



BİR ARAÇ KOLTUĞUNUN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ İLE ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Erdem Emrah KILIÇ

Yüksek Lisans Tezi

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Şule ALTUN

2017



T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR ARAÇ KOLTUĞUNUN YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdem Emrah KILIÇ

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

BURSA
Ocak 2017

**BİR ARAÇ KOLTUĞUNUN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ İLE
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ TEZİ ONAY FORMU**

“Erdem Emrah KILIÇ” tarafından “Prof.Dr. Şule ALTUN” yönetiminde hazırlanan “BİR ARAÇ KOLTUĞUNUN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez, kapsamı ve niteliği açısından incelenmiş ve **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Şule ALTUN
Bursa Teknik Üniversitesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü

Unvanı,Adı SOYADI
(Kurumu,Bölümü)

Unvanı,Adı SOYADI
(Kurumu,Bölümü)

Unvanı,Adı SOYADI
(Kurumu,Bölümü)

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç.Dr. Murat ERTAŞ

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Erdem Emrah KILIÇ

İmzası:

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan, kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Şule ALTUN'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Mehmet FINDIK, alışma arkadaşlarım Hamdi UYSAL, Banu KARAPINAR ve Tolga TUNA'ya teőekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her alanında ve her zaman yanımda olan, gösterdikleri büyük destek ve anlayışları için annem Gülten KILIÇ, babam Hüseyin KILIÇ, kardeşlerim Selma DEMİR ve Selda KILIÇ AKBULUTO, yeğenlerim Yağmur DEMİR, Irmak AKBULUTO ve desteğini her an hissettiğim değerli nişanlım Ebru YILMAZ'a sonsuz teőekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Dış Kapak	
İç Kapak	
Tez Sınav Sonuç Formu	
İntihal Beyanı	
Teşekkür	
İçindekiler	v
Şekil Listesi	vii
Çizelge Listesi	viii
Sembol ve Kısaltma Listesi	ix
Özet	xi
Abstract	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
2.1 Tekstilde Çevre Sorunları	2
2.2 Otomotiv Üretimi	4
2.2.1 Otomotiv üretiminde çevre bilinci	5
2.3 Otomotivde Koltuk Üretimi	6
2.4 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	6
2.4.1 YDD yaklaşımı	8
2.4.2 Anahtar bileşenleri	9
2.5 Yaşam Döngüsü Metodolojisi	10
2.5.1 Amaç ve kapsamın belirlenmesi	11
2.5.2 Fonksiyonel birim ve sistem sınırlarının belirlenmesi	12
2.6 Yaşam Döngüsü Envanter Analizi	13
2.6.1 YDE nedir?	13
2.6.2 Verilerin toplanması	14
2.6.3 Sonuçların değerlendirilmesi ve dökümanite edilmesi	15
2.7 Yaşam Döngüsü Etki Analizi	16
2.7.1 YDEA'nın temel bileşenleri	17
2.7.2 Çevresel etki kategorileri	17
2.7.3 YDEA metot uygulamaları	20
2.8 Yaşam Döngüsü Yorumu	22
2.8.1 Değerlendirme	23

2.9	YDD Veri Tabanları ve Yazılımları	23
2.9.1	SimaPro	25
2.9.2	GaBi	26
2.10	YDD Uygulamaları	26
2.10.1	YDD nin geleceği	27
2.11	Sürücü Koltuğu Üretimi ve Aşamaları	29
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1	Çalışma Yürütülen Tesis	31
3.2	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmaları	33
3.2.1	Hedef ve kapsam	33
3.2.2	Envanter analizi	33
3.2.3	Etki analizi	34
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
4.1	SimaPro Yazılımı ile YDD	36
4.1.1	Envanter analizi	36
4.1.2	Etki Analizi	55
4.1.3	Yorum	62
4.2	Temiz Üretim Çalışmaları	65
4.2.1	Fırın sıcaklığının düşürülmesi	65
4.2.2	Su Bazlı Kalıp Ayırıcı Kullanımı	68
4.2.3	Plastik Gövde Kullanımı	69
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	72
6.	KAYNAKLAR	74
7.	EKLER	77
8.	ÖZGEÇMİŞ	79

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 YDD aşamaları	9
Şekil 2.2 YDE akış	14
Şekil 3.1 Üretim tesisine ait görünüm	31
Şekil 3.2 Kaynakhane genel görünümü	32
Şekil 3.3 Koltuğun şematik gösterimi a , b	34
Şekil 4.1 Talaşlı imalat veri girişi ekranı	37
Şekil 4.2 Kaynakhane veri girişi ekranı	40
Şekil 4.3 Boyahane veri girişi ekranı kütüphane	41
Şekil 4.4 Boyahane veri girişi ekranı	44
Şekil 4.5 Süngerhane veri girişi ekranı	46
Şekil 4.6 Tekstil merkezi veri girişi ekranı	49
Şekil 4.7 Montaj veri girişi ekranı	51
Şekil 4.8 Lojistik veri girişi ekranı	52
Şekil 4.9 Kazan dairesi veri girişi ekranı	54
Şekil 4.10 Geri kazanım veri girişi ekranı	55
Şekil 4.11 Genel çıktı veri girişi ekranı	55
Şekil 4.12 Talaşlı imalat küresel ısınma etkisi	56
Şekil 4.13 Kaynakhane küresel ısınma etkisi	57
Şekil 4.14 Boyahane I. yöntem küresel ısınma etkisi	57
Şekil 4.15 Boyahane II. yöntem küresel ısınma etkisi	58
Şekil 4.16 Süngerhane küresel ısınma etkisi	58
Şekil 4.17 Tekstil merkezi küresel ısınma etkisi	59
Şekil 4.18 Montaj küresel ısınma etkisi	60
Şekil 4.19 Lojistik küresel ısınma etkisi	60
Şekil 4.20 Kazan dairesi küresel ısınma etkisi	61
Şekil 4.21 Koltuk küresel ısınma etkisi	61
Şekil 4.22 Enerji girdisi etkisi	62
Şekil 4.23 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etkisi	66
Şekil 4.24 Solvent yerine su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi	68
Şekil 4.25 Çelik alaşım iskeletli koltuk üretimi	70
Şekil 4.26 Plastik iskeletli koltuk üretimi	70

ÇİZELGE LİSTESİ

sayfa no

Çizelge 2.1 Tekstil liflerinin çevresel analizi	3
Çizelge 2.2 YDD çalışmalarında sıklıkla kullanılan etki kategorileri	18
Çizelge 2.3 YDEA faktörleri ve tanımları	20
Çizelge 2.4 Eco-indicator metodunun grafiksel sunumu	21
Çizelge 2.5 Kabul görmüş bazı ticari YDD yazılım programları	24
Çizelge 4.1 Talaşlı imalat girdi ve çıktı listesi	36
Çizelge 4.2 Talaşlı imalat girdi miktarları	37
Çizelge 4.3 Talaşlı imalat çıktı miktarları	37
Çizelge 4.4 Kaynakhane girdi ve çıktı listesi	38
Çizelge 4.5 Kaynakhane girdi miktarları	38
Çizelge 4.6 Kaynakhane çıktı miktarları	39
Çizelge 4.7 Boyalı parçaların yüzey alanları	40
Çizelge 4.8 Boyahane girdi ve çıktı listesi	42
Çizelge 4.9 Boyahane girdi miktarları	42
Çizelge 4.10 Boyahane çıktı miktarları	43
Çizelge 4.11 Süngerhane girdi ve çıktı listesi	45
Çizelge 4.12 Süngerhane girdi miktarları	45
Çizelge 4.13 Süngerhane çıktı miktarları	45
Çizelge 4.14 Laminasyonlu kumaş içerikleri	46
Çizelge 4.15 Yüzdesel hav içerikleri	47
Çizelge 4.16 Yüzesel atkı içerikleri	47
Çizelge 4.17 Yüzesel çözgü içerikleri	47
Çizelge 4.18 Kumaş içerikleri	47
Çizelge 4.19 Kılıf girdi ve çıktı listesi	48
Çizelge 4.20 Kılıf girdileri	48
Çizelge 4.21 Kılıf çıktı	49
Çizelge 4.22 Montaj girdi ve çıktı listesi	50
Çizelge 4.23 Montaj girdi miktarları	50
Çizelge 4.24 Lojistik girdi ve çıktı listesi	52
Çizelge 4.25 Kazan dairesi girdi ve çıktı listesi	53
Çizelge 4.26 Kazan dairesi girdi miktarları	53
Çizelge 4.27 Kazan dairesi çıktı miktarları	53
Çizelge 4.28 Geri kazanım miktarları	54
Çizelge 4.29 Süreçlerin yüzde olarak küresel ısınmaya etkileri	63
Çizelge 4.30 Sürücü koltuğu için etki kategorilerine göre değerler	63
Çizelge 4.31 Süreçlerin çevresel etkileri	64
Çizelge 4.32 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etki kategorilerine göre	66
Çizelge 4.33 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etkisi yüzdesel	67
Çizelge 4.34 Su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi etki kategorilerine göre	68
Çizelge 4.35 Su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi yüzdesel	69
Çizelge 4.36 Plastik ve çelik iskeletli koltuk karşılaştırması yüzdesel	71
Çizelge 4.37 Plastik ve çelik iskeletli koltuk karşılaştırması	71

SEMBOL VE KISALTIMA LİSTESİ

AR-GE	Araştırma Geliştirme
AGV	Automated guided vehicle
BM	Birleşmiş Milletler
Cd	Kadmiyum
CH ₄	Metan
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon dioksit
CFC-11	trikloroflorometan
CFC	Kloroflorokarbonlar
CH ₃ Br	Metilbromid
ÇEİ	Çevresel etki indeksi
DI	Deiyonize
DDT	Dikloro difenil trikloroetan
ESİ	Ekolojik sürdürülebilirlik indeksi
EUCAR	The European Council for Automotive
HCFC	Hidrokloroflorokarbonlar
HCl	Hidroklorik asit
ISO	International Standards Organization
kWh	Kilowatt-saat
NO ₂	Azot dioksit
N ₂ O	Diazot monoksit
NO _x	Nitrojen oksitler
NO	Nitrik oksit
NO ₄	Nitratlar
NH ₄	Amonyak
NMHC	Metan olmayan hidrokarbon
MDI	Metilen difenil diisosiyanat
P	Fosfor
PA	Poliamid
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
Pb	Kurşun
PE	Polietilen
PO ₄	Fosfat
PP	Polipropilen
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SO ₂	Sülfür dioksit
SO _x	Sülfüroksitler
Tg	Camsı geçiş sıcaklığı
USCAR	United States Council for Automotive
USEPA	United States Environmental Protection Agency
UNEP	United Nations Environment Programme
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

YDE	Yaşam Döngüsü Envanteri
YDEA	Yaşam Döngüsü Etki Analizi
YDSA	Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi
W	Watt



ÖZET

BİR ARAÇ KOLTUĞUNUN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Erdem Emrah KILIÇ

Bursa Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Prof.Dr. Şule ALTUN

07/02/2017, 92

Dünya’da hızla gelişmekte olan teknoloji ile birlikte ortaya çıkan ihtiyaçlar birçok çevresel etkiyi de beraberinde getirmektedir. Ortaya çıkan bu etkilere karşı gereken önlemlerin alınması için öncelikle çevresel yük yaratan kaynakların bir sistem dahilinde tespit edilmesi gereklidir. Çevresel etkilerin azaltılması ancak doğru şekilde yapılan değerlendirmeler ile gerçekleştirilebilir. Bu etkileri ortaya çıkaran en iyi yöntemlerden birisi de ürün veya süreçlerin tüm yaşam evrelerini kapsayan yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisidir.

Bu çalışmada SimaPro programı kullanılarak Ecoinvent veri tabanına göre bir araç koltuğunun çevresel etkileri değerlendirilmiştir. Küresel ısınma potansiyeline en yüksek katkı çelik alaşımından gelmektedir. Çelik alaşım yerine kompozit malzeme kullanılması durumunda etkinin % 55’e yakın oranda azaltılabileceği görülmüştür. Kullanılan fırın sıcaklığında, ürün kalitesini bozmadan yapılan azaltma ile fonksiyonel birim başına yıllık 633,6 kg CO₂ eşdeğeri düşüş sağlanabilmektedir. Enerji girdisi yüksek olan kaynak prosesinin tüm süreçlerde en yüksek çevresel etkiyi yarattığı tespit edilmiş, diğer süreçler için de alternatif temiz üretim çalışmaları ile çevresel yükün azaltılması sağlanmıştır.

Anahtar sözcükler: ISO 14040, Otomotiv, SimaPro, Sürücü Koltuğu, Temiz Üretim, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSIS OF A TRUCK SEAT VIA LIFE CYCLE ASSESSMENT

Erdem Emrah KILIÇ

Bursa Technical University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Fiber and Polymer Engineering

Master of Science Thesis

Prof. Dr. Şule ALTUN

07/02/2017, 92

The necessity that arise as a result of rapidly improved technology in the World bring with several environmental impacts. It is necessary to determine the sources that cause environmental impacts in order to be able to take necessary measures against to these impacts with in a system. The reduction of these environmental impacts can be only achieved if assessments are made by correctly. One of the optimized techniques that evaluate these impacts is life cycle assessment method which involves all life cycle steps of products or processes.

In this study, it was evaluated the environmental impacts of a vehicle seat by using SimaPro software with regard to Ecoinvent database. The highest contribution of the global warming is coming from steel alloy. It was revealed that using composite material decreases this impact around 55 % instead of using steel alloy. The oven temperature reduction without any quality defect provides 633,6 kg CO₂ equal reduction per functional unit. It was observed that the welding process with highest energy input causes highest environmental impacts. For the other processes the reduction of environmental impacts was provided by alternative cleaner productions.

Key words: Automotive, Cleaner Production, Driver Seat, ISO 14040, Life Cycle Assessment, SimaPro,

1. GİRİŞ

Günümüzde, artan dünya nüfusu ile birlikte tüketim ve buna bağlı olarakda çevre sorunları giderek artış göstermektedir. Gerek çevre bilinci gelişmiş ülkeler gerekse sivil toplum kuruluşları ve organizasyonları bu durumu gözler önüne serebilmek adına çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Ülkeler çıkardıkları yasa ve yönetmeliklerle çevreye verilen zararların ve etkinin kontrol altında tutulmasını planlamaktadır. Bunun için atıkların geri kazanımları ile çevreye olan yüklerinin azaltılması, kaynakların doğru kullanımıyla da sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenilmektedir.

Çevresel etkileri en aza indirebilmek için bir ürün veya sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca olan etkilerinin tespit edilmesi ve buna bağlı olarak değerlendirilmesi gereklidir. Çeşitli aşamalardan geçen ürünler farklı çevresel etkilere neden olabilir. Bu sebeple ortaya çıkarılması istenilen çevresel yüke neden olan girdiler ve çıktılar tüm aşamalarıyla göz önüne alınmalıdır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ürün ve/veya süreçlerin tüm yaşam evrelerini dikkate alan bir teknik olması nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir. ISO 14044 standardı referans alınarak sırasıyla amaç ve kapsam, envanter analizi, etki analizi ve sonuç aşamaları kullanılarak çevresel etki değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar Ecoinvent veritabanına sahip SimaPro yazılım programı desteğiyle yapılmıştır.

Çalışma otomotiv alanında faaliyet gösteren; talaşlı imalat, kaynakhane, boyahane, süngerhane, montaj ve lojistik süreçleri bulunan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Üretimi yapılan ağır vasıta sürücü koltuğu fonksiyonel birim olarak seçilmiş, değerlendirme bu koltuğun yıllık üretim miktarı üzerinden yapılmıştır. Kapıdan-kapıya yöntemi kullanılarak yalnızca firma içerisinde yer alan süreçler girdi ve çıktılarıyla değerlendirmeye alınmıştır.

Bu çalışma ile ağır vasıta araçlarda sürücü koltuğu olarak kullanılan ürünün üretimi sırasında oluşan çevresel etkinin değerlendirilmesi ve çıkan sonuçların göz önünde bulundurularak, çevresel etki yükünün azaltılması amaçlanılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Tekstilde Çevre Sorunları

Artan farkındalık ve çevresel konulara karşı duyulan sosyal sorumluluk, tekstil endüstrisinde de ürünlerin gelişmiş çevresel profile sahip olmaları konusunu gündeme getirmiştir. Tekstil üretiminde kullanılan pamuk, yün, naylon, polyester ve deri gibi malzemelerin potansiyel çevre yükleri söz konusudur. Tekstil endüstrisi ana girdileri olan bu malzeme ve liflerin çevresel etkilerini azaltmayı sağlayacak çeşitli analizlerde bulunmaktadır. Bu noktada üreticiler kadar tüketicilere ve devlet kurumlarına da birçok görevler düşmektedir. Bir ürünün çevresel etkilerini tam anlamıyla değerlendirmek oldukça zor bir süreçtir. Yapılan bu zor analiz ve değerlendirme çalışmalarına hükümetler, firmalar ve tüketicilerce gereken önem verilmemesi durumunda ne yazık ki başarıya ulaşamayacak ve yetersiz seviyelerde kalacaktır.

Önceki yıllarda çevre dostu, çevreye duyarlı, eko-güvenli, geri dönüşümlü ve yeşil ürün olarak tanımlanan birçok malzeme çevreye en az negatif etki yaratan ürünler olarak tanımlanmış ve bu tanımlamalar tüm ürünler için farklı şekillerde gündeme gelmiştir. Ancak zayıf olan bazı tanımlamalar nedeniyle etiketli ürünlerin tam anlamıyla tüm çevresel etkileri kapsamaması ve birçok şüpheli ürünün bu etiketleri alması etiketlere olan inancı sarsmıştır. Ayrıca yapılan analiz çalışmaları göstermiştir ki yalnızca çevresel etki değerlendirmeleri yetersiz kalmamış, tüketiciler de bu tanımlamaları yetersiz seviyede anlamıştır [1].

Toplumda tekstil ürünlerinde kullanılan doğal liflerin genelde çevreye duyarlı olduğu düşünülmektedir oysa bu değerlendirmenin tam anlamıyla doğru olduğu söylenemez. Doğal lif içeren bir tekstil ürünü için sadece bu gösterge onun çevre dostu bir ürün olduğu anlamını taşımaz. Çevresel etkiler değerlendirildiğinde ürünün sadece doğal yollarla üretiliyor ya da işleniyor olması değil, üretimi ve kullanımı sırasında ihtiyaç duyulan enerji miktarı gibi faktörler de büyük önem taşımaktadır.

Tekstil ve giyim sektörü hammadde kaynağı olan lif, yarı süreçler olan iplik, dokuma, örme daha sonra gördüğü terbiye işlemleri gibi birçok aşamadan geçtikten sonra halı, ev tekstili, gysi ve endüstriyel tekstil kullanımları ürünlerine dönüşür [1].

Dünya genelinde doğal lif tüketiminin % 82 den fazlasını pamuk oluşturmaktadır. 75'ten fazla

ülkede pamuk yetiştirilmesi için kullanılan tarım arazisi miktarı yaklaşık olarak 32,4 milyon hektardır. 2013/2014 yılları verilerine göre toplam üretilen pamuk lifinin % 80'i, 25,6 milyon ton olarak 6 ülke tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunlar: Çin, ABD, Pakistan, Brezilya ve Özbekistan'dır. Bu sıralamada Türkiye Özbekistan'ın ardından 7. sırada yer almaktadır. Tekstil ve giyim sektörü 2013'de gerçekleştirdiği 27,7 milyar dolar işlem hacmi ile Türkiye ekonomisinde önemli bir noktaya gelmiştir. Bu rakam toplam ihracat içerisinde % 18'lik bir pay anlamına gelmektedir [2].

Çizelge 2.1 Tekstil liflerinin çevresel analizi [1]

Tekstil Lifi	Çevre Kirliliği Potansiyeli	Yenilenebilir Kaynaklardan Eldesi	Tamamen Bioçözünürlük	Tekrar Kullanım / Geri Dönüşüm
Pamuk	Gübreler, Pestisitler Herbisitler boyalar ve bitim kimyasalları kullanımı ile Hava, Su ve Toprak kirliliği	Pamuk, yenilenebilir pamuk bitkisinden elde edildiğinde	Evet	Evet /Boya ve diğer lifleri içerdiğinden geri dönüşümü zordur
Yün	Temizleme, boya ve bitim işlemlerinde kullanılan kimyasal kaynaklı kirlilikler	Koyunlardan elde edildiği için yenilenebilir	Evet	Evet / Geri dönüştürülebilir
Polyester	Boya ve bitim işlemlerinde kullanılan kimyasal kaynaklı kirlilikler	Petrol kaynakları yenilenebilir değildir	Hayır	Evet / % 100 Polyester geri dönüştürülebilir
Naylon	Boya ve bitim işlemlerinde kullanılan kimyasal kaynaklı kirlilikler	Petrol kaynakları yenilenebilir değildir	Hayır	Evet / % 100 Naylon geri dönüştürülebilir

Küresel tekstil tüketiminin bir yılda 30 milyon tondan fazla olduğu tahmin edilmektedir dolayısıyla bu ürünlerin çevresel sonuçları da önemli bir sorun teşkil etmektedir. Tekstil ürünlerinin çevresel etkilerinin üretim, kullanımı ve bertarafı sırasında oluştuğu söylenebilir. Yenilenebilir kaynakların kullanılmaması, hammadde üretimi ve kimyasalların oluşturduğu çevresel etkiler ve yüksek enerji tüketimi üretim adımındaki etkiler olarak sayılabilir. Bertaraf edilmeleri aşamasında ise geri dönüştürülebilir ve/veya biobozunur olmaları önemlidir. Günümüzde artan üretimle birlikte bu tür çevre etkilerinin de belirgin hale geldiği gözlenmektedir. Liflerin çevresel etkileri Çizelge 2.1'de özet olarak gösterilmiştir [1].

Liflerin toplam çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde çevresel etki indeksi (ÇEİ) ve ekolojik sürdürülebilirlik indeksi (ESİ) de kullanılmaktadır. Bu indekslerle; liflerin üretim sırasında ortaya çıkan karbondioksit ve diğer emisyonlarla küresel ısınmaya olan etkisi, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı, toprak kullanımı, gübre ve pestisit kullanımı, liflerin geri dönüştürülebilirliği ve biobozunurluğu değerlendirilmektedir. Tüm bu değerlendirmeler ürüne ait yaşam döngüsü ve bu döngü içerisindeki çevresel etkiler saptanarak gerçekleştirilir. Örneğin organik pamuk için ÇEİ 11, ESİ 71 iken konvansiyonel pamuk ve viskon için ÇEİ 16, ESİ 57, polyester için ÇEİ 29,9 ve ESİ 21 değerlerini almaktadır [3].

2.2 Otomotiv Üretimi

Otomotiv sanayisi kaynak yoğunluğu en yüksek olan sektörlerden birisidir. Ayrıca otomotiv üretimi nispeten az sayıda olan büyük üreticilerin kontrolü altındadır. Endüstriye yön veren ülkeler özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika ülkeleridir.

Genel olarak otomotiv endüstrisi son yıllarda aerodinamik kalıpların geliştirilmesiyle birlikte taşıt ağırlıklarını azaltmayı hedefleyen sorunlar üzerinde çalışmalara yoğunlaşmıştır. Üretim işlemleri, emisyon ve benzeri maddelerin miktarlarının düşürülmesiyle daha çevreci bir hale gelmiştir. İlerleyen zamanlarda fabrika atıklarının toplanması, alternatif yakıtlar ve elektrik/hibrid araçların gelişimi için yükselen oranda AR-GE (Araştırma Geliştirme) bütçeleri ayrılmasıyla geleceğin güvence altına alınması hedeflenilmektedir. Otomotiv endüstrisi geri dönüşümde özellikle şu noktalar üzerinde durmaktadır; geri dönüştürülmüş materyallerin kullanımını kolaylaştırmak için yeni teknolojilerin geliştirilmesi, geri dönüştürülebilir araçların tasarımı, geri dönüştürülmüş maddelerden yapılan bileşenlerin tasarımı ve geri dönüştürülmüş materyallerin kullanım oranlarının artırılması.

Ömrünü doldurmuş araçlar için Avrupalı ve Amerikalı araç üreticileri her seviyede geri dönüşüm gerçekleştirmek adına yardımcı ortaklıklar geliştirmişlerdir. Taşıt üreticileri, araçları için belirgin yakıt azaltım hedefleri tespit etmeye başlamış ve ayrıca servis istasyonları için de çevresel standartlar hazırlamışlardır [1].

Son zamanlarda yaşam döngüsü değerlendirmesi Avrupa ve Amerika otomobil endüstrilerinin ilgi alanına girmiştir. Bu çalışmalar içinde farklı malzemeler, işlemler ve yöntemlerin yaşam

döngüsü etkilerini denetlemeye yönelik çalışmalar ve projeler bulunmaktadır. Avrupa'da EUCAR (The European Council for Automotive) ve Amerika Birleşik Devletleri'nde USCAR (United States Council for Automotive) konuyla ilgili YDD (Yaşam döngüsü değerlendirilmesi) projeleri üzerinde çalışmaktadır [4].

2.2.1 Otomotiv üretiminde çevre bilinci

Avrupa da çıkarılan geri alma yasası ile birlikte üreticilere ülkede satılan tüm araçların geri alınması şart koşulmuştur. BM'nin (Birleşmiş Milletler) aşağıda belirtilen yönergelerinin ulusal doğrular olarak benimsenmesi geri alma yasasının eski otomobillere uygulanmasında ayrıca faydalar sağlamıştır. Atıklarla ilgili olarak;

- 15 Temmuz 1975 Avrupa Ekonomi Komitesi'nin 75/442 sayılı yönergesi çevresel kirlenmelerin azaltılması ve bütünleşmişlikten kaçınma ile ilgili olarak 24 Eylül 1996 tarihli Avrupa Ekonomi Komitesi'nin 96/61/ sayılı yönergesi
- Biriken atıklarla ilgili 26 Nisan 1999 tarihli Avrupa Parlamentosu'nun Avrupa Ekonomi Komitesi'nin 1999/31/ sayılı yönergesi
- Atıkların yanmasıyla ilgili 4 Aralık 2000 tarihli Avrupa Parlamentosu'nun Avrupa Ekonomi Komitesi'nin 2000/76 sayılı yönergesi
- Eski otomobillerle ilgili 18 Eylül 2000 tarihli Avrupa Parlamentosu'nun Avrupa Ekonomik Komitesi'nin 2000/53/ sayılı yönergesi.

