

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fevzi DİKBAŞ

DENİM KUMAŞ YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2019

T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİM KUMAŞ YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Fevzi DİKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 05/09/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ DANIŞMAN	Prof. Dr. R.Tuğrul OĞULATA ÜYE	Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK ÜYE
--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİM KUMAŞ YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Fevzi DİKBAŞ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ
Yıl: 2019, Sayfa: 121
Jüri : Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ
: Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
: Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Yaşam döngüsü analizi, bir ürünün hammaddesinin elde edilişi, üretimi, nakliyesi, kullanılması, bertarafı aşamalarında (tüm yaşam döngüsü boyunca – beşikten beşiğe) çevreye olan etkilerini hesaplamakta, üretimin sorunlu noktalarını saptamakta ve sorunların kaynağına inmekte kullanılan bir araçtır.

Bu çalışmada tarladaki pamuğun toplanmasından bir metre tül denim kumaşın üretimine kadar olan tüm prosesler anlatılarak, denim kumaşın yaşam döngüsü analizi yapılmıştır. Bu proseslerin her birinde uygulanan işlemlerin çevreye olan etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu etkilerden en önemlileri su ve enerji kayıplarıdır.

Bu etkiler, her işlem basamağında elde edilen verilerin toplanmasıyla belirli ölçütlerde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan veriler uygun ölçü birimlerinin birbirine oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Hesaplamalar farklı parametrelerin aynı proseslerini karşılaştıran ve analiz eden SimaPro v8.5.2.2. programıyla sağlanmıştır. Kullanılan programın çok geniş veri tabanına sahip olması gerçeğe en yakın değerleri ortaya koymada etkili olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yaşam Döngüsü Analizi, Karbon Salınımı, Denim, Carbon Ayakizi

ABSTRACT

MSc THESIS

DENIM FABRIC LIFE CYCLE ANALYSIS

Fevzi DİKBAŞ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ
Year: 2019, Pages: 121
Jury : Assoc. Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ
: Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
: Assoc. Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Life-cycle analysis is a tool used to calculate the environmental impact of a product's raw material production, transport, use and disposal to identify problematic points of production and to address the source of problems from the cradle to the cradle (throughout the life cycle - from cradle to cradle).

In this study, all the processes for one meter of tulle denim fabric were explained and life cycle analysis of denim fabric was performed from harvesting the cotton from the field to the end-product. The environmental effects of the processes applied in each of these processes were examined separately. The most important effects are water and energy losses.

These effects are classified according to specific criteria by collecting the data obtained in each process step. The classified data were calculated by proportioning the appropriate units of measurement. Calculations were performed by using SimaPro v8.5.2.2 software that compares and analyzes the same processes of different parameters. The results has been found effective in revealing the most realistic values thanks to the very large database of software used.

Keywords: Life Cycle Analysis, Carbon Emission, Denim, Carbon Footprint

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Dünyada her geçen yıl insanların tüketim miktarlarının artması, bilinçsiz tüketim faaliyetleri ve yanlış kaynak kullanımı küresel ısınma problemini ortaya çıkartmıştır. Bu problemin ortaya çıkmasıyla birlikte gelecek için yaşanabilir bir çevre arayışının gündeme gelmesinin ardından bilimsel bulgular, veriler ve yeni kavramlar günümüzde önem kazanmaya başlamıştır.

Yanlış kaynak kullanımının bir örneği olan fosil yakıtların kullanılması sonucu sera etkisine yol açan karbondioksit gazı oluşumu karbon ayak izi (carbon footprint) kavramını ortaya çıkarmıştır. Karbon ayak izi (carbon footprint) bir kişinin kurumun ya da herhangi bir ürünün doğaya saldığı sera gazlarının genel toplam içindeki payıdır.

Bu etkilerin azaltılması, endüstride yeni kaynak ve materyaller kazanılması günümüzde yürütölen çalışmalar ve yöntemlerle sağlanmaya çalışılmaktadır. Söz konusu endüstride çevreye verilen zararın hesaplanması tüm dünyada ISO 14040 serisinde ayrıntılı biçimde tanımlanmış ve standardize edilmiş bilimsel bir analiz metodu olan yaşam döngüsü analizidir.

Yaşam döngüsü analizi, bir ürünün hammaddesinin elde edilmesi, üretimi, nakliyesi, kullanılması, bertarafı aşamalarında (tüm yaşam döngüsü boyunca - beşikten beşiğıe) çevreye olacak etkilerini hesaplamakta, üretimin sorunlu noktalarını saptamakta ve sorunların kaynağına inmekte kullanılan bir araç niteliğı taşımaktadır. Konu özelinde hazırlanmış bir bilgisayar yazılımı kullanılarak pek çok çevresel etki rakamsal verilerle ortaya konabilmektedir.

Yaşam döngüsü değerdendirmesinin önemli bir özelliğı, üreticilerin tasarımıdan bertarafa kadar ürünlerinden kaynaklanan kirliliğın sorumluluğunu almalarıdır. Bu özellik yaşam döngüsü değerdendirmesini, “sorumluluk, hammadde eldesiyle başlar, tamamlanmış ürünün satışıyla biter” şeklindeki geleneksel düşünceden ayıran ana etmendir.

Günümüzde başarılı bir çevresel yönetimin finansal başarı getirdiği görülmektedir. Bunun yanı sıra yaşam döngüsü analizi ile firmalar çevreye dost bir üretim yaparken iç ve dış pazarlarda rekabet şanslarını da artırırılar. Bu noktada çevre dostu ürün taleplerine karşı yapılacak çalışmalarda yaşam döngüsü analizi etkili bir yöntemdir. Yaşam döngüsünün farklı aşamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş pek çok yaşam döngüsü yazılımı ve veri tabanları mevcuttur.

Bu çalışmada tekstil sektöründe kendine çok önemli bir yer edinmiş olan denim kumaşın yaşam döngüsü analizi SimaPro v8.5.2.2. programı yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışmada bir denim kumaşın; hammadde eldesi, hammaddenin işlenip önce iplik sonra kumaş haline getirilmesi ve sonrasında terbiye işlemlerinden geçirilmesi aşamalarında çevreye olan etkileri incelenmiştir. Böylece hammadde, su ve enerji tüketim miktarları ve tüm yaşam ömrü boyunca neden olunan çevresel etkiler hesaplanmış olup, analiz yapılan işletmede sistemin uygulanması sayesinde optimum uygulamalar belirlenerek çevreye yansıyan olumsuz etkilerin azaltılabileceği öngörülmüştür.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın gerçekleştirilmesinde iki yıl boyunca kıymetli bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan, daima yol gösteren saygıdeğer danışman hocam değerli Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ'e,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana sürekli destek olan Anabilim Dalı Başkanım Sayın Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA başta olmak üzere Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi hocalarıma,

Bugüne kadar maddi ve manevi her türlü desteklerini esirgemeyen, bu süreçte beni her zaman anlayışla karşılayan, her zaman yanımda olan annem Hanife DİKBAŞ'a, babam Yakup DİKBAŞ'a, eşim Ayşe DİKBAŞ'a kardeşlerim Özgenur DİKBAŞ ve Hanifi DİKBAŞ'a,

Bu çalışmanın hazırlanmasında bana tüm imkanları sağlayan, Türk tekstil sektöründe bir çok kişinin yetişmesine ve sektörün gelişmesine çok büyük katkıları olan BOSSA DENİM İŞLETMELERİ'ne, Ar-ge müdürü Serdar SIRLIBAŞ'a,

Sadece tezimde değil her zaman yanımda olan, bana manevi ve akademik desteklerini esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım ve meslektaşlarım Gamze KILIÇ, Merve AYDIN, Oğuzhan ÇELEBİ'ye ve üzerimde emeği olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Denim Kumaşların Tarihçesi	2
1.2. Türkiye’de Denimin Yeri ve Önemi	3
1.3. Denim Kumaşın Tanımı ve Üretim Prosesleri	5
1.3.1. Denim Kumaşı Oluşturan Lifleri Boyama Uygulamaları	8
1.3.1.1. İndigo Boya ve Boyama İşlemi	9
1.3.1.2. Çözümlü Hazırlama İşlemi.....	10
1.3.1.3. Loop (çile) boyama	11
1.3.1.4. Halat Boyama.....	11
1.3.1.5. Slasher Boyama.....	16
1.3.2. Haşılama	18
1.3.3. Dokuma.....	19
1.3.4. Terbiye ve Sanfor İşlemi.....	20
1.3.5. Denim yıkama ve konfeksiyon işlemleri.....	21
1.3.6. Kalite Kontrol	22
1.4. Tekstilde Sürdürülebilirlik	23
1.5. Yaşam Döngüsü Analizi	25

1.5.1. Yaşam Döngüsü Analizinin Metodolojisi	29
1.5.2. Yaşam Döngüsü Analizinin Kapsamının Tanımlanması	30
1.5.3. Yaşam Döngüsü Envanteri.....	34
1.5.4. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi.....	40
1.5.5. Yaşam Döngüsü Analizi Yorumlama	44
1.5.6. Yaşam Döngüsü Analizinin Kullanım Alanları	47
1.5.7. YDA Alanında Faaliyet Gösteren Uluslararası Kuruluşlar.....	48
1.5.8. Yaşam Döngüsü Analizi Çalışmalarında Kullanılan Yazılımlar	51
1.5.9. Yaşam döngüsü analizinin geleceği	54
1.6. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu.....	55
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	57
3. MATERYAL VE METOD	65
3.1. Materyal	65
3.1.1. Simapro Yazılımı	70
3.2. Metod	71
3.2.1. Yaşam Döngüsü Analizi Programının Kullanımı	71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	93
4.1. Denim Kumaş Üretiminin Yaşam Döngüsü Sonuçları ve Değerlendirmesi	93
4.1.1. Abiyotik kaynakların tükenmesi potansiyeli (ADP)	98
4.1.2. Fosil Yakıtlar Olarak Abiyotik Kaynakların Tükenmesi Potansiyeli ...	99
4.1.3. Küresel Isınma Potansiyel (GWP)	100
4.1.4. Ozon tabakasının tükenmesi (ODP).....	101
4.1.5. İnsanlar üzerine olan toksik etki (HTP)	102
4.1.6. Tatlı sulara olan toksik etki	103
4.1.7. Denizlere olan toksik etki (FAETP).....	104
4.1.8. Kara ekosistemine olan toksik etki (TEP),.....	105
4.1.9. Fotokimyasal oksidasyon (POP)	106
4.1.10. Asidifikasyon potansiyeli (AP)	107

4.1.11. Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	108
4.2. Denim Kumaş Proses Akış Diyagramı	109
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	113
KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ	122





ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Denim Kumaşların Üretim Prosesler.....	6
Çizelge 1.2. Halat Boyama İle Slasher Boyama Kıyaslaması.....	17
Çizelge 1.3. Denimde Yıkama İşlemleri.....	22
Çizelge 1.4. Yaşam Döngüsü Analizi Araçları.....	53
Çizelge 3.1. Numune Kumaş Üretimi İçin Pamuk Lifine Uygulanan HVI Testleri	66
Çizelge 3.2. Bossa Pamuk Lifi HVI Testi Kabul Değerleri.....	67
Çizelge 3.3. Kumaş Üretiminde Kullanılan Pamuk Lifinin HVI Testi Sonuçları...	67
Çizelge 3.4. Denim Kumaş Konstrüksiyon Bilgileri	68
Çizelge 3.5. Denim Kumaş Tipi Üretim Akışı Ve Makine Tipleri.....	69
Çizelge 4.1. Denim Kumaş Tipi Üretiminin Toplu Karakterizasyon Sonuçları.....	94
Çizelge 4.2. Denim Kumaş Tipi Üretiminin Toplu Normalizasyon Sonuçları.....	95



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Selülozun Boyanmasında Kullanılan Boyarmaddeler.....	9
Şekil 1.2. İndigo Boyama Teknikleri.....	10
Şekil 1.3. Halat Boyama.....	12
Şekil 1.4. Halat Boyama Makinası.....	13
Şekil 1.5. Slasher Boyama.....	16
Şekil 1.6. Yaşam Döngüsü Analizinin Aşamaları.....	27
Şekil 1.7. Yaşam Döngüsü Analizi Metodolojisi.....	28
Şekil 1.8. Genel Birim Prosesi.....	36
Şekil 3.1. Kumaş Üretimi İçin Uygun Lif Veri Girişi.....	72
Şekil 3.2. Pamuk Lif Türü Veri Girişi.....	73
Şekil 3.3 Elastane Türü Veri Girişi.....	74
Şekil 3.4 Proseslerin Projede Oluşturulması.....	74
Şekil 3.5 Çözümlü İpliği Eğirme Prosesi Oluşturulması.....	75
Şekil 3.6. Atkı İpliği Eğirme Prosesi Oluşturulması.....	76
Şekil 3.7. Çözümlü Boyama Prosesi Oluşturulması.....	77
Şekil 3.8. Çözümlü Boyama Prosesi Oluşturulması.....	78
Şekil 3.9. Dokuma Prosesi Oluşturulması.....	78
Şekil 3.10. Kumaş Boyama Prosesinin Oluşturulması.....	79
Şekil 3.11. Kumaş Bitim İşlemi Prosesinin Oluşturulması.....	80
Şekil 3.12. Kumaş Kalite Kontrol Prosesi Oluşturulması.....	80
Şekil 3.13. Birleştirme Kısımının Tanımlanması	81
Şekil 3.14. Çözümlü İpliği Üretimi Basamağının Oluşturulması.....	82
Şekil 3.15. Atkı İpliği Üretimi Basamağının Oluşturulması.....	83
Şekil 3.16. Çözümlü İpliği Boyama Basamağının Oluşturulması.....	84
Şekil 3.17. Çözümlü İpliği Haşılama Basamağının Oluşturulması.....	85
Şekil 3.18. Kumaş Dokuma Basamağının Oluşturulması.....	86

Şekil 3.19. Boyama Ve Bitim İşlemi Yapılmış Kumaş Basamağının Oluşturulması.....	87
Şekil 3.20. Kalite Kontrol İşlemi Yapılmış Kumaş Basamağının Oluşturulması.....	88
Şekil 3.21. Forklift Kullanımı Ve Bitmiş Kumaş Basamağının Oluşturulması.....	88
Şekil 3.22. Hammadde Lojistik Basamağının Oluşturulması.....	89
Şekil 3.23. Bitmiş Kumaş Ve Lojistik Birleştirme Basamağının Oluşturulması....	90
Şekil 3.24. Yaşam Döngüsü Basamağının Oluşturulması.....	90
Şekil 3.25. Hesaplama Yönteminin Seçilmesi.....	91
Şekil 4.1. 1 Metre Tül Denim Kumaş Üretimi İçin Yaşam Döngüsü Karakterizasyon Sonuçları.....	96
Şekil 4.2. 1 Metre Tül Denim Kumaş Üretimi İçin Yaşam Döngüsü Normalizasyon Sonuçları.....	97
Şekil 4.3. Abiyotik Kaynakların Tükenme Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	98
Şekil 4.4. Fosil Yakıtlar Olarak Abiyotik Kaynakların Tükenme Potansiyeline Etki Eden Prosesler.....	99
Şekil 4.5. Küresel Isınma Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı	100
Şekil 4.6. Ozon Tabakasının Tükenme Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	101
Şekil 4.7. İnsan Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	102
Şekil 4.8. Yüzey Suları Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	103
Şekil 4.9. Deniz Suyu Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	104
Şekil 4.10.Kara Ekosistemi Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	105
Şekil 4.11.Fotokimyasal Oksidasyona Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	106
Şekil 4.12.Asidifikasyon Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	107
Şekil 4.13.Ötrofikasyon Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı.....	108
Şekil 4.14.Denim Kumaş Proses Akış Diyagramı.....	110

SİMGELER VE KISALTMALAR

+b : Sarılık Derecesi

BCI : Better Cotton Initiative (İyi Pamuk Uygulamaları)

BİST : Borsa İstanbul

C Grd : Renk Derecesi

CSD : Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu

CO : Pamuk

DDM : Higg Tasarım ve Geliştirme Modülü

EA : Elastan

Elg : Elastikiyet / Uzama

GRS : Global Geri Dönüşüm Standardı

HVI : High Volume Instrument

ISO : Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu

LCIA : Yaşam Döngüsü Analizi (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)

LCC : Yaşam Döngüsü Maliyeti

Mat : Olgunluk

MIC : Mikroner

Moist/ Mst : Nem

MSI : Higg Malzemeleri Sürdürülebilirlik Endeksi (MSI):

OCS : Organik İçerik Standardı

Pes : Polyester

RCS : Geri Dönüşüm İçerik Standardı

Rd : Parlaklık / Beyazlık Derecesi

RSL : Kısıtlanmış Maddeler Rehberi

r-PET : Geri Dönüştürülmüş Polyester

SAC : Sürdürülebilir Kıyafet Koalisyonu

SCI : İplik Eğrilebilirlik İndeksi

SFI : Kısa Lif içeriği

STK : Sivil Toplum Kuruluşu

Str : Mukavemet / Lif Kopma dayanıklılığı

Tr Ar : Çepel Alanı

Tr Cnt : Çepel Sayısı

Tr ID : Çepel Derecesi

UHML : Len Uzunluk - Üst Yarı Ortalama Uzunluk

UI : Uniformite İndeksi

YDA : Yaşam Döngüsü Analizi

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artışı ile birlikte tüketim fazlalığı ve bunlarla birlikte çevre sorunları her geçen gün hızla artmaktadır. Sorunları durdurmak için, birçok ürün ve malzeme türünün çevresel zararları ve özellikle geri dönüşümü üzerine çalışılmaktadır. Geri kazanımı en yaygın malzeme grupları cam, metal, plastik, kâğıt, en yaygın ürün grupları ise elektronik ürünler, ambalaj ürünleri ve otomotiv ürünleridir (Güngör, 1999). Bu ürün guruplarının geri dönüşüm alanında önem kazanmış olmasının nedenleri konu ile ilgili bilgi altyapısı, pazar payı ve bu konuda kamuoyu bilinçlenmesinin oluşmuş olmasıdır.

Tekstil ürünlerinin geri dönüşümü ve geri kazanımı yukarıda dile getirilen ürün ve malzeme grupları kadar yaygın değildir. Tekstil sektörü ile ilgili çevresel zararlar ve geri dönüşüm çalışmaları daha çok üretim süreçlerinde ortaya çıkan kimyasal atıkların ve kirli suların arıtılmasına yönelik çalışmalar olup katı atıkların değerlendirilmesi ile ilgili bilimsel ya da pratik çalışma sayısının son derece sınırlı olduğu bilinmektedir (TÜBİTAK, 2007).

Tekstil sektöründe ürünlerin üretim süreçleri birbirinden farklı ve oldukça uzun prosesler gerektirmektedir. Bu üretim süreçlerinin her birinde kullanılan hammadde, ara mamul veya kullanılan yardımcı kimyasal, enerji çeşidi, makine parkı gibi girdiler birbirinden çok farklıdır. Yapay lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü ile doğal lifler kullanılarak elde edilen tekstil ürünü veya dokusuz yüzey yöntemi ile oluşturulan üzeri renkli baskılı bir tekstil ürünü ile üzerinde nakış bulunan bir dokuma kumaşın üretim süreçleri birbirinden çok farklıdır. Üretim sırasında kullanılan hammadde, makine parkı, enerji çeşitleri ve maliyetleri, süreçlerde ortaya çıkan çevresel etkileşimler ve ürünlerin geri dönüşüm potansiyelleri çok farklı olduğundan tekstil ürünlerinde geri dönüşüm konusunun tek bir başlık altında değerlendirilmesi oldukça zordur. Bir ürünün üretim, kullanım ve

geri dönüşüm süreçlerinin tamamının çevre ile etkileşimlerinin incelendiği çalışmalar yaşam döngüsü analizi olarak bilinmektedir. Yaşam döngüsü analizi, ürünün üretiminde, kullanımında ve kullanım sonrasında ne kadar hammaddenin ve enerjinin kullanıldığını, ne kadar atık yaratıldığını ve her aşamada çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiyi belirlemek için kullanılmaktadır (Güngör, 2009).

Bu çalışmada, tekstil sektöründe önemli bir konumda bulunan denim kumaşın; üretiminden bertaraf oluncaya kadar geçen sürecin yaşam döngüsü analizi ile incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için denim kumaş üretim basamakları ve yaşam döngüsü analizinin tüm süreç ve basamakları çalışma kapsamında anlatılmıştır. Ayrıca yaşam döngüsü analizinin yapılması için dünyada kullanılan en yaygın programlardan biri olan ve çalışmada kullanılan Simapro programı detaylandırılmıştır.

1.1. Denim Kumaşların Tarihçesi

Denim kumaşın geçmişi 16. yüzyıla dayanmaktadır. 16. y.y.'da "serge" olarak adlandırılan ve (Hindistan'da yetişen) indigofera bitkisinden elde edilen indigo boyarmaddesi ile boyanmış olan yün karışımlı bir tür kumaş, Fransa'nın çok eski bir tekstil merkezi olan Nimes kasabasında üretilmiştir. Bundan dolayı üretilen bu kumaş türü, "Serge de Nimes" adıyla anılmış ve zamanla bu isim "denim" haline gelmiştir (Acar, 2005).

Denim jeans efsanesi ise 19.yüzyıl ortalarında başlamıştır. Altına hücumun en yoğun olduğu dönemde, Oscar Levi-Strauss, California' ya gelmiş ve çadır ile yük arabası örtüsü yapımında kullanılan brandadan dayanıklı pantolon yapmaya karar vermiştir. O günden beri farklı kumaşların, şekillerin ve işlemlerin kullanılmasıyla bu orijinal kavramda sayısız gelişmeler olmuştur. Denim kumaşın orijinal kalitesine yumuşaklık, esneklik, konfor ve dayanıklılık getirmek için ana hammadde olan pamuk lifi, elastan, viskoz ve polipropilen gibi yeni liflerle birleştirilmiştir. Bunun yanı sıra moda dünyasındaki akımlara ayak uydurmak için

modeller de düzenli olarak değişmiş, düşük beller, kabarık ve kıvrımlı dikiş yerleri, denim giysileri hazır giyim dünyasının tam ortasına yerleştirerek, üreticilere de geniş bir işleme yelpazesi oluşturmıştır. Günümüzde taşla yıkanmış, ağartılmış, aşırı boyanmış, sökük veya yırtık modelleriyle denim kumaş orijinal görüntüsünü de radikal olarak değiştiren bir dizi yenilik içererek günlük giyim pazarının başlıca dayanağı haline gelmiştir (İTKİB, 2016).

Bugün denim giysiler bazı çevrelerce temel giysiler bazı çevrelerce ise yüksek moda ürünü giysiler olarak algılanmaktadır. Markalaşma ise kaçınılmaz olmuştur. Denim kumaşlar ve terbiye işlemleri geliştirilerek ve çeşitli yenilikler yapılarak tüketicinin denim giysilere olan ilgisi taze tutulmaya çalışılmaktadır.

Ergonomik olarak tasarlanmış ve vücut formuna uygun şekillendirilmiş denim pantolonlar gelişmiş ürün grubuna örnek olarakta verilebilir. Dahası artık denim giysiler sadece %100 pamuklu ürünler olmayıp, daha aktif bir görünüş elde etmek için poliamid, elastan, polyester karışımı olabilmektedir. Streç veya özel kaplamalı kumaşlardan imal edilen denim pantolonlar da rağbet görmektedir. Her ne kadar denim giysilerin ürün yelpazesi şort, gömlek, etek, elbise, ceket gibi giysiler ile genişletilmeye çalışsa da denim veya jean denilince akıllara ilk olarak pantolon gelmektedir (İTKİB, 2016).

1.2. Türkiye’de Denimin Yeri ve Önemi

Türkiye’nin denim ile tanışması II. Dünya Savaşının sonralarına rastlamaktadır. Bu savaştan sonra Avrupa’daki gibi, Türkiye’de de Amerikan üsleri kurulmuştur. Amerikan askerinin üniformalarıyla birlikte sivil hayatta giydiği blue jeans rağbet görmeye başlamıştır.

Tekstil endüstrisinde 80’li yıllarda yapılan büyük atılım, denim üretimine de yansımış ve birçok uluslararası markanın, üretimlerini Türkiye’ye kaydırmasıyla başlayan ihracata yönelik blue jeans üretimi oldukça büyük bir artış kaydetmiştir.

