım sırasında gerçekleşen temizlik ve bakım uygulamalarını ve ürün yaşam ömrünü tamamladığında bertaraf edileceği noktaya olan taşıma proseslerini içermektedir. Yaşam sonu aşaması ise ürünün bertaraf edilme proseslerini kapsamaktadır.

#### 4.3.4 Envanter

Ofis koltuğu 1 üretilirken kullanılan tüm malzemeler ve girdi miktarları Çizelge 4.9, 4.10 ve 4.11’de verilmiştir. Ürün üretimi sırasında envanter girdisi olarak kullanılan malzemeler ve miktarları üretim yapan fabrikadan alınmıştır. Ana malzemeler ürünü oluşturan temel malzemeleri temsil ederken yardımcı malzemeler ürün montajlaması sırasında kullanılan girdileri vermektedir.

**Çizelge 4.9:** Ofis koltuğu 2 ana malzemeleri.

| Ofis Koltuğu 2<br>Ana Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|----------------------------------|--------------|---------------------|
| Poliüretan                       | 8,686        | 41,70               |
| Kumaş                            | 2,628        | 12,62               |
| Mekanizma                        | 1,917        | 9,20                |
| İç astar                         | 0,412        | 1,98                |
| Elyaf                            | 0,144        | 0,69                |
| Mobilya Ayağı                    | 7,041        | 33,81               |
| TOPLAM                           | 20,828       | 100                 |

**Çizelge 4.10:** Ofis koltuğu 2 yardımcı malzemeleri.

| Ofis Koltuğu 2<br>Yardımcı Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| Çelik                                 | 0,016        | 4,10                |
| Yapıştırıcı                           | 0,100        | 25,64               |
| Fermuar                               | 0,066        | 16,92               |
| Zamak                                 | 0,016        | 4,10                |
| Etiket                                | 0,001        | 0,26                |
| Naylon                                | 0,066        | 16,92               |
| Çivi                                  | 0,020        | 5,13                |
| Yün İplik                             | 0,001        | 0,26                |
| Boya                                  | 0,104        | 26,67               |
| TOPLAM                                | 0,39         | 100                 |

**Çizelge 4.11:** Ofis koltuğu 2 ambalaj malzemeleri.

| Ofis koltuğu 2<br>Ambalaj Malzemeleri | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------------------------|--------------|---------------------|
| Karton                                | 4,045        | 96,20               |
| Naylon                                | 0,048        | 1,14                |
| Plastik İp                            | 0,112        | 2,66                |
| TOPLAM                                | 4,205        | 100                 |

Ürünün YDA envanter çalışması sırasında kullanılan her bir malzemenin tedarik edildiği konum verileri üzerinden fabrikaya olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tedarikçilerinden malzemeye ait detaylı bilgiler ve fabrikaya olan taşınım türü bilgileri alınmıştır. Üretim aşamasında kullanılan enerji ve oluşan atık miktarları için ürünün üretiminin gerçekleştiği atölyelerdeki senelik toplam enerji kullanımı ve oluşan toplam atık miktarlarına ulaşılmış ve ürünün üretim yüzdesi üzerinden paylaşırma yapılmıştır. Fabrika genelinde kullanılan evsel su, enerji ve oluşan atık miktarları ürünün yaşam döngüsüne dahil edilmemiştir. Ürünün depolandığı alanda herhangi bir enerji ve kaynak kullanımı yoktur. Ürün kullanımı sırasında nemli bir bez ile silinmektedir ancak bunun için kullanılan su miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Envanter verilerine ulaşamayan yaşam sonu ve yaşam sonu noktasına ulaşım uzaklığı için BIFMA'nın mobilya yaşam döngüsü için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği varsayımı yapılmıştır (NSF International, 2020). Kullanılan tüm proseslerin etki envanterler veri tabanı için GaBi 6.115 kullanılmıştır.

#### **4.3.5 Çevresel etkiler**

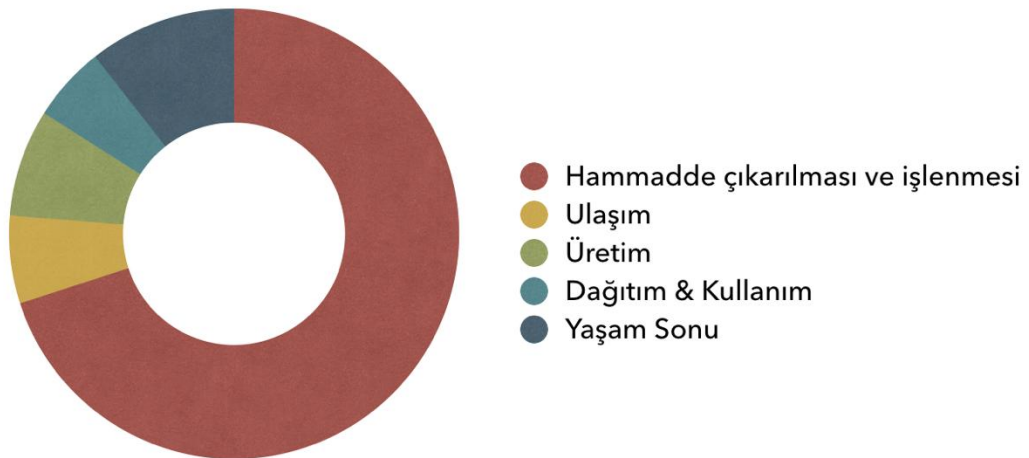
Ürün için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Alınan sonuçlarda TRACI 2.1 çevresel etki değerlendirme hesaplama metodu kullanılmıştır.

**Çizelge 4.12:** Ofis koltuğu 2 YDA sonuçları.

| Etki Sınıfı | Birim                  | Hammadde Çıkarılması ve İşlenmesi | Ulaşım         | Üretim         | Dağıtım ve Kullanım | Yaşam Sonu       | Toplam         |
|-------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| KIP         | kg CO <sub>2</sub> (%) | 90,2 (70)                         | 8,18 (6,3)     | 10 (7,7)       | 7,01 (5,4)          | 13,7 (10,6)      | 129,09 (100)   |
| AP          | kg SO <sub>2</sub> (%) | 0,645 (84,6)                      | 0,029 (3,8)    | 0,039 (5,1)    | 0,048 (6,3)         | 0,001 (0,1)      | 0,762 (100)    |
| ÖP          | kg N (%)               | 0,101 (86,3)                      | 0,002 (1,7)    | 0,007 (6,0)    | 0,003 (2,6)         | 0,004 (3,4)      | 0,117 (100)    |
| FKS         | kg O <sub>3</sub> (%)  | 5,86 (70,5)                       | 0,829 (10,0)   | 0,522 (6,3)    | 1,01 (12,2)         | 9,00E-02 (1,1)   | 8,311 (100)    |
| OTİ         | kg CFC (%)             | 1,08E-07 (99,2)                   | 2,64E-11 (ih*) | 1,25E-09 (1,1) | 3,34E-11 (ih*)      | -3,95E-10 (-0,3) | 1,09E-07 (100) |

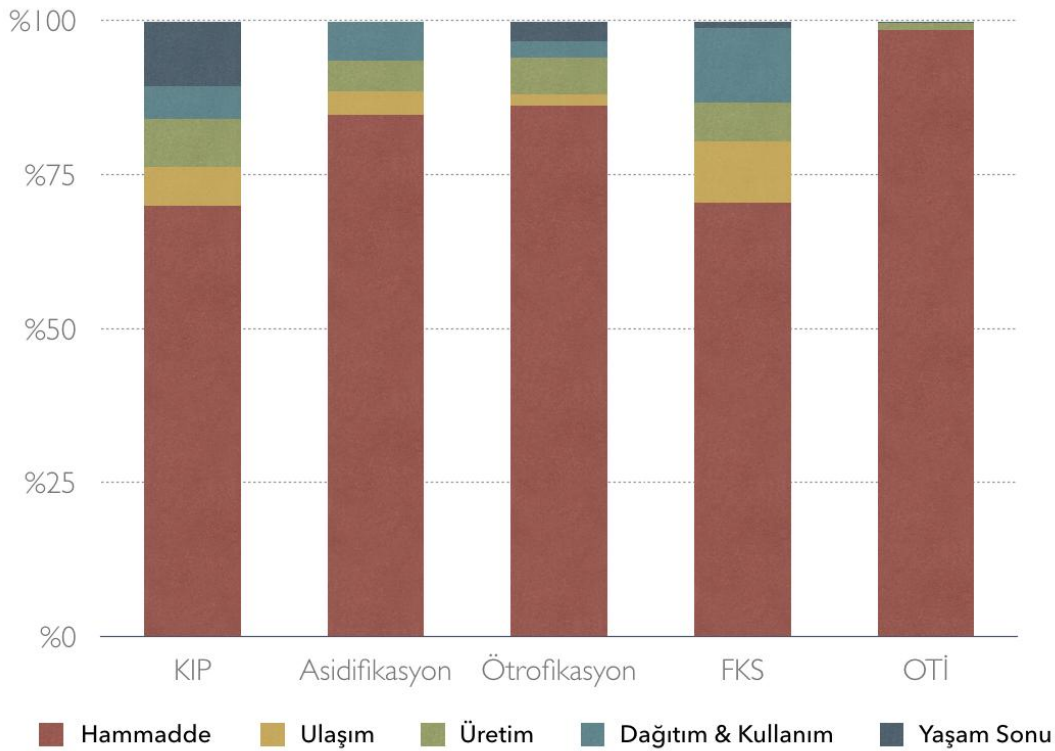
\*ihmal edilebilir.

Elde edilen sonuçlar ürünün yaşam döngüsündeki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) çevresel etkisi üzerinden değerlendirildiğinde ürün başına oluşan toplam 129,09 kg CO<sub>2</sub>'nin 90,2 kg CO<sub>2</sub> 'si (%70) hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. Ardından ikinci büyük etki 13,7 kg CO<sub>2</sub> (%10,6) ile yaşam sonu aşamasından gelmektedir. Bu sıralamayı üretim aşaması 10 kg CO<sub>2</sub> (%7,7), ulaşım aşaması 8,18 kg CO<sub>2</sub> (%6,3) ve dağıtım&kullanım 7,01 kg CO<sub>2</sub> (%5,4) aşamaları takip etmektedir. (Şekil 4.11)



**Şekil 4.11:** Ofis koltuğu 2 YDA aşamalarının KIP oranları.

Ürün için yapılan YDA kapsamında ele alınan Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu (FKS) ve Ozon Tabakası İncelme (OTİ) potansiyeli çevresel etkileri değerlendirildiğinde ise KIP etkisinde olduğu gibi en fazla etkinin ürünün üretiminde kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve üretilmesi aşamasından geldiği görülmektedir. Fotokimyasal Sis Oluşumu (FKS) ve Asidifikasyon etkilerinde sırasıyla %12,2 ve %6,3 dağıtım ve kullanımdan kaynaklı etkiler ikinci sırada yer alırken yaşam sonu faaliyetlerinden kaynaklı etkilerin en az olduğu tespit edilmiştir. Ötrofikasyon oluşumunda ise üretimden kaynaklı etkilerin %6 oranında en büyük ikinci katkıyı oluşturduğu ve bu sıralamayı %3,4 yaşam sonu, %2,6 dağıtım&kullanım ve son olarak %1,7 ulaşım aşamaları izlemektedir. Asidifikasyon oluşumunda %5,1 ile üretimden kaynaklı faaliyetlerin de önemli ölçüde katkısı olduğu saptanmıştır.



**Şekil 4.12:** Ofis koltuğu 2 YDA çevresel etki karakterizasyonu.

OTİ çevresel etkisi incelendiğinde ise oluşan etkinin neredeyse tamamının (%99,2) ofis koltuğu 1 de olduğu gibi hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından geldiği görülmektedir. Ulaşım ve dağıtım&kullanım aşamalarından kaynaklı oluşan etkinin ihmal edilebilir düzeyde düşük sonuçlar verdiği ve yaşam sonu aşamasının ise -%0,3 oranla çevresel açıdan fayda sağladığı saptanmıştır.



#### 4.4 Kanepe 1

##### 4.4.1 Ürün özellikleri

Ofisler ve çeşitli bekleme alanlarındaki ortak kullanım amacı düşünüldükçe tasarlanmış Şekil 4.13'deki kanepe, modüler şekilde de kullanılabilen bir oturma birimidir. Modüler bir ürün olması çift taraflı kullanım seçeneğini mümkün kılarak mekân içerisindeki alanın fazla olmadığı durumlarda bekleme ve dinlenme alanları oluşturulması için uygundur. Kanepenin sırt ve oturma kısmı çelik profil, kontrplak ve MDF kullanılarak yapılmıştır. Yumuşak bir oturma sağlanması için bu ana çerçevenin üstü sünger ve elyaf ile kaplanmıştır. Kanepe'nin ölçüleri; genişlik 1400 mm, derinlik 758mm ve yüksekliği ise 766 mm dir.



Şekil 4.13: Kanepe 1.

##### 4.4.2 Üretim prosesleri

Ürünün üretimi öncelikle ana kasayı oluşturan çelik profil, kontrplak ve MDF malzemelerinin boyutlandırılması ve ürüne uygun şekillendirilmesi ile başlamaktadır. Ardından bu malzemeler birleştirilerek ana kasa oluşturulur ve yumuşaklığı sağlayan sünger ve elyaf ana kasanın etrafına yapıştırılır. Dikim

atölyesinde ürüne uygun ölçülerde dikilen kumaşlar kanepeye giydirildikten sonra nihai ürün ambalajlaması yapılır.