BM tarafından altı çizilerek önerilen bu yönergelerle birlikte, iyileştirme; süreçler için toplam hedefler de belirlenmiştir, bu hedefler:

- 2002'de iskartaya ayrılan bir araç için, ilk ağırlığının en çok % 15'i atık biriktirme deposuna gönderilebilir,
- 2015'te iskartaya çıkartılmış bir araç için, ilk ağırlığının en çok % 5'i atık biriktirme deposuna gönderilebilir [4].

Ayrıca kullanılmış ikinci el araçlarla ilgili olarak Birleşmiş Milletlerin 2000/53/EG talimatları ve 7 maddesine göre esas hedef:

- 2006 yılı için: % 85 geri-dönüşüm, % 80 malzeme geri dönüşümü, en çok % 15 atık madde

- 2015 yılı için: % 95 geri-dönüşüm % 85 malzeme geri dönüşümü, en çok % 5 atık madde olarak belirlenmiştir [4].

2.3 Otomotivde Koltuk Üretimi

Araç kullanımı sırasında konfor özelliklerine etki eden faktörlerden birisi de sürücü koltuğudur. Aynı zamanda kazalarda kişileri araç içerisinde tutma fonksiyonu sebebiyle de emniyet parçaları içermektedir. Sürücü koltuğu, yolcu ve sürücünün yoldan alacağı titreşim ve diğer olumsuzlukları yansıtmadan rahat bir kullanım ve seyahat geçirebilmesi için çeşitli kuvvet soğurma yöntemleri içerir. Kuvvetin soğurulması pnömatik sistemlerle sağlanıldığı gibi statik sistemlerle de sağlanabilir.

Genel olarak metal, poliüretan, plastik ve kumaş bileşenlerinden oluşmaktadır, otomotivin birçok alanında olduğu gibi araçların hafifletilmesi çalışmalarına sürücü ve yolcu koltukları da dâhil edilmektedir. Bu kapsamda metal alaşımlar yerine daha hafif kompozit malzemelere geçilmesi söz konusudur [5].

2.4 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Çevresel etki yaratması kaçınılmaz olan her ürün ve sürecin beşikten mezara kadar geçirdiği tüm yaşam evrelerindeki etkilerin doğru analiz edilebilmesi, tanımlanabilmesi ve önlemlerin bu doğrultu ışığında alınması gereklidir. Tüm bunların yapılabilmesi için de bir takım yeni yöntem ve tekniklerin geliştirmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaçla birlikte ortaya çıkan ve sürekli geliştirilmekte olan metotlardan birisi de YDD metodudur.

YDD ürün veya süreçlerin tüm yaşam evreleri boyunca kullanılan hammaddelerinden başlayarak üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım sonrası atık şeklinde bertarafı dâhil tüm çevresel etkilerinin belirlenmesi, raporlanması ve yönetilmesi olarak tanımlanmaktadır [6].

YDD bir ürünün çevresel etkileri ve bu döngü içerisindeki aşamaları hakkında birçok bilgiler içerir. Kimi zaman ortaya çıkan veriler çevresel etki yüklerinin bilinenlerin aksine olduğunu göstermektedir. Ortaya çıkan bilgiler daha çok bilimsel veri içerdiğinden baskın olan etkinin ortaya çıkması konusunda daha fazla bilimsel yaklaşım yaratır.

Ürün ve süreçler hakkında toplanılan bu bilgiler devletler, firmalar kadar sivil toplum örgütleri ve bireysel kullanıcılarca da ürünle ilişkili olarak alınacak kararlarda kullanılmaktadır. Örneğin; eko etiket belgelendirmeleri, ürün ve süreç geliştirmeleri ve satınalma kararlarının alınmasında YDD sonuçları destekleyici olarak kullanılmaktadır [7].

YDD çalışmalarının başlangıcı 1960'lara dayanmaktadır. 1963 yılında düzenlenen dünya enerji konferansında Horald Smith, yardımcı kimyasallar ve ürünlerin üretimi sırasında ihtiyaç duyulan toplam enerji gereksinimi miktarını hesapladığını raporlamıştır.

1960'ların sonlarına doğru bazı modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiş, değişen dünya nüfusu ve artan sınırlı hammadde ve enerji gereksinimleri üzerine öngörülerde bulunulmuş ve bu çalışmalar "The Limits to Growth" ve "A Blue Print for Survival" da yayımlanmıştır.

1969 yılında araştırmacılar Coca-Cola şirketi için mevcut yaşam döngüsü envanter analizi yönteminin temellerini atan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada farklı içecek kapları kullanılarak çevreye ve doğal kaynaklara daha az zarar veren kabın hangisi olduğunun tespit edilmesi amaçlanılmıştır [8].

1970'lerin başlarında Amerika ve Avrupa'daki diğer firmalar tarafından da karşılaştırmalı benzer yaşam döngüsü envanter analizleri gerçekleştirilmiştir. Amerika'da, ürünlerin kaynak kullanımı ve çevresel etkilerini tanımlama süreci REPA (Resource and Environmental Profile Analysis) olarak bilinmeye başlanılmış bu durum Avrupa'da ise ekolojik denge olarak tanımlanmıştır. Etkin bir şekilde YDD metodolojisini geliştirme çalışmalarının 1970'lerde Amerika'da başladığı söylenebilir.

İlerleyen zamanlarda SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) ve USEPA (United States Environmental Protection Agency), yaşam döngüsü envanter analizi ve etki değerlendirmesini daha üst seviyelere taşımak adına tasarlanmış çalışmalara ve projelere destek olmuşlardır.

Zaman içerisinde YDD'ye karşı artan farkındalık nedeniyle diğer çevre örgütlerince ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) YDD için bir standart metodoloji geliştirilmesi konusunda baskılar uygulanmıştır. 1996 yılında ilk olarak ISO tarafından ISO 14000 Çevre Yönetim sistemi yayınlanmıştır.

Son olarak ISO 14000 Çevre Yönetim Sisteminin de bir parçası olarak ISO 14040:2006 ve 14044:2006 yayınlanarak YDD gereksinimleri ve kuralları standart hale getirilmiştir. Yayınlanan ISO 14044:2006 Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – Gerekler ve Kılavuz standardı, eski versiyonları olan ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 standartlarının yerini almıştır [8].

2.4.1 YDD yaklaşımı

YDD yaklaşımı sistem, ürün, malzeme ya da süreçlerin “beşikten-mezara” kadar olan tüm ürün zincirini değerlendirmenin sistematik bir yoludur. Bu yaklaşım tüm yaşam döngüsü basamakları süresince çevreye etki eden süreçleri tanımlamak ve bunları sayısallaştırmakta kullanılmaktadır.

Bir YDD yapılmasının olası nedenleri için örnek vermek gerekirse:

- Ürün ya da süreçlerin mümkün olduğunca detaylı olacak şekilde çevreyle olan etkileşimlerini tanımlamak
- İnsan faaliyetlerinin doğaya derinlemesine nüfuz etmiş çevresel etkilerini güvence altına almak
- Karar vericilere süreçlerin çevresel etkileri üzerine bilgi sağlamak ve gelişim için olanaklar sunmak

Bir ürüne ait yaşam döngüsü sistematik olarak aşağıdaki gibi sıralandırılabilir.

- Hammaddelerin
- Malzemelerin/Yarı Malzemelerin Üretimi
- Ürünün İmalatı
- Kullanım Fazı ya da Hizmet Süresi
- Ömrünü Tamamlaması

Tüm bu evreler sırasında ürün yaşam döngüsünün çevre üzerinde etkileri mevcuttur. YDD sırasında genellikle birçok etki kategorisi kullanılır. Bunların başında küresel ısınma, su kirliliği, karasal kirlilik ve ozon tabakası incilmesi gibi konular yer almaktadır [9].

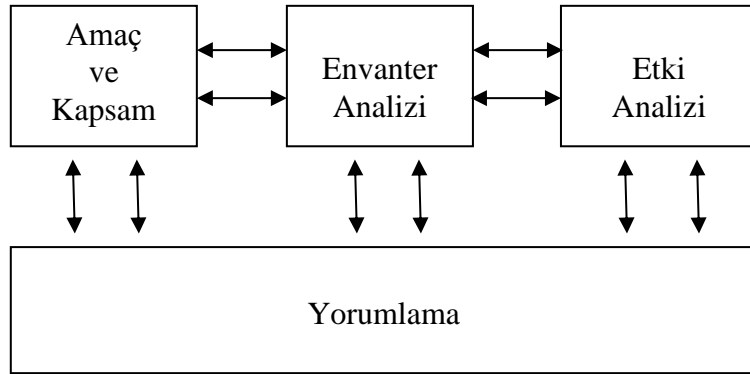
Küresel pazarda bilime dayalı olarak ürünlerin yada süreçlerin çevresel performans verilerine ve karşılaştırmalarına olan talepler artış göstermektedir. YDD bu anlamda dünya genelinde verisel ve karşılaştırılabilen temellere sahip en ileri yaklaşım olarak görülmektedir. YDD uluslararası düzeyde ISO 14040 serileri olarak standardize edilmiştir. ISO 14040 serileri geniş kapsamlı olarak YDD çalışmalarına yol gösterir bir çerçevede düzenlenmiştir. Diğer YDD temelli standartlar ise bazı yorum durumlarını tanımlamaktadır (ISO 14025 Tip III Çevresel Bildirimler) [10].

YDD, risk değerlendirme, çevresel performans değerlendirmesi, çevresel denetleme ve çevresel etki değerlendirmesi gibi birçok çevresel yönetim tekniklerinden birisidir ancak bu teknik tüm durumlar için en uygun teknik olmayabilir. YDD tipik olarak bir ürünün ekonomik ya da sosyal durumunu tanımlamaz ancak yaşam döngüsü yaklaşımı ve metodolojisi uluslararası standartla tanımlanan şekliyle farklı yönleriyle tanımlanmasında uygulanabilir [11].

2.4.2 Anahtar bileşenleri

YDD ürün veya sürecin tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan etkileri içerdiğinden bu etkiler kapsamlı olarak tüm detaylarıyla incelenmelidir. Yapılan bu bütünsel ve kapsamlı inceleme ürün veya sürece ait olası farklı değişiklikleri de karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmeyi sağlar [6].

YDD çalışmaları Şekil 2.1’de gösterildiği gibi 4 farklı aşamadan oluşur.



Şekil 2.1 YDD aşamaları [12]

1-Amaç ve Kapsam: Yürütülecek olan çalışmaya ait ürün ya da süreçlerin, çalışmanın amacının, kapsamının, fonksiyonel birimin ve sınırların detaylı olarak tanımlanmasını kapsar.

2-Envanter Analizi: Bu aşamada enerji ve hammadde kullanımları ile bunlara bağlı su, toprak ve atmosfere verilen emisyonlar her bir süreç için süreç akış tablosu oluşturularak belirlenir.

3-Etki Analizi: Kaynakların kullanımı ve emisyon etkileri gruplandırılır, önem ağırlıkları göz önünde bulundurularak belirlenmiş etki kategorilerine göre hammadde ve enerji kullanımlarının olası çevresel etkileri değerlendirilir.

4-Yorumlama: Bu aşamada sonuçlar, olası en aydınlatıcı yöntemle ürün veya ürünlerin çevresel etkilerini azaltmak için gerekli olanakları içerecek şekilde sistematik olarak raporlanır [7].

YDD çalışmaları seçilen ürün ve sürecin tespit edilen aşamalarına bağlı olarak 4 farklı grupta değerlendirilebilir. Bunlar;

- Beşikten Mezara: Maddenin eldesinden çıkan atıkların bertarafına kadar ürün ya da sürecin tüm yaşam döngülerini kapsayan analiz çalışmaları için kullanılır.
- Beşikten Beşiğe: Beşikten Mezara yaklaşımındaki son döngü olan atıkların bertarafı aşamasından sonra söz konusu bu atıkların geri kazanımlarında yer aldığı analiz çalışmalarıdır.
- Beşikten Kapıya: Bir süreç ya da ürünün, hammadde eldesini başlangıç kabul ederek iletildiği üretim yerine kadar olan yaşam döngüsünü kapsayan çalışmalarıdır.
- Kapıdan Kapıya: Süreç ya da ürünün geçirmiş olduğu tek bir aşamanın yaşam döngüsü göz önüne alınarak yürütülen çalışmalarıdır [6].

2.5 Yaşam Döngüsü Metodolojisi

YDD ürün ya da sürecin tüm yaşam döngüsünü içerdiğinden öncelikli olarak belirlenecek amaç ve kapsam ışığında ortaya çıkacak olan çevresel etkilerin neler olacağına ve bunların

karar verme aşamasında nasıl katılacağına dair yöntemin belirlenmesidir.

2.5.1 Amaç ve kapsamın belirlenmesi

Belirlenecek amaç ve kapsam, gerek duyulacak olan zaman ve kaynak ihtiyacını ortaya çıkaracağı gibi değerlendirmenin raporlanmasında anlamlı sonuçların eldesi için analiz sırasında yol gösterici olacaktır. Bu nedenle alınacak her karar çalışmanın yönlendirilmesini ve sonuçların uygunluğunu etkiler. Yürütülecek olan çalışmanın asıl amacı insan sağlığına ve çevreye olası etkisi en az olan ürün ya da sürecin seçilmesidir. Buna ek olarak yeni ürün veya süreçlerin geliştirme aşamalarında yol göstermek de sayılabilir [6].

YDD çalışmasının amacı içerisinde aşağıda tanımlı konulardan da açıkça bahsedilmelidir.

- Hedeflenen uygulama
- Çalışmanın yürütülme sebebi
- Hedef kitlesi ya da çalışma sonuçlarını ilgilendiren kişilere sonuçların iletilmesi
- Elde edilen sonuçların, kıyaslama amaçlı mı yoksa kamusal konuda açıklama yapılacak konularla mı ilgili olduğu [11].

YDD'nin desteklediği olası diğer konular şu şekilde sıralanabilir;

Çevresel Değerlendirmenin Desteklenmesi; Bir ürün ya da sürecin tüm aşamalarında uygulanabilecek alternatif işlemlerin ya da malzemelerin yol açacağı olumlu/olumsuz çevresel etkiler nitelik ve nicelik olarak belirlenebilir. Aynı kullanıma hizmet eden alternatif ürün ve süreçlerin karşılaştırılması sağlanabilir.

Referans Bilgilerin Saptanması: Üzerinde çalışma gerçekleştirilen ürün ya da ürün gruplarına ait tüm süreçlerin saptanması ile bu uygulamaya ait referans bilgiler sağlanabilir. Bu referans veriler ile karşılaştırmalar yapılabilir, çevresel yüklerin hangi enerji ve kaynak ihtiyacından ortaya çıktığı tespit edilebilir.

Çevresel Etkilerin Ayrı Ayrı Belirlenmesi: YDD ürün ya da süreçlerin tüm basamaklarını dikkate aldığı için her bir basamaktan gelen çevresel etki ayrı ayrı detaylı veriler içerecek şekilde belirtilir. Bu sayede hangi basamağın daha kirletici olduğu, enerji ve kaynak

gerekliliğinin hangi adımda daha fazla olduğu gibi konular tespit edilerek temiz üretim ve doğal kaynakların korunması ve verimlilik artışı çalışmalarının temelleri oluşturulur.

Kamusal Politika Oluşturma Süreçlerini Desteklemesi: YDD, politikacı ve diğer kamusal alanlardaki karar vericilere, oluşturulacak mevzuatlara yönelik çevresel etki konularında bilgi sağlar.

Ürünlerin Sertifikalandırmasını Destekler: Sınırlı sayıda kritere göre değil, seçilecek uygun etki değerlendirme yöntemi sayesinde birçok kritere göre, ürün ya da süreçlerin tek tek ya da karşılaştırmalı incelenebilmesini sağlar.

Bilgi Sağlama ve Yön Gösterme: Hükümetlere, sanayicilere ve tüketici temsilcilerine ürün ya da malzemelerle ilgili alternatifler hakkında bilgi sağlar, üretim ve tüketim politikalarının çevreye daha duyarlı olması konularında yön verir.

Çevreye Duyarlı Süreç ve Ürün Geliştirmede Yol Gösterme: YDD, sanayicilere çevresel etkileri azaltmak üzere daha az kaynak kullanımını ve emisyon oluşumunu destekleyici ürün ve işlemlerin nasıl geliştirilebileceği konularında yol gösterici olabilir [6]

2.5.2 Fonksiyonel birim ve sistem sınırlarının belirlenmesi

YDD'nin kapsamı içerisinde çalışılan sistemin fonksiyonları (performans karakteristikleri) açıkça belirtilmelidir. Fonksiyonel birim çalışmanın amacı ve kapsamı ile tutarlı olacak şekilde seçilmelidir. Fonksiyonel birimin öncelikli amaçlarından birisi girdi ve çıktı verilerinin matematiksel olarak normalize edilmesi konusunda referans sağlamaktır. Bu yüzden fonksiyonel birim açıkça tanımlanabilir ve ölçülebilir olacak şekilde seçilmelidir. Fonksiyonel birim seçiminde, referans akış tanımlanması yapılabilir. Sistemler arasındaki kıyaslamalar ana temeller üzerinde aynı fonksiyon/fonksiyonlarda yapılmalıdır, sayısallaştırma aynı fonksiyon/fonksiyonlarla referans akış formunda yer almalıdır. Sistemlerden herhangi birinin ek fonksiyonları eğer kıyaslamada fonksiyonel birim olarak göz önünde bulundurulmuyorsa bu ihmaller açıklanmalı ve dokümanede edilmelidir [11].

Sistem sınırlamaları süreçleri/operasyonları üretim, taşıma, atık yönetimi vb. tam olarak tanımlanmalı ve YDD'deki girdi ve çıktılar göz önünde bulundurularak saptanmalıdır.

Girdiler, bir üretim için tüm girdiler olduğu gibi yalnızca tek bir süreç içinde olabilir, aynı durum çıktıları içinde geçerlidir [13].

Sistem sınırlamalarının/sınırlarının seçimi çalışmanın amaç ve kapsamı ile ilintili olmalıdır. Sistem sınırlaması olarak saptanmasında kullanılan ölçüt tanımlanmalı ve açıklanmalıdır. Birim süreçlerin ve iç etkileşimlerinin akış diyagramı şeklinde gösterilmesi sistemin tanımlanmasında yardımcı olacaktır. Birim süreçlerin her biri başta şu tanımlamaları tarif etmelidir;

- Birim sürecin başladığı yeri (hammadde ve ara ürünlerin kabul edilmesi açısından)
- Dönüşümlerin doğasını ve birim sürecin bir parçası olarak meydana gelen operasyonları
- Birim sürecin bittiği yeri (ara ya da son ürünlerin varış yeri açısından) [11].

Atık su arıtma işlemi sistem sınırlamaları tanımlanırken sıklıkla ihmal edilen süreçlere örnek olarak verilebilir [13].

2.6 Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Envanter analizi, YDD'nin derlendiği ve yaşam döngüsü boyunca ürün sistem girdi ve çıktılarının sayısallaştırıldığı aşamasıdır. Envanter analizi verilerin toplanması ve hesaplanması prosedürlerinden oluşur. Veri toplama işlemi, sistem sınırları dahilinde her birim süreç için yapılmalıdır. Toplanan ve hesaplanan veriler ürün sistemine ait girdi ve çıktıların miktarlarını belirler [14].

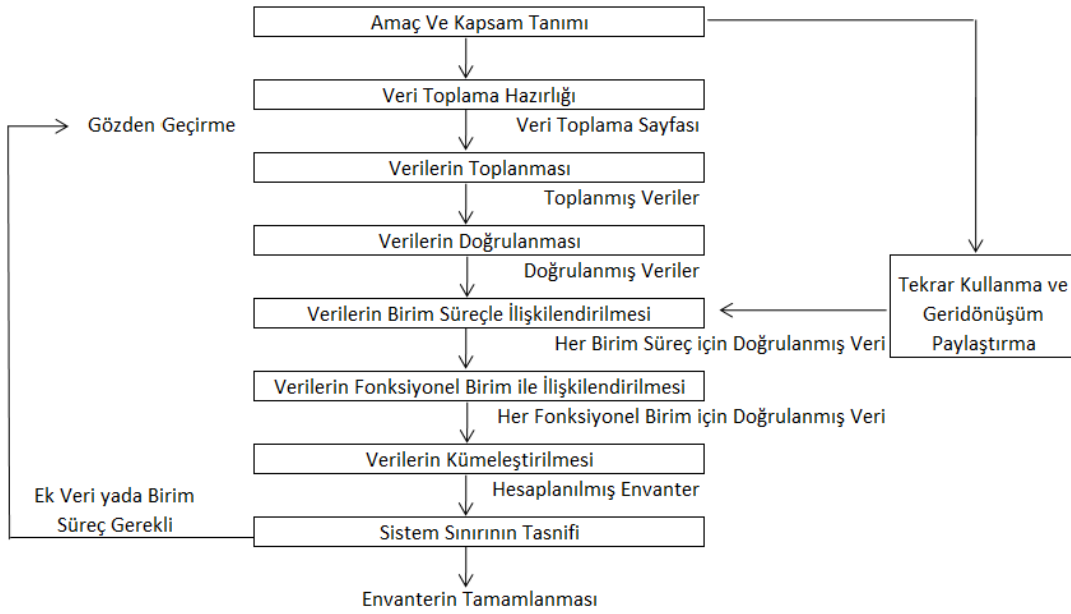
2.6.1 YDE nedir?

Yaşam Döngüsü Envanteri (YDE) analizi ürün sistem ya da birden fazla alternatif olması halinde sistemlerin tanımlandığı bir aşamadır. Sistem sınırlamalarının/sınırlarının içeriğinin belirlendiği, birim süreçler ile akış diyagramının tasarlandığı ve her bir süreç için verilerin toplandığı adım olarak tanımlanabilir. Yapılan envanter analizi sonucunda girdi ve çıktılarına ait çevresel etkiler fonksiyonel birime göre belirlenir [12].

Oluşturulan envanter analizi sayesinde çevresel etki yaratan kirleticilerin dışında, kullanılan enerji ve malzeme miktarının da ortaya konulduğu bir liste oluşturulur. Oluşturulacak olan bu liste yaşam döngüsü aşamaları, ortam (hava, su, toprak) ya da süreçler şeklinde sınıflandırılabilir [6].

YDE Analizi çalışmaları Şekil 2.2’de verildiği üzere belirtilen 4 aşamanın sırayla izlenmesi yoluyla oluşturulabilir. Bunlar:

1. Değerlendirilmekte olan sürecin akış diyagramının oluşturulması
2. Veri toplama planının geliştirilmesi
3. Verilerin toplanması
4. Değerlendirme ve raporlama



Şekil 2.2 YDE akış [11]

2.6.2 Verilerin toplanması

Sistem sınırları içinde olan her bir birim süreç için nitel ve nicel veriler, envanter de yer alacak şekilde toplanmalıdır. Toplanan veriler ölçülen, hesaplanan ya da tahmin edilen, birim sürecin girdi ve çıktı miktarına göre ayarlanmalıdır. Veriler kamusal kaynaklardan

toplanıyorsa, başvuru kaynakların neler olduğuna işaret edilmelidir. Bu tür veriler çalışmanın sonucu açısından önemli olabilir, geçerli veri toplama süreci detaylı olarak gösterilmeli, verinin alındığı tarih ve veri kalitesi göstergeleri hakkında daha fazla bilgi paylaşılmalıdır. Eğer bu tür veriler veri kalite gereklilikleri ile örtüşmüyor ise bu ayrıca belirtilmelidir.

Yanımları en az seviyeye düşürmek için, toplanan verilerin doğrulanması yada yeniden kullanılması sırasında iki kez sayılması gibi her bir birim süreç bir tanımlama ile kayıt altına alınmalıdır. Veri toplama işlemi, düzenli ve tutarlı bir şekilde anlaşılabilir ürün sistem modellemesine ulaşılmak üzere yapılmalıdır.

Sınıflandırmayı içerecek veriler aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir:

- Enerji girdileri, hammadde girdileri, yan girdiler ve diğer fiziksel girdiler
- Ürünler, yardımcı ürünler ve atıklar
- Toprağa, havaya ve suya serbest bırakma
- Ve diğer çevresel yönler

Bu başlıklar içinde, özel veriler çalışmanın hedefini tatmin edecek şekilde daha detaylandırılmalıdır [11].

2.6.3 Sonuçların değerlendirilmesi ve dökümanite edilmesi

Bu adımda toplanan verilerin doğrulamasının yapılarak gözden geçirilmesi gereklidir. Bu amaca yönelik kütle denkliği, enerji denkliği ve diğer kaynaklardan karşılaştırılma, emisyon faktörlerinin karşılaştırılmalı analizi gibi birçok araç kullanılabilir. Doğrulama sırasında yetersiz olduğu tespit edilen verilerin değiştirilmesi gereklidir. Benzer olarak eksik verilerin bu adımda tanımlanması ve bu boşlukların nasıl doldurulacağına karar verilmesi gereklidir [11].

Temelde bir YDD, çalışılan ürün sistemine ait tüm yaşam döngüsü süreçlerini beşikten mezara kadar takip ediyor olmalıdır. Bu durum pratikte imkansız olmasına rağmen akışların sayısı kabaca tahmin edilmeli ya da kapsam dışı bırakılmalı ve ardından göz ardı edilmelidir [12].

Sistem içindeki tüm girdi ve çıktı verilerinin referans verilen fonksiyonel birime göre hesaplanması gerekir. Ürün sistemindeki girdi ve çıktıların birleştirilmesi sırasında dikkatli olunması gerekir. Birleştirme seviyesi çalışmanın hedefi ile tutarlı olmalıdır. Veriler ancak benzer çevresel etki yaratan eşdeğer maddelere ilişkin durumlarda birleştirilebilir.