Türkiye, özellikle 1980'lerin başından itibaren bir tekstil ülkesi olarak nitelendirilmiştir. Bu yapılanmanın temelinde sadece Türkiye'de yaşanan gelişmeler değil, Avrupa Birliği ve ABD'nin daha ucuz üretim olanakları bulmak için Doğu'ya yönelmesi de yatmaktadır. Başta işgücü olmak üzere üretim girdisi maliyetlerinin düşük olduğu Çin, Rusya, Hong Kong gibi ülkeler, hazır giyim pastasından pay alırken; bunlar arasından Türkiye aralarından sıvrılmıştır. Bu dönemde ithalat politikasını değiştiren Türkiye, piyasalarını ithal markalara açmış bunların üretimini de sınırları içine çekmiştir. Birçok uluslararası hazır giyim kuruluşunun ekonomik ve kaliteli üretim koşulları arayışında, kendileri için aynı zamanda bir pazar da olan Türkiye'yi tercih etmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu gelişmelere paralel olarak tekstilin her kolu bir anda gözde sektör oluvermiştir. Ama tekstildeki patlamanın nedeni; sadece bu firmaların pazarlama politikalarının başarısından değil, Türkiye'nin, Avrupa'ya olan yakınlığını coğrafi bir avantaj olarak değerlendirmesinden de kaynaklanmaktadır. Üretimde hız çok önemli olduğu için, talep edilen kapasiteye ve kalite standartlarına uyum sağlayabilen yenilikçi sanayiciler, hiç zorlanmadan ihracata yönelik seri üretim yapabilmişlerdir. Daha birkaç yıl öncesinde bir orijinal blue jeans bulmak için zorlanan tüketici de şaşırması bir duruma gelmiştir (Acar, 2005).

Denim giysi üreticilerinin yıllardır yürütmekte oldukları yoğun ve etkin pazarlama stratejileri, 2000'li yıllarda meyvelerini vermeye başlamış ve 2003 yılında Türkiye'nin denim giysi ihracatı 1 milyar doları aşmış, 2007 yılında ise tavan yaparak 2 milyar doların da üzerine çıkmıştır. 2000 yılında denim giysilerin Türkiye'nin toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatındaki payı %5,6 iken, bu pay 2005 yılında %14,4'e kadar yükselmiş, 2013 yılında ise %9,4 olmuştur. 2013 yılında Türkiye'den 1,6 milyar dolar değerinde denim giysi ihracatı yapılmış ve 17,2 milyar dolar değerindeki toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı içerisindeki pay %9,4 olarak hesaplanmıştır.

2015 Ocak-Haziran döneminde ise sektörel ihracattaki daralmaya paralel şekilde denim giysi ihracatında da belli bir ölçüde daralma olmuştur. Bu çerçevede 2015 yılının ilk altı ayında Türkiye’den 743,3 milyon dolarlık denim giysi ihracatı yapılmış, ihracat 2014’ün eş dönemine kıyasla %9,9 oranında azalmıştır. 2015 Ocak-Haziran döneminde Türkiye’den en fazla denim giysi ihraç edilen ülkeler, 124,7 milyon dolarlık ihracat yapılan Almanya, 110,1 milyon dolarlık ihracat yapılan İngiltere ve 107,7 milyon dolarlık ihracat yapılan İspanya olarak sıralanmaktadır (İTKİB, 2016).

1.3. Denim Kumaşın Tanımı ve Üretim Prosesleri

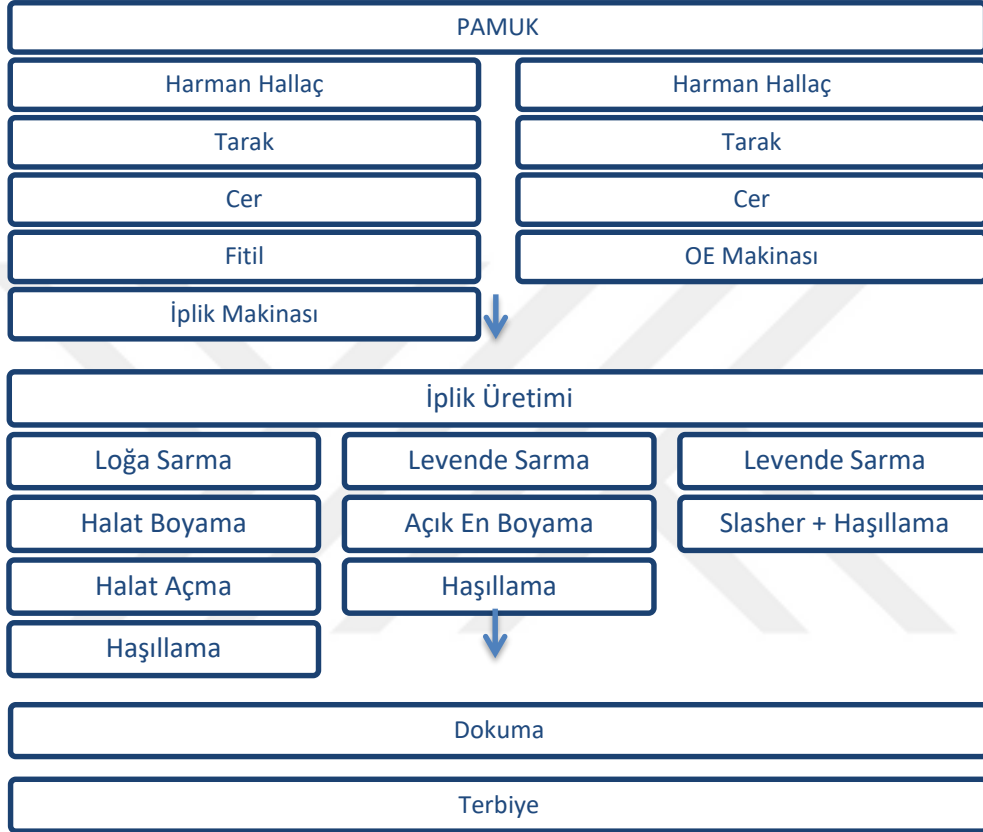
Denim, bir amerikan kumaş dergisinin 1960’lı yıllarda belirttiği gibi “ebediyen genç kalabilen, ama aslında en eski kumaş çeşitlerinden biridir” Yüzyıllar önce kullanılmaya başlanan fakat hala güncelliğini kaybetmeyen efsanevi kumaş denimin en belirgin özelliği; özgü ipliğinin indigo boyarmadde ile boyanmış, atkı ipliklerinin ise boyanmamış yani ham olmasıdır (Öztürk, 2003).

Denim, çapraz dokunmuş ve genellikle 1/2 veya 2/1 ya da 3/1 dimi yapısında dokunan büyük ağırlığa sahip bir kumaştır. Çift doku ile üretilen denim kumaşlarda iç doku beyaz, dış doku ise indigo boyalı olmaktadır. Aşınma ile oluşan eskimiş görünüm ise denim kumaşların en büyük özelliğidir. Aşınma başladıkça iç dokudaki beyazlık ortaya çıkmakta ve beğenilen eskimiş hava yaratılmaktadır (Akçakoca, 2011).

Kullanılan pamuk elyafının cinsi, kumaş yapısını ve kullanım davranışını, kumaşta aranan temel özellikleri başta dayanıklılık ve tuşe olmak üzere kullanım amacına göre yapılan apre işlemlerini ve bununla beraber ekonomiklik özelliğini büyük ölçüde etkilenmektedir. Ürünü konfor ve estetik açıdan iyileştirmek, üretimde verimlilik ve ekonomiklik sağlamak amacıyla farklı elyaf karışımlarından yararlanılmaktadır. Burada elyaf çeşitlerinin iyi özellikleri öne çıkarak birbirlerini

tamamlar, kötü özellikleri ise giderilir (Sarioğlu, 2011). Denim kumaşların üretim prosesleri Çizelge 1.1.'de sıralanmıştır.

Çizelge 1.1. Denim Kumaşların Üretim Prosesleri



Denim kumaş üretiminde de bu amaçlarla iplik üretimi yapılırken farklı lif çeşitleri kullanılabilir. Pamuk temel hammadde olarak alınıp, karışıma ilave olarak polyester, viskon, elastan türevleri, keten, yün, tencel ve yeni nesil lifler kullanılarak istenilen özellikte ve maliyette ürünler elde edilebilmektedir (Tolek, 2016)

Denim kumaşlarda kullanılan ipliklerin genellikle Z bükümlü olduğu görülmektedir. Tercih edilen örgü sol (S) yollu dimi şeklinde örgü ise iplik üzerindeki büküm ile örgü ters yönlü olacağından iplikteki büküm kaynaklı gerilim azalır ve büküm açılır. Bu durum dokunan kumaşın yumuşak olmasına yol açmaktadır. Sağ (Z) yollu dimi örgüsünün tercih edilmesinin nedeni ise daha az esneme yapmasından kaynaklanmaktadır. Kumaşın yüzeyinde hem örgü gereği hem de sıklık açısından çözgü ipliklerinin yoğun olmasından dolayı, kumaş görünümüne çözgü ipliğinin rengi hâkimdir (Acar, 2005).

Üretilen denim kumaş çeşitleri aşağıda sıralanmıştır:

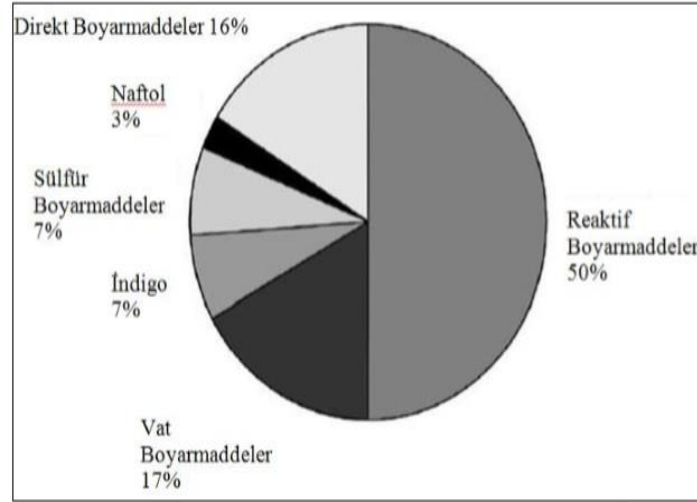
- ❖ Mavi Denim Kumaş: İndigo mavi boya ile boyanmış, çözgülü ve beyaz renkte atkılı olup çözgü dimisi örgülü pamuklu üretilen denim kumaşıdır.
- ❖ Siyah Denim Kumaş: Siyah, has boyalı çözgü iplikleriyle dokunan veya parça boyanmış klasik denim kalitesidir.
- ❖ Stretch Denim Kumaş: Yapısında elastik iplikler olan ve bu nedenle kişiye ayrı bir rahatlık kazandıran denim kumaşıdır. Ancak içeriğindeki elastik iplikler nedeni ile ağır yıkamalara uygun değildir. Stretch denimler sadece enine esnemektedirler.
- ❖ Overdyed, Çift Taraflı Denim Kumaş: Ön ve arka yüzleri özel metotlarla boyanarak veya basılarak renklendirilmiş kumaşlardır. Bu tip kumaşlar her iki yüzüyle kullanılabilme özelliğine sahiptir. Genellikle özel talep doğrultusunda üretilen kumaşlardır.
- ❖ Kaplamalı Denim Kumaş: Mavi veya siyah renkte, sıcak yapıştırıcı toz (polietilen, polyamid, polyester) ile kumaşın tam yüzeyinin kaplandığı kumaşlardır.
- ❖ Bistrech Denim Kumaş: Bistrech denimlerin stretch denimlerden farkı; hem enine hem boyuna esnemesidir.

- ❖ Atkısı ve Çözücü Boyalı Denim Kumaş: Klasik denim kumaşından farkı; hem çözgüsünün hemde atkısının boyalı olmasıdır.
- ❖ Dark Denim Kumaş: Bu tip kumaşların özelliği; yıkandıkça diğer denimlerin maviliğine göre laciverte dönüp oldukça koyuda kalmasıdır (Akyiğit, 2009).

1.3.1. Denim Kumaşı Oluşturan Lifleri Boyama Uygulamaları

Terim olarak cisimlerin yüzeyinin dış tesirlerden korunması veya güzel bir görünüm sağlanması için renkli hale getirilmesinde kullanılan maddelere boya adı verilmektedir. Boyanan yüzeyler örtücü bir tabaka ile kaplanmaktadır. Bu işlem gerçekte bir boyama olmayıp, sadece uygulanan yüzeyin kapatıcı bir kat ile örtülmesi işlemidir. Cisimlerin kendilerini renkli hale getirmede kullanılan maddelere ise boyarmadde adı verilmektedir. Ancak her renk veren veya renkli olan madde boyarmadde değildir (Başer, 1990).

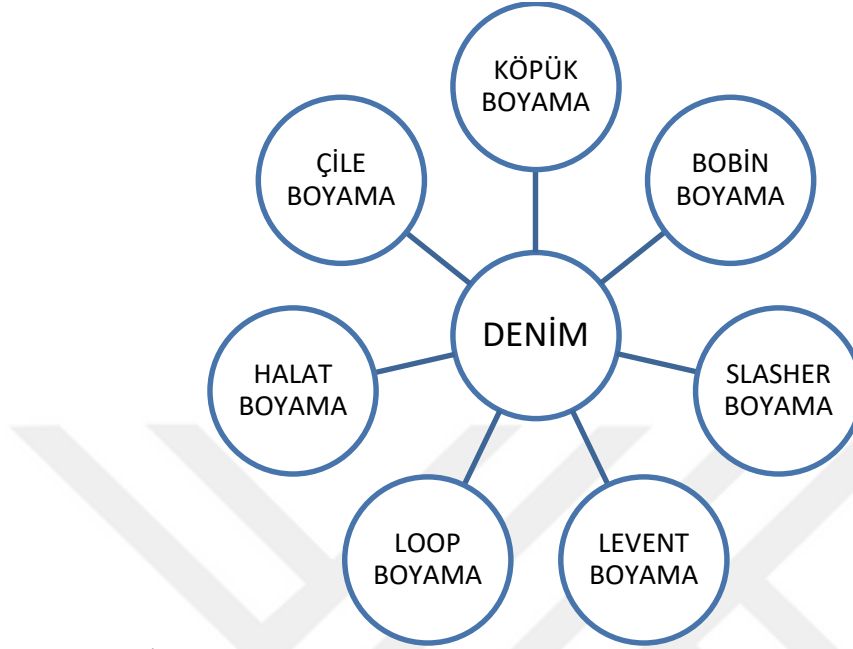
Lifin içerisinde yer alan selüloz, iyonik bir yapısı olmadığı için lif ile iyonik bağ kuran boyarmaddeler ile boyanamaz. Diğer yandan lifler ile iyi afinite gösteren boyarmaddeler ile ikinci dereceden kovalent bağlar yapabilirler. Selülozik lifler çok sayıda boyarmadde ile boyanabilirler (Çetin 2007). Selülozun boyanmasında kullanılan boyarmaddeler Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Selülozun Boyanmasında Kullanılan Boyarmaddeler (Akçakoca,2011)

1.3.1.1. İndigo Boya ve Boyama İşlemi

Denim kumaş boyamanın ana hammaddesi olan indigo, Hindistan’da yetişen tropik bir bitki olan “İndigofera tinctoria” bitkisinden elde edilen bir boyarmaddedir. Bu bitkinin tarımı Hindistan’ da 4000 yıldan beri yapılmaktadır. İndigo çok yaygın olarak kullanılan bir bitkisel boyarmaddedir. İndigo boya, halat haline getirilmiş ipliklerin boya teknelerinden geçirilerek boyandığı oksitlenme olayı ile gerçekleştirilen bir boyamadır. İndigo boya normal boyalardan biraz farklı özellikte olan bir küp boya tipidir. İndigo boyanın farkı, boyarmaddenin selüloz liflerine nüfuz etmesinin normalden düşük olmasıdır. Bu sebeple ipliğin boyama işlemi birden fazla teknede tekrarlanmaktadır. Yani indigo boyadan geçen halat boyanmakta ve belli bir yüksekliğe çıkarılarak oksitlenip sonra tekrar boyanmaktadır. Tekneye daldırma işlemi ne kadar fazla olursa o kadar koyu renk elde edilmektedir. Boya işlemi bittikten sonra ölü boya yıkama teknikleri sayesinde iplik üzerinden atılmaktadır (Dölen, 1992). Günümüzde yaygın olarak kullanılan indigo boyama teknikleri aşağıda Şekil 1.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. İndigo Boyama Teknikleri (Şahin, 2017)

1.3.1.2. Çözümlü Hazırlama İşlemi

Denim kumaş üretiminde çözgü hazırlama, boyama ve haşıllama son derece önemlidir. Farklı boyama ve haşıllama teknikleri, farklı boyarmadde ile haşıl reçeteleri ve konsantrasyonları, reaksiyon ve oksidasyon zamanları kumaşın büyük oranda görünüm, karakter ve kalitesini belirlemektedir. Çözgü ve halat boyama özellikle denim kumaşın 6-15 onz/yrd² arası ağırlıklarda uygulanan, ring ve open-end iplik boyamada kullanılan metotlardır. OE ipliklerin boya alma kolaylığı öncelikle yapılan pamuk temizleme operasyonunun mükemmel olması ile gerçekleşmektedir. Boya alma işlemi, büküm miktarı daha fazla olan ring iplikler için daha uzun sürede meydana gelmektedir. Boya tanklarından çıktıktan sonra indigo boyanın kalıcılığını kuvvetlendirmek için oksidasyon süreçleri artırılarak daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. İndigo boyama ve haşıllamada temelde iki farklı teknik söz konusu olmuştur (Tölek, 2016).

- ❖ Klasik çalışma metodu; çözgü çekme, çözgü halatlarının boyanması, halat halindeki ipliklerin açılarak levende alınması ve haşıllama,
- ❖ Açık en çalışma metodu; direk olarak çözgülerin boyanması, haşıl.

Bu esaslara dayanarak, indigo boyamacılığında 3 tip makina söz konusu olup bunlar;

- Loop (çile) boyama
- Rope (halat) boyama
- Slasher ya da açık en boyama olarak adlandırılmaktadır.

1.3.1.3. Loop (çile) boyama

Loop boyamada ipliklerin aynı banyoya birkaç kez daldırılması gerçekleştirilmektedir. Loop tekniğinde ‘Twin Pad’ olarak adlandırılan emdirme teknesine iplikler 4 kez daldırılarak işlem tamamlanmaktadır.

1.3.1.4. Halat Boyama

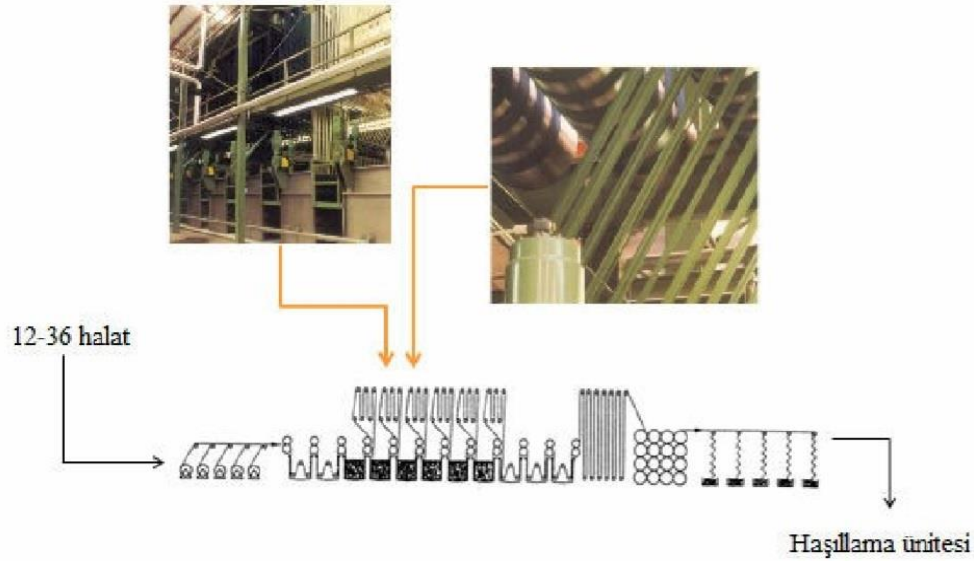
İndigo boyamacılığında kullanılan en eski yöntem halat boyama yöntemidir (Şekil 1.4). Rope boyama tekniğinde halat halindeki ipliklerin daha sonra çözgü enince dağıtılması nedeniyle sağ sol farkı oluşma riski daha azdır.



Şekil 1.3. Halat Boyama (Şahin, 2017)

Halat boyama tekniğinde, ilk olarak halat sarma işlemi yapılmaktadır. Halat sarma işleminde, boyamadan önce indigo boya makinasının cağılığına yerleştirilecek loğların (halat levendi) hazırlanması işlemi yapılmaktadır. İplik makinasından gelen bobinler halat sarma makinasının cağılığına takılarak halat haline getirilmektedir. Her halat formu 350-400 adet çözgü ipliğinden oluşmaktadır. Bu iplikler cağılıktan sağılarak dokumadaki tarağa benzer bir aletten geçirilmektedir. Bu aletin her telinden bir çözgü ipliği geçmesiyle buradan loğ üzerine sarımı gerçekleştirmektedir. İndigo makinasının cağılık sayısına göre eşit miktarlarda halat leventleri oluşturulmaktadır. Dokumada istenen çözgü sayısı halat levendi sayısına bölünerek, her bir loğda olması gereken uç sayısı tespit edilmektedir. Bu noktada, halat içindeki iplik gerilimlerinin birbirine eşit veya çok yakın olmasının önemi büyüktür. İplik gerilimlerinin 40-45 cN civarında olması gerekmektedir. Bobinden tarağa gelen ipliklerin gerilimleri farklı olursa boyamada iplik kopuşları meydana gelmektedir. Çözgü iplikleri halat içinde devamlı bir hareket halindedir. Bu yüzden ipliklerin birbirine dolaşmaması için tarakta bir aparatla ilk 1.000 metrede sık sık, daha sonra daha seyrek olmak üzere bir polyester iplik çözgülerin arasından geçirilerek düğüm

atılmaktadır. Düşük gerilim değerleri ipliğin çok hareketli ve kararsız davranışlarına neden olur. Aynı şekilde bobin sarımının sıkı olması ipliğin düzgün akışını sağlamaktadır. Halat sarma randımanının yüksek olması, kullanılan bobinlerin düzgünlüğü ile doğru orantılıdır. Eğer bobinlerin sarılı olduğu patronlarda çapak, kırık, sarım hatası, rezerve eksikliği, bobin metrajının düşük olması gibi sorunlar varsa kopuk ve çatlak değişimi fazla olacağından randıman düşük olacaktır (Kunt, 2004).