**Şekil 4.14:** Kanepe 1 üretim aşamaları.

Üretim sırasında talaş, ambalaj malzemeleri, kumaş artıkları, çelik hurda parçaları ve sünger atık olarak oluşmaktadır. Kumaş, çelik hurda ve ambalaj atıkları geri dönüşüme gönderilmektedir. Talaş atıkları ısınma amaçlı fabrika içerisinde kullanılmaktadır. Yakma sonucu oluşan kül ve cüruf atıkları ise düzenli depolamaya gönderilmektedir.

#### 4.4.3 Sistem sınırı

Ürüne yapılan YDA sistem sınırı beşikten mezaradır. Ürün malzeme girdilerinin hammadde olarak çıkarılması ve işlenmesi, üretilen malzemelerin fabrika kapısına taşınımı, ürün üretimi, dağıtım, kullanım & bakım ve yaşam sonu aşamaları olmak üzere ürünün tüm yaşam ömrü boyunca oluşan çevresel etkiler sistem sınırına dahil edilmiştir. Hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşaması; üründe kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin kaynağından çıkartılarak ilgili tüm malzeme üretimi proseslerini kapsar. Taşıma aşaması; üründe kullanılan tüm malzemelerin (ana malzeme, yardımcı malzeme, ambalaj malzemesi) fabrikaya gelmesi için gerçekleşen taşıma proseslerini içerir. Üretim aşaması; ürünün üretimi sırasında kullanılan yardımcı malzeme ve ambalaj malzemelerinin üretimi, fabrikada ürün üretimi için kullanılan enerji ve oluşan atıkları kapsar. Dağıtım ve kullanım aşaması; nihai ürünün tüketiciye teslimi sırasında gerçekleşen taşıma faaliyetlerini, ürün kullanıcıya ulaştığı zaman oluşan ürün ambalaj atıklarının bertarafını, kullanım sırasında gerçekleşen temizlik ve bakım uygulamalarını ve ürün yaşam ömrünü tamamladığında bertaraf edileceği noktaya olan taşıma proseslerini içermektedir. Yaşam sonu aşaması ise ürünün bertaraf edilme proseslerini kapsamaktadır.

#### 4.4.4 Kanepe 1 envanter

Kanepe 1 üretilirken kullanılan tüm malzemeler ve girdi miktarları Çizelge 4.13, 4.14 ve 4.15’de verilmiştir. Ürün üretimi sırasında envanter girdisi olarak kullanılan tüm malzemeler ve miktarları üretim yapan fabrikadan alınmıştır. Ana malzemeler ürünü oluşturan temel malzemeleri temsil ederken yardımcı malzemeler ürün montajlaması sırasında kullanılan girdileri vermektedir.

**Çizelge 4.13:** Kanepe 1 ana malzemeleri.

| Ana Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|----------------|--------------|---------------------|
| Çelik Profil   | 12,423       | 32,20               |
| Ahşap          | 6,533        | 16,94               |
| MDF            | 6,089        | 15,78               |
| Elyaf          | 5,928        | 15,37               |
| Kumaş/Tekstil  | 4,520        | 11,72               |
| Kontrplak      | 1,853        | 4,80                |
| Çelik sac      | 0,814        | 2,11                |
| Masif çıta     | 0,316        | 0,82                |
| Sünger         | 0,052        | 0,13                |
| ABS Plastik    | 0,048        | 0,12                |
| TOPLAM         | 38,576       | 100                 |

**Çizelge 4.14:** Kanepe 1 yardımcı malzemeleri.

| Yardımcı Malzemeler | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------|--------------|---------------------|
| Çelik Boru          | 0,509        | 44,34               |
| Yapıştırıcı         | 0,400        | 34,84               |
| Polyester Reçine    | 0,231        | 20,12               |
| Zamak               | 0,008        | 0,70                |
| TOPLAM              | 1,148        | 100                 |

**Çizelge 4.15:** Kanepe 1 ambalaj malzemeleri.

| Ambalaj Malzemeleri | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------|--------------|---------------------|
| Karton              | 8,566        | 96,69               |
| Plastik             | 0,193        | 2,18                |
| Metal               | 0,100        | 1,13                |
| TOPLAM              | 8,859        | 100                 |

Ürünün YDA envanter çalışması sırasında kullanılan her bir malzemenin tedarik edildiği konum verileri üzerinden fabrikaya olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tedarikçilerinden malzemeye ait detaylı bilgiler ve fabrikaya olan taşıma türü bilgileri alınmıştır. Üretim aşamasında kullanılan enerji ve oluşan atık miktarları için ürünün üretiminin gerçekleştiği atölyelerdeki senelik toplam enerji kullanımı ve oluşan toplam atık miktarlarına ulaşılmış ve ürünün üretim yüzdesi üzerinden paylaşım yapılmıştır. Fabrika genelinde kullanılan evsel su, enerji ve oluşan atık miktarları ürünün yaşam döngüsüne dahil edilmemiştir. Ürünün depolandığı alanda herhangi bir enerji ve kaynak kullanımı yoktur. Ürün kullanımı sırasında nemli bir bez ile silinmektedir ancak bunun için kullanılan su miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Envanter verilerine ulaşamayan yaşam sonu ve yaşam sonu noktasına ulaşım uzaklığı için BIFMA'nın mobilya yaşam döngüsü için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği varsayımı yapılmıştır (NSF International, 2020). Kullanılan tüm proseslerin etki envanterler veri tabanı için GaBi 6.115 kullanılmıştır.

#### 4.4.5 Çevresel etkiler

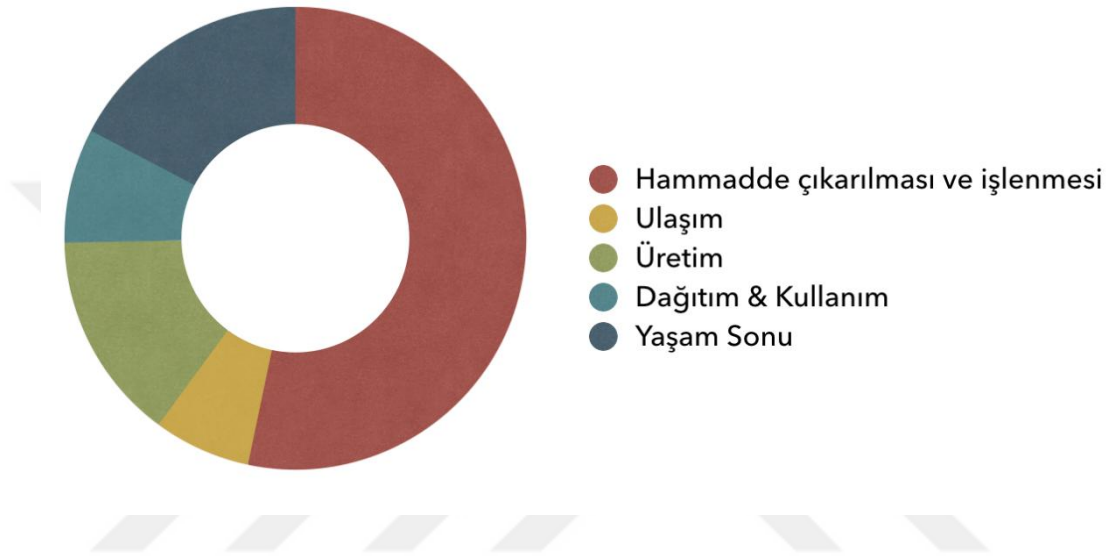
Ürün için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Alınan sonuçlarda TRACI 2.1 çevresel etki değerlendirme hesaplama metodu kullanılmıştır.

**Çizelge 4.16:** Kanepe 1 YDA sonuçları.

| Etki Sınıfı | Birim      | Hammadde Çıkarılması ve İşlenmesi | Ulaşım         | Üretim         | Dağıtım ve Kullanım | Yaşam Sonu       | Toplam         |
|-------------|------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|----------------|
| KIP         | kg CO2 (%) | 88,9 (53,3)                       | 11,4 (6,8)     | 24,3 (14,6)    | 13,3 (8)            | 28,9 (17,3)      | 166,8 (100)    |
| AP          | kg SO2 (%) | 0,604 (74,5)                      | 0,04 (4,9)     | 0,083 (10,2)   | 0,063 (7,8)         | 0,021 (2,6)      | 0,811 (100)    |
| ÖP          | kg N (%)   | 0,105 (77,1)                      | 0,0023 (1,7)   | 0,0156 (11,5)  | 0,0042 (3,1)        | 0,0091 (6,7)     | 0,1362 (100)   |
| FKS         | kg O3 (%)  | 6,85 (65,3)                       | 1,15 (11,0)    | 1,33 (12,7)    | 1,16 (11,1)         | 7,20E-10 (ih*)   | 10,49 (100)    |
| OTİ         | kg CFC (%) | 2,33E-07 (93,8)                   | 3,71E-11 (ih*) | 1,48E-08 (6,2) | 7,20E-10 (0,3)      | -7,28E-10 (-0,3) | 2,38E-07 (100) |

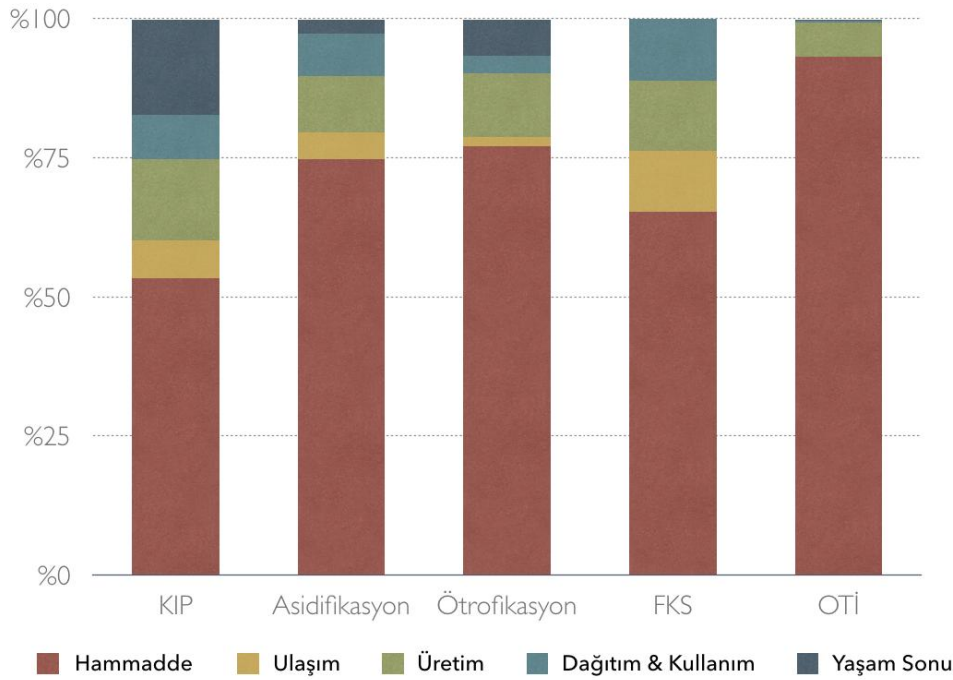
\*ihmal edilebilir.

Elde edilen sonuçlar ürünün yaşam döngüsündeki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) çevresel etkisi üzerinden değerlendirildiğinde ürün başına oluşan toplam 166,8 kg CO<sub>2</sub>'nin 88,9 kg CO<sub>2</sub> 'si (%53,3) hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. Ardından ikinci büyük etki 28,9 kg CO<sub>2</sub> (%17,3) ile yaşam sonu aşamasından gelmektedir. Bu sıralamayı üretim aşaması 24,3 kg CO<sub>2</sub> (%14,6), dağıtım&kullanım aşaması 13,3 kg CO<sub>2</sub> (%8) ve ulaşım 11,4 kg CO<sub>2</sub> (%6,8) aşamaları takip etmektedir. (Şekil 4.15)



**Şekil 4.15:** Kanep 1 YDA aşamalarının KIP oranları.

Ürün için yapılan YDA kapsamında ele alınan Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Fotokimyasal Sis Oluşumu (FKS) ve Ozon Tabakası İncelme (OTİ) potansiyeli çevresel etkileri değerlendirildiğinde ise KIP etkisinde olduğu gibi en fazla etkinin ürünün üretiminde kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve üretilmesi aşamasından geldiği görülmektedir. İkinci olarak tüm bu etki kategorilerinde üretim aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. FKS oluşumunda üretim, dağıtım&kullanım ve ulaşımdan kaynaklı etkilerin sırasıyla %12,7, %11,1 ve %11 oranlarında katkıyla birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. (Şekil 4.16) Yaşam sonu faaliyetleri ise FKS oluşumunda ihmal edilebilir düzeyde düşük sonuçlar vermiştir. Ötrofikasyon etkisinde ise yaşam sonu aşaması %6,7 oranıyla en büyük üçüncü katkıyı oluşturmaktadır. Ardından %3,1 ve %1,7 ile dağıtım&kullanım ve ulaşımda kullanılan taşıma proseslerinden gelmektedir. Asidifikasyon oluşumunda dağıtım&kullanım (%7,8) ve ulaşım (%4,9) dan kaynaklı etkiler en büyük üçüncü ve dördüncü katkıyı oluştururken yaşam sonu faaliyetlerinin %2,6 en düşük katkıyı oluşturduğu saptanmıştır.