Envanter analizi aşaması gerçekleştirilen çalışma sonuçlarını doğrudan etkileyeceği için çok dikkatle hazırlanması gereken bir YDD sürecidir. Bu aşamada kullanılacak olan özel YDD yazılım programları oluşabilecek hesaplama hatalarını minimize edecektir [11].

2.7 Yaşam Döngüsü Etki Analizi

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmasının bu aşamasında, envanter analizi sırasında tanımlanan süreç ve ürünlere ait olması beklenen çevresel salınımların insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri değerlendirilir. Bu değerlendirme sırasında doğal kaynakların tüketilmesi de göz önünde bulundurulur. YDEA (Yaşam Döngüsü Etki Analizi) ürün yada süreçler ile bunların potansiyel çevresel etkileri arasında bağlantı kurar. Oluşturulan envanter analizi YDD için somut bir sonuç oluşturmasına rağmen yorumlama konusunda zor ve yetersiz kalabilmektedir. Durumu daha kolay göz önüne sermek adına etki analizi değerlendirilmesi yapılmalıdır [15].

Yaşam döngüsü etki analizi diğer yöntemlerden farklı olarak, çevresel performans, etki ve risk değerlendirmesi gibi konularda fonksiyonel birime dayanan göreceli bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımla diğer yöntemler kullanarak bilgi toplanabilir. YDEA, YDD nin diğer aşamalarıyla koordineli olarak belirtilen olası ihmal ve belirsizlik kaynakları dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Bunlar;

- Çalışmanın amaç ve kapsamına göre, YDE veri ve sonuçları kalitesinin YDEA çalışmasını yürütmek için yeterli olup olmadığı,
- Sistem sınırlarının ve veri ihmali kararlarının, gerekli YDEA gösterge sonuçlarını hesaplamak için YDE sonuçlarının uygunluğunun gözden geçirilip geçirilmediği
- Çevreyle ilintili YDEA sonuçlarının azalıp azalmadığı

YDEA aşaması, farklı etki kategorilerine göre ürün sistemi için YDEA profilini temsil eden gösterge sonuçlarının toplanmasıdır. YDEA zorunlu ve isteğe bağlı kısımlardan oluşur [11].

2.7.1 YDEA'nın temel bileşenleri

YDEA aşaması aşağıda belirtilen zorunlu kısımları içermelidir:

- Etki kategorileri, kategori göstergeleri ve karakterizasyon modellerinin seçilmesi
- Seçilen etki kategorisine göre YDE sonuçlarının ilişkilendirilmesi, sınıflandırma
- Kategori gösterge sonuçlarının hesaplanması, karakterizasyon

Bunlara ek olarak YDD çalışmasının amaç ve kapsamına bağlı olarak aşağıda listelenen kısımlarda isteğe bağlı olarak kullanılabilir.

- Normalizasyon; referans bilgilere göre kategori gösterge sonuçlarının büyüklüğünün hesaplanması
- Gruplama; türlere göre ve olası etki kategorilerine göre sıralama
- Ağırlıklandırma; sayısal faktörler kullanarak dönüştürme ve muhtemel birleştirmelerin öncelik sırasına göre ağırlıklandırılması
- Verilerin kalite analizi; toplanan gösterge sonuçları güvenilirliğinin analizi

Kullanılan tüm yöntemler ve hesaplamalar şeffaflık ilkesi doğrultusunda dökümanite edilmelidir [11].

2.7.2 Çevresel etki kategorileri

YDEA'nın ilk aşaması, bütün YDD'nin bir parçası olarak düşünülen etki kategorilerinin seçilmesidir. Bu aşama, amaç ve kapsamın ilk parçası olarak, YDE aşamasındaki verilerin toplanması sürecine yol göstermelidir. YDEA da tanımlanan bir çevresel etki kanser, kısırlık gibi insan sağlığı üzerinde zararlara neden olabilir. Benzer şekilde doğa üzerinde de asit yağmurları, küresel ısınma ya da hayvan türlerinin yok olması gibi tehlikelere neden olabilir.

Bir YDEA için etkiler, bir sistemin girdi ve çıktı akışlarının bitkiler, hayvanlar, insan sağlığına da doğal kaynakların ilerleyen dönemlerde bulunabilirliği üzerinde yol açabileceği sonuçlar olarak tanımlanabilir. Genel olarak potansiyel etkiler üç ana grupta ele alınır.

Bunlar: insan sağlığı, çevresel emisyonlar ve doğal kaynakların tükenmesidir [8].

YDEA'nın ilk basamağı, değişime dayanan çevresel etki türlerini değerlendirmektir. Her biri için çevreye verilen emisyon katkı büyüklüğüne göre çeşitli kategorilerde hesaplaması yapılır. Başlıcaları; küresel ısınma, stratosferik ozon tüketimi, asidifikasyon, ötrofikasyon, karasal zehirlilik, su zehirliliği, kaynak tüketimi olarak sayılabilir. Bunlar çevresel etki potansiyeline sahip emisyonlar olarak tanımlanırlar [15].

Bazılarından kısaca bahsetmek gerekirse;

Küresel ısınma potansiyeli: Dünya atmosferindeki CO₂ miktarı artışı sera gazı etkisi yaratarak dünya ısısını artırır. Bu durum küresel ısınma olarak tanımlanmaktadır, CO₂, N₂O, CH₄ ve tüm aerosoller küresel ısınmaya katkıda bulunurlar.

Kaynakların tüketimi: Yenilebilir olmayan enerji kaynaklarının kullanımı, kaynakların tükenmesine neden olmaktadır.

Asidifikasyon potansiyeli: Toprak üzerinde ya da su içerisinde asit birikmesi yerel durumlara bağlı olarak asitlik derecesini değiştirmektedir. Bu durum canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir.

Stratosferik ozon tüketimi: Ozon tabakasındaki azalma dünya yüzeyine ulaşan Ultraviyole ışınların miktarında artışa neden olmakta ve buda ekosistemi negatif yönde etkilemekte ve hastalıklara neden olmaktadır. Çizelge 2.2'de sıklıkla kullanılan etki kategorileri ölçek ve sınıflandırmalarına göre detaylandırılmıştır [16].

Çizelge 2.2 YDD çalışmalarında sıklıkla kullanılan etki kategorileri [8]

Etki Kategorisi	Ölçek	YDE Veri Örnekleri Sınıflandırma	Genel Olası Karakterizasyon Faktörü	Karakterizasyon Faktörünün Açıklaması
Küresel ısınma	Küresel	Karbondiyoksit (CO ₂) Nitrojen dioksit (NO ₂) Metan (CH ₄) Kloroflorokarbonlar (CFC) Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) Metilbromid (CH ₃ Br)	Küresel ısınma potansiyeli	YDE verisini karbondiyoksit eşdeğerlerine dönüştürür. Not: Küresel ısınma potansiyelleri 50,100 veya 500 yıl olabilir

Çizelge 2.2 YDD çalışmalarında sıklıkla kullanılan etki kategorileri [8] (Devamı)

Etki kategorisi	Ölçek	YDE Veri Örnekleri Sınıflandırma	Genel Olası Karakterizasyon Faktörü	Karakterizasyon Faktörünün Açıklaması
Stratosferik ozon tüketimi	Küresel	Kloroflorokarbonlar (CFC) Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) Halonlar Metilbromid (CH ₃ Br)	Ozon tüketimi potansiyeli	YDE verisini trikloroflorometan (CFC-11) eşdeğerlerine dönüştürür.
Asidifikasyon	Yerel	Sülfüroksitler (SO _x)	Nitrojen oksitler (NO _x)	Hidroklorik asit (HCl)
Ötrofikasyon	Yerel	Fosfat (PO ₄) Nitrik oksit (NO) Nitratlar (NO ₄) Amonyak (NH ₄)	Ötrofikasyon potansiyeli	YDE verisini fosfat eşdeğerlerine dönüştürür.
Fotokimyasal sis	Yerel	Metan olmayan hidrokarbon (NMHC)	Fotokimyasal Oksidan oluşturma potansiyeli	YDE verisini metan eşdeğerlerine çevirir.
Karasal zehirlilik	Yerel	Kemirgenlere olan öldürücü konsantrasyonu raporlanmış zehirli kimyasallar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür
Su zehirliliği	Yerel	Balıklara olan öldürücü Konsantrasyonu raporlanmış zehirli kimyasallar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür
İnsan sağlığı	Küresel Bölgesel Yerel	Havaya, suya ve toprağa yapılan toplam salımlar	LC50	LC50 verisini eşdeğerlere dönüştürür
Kaynak tüketimi	Küresel Bölgesel Yerel	Kullanılan mineral miktarı, Kullanılan fosil yakıt miktarı	Kaynak tüketimi potansiyeli	YDE verisini kullanılan kaynağın miktarına karşın rezervde kalan kaynağın miktarına dönüştürür
Arazi kullanımı	Küresel Bölgesel Yerel	Diğer arazi değişiklikleri veya düzenli bir depolama sahasının kullanılma miktarı	Arazi durumu	Tahmini bir özkütle kullanarak katı atığın kütle hacme dönüştürür.

2.7.3 YDEA metot uygulamaları

Ecoinvent veritabanı yaşam döngüsü envanteri ve yaşam döngüsü etki analizi için sonuçlar sunar. YDEA metodu normalde envanter tablosunda tekli giriş akışı için faktör ataması yapar. Farklı tipte faktörler mevcuttur, bu faktörler Çizelge 2.3’de yer aldığı gibi tanımlanabilir [17].

Çizelge 2.3 YDEA faktörleri ve tanımları

Faktör Adı	Tanımı
Karakterizasyon faktörü	Tekli akışa ilişkin belirli bir akışın o faktöre göre karakterize edilmesi. Örneğin; sera gazlarının küresel ısınma potansiyeli CO2 ile ilintilidir
Normalizasyon faktörü	Diğer faktör, örneğin; belirli bir zaman ve belirli bir alan içinde karakterize edilen akışın toplamının bölünerek normalize edilmesi
Ağırlıklandırma faktörü	Ağırlıklandırma karakterize edilen ya da normalize edilen sonuçlardan farklı kategorilerde kesin sonucu hesaplamak için uygulanır
Zarar faktörü	Tanımlanan faktöre ait olası zararların tanımlanması

Kullanılan farklı tipteki metot uygulamaları aşağıdaki gibidir.

CML 2001; Bu metot 2001 yılında, University of Leiden tarafından oluşturulmuştur, 1700 den farklı akışı içermektedir, aynı zamanda el kitabı şeklinde yayını yapılmıştır. Metot bazal ve bazal olmayan şeklinde ikiye ayrılmıştır, yoğun olarak kullanılan bazal etki kategorisidir.

Ecoindicator 99: Eco-indicator 99 muhtemelen hala YDD çalışmalarında kullanılan en yaygın etki değerlendirme yöntemlerinden biridir. İlk uç nokta değerlendirmesi olan Eco-indicator 95 in yerini almıştır. Çevresel etkinin tek bir değerle ifade edilmesine olanak sağlar. Bu yöntem 3 farklı hasar tipini analiz eder: insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynaklar. Eco-indicator 99 da tüm kategorilerde standart birim verilir. Bu yöntemin amacı ürün veya bileşenlerin, kendi değerleriyle karşılaştırılmasının uygun olmadığı durumlarda tercih edilen değer ile karşılaştırmasıdır.

Bu metot üç farklı kültürel bakış açısı ya da modele dikkat çekmektedir

- H – Hiyerarşik

- I – Birbirinden ayrı
- E – Eşitlikten yana [18]

Eco-indicator metodolojisi problemleri 2 yolla çözer:

- Envanter tablosundan, hasar derecesini ki bu toplu da olabilir, ihtiyaçlara bağlı ya da kullanıcı tarafından seçilmiş olmasına bağlı olarak her 3 kapsamlı zarar kategorisi için ya da tek bir derece için verilerin taşındığı bir etki değerlendirme metodolojisi olarak
- Metodoloji en sık kullanılan malzeme ve sürecin değerine göre standart gösterge değerlerini hesaplamakta kullanarak [19].

Eco-indicator derecesinin hesaplanmasında üç adıma ihtiyaç duyulur;

- Bir ürünün yaşam döngüsünü oluşturan tüm emisyon, hammadde ve alan kullanımı süreçlerine ait envanter. YDD için standart bir prosedürdür.
- İnsan Sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynaklara neden olan akışlar için verilen zararın hesaplanması
- Zarar kategorisi için ağırlıklandırma yapılması

Çizelge 2.4’de bu adımlar başlangıç ve gelişme sırasına göre belirtilmiştir [20].

Çizelge 2.4 Eco-indicator metodunun grafiksel sunumu [20]

Envanter	Etki	Zarar	Ağırlıklandırma	Sonuç
CFC	—	Ozon Tabakası Tüketimi		
Pb	—	Ağır Metaller	Ölümcül sonuçlar	
Cd	—	Kanserojenler		
PAH	—	Yaz sisi	Sağlık bozulmaları	Eco-indicator değeri
DDT	—	Kış sisi		
CO ₂	—	Pestisitler	Nesnel zarar değerlendirmesi	
SO ₂	—	Sera gazı etkisi		
NO _x	—	Asidifikasyon	Ekosistem bozulmaları	
P	—	Ötrefikasyon		

Kümülatif Enerji İhtiyacı: Küümülatif enerji ihtiyacı analizi, bir ürün ya da hizmetin yaşam döngüsü boyunca kullandığı enerjiyi incelemeyi amaçlar. Bu enerji, direk kullanım olduğu kadar indirek ya da kullanım sırasında olan enerjiyi de içermektedir. Küümülatif enerji ihtiyacı 70’li yılların başında ilk petrol krizi sonrasında gelişmeye başlayan uzun bir geleneğe sahiptir. Küümülatif enerji analizi yaşam döngüsü düşüncesine güzel bir giriş noktası olabilir. Ancak Eco-indicator 99 kadar kapsamlı bir etki değerlendirmesi metodunun yerine alamaz [21].

Diğer taraftan, küümülatif enerji ihtiyacı karbon ayak izi, küresel ısınma potansiyeli göstergeleri gibi yaygın olarak kullanılan tek göstergeli metotlarla yakından ilgilidir. Her iki gösterge iklim değişikliği, fosil yakıt tüketimi konularına büyük önem vermeleri açısından benzerliklere sahiptir. Ancak bazı farkları da bulunmaktadır, karbon ayak izi göstergesi metan ve azot dioksit emisyonlarını ölçerken tarımsal gübreleme ve organik atıkların gömülmesi ile ilintili küümülatif enerji ihtiyacı göstergesi fosil yakıt kullanımdan gelen ötrofikasyon ve toksisite konularını da dolaylı olarak içerir [22].

CML 2001, Eco-indicator 99 ve Küümülatif enerji ihtiyacı metotları dışında Küümülatif Ekserji İhtiyacı, Ekosistem Hasar Potansiyeli, Ekolojik Ayak İzi, Ekolojik Kıtılık Metodu (UBP’97), EDIP’97 – Çevresel Tasarım ve Endüstriyel Ürünler (V.1997), EDIP 2003, EPS 2000, IMPACT 2002+ , IPCC 2001 (İklim Değişikliği), TIRACI ve Seçimli YDE İndikatörleri metotları da mevcutlar. Ancak kullanılan çalışmanın amaç ve kapsamına göre bu metotlardan yoğun olarak Eco-Indicator 99 metodu seçilmektedir. Bunun başlıca nedeni birçok metodun aksine tüm etki değerlendirmelerini tek bir gösterge etrafında toplayarak değerlendirmeyi kolayca yorumlayacak şekilde gözler önüne sermesi olduğu söylenebilir.

2.8 Yaşam Döngüsü Yorumu

Yaşam döngüsü analizinin son aşaması olan yorumlama aşamasında YDE ve YDEA aşamalarından elde edilen verilerin uygun yöntemlerle değerlendirilmesi yapılır. YDD çalışmasının yorum aşamasının amacı:

- Önceki aşamalarda elde edilen bulguların değerlendirilmesi, sonuçların belirlenmesi, sınırlandırmaların tanımlanması, önerilerin yapılması ve YDD çalışması sonuçlarının şeffaf bir biçimde raporlanması

- YDD çalışmasının sonuçlarının amaç ve kapsam bölümü ile uyumlu olarak, kolayca anlaşılabilir, tam ve tutarlı bir şekilde paylaşılmasını sağlamaktır [6].

2.8.1 Değerlendirme

Çalışmada etki analizi değerlendirilmesi ile bulunan sonuçların, bütünlük, hassasiyet ve uygunluk açısından kontrolünün yapılmasında, bu sonuçlara dayalı önerilerin sunulmasında, yorumlanmasında ve raporun düzenlenmesinde uyulması gerekli konulara bu bölümde yer verilmelidir. Ürünün ya da sürecin yaşam döngüsü boyunca neden olduğu en önemli çevresel etkiler bu bölümde ele alınarak özellikle hangi süreçlerin bu etkileri doğurduğu ortaya konulmalıdır.

Kritik gözden geçirme türü ve kapsamı YDD çalışmasının kapsam kısmında tanımlanmalıdır ve kritik gözden geçirme kararı bu noktada kayıt altına alınmalıdır. Yanlış anlaşılma olasılığını ya da üçüncü taraflarca oluşabilecek olumsuz etkiyi azaltmak için YDD değerlendirmesinde ilgili taraflarla birlikte bir panel yürütülmesi sağlanılabilir. Kritik gözden geçirme iç ya da dış kaynaklı bir uzman tarafından gerçekleştirilebilir. Böyle durumlarda tarafsız bir YDD uzmanı gözden geçirmeyi yürütmelidir. YDD raporunun yorumlama kısmında, gözden geçiren kişi tarafından yapılan eleştiriler ve tavsiyelere karşı bir yanıt görüşüne de raporda yer verilmelidir [11].

2.9 YDD Veri Tabanları ve Yazılımları

Bir YDD oluşturulurken manuel olarak hesaplamalar Microsoft Excel ya da matematik programlarıyla da yapılabildiği gibi bu çalışma için tasarlanmış özel bir yazılım kullanılarak da yapılabilir. YDD yazılımlarının çoğu için veritabanı birincil verilerin kaynağını oluşturur. Bu veritabanları veri ayarlarını, planları, süreçleri, akışları ve başlatılan her bir proje için dengelemeyi içerecek şekilde düzenlenir. Her yeni proje başlangıcında yeni bir veritabanı oluşturulmasında fayda vardır. Bu yüzden birçok yazılım programı projenin başlangıç aşamasında kullanıcılarına bu konuda destek sağlar [14].

2006 yılında yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre YDD kullanıcılarının % 58'i GaBi, %31'i SimaPro, % 11'i ise diğer yazılımları kullanmaktadır [6].

Geliştirilmiş olan yazılım ve araçların çoğu ticari olarak satın alınabilir durumdadır, fiyat aralığı 1.500 € ile 10.000 € arasında değişmektedir. Ücretsiz demo versiyonları birçok yazılım için var olmasına karşılık çoğunlukla sınırlı kullanıma olanak sağlarlar. Yazılım programların değerli birer kaynak olmalarına rağmen, yazılım firmaları potansiyel satın alıcılara mümkün olduğunca daha fazla bilginin toplanmasını ve kendi ihtiyaçları ile karşılaştırmalarını tavsiye etmektedirler. Kabul görmüş bazı ticari yazılım programları Çizelge 2.5’de sunulmuştur [13].

Çizelge 2.5 Kabul görmüş bazı ticari YDD yazılım programları [13]

Yazılım Adı	Satıcı	Versiyon	Veri Konumu
Boustead	Boustead	2	Avrupa
CLEAN	EPRI	2	ABD
CUMPAN	Hohenheim Üniversitesi	Bilinmiyor	Almanya
EcoAssessor	PIRA	Bilinmiyor	İngiltere
EcoManager	Franklin Associates Ltd.	1	Avrupa/ ABD
ECONTROL	Oekoscience	Bilinmiyor	İsviçre
EcoPack2000	MaxBolliger	2.2	İsviçre
EcoPro	EMPA	1	İsviçre
EDIP	Inst. ForProd. Devel	Prototip	Danimarka
EPS	IVL	1	İsveç
GaBi	IPTS	2	Almanya
Heraklit	FraunhoferInst.	Bilinmiyor	Almanya
IDEA	IIASA (A) / VTT SF	Bilinmiyor	Avrupa
KCL-ECO	FinnishPaperInst.	1	Finlandiya
LCA1	P&G/ETH	1	Avrupa
LCAD	Battelle/DOE	Prototip	ABD
LCAiT	ChalmersIndustrietechnik	2.0	İsveç
LCASys	Philips/ORIGIN	Bilinmiyor	Hollanda
LIMS	ChemsSystems	1	ABD
LMS Eco-InvTool	ChristophMachner	1	Avusturya
Oeko-Base II	Peter Meier	Bilinmiyor	İsviçre
PEMS	PIRA	3.1	Avrupa
PIA	BMI/TME	1.2	Avrupa

Çizelge 2.5 Kabul görmüş bazı ticari YDD yazılım programları [13] (Devamı)

Yazılım Adı	Satıcı	Versiyon	Veri Konumu
PIUSSOECOS	PSI AG	Bilinmiyor	Almanya
PLA	Visionik ApS	Bilinmiyor	Danimarka
REGIS	Sinum Gmbh	Bilinmiyor	İsviçre
REPAQ	Franklin Associates Ltd.	1	ABD
SimaPro	Pré Consulting	8	Hollanda
SimaTool	Leiden Üniversitesi	Prototip	Hollanda
Simbox	EAWAG	Bilinmiyor	İsviçre
TEAM	Ecobalance	2.0	Avrupa/ABD
TEMIS	Oke Enstitüsü	2	Avrupa
TetraSolver	TetraPak	Bilinmiyor	Avrupa
Umberto	IFEU	Bilinmiyor	Almanya
Umcon	Particip Gmbh	Bilinmiyor	Almanya
Öekobilanz von Packstoffen	BUWAL	Excel Files	İsviçre

2.9.1 SimaPro

SimaPro yazılımı etki değerlendirme sonuçlarını hesaplamada kullanılan bir etki değerlendirme metodudur. Etki değerlendirme metodu için temel yapı aşağıdaki şekilde sıralandırılabilir.

- Karakterizasyon
- Zarar değerlendirmesi
- Normalizasyon
- Ağırlıklandırma

Son üç adım ISO standardına göre opsiyoneldir, diğer bir ifadeyle tüm metotlar için her zaman kullanılması uygun olmayabilir. SimaPro yazılımını kullanırken opsiyonel olan bu adımlar, düzenleme yaparken açık ya da kapalı konumda tutulabilir.

Karakterizasyon: Bir etki kategorisine katkıda bulunan maddelerin değeri, o maddenin nispi katkısını ifade eden bir karakterizasyon faktörü ile çarpılır. Örneğin iklim değişikliği için CO₂

karakterizasyon 1'e eşitken, metanın karakterizasyonu 21 olabilir. Bu demektir ki iklim değişikliğine 1 kg metan ile 21 kg CO₂ aynı miktarda neden olmaktadır. Toplam sonuç etki kategori göstergesi olarak ifade edilir.

Zarar değerlendirmesi: Bu adım etki değerlendirmesinin yeni göreceli adımıdır. Eco-indicator 99 ve EPS200 metotlarında olduğu gibi 'end point methods' kullanımı için ilave edilmiştir. Zarar değerlendirmesinin amacı etki kategori göstergesini zarar kategorisi ile birleştirmektir [23].

Normalizasyon: Birçok metot etki kategori göstergesi sonuçlarını referans bir değer ile karşılaştırmaya izin verir. Bu durum etki kategorisinin referans tarafından bölünmesi anlamına gelir.

Ağırlıklandırma: Bazı metotlar etki kategorileri arasında ağırlıklandırma olanağı sağlar. Etki ya da zarar kategori gösterge sonuçları ağırlıklandırma faktörü ile çarpılırlar ve toplam ya da tek bir derece oluşturmak için ilave edilirler [23].

2.9.2 GaBi

GaBi otomatik olarak tüm malzeme, enerji ve emisyon akışlarını izleyerek, çevre etkileri kategorilerinde yüzden fazla anlık performans hesabı ile analiz yapabilmektedir. Modüler ve parametrize edilebilir yapısı ile birçok bileşen ya da farklı üretim seçeneğine sahip kompleks süreçler için modelleme olanağı sağlar. Mimarisi sayesinde modele ait ekonomik ya da sosyal etki bilgisi gibi diğer verilerin eklenilmesini kolaylaştıran bütüncül bir yaşam döngüsü analizi aracıdır. Veri tabanı 2.000'e yakın beşikten-kapıya malzeme için veri setleri, yaklaşık 8.000 ara kimyasal süreç modeli, kalite kontrolü yapılmış binden fazla YDD projesine sahiptir [14].

2.10 YDD Uygulamaları

Literatürde, YDD konusunda ciddi çalışmalar bulunmaktadır. 2009 yılında yapılan bir araştırmada katı atık yönetimi performanslarının değerlendirilmesi için YDD çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada 2002-2008 yılları arasında yayınlanan bazı çalışmalardaki katı atık yönetimleri YDD yöntemi ile karşılaştırılmış ve sonuçları detaylı olarak paylaşılmıştır. Bu çalışma ile yenilenebilir enerji üretim sistemlerinin de karbon emisyonlarının sıfır

olmadığı ancak yine de klasik sistemlere göre çevresel etki yönünden daha çok tercih edilebilir olduğu ortaya çıkmıştır.

Ek olarak YDD çalışmalarını konu alan birçok tez çalışması da yürütülmüştür. Gıda sanayinde kullanılan cam şişe ve bariyer katmanlı karton kutu olmak üzere iki farklı ambalaj ile peynir ambalajı olarak kullanılan tamamen plastik PP (polipropilen), teneke-plastik PE (polietilen) ve karton-plastik PA(poliamid)/PE olmak üzere farklı ambalaj tiplerine ait yaşam döngüsü analizleri yapılmıştır [24].

Bir diğer tez çalışmasında, otomotiv endüstrisinde geri dönüşüm ve ürün yaşam döngü değerlendirmesi incelenmiştir. Otomotivde geri dönüşümün temel esasları üzerinde durularak, enerji tasarrufu, çevre politikaları sayesinde öne çıkan malzemeler, çevresel sorunlar ve etkilerinin minimuma indirilmesi çalışmaları sonuçlarıyla ortaya konulmuştur [25].