Şekil 1.4. Halat Boyama Makinası (Akçakoca, 2011)

Boyama işlemi için halat haline getirilen iplikler indigo boya dairesine gönderilir. İndigo boya prosesini 5 bölümde inceleyebiliriz:

a. Islatma ve Mersevizasyon İşlemi: İndigo boyamada ıslatma veya mersevizasyon işlemi ilk teknede yapılmaktadır. Islatma maddesi, pamuk ipliği tarafından taşınan havanın yerine flottenin girmesini sağlar. Kostik, yağ ve vaksları iplikten uzaklaştırır. Böylece boyanın daha iyi nüfuz etmesini gerçekleştirilir. Diğer kimyasallar, pamuğun yüzeyinde taşıdığı metal iyonlarını uzaklaştırarak suyun

yumuşamasını sağlamaktadırlar. Normal boyamada ısılatıcı teknesi genellikle sıcaktır. Sıcakta bu maddeler daha etkili olmaktadır. Mercerizede, selüloz elyafının içerisinde bulunan amorf bölgelerin araları açılıp şişer ve düzgünleşir. Amorf bölgelerin kristalin haline geçmesi boya alımını zorlaştırmaktadır. Soğukta yapılan mercerizelerde şişme daha çok dış elyafta olmaktadır. Bu sayede daha yüzey boyalı taşıma efekti fazla olan boyama elde edilmektedir. İplik, mercerize teknesinin içerisinde kostik ile reaksiyona girmekte ve %2 kısalma gerçekleşmektedir. Havalandırmadan geçen halat mercerize teknesinden çıkışta sıkılır. Bu sıkma işlemi düzgün olmazsa halat üzerinde kalan fazla kostik, boyadaki kostik konsantrasyonunu etkilemektedir. Mercerizeden sonra iplikler ön yıkama işleminden geçmekte ve yıkama sıcaklıkları yapılan prosese göre değişiklik göstermektedir. Genellikle mercerizeden sonraki ilk yıkama teknesi sıcak olup üç adet yıkama teknesi vardır. Bu noktada sıcaklık gittikçe azalmaktadır (Tölek, 2016).

b. Boyama İşlemi: Boyanmamış formdaki pamuk ipliği kontinü olarak birkaç defa leuco haline getirilmiş indigo boyaya daldırılır, sıkılır, havalandırma pasajından geçer ve oksitlenme gerçekleştirilir. Yıkama teknesinden boyaya girmeden önce pH kontrolü yapılmaktadır. İndirgenmiş durumdaki indigo boyanın afinitesi, diğer pigment boyalara göre daha düşüktür. İndigonun afinite oranı 3.5 iken, diğer boyalarda bu oran 30-250 arası değişmektedir. Bu nedenle indigo boyada çoklu geçişler gereklidir, ancak bu şekilde istenen renk derinliğine ulaşılabilir. Boyanın konsantresini kontrol amacıyla baştan 150-200 metrelik kılavuz halat geçirilir. Boyanın substantivitesi, elyafın afinitesi, ortamın pH ve hidro durumu, boya ve kimyevi reaksiyonu dalma süresini belirlemektedir. Dalma süresi kısa olursa boyanın ipliğe tutunması az olacağından hiçbir boyama etkisi olmayacaktır. Uzun süreli dalmalarda ise okside olmuş boya tekrar flottedeki hidro ile temasa geçip çökmeye yönelecek ve boyama verimi düşecektir.

c. Oksidasyon İşlemi: Tüm tekne geçişlerinden sonra, sıkılmış ve doyurulmuş ipliğin hava ile temas etmesi sonucu indigonun oksidasyonu sağlanmaktadır. İplik üzerindeki boyanın oksitlenmesi için 70-130 s zamana ihtiyaç vardır. Eğer bu sürenin altında işlem yapılırsa;

- Halat içerisindeki iplikler ve dışarıdakiler arasında farklı oksitlenmeler oluşacak, bu da farklı etkilere neden olacaktır.
- Haslık değerleri azalacaktır.
- Bu noktada iplik üzerinde tam indirgenmemiş boya bir sonraki teknenin konsantrasyonunu düşürecektir. Boya teknesinden çıkan halat, önce yeşil renktedir. Oksidasyon sonunda bir sonraki tekneye girerken mavi renge dönüşmüştür. Banyonun kostik ve pH değerine göre renk tonları değişmektedir.

d. Son Yıkama İşlemi: İndigo ile boyandığında ipliğin halat açmada daha iyi açılabilmesi için yapılan yıkamalardır. Yıkama ne kadar iyi yapılırsa problem o kadar az yaşanmaktadır. Sıcaklıklar boyama prosesine göre değişmektedir. Burada fazla boya ve kostik de atılmaktadır.

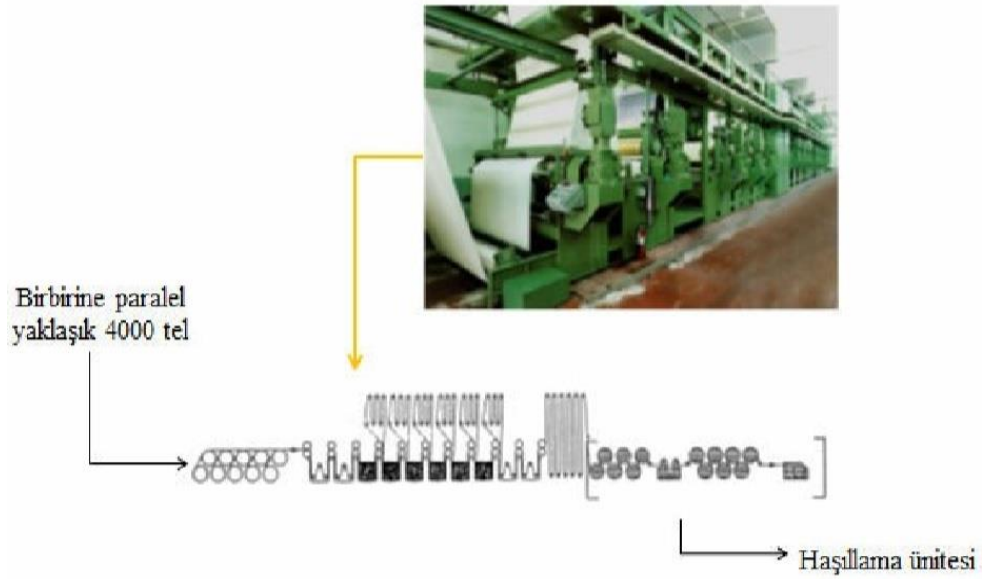
e. Kurutma Tamburları: Kurutma tamburları 36 adet yüksek buhar basınçlı kurutma silindirinden oluşmaktadır. İplik uçlarının içten dışa doğru olarak kurumasını sağlamak için sıcaklık her 12 kurutma silindirinde kademeli olarak yükseltilmektedir. Halat açma prosesinin daha kolay yapılabilmesi için iplik üzerindeki sıcak rutubetin %8-10 arasında olması gereklidir. Kurutma sonunda halatlar büyük kovalara doldurulmaktadır (Tolek, 2016).

Dairesel biçimde halat kovalarına sağılan halatlar, kurutucudan çıkıp haşıl makinesine bu formlarıyla değil sırayla tek biçimde girmektedir. Bu nedenle haşıla hazırlık olarak halat açma işlemi yapılmaktadır. Boyama işleminden sonra halatlar kovalara sağılmaktadır. Burada hazırlanan halatlar çözgü levendine açılmak üzere

halat açma bölümüne gelmektedir. Halat uçları çapraz adı verilen sistemle makina önündeki taraklara bire bir şeklinde yerleştirilir. Kovalar makinaya 25 m uzaklıkta bulunan çift silindirden dolaştırılarak geçirilmektedir. Bu sayede, halat makinaya gelinceye kadar 100 m mesafe kat etmektedir. Bu işlemin amacı, boyama işleminde çok fazla silindirden geçmiş ve doğal olarak birbirine karışmış olan ipliklerin paralellliğini sağlamaktır. Halat açma bölümünde kopuk uçlar ve eksik uçlar tamamlanmaktadır (Kunt, 2004).

1.3.1.5. Slasher Boyama

Slasher boyama ile haşıl prosedüründe ise, 350 ile 400 arası adet 50.000 m uzunluğunda ipliklerden oluşan 12 ile 16 adet arası tansiyon kontrollü çözgü levendi Slasher hattının önüne yerleştirilmektedir. Slasher hattı kontinü boyama, kurutma, haşıl ve çözgü çekmeyi tek bir işlem döngüsü ile sağlamaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Slasher Boyama (Akçakoca, 2011)

Çizelge 1.2. Halat Boyama İle Slasher Boyama Kıyaslaması (Roshan, 2015)

HALAT BOYAMA	SLASHER BOYAMA
Halat halinde boyama yapılmaktadır.	Açık en çözgü halinde boyama yapılmaktadır.
Tekne içi hacimleri yüksektir.	Tekne içi hacimleri düşüktür.
Dalma süresinin 20 sn. gibi uzun bir süre olmasından dolayı, koyu renk elde etme imkânı mevcuttur.	Tekne hacminin düşük olmasından dolayı, açık renk boyamaya daha kolaydır.
Tekne içi hacimlerinin yüksek olmasından dolayı, teknelerin tamamının karışması için fazla süre ihtiyaç (30 dk/1 tur) vardır.	Tekne içi hacimlerinin düşük olmasından dolayı, burada teknelerin tamamının daha az sürede karışması imkânı (6 dk) mevcuttur.
Boyama sonrası oksidasyon için uzun havalandırma mesafesi (40 mt) mevcuttur.(90 - 100 sn.)	Kısa havalandırma mesafesi (15-20 mt) ve ek hava üfleyici sistem (rapidsky) mevcuttur.(40 - 50 sn.)
Halat sayılarını ayarlanmasıyla, aynı anda double/triple parti boyama imkânı vardır.	Aynı anda tek parti boyanabilmektedir.
İplikler 300 ile 350 tel arası bir yoğunlukta halatlar halinde boyandıkları için, düşük hamut riski taşımaktadır.	İpliklerin tel tel boyanmasından dolayı tek bir ipliğin performansı boyama performansını etkileyebilir ve iplik kalitesine bağlı olarak yüksek hamut riski taşımaktadır.
Boyama öncesinde halat sarma makinesine, boyama sonrasında halat açma ve haşıl makinesine ihtiyaç duyulmaktadır.	Boyama öncesi seri çözgü makinesine, boyama sonrasında yine makineyle birlikte çalışacak haşıl makinesine ihtiyaç duyulmaktadır. Halat açma makinesine gerek yoktur.

1.3.2. Haşılama

Denim kumaş dokumacılığında, haşıl işlemi kalite ve randımanı doğrudan etkileyen çok önemli bir işlemdir. Haşıl, ipliklerin üzeri kuvvetlendirici bir filmle kaplanmaktadır. Sonrasında yıkama esnasında sıcak suda çözünmesi için suda çözünabilen indigo haşılı kullanılmaktadır. Haşıl maddesinde denim için bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu özellikler sıralanacak olursa:

- Haşıl film tabakasından dokuma işleminde çözgü ipliklerinin maruz kalabileceği gerilimlere karşı yeterli elastikiyete sahip olması istenmektedir.
- Haşıl maddesinin uygun reçetede yüksek bir viskozite değerine sahip olması istenmektedir.
- Haşıl maddesinin tek başlarına veya karışım durumlarında enzim gerektirmeden yıkanabilme özelliği gösterebilmesi istenmektedir.
- Maliyet açısından fiyatının düşük olması istenmektedir.
- Haşıl maddesinin çözgü ipliğinin dokumada maruz kalacağı mekanik etkenlere karşı iyi bir film tabakası oluşturması istenmektedir.
- Haşıl film tabakası dokuma esnasında maruz kalacağı bükülme durumlarına göre iyi bir bükülme özelliği göstermesi istenmektedir.

Denim kumaşların konfeksiyonda kolay dikilebilmesi için sert tutumlu olması ve daha sonra da taş yıkama esnasında düşük maliyet sağlaması için yıkanabilirlik özelliklerinin iyi olması istenir. Bunun yanı sıra, klima maliyetlerini düşürmek için de dokumada nemli film tabaka özelliğinin iyi olması gerekmektedir. Bütün bu özellikler klasik denim ürünleri için uygulanan prosesler için geçerliliğini korumaktadır. Soft denim ve farklı denim kumaşlar için haşıl maddelerinden beklenen kriterler değişiklik gösterebilmektedir (Kunt, 2004).

1.3.3. Dokuma

Denim kumaş dokumacılığında mekikçikli sistem ve havalı sistem kendine geniş bir yer bulmaktadır. Günümüzde denim dokuyan makinaların büyük bir kısmını Sulzer Ruti mekikçikli tezgâhlar, geriye kalan diğer küçük kısmını ise çeşitli havalı ve diğer dokuma tezgâhları oluşturmaktadır. Yeni yatırımlarda ise daha çok havalı Dornier tezgâhları tercih edilmektedir. Bunun sebebi ise denim kumaşların yüksek gramajlara kadar çıkması, yüksek üretim ve bu tezgâhların duruş izlerinden korunma avantajlarıdır. Son yıllarda Picanol firmasının ürettiği denim dokumacılıkta kullanılmak üzere yeniden düzenlediği hava jetli PAT-A modeli de piyasada kendine geniş bir yer bulmuştur. Denim dokumasında ürün kalitesi için kopuş miktarı çok önemlidir. Kopuş miktarları, kalite yanında dokumacının baktığı makina sayısını da etkilediğinden ayrıca dokuma maliyetini de hızla etkilemektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, denim dokumacılığında, çözgü ipliklerinin hazırlık dairesindeki boya ve haşıl işlemleri çok önemlidir. Çözgü ipliklerinin elastikiyetlerini fazla kaybetmeden uygun bir haşıl ile dokuma dairesine gelmesi gerekmektedir. Dokumada denim kumaşlar tek en veya çift en olarak dokunmaktadırlar. Bugün klasik denimler çift en halinde dokunmaktadırlar. Mamul enleri 150 ile 155 cm arası olduğundan tarak eni 160 ile 170 cm arasındadır. Bu nedenle 360 ile 390 cm arası genişlikteki makinalarda rahatlıkla çift en olarak dokunabilmektedirler. Atkı ipliği olarak elastomerli iplikler kullanıldığında ise tarak enleri 200 ile 220 cm arası ölçülere çıktığı için bu dokumalar tek en halinde üretilmektedir. Denim kumaşlar, genellikle, Z yönünde 3/1 veya 2/1 dimi şeklinde dokunan temel dokumalardır. Ancak, günümüz modasının gerektirdiği yeniliklere ayak uyduracak şekilde fantezi denim üretimi de yapılmaktadır. Dokumada randıman alabilmek için dok sarma tertibatlarıyla çalışmak gerekmektedir. Bunun yanı sıra çözgü levent çaplarının da mümkün olduğunca büyük olmasına dikkat etmek gerekmektedir. Dokuma makinesinde yine çözgü levent eni tarak eninden 5 ile 10 cm arası geniş tutulmalıdır.

Tüm bunlar top değıştirme olmadığı ve levent değışim sürelerini uzattığı için verim artıran yöntemlerdir (Tölek, 2016).

1.3.4. Terbiye ve Sanfor İşlemi

Dokuma işlemi tamamlanan kumaşların görünüm ve kullanım özelliklerinin geliştirilmesi, kullanıma uygun hale gelebilmesi için terbiye makinelerinde birtakım fiziksel ve kimyasal işlemler görmesi gerekmektedir. Bu işlemler müşteriye hazır hale gelen kumaşlarda boyut değışmezliği özelliğini sağlamak ve özel olarak imal edilmiş makinalarda kumaşa arzu edilen çekmeyi vermek için yapılan işlemidir. Kumaş girişı düzgün bir şekilde yapıldıktan sonra makina duruşlarında komple duruşu engellemek için J-Box kısmında stoklama yapılmaktadır. Kenarların düzgün geçmesini sağlamak için kumaş kenar kılavuzlarından geçirilmektedir. Sonrasında kumaş yüzeyindeki hav, uçuntu ve bitlerin temizlenmesi için fırçalama ve çift yüzü yakma işlemleri uygulanmaktadır. Kumaşa uygun tutumu ve dolgunluğu vermek amacıyla fularda apre uygulanmaktadır. Islak haldeyken gergi silindirleri vasıtasıyla en ayarı yapılmaktadır. Ham kumaşın eninde meydana gelen çekmenin büyük bir kısmı bu bölümde gerçekleşmektedir. Daha sonra atkı eğiminden geçirilerek eğim standartları sağlanmaktadır. Eğim açısı, %5 ile %9 arası değışmektedir. Bu işlem kumaşın yıkama sonrası dönmesini engellemektedir. Kumaş 36 adet kurutma silindirinden geçirilerek verilen en ve atkı eğimi kısmi olarak sabitlenmektedir. Kumaş üzerinde belli bir rutubetle sanfora hazır hale getirilmektedir. Ünite esas olarak, başlangıçta 67 mm kalınlığında olan kauçuk banttan ve yaklaşık 600 mm çapında olup ısıtılabilen, düzgün düzeyli bir çekirme silindirinden oluşmaktadır. Terbiye işlemlerinin en önemlilerinden biri olan boydan çekirmenin temel esası; kumaşı taşıyan kauçuk bandın, bastırma silindiri üzerinde gerilerek yüzeyinin genişlemesi ve bu genişlemiş yüzeye bastırılan kumaşın, lastik bandın bastırma silindirinden kurtulduğu andaki yüzeyinin daralması sonucu çekirme olayının gerçekleşmesine dayanmaktadır. Bu şekilde boydan çektirilen kumaş, lastik bant ve sıcak silindir arasından geçerken eskiye göre yeni durumu ile

fikse olmaktadır. Sıcak çektirme silindiriyle temas eden kauçuğun ısınması su verilerek önlenmektedir. Kalender bölümünde kauçuk blanketi nemli olarak terk eden kumaş keçe kurumaktadır. Burada kumaş aynı zamanda parlaklık ve kayganlık kazanmaktadır. Kumaşın nemini kendi üzerine alan keçe ayrı bir kurutma silindiri tarafından kurutulmaktadır. Kumaş buradan çıkışta dok arabalarına sarılmaktadır (Kunt, 2004).

1.3.5. Denim yıkama ve konfeksiyon işlemleri

Konfeksiyon yolculuğu sonrasında giyilebilecek duruma gelen denim ürünler, moda taleplerine göre ya kuru halde müşteriye ulaştırılır ya da 1970'lerde uygulanmaya başlanan ve günümüzde ayrı bir moda oluşumunu sağlayan çeşitli yıkama işlemlerine tabi tutulmaktadırlar. Günümüzde yıkanmadan müşteri ile buluşan kuru denim ürünlerin payı, toplam denim ürün üretiminin içinde %3'ü geçmemektedir. Bu nedenle günümüzde denim yıkama işlemleri çok önemli bir yer tutmaktadır. Denim ürünlerin yıkama işlemine tabi tutulması sonucu elde edilmek istenen iki önemli husus vardır. Birinci husus, ürünün yıkama işlemleri sonrası müşterinin albenisini kazanacak görünüme kavuşması; yani dış görünüşün müşteriye cazetmesi; diğer husus ise görünüşü beğenilen ürünün tutumunun (yumuşaklığının) müşterinin zihninde albeni oluşturmastır (Tolek, 2016).

Denim yıkama işlemleri denilince akla sadece yaş işlemleri gelmemektedir. Denim yıkama işlemleri denildiğinde, ürünlere hem kuru halde (dikim sonrası yaş işleme girmeden) hem de yaş halde uygulanan bazı aşındırma yöntemleri belirtilmek istenmektedir. Kuru halde uygulanan işlemler genelde mekanik yollarla uygulanan farklı aşındırma yöntemleri iken yaş halde uygulanan yöntemler genelde bazı özel kimyasallar kullanılarak uygulanan ve değişik efektler kazandıran yıkama işlemleridir. Denim yıkama işlemleri Çizelge 1.3.'de sıralanmıştır. Klasik bir denim yıkama işlemi uygulanacak olan denim ürüne tüm yıkama adımlarının uygulanması

gerekebilir ya da gerekmebilir. Bu husus tamamen müşteriden gelecek olan isteğe bağlı olmaktadır (Bağır, 2011).

Çizelge 1.3. Denimde Yıkama İşlemleri

Kuru İşlemler	Yaş İşlemler
Zımparalama (Scraping)	Haşıl sökme – Ön yıkama (Desizing)
Kumlama (Sandblasting)	Taşılama (Stonewash)
Yıpratma-Eskitme (Manuel Damage)	Enzim yıkama (Enzyme wash)
Kılçıklama (Tagging)	Ağartma (Bleaching)
Lazer ile Yakma (Laser)	Boyama (Tinting – Overdyeing)
Reçine (Resin)	Yumuşatma (Softening)
Şekil Ütüsü ve Pres Ütü (Ironing-Creases and Flat Press)	Durulama (Rinse)
Baskı (Print)	Plastik topla yıkama (Rubber balls)

1.3.6. Kalite Kontrol

Kalite kontrol ünitesine gelen kumaş topları sanfor testleri yapıldıktan sonra puanlama yapılmak üzere kalite makinesine aktarılır. Kalite ünitesi üç aşamadan oluşmaktadır.

Birinci aşamada, önceden hazırlanmış standartlara göre hatalara puanlar verilmektedir. Bu puanlar föylere geçirilmektedir. Kalite şefi tarafından föylere kumaş top kesimlerinin nerede yapılacağı işaretlenerek top sarma bölümüne aktarılmaktadır. Burada bazı parçalar üst üste sarılmakta veya uygun olmayan parçalar ayrılmaktadır.

İkinci aşamada kumaş top sarma bölümünde şefin işaretlediği metrajlarda toplar kesilmektedir. Her kumaş topunun sonundan 20 cm genişliğinde parça alınarak blanket dikimi için sanfor laboratuvarına gönderilmektedir. Alınan parçalar 20*20 cm ebadında kesilerek yan yana dikilmekte ve ağartma yapılmaktadır. Burada

yıkama kazanından çıkan parçalar standart renkle karşılaştırılarak toplara renk numaraları verilmektedir. Eğer standartlardan çok farklı olan kumaşlar varsa “1-A” etiketi takılarak ikinci kaliteye ayrılmaktadır. Her kumaş topu kumaş deposuna girerken etiketlerine bakılmaktadır.

Üçüncü aşamada ise kumaştan beklenen çekmezlik, iplik mukavemeti, dikişe ve yıkamaya karşı mukavemet, sürtünme, yıkama, su, ışık, ter haslığı gibi testler yapılmaktadır (Kunt, 2004).

1.4. Tekstilde Sürdürülebilirlik

Tekstil sanayi, tüketim malları imalatında yer alan dünyanın en eski kolu konumundadır. Ayrıca doğal ve kimyasal elyafları (pamuk, yün ve sentetik elyaflar gibi) giysi, ev eşyaları ve endüstriyel tekstil gibi son kullanıcı ürünlerine dönüştüren çok çeşitli ve heterojen bir sektördür (Toksöz, 2018).

Ticaret yoğunluğu bakımından tekstil endüstrisi dünyadaki büyük ekonomik faaliyetlerin başında gelmektedir. Bundan yaklaşık yüz yıl önce, tekstil üretiminin yoğunluğu Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da yoğunlaşırken, günümüzde tekstil ve konfeksiyon üretimlerinin büyük kısmı Asya'da, özellikle Çin, Hindistan ve Bangladeş' de gerçekleşmektedir. Sektördeki bu kaymaya rağmen, tekstil sektörü Avrupa'da hala imalat sanayiinin önemli bir parçası olmaya devam etmektedir.

Günümüzde tekstil endüstrisi, çevresel, sosyal ve yönetim konularıyla iç içe geçmiş durumdadır. Üreticilerin ve perakendecilerin çabaları, esas itibarıyla üretimin sosyal yönlerinin geliştirilmesine (adil çalışma koşullarının oluşturulması, sosyal standartların oluşturulması, azami ücretin kurulması, iş güvenliğinin sağlanması, çocuk ve zorla çalıştırmanın yasaklanması vb.) odaklanmışken zamanla çevresel etkiler konusunda da artan bir endişe oluşmaya başlamıştır.

Tekstil ve moda sektörü bugün çevreye en fazla zarar veren sektörlerden birisi olarak kimya endüstrisi ile aynı konumda yer almaktadır. Örneğin pamuk lifi,

dünyanın giyim endüstrisinde en çok kullandığı hammaddelerden birisidir. Çok kullanımı bulunan bu lif, mevcut en kirletici hammaddelerden birisidir. Bu lifin üretilmesi sırasında çok miktarda sentetik böcek öldürücü ve böcek ilacı kullanılmaktadır. Bu durum da büyük miktarda çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir.

Hammadde üretimi ve tedariki boyunca yer alan tüm aktörler, tekstil ürünlerinin çevresel izlerini azaltmada önemli rol oynamaktadır. Hepsinden önce üreticiler, lif üretimi sırasında, boyama, baskı ve bitirme işlemleri sırasında önemli etkiler meydana getirmektedir; aynı zamanda tüketicilerde kullanım esnasında ciddi olumsuz çevresel etkilere sebebiyet vermektedir. Örneğin, pamuklu bir giysinin yaşam döngüsünde kullanılan enerjinin çoğu, satın alım sonrası yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen yıkama ve kurutma sırasında tüketilmektedir. Tekstil sürdürülebilirliği bir bütündür ve düşük miktarlarda su, zirai ilaç, böcek öldürücü, tehlikeli kimyasallar veya daha düşük karbon salınımı kullanarak üretim proseslerini geliştirmek, perakendeciler ve üreticiler için büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte, giyim ve diğer tekstil ürünlerinin seçimi, bakımı ve elden çıkarılması gibi tüketici davranışı da aynı derece de öneme sahiptir (ec.europa.eu, 2013).

Bu belirtilen etkiler göz önüne alınarak, özellikle pamuk ve polyesterin tekstil çevresel ayak izlerini azaltmak için birçok sayıda kar amacı gütmeyen girişim ortaya çıkartılmıştır. Bu alanda ortaya çıkan çeşitli çalışmalar perakendeciler tarafından da yakından takip edilmektedir. Daha sürdürülebilir tekstil ürünlerine yönelim her geçen gün daha fazla önem kazanmaya devam etmektedir.