**Şekil 4.16:** Kanepi 1 YDA çevresel etki karakterizasyonu.

OTİ çevresel etkisi incelendiğinde ise oluşan etkinin büyük çoğunluğunun (%93,8) hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. Üretim aşaması ise kalan %6,2 lık kısmı oluşturmaktadır. Yaşam sonu faaliyetlerinin ise çevresel açıdan fayda sağladığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

## 4.5 Kanepe 2

### 4.5.1 Ürün özellikleri

Çalışma ortamlarında kullanılmaya uygun tasarlanmış Şekil 4.17'deki kanepenin yan ve arka kısımlarındaki çıkıntılar sayesinde çok fonksiyonlu oturma birimi olarak kullanılabilir. Kanepenin sağından ve solundan dışarı doğru uzanan yatay yüzeyler servis alanı olarak kullanılabilirken arka kısımdan dışarı doğru uzanan kanat şeklindeki geniş düzlem ise masa olarak kullanılabilir. Kanepe'nin iç kısmı dinlenme ihtiyacını giderirken ve kalan yüzeylerin rahat çalışma alanlarında ideal bir ortam sağlaması sebebiyle bu tasarım hem bir oturma birimi hemde masa ve sehpa olarak kullanılabilir.



Şekil 4.17: Kanepe 2.

#### 4.5.2 Üretim prosesleri

Kanepenin üretimi ana kasada kullanılan kontrplak malzemenin kanepeye uygun ölçülerde kesilip şekillendirilmesi ile başlamaktadır. Ardından pürüzsüz ve esnek bir yüzey alanın oluşmasına zemin hazırlamak için esnek kontrplak, MDF ve elyaf ile kaplanır. Oluşan bu kasa üzerine elastik kolonlar ile bir ağ örülür ve üzerine sünger sabitlenir. Kol dayanaklarının iç kısımlarında kauçuk kullanılırken, kasanın ön kısımlarında, arka sırt kısmında ve kol dayanaklarının üst kısmında sünger kullanılır. Dikim atölyesinde dikilen kumaşlar kanepeye giydirilir ve ayaklar montaj atölyesinde takıldıktan sonra ürün ambalajlanır.



**Şekil 4.18:** Kanepe 2 üretim aşamaları.

Üretim esnasında talaş, ambalaj malzemeleri, kumaş artıkları, elyaf ve kauçuk atık olarak oluşmaktadır. Kumaş ve ambalaj atıkları geri dönüşüme gönderilmektedir. Talaş atıkları yakılarak ısınma amaçlı fabrika içerisinde kullanılmaktadır. Yakma sonucu oluşan kül ve cüruf atıkları ise düzenli depolamaya gönderilmektedir.

#### 4.5.3 Sistem sınırı

Ürüne yapılan YDA sistem sınırı beşikten mezaradır.

Hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşaması;

- Üretimde kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve malzemelerin üretim proseslerini kapsamaktadır.

Ulaşım aşaması;

- Üretimde kullanılan tüm malzemelerin (ana malzeme, yardımcı malzeme, ambalaj malzemesi) üretildikleri yerden fabrika kapısına olan taşıma proseslerini içermektedir.

Üretim aşaması;



- Üretimde kullanılan yardımcı ve ambalaj malzemelerinin üretimi
- Üretim sırasında fabrikada gerçekleşen tüm üretim işlemlerini ve enerji kullanımını
- Kullanılan malzemelerin ambalaj atıklarının bertarafını ve üretim sırasında oluşan diğer tüm atıkları kapsamaktadır.

Dağıtım ve kullanım aşaması;

- Üretimi tamamlanmış nihai ürünün fabrika kapısından son tüketiciye ulaşana kadar gerçekleşen tüm taşıma faaliyetlerini
- Ürün kullanıcıya ulaştıktan sonra oluşan ambalaj atıklarının bertarafını
- Kullanım sırasında gerçekleşen temizlik ve bakım uygulamalarını
- Yaşam ömrünü tamamlayan ürünün bertaraf edileceği noktaya taşınımını içermektedir.

Yaşam sonu aşaması;

- Yaşam ömrünü tamamlamış ürünün atık olarak bertaraf edilme proseslerini kapsamaktadır.

#### **4.5.4 Envanter**

Kanepe 2 üretilirken kullanılan tüm malzemeler ve girdi miktarları Çizelge 4.17, 4.18 ve 4.19'da verilmiştir. Ürün üretimi sırasında envanter girdisi olarak kullanılan tüm malzemeler ve miktarları üretim yapan fabrikadan alınmıştır. Ana malzemeler ürünü oluşturan temel malzemeleri temsil ederken yardımcı malzemeler ürün montajlaması sırasında kullanılan girdileri vermektedir.

**Çizelge 4.17:** Kanepe 2 ana malzemeleri.

| Ana Malzemeler  | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|-----------------|--------------|---------------------|
| 18 mm Kontrplak | 68,704       | 70,26               |
| Masif Çıta      | 11,736       | 12,00               |
| MDF             | 7,161        | 7,32                |
| Kumaş           | 6,629        | 6,78                |
| Elyaf           | 3,241        | 3,31                |
| Sünger          | 0,264        | 0,27                |
| ABS Plastik     | 0,048        | 0,05                |
| TOPLAM          | 97,783       | 100                 |

**Çizelge 4.18:** Kanepe 2 yardımcı malzemeleri.

| Yardımcı Malzemeler      | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|--------------------------|--------------|---------------------|
| Metal                    | 1,624        | 61,59               |
| Doğal Kauçuk             | 0,750        | 28,44               |
| Termoplastik Yapıştırıcı | 0,250        | 9,48                |
| Fermuar                  | 0,009        | 0,34                |
| Zamak                    | 0,004        | 0,15                |
| TOPLAM                   | 2,637        | 100                 |

**Çizelge 4.19:** Kanepe 2 ambalaj malzemeleri.

| Ambalaj Malzemeleri | Ağırlık (kg) | Ağırlık Yüzdesi (%) |
|---------------------|--------------|---------------------|
| Karton              | 8,566        | 96,69               |
| Plastik             | 0,193        | 2,18                |
| Metal               | 0,100        | 1,13                |
| TOPLAM              | 8,859        | 100                 |

Ürünün YDA envanter çalışması sırasında kullanılan her bir malzemenin tedarik edildiği konum verileri üzerinden fabrikaya olan uzaklıkları tespit edilmiş ve tedarikçilerinden malzemeye ait detaylı bilgiler ve fabrikaya olan taşınım türü bilgileri alınmıştır. Üretim aşamasında kullanılan enerji ve oluşan atık miktarları için ürünün üretiminin gerçekleştiği atölyelerdeki senelik toplam enerji kullanımı ve oluşan toplam atık miktarlarına ulaşılmış ve ürünün üretim yüzdesi üzerinden paylaşırma yapılmıştır. Fabrika genelinde kullanılan evsel su, enerji ve oluşan atık miktarları ürünün yaşam döngüsüne dahil edilmemiştir. Ürünün depolandığı alanda herhangi bir enerji ve kaynak kullanımı yoktur. Ürünün dünyada 10'dan fazla ülkeye 3 farklı kıtada satışı gerçekleştiği için bu noktalar Avrupa, Amerika ve Türkiye olmak üzere gruplandırılmış ve kötü durum senaryosu olarak bu 3 noktanın fabrikaya en uzak noktaları dağıtım olarak düşünülmüştür. Ürün kullanımı sırasında nemli bir bez ile silinmektedir ancak bunun için kullanılan su miktarı çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Envanter verilerine ulaşamayan yaşam sonu ve yaşam sonu noktasına ulaşım uzaklığı için BIFMA'nın mobilya yaşam döngüsü için geliştirdiği ürün kategori kurallarında geçen %80 düzenli depolama ve %20 yakma tesisine 32 km mesafe ile gittiği varsayımı yapılmıştır (NSF International, 2020). Kullanılan tüm proseslerin etki envanterler veri tabanı için GaBi 6.115 kullanılmıştır.

Modellemede kullanılan ana malzemelerin proses veritabanı isimleri ve taşınım uzaklıkları Çizelge 4.20 ve 4.21'de verilmektedir. Üretim aşamasında kullanılan yardımcı ve ambalaj malzemeleri ve diğer girdiler için kullanılan prosesler ise Çizelge 4.22'de verilmiştir. Dağıtım ve kullanım ve yaşam sonu faaliyetleri için kullanılan prosesler ise sırasıyla Çizelge 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

**Çizelge 4.20:** Kanepe 2 hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşaması için seçilen prosesler.

| Ana Malzemeler | Seçilen Proses                                                                |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 18mm Kontrplak | EU-27: Plywood board (EN15804 A1-A3) ts                                       |
| Masif Çıta     | DE: Wood fibre board (EN15804 A1-A3) ts                                       |
| MDF            | RNA: Medium density fiberboard (MDF) CORRIM                                   |
| Kumaş          | GLO: Textile Manufacturing – Woven Fabric (Continuous Dyed) CottonInc <p-agg> |
| Elyaf          | EU-27: Polypropylene fibers (PP) ts                                           |
| Sünger         | EU-27: Polyethylene foam (EN15804 A1-A3) ts                                   |
| ABS Plastik    | EU-27: Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)                                  |

**Çizelge 4.21:** Kanepe 2 ulaşım için seçilen prosesler.

| Malzeme       | Uzaklık (km) | Taşıma Türü         | Seçilen Proses                                                                      | Yakıt Türü | Yakıt Prosesi                        |
|---------------|--------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Kumaş         | 3086         | Uçak                | GLO Cargo Plane (tech. mix, kerosene driven, cargo I consumption mix I 22t payload) | Kerosene   | EU-27: Kerosene / Jet A1 at refinery |
| Elyaf         | 155          | 3,5 tonluk kamyonet | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 3,5 t payload capacity)                          | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Sünger        | 155          | 3,5 tonluk kamyonet | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 3,5 t payload capacity)                          | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Mobilya Ayağı | 155          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Kontrplak     | 262          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Masif Çıta    | 262          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| MDF           | 262          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Kauçuk        | 155          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Yapıştırıcı   | 1588         | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Fermuar       | 155          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Çelik         | 155          | 3,5 tonluk kamyonet | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 3,5 t payload capacity)                          | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Zamak         | 155          | 18 tonluk tır       | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 18,4 t payload capacity)                         | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Karton        | 1107         | 25-28 tonluk tır    | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 27 t payload capacity)                           | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Plastik       | 155          | 3,5 tonluk tır      | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 3,5 t payload capacity)                          | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |
| Metal         | 155          | 3,5 tonluk tır      | GLO Truck (diesel driven, Euro 5 I 3,5 t payload capacity)                          | Dizel      | EU-27: Diesel mix at filling station |

**Çizelge 4.22:** Kanepe 2 üretim aşaması için seçilen prosesler.

|            | Girdi Adı                  | Seçilen Proses                                                |
|------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Malzemeler | Kauçuk                     | TH: Natural rubber tapped latex (not conserved, 36%)          |
|            | Yapıştırıcı                | DE: Thermoplastic polyurethane (TPU, TPE-U) adhesive ts       |
|            | Fermuar                    | DE: Polyester Resin unsaturated (UP) ts                       |
|            | Çelik Bağlantı Elemanı     | GLO: Steel hot rolled coil (ILCD) wordsteel / ELCD            |
|            | Zamak                      | DE: Steel cast part alloyed (automotive) ts                   |
|            | Karton                     | EU 27: Corrugated board (2012) ts/FEFCO                       |
|            | Zimba teli                 | DE: Ferro chrome mix                                          |
|            | Plastik                    | DE: Polypropylene granulate (PP) mix                          |
| Enerji     | Elektrik                   | TR: Electricity Grid Mix ts                                   |
|            | Diesel                     | EU 27: Diesel mix at filling station ts                       |
| Atıklar    | Kumaş artıkları            | EU 27: Textiles on landfill ts <p-agg>                        |
|            | Kül ve cüruf               | DE: Inert matter (Construction waste) on landfill ts          |
|            | Ambalaj Atıkları (Karton)  | EU 27: Paper waste on landfill ts <p-agg>                     |
|            | Ambalaj Atıkları (Plastik) | US: Plastic recycling (clean scrap) ts <p-agg>                |
|            | Talaş                      | EU-27: Waste incineration of wood products ELCD/CEWEP <p-agg> |
|            | Elyaf                      | EU-27: Commercial waste on landfill                           |
|            | Sünger                     | EU-27: Commercial waste on landfill                           |

Bir ürün başına kullanılan enerji ve oluşan atık miktarlarına erişebilmek için fabrikanın senelik verilerinden faydalanılmıştır. Ürünün üretiminde harcanan enerji ve yakıt miktarları için üretimin gerçekleştiği atölyede bir senede üretilen toplam ürün sayısı ve atölyede harcanan toplam enerji miktarından hesaplama yapılmıştır. Atölyede harcanan enerji miktarı atölyeye bağlı olan sayaçtan okunmuştur. (Çizelge 4.23)

**Çizelge 4.23:** Kanepe 2 üretiminde harcanan enerji miktarı.

| Enerji Girdisi | Birim | Miktar |
|----------------|-------|--------|
| Elektrik       | kWh   | 4,985  |
| Dizel          | kg    | 0,032  |

Ürün başına oluşan atık miktarları hesaplanırken fabrikada ürünün üretilmesi sırasında gerçekleşen atık türlerinin senelik oluşum miktarları ve ürünün üretilme yüzdesi ve sayısı üzerinden paylaştırma yapılmıştır (Çizelge 4.24).