2015 yılına geldiğimizde ise YDD çalışmalarına akıllı tekstiller olarak tanımlanan ürün grupları da dahil edilerek devam edilmiştir. Bu çalışmada eco-dizayn ile geliştirilen bir ürün olan ve titreşimle tedavide kullanılan bayan kıyafeti değerlendirilmiştir. Bu ürün için üretim fazının %74 ile en büyük çevresel etkiyi yarattığı ortaya çıkmıştır, bu etkinin de %71 gibi büyük bir kısmının elektronik sitemlerden geldiği tespit edilmiştir [26].

Yine 2015 yılında, Türkiye’de demir çelik endüstrisine ait beşikten-kapıya bir YDD çalışması yürütülmüştür. Bu çalışmada demir ve çelik endüstrisinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenilmiş, alt süreçler kadar nihai ürüne ait olan etkilerinde karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışma en büyük etkinin küresel ısınma ve inorganiklerin solunması olduğunu göstermiştir. Yoğun olarak üretim fazından karbondioksit emisyonunun geldiği, sıvı çelik ile yarı mamul üretilmesi ve nihai ürünün sıcak sarılması süreçlerinden de partikül yükünün oluştuğu tespit edilmiştir [27].

2.10.1 YDD’nin geleceği

Temel gelişimi 1980’lerin ortasında başlamış ve günümüzde gelişimine devam etmekte olan YDD halen genç bir disiplindir. 1990’lara doğru SETAC gerçekleştirdiği çalışmalarla bu

metodu bir adım daha ileriye taşımış olsa da halen gelişmesini sürdüren bir disiplindir. Günümüzde birçok YDEA metodu kullanılmaktadır ve her zaman birbirileri arasında belirli bir seçim yapılamamaktadır. Birbirleri arasında benzerlikler olmasına rağmen, sonuçları arasında önemli farklılıklar oluşabilmektedir. Seçimi yapılan YDEA metoduna göre en az toksik etkisi sonuçlarında farklı sonuçlar görülebilmektedir [28].

Yaşam döngüsü sürdürülebilirlik analizi çerçevesi, gelecekte YDD için öngörülen bir çerçevedir. Bu yaklaşımla mevcut YDD'de sürdürülebilirliğin her üç boyutunu kapsayan (insan, gezegen ve refah) esas çevresel etkiler genişletilmektedir. Aynı zamanda ağırlıklı olarak ürünle, sektörle ya da ekonomiyle ilgili olan soruların kapsamının da genişletilmesi sağlanılmaktadır

YDSA (Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi) birçok disiplini içine alan bir modelde çalışır ve sürdürülebilirlik sorusuna özel verilen yanıtı uygun bir yöntemin seçilmesine rehberlik eder. Modellerin yapılandırılması, seçmesi ve çoğaltılması pratik olarak farklı tipte yaşam döngüsü sürdürülebilirlik soruları ile olan ilişkisi temelindedir. YDSA çerçevesinin ISO 14044 çerçevesi ile karşılaştırıldığında aralarında üç önemli farkın olduğu gözlenilmektedir. Bunları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür;

- 1- Envanter analizi ve etki değerlendirmesinin tek bir modelleme fazı içerisinde birleştirilmesi; Yapılan akademik çalışmalarda tarımsal üretim, iklim değişikliği, alan kullanımı, davranış, teknoloji ve insanlığın teknolojik çalışmaları ile ekosfer arasında kesin ayrımlar yapılamamaktadır. Eco-Indicator 99 ve ReCiPe gibi bazı son nokta modellemeleri, iklim değişikliği üzerinde insan adaptasyon senaryolarını son nokta modellemelerinde içerir, ancak bu adaptasyon senaryolarının çevresel etkilerini içermez. Buna, klimanın çalışması sırasında kullanılan elektrik (küresel ısınmanın bir sonucu olarak) yada ilave güneş filmlerinin üretimi (ozon tabakasının tükenmesinin bir sonucu olarak) örnek olarak verilebilir.
- 2- Analiz nesnelerinin genişletilmesi; YDSA üç farklı düzeyde gerçekleştirilebilir: ürün, ara seviye ve ekonomik bakış. Ürün, ISO 14040 standardında da belirttiği gibi herhangi bir meta ya da hizmet olabilir. Metot ve model örnekleri süreç YDD, hibrit YDD, yaşam döngüsü maliyeti ve sosyal YDD'leri içerir. Ara seviye, geniş ekonomi ile ürün

arasındaki bir düzeydir. Ürün ve teknolojilerle ilgili grupları içerir. Temel araç yakıtı olarak biokütleyle giriş bu düzey için örnek olabilir. Ekonomik bakış, devletleri ya da coğrafik/politik kuruluşları ve dünya ekonomisini kapsar. Fosil yakıtlarının yerine rüzgar enerjisi ya da güneş pillerine geçiş, nanoteknoloji ve yeni iletişim hizmetleri gibi geniş bir skalada örnekleme yapılabilir. Şüphesiz ki bu üç düzey için keskin tanımlamalar yapılamamıştır, iki seviyeye düşürüldüğü hususlarda söz konusu olabilir.

- 3- Gösterge kapsamının genişletilmesi; Analizler en az sürdürülebilirlik göstergelerinin (çevresel, ekonomik ve sosyal göstergeler) bir grubu için yapılır [29].

2.11 Sürücü Koltuğu Üretimi ve Aşamaları

Koltuk, araç içinde sürücü ve yolcuların rahat bir şekilde oturmalarını, yolculuk yapmalarını, gerektiğinde hafifçe yatarak uzanmalarını sağlayan araç içyapısıdır. Koltuklar sürücü ve yolcuların rahat bir biçimde, terlemeden, ergonomik olarak rahatsız olmadan oturmalarını sağlayacak özelliklerde olmalıdır. Koltuklar sürücü, yolcu ve bebek koltukları olarak çeşitlendirilir. Koltuklar, sürücü ve yolcuların rahat hareket etmelerini sağlayacak uygun yükseklik, genişlik, omuz, diz ve baş mesafesine sahip olmalıdır [5]

Koltuk genel olarak 4 temel bileşene ayrılabilir;

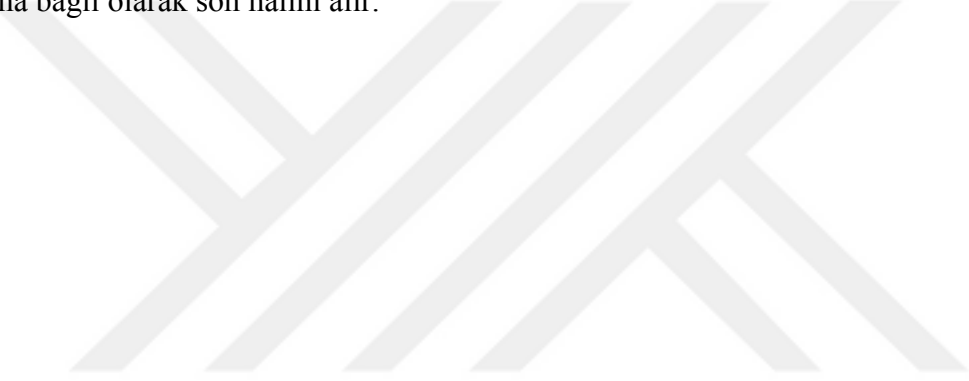
- Arkalık Grubu
- Oturak Grubu
- Kafalık Grubu
- Koltuk İskeleti

Her bileşen kendi içerisinde talep edilen test gereksinimlerini sağlayabilmek için çeşitli mukavemet arttırıcı ana bileşenlerden meydana gelir. Seçilen sac veya plastik ana bileşeni üzerine konfor ve görsellik kazandırılarak koltuk son kullanıcıya ulaştırılır.

Profil, boru ve form verilmiş sac parçalar belirlenmiş kaynak metodu ile kaynatılarak iskelet olarak tanımlanan hali alırlar. İskelet kimi zaman ürünün hareket kabiliyetine göre tek parçadan ya da birden fazla gruptan oluşabilir. Metal parçalar, korozyon direnci sağlamak adına elektrostatik toz boyama ya da kataforez benzeri yüzey kaplama süreçlerinden

geçirilirler. Bu işlemler yardımıyla kullanım sırasında oluşabilecek pas ya da metali zamanla deforme edecek ortam şartları etkisi minimize edilmiş olur.

Araç içi artan güvenlik ve fonksiyon ihtiyacı taleplerini karşılamak adına geliştirilen sistemler ve uyarıcı sistemlerde günümüzde sürücü koltuklarına elektronik olarak entegre edilir hale gelmiştir. Üretim sırasında bu tür ekipmanlar bağlantı elemanları yardımıyla montajlanarak fonksiyon sağlar hale getirilirler. Konfor bileşeni olarak kullanılan süngerlere kumaş ya da deri kılıflar yardımıyla hem görsellik hem de kullanım süresinin uzaması gibi etkiler kazandırılır. Koltuk, üretimi süresince tüm bu aşamaları tamamlayarak öngörülen testlerin sonucuna bağlı olarak son halini alır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Yürütülen Tesis

Bu çalışma 1986 yılında Bursa'da kurulan; 333.450 adet sürücü, 37.050 adet yolcu koltuğu üretim kapasitesine sahip, yarı otomatik ve manuel üretim hatları bulunan koltuk üretim tesisinde yürütülmüştür. Firma; sürücü koltuğu, muavin koltuğu, yolcu koltuğu, plastik koltuk, tren koltuğu ve gemi koltuğu üretimi alanlarında faaliyet göstermektedir. Tesis; talaşlı imalat, kaynak, boya, sünger üretiminin gerçekleştiği ön üretim ve daha sonra bu parçaların montajlandığı montaj bölümlerinden oluşmaktadır. Kullanılan boru ve bükümlü sac lar ön üretim bölümünde; plastik ve elektronik malzemeler montaj bölümünde kullanılmaktadır. Bu yarımamüller yurtiçi ve yurtdışı firmalardan tedarik edilmekte ve firma içinde stoklanmaktadır. Tesis bünyesinde, metal parçaların boyama işlemi elektrostatik toz boya tesisinde, süngerler MDI (metilen difenil diisosiyanat) sünger üretim tesisinde gerçekleştirilmektedir. Üretim tesisine ait görünüm Şekil 3.1 de verilmiştir.



Şekil 3.1 Üretim tesisine ait görünüm

Ön üretim bölümünde; form verilmiş sac parçalar, borular ve profiller tasarım aşamasında belirlenmiş olan şekle uygun olarak kalıplarda kaynak işlemine ve ardından elektrostatik toz

boya işleme tabi tutulurlar.

Talaşlı imalat bölümünde boru bükme, boru-profil kesme, delme ve pres işlemleri yapılmaktadır. Belirlenmiş olan işlem adımlarından sonra parçalar kaynakhane bölümüne ya da boyanmak üzere boyahane bölümüne iletilirler. Boyalı parçalar üretim zamanı geldiğinde montaj işlemine gönderilmek üzere stok alanında bekletilmektedir. Kaynakhane genel görünümü Şekil 3.2 de gösterilmiştir.

Süngerhane bölümünde polyol ve isosyanat hammaddelerinin yüksek basınçlı enjeksiyon makinesi yardımıyla alüminyum kalıplara döküm işlemi gerçekleştirilmektedir. Oluşan süngerin kalıptan kolay ve yırtılmadan alınabilmesi için döküm öncesinde kalıp yüzeyine kalıp ayırıcı uygulaması yapılmaktadır.



Şekil 3.2 Kaynakhane genel görünümü

Montaj; üretim siparişine bağlı olarak kullanılacak iç üretim ya da diğer ürün grupları montaj hatlarına beslenerek ürüne nihai şeklinin verilmesiyle sonlanır. Yarı otomatik ve manüel hatların son istasyonlarında fonksiyonel ve görsel olarak son kontrol işlemleri gerçekleştirilir.

Kontrollerin ardından uygun olan parça sevkiyat şekline göre ambalajlanarak müşteriye sevk edilmek üzere çıkış ambarında stoklanır.

İç bünyede üretilen yarı mamuller süpermarket stok bölgesinde stoklanmakta, bu ürünler montaj hatlarına elektrikli tren ve AGV (automated guided vehicle) araçları ile beslenmektedir. Ürünler, müşteri talebine göre tekli karton koli ya da dördü olarak metal kasalarla paketlenmektedir. Yurtiçi müşterilerine günlük, yurtdışı müşterilerine ise miktara bağlı olarak haftalık TIR ya da gemi ile sevkiyatlar yapılmaktadır. Üretim ve diğer süreçler, hammadde ve yarımamüllerin firmaya girişinden ürün olarak çıkışına kadar tüm aşamalarda bilgisayar programı ile takip edilmektedir.

3.2 Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmaları

Gerçekleştirilen çalışmada EN ISO 14044 Çevre Yönetimi – Hayat Boyu Değerlendirme – Gereklere ve Kılavuz standardı ve bu standarda uygun olarak hazırlanmış veri tabanına sahip olan PRè Consultans firmasına ait SimaPro8.0.1 yazılım programı kullanılmıştır. Program ecoinvent v3 veri tabanını kullanmaktadır. Standartta sırasıyla yer alan; hedef ve kapsam, envanter analizi, etki analizi ve yorumlama adımları takip edilmiştir.

3.2.1 Hedef ve kapsam

Bu çalışma ile ağır vasıta araçlarda sürücü koltuğu olarak kullanılan ürünün üretimi sırasında oluşan çevresel etkinin değerlendirilmesi ve çıkan sonuçların göz önünde bulundurularak çevresel etki yükünün azaltılması amaçlanılmıştır.

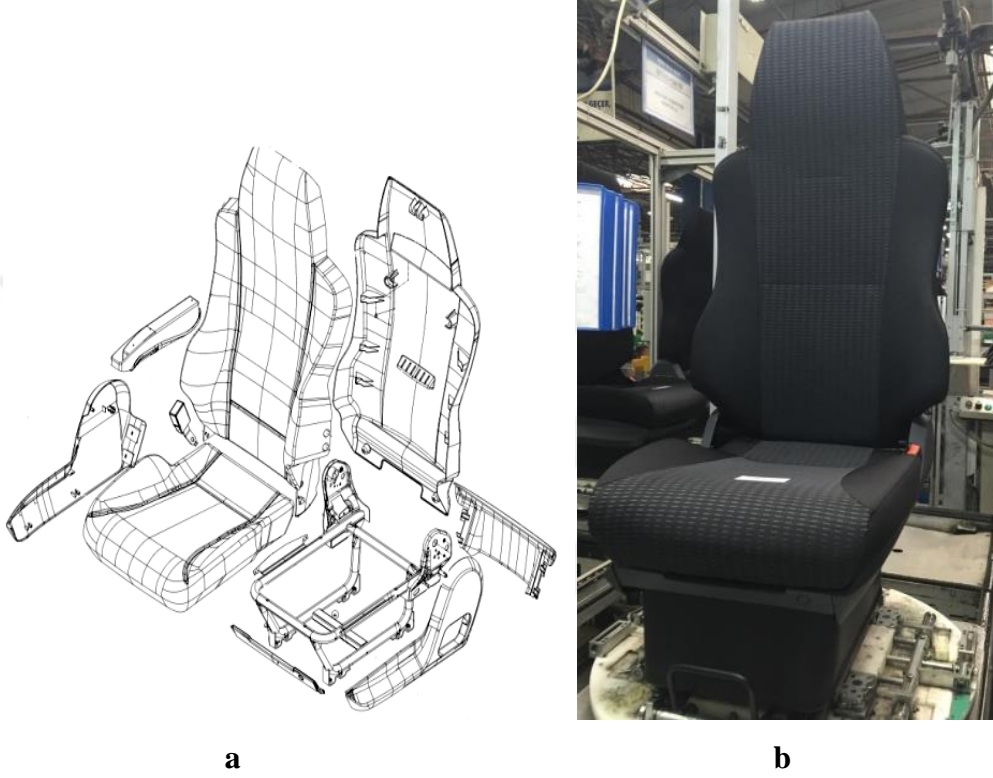
Fonksiyonel birim olarak 1 adet arkalık grubunun öne ve arkaya doğru yatabildiği, kızaklar üzerinde ileri geri hareket ettirilebildiği 20,5 kg ağırlığa sahip sürücü koltuğu seçilmiş ve tüm veriler bu fonksiyonel birim üzerinden hesaplanılmıştır (Şekil 3.3).

Sistem sınırları olarak işletmede kapıdan-kapıya gerçekleştirilen süreçler göz önüne alınmıştır. Süreçlerin işlem akışı halindeki gösterimi Ek-1’ de verilmiştir.

3.2.2 Envanter analizi

Birim süreçler içerisinde yer alan hammadde, enerji gibi girdilerin büyük kısmı işletmenin

yıllık verileri ortalaması göz önünde tutularak hesaplanılmıştır. Süreçler içerisinde hangi verilerin bu şekilde hesaplandığı belirtilmiştir. Aydınlatma için yapılan hesaplamalarda, süreçler içerisinde seçilen ürüne ait işlem gören bölgeler değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 3.3 Koltuğun şematik gösterimi a , b

3.2.3 Etki analizi

Bu çalışmada metot olarak; ortaya çıkardığı sonuçlar, kabul gören etki türleri ve çalışmanın amacına uygun olması nedeniyle CML 2001 metodu kullanılmıştır. Bu metotta yer alan etki değerlendirmeleri genel başlıkları aşağıdaki gibidir.

- Abiyodik Kaynakların Tükenmesi
- Asidifikasyon
- Ötrofikasyon
- Küresel Isınma
- Ozon Tabakası Tükenmesi

- İnsan Üzerindeki Toksik Etki
- Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki
- Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki
- Karasal Ekotoksosite



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 SimaPro Yazılımı ile YDD

4.1.1 Envanter analizi

Talaşlı İmalat

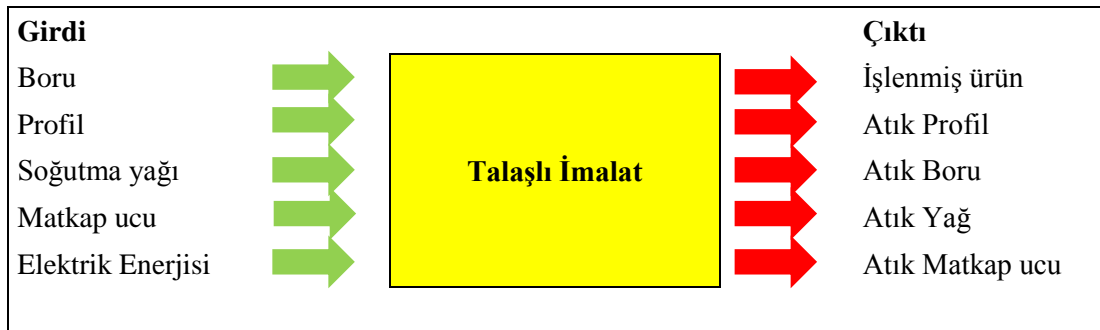
Talaşlı İmalat aşamasında; kullanılan boru ve profil parçaları ile birlikte soğutma yağı, matkap ucu ve elektrik enerjisi girdileri oluşturmaktadır. Atık boru ve profil, atık yağ, atık matkap ucu ve işlenmiş malzeme de çıktıları oluşturmaktadır. Proses girdi ve çıktıları Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Talaşlı imalat aşamasında soğutma sıvısı olarak kullanılan yağın içeriğinde bulunan trietanolamin ve 2- Hidroksimetilamino alkol kimyasalları kütüphane veri tabanında olmadığı için alternatif olarak yağlama işleminde kullanılan parafin malzemesi girişi yapılmıştır.

Atık boru, profil ve matkap ucu çıktıları bu bölüme dahil edilmemiş sistemde genel çıktıların toplamına dahil edilmiştir. Talaşlı imalat bölümüne ait çıktı listesi Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Atık yağ miktarı çok küçük değere sahip olduğu için sistem girişlerinde hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Çizelge 4.1 Talaşlı imalat girdi ve çıktı listesi



Fonksiyonel birim başına girdilere ait miktar değerleri birimleri ile birlikte Çizelge 4.2’de verilmiştir. SimaPro 8.01 programına elde edilen bu miktarlar uygun tanımlarına göre seçilerek girilmiştir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2 Talaşlı imalat girdi miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
Boru	6047,432	g
Profil	248,9675	g
Elektrik Enerjisi	0,5259	kWh
Aydınlatma	0,1936	kWh
Parafin	6,5	g

Çizelge 4.3 Talaşlı imalat çıktı miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
Atık boru	377,76	g
Atık profil	71,37	g
Atık matkap ucu	0,77	g

The screenshot shows the SimaPro 8.01 software interface. The main window is titled 'C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\EcolInvent3; Erdem_LCA_Tez - [Edit processing process 'Kesilims Boru]'. The interface includes a menu bar (File, Edit, Calculate, Tools, Window, Help) and a toolbar with various icons. The main content area is divided into several sections: 'Products', 'Known outputs to technosphere. Products and co-products', 'Known outputs to technosphere. Avoided products', 'Inputs', 'Known inputs from nature (resources)', 'Known inputs from technosphere (materials/fuels)', and 'Known inputs from technosphere (electricity/heat)'. The 'Products' section shows a table with columns: Name, Amount, Unit, Quantity, Allocation %, Category, and Comment. The 'Inputs' section shows a table with columns: Name, Sub-compartment, Amount, Unit, Distribution, SD^2 or 2*SDMin, Max, and Comment. The 'Known inputs from nature (resources)' section shows a table with columns: Name, Sub-compartment, Amount, Unit, Distribution, SD^2 or 2*SDMin, Max, and Comment. The 'Known inputs from technosphere (materials/fuels)' section shows a table with columns: Name, Amount, Unit, Distribution, SD^2 or 2*SDMin, Max, and Comment. The 'Known inputs from technosphere (electricity/heat)' section shows a table with columns: Name, Amount, Unit, Distribution, SD^2 or 2*SDMin, Max, and Comment.

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Kesilims Boru	1	p	Amount	100 %	Muavin Kol... 01 Talaşlı İmalat		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Steel, low-alloyed {GLO} market for Conseq, 5	6296.4	g	Undefined				
Paraffin {GLO} market for Conseq, 5	6.5	g	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Electricity, medium voltage {TR} market for Conseq, 5	0.5259	kWh	Undefined				Makine Kullanımlarından
Electricity, medium voltage {TR} market for Conseq, 5	0.1936	kWh	Undefined				Aydınlatma
(Insert line here)							

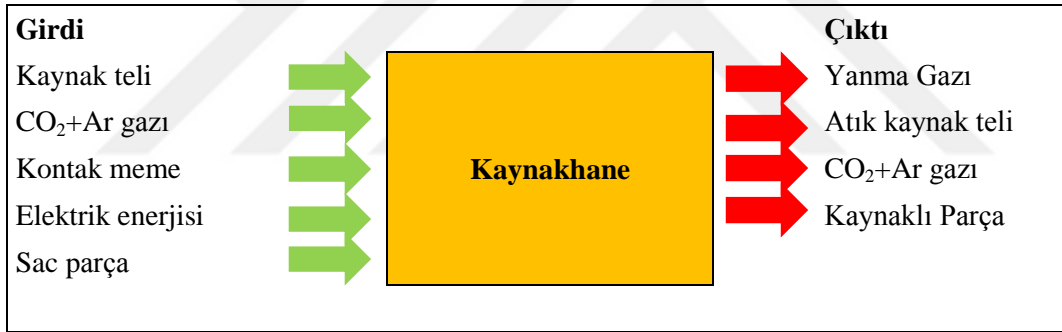
Şekil 4.1 Talaşlı imalat veri girişi ekranı [SimaPro 8.01]

Kaynakhane

Kaynakhanede, talaşlı imalat bölümünde üretilen ve yan sanayilerden tedarik edilen sac parçaların kaynakla birleştirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. MAG (metal aktif gaz)kaynak işlemi sırasında kullanılan kaynak teli, kaynak gazı, sac parçalar ve tüketilen enerjiler bu süreç için girdileri oluşturmaktadır. (Çizelge 4.4)

Süreç girdilerinden kaynak teli tartılarak, malzeme raporunda yer alan yüzdesel orana karşılık gelen miktarlara göre programa girilmiştir. Kaynak işlemi sırasında kullanılan kontakt meme tüketimi değer olarak çok küçük olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiştir. Kaynakhane sürecine ait girdi miktarları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Kaynakhane girdi ve çıktı listesi



Çizelge 4.5 Kaynakhane girdi miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
Elektrik enerjisi	24,3590	kWh
Fe	269,5400	g
C	0,2198	g
Si	1,6482	g
Mn	3,2964	g
Ar	90,2850	g
CO ₂	21,9760	g
Sac parça	7336,00	g
Aydınlatma	1,00108	kWh

Elektrik enerjisi, fonksiyonel birime karşılık gelen parçaların 230 A ile yapılan kaynak işlemi sürecince tükettiği enerji ve aydınlatma için sarf edilen enerji olarak iki ayrı bölümde hesaplanmış ve programa veri girişi yapılmıştır.