Tekstil pazarında farklı bir takım gönüllü çevresel etiketleme logoları ve şemaları da bulunmaktadır. Sektördeki girişim de şu anda Sürdürülebilir Kıyafet Koalisyonu (SAC) tarafından geliştirilmektedir. Bu çalışmaların hedeflerinden biri, şirketlerin malzeme çeşitlerini, ürünlerini, tesislerini ve proseslerini ürün tasarım ve çeşitli çevre seçeneklerine dayalı olarak değerlendirmesini sağlayan ve gösterge

tabanlı bir giysi aracı olan Higg Endeksi'nin geliştirilmesini sağlamaktır (Toksöz, 2018).

1.5. Yaşam Döngüsü Analizi

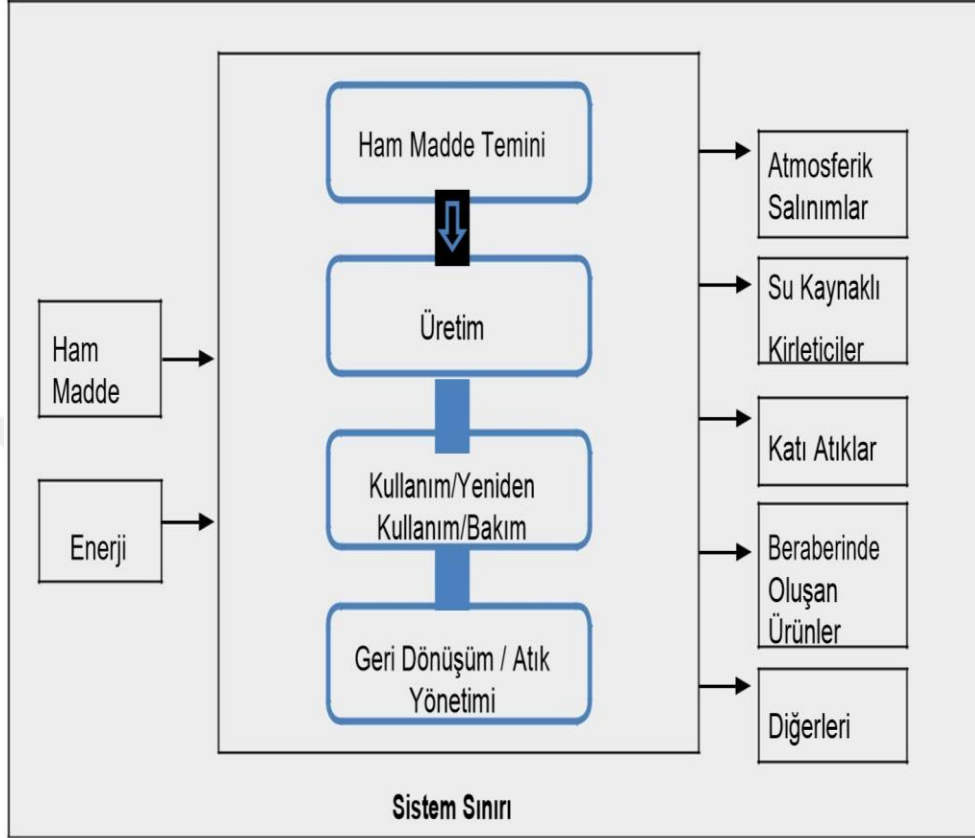
Günümüzde çevre ile ilgili konularda toplumsal farkındalığın artması sayesinde, projelerin geliştirmesi ve uygulama süreçlerinde verilen tüm kararların çevresel boyutu daha fazla önem kazanmıştır. Artmakta olan çevre duyarlılığıyla birlikte teknoloji ve yaşam standartlarındaki gelişmeler sonucunda bu projelerin toplum için maliyeti ve kullanım ömrü gibi alışlagelmiş parametreler ile birlikte küresel çevre sorunları ve doğal kaynakların kötü yönde kullanımına neden olma olasılığı gibi parametreler de karar verme süreçlerinde daha belirleyici olmaya başlamıştır. Yaşam döngüsü analizi 90'lı yılların başından beri karmaşık ve zorlu karar verme aşamalarında gün geçtikçe daha çok tercih edilen ve farklı katkılarla kendini geliştiren yöntem olmuştur (Guinee ve Ark. 2011).

Yaşam döngüsü analizi uygulaması, belirli bir hizmet ya da ürün üretiminde kullanılan kaynak hammaddelerin işlenmek üzere elde edilmesinden, üretim aşamasında, sevkiyat sürecinde, tüketici tarafından kullanımında ve kullanım sonrası atık olarak doğada yok olmasını da kapsayarak farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini belirleyen, yöneten ve raporlayan bir analiz uygulamasıdır. Analizde bütün çevresel etkiler, iklim değişiklikleri, ozon tabakasındaki incelme, asidifikasyon, ötrifikasyon ve toksik emisyonlar gibi etkiler doğal kaynak tüketimi göz önüne alınarak değerlendirilmektedir.

Yaşam döngüsü analizi, meydana gelen yaşam döngülerini ve bunların birbiriyle olan bağlantılarını bütünsel olarak değerlendirmektedir. Tüm bunların sonucunda her tür çevresel etki kümülatif olarak belirlenerek ilişkilendirilmektedir. Bu noktada çevresel etki değerlendirilirken genellikle gözden kaçırılan hammadde elde etkisi, sevkiyat etkisi ve bertaraf etkisi gibi aşamalar da yaşam döngüsü analizi

yönteminde değerlendirmeye dahil edilen aşamalar olarak kendine yer bulunmaktadır.

Yaşam döngüsü analiz çalışması, üretilen bir ürün veya hizmetin tüm yaşam süreci boyunca ortaya çıkabilecek çevresel etkileri kapsamaktadır. Dolayısıyla çalışma bu çevresel etkileri tüm yönleriyle ve kapsamlı olarak açıklamaktadır. Analiz sayesinde gerçekleştirilebilen kapsamlı ve detaylı bütünsel değerlendirme ile incelenen ürün ya da sürece ilişkin yapılacak olası değişikliklerin yol açacağı çevresel etkilerin farklı senaryolar için de karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini ve bununla ilgili karar alma süreçlerine yansıtılabilmesi sağlanmaktadır. Karakteristik bir yaşam döngüsü analizi çalışmasında yer alan işlem basamakları Şekil 1.6.'da gösterilmiştir.



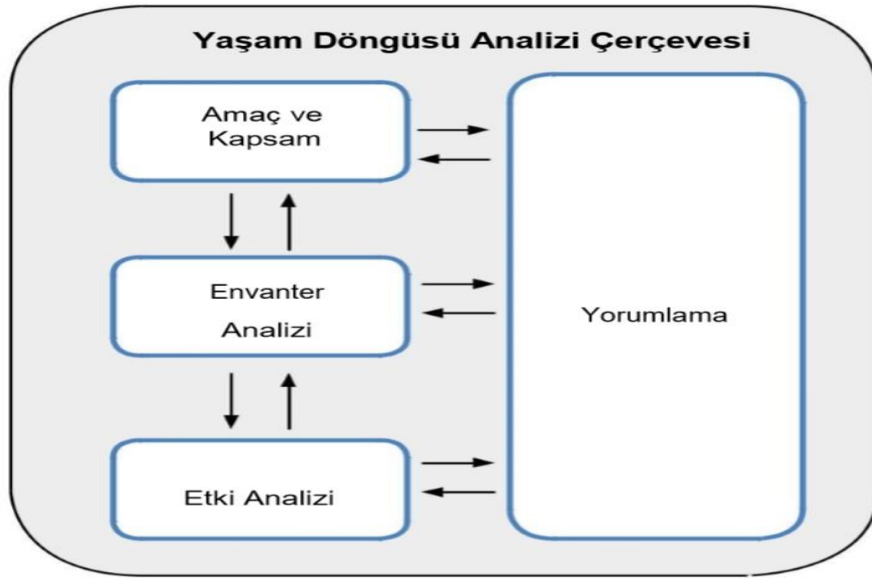
Şekil 1.6. Yaşam Döngüsü Analizinin Aşamaları (USEPA, 2006)

Üretilen bir ürünün elde edilmesi için kullanılan enerji çeşitleri, su ve diğer hammaddeler ile bunların yanı sıra açığa çıkan emisyonların envanterinin çıkartılması, burada oluşan veri girişi ve çıkışlarına bağlantılı bir şekilde meydana gelmesi muhtemel çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve sonuçların sistematik ve karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek, karar vericilere sunulmasını kapsamaktadır.

Dört aşamadan oluşan yaşam döngüsü analizi metodolojisinin (Şekil 1.7.) içerisinde yer alan aşamalar aşağıda belirtilmiştir:

1. Amaç ve Kapsam Aşaması: Analiz çalışmasının amacı, kapsamı, sınırları ve ayrıştırma düzeyi tanımlanmaktadır.

2. Envanter Analizi Aşaması: Analiz çalışmasının kapsamı dahilinde harcanacak enerji, hammadde, su tüketimi ve oluşacak çevresel emisyonlar belirlenmektedir.



Şekil 1.7. Yaşam Döngüsü Analizi Metodolojisi (USEPA, 2006)

3. Etki Analizi Aşaması: Bir önceki aşamada belirlenen harcanacak enerji, hammadde, su kullanımıyla oluşacak çevresel emisyonların insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası etkileri değerlendirilmektedir.

4. Yorumlama Aşaması: Bu aşamada seçim yapılmak istenilen ürün veya hizmet etki ve envanter analizi basamaklarının sonuçları değerlendirilerek karşılaştırma yöntemiyle seçilmektedir. Burada seçim sırasında yapılan tahminler ve karşılaşılan belirsizlikler yaşam döngüsü analizinin yorumlanmasında açıkça belirtilmektedir.

Günümüzde yaşam döngüsü analizi çalışmaları sınıflandırılırken yaşam döngüsünün hangi aşamasında gerçekleştirildiği göz önünde bulundurularak beşikten kapıya, kapıdan kapıya, beşikten beşiğe ve beşikten mezara olmak üzere ürünün hikâyesine göre gruplandırılmaktadır;

- Beşikten mezara şeklinde yaşam döngüsü gruplandırılan bir hizmet ya da ürünün tüm yaşam döngü sürecini kapsayan analiz uygulamaları için kullanılan bir açıklama olup hammaddenin eldesinden itibaren ortaya çıkan zararlı atıkların yok olana kadar sürecek tüm süreçleri içerisine almaktadır.
- Atıkların tasfiyesi aşamasında atıkların geri kazanımı ile kullanımı gerçekleştiriliyorsa bu gruplandırma beşikten beşiğe yaklaşımı olarak adlandırılmaktadır.
- Beşikten kapıya şeklinde yaşam döngüsü gruplandırılan bir hizmet ya da ürünün, hammadde eldesinden itibaren fabrikaya getirildiği noktaya kadar olan süreçleri kapsamaktadır.
- Kapıdan kapıya gruplandırması ise bir hizmet ya da ürünün sadece bir aşamasına ait yaşam döngüsünün incelendiği bir yaklaşım olarak adlandırılmaktadır (Jimenez-Gonzalez ve Ark., 2000).

1.5.1. Yaşam Döngüsü Analizinin Metodolojisi

Yaşam döngüsü analizi çalışmalarının ilk basamağı amaç ve kapsam belirleme basamağıdır. Bu aşama çalışmanın amacı ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkaracağı çevresel etkilerin karar verme aşamasına nasıl dahil olacağı yönteminin belirlendiği aşamadır. Karar verme aşamasında etkili olacağına inanılan bilgilerin türleri, sonuçların ne derece kesin olması gerektiği, sonuçların açıklanabilir ve kullanılabilir şekilde aktarılmasını sağlamak için ne şekilde yorumlanmasının gerçekleştirileceği gibi kriterler bu basamakta netleştirilmektedir.

Yaşam döngüsü analizi çalışmalarının oluşturulma aşaması herhangi bir hizmet, ürün veya süreç tarafından meydana gelecek olası çevresel etkilerin saptanmasında kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında amaç ve kapsamın belirlenmesi, ne kadar süre ve hammaddeye ihtiyaç olacağını belirleyeceği gibi aynı zamanda değerlendirme bittiğinde en tutarlı sonuçların alınmasını sağlayacak şekilde diğer analiz aşamalarına da yol gösterecektir. Bu noktada amaç ve kapsam belirleme aşamasında alınan tüm kararlar, çalışmanın nasıl koordine edileceğini ve kesin sonuçların doğruluğunu etkileyecektir (Demirer, 2017).

1.5.2. Yaşam Döngüsü Analizinin Kapsamının Tanımlanması

Yaşam döngüsü analizi çalışmaları bir prosesin veya ürünün oluşumunun genellikle 4 aşamasını içermektedir:

1. Hammadde temini,
2. İmalat,
3. Kullanım, yeniden kullanım ve bakım
4. Geri dönüşüm ve atık yönetimi.

Belirtilen ürün basamaklarının tanımlamaları aşağıda daha detaylı olarak açıklanmıştır. Aşağıdaki aşamalardan hangilerinin yaşam döngüsü analizi uygulamasına dâhil edileceği seçilirken, çalışmanın amacı ve kapsamı, sonuçlarda gerekli hassasiyet ile zaman ve doğru kaynak göz önünde bulundurulmaktadır.

Hammadde Temini

Tanımlamaya göre bir yaşam döngüsü çalışması bir ürün üretimi için gerekli olan hammadde ve gerekli enerjinin temini ile başlamaktadır. Yenilenemeyen doğal enerji kaynaklarının çıkarılması veya ağaçların kesilmesi hammadde teminine örnek

verilebilmektedir. Bu hammaddelerin elde edildiği noktadan üretim işletmesine taşınması da bu basamağa dâhil edilmektedir.

İmalat

İmalat aşaması sırasında, hammaddeler doğrudan üretime veya paketlemeye iletilmektedir. Ürünler veya paketler kullanılmak üzere buradan tüketiciye ulaştırılmaktadır. İmalat alt basamağı da kendi arasında üç farklı basamaktan oluşmaktadır. Bu basamaklar; malzeme imalatı, ürün fabrikasyonu ve dolumu, paketleme kısmı ve dağıtım alt basamakları olarak sıralanmaktadır.

Malzeme imalatı alt basamağı

Hammaddelerin işlenmiş ürüne dönüşmesi için gerçekleştirilen tüm faaliyetleri kapsamaktadır.

Ürün fabrikasyonu alt basamağı

Ürünün imal edildikten sonra doluma veya paketlenmeye hazır hale getirildiği basamaktır.

Dolum, Paketleme ve Dağıtım alt basamağı

Ürünlerin taşınmaya uygun hale getirildiği son basamak dolum, paketleme ve dağıtım alt basamağıdır. Bu aşama ürünün dolum, tüm imalat ve lojistik faaliyetlerini içermektedir. Ürünler, satış noktalarına ya da direkt olarak tüketiciye taşınmaktadır. Bu alt basamakta gemi, uçak veya kara taşıtları gibi nakliye ile oluşan çevresel etkiler de hesaba katılmaktadır.

Kullanım, Yeniden kullanım ve Bakım

Bu basamak, tüketicilerin ürünleri kullandıkları ve bakım yaptırarak yeniden kullandıkları aşamaları içermektedir. Tüketici ürünlerini kullanmaya başladıktan

sonra, kullanımlarıyla ilgili tüm faaliyetler bu basamağa dahil edilmektedir. Tüm bu hesaplamalar ürün stoklama ve tüketiminden doğan enerji ihtiyaçlarını, atık ve emisyonları da içermektedir. Ürünlerin kullanım devamlılığı için bakım yapılması, onarılması veya servis hizmeti gerekebilmektedir. Ürünün tüketici ihtiyaçlarını karşılamaması durumunda ürün ya geri dönüştürülmekte ya da uygun yerlere atılmaktadır.

Geri dönüşüm ve Atık Yönetimi

Bu basamak ürünlerin kullanımı sona erdikten sonra açığa çıkan enerji ihtiyaçlarını ve oluşan atıkların yönetilmesini içermektedir. Ürünlerin, paketlenmesi veya oluşturulan diğer farklı basamaklar, bu yaşam döngüsü alt basamaklarının sadece bir tanesinde kategorize edilebilmektedir. Oluşturulan tüm basamak veya prosesler bütün ürün sisteminin kendinden sonra gelen bir alt basamağı olarak görülebilmektedir. Dolayısıyla tüm basamakları bir alt basamak olarak değerlendirmek sistemin tamamı için hazırlanan envantere veri akışı sağlamak bakımından fayda sağlayacaktır. Burada alt basamak sınırları, yaşam döngüsü envanteri kısmında yaşam döngüsü basamak kategorileri şeklinde tanımlanmaktadır. Sistem alt sınırlarının belirlenmesinde aşağıdaki sorulardan yararlanılabilir:

- ❖ Çalışma gerçekleştirilirken ürünün bütün yaşam döngüsü kapsanması ihtiyacı duyuluyor mu?
- ❖ Ürünlerin veya malzemelerin karşılaştırılmalarının temelinde ne olmalıdır?
- ❖ Ürünlerin üretiminde veya üretim proseslerinde hangi yardımcı malzemeler veya kimyasal maddeler kullanılmaktadır?
- ❖ Karşılaştırma gerçekleştirilirken, bir üründen eşdeğer veya benzer performans ortaya çıkması için herhangi farklı bir ürüne ihtiyaç var mıdır?

Çalışmanın sistem sınırları oluşturulurken, çalışmanın sonuçlarını etkilemesi beklenen her bir basamağın dahil edilmesi bu noktada oldukça

önemliyen, çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda gerekli görülmeyen diğer basamaklar bu çalışmaya dahil edilmeyebilir. Fakat bu yaşam döngüsü basamaklarından herhangi biri karşılaştırılan tüm seçenekler için de aynı ise çalışma kapsamına dahil edilmeyebilir. Örnek vermek gerekirse, petrokimyasal ürünler üreten bir firmada uygulanan alternatif yöntem arama sürecinde, burada son kompozisyon senaryosu aynı ise ürünlerin tüketimi ve geri dönüşümü dikkate alınmayacaktır. Başka bir örnekte aynı ölçülerdeki şişeleri karşılaştıran bir yaşam döngüsü analizi uygulamasına şişelerin dolum işleminin dahil edilmesi gerekmeyecektir. Fakat üretilen ölçülerde ise dolum işleminin de dâhil edilmesi gerekmektedir.

Kaynak kısıtlamaları sistem sınırlarının tanımlanmasında yaşam döngüsü envanteri için hesaplamaya dahil edilmelidir. Fakat hiçbir farklı durumda çalışmadaki bilimsel temel riske atılmamalıdır. Çalışma sırasında gerekli olan tüm detay ve hassasiyetin farkındalık derecesi sistemin sınırlarına ve çalışmanın amaç ve kapsamına bağlı olmaktadır. Çok fazla endüstri faaliyetini barındıran bir sistemde bazı detaylar tanımlanan çalışmaya çok önemli faydalar sağlamayabilir. Ayrıca bu ayrıntılar sonuçların kesinliğini ve uygulama yöntemini etkilemeksizin çıkarılabilmektedir. Çalışmanın hedefinde, paketlemede kullanılacak bir mürekkep için alternatif malzemelerin ve işlemlerin karşılaştırılması amaç ise çok küçük miktarlarda olsa bile kullanılacak tüm kimyasalların çalışmaya dâhil edilmesi gerekmektedir.

Tüm sistemlerin sınırları belirlendikten sonra sistem işleyişini özetleyen bir sistem akış şeması oluşturulup, yaşam döngüsü envanteri için veri sağlama çalışmalarına geçilmektedir. Tüm sistem basamaklarının, üretimde ihtiyaç duyulan kimyasallar ve paketleme gibi girdi ve çıktıları detaylı olarak gösterecek şekilde bir şemada verilmesi sağlanmaktadır (Demirer, 2017).

1.5.3. Yaşam Döngüsü Envanteri

Yaşam Döngüsü Envanteri, bir ürünün, çalışma sürecinin veya aktivitesinin tüm yaşam döngüsü boyunca hammadde ve enerji gereksinimlerini, su yoluyla taşınan emisyonlarını, atmosferik emisyonlarını, katı atıklarını ve tüm diğer zararlı salınımlarını belirleyen bir evredir.

Çalışmanın bu aşamasında, tüm ilgili veriler toplanıp organize edilmektedir. Yaşam döngüsü envanteri oluşturulmadan karşılaştırmalı çevresel etkiler veya potansiyel değişiklikler belirlenmemektedir. Toplanan tüm verilerin ayrıntıları ve doğruluk düzeyi yaşam döngüsü analizi çalışmasının diğer tüm aşamalarının doğruluğunu ve ortaya çıkan sonuçların kullanılabilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Yaşam döngüsü envanter analizleri farklı şekillerde kullanılabilmektedir. Buna örnek olarak üretilen ürünlerin veya proseslerin karşılaştırılması ve gerekli malzeme seçiminde çevresel faktörlerin dikkate alınması verilebilmektedir. Bunların yanında envanter analizleri devletlere, kaynak kullanımı ve çevresel emisyonlar konusunda strateji belirlenmesi ve uygulamaların geliştirilmesi için yardımcı olmaktadır.

Envanter analizi çalışmalarının sonucunda, çevreye bırakılan atıkların yanı sıra, harcanan enerji ve malzeme miktarını gösteren bir liste oluşturulmuştur. Böylece yaşam döngüsü aşamaları, gerçekleştirilen ortam veya bir proses bazında kategorize edilmiştir.

Yaşam döngüsü envanteri 4 aşamada gerçekleşmektedir:

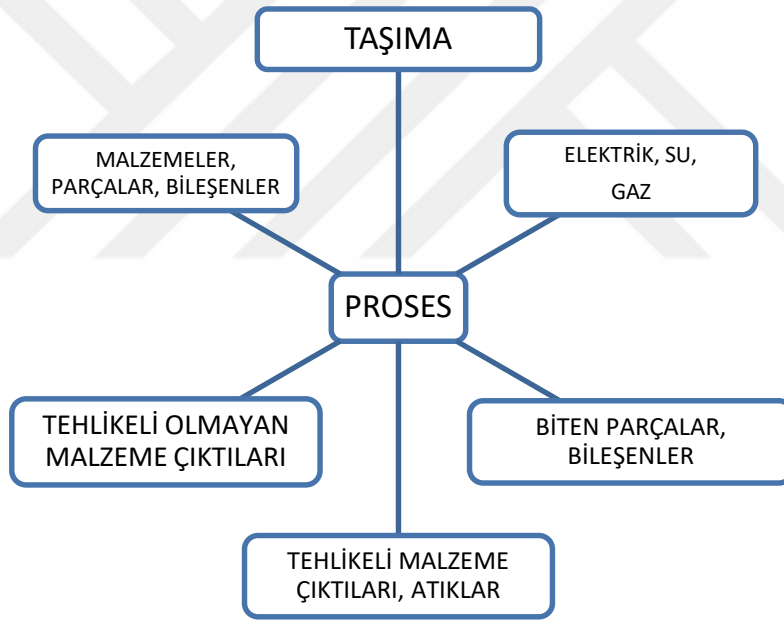
1. Analiz sürecinin akış diyagramının oluşturulma aşaması
2. Veri toplama planının geliştirilme aşaması

3. Verilerin toplanma aşaması

4. Değerlendirme ve raporlama aşaması

1. Akış Diyagramının Oluşturulması

Oluşturulacak sistem sınırları içerisindeki tüm proseslerin birbiriyle bağlantıları değerlendirilerek sistem için gerekli tüm malzeme ve enerji girdi ve çıktılarına ait tamamlanmış bir yaşam döngüsü diyagramı ortaya çıkarmaktadır. Planlanan belirli bir sistemin tüm sınırları içerisinde yer alan farklı prosesler için örnek bir akış Şekil 1.8.'de görülmektedir.



Şekil 1.8. Genel Birim Prosesi (USEPA, 2006)

Verilerin toplanma aşamasında sistemi alt sistemlerin tamamlayıcı bir bütünü olarak gözlemek gerekmektedir. Planlanması yapılan bir alt sistem incelenmekte olan üretim sisteminin bir parçası veya tek bir aşaması olarak

tanımlanmaktadır. Sistemdeki bazı aşamaların, veri toplama basamağındaki zorluklar nedeniyle bazen bir alt sistem oluşturularak gruplandırılması gerekebilmektedir (Demirer, 2017).

Oluşturulan her bir alt sistem için ayrı ayrı enerji ve malzeme girdisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada üretilen ürünün taşınması da sisteme dahil edilebilmektedir. Üretilen yan ürünlerin, ürünlerin, suya verilen atıkların, atmosferik emisyonların, katı atıkların ve diğer tüm salımların çıktılarını da içerebilmektedir. Düzenlenen her bir alt sistem için envanter analizi kullanılan malzeme, enerji kaynakları ve çevresel salımlar ayrı ayrı tanımlatılmalıdır.