**Çizelge 4.24:** Kanepe 2 üretiminde oluşan atık miktarları.

| Atıklar         | Birim | Ürün başına oluşum miktarı |
|-----------------|-------|----------------------------|
| Kül & Cüruf     | kg    | 0,161                      |
| Karton Ambalaj  | kg    | 6,597                      |
| Plastik Ambalaj | kg    | 1,010                      |
| Kumaş Atıkları  | kg    | 0,51                       |
| Talaş           | kg    | 0,427                      |
| Elyaf           | kg    | 0,59                       |
| Sünger          | kg    | 0,18                       |

Yukarıda da belirtildiği üzere nihai ürünün satışı Türkiye içi, Avrupa ve Amerika kıtasında toplam 21 farklı noktaya yapılmaktadır. Ara ulaşım noktaları da düşünülerek ürünün dağıtımının gerçekleştiği 21 lokasyon Türkiye, Avrupa ve Amerika kıtalarında en uzak noktalar alınarak modelleme yapılmıştır. (Çizelge 4.25) Ürünün bu 3 farklı lokasyona olan taşınım uzaklık paylaşımları ise ürünün satışının

gerçekleştiği yüzdelik oranlar üzerinden yapılmıştır. Çizelge 4.25’de belirtildiği gibi toplam üretilen ürün sayısının %64’ü Türkiye içindeki bölgelere, %22’si ABD’ye kalan %14’ü ise Avrupaya gönderilmektedir. Ürünün kullanımı sırasında nemli bezle silme işleminde harcanan su miktarı ise hesaba katılmamıştır.

**Çizelge 4.25:** Kanepe 2 dağıtım lokasyonları ve seçilen prosesler.

| Lokasyon | Dağıtım Yüzdesi (%) | Uzaklık (km) | Taşıma Türü | Seçilen Proses                                                      | Yakıt Türü |
|----------|---------------------|--------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| Türkiye  | 64,41               | 1448         | Tır         | GLO Truck (diesel driven, Euro 5, 18,4 t payload capacity)          | Dizel      |
| Avrupa   | 13,56               | 2334         | Uçak        | GLO Cargo Plane (tech. mix, kerosene driven, 22 t payload capacity) | Kerosen    |
| ABD      | 22,03               | 6000         | Uçak        | GLO Cargo Plane (tech. mix, kerosene driven, 22 t payload capacity) | Kerosen    |

Ürün kullanım ömrünü tamamladıktan sonra kullanıcı tarafından bertaraf yöntemine dair bilgiye ulaşamadığı için mobilya endüstrisinde YDA kullanımına yol göstermek ve veri olmayan durumlarda bir klavuz niteliği taşıyan Uluslararası NSF kuruluşunun ve BIFMA’nın geliştirdiği ürün kategori kurallarında yer alan %80 düzenli depolama, %20 yakma şeklinde varsayım yapılmıştır (NSF International, 2020). Bu varsayım için modellemede kullanılan proses bilgileri Çizelge 4.26’da verilmiştir.

**Çizelge 4.26:** Kanepe 2 yaşam sonu aşaması için seçilen prosesler.

| Bertaraf Türü    | Oran (%) | Seçilen Proses                                                           |
|------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------|
| Düzenli Depolama | 80       | EU-27: Municipal waste landfill (EN 15804) ts <p-agg>                    |
| Yakma            | 20       | EU-27: Commercial waste in municipal waste incineration plant ts <p-agg> |

#### 4.5.5 Çevresel etkiler

Ürün için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları Çizelge 4.27’de ve kaynak kullanımı Çizelge 4.28’de verilmiştir. Alınan sonuçlarda TRACI 2.1 çevresel etki değerlendirme hesaplama metodu kullanılmıştır.

**Çizelge 4.27:** Kanepe 2 YDA sonuçları.

| Etki Sınıfı              | Birim                  | Hammadde Çıkarılması ve İşlenmesi | Ulaşım         | Üretim         | Dağıtım ve Kullanım | Yaşam Sonu       | Toplam       |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|------------------|--------------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> (%) | 119 (31,4)                        | 18,3 (4,8)     | 24,2 (6,4)     | 144 (38,0)          | 73 (19,3)        | 378,5 100    |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> (%) | 0,94 (57,4)                       | 0,064 (3,9)    | 0,091 (5,6)    | 0,49 (29,9)         | 0,054 (3,3)      | 1,639 100    |
| Ötrofikasyon             | kg N (%)               | 0,17 (70,2)                       | 0,004 (1,7)    | 0,017 (7,0)    | 0,028 (11,6)        | 0,023 (9,5)      | 0,242 100    |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub> (%)  | 11,5 (39,0)                       | 1,84 (6,2)     | 1,23 (4,2)     | 14,2 (48,1)         | 0,75 (2,5)       | 29,52 100    |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC (%)             | 3,25E-07 (97,5)                   | 6,04E-11 (ih*) | 9,80E-09 (2,9) | 4,63E-10 (0,1)      | -1,98E-09 (-0,6) | 3,33E-07 100 |

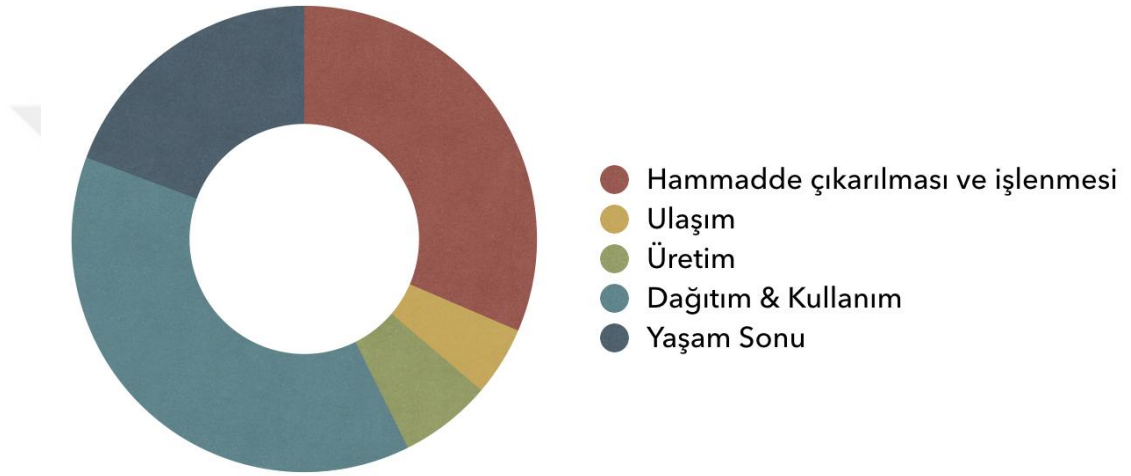
\*ihmal edilebilir.

**Çizelge 4. 28:** Kanepe 2 kaynak kullanımı.

| Gömülü Kaynak Kullanımı | Birim | Miktar  |
|-------------------------|-------|---------|
| Yenilenemeyen Enerji    | MJ    | 4,280   |
| Yenilenebilir Enerji    | MJ    | 2,950   |
| Su                      | litre | 323,000 |



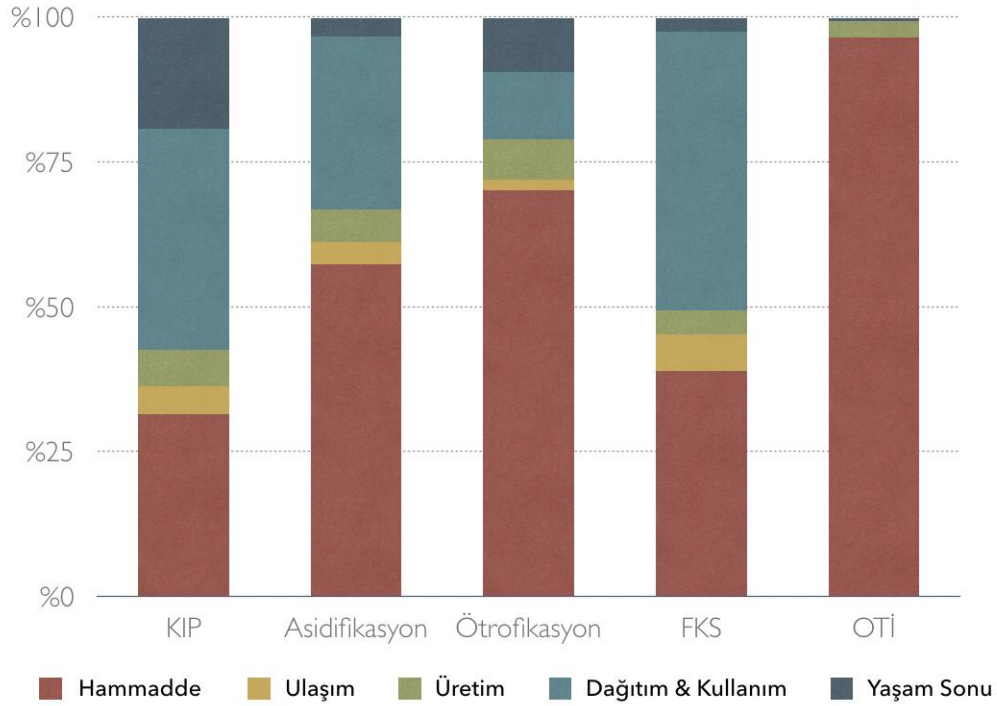
Elde edilen sonuçlar ürünün yaşam döngüsündeki Küresel Isınma Potansiyeli (KIP) çevresel etkisi üzerinden değerlendirildiğinde ürün başına oluşan toplam 378,5 kg CO<sub>2</sub>'nin 144 kg CO<sub>2</sub> 'si (%38) ürünün yurt dışına dağıtımını sırasında gerçekleşen taşıma faaliyetlerinden gelmektedir. Ardından ikinci büyük etki 119 kg CO<sub>2</sub> (%31,4) ile üründe kullanılan ana malzemelerin hammadde çıkarılması ve işlenmesi faaliyetleri sırasında oluşmaktadır. Bu sıralamayı yaşam sonu aşaması 73 kg CO<sub>2</sub> (%19,3), üretim aşaması 24,2 kg CO<sub>2</sub> (%6,4) ve ulaşım 18,3 kg CO<sub>2</sub> (%4,8) aşamaları takip etmektedir. (Şekil 4.19)



**Şekil 4.19:** Kanepi 2 YDA aşamalarının KIP etkisi oranları.

Asidifikasyon oluşum potansiyeli üzerinden ürünün YDA etkileri incelendiğinde ise en büyük etkinin 0,94 kg SO<sub>2</sub> (%57,4) ile hammadde çıkarılması ve işlenmesi sırasında gerçekleştiği saptanmıştır. Ardından 0,49 kg SO<sub>2</sub> (%29,9) lik katkı ile dağıtım ve kullanım aşamasından gelmektedir ve bu sıralamayı üretim (%5,6) , ulaşım (%3,9) ve yaşam sonu faaliyetleri (%3,3) izlemektedir. (Şekil 4.20)

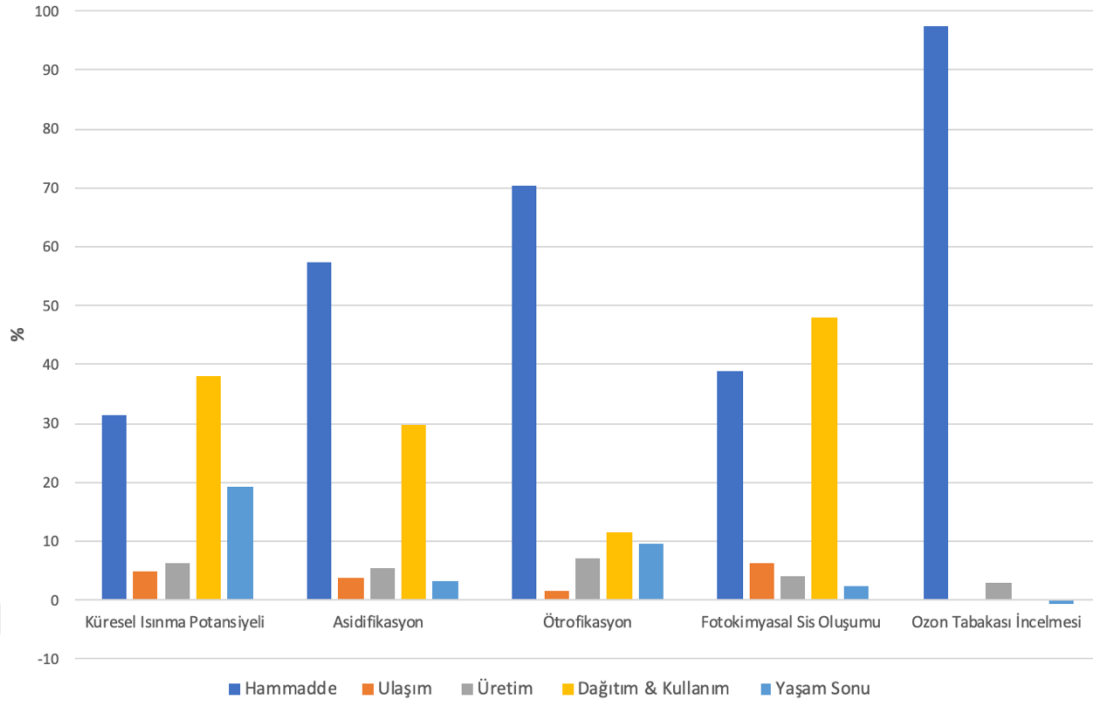
Ötrofikasyon potansiyeli için de en büyük etki 0,17 kg N (%70,2) hammadde çıkarılması ve işlenmesi sırasında oluşurken dağıtım ve kullanım prosesleri 0,028 kg N (%11,6) katkı ile ikinci büyük etkiyi oluşturmaktadır. Ardından sıralamayı yaşam sonu (%9,5), üretim (%7,0) ve ulaşım (%1,7) faaliyetleri oluşturmaktadır.