Tüm parçaların kaynak işlemi 20,90 dakika sürmektedir. Kaynak makinesi üzerinde yapılan ölçümde makinenin 69,92 kWh enerji tükettiği görülmüş, hesaplamalarda 20,90 dakikada tüketilen enerjisi 24,355 kWh olarak hesaplanılmıştır. Aydınlatma için harcanan enerji, 58 adet 36 W, 12 adet 18 W aydınlatma kapasitesine sahip lambaların 20,90 dakika kaynak işlemi ve 5,17 dakika taşıma süreleri toplamına karşılık gelen enerji şeklinde hesaplanılmıştır.

$$\text{Toplam aydınlatma enerjisi} = (\text{Lamba adedi} \times \text{Lamba gücü}) \times \text{Aydınlatma süresi} \quad (4.1)$$

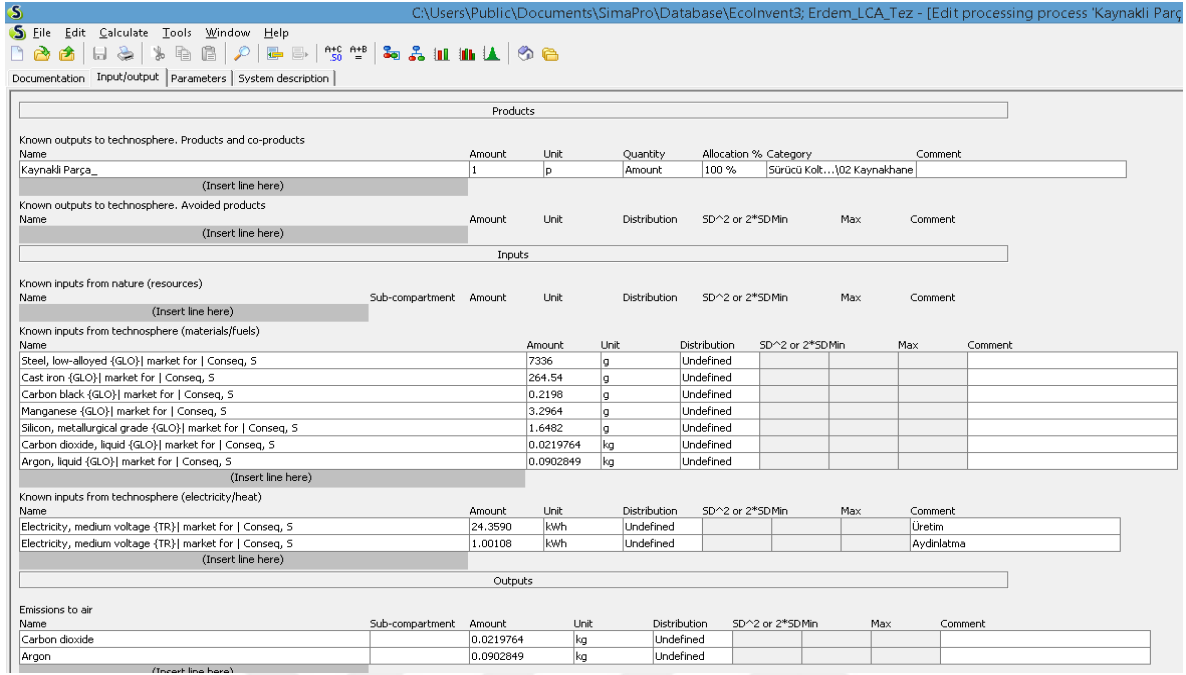
$$\text{Aydınlatma enerjisi} = ((58 \times 36 \text{W}) + (12 \times 18 \text{W})) \times 0,4345 \text{h} = 1,00108 \text{ kWh}$$

Süreç çıktıları olarak, kaynak işlemi sonrası açığa çıkan atık gazlar hesaplamaya dahil edilirken atık kaynak teli çok küçük değere sahip olduğu için dahil edilmemiştir (Çizelge 4.6). Atık gazlara ait değerler 20,90 dakika için sarf edilen miktarlardır.

Çizelge 4.6 Kaynakhane çıktı miktarları

Atık Gazlar	Miktar	Birim
Ar	90,2850	g
CO ₂	21,9760	g

Yapılan baca gazı emisyon ölçümlerinde Çizelge 4.6'da verilenler dışında tespit edilen başka bir emisyon mevcut değildir. Programa yapılan veri girişi Şekil 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.2 Kaynaklı veri girişi ekranı [SimaPro 8.01]

Boyahane

Boyahane bölümünde iki yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde program kütüphanesinde bulunan elektrostatik toz boyama prosesi seçilirken ikinci yöntemde işletmede kullanılan veriler takip edilmiş, kimyasal ve diğer girdiler kullanılarak programa veri girişi yapılmıştır. Birinci yöntemde; program kütüphanesindeki veri girişi toplam boyanan yüzey alan değeri üzerinden yapılmıştır. Parçaların yüzey alan değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çıktı kısmı içinde herhangi bir giriş yapılmamıştır, programın kendi değerlendirmesi göz önüne alınmıştır.

Çizelge 4.7 Boyalı parçaların yüzey alanları

Malzeme	Yüzey Alanları	Birim
Arkalık İskeleti	0,773	m ²
Oturak İskeleti	0,828	m ²
U-profil	0,174	m ²
Kıza Açma Kolu	0,031	m ²
Toplam	1,806	m ²

Birinci yöntemde kütüphane verilerine göre yapılan giriş ekranı Şekil 4.3’de verilmiştir.

Products							
Known outputs to technosphere, Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Boyali Parca_Kütüphane	1	p	Amount	100 %	Musavin Koltu...103 Boyahane		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere, Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Powder coat, steel {GLO} market for Conseq, 5	1.0060	m2	Undefined				
(Insert line here)							

Şekil 4.3 Boyahane veri girişi ekranı kütüphane [SimaPro 8.0.1]

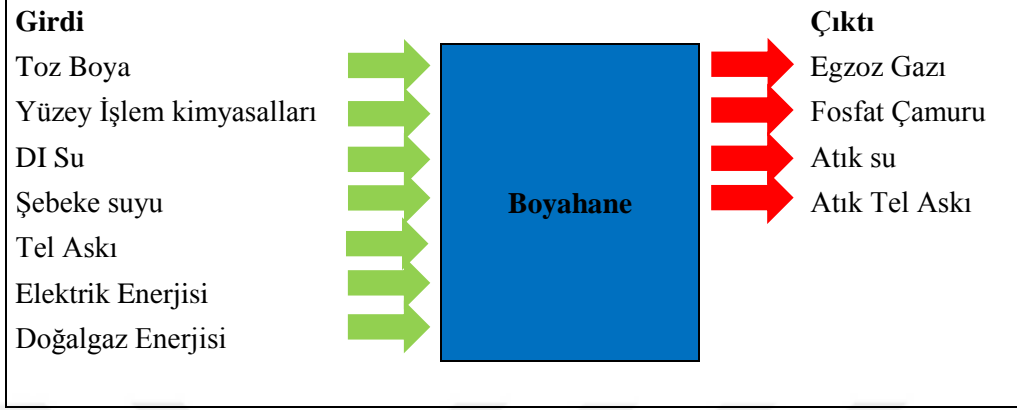
İkinci yöntemde; proses işletme içerisinde takip edilerek veri toplanmıştır. Proseste kullanılan bazı kimyasallar ve eşdeğerleri sistem kütüphanesinde mevcut olmadığı için hesaplamalara katılamamıştır. Bunlar; Tetrasodium-1-hidroxyethane-11-diphosponate, tri-Sodium phosphate dodecahydrate, Titanyum oksit sülfat, Nikel Nitrat, Dihidrojen hekzeflorozirkonat ve Amonyum hekzaflorozirkonat'dır. Kullanılan askı telinin birim miktarı çok düşük olduğu için girdi ve çıktılarda hesaplamaya katılmamıştır (Çizelge 4.8).

Girdilerde yer alan kimyasallar yüzey işlem banyolarında birim yüzey alana göre hesaplanan kimyasallardır. Kullanım miktarları toplam boyanan yüzey alanına göre yüzey işlem banyolarında sarf edilen miktarları yansıtmaktadır. Firmaların paylaşabildiği ölçüde malzeme güvenlik ve bilgi formlarında yer alan kimyasal listesi ve değerleri esas alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

Elektrik enerjisi tesiste fonksiyonel birim için sarf edilen miktara karşılık gelen enerjidir. Hesaplama yapılırken yıllık tüketimden aylık tüketime geçilmiş daha sonra boyanan aylık toplam parça sayısı üzerinden fonksiyonel birimdeki miktarlara indirgenmiştir. Yapılan anlık ölçümlerde gözlenebilecek değişkenliğin sonuçları olumsuz etkilememesi için bu hesaplama yöntemine başvurulmuştur.

Yine benzer şekilde doğalgaz tüketimi de, yıllık tüketimden ortalama aylık tüketime ve daha sonra fonksiyonel birim başına düşen miktara dönüştürülmüştür.

Çizelge 4.8 Boyahane girdi ve çıktı listesi



Aydınlatma enerjisi, 58 adet 58 W aydınlatma kapasitesine sahip lambaların 7 dakikalık süreç boyunca tükettiği enerji olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan DI (deiyonize) su, tesiste yer alan ters ozmoz ünitesi tarafından üretilmektedir. Tüketim miktarı, yıllık tüketimden aylık ortalama tüketime daha sonrada fonksiyonel birim için sarf edilen miktara geçilerek hesaplanmıştır.

Şebeke suyu da DI suya benzer şekilde yıllık tüketim üzerinden hesaplanmıştır. Boyahane girdi değerleri Çizelge 4.9’de verilmiştir.

Çizelge 4.9 Boyahane girdi miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
DI Su	0,00352	m ³
Şebeke suyu	0,00295	m ³
Elektrik Enerjisi	1,24340	kWh
Aydınlatma	0,39247	kWh
Doğalgaz Enerjisi	0,24370	m ³
Benziimidizole	140,000	g
Potasyum Hidroksit	0,90300	g
Ethenediol	0,07224	g
Sodyum Karbonat	0,08127	g
Sodyum Nitrit	4,40213	g

Çizelge 4.9 Boyahane girdi miktarları (Devamı)

Malzeme	Miktar	Birim
Sodyum Nitrat	0,35217	g
Fosforik asit	6,63705	g
Çinko oksit	1,42223	g
Nitrik asit	5,68890	g

Süreç çıktıları olarak fosfat çamuru, kürleme fırını egzoz emisyon ölçümü sonuçları ve yüzey işlem banyolarında ortaya çıkan atık su alınmıştır.

Fosfat çamuru ve atık su miktarları yıllık kullanımların aylık ortalamalarına karşılık gelen değerlere dönüştürülmesiyle fonksiyonel birim başına düşen miktarlar olarak programa girilmiştir.

Egzoz emisyon ölçüm sonuçlarında, 13 dakika süren kürleme işlemine karşılık gelen miktarlar hesaplamada kullanılmıştır. Veriler Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 Boyahane çıktı miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
CO	0,000527	kg
NO ₂	0.061804	kg
NO	0,038402	kg
SO ₂	0.003007	kg
Fosfat Çamuru	0,0130	kg
Atık su	0,0014	m ³

Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Boyall Parça	1	p	Amount	100 %	Muavin Koku...103 Boyahane		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Benzimidazole-compound {GLO} market for Conseq, S	140.00	g	Undefined				
Potassium hydroxide {RoW} production Conseq, S	0.9030	g	Undefined				
Ethylene glycol {RoW} production Conseq, S	0.0722	g	Undefined				
Soda ash, dense {GLO} modified Solvay process, Hou's process Conseq, S	0.0813	g	Undefined				
Sodium nitrate {RoW} production Conseq, S	4.4021	g	Undefined				
Sodium nitrate {GLO} market for Conseq, S	0.3522	g	Undefined				
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state {GLO} market for Conseq, S	6.6371	g	Undefined				
Zinc oxide {GLO} market for Conseq, S	1.4222	g	Undefined				
Nitric acid, without water, in 50% solution state {GLO} market for Conseq, S	5.6889	g	Undefined				
Water, deionised, from tap water, at user {RoW} production Conseq, S	3.52071	kg	Undefined				
Tap water, at user {Europe without Switzerland} tap water production and supply Conseq, S	2.9467	kg	Undefined				
Electricity, medium voltage {TR} market for Conseq, S	1.2434	kWh	Undefined			Tesis kullanımı	
Electricity, medium voltage {TR} market for Conseq, S	0.3924	kWh	Undefined			Aydınlıkta	
Natural gas, combusted in industrial equipment/RNA	0.2437	m3	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Carbon monoxide		0.0005265	kg	Undefined			
Nitrogen dioxide		0.0618042	kg	Undefined			
Nitrogen monoxide		0.0384020	kg	Undefined			
Sulfur dioxide		0.0030073	kg	Undefined			
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Water, TR		0.0140	m3	Undefined			
(Insert line here)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Dummy_Disposal, sludge, containing phosphorous, to sanitary landfill/US	0.0130	kg	Undefined				
(Insert line here)							

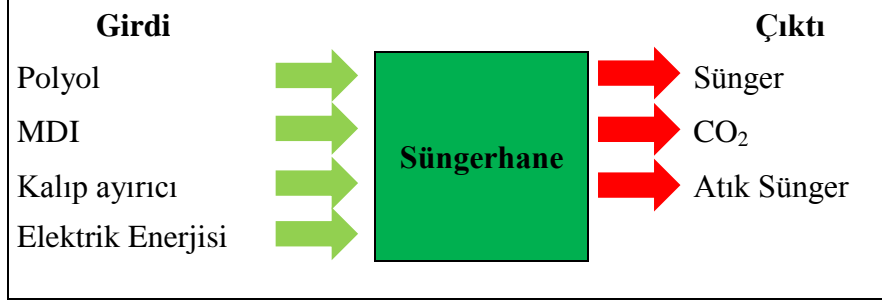
Şekil 4.4 Boyahane veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Süngerhane

Süngerhane bölümünde; oturak ve arkalık grubunda yer alan süngerler üretilmektedir. Gerekli olan polyol ve MDI miktarları makine üzerinden değer alınarak tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi, kalıpların ısınmasında kullanılan ısıtıcılar ve makinelerden gelmektedir (Çizelge 4.11).

Makineler için gerekli havayı üreten kompresörün tükettiği enerjide, tüketilen hava miktarından hesaplanılmıştır. Kalıptan süngerin kolaylıkla alınabilmesi için kullanılan kalıp ayırıcı tartım alınarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11 Süngerhane girdi ve çıktı listesi



Çizelge 4.12 Süngerhane girdi miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
Polieterpolyol	1894	g
MDI	1167	g
Heptan	85,464	g
Elektrik enerjisi (Sıcak Su için)	0,7550	kWh
Elektrik enerjisi (Makine)	0,0755	kWh
Elektrik enerjisi (Hava)	3,9000	kWh
Aydınlatma	0,2220	kWh

Bu sürecin çıktıları sünger, poliüretanın oluşumu sırasında açığa çıkan CO₂ ve atık süngerdir. Yapılan baca gazı emisyon ölçümlerinde tespit edilen başka bir emisyon mevcut değildir. Süngerhane çıktı miktarları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Süngerhane çıktı miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
Sünger	2944,6	g
CO ₂	113,80	g
Atık Sünger	2,6000	g

Süngerhane için yapılan veri giriş ekranı Şekil 4.5’de verilmiştir.

C:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Ecolnvent3; Erdem_LCA_Tez - [Edit processing process 'Sünger']

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation Input/output Parameters System description

Products

Known outputs to technosphere, Products and co-products

Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment
Sünger	1	p	Amount	100 %	Musvin Kolt...04 Süngerhane	

(Insert line here)

Known outputs to technosphere, Avoided products

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)						

Inputs

Known inputs from nature (resources)

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Known inputs from technosphere (materials/fuels)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Polyol ether, for flexible foam polyurethane production, at plant/RNA	1894	g	Undefined			
Methylene diphenyl diisocyanate resin, at plant, US PNW/US	1167	g	Undefined			
Solvent, organic (GLO) heptane to generic market for Alloc Def, U	85.464	g	Undefined			

(Insert line here)

Known inputs from technosphere (electricity/heat)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, U	0.7550	kWh	Undefined			Sıcak su
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, U	0.0755	kWh	Undefined			Makine
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, U	3.90	kWh	Undefined			Hava için
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, U	0.2220	kWh	Undefined			Aydınlatma

(Insert line here)

Outputs

Emissions to air

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Carbon dioxide		113.80	g	Undefined			

Known outputs to technosphere, Waste and emissions to treatment

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Waste polyurethane foam (waste treatment) (RoW) treatment of waste polyurethane foam	2.60	g	Undefined			

(Insert line here)

Şekil 4.5 Süngerhane veri girişi ekranı [Simapro 8.0.1]

Tekstil Merkezi

Tekstil merkezinde; yan sanayiden rulo olarak tedarik edilen kumaşlar kılıf haline getirilmektedir. Cutter cihazıyla kesilen kumaşlar dikiş makineleri ile dikilmektedir. Kullanılan kumaş, sünger laminasyonuna ve astara sahip olduğu için hesaplamalar toplam kullanılan 757,50 g laminasyonlu kumaşa karşılık gelen değerler üzerinden yapılmıştır. Laminasyonlu kumaşa ait içerik yüzdeleri ve gramajları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Kumaşta kullanılan hav, atkı ve çözümler miktarları ve lif türleri Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir. Hav içerisinde bulunan akrilik, polyester ve yün miktarı kumaşta hav içeriğinin düşük olması nedeniyle hesaplamalara dahil edilmemiş, kumaşın temel bileşenleri olarak viskon ve polyester alınmıştır. Kumaş içerikleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Laminasyonlu kumaş içerikleri

Girdi	Yüzde	Miktar	Birim
Kumaş	63,06%	477,70270	g

Çizelge 4.14 Laminasyonlu kumaş içerikleri (Devamı)

Girdi	Yüzde	Miktar	Birim
Astar (PES)	13,51%	102,36490	g
Sünger	23,42%	177,43240	g

Çizelge 4.15 Yüzdesel hav içerikleri

Lif Türü	Yüzde
Yün	13%
Akrilik-polyester	75%
Polyester	12%

Çizelge 4.16 Yüzdesel atkı içerikleri

Lif Türü	Yüzde
PES	65%
Viskon	35%

Çizelge 4.17 Yüzdesel çözgü içerikleri

Lif Türü	Yüzde
PES	80%
Viskon	20%

Çizelge 4.18 Kumaş içerikleri

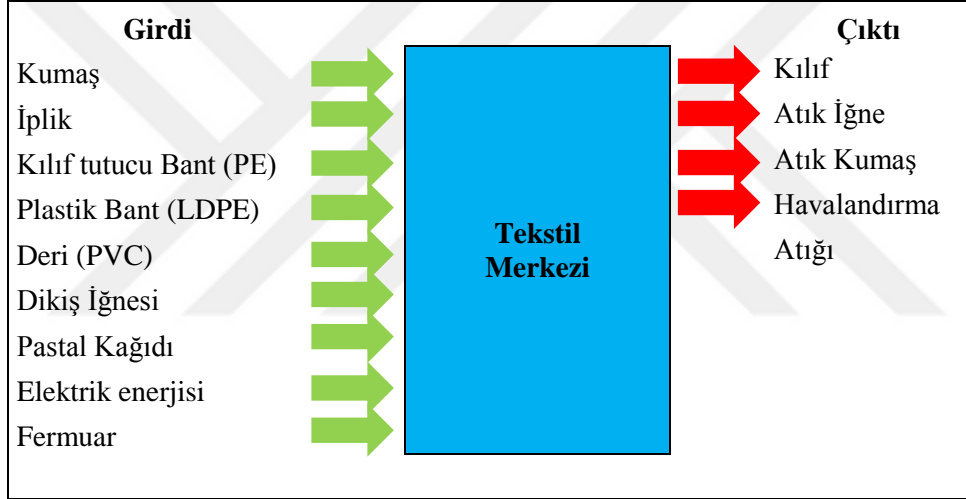
Girdi	Yüzde	Miktar	Birim
PES	80,00%	382,1622	g
Viskon	20,00%	95,5405	g

Kılıfı oluşturan diğer malzemelerin girdi listesinde belirtilen şekliyle malzeme üzerinde tartımları alınarak programa girişleri yapılmıştır. Tekstil bölümüne ait girdi ve çıktı listesi Çizelge 4.20’de verilmiştir. Üründe kullanılan kumaşa ait havalandırma atığının, fonksiyonel birime karşılık gelen miktarı kesin olarak bulunamadığı için hesaplamalara dahil edilmemiştir. Dikiş için kullanılan iğnenin deformasyona karşı değişim sıklığı ve atık miktarı çok düşük olduğu için hesaplamalara dahil edilmemiştir. Atık kumaşlar genel veriler kısmında sisteme girilmiştir.

Tekstil bölümünde kullanılan enerji, cutter cihazının fonksiyonel birime karşılık gelen kesilmiş kumaş için harcadığı enerji ile bunların dikiminde kullanılan dikiş makinesinin harcadığı enerjinin toplamıdır. Programa yapılan veri giriş ekranı Şekil 4.6’da verilmiştir.

Aydınlatma için harcanan enerji, 30 adet 58 W aydınlatma kapasitesine sahip lambanın tükettiği enerjiye karşılık gelmektedir. Süreç içerisinde kesim ve dikim işlemleri için harcanan toplam süre 13,38 dakika olarak tespit edilmiştir. Hesaplamalar bu veri ışığında yapılmıştır. Tekstil merkezine ait girdi ve çıktı listesi Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Kılıf girdi ve çıktı listesi



Kılıf içerisinde yer alan malzemelere ait girdi değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Kılıf girdileri

Girdi	Miktar	Birim
Kumaş ve Astar (PES)	530,527	g
İplik (PES)	3,700	g
Kılıf tutucu Bant (PE)	30,000	g
Plastik Bant Şerit (LDPE)	10,000	g
Deri (PVC)	235,000	g
Pastal Kağıdı	231,000	g
Vakum Poşeti (PE)	96,500	g
Elektrik enerjisi	0,373	kWh
Aydınlatma	0,194	kWh

Çizelge 4.20 Kılıf girdileri (Devamı)

Girdi	Miktar	Birim
PET	5,084	g
Pirinç	4,395	g
Polyamid	2,361	g

Tekstil merkezine ait genel çıktılara dahil edilen atık kumaş Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Kılıf çıktı

Çıktı	Miktar	Birim
Atık kumaş	90,90	g

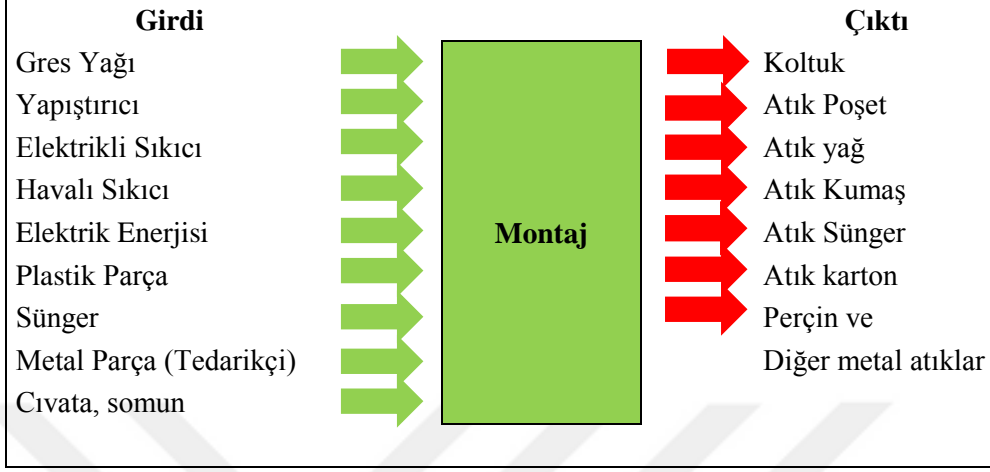
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment
Kılıf	1	p	Amount	100 %	Pluavin K...[05 Tekstil Merkezi]	
Known outputs to technosphere. Avoided products						
Known inputs from nature (resources)						
Known inputs from technosphere (materials/fuels)						
Viscose fibre (GLO) viscose production Conseq, U	95.6450	g	Undefined			Laminasyonlu kumaş
Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade (RER) production Alloc Def, S	530.527	g	Undefined			Laminasyonlu kumaş
Polyurethane, flexible foam (RoW) production Conseq, S	177.4324	g	Undefined			Laminasyonlu kumaş
Polyethylene, low density, granulate (GLO) market for Conseq, U	10.00	g	Undefined			Plastik Bank
Polyvinylchloride, bulk polymerised (RoW) polyvinylchloride production, bulk polymerisation Conseq, U	235	g	Undefined			
Paper, woodfree, uncoated (RoW) market for Conseq, U	231	g	Undefined			
Polyethylene, high density, granulate (GLO) market for Conseq, U	126.50	g	Undefined			Vakum içi
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, S	0.3732	kWh	Undefined			Makine Kullanımı
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, S	0.194054	kWh	Undefined			Aydınlatma
Polyethylene terephthalate, granulate, bottle grade (RoW) production Conseq, S	5.0840	g	Undefined			Fermuar
Brass (GLO) market for Conseq, S	4.3950	g	Undefined			Fermuar
Nylon 6-6 (GLO) market for Conseq, S	2.3610	g	Undefined			Fermuar

Şekil 4.6 Tekstil merkezi veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Montaj

Montaj bölümünde, ön üretim birimleri olarak değerlendirilen talaşlı imalat, kaynakhane, boyahane ve süngerhaneden gelen yarı mamuller tekstil merkezinden gelen kılıflar ile birlikte montaj işlemine tabi tutulurlar. Bu malzemelerin yanı sıra ek olarak kullanılan plastik ve metal parçalar yan sanayilerden tedarik edilmektedir.

Çizelge 4.22 Montaj girdi ve çıktı listesi



Montaj bölümü girdi ve çıktıları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Süreç girdilerinde yer alan, hareketli mekanizmaların çalıştırılmasında kullanılan gres yağı tartım alınarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde yapıştırıcı tartım alınarak tespit edilmiştir.

Montaj işleminde kullanılan elektrik sıkıcıların tükettiği enerji makineler üzerinden anlık akım değerlerinin ölçülmesi ile hesaplanmıştır. Havalı sıkıcıların tükettiği enerji, kompresörün 40 m³ hava üretmek için ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi olarak, makine üzerinden anlık ölçümle hesaplanmıştır.

Yan sanayilerden tedarik edilen plastik parçalar hammadde içeriklerine göre sınıflandırılmış ve fonksiyonel birim başına tüketilen miktarlarının tartım alınarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde yan sanayilerden tedarik edilen montaj parçaları tartım alınarak hesaplanmıştır.