2. Yaşam Döngüsü Envanteri Veri Toplanması Planının Yapılması

Amaç ve kapsam belirleme aşamasında gerekli olan verilerin nitelik ve niceliği tanımlanmıştır. Yaşam döngüsü envanter çalışmasını tamamlamak için verilerin toplanmasından önce, veri toplama planının yapılması, yaşam döngüsü envanteri verilerin kalitesinin aranan düzeyde olmasını ve tutarlılığının karar verme beklentileriyle birebir örtüşmesini sağlayacaktır.

Verilerin toplanması gerçekleştirilirken göz önünde bulundurulacak ana unsurlar aşağıda belirtilmiştir:

- ❖ Veri kalitesinin hedeflerini tanımlamak,
- ❖ Veri kaynak çeşitlerini ve türlerinin belirlenmesi,
- ❖ Veri kalite göstergelerinin belirlenmesi.

Buradan yola çıkarak veri kalite hedefleri, doğa ve insan sağlığı etkisiyle ilgili kararlar almak için gereken veri kalitesinin, zaman ve kaynaklar ölçütünde var olan faktörlerle dengelenmesi için bir hedef oluşturmaktadır. Veri kalite hedefleri, genel çalışma hedefleriyle yakından ilişkilidir ve iki farklı amaca hizmet etmektedir.

Veri kalite göstergeleri, toplanan verilerin farklı kalite gereksinimlerini ne kadar karşılayabildiğini ölçmek için kullanılmaktadır. Tüm yaşam döngüsü envanterleri için veri kalitesi hedeflerinde olduğu gibi veri kalite göstergelerinin daha önceden belirlenmiş bir listesi yoktur. Bu gösterge seçilirken, hangi verinin hangi değerlendirilmiş veri kaynakları için daha uygun ve daha kabul edilebilir olduğuna dikkat edilmelidir.

Yaşam döngüsü aşamalarının her biri proses veya çevresel salınımların türleri için çalışmanın amaçlarını karşılayacak doğruluk ve kalitede olan zorunlu veri kaynağını belirtmektedir. Sistem verilerinin toplanmasından önce istenilen veri kaynaklarının ve türlerinin açıklanması, verilerin toplanmasında maliyetlerin en aza indirilmesini ve zamanın daha etkili kullanılmasını sağlamaktadır (Demirer, 2017).

Bazı veri kaynakları örnekleri aşağıda gösterilmiştir:

- ❖ Pazar veri raporları, veri tabanları ve danışman raporları
- ❖ Laboratuvar test sonuç dökümanları
- ❖ Kamu kuruluşlarından edinilebilecek veri tabanı, doküman, rapor
- ❖ Referans olabilecek kaynak ve yönetmelikler
- ❖ Ticaret odalarının kaynakları
- ❖ Daha önceden yapılmış benzer yaşam döngüsü envanter çalışmaları
- ❖ Proses ve ekipman özellikleri
- ❖ Ölçüm aletlerinden okunan değerler
- ❖ Konuyla bağlantılı web platformları
- ❖ Kitaplar, makaleler, dergiler, föyler ve patentler
- ❖ Aletlerin çalışma koşullarının tutulduğu kitapçıklar

Veri Toplama

Çalışma sırasında veri toplama aşamaları araştırma, bilirkişilerle yapılan doğrudan temaslar veya saha ziyaretlerinin birlikteliğinden oluşmaktadır. Tüm

bunların yanında, bir yaşam döngüsü analizi yazılımı alınabilir. Bu yöntemin istenilen veri kalitesini ve bölgesel ya da yerel şartlar için veri akışı sağlayıp sağlayamadığı önceden mutlaka araştırılmalıdır. Bu noktada veri toplama için gerekli süre ve kaynakları indirmek için diğer bir yöntem ise çalışmanın yapıldığı bölgeye ait olmayan veriler ile çalışmayı gerçekleştirmektir.

Günümüzde bir takım kuruluşlar, yaşam döngüsü envanteri aşamasında genellikle ihtiyaç duyulan bazı temel verileri içeren çeşitli veri tabanları geliştirmiş ve kullanıma sunmuşlardır. Oluşturulan veri tabanlarından bazıları yaşam döngüsü envanteri verilerinin toplanması yazılımlarının yanında ek paket olarak da satılmaktadır. Satışı yapılan ticari veri tabanlarında yer alan bazı veriler elde edilirken yapılan çıkarımlar veya uygulanan yöntemlerin neler olduğuna dair bilgiye çoğu zaman ulaşmak mümkün değildir. Bu sorun yaşam döngüsü analizi çalışmasında işlenen verilerin toplanmasına veya üretimle ilgili son kullanıcı ile paylaşılması gereken şeffaflığı tehlikeye atabilmektedir. Yaşam döngüsü analizinde elde edilecek sonuçların mevcut bir firma yerine kamu kurumlarıyla paylaşılacak olması bu yöntemin kullanımının çokta uygun olmayacağını göstermektedir. Bu tip verilerin uygun olup olmadığını belirlemek için kitlenin bir kez daha gözden geçirilmesi gerekmektedir

Analiz içerisindeki tüm bu prosesler birden çok girdi ve çıktıya sahiptir. Çoğunlukla yaşam döngüsü analizi uygulamaları tek bir ürün üretimi ya da bir proses çıktısı için yapılmaktadır. Bunun sebebi toplam hammadde ve enerji girdilerin ve açığa çıkan atıkların ne kadarının etki sonuçları ile ilgili olduğunu belirlemektir. Bu sebeple analizi yapılırken her bir ürünün üretilmesi için ne kadar hammadde ve enerji gerektiğini ve hangi prosesle ilgili çevresel atıkların hangi ürünün elde edilmesinden kaynaklandığına karar verilmektedir. Yapılan bu çalışmaya alokasyon denilmektedir (Demirer, 2017).

3. Yaşam döngüsü envanteri sonuçlarının değerlendirilmesi

Analiz boyunca kullanılan metotları belirtmek yaşam döngüsü envanterinin sonuçlarını raporlarken oldukça önem arz etmektedir. Hazırlanan raporlarda, analizi gerçekleştirilen sistemler ve belirlenen sınırlar net bir şekilde tanımlanmaktadır. Envanter listesi oluştururken yapılan tüm varsayımlar anlaşılır bir biçimde belirtilmektedir. Sistemler içerisinde yapılan karşılaştırmaların temel farklılıkları gösterilerek kullanılan tüm eşdeğer oranlar açıklanmaktadır.

Genellikle yaşam döngüsü envanter çalışmalarında daha önceden bilinmeyen birçok bilgi üretilmektedir. Çalışmayı yürüten analist, yapılan çalışmanın amacı kapsamında bir sunum yöntemi ve içeriği seçmektedir. Burada kullanılan sunum için gerekli format kazanılan bilginin basite indirgenmesine neden olmamaktadır. Açığa çıkan sonuçların sunumunda yaşam döngüsü envanteri bilgisi açıklanırken farklı bakış açılarından yararlanmak daha faydalı olacaktır. Bu çalışmadaki önemli noktalar aşağıda belirlenmiştir.

- ❖ Her bir grup için sülfür oksitler, karbondioksit, klorin gibi farklı veri parametreleri
- ❖ Tüm aşamalar içi ve arasındaki kaynak kullanımı, enerji tüketimi ve çevresel salımlar gibi veri kategorileri
- ❖ Sürece bağlı farklılıklar
- ❖ Toplam ürünlerin sistem özellikleri
- ❖ Sistem basamaklarının değişken katkıları
- ❖ Ürünlerin bileşenlerinin toplam ürün sistemine olan değişken katkıları
- ❖ Kategoriler içindeki hava emisyonları, su emisyonları, katı atıklar gibi veri parametre grupları
- ❖ Ulusal, bölgesel, küresel gibi coğrafi boyutlar

Planlanması gerçekleştirilen bir yaşam döngüsü analizi çalışması kapsamında hangi paketleme malzemesinin nasıl kullanılacağını seçmek için bir envanter oluşturuluyorsa, veriler her bir seçenek için ayrı ayrı toplam değer olarak

sunulabilmektedir. Bir diğer taraftan kullanılacak paketleme malzemesinin farklı bileşenlerinin oluşturduğu toplam çevresel emisyonlara katkısının saptanması gerekiyorsa, sadece toplam sonuçları tanımlamak yeterli olmayacaktır. Bütün bileşenlerin çevresel etkilerini ayrı ayrı tanımlamak gerekmektedir. Belirtilen kurallara örnek olarak plastik şişeleri taşıyıcı olarak kullanan bir sıvı taşıma sisteminin oluşturulmasına yönelik bir çalışmada etiketin, kapağın, şişenin, nakliyede kullanılan kutuların veya kutuları kapatmada kullanılan bantların toplam etki sonuçlarına olan katkısı büyük önem arz etmektedir. Çalışmalarda gerçekleştirilen iyileştirmeyi değerlendirirken tüketici, sadece bu şekilde her bir bileşenin sebep olacağı doğal kaynak kullanımlarını ve çevresel emisyon değerlerini görme fırsatı bulmaktadır.

Aşamalar sonrasında veri toplandıktan ve belirli bir formatta organize edildikten sonra, sonuçların kesinliği doğrulanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda yürütülen bir yaşam döngüsü analizi çalışmasının doğruluk düzeyi bu amaçları gerçekleştirebilmek için yeterli olması gerekmektedir.

Çalışmaların sonunda yaşam döngüsü yorumlamasının birinci ve ikinci aşamaları, yaşam döngüsü envanteri sonuçlarının ne kadar hassas ve doğru tanımlandığını göstermektedir. Yaşam döngüsü analizi birbirini takip eden süreçlerden oluşmaktadır. Yaşam döngüsü envanteri verilerinin toplanmasında gösterilen hassasiyet, sadece verilerin doğruluğunu sağlamakla kalmaz aynı zamanda harcanan süre ve kaynakların minimumda tutulabilmesini sağlamaktadır (Demirer, 2017).

1.5.4. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü etki değerlendirme safhasında, yaşam döngüsü envanteri sırasında tanımlanan olası çevresel salımların insan sağlığı ve çevresel değerler üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Etki değerlendirme, insan sağlığı ve çevresel değerlerin yanı sıra doğal kaynak tüketimini de ele almaktadır. Yaşam

döngüsü, etki değerlendirmesi, ürün/proses ve bunun olası çevresel etkileri arasında bir bağlantı kurmaktadır.

Eğer bir proses veya ürün sera gazları yaymakta ise atmosferdeki sera gazı artış miktarı küresel ısınmaya neden olabilmektedir. Dolayısıyla bir sucul ortama yüksek düzeyde besiyeye maddenin deşarj edilmesi ötrofikasyona katkıda bulunabilmektedir. Bir yaşam döngüsü etki değerlendirmesi, bu tür çevresel etkilerin ayrıştırılması ve kategorize edilmesi için sistematik bir aşama sunmaktadır. Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yapısı ve prosedürü şeffaf olmalı ve geniş bir uygulama aralığı için esneklik ve pratiklik sağlamalıdır (ISO 14042, 2003).

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi aşamaları aşağıda verilmiştir.

- Ayrıntılı olarak sınıflandırılma: Yaşam döngüsü envanteri sonuçlarının tüm karbondioksit emisyonlarını, küresel ısınmaya katkılarını gösterecek şekilde sınıflandırılması gibi etki kategorileri ile ilişkilendirilmesi
- Sistemdeki etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması: küresel ısınma, asidifikasyon, karasal zehirlilik gibi ilgili çevresel etki kategorilerinin tanımlanması
- Normalizasyon aşaması: Karşılaştırılabilen potansiyel etkilerini karbondioksitin ve metanın küresel ısınmaya olan etkilerini karşılaştırmak
- Karakterizasyon aşaması: Bilimsel karakterizasyon faktörleri kullanarak karbondioksitin ve metanın küresel ısınmaya potansiyel etkilerinin modellenmesi gibi her bir etki kategorisinin modellenmesi
- Gruplandırma aşaması: Göstergelerin konuma göre yani yerel, bölgesel ve küresel bazda sınıflandırılması ve sıralanması
- Ağırlıklandırma aşaması: En önemli sistem potansiyel etkileri vurgulama
- Yaşam döngüsü etki değerlendirme sonuçlarını değerlendirme ve raporlandırma

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi için farklı firmalar tarafından geliştirilmiş birçok yöntem bulunmaktadır. Etki değerlendirme yöntemleri arasında CML, TRACI, ReCiPe, ILDC 2011, Eco-Indicator 99 ve Impact 2002+ en sık kullanılanlardandır. Bu yöntemler, içeriğinde farklı avantaj ve dezavantajlar barındırmaktadır. Yaşam döngüsü analizi kapsamında çalışılan ürün ya da hizmet doğrultusunda en uygun yöntemler seçilerek çalışılması, etki değerlendirme çalışmalarının daha doğru sonuç vermesi açısından önemlidir. Çalışmada kullanılan CML IA hesaplama yönteminde seçilen etki kategorileri aşağıda verilmiştir.

1. Abiyotik kaynakların tüketilmesi: Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında doğal kaynakların (petrol, demir cevheri vb.) tüketimini ifade eden etki kategorilerinden biridir. Küresel, bölgesel ve yerel etki boyutuna sahiptir ve kullanılan mineral miktarını ve kullanılan fosil yakıt miktarını ifade eder. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında kaynak tüketimi kg Sb (Antimon) cinsinden ifade edilmektedir.
2. Küresel Isınma: Küresel Isınma, iklim değişikliği sebebiyle atmosferin ısınmasını ifade eden bir kavramdır. Küresel ısınmaya en fazla neden olan insan faaliyetlerinden biri de petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynakların yakılmasıdır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi çalışmalarında küresel ısınma kg CO₂ eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
3. Ozon Tabakası Tükenmesi: İnsan kaynaklı emisyonlar (CFC, HCFC, klor, brom vb.) tarafından stratosferdeki ozon miktarının azalmasını ve ozon deliği olarak adlandırılan ozon tabakasının incelmelerini ifade eden bir kavramdır. Ozon tabakasının delinmesi insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde kanserojen etki yapmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında ozon tabakası incelmeleri kg CFC-11 eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
4. İnsan Toksisitesi: Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında çeşitli kimyasalların çevreye salınımı sonucu insan sağlığı üzerinde yarattığı toksik

etkiyi ifade etmektedir. Ağır metaller gibi insan sağlığına toksik etkide bulunan kimyasalları belirten çevresel etki olarak bilinir. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında toksisite kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.

5. Tatlı Sulara Olan Toksik Etki: Toksik maddelerin havaya, suya veya toprağa karışımı sonucu tatlısu ekosistemine olan etkileri ifade eder. Toksik maddelerin etkisini yansıtan ekotoksisite potansiyeli (Ecotoxicity Potential) USES-LCA ile hesaplanmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında tatlı sulara olan toksik etki kg 1,4-DB eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
6. Denizlere Olan Toksik Etki: Toksik maddelerin deniz ekosisteminde yarattığı etkileri ifade etmektedir. Toksik maddelerin etkisini yansıtan ekotoksisite potansiyeli (Ecotoxicity Potential) USES-LCA ile hesaplanmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında denizlere olan toksik etki kg 1,4-DB eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
7. Karasal Ekosisteme Olan Toksik Etki: Çevreye salınan toksik maddelerin karasal ekosistem üzerinde yarattığı etkileri ifade etmektedir. Toksik maddelerin etkisini yansıtan ekotoksisite potansiyeli (Ecotoxicity Potential) USES-LCA ile hesaplanmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında Karasal ekosisteme olan toksik etki kg 1,4-DB eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
8. Fotokimyasal Oksidasyon: Fotokimyasal Oksidasyon olarak ifade edilen foto oksidan oluşumu, tarımsal ürünlere, insan sağlığına ve ekosisteme zarar veren reaktif maddelerin oluşumunu açıklayan etki kategorilerinden biridir. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında fotokimyasal oksidasyon kg C₂H₄ eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.
9. Asidifikasyon: Asitleştirici maddelerin toprak, yeraltı suyu, yüzey suyu, organizmalar, ekosistemler ve malzemeler üzerinde yarattığı toksik etkiyi ifade eden etki kategorisidir. Asidik gazların atmosferdeki su ile reaksiyona

girmeleri sonucunda ‘asit yağmuru’ denilen olay gerçekleşmektedir. Asit yağmurlarının oluşumu da ekosistem içerisindeki çeşitliliğin azalmasına sebep olmaktadır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında asidifikasyon kg SO₂ eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir.

10. Ötrofikasyon: Havaya, suya ve toprağa besi maddelerinin aşırı salınımı nedeniyle oluşan makro besi maddelerinin artışının sebep olduğu etkileri ifade eden etki kategorisidir. Nitrat ve fosfat gibi besi maddelerinin var olması ekosistem içerisindeki yaşamın devamlılığı için büyük önem taşıyor olsa da yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları sonucu sulak alanlarda alg patlamalarına neden olmaktadır ve bu da su içerisindeki oksijen miktarının azalmasına sebep olur. Bu durum ekosistemin zarar görmesine neden olur. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında ötrofikasyon kg PO₄ eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir (LCA Çalıştay, 2015).

Etki analizi sonucunda bulunan etki kategorilerine ait sonuçlar bulgular bölümünde verilmiştir.

1.5.5. Yaşam Döngüsü Analizi Yorumlama

Yaşam döngüsü analizinin yorumlanması yapılırken yaşam döngüsü envanteri aşamasında elde edilen sonuçlar uygun tekniklerin yardımıyla değerlendirilmektedir. Yaşam döngüsü analizinin son aşaması olan yorumlamanın amaç ve kapsamı ISO kuruluşu tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

- ❖ Daha önceki aşamalarda elde edilen bulguların değerlendirilerek belirlenmesi, kısıtların açıklanması, önerilerin yapılması ve yaşam döngüsü analizi çalışması sonuçlarının hassas bir biçimde raporlanması.
- ❖ Gerçekleştirilen yaşam döngüsü analizi çalışmalarının sonuçlarının amaç ve kapsam bölümü ile uyumlu olarak kolay ve anlaşılabilir, noksansız bir şekilde sunulması.

Yaşam döngüsü analizi ürün veya sürecin çevreye ve insan sağlığına getirdiği etkilerin değerlendirmesini tüm detaylarıyla ve kapsamlı olarak yapmaktadır. Aşamalar sonunda elde edilen tüm bilgiler karar vericilerin kullanabilmesi için düzenlenmektedir. Ortaya çıkarılan bilgiler özgündür ve elde edilen sonuçlar da önceki aşamalardan damıtılarak getirilmiş somut verilere dayanmaktadır. Yaşam döngüsü analizi söz konusu ürün veya sürecin teknik performansını, ekonomik analizini, toplum tarafından kabul edilebilir olup olmadığını araştırmadığı için seçilen alternatifin bu açılardan değerlendirilmesi farklı çalışmalar kanalıyla yapılmasını sağlamaktadır.

Konuyla bağlantılı ISO standardına göre yaşam döngüsü analizi sonuçları aşağıda gösterilen üç aşamada yorumlanmaktadır:

1. **Önemli Konuların ve Sonuçların Belirlenmesi:** Analizi gerçekleştirilen her ürün, proses ve hizmet için gerçekleştirilen yaşam döngüsü envanteri çalışmalarına girdi sağlayan başlıca veri grupları ve bu verilerin elde edildiği yaşam döngüsü analizi aşamaları, yorumlama aşamasındaki önemli noktalar ve konuların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Burada önemli konular belirlenirken yaşam döngüsü analizinin bütününe bakılıp, çalışmanın doğal hiyerarşisinin göz önünde bulundurulması sağlanmaktadır. Bununla birlikte konular belirlenirken kullanılan verilerin doğruluğu, tutarlılığı ve hassasiyeti de değerlendirilmektedir. Karar verme aşaması için önem taşıyan konuların vurgulanması, özellikle farklı alternatiflerin değerlendirilmesi aşaması için oldukça faydalı olacaktır. Yaşam döngüsü analizi çalışmalarında karar aşaması için önem taşıyan başlıca konular arasında enerji kullanımı, atık oluşumu, emisyon miktarları, kaynak kullanımı ve bu kullanım sonucu oluşan çevresel etkiler yer almaktadır.
2. **Verilerin Tutarlılık ve Hassasiyetinin Değerlendirilmesi:** Yaşam döngüsü analizinin en son basamağı olan yorumlama kısmında kullanılan

verilerin eksiksiz ve tutarlı olması gibi hassasiyet analizlerinin yapılmış olması da kontrol edilmelidir. Bu noktada veri hassasiyetinin kontrolü yapılırken, sonuçları en fazla etkileyen veriler tespit edilmeli ve bu veri değerlerinde yapılacak değişikliğin sonuçları ne şekilde etkileyeceği araştırılmalıdır. Bu bağlamda tutarlılık analizi yapılırken de verilerin çalışma ile ilişkisi bir kez daha gözden geçirilmiştir. Verilerin elde edilmesindeki tutarlılık ölçüm teknikleri, hesaplama yöntemleri ve yapılan ön kabullerin gözden geçirilmesi ile kontrol edilebilmektedir.

3. **Sonuç ve Önerilerin Oluşturulması Aşaması:** Çalışmanın en önemli aşaması yorumlama aşamasıdır. Çalışmanın bu aşamasında analiz yapılan ürün, işlem veya hizmetin alternatifleri arasından çevreye ve insan sağlığına en az yükü getiren ve en az olumsuz etkiye sahip olanı belirlenmektedir. Yaşam döngüsü analizinin hedeflerine bağlı olmak üzere yapılan etki değerlendirme çalışmasının sonuçları her bir etki kategorisi için normalize edilmemiş ve ağırlıklandırılmamış göstergeler olabileceği gibi normalize edilmiş, gruplandırılmış ve her alternatifin ağırlıklandırıldığı formatta da sunulabilmektedir (Demirer, 2017).

Analizin çıktıları ve yapılacak önerilerin gerçek bilgilere dayandırılarak oluşturulması gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmada belirsiz olan noktalar ve bulgular açık bir şekilde paydaşlarla değerlendirilmektedir. Bazı süreçlerde bulguların veya verilerin içerdiği belirsizlikler veya kısıtlamalar nedeniyle yaşam döngüsü analizi hangi ürünün veya üretim sürecinin daha iyi olduğunu belirleyememektedir. Bazı durumlarda yaşanan veri sıkıntıları ve ön kabullerin çokluğu, çalışma için ayrılan zamanın yetersizliği veya kullanılan kaynakların az olması yaşam döngüsü analizinin bütünüyle somut sonuçlara ulaşmasına engel olsa da, bu tür durumlarda ortaya çıkan YDA sonuçları yine de karar vericiler için özellikle alternatif karşılaştırması yapmak için yardımcı olabilmektedir.

1.5.6. Yaşam Döngüsü Analizinin Kullanım Alanları

Yaşam döngüsü analizinin başlıca kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir:

- ❖ Belirlenen bir ürün veya prosesle ilgili problemlerin analiz edilmesi,
- ❖ Ürünün geliştirilmesi için yapılacak bir çalışmayı etkileyen önemli parametrelerin belirlenmesi,
- ❖ Yeni veya üstün ürün tasarımı,
- ❖ Birbirleri ile benzeşen ürünler, prosesler ve hizmetler arasında uygun seçimin yapılması.

Yaşam döngüsü analistleri ile yapılan bir anketin sonuçlarına göre yaşam döngüsü analizinin başlıca kullanım alanları arasında iş geliştirme stratejileri, araştırma ve geliştirme, ürün ya da süreç tasarımı ve eko-etiket ya da ürün deklarasyonları yer almıştır (Cooper ve Fava, 2006).

Günümüzde yaşam döngüsü analizinin özellikle kullanıldığı alanlarından birisi de gerek kamu gerek özel sektörde görülen yeşil ürün satın alma uygulamalarıdır. Bu tür ürün satın alma uygulamalarının doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebilmesi, ürün için var olan alternatiflere yönelik bir yaşam döngüsü analizi çalışması yapılması ile mümkün olabilmektedir.

Eko-etiketler, tüketicilerin satın alacakları ürünleri tercih ederken, doğal kaynak kullanımı ve çevresel etkileri göz önünde bulundurabilmelerine imkan tanımaktadır. Bu etiketleme süreci de yine yaşam döngüsü analizi yöntemi ile sağlanmaktadır. Almanya’da kullanılmakta olan Blue Angel uygulaması ve İskandinav ülkelerinde kullanılan Green Swan uygulaması buna örnek olarak verilebilmektedir.