**Şekil 4.20:** Kanep 2 YDA çevresel etki karakteriasyonu.

Fotokimyasal sis oluşumu (FKS) etkisine en büyük katkı 14,2 kg O<sub>3</sub> (%48,1) ile dağıtım ve kullanım proseslerinden gelmektedir. Hammadde çıkarılması ve işlenmesi proseslerinin FKS'ye olan etkisi ise 11,5 kg O<sub>3</sub> (%39) dür. Ürünün toplam FKS etkisini oluşturan diğer aşamalar sırasıyla ulaşım (1,84 kg O<sub>3</sub>) , üretim (1,23 kg O<sub>3</sub>) ve yaşam sonu (0,75 kg O<sub>3</sub>) sırasında gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklı oluşmaktadır.

Ürünün toplam OTİ etkisinin %97,5'ünü hammadde prosesleri oluşturmaktadır. Ardından sırasıyla üretim (%2,9) ve dağıtım&kullanım (%0,1) prosesleri gelmektedir. Kullanılan malzemelerin fabrika kapısına olan ulaşım faaliyetlerinin etkisi ihmal edilebilir bir düzeyde iken yaşam sonu aşamasının az bir oranda (-%0,6) çevreye faydalı etkileri olduğu saptanmıştır. (Şekil 4.21)



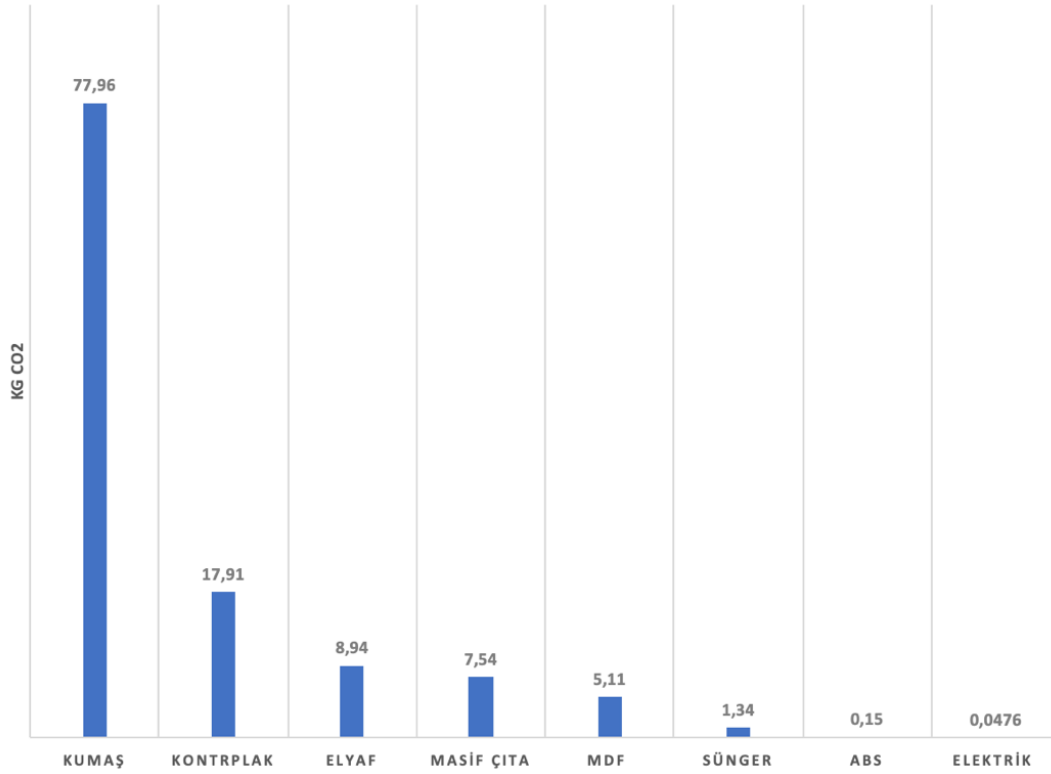
**Şekil 4.21:** Kanepe 2 YDA aşamalarının çevresel etki oranları.

Alınan sonuçlar tüm etki kategorilerinde ürünün yaşam ömründeki hangi aşamalardan ne kadar kaynaklı olduğunun incelenmesi dışında Kanepe 2 ürünü için Küresel Isınma Potansiyeli etkisi önceliğe alınarak detaylı proses incelemesi yapılmıştır.

Hamadde çıkarımı ve işlenmesi aşaması için yapılan değerlendirmede kumaş üretimi prosesinin küresel ısınma potansiyeline olan etkisinin 77,96 kg CO<sub>2</sub> ile en fazla olduğu tespit edilmiştir. Ana malzeme girdisi olarak kullanılan kontrplağın etkisi ise 17,91 kg CO<sub>2</sub> emisyonu ile ikinci sırada yer almaktadır. (Şekil 4.22) Hamadde aşamasında kullanılan diğer girdiler bu aşamada oluşan toplam KIP etkisinin %20 sini oluşturmaktadır. Çizelge 4.29'da bu yüzdeler ve miktarlar verilmiştir.

**Çizelge 4.29:** Kullanılan hammaddelerin KIP etkisi ve % dağılımları.

| Hammadde Prosesleri | KIP Etkisi (kg CO <sub>2</sub> ) | KIP Etkisi (%) |
|---------------------|----------------------------------|----------------|
| Kumaş               | 77,96                            | 65,51          |
| Kontrplak           | 17,91                            | 15,05          |
| Elyaf               | 8,94                             | 7,51           |
| Masif Çıta          | 7,54                             | 6,34           |
| MDF                 | 5,11                             | 4,29           |
| Sünger              | 1,34                             | 1,13           |
| ABS                 | 0,15                             | 0,13           |
| Elektrik            | 0,04                             | 0,04           |
| TOPLAM              | 119                              | 100            |

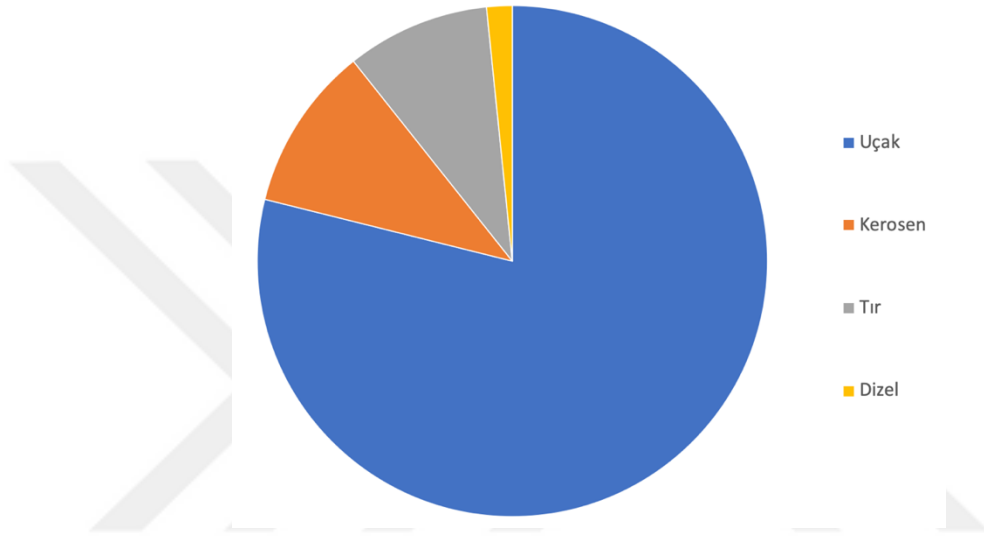


**Şekil 4.22:** Hammadde KIP etkileri.

İkinci aşama olan kullanılan malzemelerin fabrikaya taşınımları sırasında gerçekleşen faaliyetlerin Küresel Isınma Potansiyeli'ne toplam etkisi 18,3 kg CO<sub>2</sub>'dir. Bu miktarın %89,3'ü (16,33 kg CO<sub>2</sub>) kullanılan kumaşın 3086 km uzaklıktan uçak ile taşınması sırasında gerçekleşen uçak ve kerosen proseslerinden kaynaklanmaktadır. (Çizelge 4.30) Kalan %10,7 lik kısım ise diğer hammaddelerin tır ile taşınması süresinde kullanılan tır ve dizel proseslerinden gelmektedir. (Şekil 4.23) Taşımada kullanılan tırlarda Euro 5 sınıfında araçlar için uçaklarda ise kargo uçakları baz alınarak hesaplama yapılmıştır.

**Çizelge 4.30:** Ulaşım da kullanılan proseslerin KIP etkisi ve % dağılımları.

| Ulaşım Prosesleri | KIP Etkisi (kg CO <sub>2</sub> ) | KIP Etkisi (%) |
|-------------------|----------------------------------|----------------|
| Uçak              | 14,43                            | 78,89          |
| Kerosen           | 1,90                             | 10,41          |
| Tır               | 1,66                             | 9,08           |
| Dizel             | 0,29                             | 1,62           |
| Toplam            | 18,3                             | 100            |



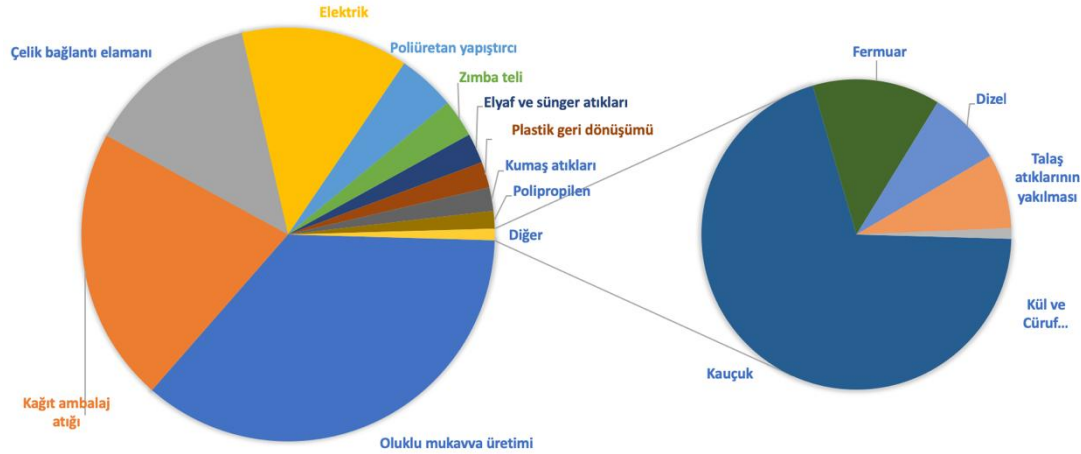
**Şekil 4.23:** Ulaşım proseslerinin KIP oranları.

Üçüncü aşama olan üretim faaliyetlerinin KIP etkisi en fazla ambalaj malzemesi olarak kullanılan oluklu mukavvanın üretiminden kaynaklanmaktadır. Oluklu mukavva üretiminden kaynaklı oluşan 8,71 kg CO<sub>2</sub> nin %69'u mukavvanın üretiminde kullanılan ambalaj kağıdının üretiminden kaynaklanırken kalan %31'i kartonun üretim işlemlerinden gelmektedir. Üretim aşamasına önemli oranda katkısı olan bir diğer proses ise fabrikaya gelen malzemelerin ambalajlarında kullanılan karton atıklarının bertaraf işlemleridir. Çizelge 4.31'de verildiği üzere üretim aşamasının diğer girdileri olan elektrik ve çelik bağlantı elamanın etkileri sırasıyla %13,1 ve %13,47'dir.

**Çizelge 4.31:** Üretimde kullanılan proseslerin KIP etkisi ve % dağılımları.

| Üretim Prosesleri                      | KIP Etkisi<br>(kg CO <sub>2</sub> ) | Toplam Üretim Kaynaklı<br>KIP Katkısı (%) |
|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| Oluklu mukavva üretimi                 | 8,71                                | 35,99                                     |
| Kağıt Ambalaj Atığı                    | 5,20                                | 21,49                                     |
| Çelik bağlantı elemanı                 | 3,26                                | 13,47                                     |
| Elektrik                               | 3,17                                | 13,1                                      |
| Termoplastik poliüretan yapıştırıcı    | 1,10                                | 4,54                                      |
| Zimba teli                             | 0,71                                | 2,95                                      |
| Elyaf ve sünger atıkları               | 0,56                                | 2,33                                      |
| Plastik geri dönüşümü                  | 0,49                                | 2,03                                      |
| Kumaş atıkları                         | 0,44                                | 1,83                                      |
| Polipropilen plastik ambalaj malzemesi | 0,33                                | 1,37                                      |
| Kauçuk                                 | 0,15                                | 0,63                                      |
| Fermuar                                | 0,03                                | 0,12                                      |
| Dizel                                  | 0,02                                | 0,07                                      |
| Talaş atıklarının yakılması            | 0,02                                | 0,07                                      |
| Kül ve cüruf atıkları                  | ih*                                 | 0,01                                      |
| TOPLAM                                 | 24,2                                | 100                                       |

\*ihmal edilebilir.