Bir önceki süreçlerin çıktıları olan yarı mamullerin yeniden hesaplama katılmaması için bu süreçte girdiler kısmında gösterilmiş ancak hesaplamalara katılmamıştır. Montaj bölümüne ait girdi miktarları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Montaj girdi miktarları

Girdi	Miktar	Birim
Gres Yağı	5,0000	g
Toluen	1,4525	g

Çizelge 4.23 Montaj girdi miktarları (Devamı)

Girdi	Miktar	Birim
Hegzan	1,4350	g
Aseton	2,4745	g
Elektrik (Sıkıcı)	0,50	kWh
Havalı Sıkıcı (Kompresör)	6,50	kWh
Elektrik Enerjisi (Makine)	2,20	kWh
Metal Parça (Tedarikçi)	2750	g
PA6	122	g
ABS	130	g
PP	1752	g
PS	65	g
EPDM	16	g
Poşet (PE)	125	g

Süreç çıktıları arasında yer alan atık yağ miktarı çok küçük olduğu için hesaplamalara dahil edilmemiştir. Bunun dışında yer alan diğer atıklar genel kısma girilmiştir. Montaj bölümüne ait veri girişi ekranı Şekil 4.7’de verilmiştir.

Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ² or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name		Amount	Unit	Distribution	SD ² or 2*SDMin	Max	Comment
Dummy_Oil and grease, at plant/US		5	g	Undefined			
Toluene, liquid (RER) production Conseq, 5		1.4525	g	Undefined			
Hexane (GLO) market for Conseq, 5		1.4350	g	Undefined			
Acetone, liquid (RoW) production Conseq, 5		2.4745	g	Undefined			
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, 5		0.5	kWh	Undefined			Elektrikli Sıkıcı
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, 5		6.50	kWh	Undefined			Havalı Sıkıcı
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq, 5		2.20	kWh	Undefined			Makine Kullanımı
Steel, low-alloyed (GLO) market for Conseq, 5		2750	g	Undefined			
Nylon 6 (RER) production Conseq, 5		122	g	Undefined			
Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer resin, at plant/RNA		130	g	Undefined			
Polypropylene, granulate (GLO) market for Conseq, 5		1752	g	Undefined			
Polystyrene, general purpose (RoW) production Conseq, 5		65	g	Undefined			
Synthetic rubber (GLO) market for Conseq, 5		16	g	Undefined			
Polyethylene, high density, granulate (RoW) production Conseq, 5		125	g	Undefined			

Şekil 4.7 Montaj veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Lojistik

Lojistik bölümü; işletme içerisinde üretilen ve yan sanayilerden tedarik edilen parçalar ile bitmiş ürün olan koltuğun çıkış ambarına kadar olan taşınması aşamalarını kapsar. İç bünyede bulunan tüm parçaların lojistiği elektrikle çalışan şarjlı araçlarla gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden bu süreçte girdi olarak fonksiyonel birime karşılık gelen parçaların taşınması süreleri hesaplanılmış ve şarjlı araçların tüketim değerleri bulunarak hesaplama yapılmıştır. Lojistik bölümüne ait girdi ve çıktı listesi Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24 Lojistik girdi ve çıktı listesi



Toplamda gerçekleşen 17,89 dakikalık taşıma işlemine karşılık gelen elektrik enerjisinin 0,5830 kWh olduğu makine verileri üzerinden hesaplanmıştır. Programa yapılan veri giriş ekranı Şekil 4.8’de verilmiştir.

Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name		Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Electricity, medium voltage (TR) market for Conseq. S		0.583	kWh	Undefined			

Şekil 4.8 Lojistik veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Kazan Dairesi

Boyahanede yüzey işlem banyolarının, süngerhanede alüminyum sünger kalıplarının ısıtılmasında kullanılan 60 °C ye set edilmiş 1.000.000 kcal/h kapasiteli sıcak su kazanına ait

girdiler tek bir sistem olarak hesaplamalara dâhil edilmiştir. Tüketilen enerjinin süreçlere olan dağılımı ayrı ayrı ölçülemediğinden bu yöneme başvurulmuştur. Kazan dairesine ait girdi ve çıktı listesi Çizelge 4.25’de, programa yapılan veri giriş ekranı Şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.25 Kazan dairesi girdi ve çıktı listesi



Elektrik enerjisi, fonksiyonel birim başına üretilmesi gereken boyalı parça ve süngerler için gereken sıcak suyun sağlanmasında harcanan enerjidir ve anlık tüketilen enerjiden bulunmuştur. Doğalgaz enerjisi 12 aylık doğalgaz tüketiminden hesaplanan aylık ortalamannın fonksiyonel birime karşılık gelen miktarı olarak hesaplanılmıştır. Kazan içerisinde kullanılan DI su aylık tüketim miktarından hesaplanılmıştır.

Çizelge 4.26 Kazan dairesi girdi miktarları

Girdi	Miktar	Birim
Elektrik Enerjisi	4,50	kWh
Doğalgaz enerjisi	0,08586	m ³
DI Su	0,00784	m ³

Kazan dairesi için aylık ortalama üzerinden hesaplanılan atık su miktarı ve doğalgaz brülöründen çıkış yapan bacaya ait emisyon ölçümleri süreç için çıktıları oluşturmaktadır. Kazan dairesi girdi ve çıktı değerleri Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27 Kazan dairesi çıktı miktarları

Çıktı	Miktar	Birim
CO (Atık Gaz)	0,01244	kg/h
Atık su	0,00003	m ³

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Ecolnvent3; Erdem_LCA_Tez - [Edit processing process 'Sıcak Su K

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation Input/output Parameters System description

Products

Known outputs to technosphere. Products and co-products

Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment
Sıcak Su Kazan	1	p	Amount	100 %	Muavin Ko...08 Kazan Dairesi	
(Insert line here)						

Known outputs to technosphere. Avoided products

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)						

Inputs

Known inputs from nature (resources)

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							

Known inputs from technosphere (materials/fuels)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)						

Known inputs from technosphere (electricity/heat)

Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Electricity, medium voltage {TR} market for Conseq, 5	4.5	kWh	Undefined			
Natural gas, combusted in industrial equipment (m3)/m3/RNA	0.08596	m3	Undefined			
Water, deionised, from tap water, at user {GLO} market for Conseq, 5	7.84	kg	Undefined			
(Insert line here)						

Outputs

Emissions to air

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Carbon monoxide		0.0124	kg	Undefined			
(Insert line here)							

Emissions to water

Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
Water, TR		0.00003	m3	Undefined			

Şekil 4.9 Kazan dairesi veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Geri Kazanım

Bu aşamada malzemeler polietilen, kağıt, ahşap ve metal olarak sınıflandırılmıştır. Hesaplama, işletme genelinde 6 aylık olarak geri kazanıma gönderilen malzemelerin, toplam üretilen ürünün fonksiyonel birim miktarı başına düşen değeri olarak hesaplanılmıştır.

Örneğin; fonksiyonel birim olarak seçilen koltuğun aylık üretimi 15840 adet iken geri kazanıma gönderilen PE 1600 kg dır. Birim koltuk başına geri kazanıma gönderilen PE miktarı 0,1010 kg olarak hesaplanılmıştır.

Çizelge 4.28 Geri kazanım miktarları

Malzeme	Miktar	Birim
PE	0,10101	kg
Kağıt	1,59407	kg
Ahşap	0,21780	kg
Metal	0,49990	kg

Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment			
Name	Amount	Unit	Distribution
PE (waste treatment) {GLO} recycling of PE Conseq, S	0.1	kg	Undefined
Paper (waste treatment) {GLO} recycling of paper Conseq, S	1.594	kg	Undefined
Dummy_Recycling, wood waste, unspecified/US	0.217	kg	Undefined
Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Conseq, S	0.49913	kg	Undefined
(Insert line here)			

Şekil 4.10 Geri kazanım veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

Programda süreç girdilerinin tamamlanmasının ardından genel olarak tanımlanan çıktıların girişleri yapılmış ve etki analizi için hesaplama adımına geçilmiştir.

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Muavin Koltugu	1	p	Amount	100 %	Muavin Koltugu Üretimi		
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Avoided products							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Inputs							
Known inputs from nature (resources)							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Kesilmiş Boru	1	p	Undefined				
Kaynaklı Parça	1	p	Undefined				
Boyaklı Parça	1	p	Undefined				
Sünger	1	p	Undefined				
Kilif	1	p	Undefined				
Malzeme Tasıma	1	p	Undefined				
Koltuk Montajı	1	p	Undefined				
Boyahane Sıcak Su Kazan	1	p	Undefined				
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SDMin	Max	Comment	
PE (waste treatment) {GLO} recycling of PE Conseq, S	0.1	kg	Undefined				
Paper (waste treatment) {GLO} recycling of paper Conseq, S	1.594	kg	Undefined				
Dummy_Recycling, wood waste, unspecified/US	0.217	kg	Undefined				
Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Conseq, S	0.49913	kg	Undefined				
(Insert line here)							

Şekil 4.11 Genel çıktı veri girişi ekranı [SimaPro 8.0.1]

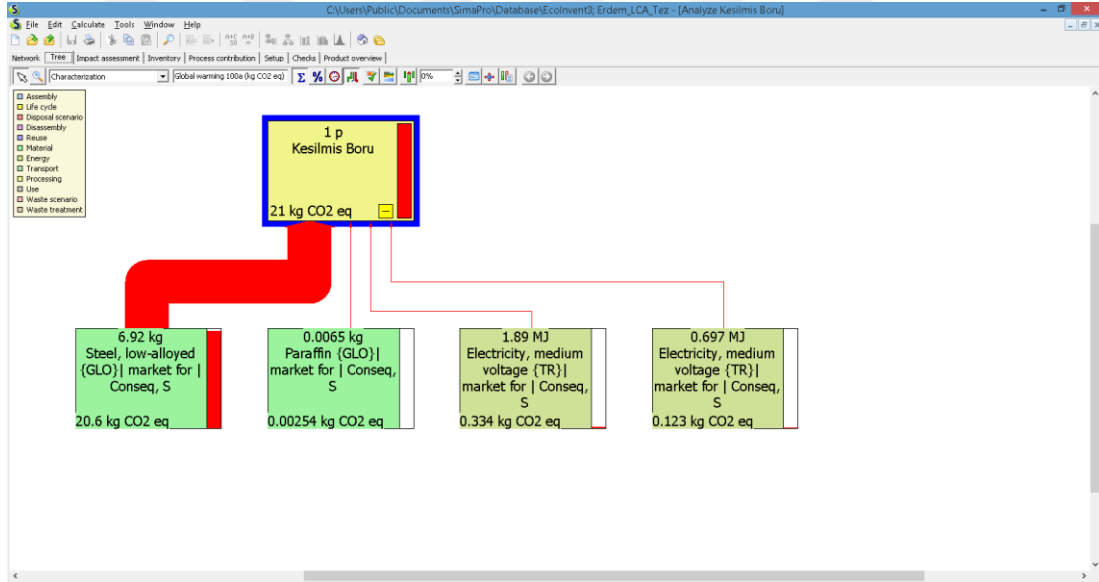
4.1.2 Etki Analizi

Envanter girişlerinin tamamlanmasının ardından fonksiyonel birim olarak seçilen 1 adet koltuğun üretim süreçlerinin ortaya çıkardığı çevresel etkiler değerlendirilmiştir. Oluşan toplam çevresel yükün yanı sıra süreçlerin ayrı ayrı olarak değerlendirmeleri yapılmıştır. Veri

girişleri yapılan SimaPro 8.0.1 programı için değerlendirme karakterizasyon seçimi yapılarak küresel ısınma üzerindeki 100 yıl etkisi incelenmiştir.

Talaşlı İmalat

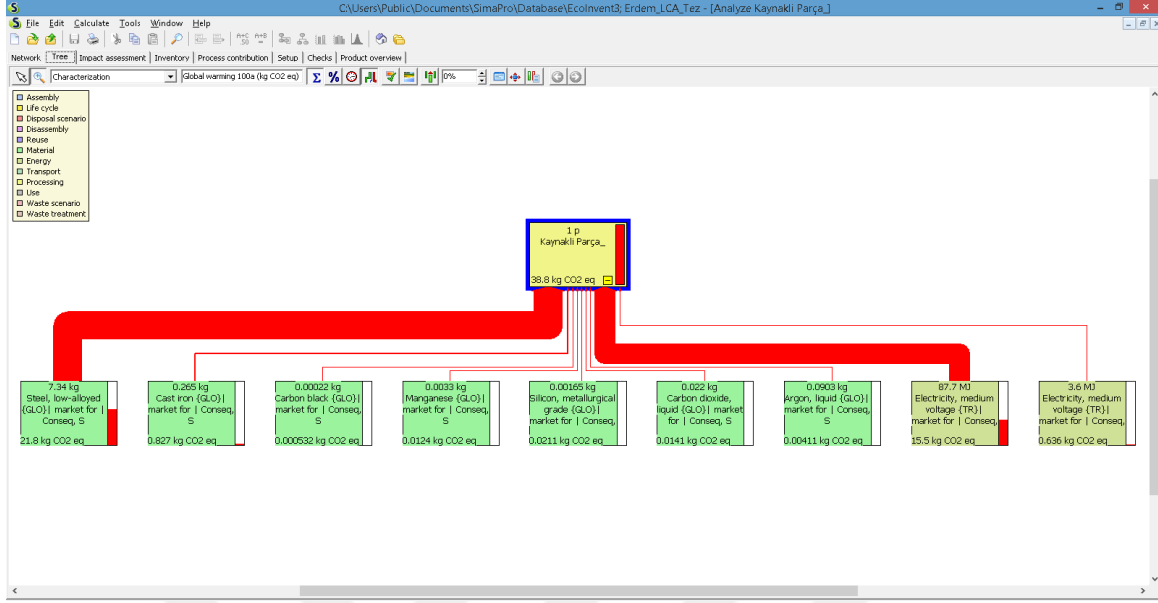
Sürecin tamamındaki etki 21 kg CO₂ eşdeğeri iken bunun % 98'lik kısmı 20,60 kg CO₂ eşdeğeri ile çelikten gelmektedir. Koltuk içerisinde temel iskeleti oluşturan bu kısım süreçte önemli boyutta çevresel yük yaratmaktadır. Elektrik kullanımından gelen etkinin ise % 27'lik kısmını aydınlatma için tüketilen enerji oluşturmaktadır. Çizelge 4.12'de küresel ısınma etkisi kaynakları ve değerleri verilmiştir.



Şekil 4.12 Talaşlı imalat küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Kaynaklane

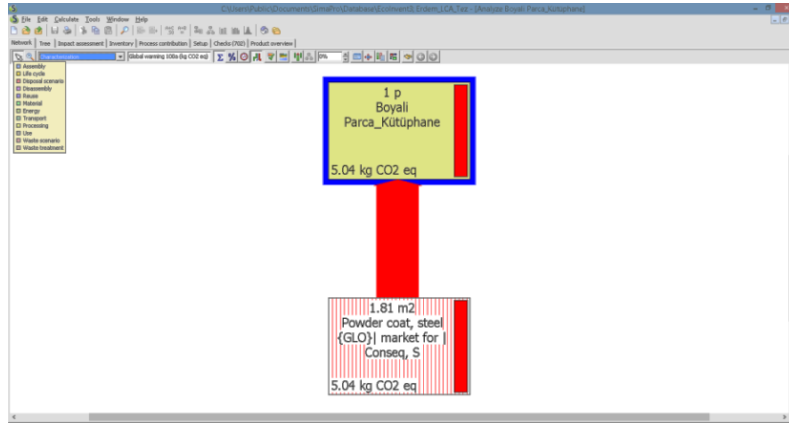
Tüm süreçler içerisinde 38,8 kg CO₂ eşdeğeri ile en fazla çevresel yük yaratan süreç kaynaklane sürecidir. Talaşlı imalat sürecine benzer şekilde burada da 21,8 kg CO₂ eşdeğeri ile toplam etkinin % 57 sini çelik oluşturmaktadır. Bunu 15,5 kg CO₂ eşdeğeri ile kaynak işleme için kullanılan elektrik enerjisi takip etmektedir. 0,827 kg CO₂ eşdeğeri etki kaynak telinin içerdiği demirden gelmektedir. Toplam yükü oluşturan küresel ısınma kaynakları Şekil 4.13'de verilmiştir.



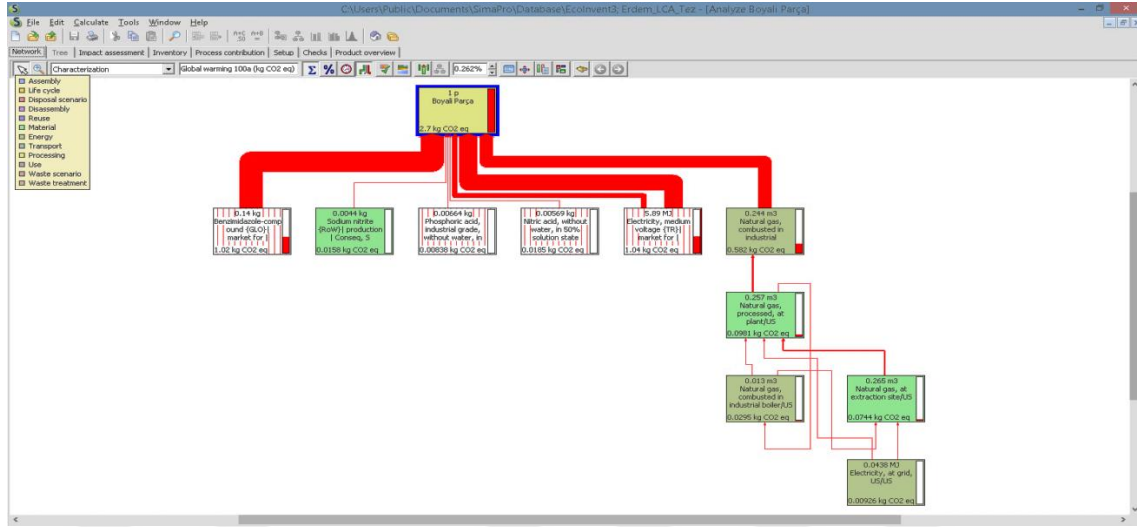
Şekil 4.13 Kaynakhane küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Boyahane

Bu süreç iki farklı yöntemle değerlendirilmiştir. İlk yöntemde, kütüphane verilerinden elektrostatik toz boya için çıkan yük 5,04 kg CO₂ eşdeğeri olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.14). İşletme verileri kullanılan ikinci yöntemde ise bu değer 2,7 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Elektrostatik toz boya olarak kullanılan boyadan gelen yük ikinci hesaplama yönteminde 1,02 kg CO₂ eşdeğeri ile toplam yükün % 38'ini oluşturmaktadır. Diğer % 38'lik kısmı ise makine kullanımından gelen elektrik enerjisi oluşturmaktadır (Şekil 4.15)



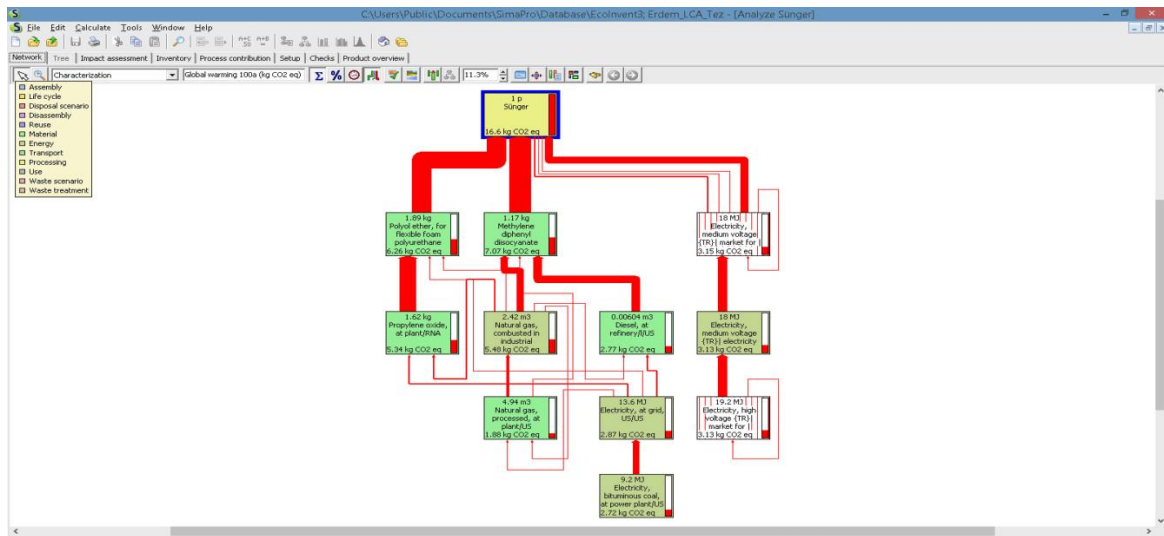
Şekil 4.14 Boyahane I. yöntem küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]



Şekil 4.15 Boyahane II. yöntem küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Süngerhane

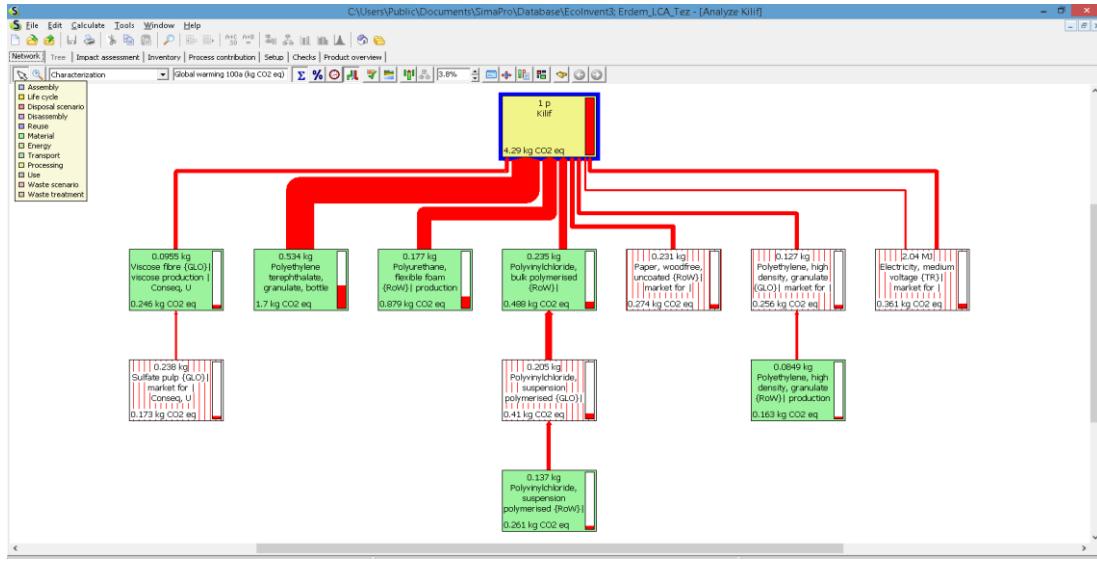
Sürecin toplam etkisi 16,6 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanılmıştır. Bunun 7,07 kg CO₂ eşdeğeri ile % 43 lük kısmını MDI, 6,26 kg CO₂ eşdeğeri ile % 38'lik kısmını da Polyol oluşturmaktadır. Kalan kısmını ise tüketilen elektrik enerjisi oluşturmaktadır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Süngerhane küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Tekstil Merkezi

Bu süreçteki toplam yük 4,29 kg CO₂ eşdeğeridir. Bunun 1,7 kg CO₂ eşdeğeri ile % 40 'lık kısmı kumaşın büyük miktarını oluşturan polyester üretiminden gelmektedir. 0,879 kg CO₂ eşdeğeri ile kalan % 20'lik kısım ise laminasyonda kullanılan süngerden gelmektedir (Şekil4.17).



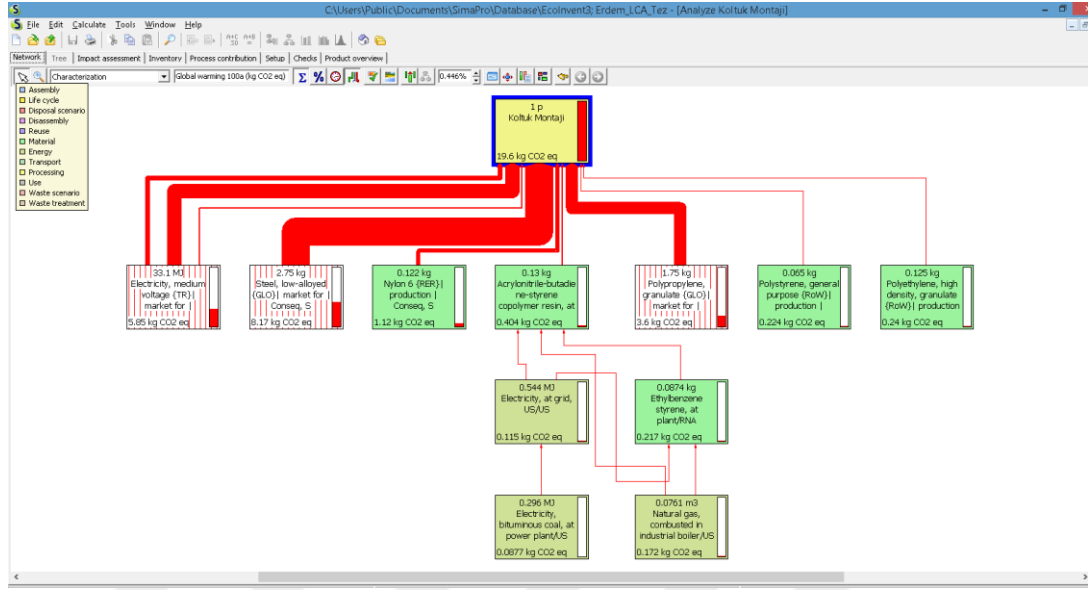
Şekil 4.17 Tekstil merkezi küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Montaj

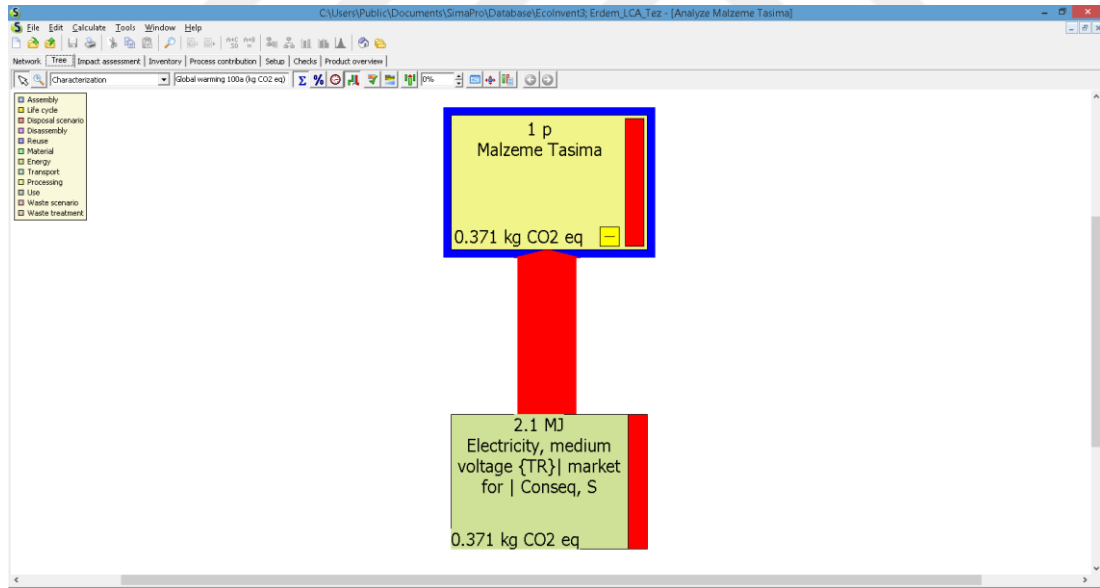
Bu sürecin toplam etkisi 19,6 kg CO₂ eşdeğeridir. 8,17 kg CO₂ eşdeğeri ile % 42'lik kısmı talaşlı imalat ve kaynakhane bölümlerine bezer şekilde çelik oluşturmaktadır. İkinci büyük etki 5,85 kg CO₂ eşdeğeri ile % 30'luk etki yaratan elektrik enerjisi tüketimidir. Diğer büyük etkide 3,6 kg CO₂ eşdeğeri ile %18'lik etki yaratan PP malzemelerden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.18).