Analiz sonucunda çevreyle duyarlı ürün tasarımı ya da diğer adıyla eko-tasarım, Yaşam döngüsü analizinin bir diğer uygulama alanıdır. Bu tür eko-tasarım

çalışmalarında yaşam döngüsü analizi genellikle geliştirilmesi düşünülen ürün ya da ürün bileşenleri için firma içinde kullanılmaktadır.

Yaşam döngüsü analizi, ürünlere ve süreçlere ilişkin yukarıda özetlenen alanlarda doğrudan kullanılabileceği gibi, daha genel yaklaşımlı çalışmalar için de kullanılmaktadır. Ürün eldesi ve hizmet süreçlerinin tasarımı, iyileştirilmesi, optimizasyonu gibi iş geliştirme stratejileri, üretim ve tüketim alanlarındaki kamu stratejilerinin geliştirilmesi bu kapsamda değerlendirilmektedir. Bu tür kullanımlara aşağıda örnekler verilmiştir:

- ❖ Farklı paketlenme seçeneklerinin Avrupa Birliği'nin Paketleme Direktifine uygunluğunun değerlendirilmesi,
- ❖ Yerel yönetimlerin farklı atık yönetimi yaklaşımlarını değerlendirerek, kendilerine uygun olanı seçmeleri,
- ❖ Çeşitli biyokütle türlerinin belli bir kullanım için (örneğin elektrik eldesi) karşılaştırmalı olarak değerlendirilerek, çevresel avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi,
- ❖ Gerçekleştirilecek bir kamusal yatırıma yönelik kararın verilebilmesi için alternatifler arasında stratejik karşılaştırma yapılması.
- ❖ Yapı ve inşaat sektörünün çevre ile uyumlu hale getirilmesi. (Handbook on Life Cycle Assessment, 2004).

1.5.7. YDA Alanında Faaliyet Gösteren Uluslararası Kuruluşlar

Geçmiş yıllardan bu yana üzerinde araştırmalar yapılan yaşam döngüsü analiz çalışmaları daha önceki yıllarda Kaynak ve Çevre Profil Analizi, Ürün Eko-denge Analizi gibi isimlerle de anılmıştır. Bu kısımda uluslararası düzeyde yaşam döngüsü analizi konusunda önemli role sahip kurumların çalışmaları aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry – Çevre Toksikoloji ve Kimya Örgütü): SETAC, yaşam döngüsü analizinin geliştirilmesinde rol almış ilk uluslararası şemsiye kuruluştur. Akademi, endüstri ve hükümetlerden oluşan üyelere sahip olan bu kuruluş yaşam döngüsü analizinin geliştirilmesinde bilimsel bazlı bir platform olarak rol oynamıştır. Bu kuruluşun hedefleri arasında yaşam döngüsü analizi metodunun bilimsel olarak geliştirilmenin yanı sıra, yaşam döngüsü analizi ile ilgili araştırma sonuçlarının çevre yönetiminin çeşitli alanlarında uygulanmasına destek vermek yer almaktadır.

SETAC’ın yaşam döngüsü analizi konusundaki başlıca etkinlikleri aşağıda özetlenmiştir:

- ❖ Yaşam döngüsü analizi aşamalarının geliştirilmesi konusunda Avrupa ve Kuzey Amerika’da düzenli olarak organize edilen bilimsel toplantılar düzenlemek,
- ❖ Her sene Brüksel’de çeşitli endüstriyel sektörlerde yaşam döngüsü analizi uygulamalarından elde edilen örnek çalışmaların değerlendirildiği toplantılar düzenlemek,
- ❖ Hem Avrupa hem de Kuzey Amerika’da 1996’dan bu zamana kadar yaşam döngüsü analizinin metodoloji ve uygulama boyutlarına ilişkin araştırmalar yapan çalışma gruplarının koordinasyonunu sağlamak (Guinee ve Ark., 2011).

ISO (International Organization for Standardization – Uluslararası Standardizasyon Örgütü): ISO birçok ülkenin ilgili ulusal kurumunun katılımı ile birçok ürün ve etkinliğin standartlaştırılmasına yönelik faaliyet gösteren bir kuruluştur. En önemli etkinlik alanlarından birisi iş dünyasındaki uygulamalara kalite boyutunun entegrasyonu için kullanılan 9000 serisi standartların geliştirilmesidir.

ISO'nun bu anlamda daha çok 14001 Çevre Yönetim Sistemleri ile tanınan 14000 serisi standartları arasında yaşam döngüsü analizine ilişkin 14040 sayılı serisi de bulunmaktadır. ISO'nun 1994 yılından günümüze geliştirmekte olduğu 14040 standart serisi yaşam döngüsü analizinin hem teknik hem de organizasyonel yapısı ile ilgilidir. Yaşam döngüsü analizi sonuçlarının kritik değerlendirilmesi, sonuçlarının kamuoyu ile paylaşılması ve paydaş katılımı süreçleri yaşam döngüsü analizinin organizasyonel boyutu kapsamında yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır (Handbook on Life Cycle Assessment, 2004).

ISO ve SETAC'ın paralel ve birbirini destekleyen çalışmaları ve başarımları yaşam döngüsü analizi yönteminin içerdiği belirsizliklerin önemli ölçüde azaltılmasına ve uluslararası düzeyde çok daha kabul edilebilir bir duruma gelmesine önemli katkılarda bulunmuştur.

UNEP (United Nations Environmental Programme – Birleşmiş Milletler Çevre Programı): Yaşam döngüsü analizi konusunda faaliyet gösteren bir diğer uluslararası kuruluş ise UNEP'tir. UNEP'in kendine amaç edindiği alan yaşam döngüsü analizinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde uygulanmasına yöneliktir. UNEP'in yaşam döngüsü analizi çalışmalarına en önemli katkılarından birisi 1996'da yayınladığı yaşam döngüsü kılavuzudur. UNEP'in konu hakkında bir diğer önemli yayını ise 1999'da çıkan yaşam döngüsü analizinin küresel kullanımına doğru başlıklı çalışmasıdır. Ayrıca UNEP, ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü (Hollanda) ile birlikte yaşam döngüsü analizinin çeşitli boyutlarına ilişkin uluslararası çalıştaylar da düzenlemektedir.

Tüm bunların yanı sıra UNEP ve SETAC, yaşam döngüsü analizi uygulamaları konusundaki en iyi örneklerin belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütmektedir. Uygulanan çalışma kapsamında en iyi yaşam döngüsü analizi uygulama örneklerine ek olarak, yaşam döngüsü envanter aşaması için bir veri tabanı

ve çevresel etki kategorilerine katkıda bulunan faktörlerin bir listesi de oluşturulmaktadır (Handbook on Life Cycle Assessment, 2004).

AB (Avrupa Birliği): AB'nin en temel amaçlarından birisi olan sürdürülebilir kalkınma, AB çalışmalarında gittikçe önem kazanan bir konudur. AB Ortak Araştırma Merkezi (Joint Research Center- JRC) AB'nin sürdürülebilir kalkınma hedefini özel ve kamu sektörlerinde yaşam döngüsü bazlı düşünme ve analizinin yaygınlaştırılması bazında desteklemektedir. JRC'nin bu kapsamda yürüttüğü çalışmalar aşağıda verilmiştir:

- ❖ Avrupa Yaşam Döngüsü Analizi Platformu
- ❖ Uluslararası Yaşam Döngüsü Analizi referans sistemi el kitabı
- ❖ Yaşam Döngüsü Analizi bazlı izleme indikatörleri
- ❖ Yaşam Döngüsü Analizi bazlı atık politikaları kılavuzu
- ❖ Yaşam Döngüsü Analizi bazlı arazi kullanım analizi
- ❖ Karbon ayak izi gibi araçlar bu çalışmalar arasında bulunmaktadır.

AB Komisyonu yaşam döngüsü yaklaşımlarının bilimsel bazlı karar verme süreçlerindeki önemini kavrayıp 2003 yılında Entegre Ürün Politikası (IPP) başlıklı bir tebliğ yayınlamıştır. Bunlara ek olarak AB üyesi ülkeler, Avrupa yaşam döngüsü analizi platformu aracılığı ve konu ile ilgili paydaşların da katılımıyla çeşitli yayınlar yaparak ve pilot çalışmalar düzenleyerek yaşam döngüsü perspektifinin öncelikli sektörler başta olmak üzere ilgili politik süreçlere entegre edilmesine yönelik birçok çalışmada bulunmuştur (Pennington ve Ark., 2007).

1.5.8. Yaşam Döngüsü Analizi Çalışmalarında Kullanılan Yazılımlar

Yaşam döngüsü analizinin çeşitli aşamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş pek çok yazılım ve veri tabanları mevcuttur. 2006 yılında yapılan bir anket sonuçlarına göre yaşam döngüsü analizi kullanıcılarının yüzde 58'i Gabi, yüzde 31'i Simapro, yüzde 11'i ise diğer yazılımları kullanmaktadır (Guinee ve Ark.,

2011). Bu yaşam döngüsü araçlarından en yaygın olarak kullanılanları detaylarıyla aşağıdaki Çizelge 1.4’de belirtildiği gibidir.(Lehtinen ve Ark., 2011).

Çizelge 1.4. Yaşam Döngüsü Analizi Araçları

Yaşam Döngüsü Analizi Aracı	Tasarlayıcısı	Dili	Ana veri tabanı	Mevcut ise, özel alanı
AIST-LCA Ver.4	Ulusal ileri Endüstriyel Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (AIST)	Japonca	AIST-LCA veri tabanı	*
BEES 4.0	Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST)	İngilizce	Bees veri tabanı	Yapı sektörü
CCaLC Aracı	Manchester Üniversitesi	İngilizce	Ecolnvent veri tabanını içeren CCaLC veri tabanı	*
Eco-Bat 2.1	Vaud Kantonu Mühendislik Lisesi ve Yönetimi Yüksek Okulu	Fransızca, İtalyanca, İngilizce	Eco-Bat veri tabanı	Yapı sektörü
Ecoinvent atık imha envanteri araçları V1.0	Doka Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri	İngilizce	Ecolnvent veri tabanı	Atık yönetimi
EIME V3.0	CODDE	İngilizce	EIME veri tabanı	Mekanik ve elektronik ürünler
Çevresel Etki Tahmincisi V3.0.2	Athena Sürdürülebilir Malzeme Enstitüsü	İngilizce	Kendi veri tabanı	Yapı sektörü
eVerdEE v.2.0	ENEA - İtalyan Yeni Teknoloji, Enerji ve Çevre Ajansı	İtalyanca, İngilizce	ENEA veri tabanı	*

GaBi 4	PE International GmbH Stuttgart Üniversitesi, LBP-GaBi	İngilizce	Gabi veri tabanı	*
--------	---	-----------	------------------	---

Çizelge 1.4. Devamı

GEMİS versiyon 4.4	Oeko-Institut (Uygulamalı Ekoloji Enstitüsü), Darmstadt Ofisi	İspanyolca, Çekçe, Almanca, İngilizce	*	Enerji, ulaşım, geri dönüşüm ve atık arıtma
KCL-ECO 4.1	VTT	İngilizce	*	*
LEGEP 1.2	LEGEP Software GmbH	İngilizce, Almanca	LEGEP veri tabanı	Yapı sektörü
LTE OGIP; Versiyon 5.0; Yapı Numarası 2092	t.h.e. Software GmbH	Almanca, İngilizce	*	Yapı sektörü
OpenLCA	GreenDeltaTC GmbH	İngilizce	*	*
Qantis Süite 2.0	Quantis	İngilizce	Qantis veri tabanı	*
REGIS 2.3	sinum AG	Japonca, İspanyolca, Almanca, İngilizce	ecoinvent veri tabanı v1.3	*
SALCA araçları	Agroscope Reckenholz	Almanca	*	Tarım
SankeyEditor 3.0	STENUM GmbH	İngilizce	*	*
SimaPro 8	PRe Danışmanlık B.V.	İspanyolca, Fransızca, İtalyanca, Almanca, İngilizce	SimaPro veri tabanı	*
TEAM TM 4.5	Ecobilan - Pricewaterhouse	İngilizce	*	*
The Boustead Model 5.0.12	Boustead Danışmanlık Limited	İngilizce	The Boustead Model veri tabanı	*
Umberto 5.5	ifu Hamburg GmbH	İngilizce	Umberto kütüphanesi	*

USES-LCA	Radboud Üniversitesi	İngilizce	*	Maddeler arasındaki toksik etkiler
WRATE	İngiltere Çevre Ajansı	İngilizce	*	Belediye atık yönetim sistemleri

1.5.9. Yaşam Döngüsü Analizinin Geleceği

Çeşitli ürünlerin karşılaştırılması ve çevreye olan etkilerinin tüm yaşam döngüleri bazında belirlenmesi amacıyla başlatılan çalışmaların bir sonucu olan yaşam döngüsü analizi 1960'lı yıllardan günümüzde ABD, AB ülkeleri, Kanada, Avustralya, Kore ve Japonya gibi pek çok ülkede çevre politikalarının ve gönüllü birçok girişimin temel aracı olmuştur.

Bu yoğun talep ve kullanıma bağlı olarak yaşam döngüsü analizine farklı etki kategorileri (biyo çeşitlilik, gürültü gibi) eklenmiş ve çeşitli projelerin toplumsal ve ekonomik boyutları da yaşam döngüsü analizi ile değerlendirilmeye başlanmıştır.

AB'nin yaşam döngüsü analizinin geliştirilmesine yönelik olarak desteklediği CALCAS (Coordination Action for Innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability) projesinin en önemli çıktılarından biri de yaşam döngüsü sürdürülebilirlik analizi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım yaşam döngüsü analizinin sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında ihtiyaç duyacağı bilgi, model ve araştırmaların saptanıp tamamlanmasına yöneliktir.

Yaşam döngüsü sürdürülebilirlik analizi, ağırlıklı olarak çevresel etkilere odaklanan mevcut yaşam döngüsü analizi yaklaşımının, insan, gezegen ve refaktan oluşan sürdürülebilirliğin üç boyutunu da kapsayacak şekilde genişletilmiş hali olarak da düşünülebilmektedir. Yaşam döngüsü sürdürülebilirlik analizi ürün spesifik yaşam döngüsü analizi yaklaşımını, sektörel ya da ekonomik boyuta taşıyan daha geniş kapsamlı bir araç olarak kurgulanmıştır (Guinee ve Ark., 2011).

1.6. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu

Dünyada moda akımının önemli bir kısmını oluşturan denim giysiler rahat giyim konusunda büyüyen global pazarında üstünlüğünü günümüze kadar sürdürmektedir. Türkiye’de denim konfeksiyonuna dair son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar gerek akademik alanlar için gerekse de firmaların yararlanabilmesi için birer kaynak haline gelmiştir.

Denim kumaş üretiminin sektörde ifade edilen üretim büyüklüğü ve yıllık üretim verileri ele alındığında büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu üretim büyüklüğü, üretici firmaların birçok enerji kaynak kullanımını da beraberinde getirmektedir. Enerji kullanımlarının doğaya bıraktıkları zararlı etkileri ele aldığımızda bu etkilerin tekrar insanlığa döndüğünü görmekteyiz. Bu etkilerin azaltılması ve üretilen ürünlerin kullanıldıktan bertaraf oluncaya kadar doğaya verdikleri bu zararların hesaplanması yaşam döngüsü kavramlarını ortaya çıkartmıştır.

Tez çalışmasının giriş bölümünde denim kumaş üretiminin basamaklarının anlatılmasının yanı sıra, yaşam döngüsü analizinin tüm süreç ve basamakları çalışma kapsamında anlatılmıştır. Yaşam döngüsü analizinin yapılması için, çalışmada dünyada kullanılan en yaygın programlardan biri olan Simapro programdan yararlanılmıştır. Tez çalışmasına konu olan kumaş tipinin tedariki, üretim aşamasındaki verilerin toplanması ve gerekli yaşam döngüsü analiz yazılımının kullanılması BOSSA T.A.Ş. Denim İşletmeleri tarafından sağlanmıştır.

Tez çalışması sonucunda denim sektöründe akademik çalışma olarak ilk yaşam döngüsü analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma ile denim kumaş üretimi alanında yaşam döngüsü analizi hakkında üretici firmalara teknik ve akademik anlamda destek verilmiş olacaktır. Bu sayede oluşacak bilgi birikimi ile geliştirilebilecek daha çevreci ürünler ve oluşturulacak farklı üretim yöntemleri

denim sektöründe avantaj sağlayacaktır. Ayrıca çalışmanın diğer akademik araştırmalara da bir basamak oluşturması tez kapsamında hedeflenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasının bu bölümünde tekstil alanında yaşam döngüsü analizi ile ilgili eserler yer almaktadır.

Eser B. ve Ark. (2016), yaptıkları çalışmalarda tekstil ve hazır giyim sektörünün sürdürülebilirliğine ilişkin değerlendirmelerin yanı sıra, günümüzde yaygın olarak kullanılan liflerin çevresel etkilerinin incelendiği araştırmalara yer vermişlerdir. Bunun yanı sıra tekstil atıklarının özellikleri, atık yönetim stratejileri ve geri dönüşüm yöntemleri açıklanmaya çalışılmış, dünyada tekstil atıklarının geri dönüşümüne ilişkin uygulamalardan örnekler vermişlerdir. Çalışmalarında sonuç olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanımının, genel anlamda üretim süreçlerinde daha az enerji tükettiği, işlenmemiş malzeme tüketimini azalttığı, daha az kirliliğe ve sera gazı emisyonuna neden olduğu, bazı durumlarda daha düşük üretim maliyeti sağladığı gerekçeleriyle daha da artırılmasını belirlemişlerdir. Bu sebeple önde gelen moda firmaları, sektördeki diğer firmalara da örnek olmak adına, aktif geri dönüşüm sistemleri tasarlamalı ve uygulamalıdır sonucuna varmışlardır.

Baydar G. ve Ark. (2017), yaptıkları çalışmada konvansiyonel tişört ile üç farklı eko-pamuklu tişört üretiminin çevresel etkilerini karşılaştırmışlardır. Potansiyel çevresel etkileri, bu bağlamda seçilen pamuklu tişörtler için pamuk yetiştirme ve hasat, hammadde tedariki, çırçırılama, eğirme, yaş kumaş terbiyesi ve apreleme, kullanım ve bertaraf aşamaları olarak hesaplamışlardır. Ürünler sürdürülebilir tarım yöntemleri ve eko-verimli boyama reçeteleri dikkate alınarak karşılaştırılmışlardır. Çalışmanın sonucunda birbirinden farklı yaşam döngüsü aşamalarındaki müdahalelerin, ürün sürdürülebilirliğinin artmasını sağladığını belirlemişlerdir. Bu sonuçlar pamuk yetiştirme ve hasat aşamalarında kullanılan tarımsal makineler tarafından tüketilen dizel yakıtın, kimyasal tarım ilaçlarına ek olarak, birçok çevresel etkiye neden olduğunu göstermektedir. Bu noktada ürün verimliliği azaldıkça bu etkilerin arttığını gözlemlemişlerdir. Böylece dizel yakıt

yerine tarım makinalarında, tercihen tarımsal atık ve biyodizel kullanılması, biyodizelin sürdürülebilir hammaddeden üretilmesi şartıyla, teorik olarak son ürünün sürdürülebilirliğini daha da artıracakını belirlemişlerdir. Buna ek olarak elektrik tüketiminin de ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca, en çok da kullanım aşamasında, diğer çevresel etki kategorileriyle birlikte özellikle GWP'ye önemli katkısı olduğunu saptamışlardır. Çalışmalar sonrası kumaş üretim ve terbiye tesislerindeki enerji verimliliğini ve yenilenebilir kaynak kullanım oranını artırarak, evlerdeki elektriğin ekonomik kullanılmasını sağlayarak eko tişörtlerin çevresel performansı daha da iyileştirilebileceğini belirlemişlerdir. Kullanılan tişörtlerin ve benzer tekstil ürünlerinin sürdürülebilirliğini artırmadaki başarı insan faktörüne bağlı olduğunu ve çiftçileri organik tarıma ikna etmenin bu girişimdeki ilk ve en önemli iş olduğunu açıklamışlardır.

Güngör A. ve Ark. (2009), tekstil ürünleri üretiminde ortaya çıkan çevresel etkiler ve geri dönüşüm olanaklarının araştırılması ve tekstil ürünlerinden örnek olarak seçilen bir bornoza Yaşam Döngü Değerlendirmesi (YDD: LCA - Life Cycle Assessment) yaparak, ürünün “doğumdan-mezara” ortaya çıkardığı atık, fire ve telefler ve çevreyle etkileşimi incelemişlerdir. Bu çalışmada, doğal bir elyaf olan pamuk elyafı kullanılarak yapılmış olan bir bornozun, yaşamı boyunca yarattığı çevresel etkiler değerlendirildiğinde düşünüldüğü kadar çevre dostu olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda pamuklu tekstil üretim sürecinde ortaya çıkan atıkların kısmen değerlendirilebildiği, öte yandan kullanılmış tekstil ürünlerinin ise geri dönüşümünde daha fazla yol alınması gerektiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, doğal elyaf olması açısından çevre dostu olarak kabul edilen pamuğun ürün haline gelmesi ve kullanım aşamaları çevre açısından pek çok olumsuzluğa neden olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın başlangıç noktası olan bornozdan hareketle diğer pamuklu ev tekstillerine ve daha sonra da tüm tekstil ürünlerine bakıldığında tekstil ürünlerinin tamamı üretim, kullanım ve geri dönüşüm aşamalarında önemli oranlarda çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Yapılan çalışmada 1,5 kg ağırlığında

bir bornoz elde edebilmek için 150 lt su ve çok miktarda kimyasal kullanıldığı gözlemlenmiştir. Üretim aşamalarında enerji kaynağı olarak doğal gaz, fuel oil ve elektrik enerjileri başta olmak üzere kömür, LPG ve buhar gücü kullanıldığı bilinmektedir. Üretim sırasında enerjinin en yoğun olarak kullanıldığı işlemler dokuma ve iplik eğirme süreçleridir. En fazla zararlı kimyasal atığın oluştuğu proses ise yaş işlemler ve kurutma süreçlerindeki boyama-bitim işlemleridir. Günümüzde modern pamuk tarımı sırasında kullanılan, gübre ve haşere mücadele ilaçları toprak, su, çevre kirliliği ve insan sağlığı açısından önemli tehditler oluşturmaktadır. Yani organik pamuk tarımı yapılması ve organik tekstil ürünü kullanımının yaygınlaşması pamuklu tekstil ürünlerinin doğaya verdiği zararı azaltacaktır sonucuna varmışlardır.

Yücel ve Tiber (2018), yaptıkları çalışmalarda dünyamızda son yıllarda artan nüfusun, gelişen teknolojinin ve sanayileşmenin; yeterli olmayan doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında her alanda oluşan bu tüketim artışının ise doğal kaynakları yok ettiğini ve çevresel sorunların oluşmasına neden olarak doğal hayatı olumsuz etkilediğini vurgulamışlardır. Ele aldıkları bu soruna tekstil ve hazır giyim sektöründen bakıldığında ise en önemli problemlerden birisinin hızlı moda olduğunu belirtilmişlerdir. Ek olarak son zamanlarda ucuz moda haline gelmiş olan hızlı moda ile ürünlerin hızlı eskitildiği, çok fazla tüketime neden olduğu ve tonlarca atık oluştuğunu belirtmişlerdir.

Alper ve Toröz (2015), yaptıkları çalışmada, pamuk için Cropwat analiz programı ile Aydın, Adana, Antalya, Diyarbakır, İzmir ve Şanlıurfa illerinde su ayak izlerini hesaplamışlardır. Bu çalışmada “İyi Pamuk Uygulamaları” (BCI)’nın pamuk için tarlada su tüketimini azaltan bir uygulama olduğunu vurgulamışlardır. İyi Pamuk Uygulamaları ile pamuk üretiminde %23 'e kadar su tasarrufu sağlanmaktadır. Çalışmalarının sonucunda İyi Pamuk Üretimi (Better Cotton Initiative)'nin pamuk üretiminin üreticilere daha iyi olanak sağlamaya, sektörün

güvenliğini daha iyi bir noktaya getirmeye, sosyal ve olumsuz çevresel etkileri azaltmayı hedefleyen çok paydaşlı uluslararası bir organizasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Balpetek ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında, son yıllardaki tüketici eğilimleri incelendiğinde çevreye saygılı ürünlerin artan talep gördüğüne dikkat çekilmektedir. Bilinçli tüketicinin doğaya zararlı olmayan ürünleri tercih ettiğini aktarmışlardır. Bunlara ek olarak tekstil sanayinde yapılacak çalışmalarla, ürün ve üretim sistemlerinin çevresel yüklerinin düşürülmesi markaların marka değerini artırırken ayrıca tedarikçi konumundaki firmaların da tercih edilmesine neden olacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak firmalar yaşam döngüsü değerlendirmesi konusunda yapacakları çalışmalar ile materyal, işçilik, enerji gibi girdileri optimize ederek para ve zamandan tasarruf sağlarken, pazarlama stratejilerinde yeni trendlerden faydalanarak üretim süreçlerinde çifte katma değer getirisi elde edeceği görüşü aktarılmıştır. Böylece ekolojik dengenin korunmasına yapılacak katkı ile de sosyal sorumluluk anlayışı içinde hareket etmiş olacağı belirtilmiştir.