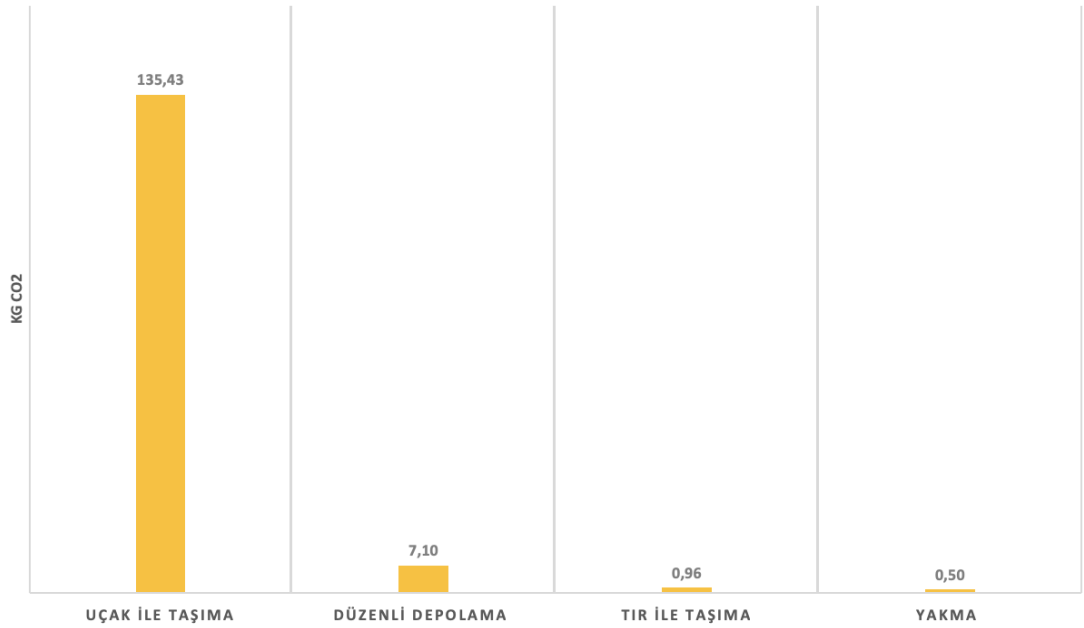


**Şekil 4.24:** Üretim proseslerinin KIP oranları.

Ürünün dağıtım ve kullanımı sırasında oluşan toplam KIP etkisi ürün başına 144 kg CO<sub>2</sub> ile ürünün yaşam döngüsünde en fazla etkiye sahip olan aşamadır. (Çizelge 4.27) Bu etkinin %94,05'i ürünün ABD ve Avrupa'ya uçak ile taşınımı işlemleri arasındaki kerosen ve uçak proseslerinden kaynaklanmaktadır. (Çizelge 4.32) Ürün kullanıcıya ulaştıktan sonra oluşan ambalaj atıklarının düzenli depolanması şeklinde yapılan bertaraf işleminin etkisi ise %4,93 ile ikinci sıradadır. Ambalaj malzemelerinin bertaraf tesisine tır ile olan taşınımı ve kullanım ömrünü tamamlamış ürünün yaşam sonu bertaraf tesisine karayolu ile gerçekleşen taşınım prosesinden kaynaklı etki %0,67 dir. (Çizelge 4.32) Yakma tesisinde bertaraf edilen ambalaj malzemelerinin çevresel etkisi ise dağıtım ve kullanım aşamasındaki %0,35 lik oran ile en az etkiyi oluşturmaktadır. (Şekil 4.25)

**Çizelge 4.32:** Dağıtım proseslerinin KIP etkisi ve % dağılımları.

| Dağıtım Prosesleri | KIP Etkisi (kg CO <sub>2</sub> ) | KIP Etkisi (%) |
|--------------------|----------------------------------|----------------|
| Uçak ile taşıma    | 135,43                           | 94,05          |
| Düzenli Depolama   | 7,10                             | 4,93           |
| Tır ile taşıma     | 0,96                             | 0,67           |
| Yakma              | 0,50                             | 0,35           |

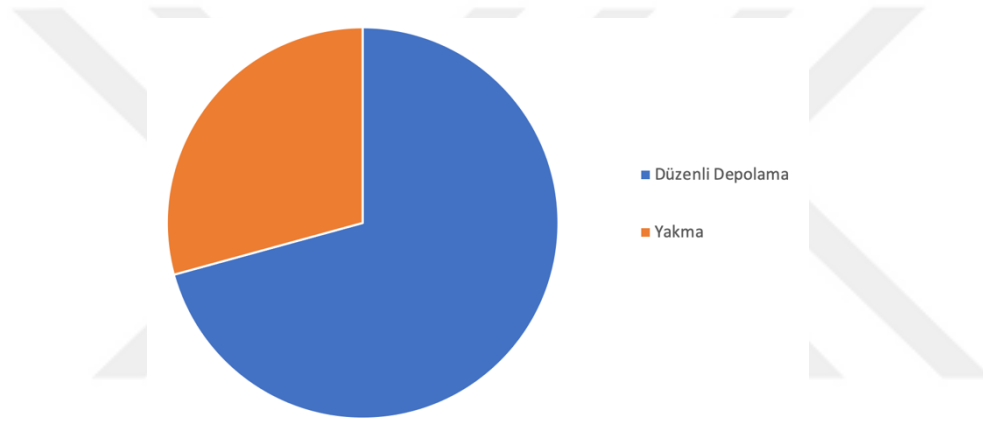


**Şekil 4.25:** Dağıtım proseslerinin KIP etkileri.

Yaşam ömrünü tamamlamış ürünün yaşam sonunda gerçekleşen bertaraf işlemlerinin küresel ısınmaya olan toplam etkisi 73 kg CO<sub>2</sub> 'dir. (Çizelge 4.27) Bu etkinin %70,74'ü düzenli depolama işlemlerinden kalan %29,26'sı kısmı ise yakma şeklinde bertaraf edilme prosesinden gelmektedir. (Çizelge 4.33)

**Çizelge 4.33:** Yaşam sonu proseslerinin KIP etkisi ve % dağılımları.

| Yaşam Sonu Prosesleri | KIP Etkisi (kg CO <sub>2</sub> ) | KIP Etkisi (%) |
|-----------------------|----------------------------------|----------------|
| Düzenli Depolama      | 51,64                            | 70,74          |
| Yakma                 | 21,36                            | 29,26          |



**Şekil 4.26:** Yaşam sonu proseslerinin KIP oranları.

Ürünün yaşam döngüsündeki her bir aşamanın hangi proseslerden kaynaklandığının detaylı incelenmesi KIP için yapılmıştır. Bu etki kategorisinin önceliğe alınma sebebi, iklim değişikliği konusunun günümüzde çevresel etki kategorileri arasında en sıcak konulardan bir tanesi olmasıdır. Özellikle endüstri kaynaklı KIP'ın azaltılması üzerine yapılmış pek çok araştırma bulunmaktadır. Ancak bu araştırmaların yerel veriler ile yürütülmesi de çok önemlidir. Bu çalışma ülkemizde mobilya üretimi üzerine yapılmış ilk örnektir.

Diğer etki kategorileri için yaşam döngüsü aşamalarında oluşan çevresel etkilerin temel olarak hangi proseslerden kaynaklandığı aşağıdaki Çizelge 4.34'de verilmiştir.



**Çizelge 4.34:** Her bir aşamada oluşan çevresel etkilerin ana katkı prosesleri.

| Etki Kategorisi          | Aşama      | Ana Katkı Prosesi    |
|--------------------------|------------|----------------------|
| Küresel Isınma           | Hammadde   | Kumaş                |
|                          | Ulaşım     | Uçak                 |
|                          | Üretim     | Ürün ambalaj kartonu |
|                          | Dağıtım    | Uçak                 |
|                          | Yaşam Sonu | Düzenli depolama     |
| Asidifikasyon            | Hammadde   | Kumaş                |
|                          | Ulaşım     | Uçak                 |
|                          | Üretim     | Elektrik             |
|                          | Dağıtım    | Uçak                 |
|                          | Yaşam Sonu | Düzenli depolama     |
| Ötrofikasyon             | Hammadde   | Kumaş                |
|                          | Ulaşım     | Uçak                 |
|                          | Üretim     | Ürün ambalaj kartonu |
|                          | Dağıtım    | Uçak                 |
|                          | Yaşam Sonu | Düzenli depolama     |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | Hammadde   | Kumaş                |
|                          | Ulaşım     | Uçak                 |
|                          | Üretim     | Ürün ambalaj kartonu |
|                          | Dağıtım    | Uçak                 |
|                          | Yaşam Sonu | Düzenli depolama     |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | Hammadde   | Kumaş                |
|                          | Ulaşım     | Uçak                 |
|                          | Üretim     | Çelik                |
|                          | Dağıtım    | Uçak                 |
|                          | Yaşam Sonu | Yakma                |

Çalışma kapsamında ele alınan tüm çevresel etki kategorileri incelendiğinde ürünün yaşam döngüsündeki ilk aşama olan hammadde çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklı oluşan etkinin en fazla kumaş üretiminden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. İkinci aşama olan girdilerin fabrikaya taşınımında ise tüm etki kategorilerinde en fazla uçak ile taşımadan kaynaklı olduğu görülmektedir. Üretim aşamasında gerçekleşen KIP etkisi incelendiğinde yukarıda da verildiği gibi (Çizelge 4.31) ve diğer Ötrofikasyon ve FKS etkilerinde de (Çizelge 4.34) en fazla çevresel etki ambalaj kartonu olarak kullanılan oluklu mukavvanın kullanımından kaynaklı oluşmaktadır. Üretim aşamasının Asidifikasyona ve OTİ'ye olan etkilerine bakıldığında ise sırasıyla elektrik ve yardımcı malzeme olarak kullanılan çelik bağlantı elemanından kaynaklı olduğu saptanmıştır. Dağıtım aşamasında ise tüm etki

kategorilerinde en fazla çevresel etkinin uçak ile taşıma sırasında olduğu görülmektedir. Yaşam sonunda ise bertaraf yöntemi olarak kullanılan iki farklı yöntemin (düzenli depolama ve yakma) incelenen etki kategorisine göre değişiklik gösterdiği gözlemlenmiş olup, KIP, Asidifikasyon, Ötrofikasyon ve FKS oluşumunda en fazla düzenli depolamanın, OTİ’de ise en fazla yakma işleminden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.34)

#### **4.6 Kanepe 2 Senaryolar**

Kanepe 2 ürününün yaşam döngüsündeki iklim değişikliğine olan etkilerini azaltabilecek doğru uygulamaların hayata geçirilmesi ve çevresel açıdan sürdürülebilir stratejiler ortaya koyabilmek için farklı senaryo analizleri yapılmıştır. Yapılan bu senaryo analizleri yukarıda bahsedilen en fazla etkiye sebep olan aşama ve prosesler düşünülerek yapılmıştır.

Hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasındaki kumaş üretimi üzerine yapılabilecek düzenleme kumaş yerine farklı bir malzeme ile kanapenin kaplanması olabilir. Ancak ürün talebi ve pazarlama açısından bu değişiklik uygun olmayacağından kumaş girdisi üzerine senaryo geliştirilmemiştir. Yapılan senaryolar ürünün dağıtım ve kullanım aşamasındaki etkinin fazla olması sebebiyle taşınım uzaklığı ve taşınım methodu üzerine gerçekleştirilmiştir.

Birinci senaryoda nihai ürünün son tüketiciye olan uzaklığı değiştirilmeden kullanılan uçak ile taşınım yöntemi yerine ABD’ye gemi ile Avrupa’ya ise karayolu ile taşınmasının gerçekleştirildiği durum incelenmiştir. İkinci senaryo analizinde ise ABD (6000 km) ve Avrupa’ya (2334 km) olan dağıtım uzaklıkları yerine nihai ürünün sadece Türkiye içinde (1448 km) karayolu ile dağıtımının yapıldığı yani üretilen ürünün sadece Türkiye pazarında tüketildiği düşünülerek analizler yapılmıştır. Her iki durumda ürünün dağıtım ve kullanım aşamasında oluşan tüm çevresel etkilerde azaltım sağlanmıştır. (Çizelge 4.35)

**Çizelge 4.35:** Dağıtım ve kullanım senaryo sonuçları.

| Etki Sınıfı              | Birim              | Gerçek Durum | Senaryo 1<br>(Azalım %'si) | Senaryo 2<br>(Azalım %'si) |
|--------------------------|--------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> | 144          | 17,4<br>(%87)              | 60,7<br>(%57)              |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> | 0,49         | 0,096<br>(%80)             | 0,194<br>(%60)             |
| Ötrofikasyon             | kg N               | 0,028        | 0,006<br>(%78)             | 0,013<br>(%53)             |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub>  | 14,2         | 1,79<br>(%87)              | 5,43<br>(%61)              |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC             | 4,63E-10     | 1,01E-10<br>(%76)          | 2,05E-10<br>(%52)          |

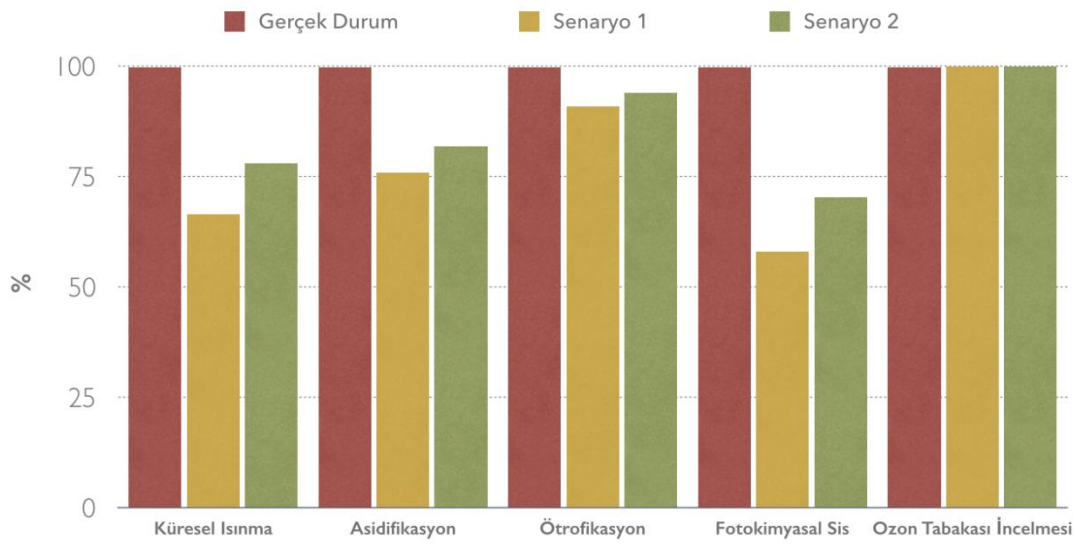
Bu senaryolar uygulandığında çevresel etkilerde sağlanabilen azalma sadece dağıtım ve kullanım aşaması için değil aynı zamanda ürünün tüm yaşam döngüsünde oluşan çevresel etkilerin de azalmasını sağlamaktadır. (Çizelge 4.36)