Lojistik

İşletme içerisinde üretim ve diğer süreçlerdeki taşıma işlemini içine alan bu süreç 0,371 kg CO₂ eşdeğeri ile en az çevresel yük yaratan süreçtir. Bu süreçteki tek girdi olan elektrik enerjisi yükün tamamına karşılık gelmektedir (Şekil 4.19).



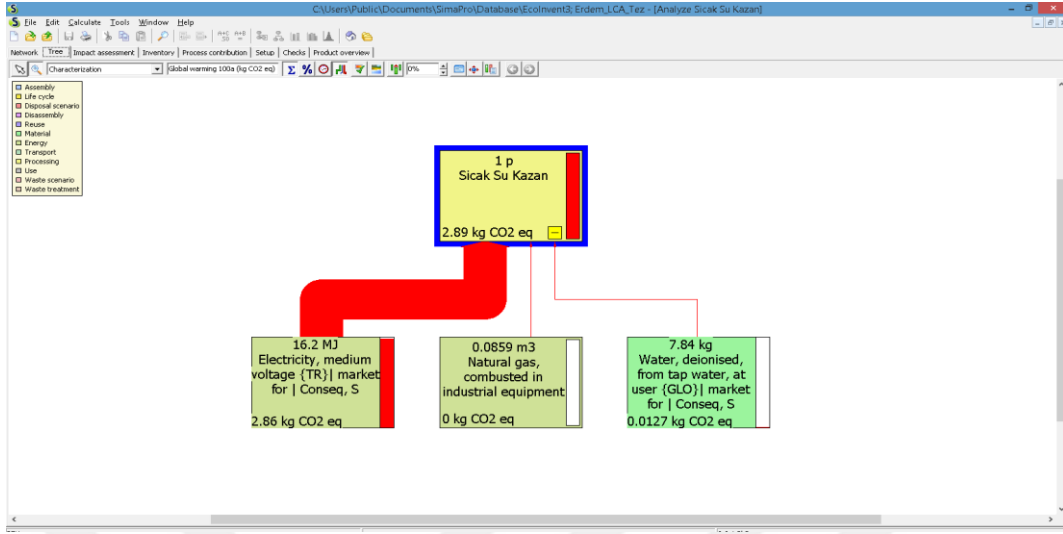
Şekil 4.18 Montaj küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]



Şekil 4.19 Lojistik küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

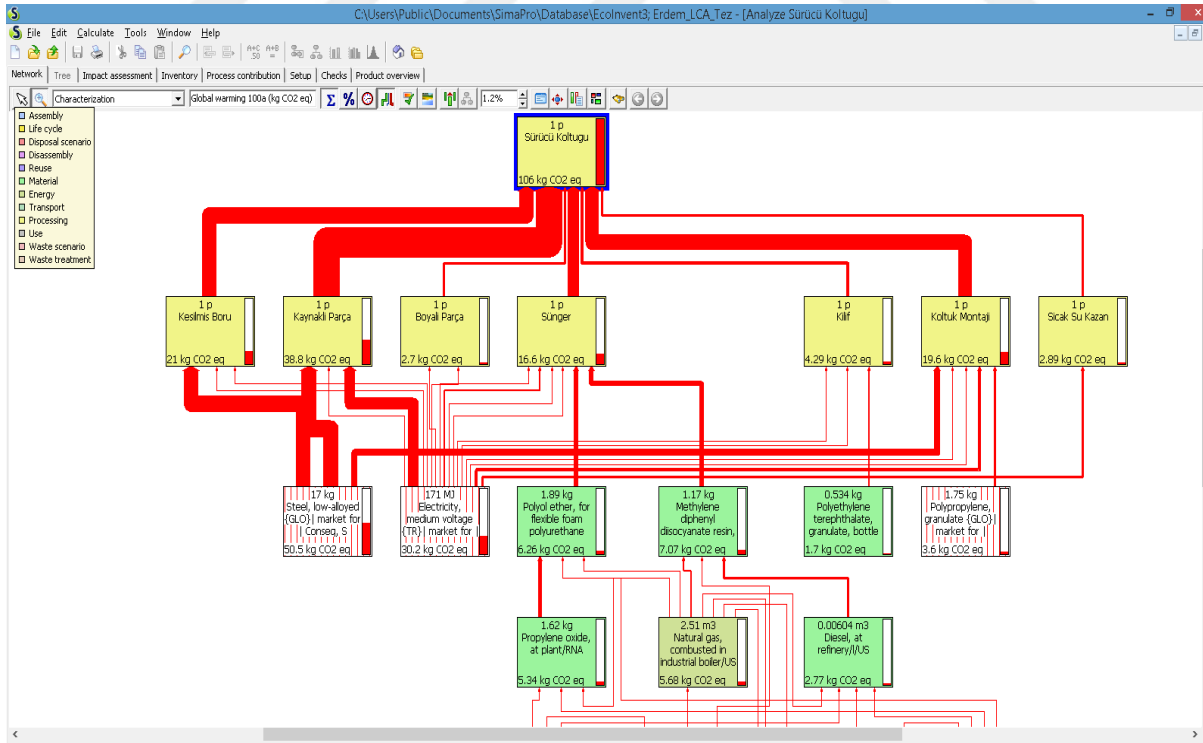
Kazan Dairesi

Bu sürecin en büyük girdilerinden olan elektrik enerjisi oluşan 2,86 kg CO₂ eşdeğeri yükünün % 99'luk kısmına karşılık gelmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Kazan daireisi küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

Süreçlerin tamamı birlikte incelendiğinde en fazla çevresel yükün % 36,8 ile kaynaklı parçaların üretildiği kaynakhane sürecinden geldiği gözlenilmektedir (Şekil 4.21).

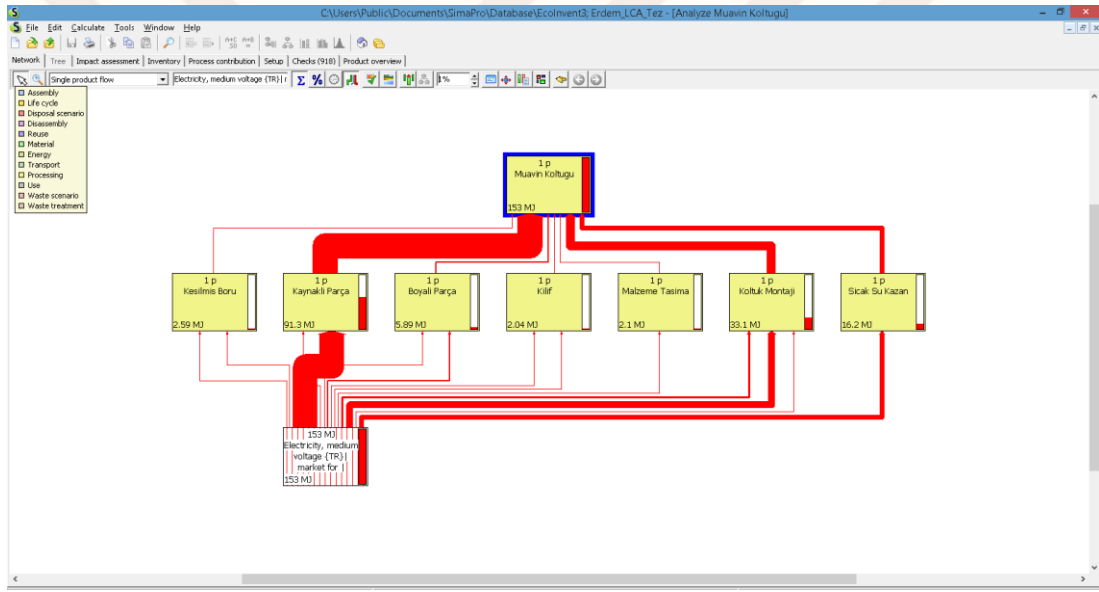


Şekil 4.21 Koltuk küresel ısınma etkisi [SimaPro 8.0.1]

4.1.3 Yorum

Süreçlere ait etki analizi sonuçlarına göre YDD’de yorumlama adımına geçilmiştir. Bu adımda değerlendirme, süreçlerin tamamının göz önüne alınması ile gerçekleştirilmiştir.

Tüm süreçlere ait enerji girdileri değerlendirildiğinde en yüksek katkının 91,3 MJ ve %59,6 oranı ile kaynakhane sürecinden, ikinci en yüksek etkininde 33,1 MJ ve %21,6 ile montaj sürecinden geldiği tespit edilmiştir. Kaynak işlemi için kullanılan yüksek enerji girdisinin birçok etki kategorisinde yüksek çevresel etkiye neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22).

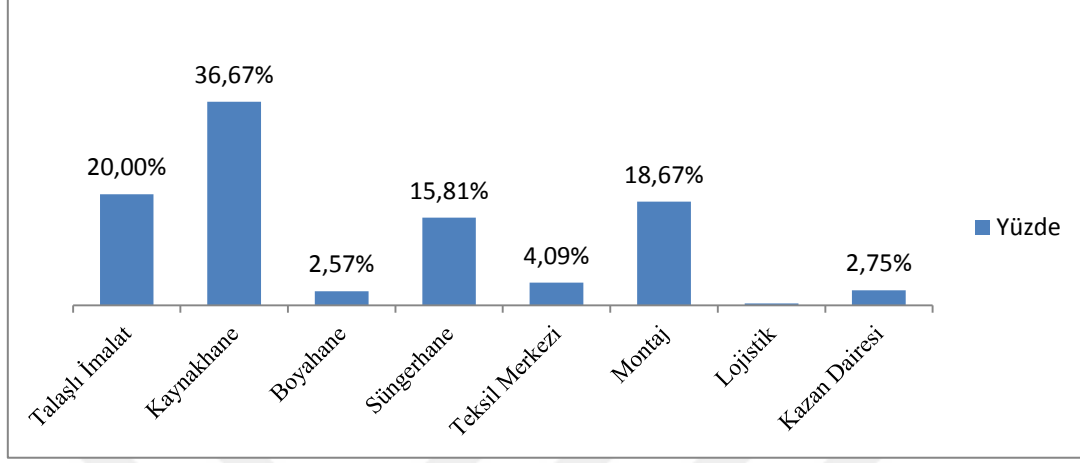


Şekil 4.22 Enerji girdisi etkisi [SimaPro 8.0.1]

Küresel ısınma etki kategorisi için tüm süreçler birlikte değerlendirildiğinde en fazla yükün sırasıyla % 36,67 ile kaynakhane, % 20 ile talaşlı imalat ve % 18,67 ile montaj süreçlerinden geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). Bu süreçlerdeki ortak noktalar çok fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duyuyor ve sac parça olarak çelik alaşım kullanılıyor olmasıdır. Belirleyici etkinin her bir süreç için ayrı olarak bakıldığında çelik alaşımdan geldiği tespit edilmiştir.

Kullanılan veri tabanındaki kaynaklar detaylı incelendiğinde çelik üretimi sonucu ortaya çıkan fosil yakıt kaynaklı CO₂ in bu etkiye neden olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.29 Süreçlerin yüzde olarak küresel ısınmaya etkileri [SimaPro 8.0.1]



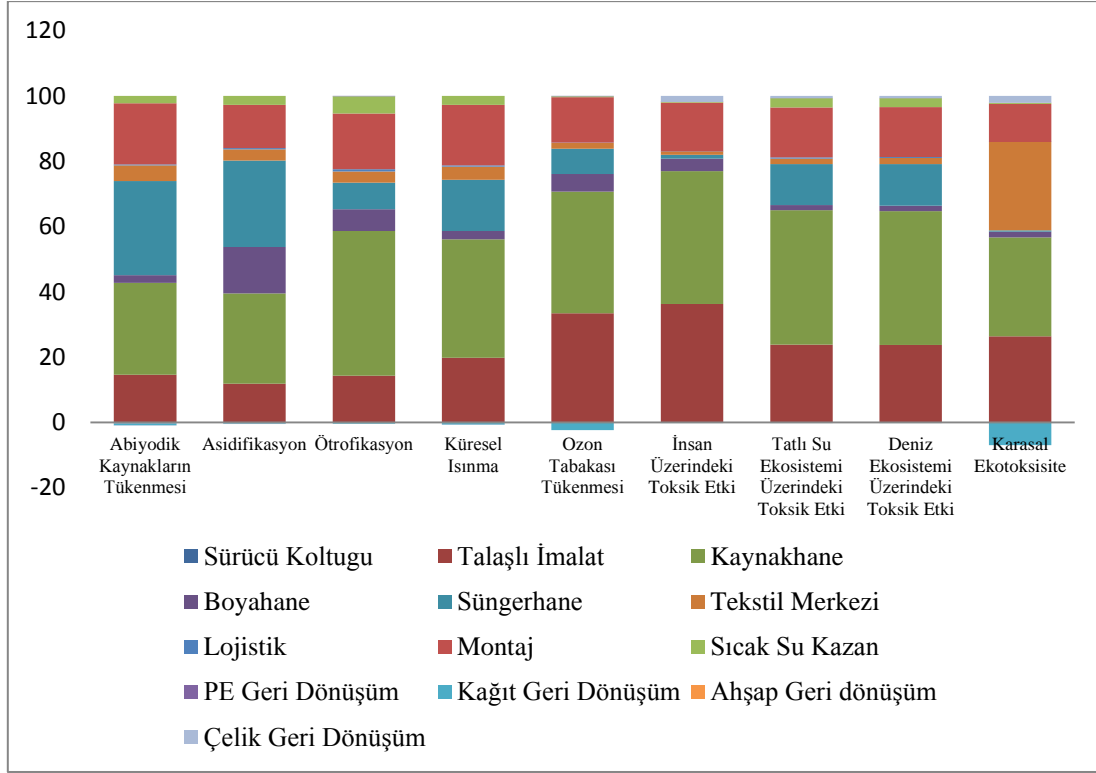
Küresel ısınma dahil olacak şekilde diğer etki kategorileri için elde edilen değerler Çizelge 4.30'da birimlerine göre belirtilmiştir.

Elde edilen değerler yıllık üretim miktarı 31.680 adet olan koltuk için fonksiyonel birim yani 1 adet koltuk başına düşen değerlerdir. Yıllık etki düşünüldüğünde seçilen koltuk için karşılık gelen küresel ısınma değeri 3.354.278 kg CO₂ eşdeğeridir.

Çizelge 4.30 Sürücü koltuğu için etki kategorilerine göre değerler [SimaPro 8.0.1]

Etki Kategorisi	Birim	Sürücü Koltuğu
Abiyodik Kaynakların Tükenmesi	kg Sb eq	0.924
Asidifikasyon	kg SO ₂ eq	0.728
Ötrofikasyon	kg PO ₄ ---eq	0.235
Küresel Isınma	kg CO ₂ eq	105,88
Ozon Tabakası Tükenmesi	kg CFC-11eq	5,47E-6
İnsan Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB-eq	254,358
Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB-eq	79,026
Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB-eq	280,072
Karasal Ekotoksosite	kg 1,4-DB-eq	0.00539

Çizelge 4.31 Süreçlerin çevresel etkileri [SimaPro 8.0.1]



Abiyodik kaynakların tükenmesi etki kategorisi için en yüksek etki % 29,1 ile süngerhane sürecinden gelmektedir. Süreç girdilerine göre 0,162 kg Sb eşdeğeri ile en yüksek katkının MDI'dan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Asidifikasyon etki kategorisi için en yüksek etki % 27,8 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 0,111 kg SO₂ eşdeğeri ile tüketilen elektrik enerjisidir.

Ötrofikasyon etki kategorisi için en yüksek etki % 44,5 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 0,0699 kg PO₄ eşdeğeri ile tüketilen elektrik enerjisidir.

Küresel Isınma etki kategorisi için en yüksek etki % 36,7 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 21,8 kg CO₂ eşdeğeri ile sac parça olan çelik alaşımıdır.

Ozon tabakası tükenmesi etki kategorisi için en yüksek etki % 38,1 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 5,53E-8 kg CFC-11 eşdeğeri ile tüketilen elektrik enerjisidir.

İnsan üzerindeki toksik etki kategorisi için en yüksek etki % 40,8 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 97,9 kg 1,4-DB eşdeğeri ile sac parça olan çelik alaşımıdır.

Tatlı su ekosistemi üzerindeki toksik etki kategorisi için en yüksek etki % 41 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 45,7 kg 1,4-DB eşdeğeri ile sac parça olan çelik alaşımıdır.

Deniz ekosistemi üzerindeki toksik etki kategorisi için en yüksek etki % 41,1 ile kaynakhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 69,2 kg 1,4-DB eşdeğeri ile sac parça olan çelik alaşımıdır.

Karasal ekotoksosite etki kategorisi için en yüksek etki % 57,5 ile süngerhane sürecinden gelmektedir. Bu etkiyi yaratan en yüksek girdi kaynağı 12,3E-4 kg 1,4-DB eşdeğeri ile tüketilen polyol kaynaklıdır.

4.2 Temiz Üretim Çalışmaları

Çalışmanın amacına uygun olarak elde edilen çevresel yük sonuçlarının en aza indirgenebilmesi için bu aşamada bir takım yöntemler denenmiştir. Bunların başında ihtiyaç duyulan enerji girdilerinin azaltılması, daha az çevresel yük yaratacak kimyasalların tercih edilmesi ve en yüksek küresel ısınma etkisi değerine sahip süreç için alternatif malzeme seçimi gelmektedir.

4.2.1 Fırın sıcaklığının düşürülmesi

Temiz üretim çalışmalarında öncelikle mevcut kullanılan doğalgaz enerjisinin azaltılmasına çalışılmıştır. 222 °C ye ayarlanmış olan boyahane kurlenme fırının sıcaklık değeri 215 °C ye kadar düşürülmüştür. Bu düşüşün elektrostatik toz boyanın kurlenmesine dolayısıyla ürün kalitesine etki etmediği yapılan Tg analizleri ile doğrulanmıştır.

Kürlenme fırınındaki 7 °C'lik düşüşün doğalgaz tüketiminde % 3 lük bir azalmaya neden olduğu hesaplanmıştır. Temiz üretim çerçevesinde gerçekleştirilen bu azalmanın etkisiyle küresel ısınma etki kategorisi için 2,70 kg CO₂ eşdeğerine sahip olan boyahane süreci 2,68 kg CO₂ eşdeğerine düşmüştür (Şekil 4.23). Bu düşüşün en büyük nedeni doğalgaz tüketimine bağlı olarak fosil CO₂ kaynağında 0,01 kg CO₂ eşdeğeri azalma gözlenmesidir. Boyahane sürecinin tamamında gözlenen 0,02 kg CO₂ eşdeğerlik azalma yıllık koltuk üretimi düşünüldüğünde 633,6 kg CO₂ eşdeğerine tekabül etmektedir. Enerji kullanımındaki en küçük iyileştirmenin dahi çevresel yükün yüksek oranda azalmasına neden olduğu bu sayede bir kez daha doğrulanmıştır.

No	Substance	Compartment	Unit	Boyali Parça_215C	Boyali Parça_222C
	Total of all compartments		kg CO2 eq	2.68	2.7
	Remaining substances		kg CO2 eq	0.0045	0.0045
1	Carbon dioxide, fossil	Air	kg CO2 eq	2.35	2.36
2	Carbon monoxide, fossil	Air	kg CO2 eq	0.0039	0.00391
3	Dinitrogen monoxide	Air	kg CO2 eq	0.138	0.138
4	Methane	Air	kg CO2 eq	0.0524	0.054
5	Methane, fossil	Air	kg CO2 eq	0.123	0.124
6	Sulfur hexafluoride	Air	kg CO2 eq	0.00639	0.00639

Şekil 4.23 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etkisi [SimaPro 8.0.1]

Fırın sıcaklığının düşürülmesinin ardından en yüksek azalmanın 0,02 kg CO₂ eşdeğeri ile küresel ısınma etki kategorisinde olduğu gözlenmiştir. İnsan üzerindeki toksik etki, ozon tabakası tükenmesi ve ötrofikasyon etki kategorilerinin doğalgaz enerjisindeki tüketim azalmasından etkilenmediği saptanmıştır (Çizelge 4.32 ve 4.33).

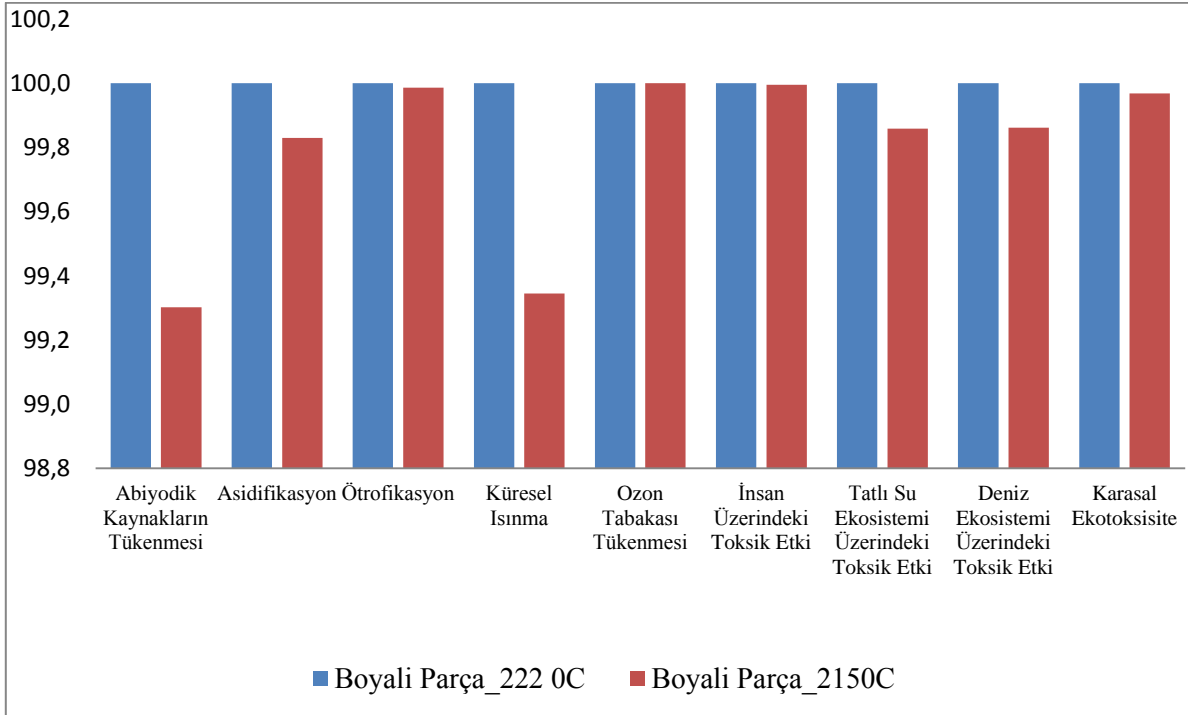
Çizelge 4.32 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etki kategorilerine göre [SimaPro 8.0.1]

Etki Kategorisi	Birim	222 °C deki Fırın için	215 °C deki Fırın için
Abiyodik Kaynakların Tükenmesi	kg Sb eq	0,0219	0,0218

Çizelge 4.32 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etki kategorilerine göre [SimaPro 8.0.1]
(Devamı)

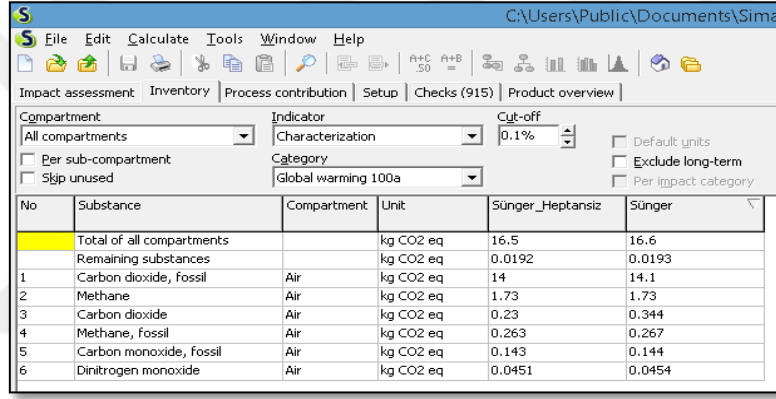
Etki Kategorisi	Birim	222 °C deki Fırın için	215 °C deki Fırın için
Asidifikasyon	kg SO ₂ eq	0,1041	0,1039
Ötrofikasyon	kg PO ₄ --- eq	0,0157	0,0157
Küresel Isınma	kg CO ₂ eq	2,6950	2,6774
Ozon Tabakası Tükenmesi	kg CFC-11 eq	2,99E-7	2,99E-7
İnsan Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	9,6179	9,6175
Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	1,2422	1,2405
Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	4,5499	4,5436
Karasal Ekotoksosite	kg 1,4-DB eq	0,0004	0,0004

Çizelge 4.33 Boyahane fırın sıcaklığı düşüşü etkisi yüzdesel [SimaPro 8.0.1]



4.2.2 Su Bazlı Kalıp Ayırıcı Kullanımı

Süngerhane bölümünde kullanılan solvent içerikli kalıp ayırıcı yerine su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı çevresel yükün azaltılması için yapılan bir diğer çalışmadır. Alternatif olarak yapılan bu çalışma ile 16,62 kg CO₂ eşdeğerine sahip olan süngerhane süreci 16,47 kg CO₂ eşdeğerine düşürülmüştür (Şekil 4.24). 0,15 kg CO₂ eşdeğerlik bu düşüş yıllık koltuk üretimi düşünüldüğünde 4.752 kg CO₂ eşdeğerine tekabül etmektedir. Bu düşüşün en büyük nedeni kullanılan kalıp ayırıcıya bağlı olarak CO₂ kaynağında 0,114 kg CO₂ eşdeğeri azalma gözlenmesidir.