Can ve Ayvaz (2017), çalışmalarında, çevreye zarar verilmemesi için üretimde kullanılan hammadde ve kimyasal maddelerin azaltılması, sentetik liflerin üretimlerindeki kimyasal maddelerin ve bitkisel liflerin üretimlerindeki tarım ilaçlarının kullanımlarının azaltılmasını, yenilenebilir hammaddelerin ve sertifikalı organik liflerin kullanılmasını, sentetik boyarmaddelerin yerine insan sağlığına zararı olmayan doğal boyarmaddelerin tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca tüketim sonrası atık haline gelen ürünlerin geri dönüşümlerinin sağlanması gerektiğini de belirtmişlerdir. Çalışmada doğanın bu konudaki yükünü azaltmak için ise üretim ve tüketim sonrası oluşan tekstil atıklarının da geri dönüşümlerinin yapılmasının önemli olduğunu vurgulamışlardır. Tüketicilerde gerekli bilinçlenmeler oluşturularak satın alma alışkanlıklarındaki değişikliklerle ekolojik ürünleri talep etmelerinin de arttırılabileceğini çalışmalarında belirtmişlerdir.

Kamber ve Karakaş (2016), yaptıkları çalışmalarında, Türkiye'de 250 tüketici arasında bir online anket düzenlemişlerdir. Hazırlanan çalışmada yer alan anket soruları; tüketicilerin kıyafet alımı, kullanımı ve aktif kullanım sonrasındaki alışkanlıklarının, ihtiyaçlarının, beklenti ve isteklerinin analiz edilmesine yönelik düzenlenmiştir. Burada tüketicilerin kullanmadıkları kıyafetleri nasıl değerlendirdikleri ve satın alma alışkanlıkları araştırılmıştır. Bunun yanı sıra kıyafet satın alırken ne tür faktörlerin seçimlerinde etkili olduğu analiz edilmiştir. Anket kalitenin tüketiciler için önemli bir kriter olduğunu göstermiştir. Sonuçlarda, 250 katılımcıdan 212'si, kıyafetlerin kalitesinin ve görüntüsünün kullanım sonrası aynı olması durumunda kullanmaya devam edeceklerini belirtmişlerdir. Ek olarak anket kapsamında 162 kişi, geri dönüşümün cazip hale getirilmesi konusunda perakende firmalarının önemli bir rolü olduğunu düşünmektedir. Bu sebeple daha çok kampanyalar düzenlenmesi gerektiği görüşü ortaya çıkmıştır.

Yıldız ve Arslan (2017), yaptıkları çalışmalarında ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerinin tespiti ve azaltılabilmesi için “Yaşam Döngü Değerlendirmesi (YDD)” yönteminin geliştirildiğini belirtmiştir. Yaşam döngü değerlendirmesinin tanımını da bir ürünün malzemelerinin çıkartılması, kullanımı ve bertaraf edilmesine kadar olan sürecin farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini tespit edilmesi için kullanılan bir analiz yöntemi olarak belirtmişlerdir.

Aydın ve Çiner (2016), yaptıkları çalışmalarında, dünyada hızla değişen tekstil trendlerinin beraberinde bu ürünlerin hızla tüketimine ve çevresel sorunların artmasına neden olduğunu belirtmiştir. Buna bağlı olarak yaşam döngüsü değerlendirmesinin bu aşamada çevresel yükü belirlemede kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmada, pamuklu ev tekstil ürünlerinden %100 pamuklu boyalı çarşafın üretim süreçlerinden başlayıp nihai ürünün oluşturularak kullanıcıya ulaşım atık olana kadar geçen süreç için yaşam döngü değerlendirmesi uygulanmıştır. Uygulama sonucunda ürünün yaşam döngüsü

süresince kullanım aşamasında en büyük çevresel etkiyi oluşturduğu belirtilmiştir. Üretim safhasında ise en büyük çevresel etkiyi oluşturan boyalı çarşafın boya terbiye işlemi ile düz beyaz çarşafın terbiye işlemleri karşılaştırılmıştır. Boyama prosesinin çevresel etki kategorilerindeki zararlı etkisi belirlenmiştir.

Esteve-Turrillas ve Guradia (2017), giysi kırpıntılarından geri dönüştürülmüş pamuk lifleri ile geleneksel ve organik yollarla üretilen pamuk liflerini yaşam döngüsü çevresel etkileri açısından karşılaştırmışlardır. Üretim adımını yeşil yolla gerçekleştirmek için geleneksel pamuk yetiştiriciliğinden organik tarıma geçmenin avantajları olduğunu göstermişlerdir. Bununla birlikte, organik pamuğun kullanımının da sürdürülebilir bir uygulama olmaktan uzakta ve çevre üzerinde zararlı etkileri olan bir boyama işlemi gerektirdiğini bulmuşlardır. Tersine, geri dönüştürülmüş hammaddelerin ve renkli liflerin akıllı seçimine dayanan geri dönüşüm teknolojisinin kullanımının hem pamuk ekimi hem de çevresel yan etkilerin ortaya çıkmasını önleyecek ve geleneksel yöntemdeki çirçirlamanın çevresel etkilerini kesme/parçalama adımının etkileriyle yer değiştirebilecek bir seçenek olarak sunmuşlardır. Ayrıca, endüstriyel pamuk atıklarının geri dönüşümünün, ürün için ikinci bir kullanım ömrü sunduğunu, bunun da çevresel etkiler ile bertaraf maliyetlerini azalttığını belirtmişlerdir.

Yan ve diğer. (2016), farklı tipte birçok kumaşı karbon ayak izi açısından değerlendirmişlerdir. Endüstriyel ölçekte karbon ayak izi büyükten küçüğe, yünlü kumaş, yün-poliester karışımı kumaş ve pamuklu kumaş olarak sıralanmaktadır. Pamuklu kumaşlar için karbon ayak izinin başlıca sebepleri hammaddeler, üretim teknolojisi ve renktir. Pamuk/polyester karışımı kumaş saf pamuklu kumaştan, süprem kumaş rib kumaştan, koyu renkli kumaşlar açık renkli kumaşlardan daha yüksek karbon ayak izine sahip olarak tespit edilmiştir. Tekstil kumaşlarının üretim sürecinde, dolaylı sera gazı ve elektrik emisyonlarının, kömür ve petrolün doğrudan yanmasından kaynaklanan emisyonlardan çok daha büyük olduğu bulunmuştur.

Manda ve diğer. (2015), SurFunCell projesi kapsamında antibakteriyel bir tişörtün beşikten mezara yaşam döngüsü değerlendirilmesini yapmışlardır. Antibakteriyel tişörtün konvansiyonel tişörtten %20 daha az iklim değişikliklerine sebep olduğunu bildirmişlerdir. Ticari ölçekteki uygulamaların çevresel etkilerinin daha az olduğunu ve üretim aşamasında en büyük etkinin, lif bitimi ve boyaması adımlarından kaynaklandığını bulmuşlardır. Tişört üretimindeki en büyük çevresel etkiler; temiz su ötrofikasyonu, doğal toprak dönüşümü, fosil kaynakların tükenimi ve asitleştirme olarak bulunmuştur. Tüketici kullanım aşamasının, tüm tişört yapılandırmaları için baskın etkilere sahip olduğu bildirilmiştir.

Toksöz (2018), yaptığı çalışmada tekstil sektöründeki sürdürülebilirlik uygulama ve araçlarını kumaş üretim performansları ve onun oluşturduğu çevresel etkiler üzerinden incelemiştir. Çalışma kapsamında HIGG malzemeleri sürdürülebilirlik endeksi yaşam döngüsü aracı vasıtasıyla birbirinden farklı pamuk türü içeren 4 denim dokuma kumaş sadece ana giriş hammaddesi değiştirilip diğer parametreler aynı tutulacak şekilde yaşam döngüsü analizine tabi tutulmuştur. Aynı kumaşlar fiziksel performans testlerine de maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda, sadece ana hammadde değişimi yapılarak düşük ekstra maliyetle çok ciddi bir pazar payı eldesinin sağlanabileceği görülmüştür.



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Tez kapsamında %92 pamuk, % 6 polyester ve %2 elastan elyafından oluşan 3/1 Z dimi örgü yapısında denim kumaş kullanılmıştır. Denim kumaşın atkı ipliği pamuk/elastan, çözgü ipliği ise pamuk elyafından üretilmiştir.

Yaşam döngüsü analizi yapılacak olan kumaşın üretimi için kullanılan pamuk lifi Türkiye’de üretilen Ege pamuğudur. Kullanılan Ege pamuğunun Bossa T.A.Ş standartlarına uygunluğunu analiz etmek için üretimden önce bazı testler uygulanmıştır. Bu analiz için HVI test cihazı kullanılmıştır.

HVI test cihazında ölçülen pamuk elyafına ait veriler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.1.). (Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Deney Föyü, 2017)

Çizelge 3.1. Numune Kumaş Üretimi İçin Pamuk Lifine Uygulanan HVI Testleri

Analizi Yapılan Fiziksel Özellik	Kısaltması	Anlamı	Birimi
Mikroner	MIC	Lif İnceliği	-
İplik Eğrilebilirlik İndeksi	SCI	İplik Eğrilebilirlik İndeksi	-
Olgunluk	Mat	Olgunluk	%
Üst Yarı Ortalama Uzunluk	UHML/Len Uzunluk	Eksperlerin belirlediği stapel uzunluğuna denk gelen lif uzunluğu	mm
Uniformite İndeksi	UI	Lifi uzunluk varyasyonu ile orantılı olan kalite özelliği	%
Kısa Lif İçeriği	SFI	12 mm'den kısa lif içeriği yüzdesi	%
Mukavemet / Lif Kopma dayanıklılığı	Str	Lif demetinde ölçülen lif mukavemeti	gr/tex
Elastikiyet / Uzama	elg	Lif demetinde ölçülen lif uzaması	%
Nem	Moist/Mst	Ölçülen pamuk örneğinin nem içeriği	%
Parlaklık / Beyazlık Derecesi	Rd	Pamuk örneğinin beyazlık yansımaları	-
Sarıklık Derecesi	+b	Pamuk örneğinin sarılığı	-
Renk Derecesi	C Grd	Pamuk örneğinin renk derecesi	-
Çepel Sayısı	Tr Cnt	Pamuk örneğinde bulunan çepel adedi	-
Çepel Alanı	Tr Ar	Pamuk örneğinin çepelle kaplı alan	%
Çepel Derecesi(1-8)	Tr ID	Pamuk örneğinin çepel miktarı	-

Çizelge 3.1. 'de uygulanan HVI testlerinin uygulandığı pamuk lifinin üretimi için Bossa T.A.Ş.'nin kabul ettiği kriterler ise aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Bossa T.A.Ş. Pamuk Lifi HVI Testi Kabul Değerler

SCI	LEN	UNF	SFI	STR	MAT	ELG	MOIST	MIC
min	min	min	max	min	min	min	min-max	min-max
120,9	28,5	80,8	9,9	28,5	0,85	7	7-8	3,7-4,8

Yaşam döngüsü analizi yapılacak olan kumaşın üretimi için kullanılacak pamuk lifinin HVI test sonuçları Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Elde edilen test sonuçları neticesinde kumaş üretimi için kullanılacak pamuk lifinin değerleri Bossa T.A.Ş. kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde uygun olmayan farklılıklar gözlenmediği için üretimin gerçekleştirilmesi yönünde karar verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kumaş Üretiminde Kullanılan Pamuk Lifi HVI Testi Sonuçları

MIC	SCI	MAT	LEN	UNF	SFI	STR	ELG	MST	Rd	+b	Tr Cnt	Tr Ar	Tr Ir
4,29	116,90	0,87	29,75	80,62	8,35	29,02	7,33	7,18	68,21	9,25	43,09	0,52	3,73

Yaşam döngüsü analizi yapılacak olan denim kumaş tipinin üretimi için kullanılacak pamuk elyafının HVI test sonuçları yukarıdaki gibidir. Testler sonucunda üretilmesine karar verilen denim kumaşın konstrüksiyon yapısı aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.4.)

Çizelge 3.4. Denim Kumaş Konstrüksiyon Bilgileri

Çözü Ne	1
Atkı Ne	1
Örgü	3/1 Z Twill
Tarak	68/4
Mekanik Sıklık	20
Renk	Black
Tarak Eni	215
En	142
Mamül Onz	9,75
Ham En	183
Toplam Tel Sayısı	5848
Mekanik Atkı Sıklık	20
Ham Atkı Sıklık	21
Ham Çözü Sıklık	30
Ham Çözü Büzülme	14,88
Mamül Atkı Sıklık	22
Mamül Çözü Sıklık	41
Mamül Çözü Büzülme	1,16
Kompozisyon	%92 Pamuk, %6 Polyester, %2 Elastan

Belirtilen konstrüksiyonda üretilen analizi yapılacak olan denim kumaşın üretim prosesi ve kullanılan makine tipleri Çizelge 3.5.'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Denim Kumaş Tipi Üretim Akışı ve Makine Tipleri

Üretim Prosesleri	Operasyon Adı	Makine Adı	Makine Fonksiyonu
İplik Üretim Prosesi	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-Blendomat BDT19	Balya Yolucu
	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-LVSA 375	Ayaklı Kondanser
	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-AXIFLOW	Kaba Açıcı
	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-MCM6	Mikser
	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-CVT4/1600	İnce Açıcı
	Harman Hallaç Operasyonu	Trützschler-DUSTEX DX	Toz Ayırıcı
	Tarak Operasyonu	Trützschler-DK760	Tarak Makinesi
	Cer 1. Pasaj Operasyonu	Vouk-SGH 802 DE	Cer Makinesi
	Cer 2. Pasaj Operasyonu	Reiter-RSB D50	Cer Makinesi
	Fitil Operasyonu	Toyota-FL 100	Fitil Makinesi
	Vater Operasyonu	Marzoli-MP TN	Ring İplik Makinesi
	Bobinleme Operasyonu	Savio-Polar I-DLS	Bobinleme Makinesi
Boya Levendi Hazırlama Prosesi	Çözümlü Hazırlama Operasyonu	Karl-Mayer 2004	Çözümlü Hazırlama Makinesi
Boyama ve Haşılama Prosesi	Slasher Boyama Operasyonu	Masters – 2002	Levent Boyama Makinesi
	Slasher Haşılama Operasyonu	Beninger – BB CT	Haşıl Makinesi
Dokuma Prosesi	Dokuma Operasyonu	Picanol Optimax 8-R	Dokuma Makinesi
Bitim İşlemleri Prosesi	Yakma Operasyonu	Ostoff-Senge 56 Wuppertal-ST 80	Yakma Makinesi
	Apre ve Kurutma Operasyonu	GMC-Denim Finishing Range	Finish Makinesi
	Sanforizasyon Operasyonu	Monfors FK/SG-2	Sanfor Makinesi

3.1.1. Simapro Yazılımı

Birçok kurum sürdürülebilirlik çalışmalarını ölçülebilir kılmak, sürdürülebilirliği günlük yaşamlarına katmak ve sürdürülebilirlik atılımlarını rekabet avantajı olarak kullanmak gibi konularda zorluk çekmektedir. Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ürün sürdürülebilirliği değerlendirme yöntemi olarak çok çeşitli çevresel içerikleri ölçebilen ve ürünün beşikten mezara etkileri hakkında detaylı analiz imkânı sunan ve dünyaca tanınan bir uygulamadır.

Dünya'nın önde gelen LCA yazılım programlarından birisi olan simapro, profesyonellik, esneklik ve şeffaflık özellikleri ile dünyada güvenilir LCA sonuçları elde etmek için kullanımı en çok tercih edilen LCA yazılım programıdır. Sürdürülebilir ürün geliştirme ve sürdürülebilirlik hedefleri tanımlama, analiz ve takip edilmesine yardımcı olan SimaPro; Unilever, Heineken ve BASF gibi uluslararası ve yerel birçok sanayi kuruluşu, danışmanlık şirketleri, akademi ve araştırma merkezleri tarafından 80'i aşkın ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır.

SimaPro LCA yazılım programı şirketlerdeki farklı departmanların LCA, iş sürdürülebilirliği, sürdürülebilir sermaye kullanımı, eko-tasarım ve ürün geliştirme, marka tanınırlığı ve sürdürülebilir iletişim çalışmaları konularında yardımcı olmaktadır. SimaPro ile:

- ❖ Karbon ayak izi hesaplamaları,
- ❖ Su ayak izi hesaplamaları,
- ❖ Ürün tasarımı ve eko-tasarım,
- ❖ Çevresel Ürün Bildirimleri (EPD),
- ❖ Ürünlerin veya hizmetlerin çevresel etkisi,
- ❖ Çevresel raporlama (GRI); ve
- ❖ Temel performans göstergelerinin (KPI) belirlenmesi yapılabilmektedir (Metsims, 2018).

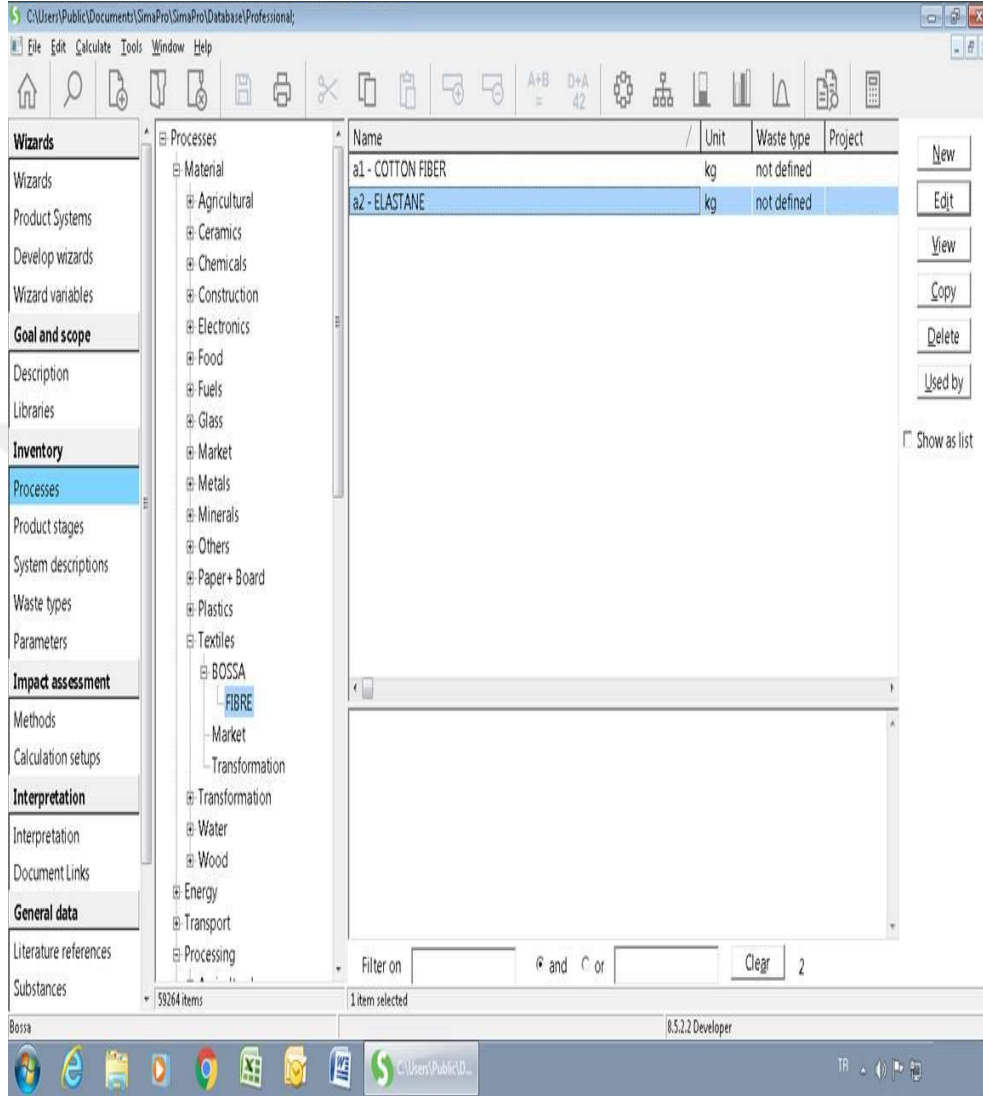
3.2. Metod

Üretilen denim kumaş tipinin yaşam döngüsü analizi için Simapro yazılımı kullanılmıştır. Simapro yazılımında analiz yapılması için veri girişleri ve ürün ağacı oluşturularak tanımlanan materyal ve metod girişlerinin birleştirilmesi gerekmektedir.

Verilerin eklenme bölümünde geçmişten bugüne, program ara yüzünde birçok alana ait verilerin birim miktarlarınca doğaya verdikleri zarara ulaşılabilir. Verilerin her geçen yıl doğaya verdikleri zarar miktarları değişiklik gösterebilmektedir. Bunun nedeni dünyada üretim şartlarının değişmesi, hammadde değişmesi ve ekolojik etkenlerin etkisidir. Programın veri tabanı internet üzerinden sürekli güncellenmektedir. Programda eklenmek istenen hammadde girişi yapılırken arama sonucunda verinin iki ismi çıkabilmektedir. Sonuç ekranında birinci hammadde sonunda dünya pazarından alınan verileri ifade eden “GLO” yazarken, ikinci hammadde sonunda Avrupa pazarından alınan verileri ifade eden “RER” yazmaktadır.

3.2.1. Yaşam Döngüsü Analizi Programının Kullanımı

Materyal bölümünde denim kumaş üretimi için eklenmesi gereken iki hammadde veri girişi gerekmektedir. Bu veri girişleri program içerisinde yeni proje dosyası tanımlandıktan sonra textile sekmesinden arama yapılarak, pamuk ve elastan olmuştur (Şekil 3.1) .



Şekil 3.1. Kumaş Üretimi İçin Uygun Lif Veri Girişi

Pamuk elyafı materyali tanımlarken, projeye “cotton fibre” girişi adı altında üretimde kullanılan Ege pamuğu “add” sekmesine tıklanarak veri tabanından projeye eklenmiştir (Şekil 3.2). Üretim için kullanılan pamuğun 1 kilogram cinsinden girişi yapılmaktadır.

The screenshot shows the SimaPro software interface with the 'Input/output' tab selected. The 'Products' section contains a table with the following data:

Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Waste type	Category	Comment
a1 - COTTON FIBER	1	kg	Mass	100 %	not defined	Textiles(BOSSA)FIBRE	2017

The 'Inputs' section contains a table with the following data:

Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribu	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Cotton fibre Aegean (TR) cotton production Alloc Def, U	1	kg	Undefir				
Cotton fibre Organic Aegean (TR) cotton production Alloc Def, U	0	kg	Undefir				
Cotton fibre (US) cotton production Alloc Def, U	0	kg	Undefir				
Cotton fibre (RoW) cotton production Alloc Def, U	0	kg	Undefir				
Cotton fibre RECYCLE (TR) cotton production Alloc Def, U	0	kg	Undefir				

The 'Outputs' section is currently empty.

Şekil 3.2. Pamuk Lif Türü Veri Girişi

Lif materyal girişi içerisine elastan verisini tanımlarken, lif girişinde tanımlanan “Elastane” sekmesi açılmış ve materyal kısmına 1 kilogram elastan için “polyurethane” ve ekstrüzyon işlemi “extrusion” verileri eklenmiştir (Şekil 3.3).

The screenshot shows the SimaPro software interface with the 'Input/output' tab selected. The 'Products' section contains a table with the following data:

Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Waste type	Category	Comment
a2 - ELASTANE	1	kg	Mass	100 %	not defined	Textiles BOSSA\FIBRE	12.12

The 'Inputs' section contains a table with the following data:

Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribu	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Polyurethane, flexible foam (GLO) market for Alloc Def, S	1	kg	Undefir				

The 'Outputs' section is currently empty.