**Çizelge 4.36:** Toplam çevresel etkiler ve senaryo sonuçları.

| Etki Sınıfı              | Birim              | Gerçek Durum | Senaryo 1 | Senaryo 2 |
|--------------------------|--------------------|--------------|-----------|-----------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> | 378,5        | 251,9     | 259,2     |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> | 1,64         | 1,245     | 1,343     |
| Ötrofikasyon             | kg N               | 0,24         | 0,22      | 0,22      |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub>  | 29,52        | 17,11     | 20,75     |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC             | 3,33E-07     | 3,33E-07  | 3,33E-07  |

Ürünün yaşam döngüsü boyunca oluşan toplam çevresel etkiler ve senaryo sonuçlarının oluşturacağı azaltım yüzdeleri Şekil 4.24'de gösterildiği gibidir. Ürün yaşam ömrü boyunca oluşan toplam Küresel Isınma Potansiyeli etkisinde senaryo 1'de %33'lük bir azalma sağlanabilirken senaryo 2 için %22 oranında bir azalma sağlanabilmektedir. Önemli oranda azaltım sağlanabilen bir diğer çevresel etki kategorisi ise Fotokimyasal Sis Oluşumu'dur. FKS'de Senaryo1'in gerçekleşmesi

halinde gerçek duruma göre %42, Senaryo 2’de ise %30 azalma sağlanabilmektedir. Asidifikasyon ve Ötrofikasyon etkileri için senaryo 1 sırasıyla %24 ve %9 oranlarında iyileştirme sağlarken senaryo 2’de bu oranlar gerçek duruma göre %18 ve %6 oranında azalma sağlayabilmektedir. Ozon tabakası incelmeleri için her iki senaryoda gerçek duruma çok yakın toplam çevresel etkiler elde edilmiştir. Ancak OTİ için yapılan bu karşılaştırma sadece dağıtım ve kullanım aşaması için incelendiğinde Çizelge 4.35’de verildiği gibi gerçek dağıtım ve kullanım aşamasına göre %76 ve %52 oranlarında azalma sağlanabilmektedir.



**Şekil 4.27:** Senaryo çevresel etki % dağılımları.

YDA sonuçlarından da net bir şekilde görüldüğü gibi kanepenin 2 ürününden kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için ürünün sadece iç piyasaya yönelik pazarlanması yerine, yurtdışına yapılan taşıma işlemlerinin uygun ulaştırma araçları ile gerçekleştirilmesi benimsenmelidir. Böylelikle daha düşük çevresel etkilere ulaşılabilecektir.

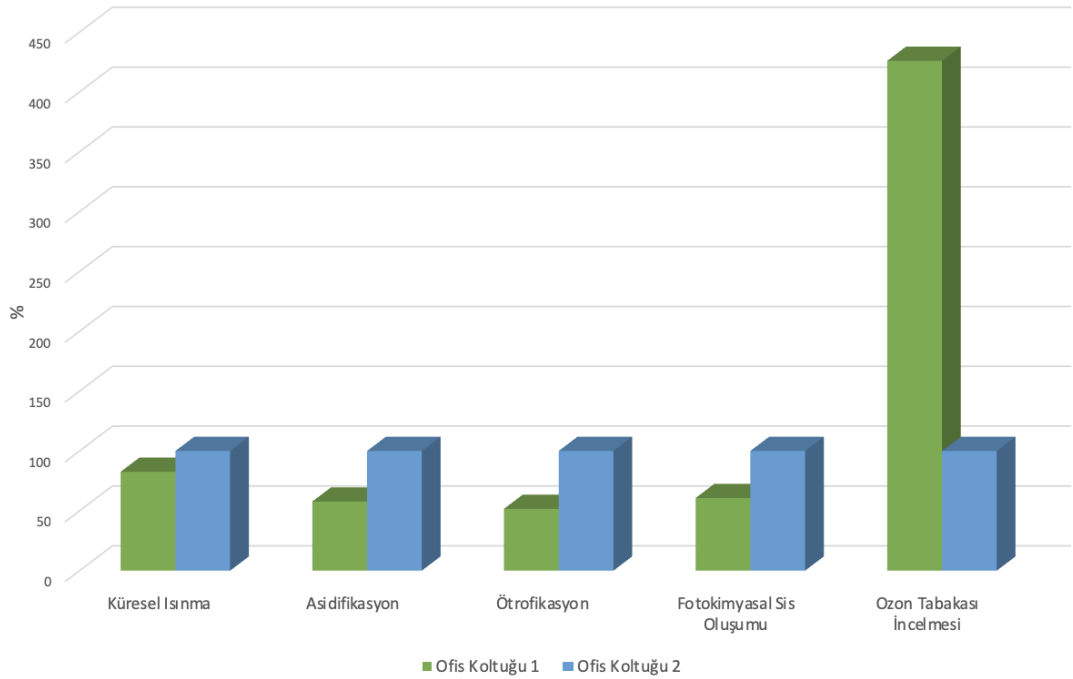
#### 4.7 İncelenen Ofis Koltuklarının Çevresel Etki Karşılaştırması

YDA Kısım 4.2 ve 4.3’de incelenen ofis koltuklarının yaşam ömrü boyunca oluşan toplam çevresel etkiler Çizelge 4.36’da verilmiştir.

**Çizelge 4.36:** Ofis koltuğu 1 ve ofis koltuğu 2 toplam çevresel etkileri.

| Etki Sınıfı              | Birim              | Ofis Koltuğu 1 | Ofis Koltuğu 2 |
|--------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> | 106,64         | 129,09         |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> | 0,44           | 0,76           |
| Ötrofikasyon             | kg N               | 0,06           | 0,18           |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub>  | 5,04           | 8,31           |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC             | 4,64E-07       | 1,09E-07       |

Her iki ürünün yaşam alanlarında aynı amaca hizmet vermesi dolayısıyla bu iki ürün arasında çevresel etki kıyaslaması yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Fonksiyonel birimlerin, modelleme süresinde ve sonuçlarda kullanılan methodların aynı olması kıyaslama yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. İki ürün arasındaki boyut farklılıkları, kullanılan mekanizma türleri ve mobilyaların ayaklarında kullanılan malzemelerin farklı oluşundan kaynaklanan çevresel etkiler Çizelge 4.36 ve aşağıdaki Şekil 4.28’de verilmiştir.



**Şekil 4.28:** Ofis Koltuğu 1 ve ofis koltuğu 2 karşılaştırma.

Ofis Koltuğu 1'in OTİ hariç diğer tüm etki kategorilerinde daha az çevresel etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Sadece OTİ'de gerçekleşen bu farklı sıralama her iki ürünün yaşam döngülerindeki aşamalar ayrıca incelendiğinde yüksek oranda hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından geldiği anlaşılmaktadır. Bu farkın oluşmasında ofis koltuğu 1'in ayarlanabilir yükseklikte krom gazlı mekanizmaya sahip oluşu ama Ofis koltuğu 2'de yüksekliği ayarlanamayan sabit bir mekanizmaya sahip oluşundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ancak OTİ hariç diğer ele alınan KIP, FKS, Asidifikasyon ve Ötrofikasyon etkilerinde kullanılan bu mekanizmanın OTİ'de olduğu gibi bir fark yaratmadığı aksine ofis koltuğu 1 ürününün boyuttunun daha küçük olmasından kaynaklı daha az kullanılan poliüretan sünger, kumaş ve elyaf kullanılıyor olması daha az çevresel etkilere sebep olduğunu göstermektedir.

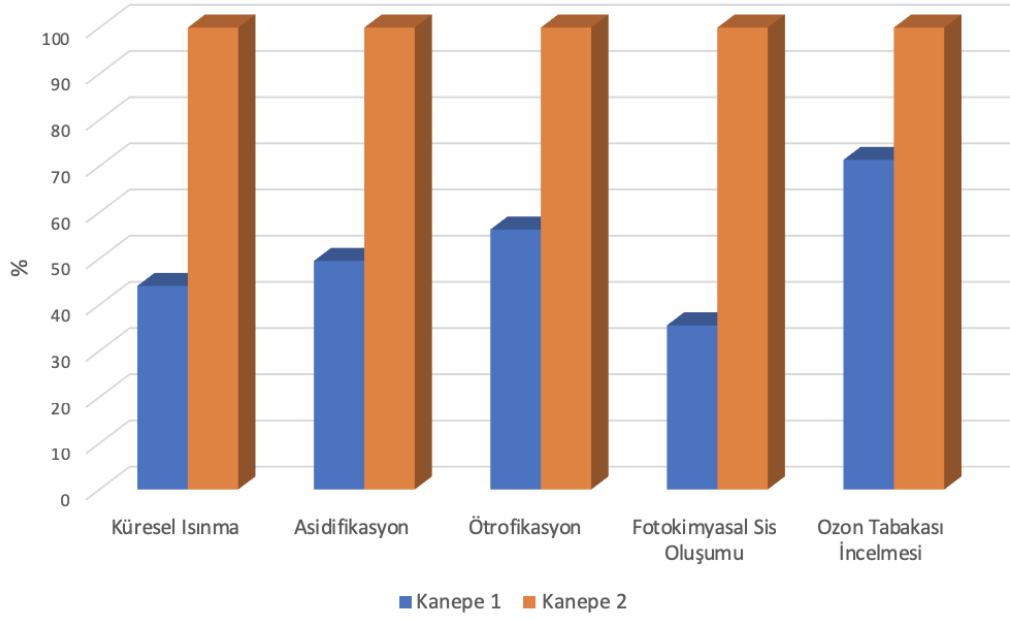
#### 4.8 İncelenen Kanepelerin Karşılaştırılması

Kısım 4.4 ve 4.5'de incelenen her iki kanepenin yaşam ömürleri boyunca oluşan toplam çevresel etkiler Çizelge 4.37'de verilmiştir.

**Çizelge 4.37:** Kanepe 1 ve kanepe 2 toplam çevresel etkileri.

| Etki Sınıfı              | Birim              | Kanepe 1 | Kanepe 2 |
|--------------------------|--------------------|----------|----------|
| Küresel Isınma           | kg CO <sub>2</sub> | 166,80   | 378,5    |
| Asidifikasyon            | kg SO <sub>2</sub> | 0,81     | 1,64     |
| Ötrofikasyon             | kg N               | 0,14     | 0,24     |
| Fotokimyasal Sis Oluşumu | kg O <sub>3</sub>  | 10,50    | 29,52    |
| Ozon Tabakası İncelmesi  | kg CFC             | 2,38E-07 | 3,33E-07 |

Her iki ürünün oturma amacına yönelik olması ancak kanepe 2'nin kanepe 1'den farklı olarak yan ve arka taraflarındaki çıkıntılar sayesinde sehpa ve otururken rahat çalışma kullanımına uygun olduğu düşünülerek iki ürün arasında çevresel etki kıyaslaması yapılmıştır. Fonksiyonel birimlerin, modelleme süresinde ve sonuçlarda kullanılan methodların aynı olması kıyaslama yapılabilmesini mümkün kılmaktadır.



**Şekil 4.29:** Kanepe 1 ve kanepe 2 karşılaştırma.

Her iki ürünün çevresel etkileri ve aralarında oluşan farklılıklar Çizelge 4.37 ve Şekil 4.29’da verilmiştir. Tüm etki kategorilerinde ürünlerin toplam yaşam döngüsü etkileri incelendiğinde Kanepe 2’nin Kanepe 1’e kıyasla daha fazla çevresel etkileri olduğu görülmektedir. Ancak bu kıyaslama yapılırken Kanepe 2’nin tasarımındaki farklılıklardan dolayı servis ve rahat çalışma alanı olarak kullanılabilecek yüzeylerinin olması Kanepe 1 ürünü kullanıldığı zaman oluşacak sehpa gibi ayrı bir mobilya ihtiyacını kendi içinde karşıladığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Her iki ürünün üretim aşaması incelendiğinde bu süreçte oluşan etkilerin arasında çok az farklılık olduğu tespit edilmiştir. Ürünlerin üretim aşamalarında çok yakın etkilere sahip oluşu her iki ürünün de benzer üretim aşamalarından geçerek üretiliyor olması ve aynı miktarda ambalaj malzemesi kullanılıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer aşamalar incelendiğinde ise en fazla farkın dağıtım ve kullanım aşamasından geldiği görülmektedir. Bunun sebebi, Kanepe 1’in son kullanıcı taleplerinin fabrikaya yakın lokasyonlarda bulunuyor olması dağıtım süreçlerinde ortaya çıkan çevresel etkileri minimize etmeyi sağlamıştır. Kanepe 2’nin KIP, FKS ve Asidifikasyon etkilerinde Kanepe 1’e göre %50’den daha fazla, Ötrofikasyon ve OTİ’de ise %30 oranında daha fazla çevresel etkilere sebep olduğu tespit edilmiştir.





## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı ofis mobilyalarının, üretim yapan bir tesisten elde edilen gerçek veriler üzerinden YDA kullanılarak çevresel etkilerin ortaya konulduğu ve olası çevresel etkileri azaltabilmek için çeşitli stratejilerin sunulduğu bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

Çalışma masasına ait inceleme sonuçları araştırılan tüm etki kategorilerinde en fazla etkinin masanın yaşam döngüsündeki hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklandığını göstermiştir. Yaşam sonu aşamasının ise KIP kategorisi hariç asidifikasyon, ötrofikasyon, fotokimyasal sis oluşumu ve ozon tabakası incelmesinde çevresel etkileri azaltıcı yönde faydalı sonuçlar oluşturduğu ortaya konmuştur. KIP üzerinde en etkin aşama yaklaşık %48 katkı ile hammadde çıkarımı ve işlenmesindedir. Daha sonra sırasıyla yaklaşık %38, %10 ve %4 katkılara sahip yaşam sonu, üretim ve dağıtım aşamaları gelmektedir.

Ofis Koltuğu 1'e ait yapılan YDA sonuçları tüm etki kategorilerinde incelendiğinde en fazla etkinin üründe kullanılan malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve işlenmesi aşamasından kaynaklı olduğunu göstermiştir. Ardından ikinci büyük etkinin tüm kategorilerinde üretim aşamasından geldiği tespit edilmiştir. Küresel Isınma Potansiyeli üzerinde en etkin aşama %75,6 katkı ile hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşamasından gelirken bu sıralama %9,2 üretim, %8,3 yaşam sonu, %4,7 dağıtım ve kullanım ve %2,2 ulaşım aşamalarında gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklı oluşmaktadır.

Ofis Koltuğu 2 için beşikten mezara yapılan YDA sonuçları göstermektedir ki tüm etki kategorilerinde %70'in üzerinde katkılarla en fazla ürünün yaşam döngüsündeki hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasında gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. FKS ve AP etkilerinde dağıtım ve kullanım aşamasından kaynaklı etkiler ikinci sırada yer alırken ÖP etkisinde ikinci büyük etki üretim aşamasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. ÖTİ etkisinde ise yaşam sonu faaliyetlerinin çevreye faydalı sonuçlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. KIP etkisinde

%70 hammadde çıkarımı ve işlenmesi aşamasından kaynaklı etkiler ilk sırada yer alırken bu sıralama yaşam sonu %10,6, üretim %7,7, ulaşım %6,3, ve %5,4 dağıtım ve kullanım aşamalarından kaynaklı oluşmaktadır.

Ofis Koltuğu 1 ve 2 çevresel etkileri açısından karşılaştırıldığında, Ofis Koltuğu 2'nin OTİ hariç tüm etki kategorilerinde daha fazla çevresel etkiye neden olduğu saptanmıştır. Çevresel etkilerdeki bu artış KIP'ta %17, AP'de %42, ÖP'de %48, FKS'de ise %39 düzeylerindedir. Bu bulgular ürün tasarımının çevresel etkiler üzerindeki etkisinin önemini göstermektedir. Ofis Koltuğu 2'nin daha az OTİ'ye sahip olmasının nedeninin yaşam döngülerindeki hammadde aşamasından kaynaklandığı saptanmıştır. Ofis Koltuğu 1'in ayarlanabilir yükseklik mekanizmasının bulunması, buna karşın Ofis Koltuğu 2'de yüksekliği ayarlanamayan sabit bir mekanizma olmasının OTİ'yi etkilediği düşünülmektedir. Her iki oturma birimi için de hammadde çıkarımı ve işlenmesi prosesleri incelenen kategorilerde en fazla etkiyi yapan aşamadır. Ofis Koltuğu 1 için mekanik bölümler ve ayaklar için kullanılan alüminyum, poliüretan köpük ve tekstil bu aşamaya en fazla etkiyi sağlayan girdilerdir. Taşınım süresinde oluşan etki uçak ile yapılan taşımadan kaynaklanmaktadır. Her iki ürün için de dağıtım ve kullanım sırasında oluşan etki nihai ürün kağıt ambalaj atıklarının düzenli depolamaya gönderilmesi prosesinden dolayı oluşmaktadır. Üretim aşamasından kaynaklı etkilerin oluşmasında ise ambalaj malzemelerinin kullanımından kaynaklanmaktadır. Yaşam sonu aşamasında ise yaşam ömrünü tamamlayan ürünün düzenli depolamaya gönderilmesi işleminden kaynaklı oluştuğu gözlemlenmiştir.

Kanepe 1 için yapılan YDA sonuçları incelendiğinde KIP, AP, ÖP, FKS ve OTİ'de sırasıyla %53,3, %74,5, %77,1, %65,3 ve %93,8 katkı oranlarıyla en fazla etkinin ürünün üretilmesinde kullanılan ana malzemelerin hammaddelerinin çıkarılması ve işlenmesi aşamasından geldiği görülmektedir. İkinci olarak en büyük katkı KIP etkisi hariç ele alınan diğer etki kategorilerinde üretim aşamasından kaynaklı oluşmaktadır. KIP etkisinde en etkin aşama %53,3 katkı ile hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşamasından gelirken bu sıralama %17,3 yaşam sonu, %14,6 üretim, %8 dağıtım ve kullanım ve %6,8 ulaşım aşamalarında gerçekleşen faaliyetlerden kaynaklı oluşmaktadır.

Kanepe 2 için yapılan beşikten mezara YDA sonuçları incelendiğinde ise KIP etkisinde en fazla etkinin dağıtım ve kullanım aşamasından kaynaklı olduğu görülmektedir. %38 oranında çevresel etki oluşturan dağıtım ve kullanım aşamasından sonra sırasıyla %31,4 hammadde çıkarılması ve işlenmesi, %19,3 yaşam sonu, %6,4 üretim ve %4,8 ulaşım şeklinde ürünün yaşam döngüsündeki diğer aşamalardan kaynaklı çevresel etkilerin olduğu görülmektedir. Ürünün KIP oluşumuna etkisindeki tüm bu aşamalara ait detaylı proses incelemesi yapıldığında dağıtım ve kullanım aşamasında oluşan etkinin %94,05'inin ürünün yurt dışına uçak ile taşınmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamada yapılabilecek iyileştirme olarak ürünün sadece Türkiye içinde dağıtıldığı ve yurt dışına deniz yolu, Avrupa'ya ise tırlar ile taşınmasının gerçekleştiği durumlara ait yapılan senaryo analizlerinde ürünün yaşam ömrü boyunca oluşan tüm çevresel etki kategorilerinde azalma sağlanmıştır. KIP etkisi için ürünün yurt dışına uygun ulaştırma araçları ile taşınımı gerçekleştiği durumda toplamda %33'lük bir azalma sağlarken, Türkiye içinde dağıtıldığı durumda %22'lik bir azalma sağlamaktadır.

Ürünün hammadde çıkarılması ve işlenmesi aşamasında ana malzeme olarak kullanılan kumaşın KIP etkisi üzerine toplam etkisi %65,51 ile ilk sıradadır. Ardından %15,05 kontrplak ve %7,51 ile elyaf kullanımından kaynaklı oluşmaktadır. Üretim aşamasında en fazla etki (%36) nihai ürün ambalajında kullanılan oluklu mukavva kullanımından kaynaklanırken gelen malzemelerin kağıt ambalaj atıklarının düzenli depolamaya gönderilmesi işleminin üretim aşamasına etkisi %21,5 ile ikinci sıradadır. Yaşam sonu aşamasında ürünün düzenli depolamaya gönderilmesinin etkisi ise %70,74 iken yakma prosesinin etkisi %29,3'tür. Bu oranlar göz önünde bulundurularak ürünün yaşam ömrü boyunca oluşan etkilerin azaltılabilmesi için bu çalışma kapsamında yapılan senaryo analizleri dışında ambalajda kullanılan malzemelerde geri dönüştürülmüş içerik ve yenilikçi tasarımlar önerilmektedir. Kağıt atıkların ise düzenli depolamaya gönderilmesinden kaçınılması önerilmektedir.

YDA çalışmalarından sağlıklı çıktılar elde edilebilmesi için gerçekleştirilen modellemede yerel verilerin kullanılması önem taşımaktadır. Ülkemizde bu yönde yapılmış çalışmalar çok kısıtlıdır. Bu nedenle bu çalışmada yürütülen araştırmaya benzer, yerel veriler kullanılarak YDA değerlendirmelerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Gamage, G. B., Boyle, C., McLaren, S., & McLaren, J.** (2008). Life cycle assessment of commercial furniture: a case study of Formway LIFE chair. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 401-411.
- Iritani, D., Silva, D., Saavedra, Y., Grael, P., & Ometto, A.** (2015, May 17). Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry. *Journal of Cleaner Production*, s. 308-318.
- ISO (2006) ISO 14044: Environmental Management – life cycle assesment – requirements and guidelines.** International Standards Organization, Geneva, Switzerland.
- Kim, S.,** 2009. Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission. *Bioresour. Technol.* 100, 744-748.
- Kim, S.,** 2010. The reduction of formaldehyde and VOCs emission from wood-based flooring by green adhesive using cashew nutshell liquid (CNSL). *J. Hazard Mater.* 182, 919-922.
- McDonough, W., & Braungart, M.** (2002). *Cradle to cradle*. New York: North Point Press.
- NSF International.** (valid through August 6, 2020). Product Category Rule for Environmental Product Declarations *BIFMA PCR for Office Furniture Workspace Products: UNCPC 3814*, Newton, Massachusetts, ABD.
- NSF International.** (valid through September 30, 2019). Product Category Rule for Environmental Product Declarations *BIFMA PCR for Seating: UNCPC 3811*, Newton, Massachusetts, ABD.
- Pre Consultants** (2006) SimaPro v. 7.0. Amersfoort, The Netherlands
- Schenck, R., & White, P.** (2014). *Environmental Life Cycle Assessment*. Washington: American Center for Life Cycle Assessment.
- Schenck, R., & White, P.** (2014). Environmental Life Cycle Assessment. M. Chester, & P. White içinde, Framework of Life Cycle Assessment (s. 8-10). Washington: American Center for Life Cycle Assessment.
- Serin, H., Durgun, M., & Şahin , Y.** (2014, 2(Special Issue 6)). Furniture sector of Turkey. *European Journal of Research on Education*, s. 147-151.
- Silva, D.A.L., Rocco Lahr, F.A., Garcia, R.P., Freire, F.M.C.S., Ometto, A.R.,** 2013a. Lifecycle assessment of medium density particleboard (MDP) produced in Brazil. *Int. J. Life Cycle Assess.* 18, 1404-1411.
- Silva, D.A.L., Rocco Lahr, F.A., Varanda, L.D., Christoforo, A.L., Ometto, A.R.,** 2015. Environmental performance assessment of the melamine-

urea-formaldehyde (MUF) resin manufacture: a case study in Brazil.  
*J. Clean. Prod.* 96, 299-307.

**T.C Kalkınma Bakanlığı.** (2015). *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Mobilya Çalışma Grubu.* Ankara.

**Varanda, L.D., Nascimento, M.F., Christoforo, A.L., Silva, D.A.L., Rocco Lahr, F.A.,** 2013. Oat hulls as addition to high density panels production.  
*Mat. Res.* 16,1355-1361.

**Wechsler, A., Zaharia, M., Crosky, A., Jones, H., Ramirez, M., Ballerini, A., Nunez, M., Sahahwalla, V.,** 2013. Macadamia (*Macadamia intergrifolia*) Shell and castor (*Ricinos communis*) oil based sustainable particleboard: a comparision of its properties with conventional wood based particleboard. *Mater. Des.* 50, 117-123.



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Merve Mermertaş  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 01.11.1989 - İstanbul  
**E-posta** : mervemermertas@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans** : 2013, İTÜ, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği  
: 2013, State University of New York at Buffalo, Bachelor of Science, Environmental Engineering

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013 yılında mezun olduktan sonra çevresel sürdürülebilirlik alanında danışmanlık veren firmalarda çeşitli pozisyonlarda çalışmıştır.
- 2018 yılında YDA alanında uluslararası geçerliliği olan Life Cycle Assessment Certified Professional sertifikasını almıştır.

### DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Mermertaş M., Germirli Babuna F.** 2018. Life Cycle Environmental Impact Analysis of HDPE Packaging Materials for Different Disposal Options, *Recycling and Reuse Approaches for Better Sustainability* – pg. 55-61.
- Mermertaş M., Özsoy K., Gloria T. P., Germirli Babuna F.** 2018. Comparing Environmental Impacts of Two Office Seating Units Via Life Cycle Assessment. *Protection and Restoration of the Environment*, July 3-6, 2018 Thessaloniki, Greece.
- Mermertaş M., Özsoy K., Gloria T. P., Germirli Babuna F.** 2018. Appraisal of Environmental Impacts of an Office Desk through Life Cycle Approach. *Eurasia 2018 Waste Management Symposium* , May 2-4, 2018.
- Mermertaş M., Özsoy K., Gloria T. P., Germirli Babuna F.** 2018. Environmental Sustainability of A Sofa. *Eurasia 2018 Waste Management Symposium* , May 2-4, 2018.

- **Mermertaş M., Özsoy K., Gloria T. P., Germirli Babuna F.** 2017. Developing The Use Of Life Cycle Assessment In Commercial Organisations: A Case Study On Furniture Production. *LCA XVII Conference Portsmouth, NH*, October 3-5, 2017.