No	Substance	Compartment	Unit	Sünger_Heptansız	Sünger
	Total of all compartments		kg CO2 eq	16.5	16.6
	Remaining substances		kg CO2 eq	0.0192	0.0193
1	Carbon dioxide, fossil	Air	kg CO2 eq	14	14.1
2	Methane	Air	kg CO2 eq	1.73	1.73
3	Carbon dioxide	Air	kg CO2 eq	0.23	0.344
4	Methane, fossil	Air	kg CO2 eq	0.263	0.267
5	Carbon monoxide, fossil	Air	kg CO2 eq	0.143	0.144
6	Dinitrogen monoxide	Air	kg CO2 eq	0.0451	0.0454

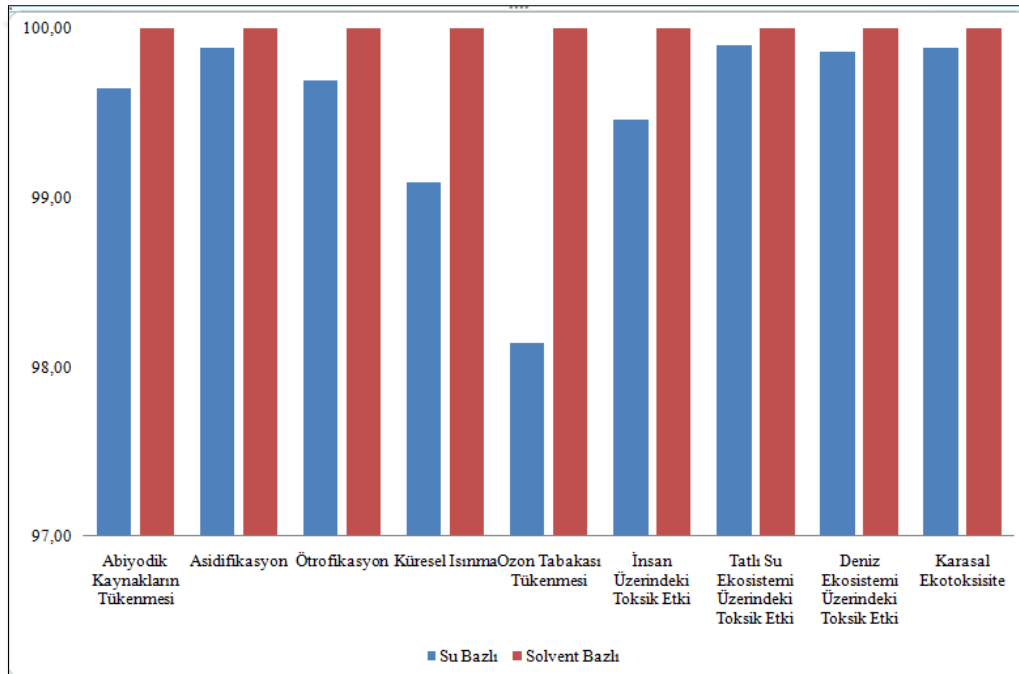
Şekil 4.24 Solvent yerine su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi [SimaPro 8.0.1]

Çizelge 4.34 Su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi etki kategorilerine göre [SimaPro 8.0.1]

Etki Kategorisi	Birim	Solvent	Su Bazlı
Abiyodik Kaynakların Tükenmesi	kg Sb eq	0,2677	0,2687
Asidifikasyon	kg SO2 eq	0,1935	0,1938
Ötrofikasyon	kg PO4--- eq	0,0192	0,0192
Küresel Isınma	kg CO2 eq	16,4767	16,6278
Ozon Tabakası Tükenmesi	kg CFC-11 eq	4,26E-7	4,34E-7
İnsan Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	2,9188	2,9348
Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	9,9541	9,9641
Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	35,7005	35,7515
Karasal Ekotoksosite	kg 1,4-DB eq	0,0087	0,0087

Süngerhane sürecinde su bazlı kalıp ayırıcıya geçilmesi ile en yüksek yüzdesel azalmanın 8,0E-8 kg CFC-11 eşdeğeri ile ozon tabakası tükenmesi etki kategorisinde olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.34). Buna neden olan ise heptan kullanımının ortadan kalkması ile metan, bromotrifloro-,Halon 1301 etkisinin 7,23E-9 kg CFC-11 eşdeğeri azalma göstermesidir. Karasal ekotoksisite ve asidifikasyon etki kategorilerinin su bazlı kalıp ayırıcı kullanılmasından çok fazla etkilenmediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35 Su bazlı kalıp ayırıcı kullanımı etkisi yüzdesel [SimaPro 8.0.1]



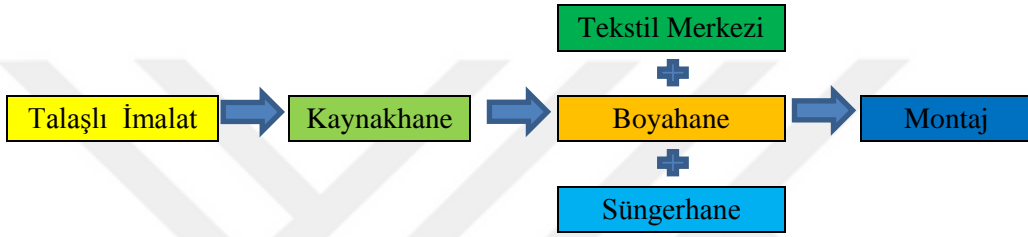
4.2.3 Plastik Gövde Kullanımı

Oluşan çevresel etkinin en büyük kaynaklarından biri olan çelik alaşım kullanımı ve buna bağlı elektrik enerjisinin azaltılması için çelik yerine plastik malzeme içeren kompozitlerin kullanılması önerilmektedir. Plastik malzeme kullanım miktarının çelik alaşıma göre daha düşük olacağı için azalmanın etkisi yükselecektir.

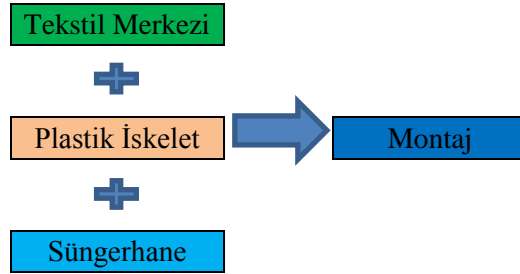
Yazılım programında yer alan veri tabanı değerlerine göre çelik alaşımı yerine PP plastik tabanlı kompozitlerin kullanılması küresel ısınma etkisindeki 105,88 kg CO₂ eşdeğerini 47,66 kg CO₂ eşdeğerine kadar düşürmektedir. Bu düşüşle % 54,98 oranında iyileştirme

sağlanılmaktadır. Bunun en büyük nedeni; çelik kullanımına bağlı olarak talaşlı imalat, kaynakhane ve boyahane süreçlerinin enerji gereksinimleri ile birlikte ortadan kalkmasıdır. Bu süreçlerin yerini alan plastik üretim süreci çevresel etkinin büyük oranda azalmasına neden olmuştur. Çelik alaşım yerine plastik malzeme kullanımı ile süreçlerin akış şeması Şekil 4.25’de belirtilen durumdan Şekil 4.26 de belirtilen duruma gelmektedir.

Şekil 4.25 Çelik alaşım iskeletli koltuk üretimi

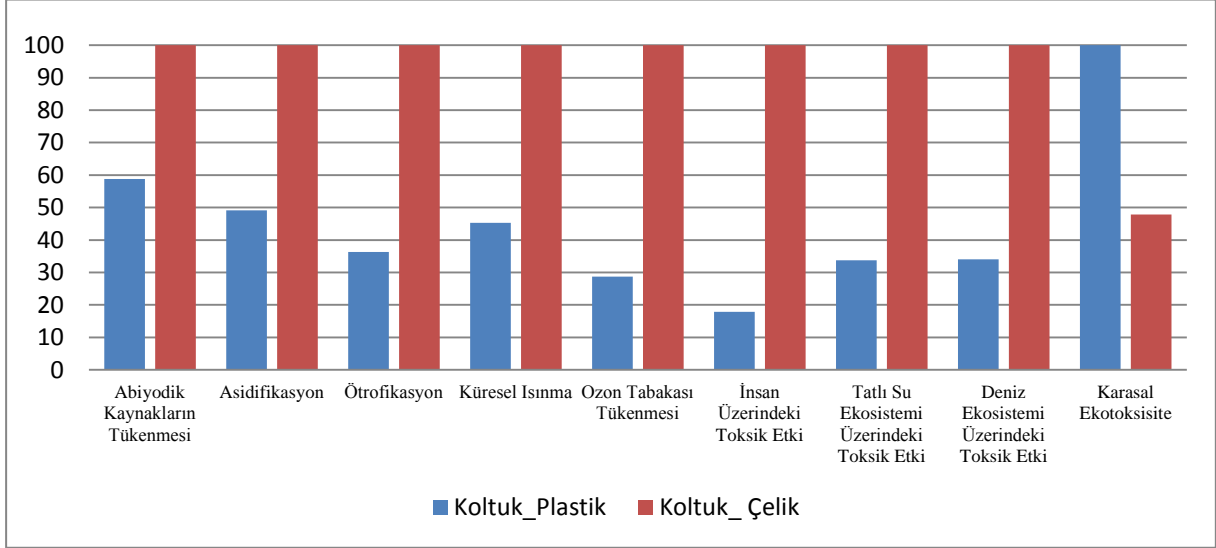


Şekil 4.26 Plastik iskeletli koltuk üretimi



Yıllık koltuk üretim miktarı göz önüne alındığında alternatif olarak düşünülen plastik gövde kullanımı ile küresel ısınma değeri 1.509.868 kg CO₂ eşdeğerine düşmektedir. Yıllık 1.844.410 kg CO₂ eşdeğeri bu azalma ile % 54,98 oranında iyileştirme sağlanılması mümkün olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.36’da verilen karşılaştırma tablosunda da görüldüğü üzere çelik yerine enjeksiyon kalıplama yöntemi kullanılarak yapılacak üretimde karasal ekotoksosite haricinde tüm etki kategorilerinde iyileşme sağlanılmaktadır. Karasal ekotoksosite değerinin yüksek çıkmasının nedeni olarak enjeksiyon kalıplamadan gelen fosil CO₂ etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.36 Plastik ve çelik iskeletli koltuk karşılaştırması yüzdesel [SimaPro 8.0.1]



Rakamsal olarak değerlendirme yapıldığında azalmadaki en yüksek değer 254,3580 kg 1,4-DB eşdeğerine sahip olan insan üzerindeki toksik etki kategorisinde olduğu göze çarpmaktadır. Bu değer çelik yerine plastik kullanılması durumunda 45,35kg 1,4-DB eşdeğerine düşmektedir.

Çizelge 4.37 Plastik ve çelik iskeletli koltuk karşılaştırması [SimaPro 8.0.1]

Etki Kategorisi	Birim	Plastik Kullanımı	Çelik Kullanımı
Abiyodik Kaynakların Tükenmesi	kg Sb eq	0,5434	0,9237
Asidifikasyon	kg SO ₂ eq	0,3580	0,7284
Ötrofikasyon	kg PO ₄ --- eq	0,0854	0,2349
Küresel Isınma	kg CO ₂ eq	47,66	105,88
Ozon Tabakası Tükenmesi	kg CFC-11 eq	1,57E-6	5,47E-6
İnsan Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	45,3500	254,3580
Tatlı Su Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	26,7022	79,0262
Deniz Ekosistemi Üzerindeki Toksik Etki	kg 1,4-DB eq	95,4057	280,0720
Karasal Ekotoksosite	kg 1,4-DB eq	0,0113	0,0054

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan nüfusla doğru orantılı olarak değişen ihtiyaçlar günümüzde tüm üretim süreçleri için farklı çevresel etkiler yaratmaktadır. Özellikle mevcut teknolojilerle karşılanmaya çalışılan konfor ve emniyet konularındaki talepler bu etkilerin artarak devam etmesine neden olmaktadır. Ağır vasıta araçlarda kullanılan sürücü koltuğu üretimi için gerçekleştirilen süreçler de bu duruma örnek yaratmaktadır.

Bu çalışmayla amaçlanan sürücü koltuğu için yaratılan çevresel etkinin ortaya çıkarılmasıdır. Çalışmada kapıdan kapıya yaşam döngüsü değerlendirmesi metodolojisi kullanılmıştır. Bu etkinin birden fazla etki kategorisine göre değerlendirmesi Pré Consulting firmasına ait SimaPro 8.0.1 yazılım programı ile sağlanılmıştır.

Her süreçte girdi olarak var olan enerji gereksinimleri değerlendirilen tüm etki kategorilerinde yüksek boyutta çevresel etkiler yaratmaktadır. Başlıca yapılacak olan çoğu fosil yakıt kaynaklarla karşılanan bu enerjilerin minimize edilmesidir. Benzer şekilde süreçlerin birleştirilmesi yada alternatif süreçlerin yaratılması da büyük ölçüde iyileştirmeler sağlayacaktır. Çalışmada temiz üretim çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen, ürün kalitesini etkilemeyecek oranda yapılan doğalgaz enerjisi kullanımındaki % 3 azaltma göstermiştir ki; enerji kullanımındaki azaltımlar çevresel etkilerin düşürülmesine yüksek oranda fayda sağlamaktadır. Bu çalışma, doğalgaz kullanımındaki % 3'lük azalma ile küresel ısınma etki kategorisi için 633,6 kg CO₂ eşdeğeri yıllık azaltımın sağlanabileceğini göstermiştir.

Koltuk üretiminde süngerin kalıptan ayrılması amacıyla kullanılan kalıp ayırıcı kimyasalların içerdikleri bileşenler nedeni ile çeşitli etki kategorilerinde çevresel etki yarattıkları ortaya çıkarılmıştır. Bu etkilerin azaltılması ancak solvent bazlı kalıp ayırıcılar yerine su bazlı kalıp ayırıcıların kullanılması ile mümkün olmaktadır. Yapılan temiz üretim çalışmalarıyla fonksiyonel birim olarak seçilen koltuğun yıllık üretimi göz önünde tutularak 4.752 kg CO₂ eşdeğeri azalmanın sağlanabildiği tespit edilmiştir. Su bazlı kalıp ayırıcıların kullanılması ozon tabakası tükenmesi etki kategorisi içinde % 2 oranına yakın iyileştirme sağlamaktadır.

Programaya yapılan veri girişleri sonrasında çıkan sonuçlar göstermektedir ki koltuğun taşıyıcı

iskelet kısmını oluşturan ve emniyet özelliği kazandıran metal sac çelik alaşımı yüksek boyutta çevresel yük yaratmaktadır. Özellikle küresel ısınma etki kategorisi için bu değer diğer birçok sürece ait değerlerin toplamından daha fazladır. Metal kullanımının yerini kompozit malzemelere bıraktığı günümüzde mukavemet ihtiyaçları kolaylıkla bu malzemelerle karşılanabilir. Çalışmada alternatif olarak önerilen PP bazlı kompozit kullanımı ile küresel ısınma kategorisinde % 55 e varan iyileştirmeler sağlanabilmektedir. Bu değer yıllık kullanım göz önüne alındığında 1.844.410 kg CO₂ eşdeğeri azalmaya neden olmaktadır.

Yapılacak ileriki çalışmalarda, montaj işlemlerinde kullanılan havalı sıkıcılarla yapılan birleştirme işlemleri yerine alternatif bağlantı elemanlarının kullanılması araştırılabilir. Aynı şekilde enerji ihtiyaçlarının iyileştirilmesi de çevresel yükün azaltılmasında etkili rol oynayabilir. Çelik kullanımı yerine daha yüksek mukavemet sağlayacak iskelet yapılarının geliştirilmesi ve süreçlerin azaltılması da yine bir sonraki çalışmalarda gerçekleştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Chen H.L., Burns L.D., Environmental Analysis of Textile Products, *International Textile&Apparel Assosiation*, **2006**, 24, 248.
- [2] Baydar G., Ciliz N., Mammadov A., Resources, Conservationand Recycling, Life Cycle Assessment of Cotton Textile Products in Turkey, *Resources, Conservation and Recycling*, **2015**, 3088, 11.
- [3] Muthu S.S., Y. Li, J.Y. Hu, P.Y. Mok, Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres, *Ecological Indicators*, **2012**, 13, 66.
- [4] Sünbül, A.E., *Otomotiv Endüstrisinde Geri Dönüşüm-Ürün Yaşam Döngü Değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, 2006.
- [5] MEB, Motorlu Araçlar Teknolojisi Kabin İç Donanımları ve Döşeme, Ankara, 2006.
- [6] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I, Ankara, 2011.
- [7] United Nations Environment Programme, “Life Cycle Assessment: What it is and how to do it”, ISBN: 92-807-1546-1, Paris, 1996.
- [8] Curran M. A., “Life Cycle Assessment: Principles and Practice,” EPA/600/R-06/060, Ohio, 2006.
- [9] Modelling of Recycling in LCA Tom N. Ligthart and Toon (A.)M.M. Ansems TNO, Utrecht, Netherlands, 2010.
- [10] European Comission-Joint Research Centre, ILCD Handbook: Review schemes for Life Cycle Assessment (LCA), Italy, 2010.
- [11] ISO 14044:2006 (E), Environmental management – Life cycle assessment – Requirement and Guidelines, 2006.
- [12] Handbook on Life Cycle Assessment, Eco-Efficiency in Industry and Science, Volume 7, USA, 2004.
- [13] Jensen A.A., Hoffman L., Møller B.T., Schmid A., Environmental Issues Series, A guide to approaches, experiences and information sources, Denmark, 1997.
- [14] Duinen M. V., Deisl N., Hand book to Explain LCA Using the GaBi EDU Software Package, PE AMERICAS LLC, Boston, 2009.
- [15] Ün Y., *Life Cycle Assessment of Wastewater Treatment Plants*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied, İzmir ,2009.

- [16] Zhu T., *Life Cycle Assessment in Designing Greener Semiconductor*, Degree of Master of Science, Department of Chemical and Environmental Engineering of University of Arizona, Arizona, 2004.
- [17] Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hischier R., Hellweg S., Humbert S., Köllner T., Loerincik Y., Margni M. And Nemecek T. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Ecoinvent report No: 3, V2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.
- [18] Acero A.P., Rodríguez C., Cirotto A., LCIA methods Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories, V1.3, Berlin, 2014.
- [19] Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, Eco-Indicator 99, Manuel for designers, Hague, 2000.
- [20] Pré Consulting, Eco-Indicator 99 A Damage Oriented Method for life Cycle Impact Assessment, Holland, 2001.
- [21] Bösch M.E, Hellweg S., Huijbregts M.A.J and Frischknecht R., Applying Cumulative Exergy Demand (CExD) Indicators to three coinvent Database, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, **2007**, 33, 181.
- [22] Puig R., Palmer P.F., Baquero G, Riba J.R., Bala A., A Cumulative Energy Demand indicator (CED), life cycle based, for industrial waste management decision making, *Waste Management*, **2013**, 2789-2797.
- [23] Goedkoop M., Oele M., Schryver A., Vieira A., SimaPro Database Manual Methods library, Netherlands, 2008.
- [24] Garcia S.G, Castanheira É.G., Dias C.A., Arroja L., Using Life Cycle Assesment methodology to asses UHT milk production in Portugal, *Science of the Total Environment*, **2012**, 442, 225.
- [25] Polat, M. Ö., *Bitümlü Sıcak Gazların Karışımlarını Çevresel Yaşam Döngüsü Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Gebze, 2013.
- [26] Natascha M. Velden V.D., Kuusk K., Köhler A.R, Life cycle assessment and eco-design of smarttextiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign, *Materials and Design* , **2015**, 84, 313.
- [27] Olmez G.M., Dilek F.B., Karanfil T., Yetis U. The environmental impacts of iron and steel industry: a life cycle assessment study, *Journal of Cleaner Production*, **2015**, 7, 1.
- [28] Finnveden G., Hauschild M.Z., Ekvall T., Heijungs J.G.R., Hellweg S., Koehler A., Pennington D., Sangwon S. Recent developments in Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental Management*, **2009**, 91, 1.

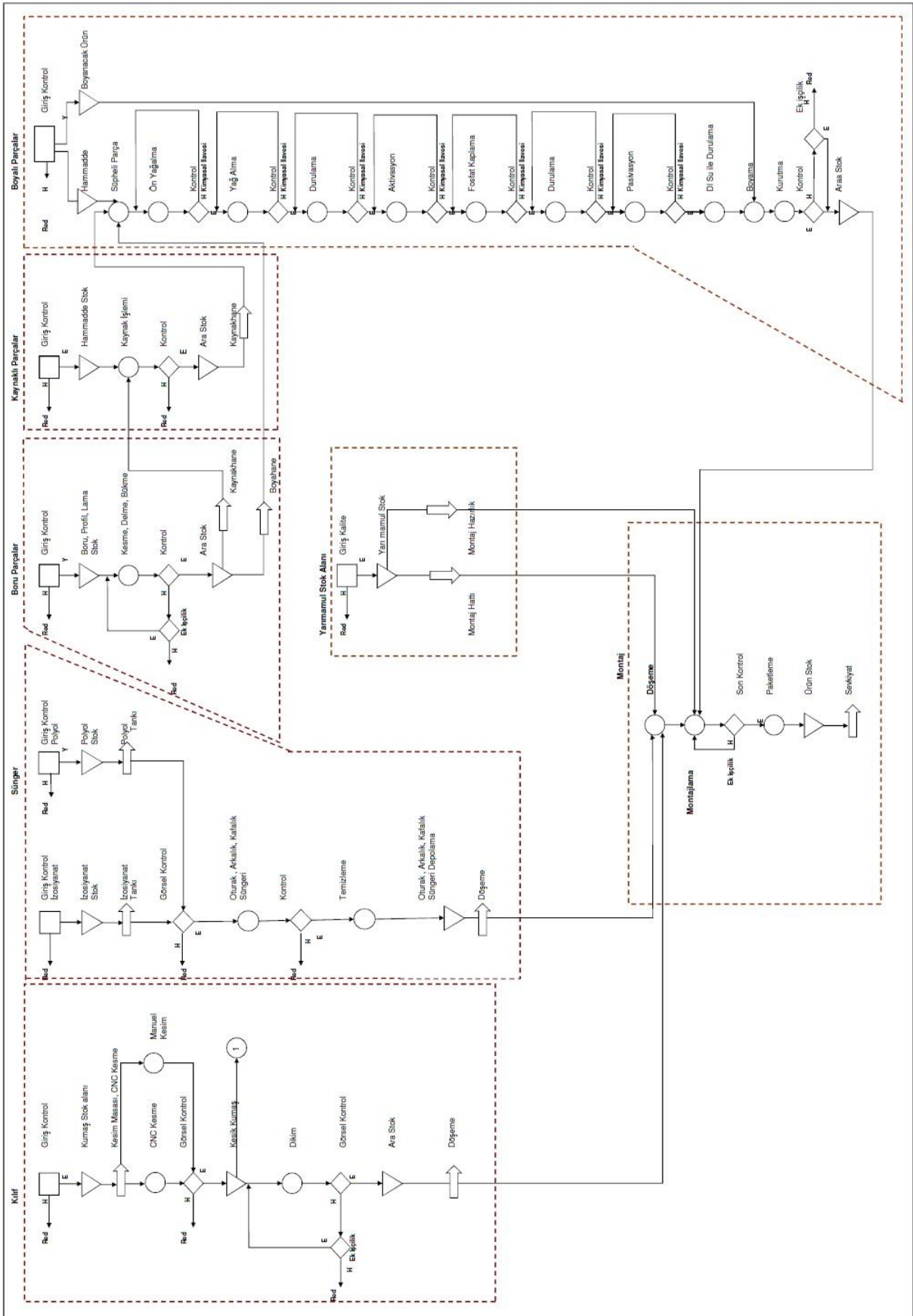
[29] Guniee J.B., Heijungs R., Hupes G., Zamagni A., Masoni P.,Buonamici R., Ekvall T., Reydberg T., Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future, *Environmental Science & Technology*, **2011**, 45, 90.



7. EKLER

EK-1 Süreçlerin işlem akışı halindeki gösterimi





8. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı SOYADI : Erdem Emrah KILIÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 14.10.1981 ÇANKIRI
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : erdememrah@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

<u>Derece</u>	<u>Alan</u>	<u>Üniversite adı</u>	<u>Mezunivet Yılı</u>
67,67	Kimya	Ege Üniversitesi	2007

İS TECRÜBELERİ

<u>Yıl</u>	<u>Firma/Kurum</u>	<u>Görevi</u>
2006-2010	Yılser Tekstil	Ar-Ge Sorumlusu
2010-.....	Grammer Koltuk	Üretim Mühendisi

BİLİMSEL CALISMALARI

- Makale
- Bildiri
- Projede görev alma