Şekil 3.3 Elastane Türü Veri Girişi

Üretim için veri tabanında hazır olan materyal verileri eklendikten sonra üretimde gerçekleştirilen proses girişleri açılan projeye eklenmiştir (Şekil 3.4.).

The screenshot shows the SimaPro software interface with the 'Processes' tab selected. The 'Name' column lists various processes, and the 'Unit' column shows the units for each process. The 'Project' column is empty.

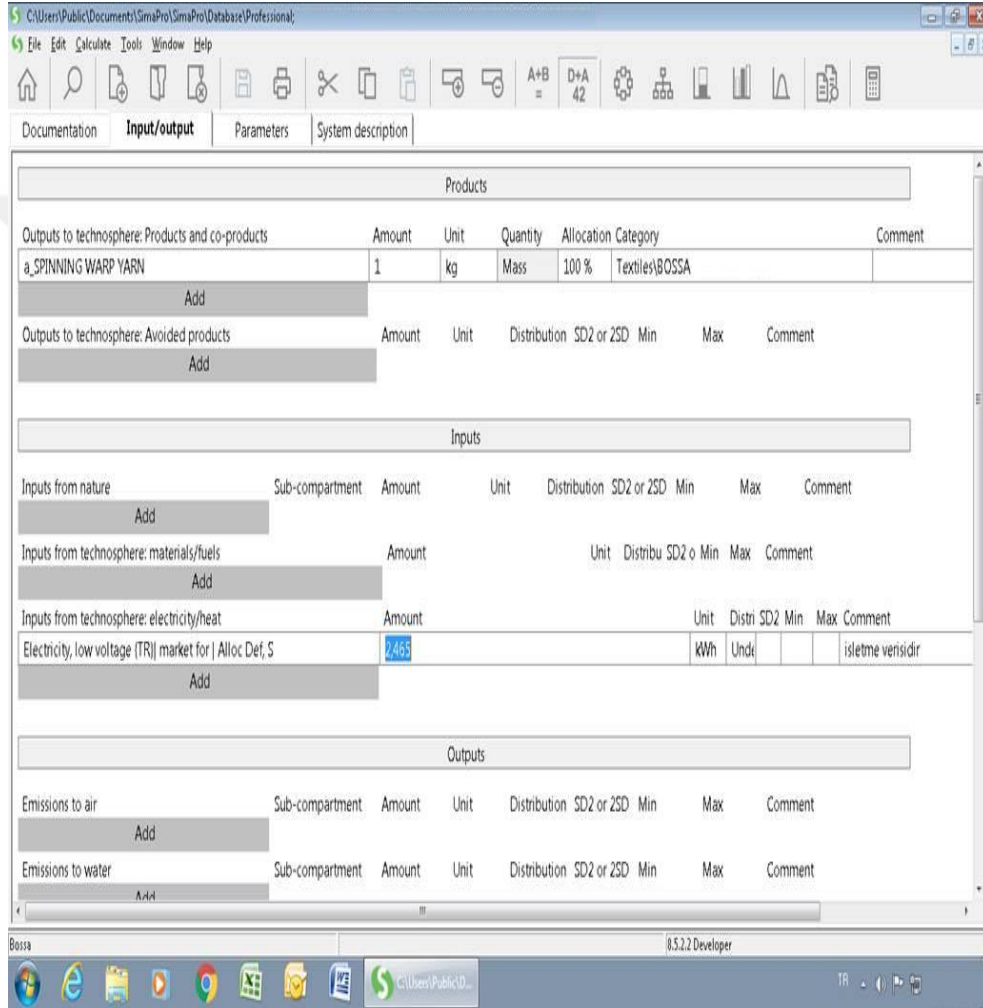
Name	Unit	Project
a. SPINNING WARP YARN	kg	
b. SPINNING WEFT YARN	kg	
c. WARP DYEING	m	
d. SIZING	m	
e. WEAVING	m	
f. OD	m	
g. FINISH FLEX	m	
h. QUALITY CONTROL	m	

Şekil 2.4 Proseslerin Projeye Oluşturulması

3. MATERYAL VE METOD

Fevzi DİKBAŞ

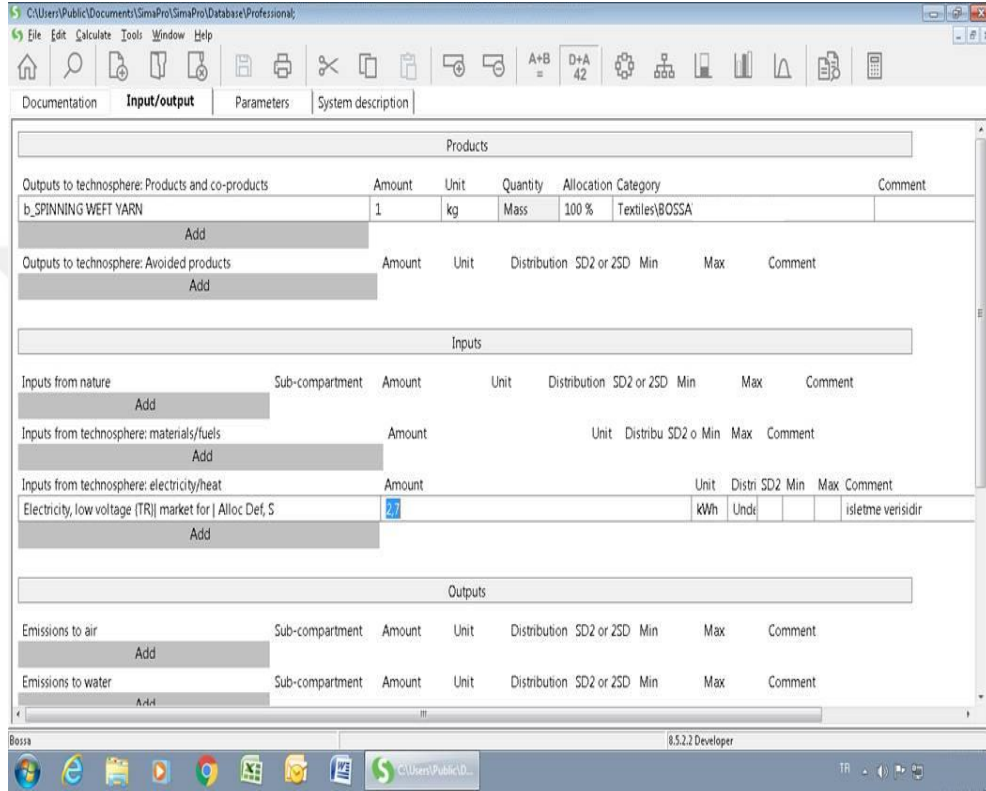
Tanımlanacak olan proseslerden birincisi elyaf olarak hammaddesi tanımlanılan çözüğü ipliği eğirme prosesidir. Burada 1 kilogram çözüğü ipliği eğirmek için kullanılan elektrik miktarı kWh cinsinden hesaplanıp, “Spinnig warp yarn” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5 Çözüğü İpliği Eğirme Prosesi Oluşturulması

Kullanılan elektrik miktarı hesaplanırken; iplik üretim makinesinde üretim öncesi kWh değeri not edilip, üretim sonrası kWh değeri de not edilerek ikisi

arasındaki fark eğirme işlemi arasında harcanan elektrik tüketimini göstermektedir. Atkı ipliğinin 1 kilogramını eğirmek için kullanılan elektrik miktarı kWh cinsinden hesaplanıp, “Spinnig weft yarn” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Atkı İpliği Eğirme Prosesi Oluşturulması

Çözü ipliği oluşturulduktan sonra çözgü ipliği boyama prosesi gelmektedir. Bu proses programa tanımlanırken, çözgü boyama reçetesindeki kimyasallar, kullanılan elektrik, su ve doğalgaz da 1 metre çözgü ipliği boyamak için kullanıldıkları miktarlar kadar hesaplanıp “Warp dyeing” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.7.).

FileEditCalculateToolsWindowHelp

Home

Find

Save

Print

Cut

Copy

Paste

Undo

Redo

A+B

D+A

42

Settings

Diagram

Table

Chart

Help

Calculator

DocumentationInput/outputParametersSystem description

Products

Outputs to technosphere: Products and co-products

	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Category	Comment
c_WARP DYEING	1	m	Length	100 %	TextilesBOSSA	

Add

Outputs to technosphere: Avoided products

	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
--	--------	------	--------------	------------	-----	-----	---------

Add

Inputs

Inputs from nature

Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
-----------------	--------	------	--------------	------------	-----	-----	---------

Add

Inputs from technosphere: materials/fuels

	Amount	Unit	Distrib	SD2	Min	Max	Comment
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S	9,4	kg	Undefir				ÖN İŞLEM + BOYAMA + HAŞIL
Ethoxylated alcohol (AE11) (GLO) market for Alloc Def, S	0,000895	kg					
Naphthalene sulfonic acid (GLO) market for Alloc Def, S	0	kg	Undefir				
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (GLO)	0,0005	kg					
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (GLO)	0,00212	kg					
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (GLO)	0,00252	kg					
Sodium hydrosulfide (GLO) market for Alloc Def, S	0	kg	Undefir				
Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state (GLO) market for	0,0717	kg					
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (GLO)	0	kg	Undefir				
Acetic acid, without water, in 98% solution state (GLO) market for Alloc D	0,00796	kg					
Chemical, organic (GLO) market for Alloc Def, S	0	kg	Undefir				
Chemical, inorganic (GLO) market for chemicals, inorganic Alloc Def, S	0,00671	kg					
Chemical, inorganic (GLO) market for chemicals, inorganic Alloc Def, S	0,0566	kg					
Chemical, inorganic (GLO) market for chemicals, inorganic Alloc Def, S	0,019	kg					

Add

Inputs from technosphere: electricity/heat

	Amount	Unit	Distri	SD2	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S	0,089	kWh	Unde				
Heat, district or industrial, natural gas (RER) market group for Alloc Def, S	0,00897	MJ					1 Sm3 = 8250 kcal, 1 kcal =

Add

BOSSA

8.5.2.2 Developer

Microsoft Excel

U2

C:\Users\Public\Do...

TR

Şekil 3.7. Çözgü Boyama Prosesi Oluşturulması

Çözgü boyama prosesinden sonra üretim akışına göre haşılama prosesi gelmektedir. Üretimde slasher boyama makinesi kullanıldığı için boyama ve haşıl prosesleri aynı makinede gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla haşılama prosesinde kullanılan su, doğalgaz ve elektrik tüketimleri ortak olduğu için boyama prosesine eklenmiştir. Haşılama prosesini programa tanımlarken, 1 metre iplik haşıllamak için kullanılan kimyasallar hesaplanarak “Sizing” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.8).

Products							
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Category	Comment	
c_SIZING	1	m	Length	100 %	Textiles/BOSSA		
Add							
Outputs to technosphere: Avoided products							
Add	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add							
Inputs							
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Inputs from technosphere: materials/fuels							
Maize starch (GLO) market for Alloc Def, S		0,0027	kg				
Vinyl acetate (GLO) market for Alloc Def, S		0,0053	kg				
Chemical, organic (GLO) market for Alloc Def, S		0,00147	kg				
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S		0	kg	Undefin			
Add							
Inputs from technosphere: electricity/heat							
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S		0	kWh	Unde			
Heat, district or industrial, natural gas (BGR) market group for Alloc Def, S		0	MJ	Unde			1.5M3 = 8250 kcal, 1 kcal =
Add							

Şekil 3.8. Çözgü Boyama Prosesi Oluşturulması

Haşılama prosesinden sonra dokuma prosesi gelmektedir. Proses tanımlanırken 1 metre kumaş dokumak için gerekli elektrik tüketimi kWh cinsinden hesaplanıp, “Weaving” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.9.).

Products							
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Category	Comment	
e_WEAVING	1	m	Length	100 %	Textiles/BOSSA		
Add							
Outputs to technosphere: Avoided products							
Add	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add							
Inputs							
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Inputs from technosphere: materials/fuels							
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S		0	kg	Undefin			
Add							
Inputs from technosphere: electricity/heat							
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S		0,94	kWh	Unde			
Add							
Outputs							
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							

Şekil 3.9. Dokuma Prosesi Oluşturulması

Dokuma prosesinden sonra kumaşın boyanma prosesi gelmektedir. Üretimi gerçekleştirilen kumaşın boyanmasını tanımlarken, 1 metre kumaş boyamak için kumaş boyama reçetesindeki kimyasallar, kullanılan elektrik, su ve doğalgaz hesaplanıp, “Over dyeing”(OD) sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.10.).

f. OD									
Add		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Inputs from nature									
Add									
Inputs from materials/fuels									
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (RoW)		0,00245	kg	Undefir					
Acetic acid, without water, in 98% solution state (GLO) market for Alloc D		0,01813	kg	Undefir					
Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state (GLO) market for		0,014453	kg	Undefir					
Chemical, inorganic (GLO) market for chemicals, inorganic Alloc Def, S		0,020005	kg	Undefir					
Chemical, inorganic (GLO) market for chemicals, inorganic Alloc Def, S		0,038739	kg	Undefir					
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (RER)		0,00245	kg	Undefir					
Chemical, organic (GLO) market for Alloc Def, S		0,010116	kg	Undefir					
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S		11,1	kg						
Add									
Inputs from electricity/heat									
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S		0,09	kWh	Unde					
Heat, district or industrial, natural gas (RER) market group for Alloc Def, S		3,35	MJ						1 Sm3 = 8250 kcal, 1 kcal =

Şekil 3.10. Kumaş Boyama Prosesinin Oluşturulması

Kumaş boyama prosesinden sonra kumaş bitim işlemi prosesi gelmektedir. Boyanan kumaşın bitim işlemi tanımlanırken, 1 metre kumaşa bitim işlemi uygulamak için kullanılan kimyasallar, kullanılan elektrik, su ve doğalgaz hesaplanıp, “Finish flex” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.11.).

Products							
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Category	Comment	
g_FINISH FLEX	1	m	Length	100 %	Textiles/BOSSA		
Add							
Inputs							
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribu	SD2 o	Min	Max	Comment
Fatty alcohol sulfate (RoW) market for Alloc Def, S	0,002808	kg	Undefin				
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (RoW)	0,000187	kg	Undefin				
Acetic acid, without water, in 98% solution state (GLO) market for Alloc D	0,001123	kg	Undefin				
Chemical, organic (GLO) market for Alloc Def, S	0,004212	kg	Undefin				
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S	0,33	kg	Undefin				
Add							
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distri	SD2	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S	0,08	kWh	Unde				
Heat, district or industrial, natural gas (RER) market group for Alloc Def, S	3,35	MJ					1 Sm3 = 8250 kcal, 1 kcal =
Add							
Outputs							
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							

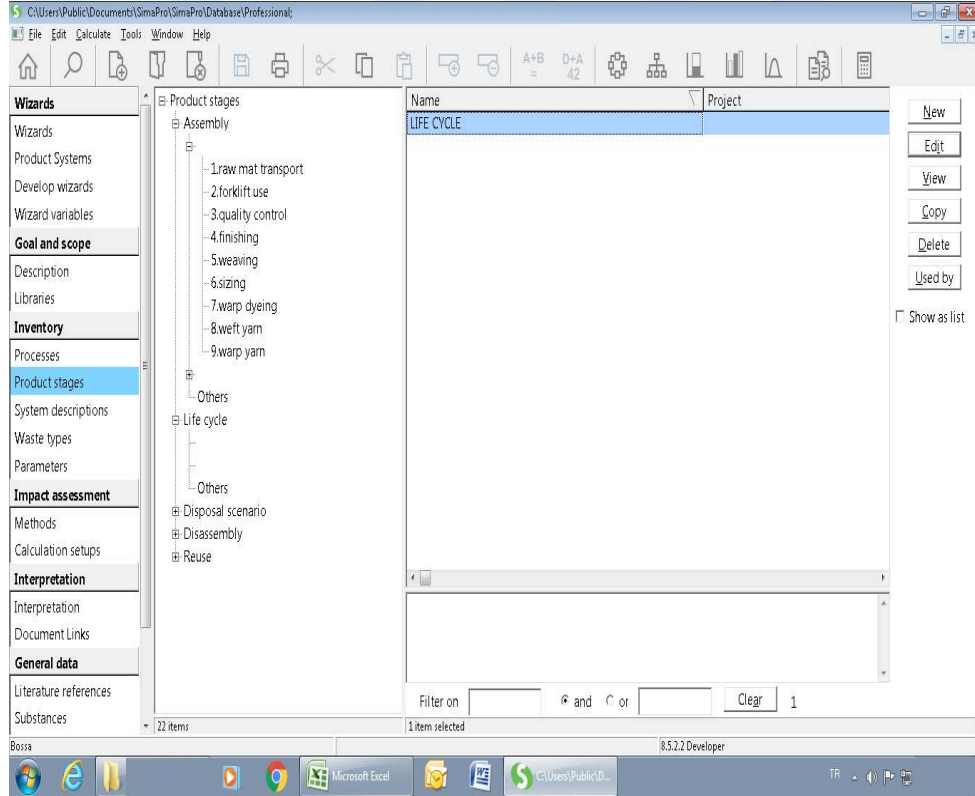
Şekil 3.11. Kumaş Bitim İşlemi Prosesinin Oluşturulması

Kumaş bitim işlemi prosesinden sonra kumaş kalite kontrol prosesi gelmektedir. Proses tanımlanırken 1 metre kumaş kontrol etmek için gerekli elektrik tüketimi kWh cinsinden hesaplanıp, “Quality control” sekmesine eklenmiştir (Şekil 3.12.).

Products							
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation	Category	Comment	
h_QUALITY CONTROL	1	m	Length	100 %	Textiles/BOSSA		
Add							
Inputs							
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribu	SD2 o	Min	Max	Comment
Fatty alcohol sulfate (RoW) market for Alloc Def, S	0,002808	kg	Undefin				
Phosphoric acid, industrial grade, without water, in 85% solution state (RoW)	0,000187	kg	Undefin				
Acetic acid, without water, in 98% solution state (GLO) market for Alloc D	0,001123	kg	Undefin				
Chemical, organic (GLO) market for Alloc Def, S	0,004212	kg	Undefin				
Water, deionised, from tap water, at user (GLO) market for Alloc Def, S	0,33	kg	Undefin				
Add							
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distri	SD2	Min	Max	Comment
Electricity, low voltage (TR) market for Alloc Def, S	0,0139	kWh					
Add							
Outputs							
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
Add							

Şekil 3.12. Kumaş Kalite Kontrol Prosesi Oluşturulması

Yaşam döngüsü analizi için materyalleri ve üretim proseslerini tanımladıktan sonra kumaş üretimindeki iş akışı göz önünde bulundurularak bu verilerin birbirleriyle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu birleştirme tanımlanırken proje içerisine “Assembly” kısmı oluşturulmaktadır. Oluşturulan her bir aşamanın bir önceki aşamayla bağlantısı sağlanarak programın tüm üretim proseslerindeki tüketimlerinin hesaplaması sağlanmaktadır. Assembly kısmında materyal ve üretim proseslerine dahil edilmeyen; üretimdeki telef miktarları, işletme içindeki forklift kullanımından kaynaklanan yakıt miktarı ve hammaddelerin taşınması sırasındaki tüketilen yakıt miktarları da hesaplanarak programa tanımlanmıştır (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Birleştirme Kısmının Tanımlanması

Assembly kısmında birleştirme basamaklarından ilk önce çözgü ipliği birleştirilmesinin yapılacağı “Warp yarn” basamağıdır. Basamağı oluştururken, programa tanımlanan pamuk lifi (cotton fibre) ile çözgü ipliği eğirme prosesi (Spinnig warp yarn) ilişkilendirilmektedir. Bu basamakta programa 1 metre çözgü ipliği eğirmek için kaç kilogram pamuk elyafı kullanılmalıdır sorusunun cevabı tanımlanmaktadır (Şekil 3.14).

Name	Status	Comment
warp yarn	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comm
a1 - COTTON FIBER	1,16250	kg	Undefined				
Add							

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
a_SPINNING WARP YARN	1	kg	Undefined				
Add							

Image

Şekil 3.14. Çözgü İpliği Üretimi Basamağının Oluşturulması

Atkı ipliği basamağı oluşturulurken, programa tanımlanan pamuk lifi (Cotton fibre) ve elastan (Elastane) ile atkı ipliği eğirme prosesi (Spinnig weft yarn) ilişkilendirilmektedir. Bu basamakta programa 1 metre atkı ipliği eğirmek için kaç kilogram pamuk elyafı ve elastan kullanılmalıdır sorusunun cevabı tanımlanmaktadır (Şekil 3.15).

Name	Status	Comment
weft yarn	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comm
a1 - COTTON FIBER	1.08	kg					
a2 - ELASTANE	0.05755	kg	Undefined				
Add							

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
b_SPINNING WEFT YARN	1	kg	Undefined				
Add							

Image

Şekil 3.15. Atkı İpliği Üretimi Basamağının Oluşturulması

Atkı ipliği oluşturulmasından sonra tanımlanan diğer basamak çözgü ipliği boyama basamağıdır. Bu basamakta programa 1 metre çözgü ipliği boyamak için

kaç kilogram çözgü ipliğine (Cotton fibre) ihtiyaç vardır sorusunun cevabı tanımlanmaktadır (Şekil 3.16).

Name	Status	Comment
warp dyeing	None	

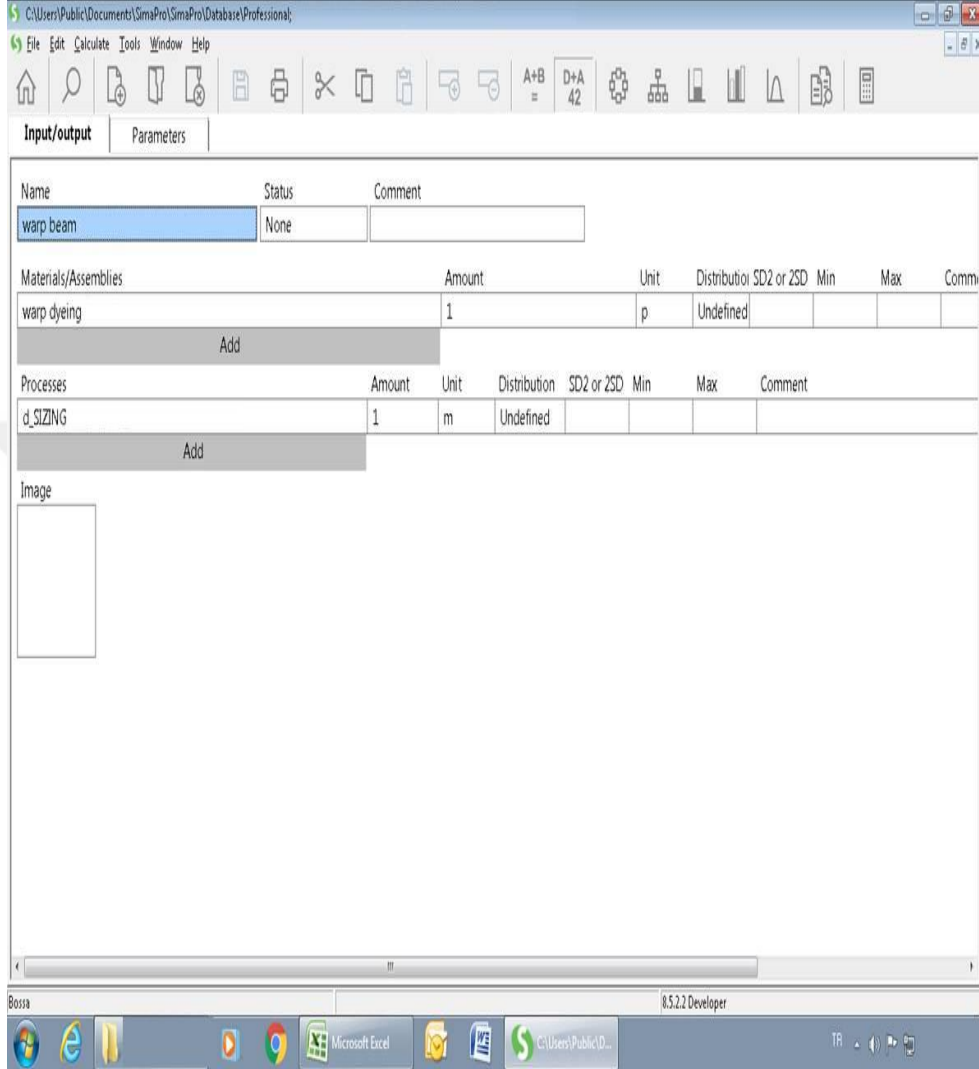
Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comm
warp yarn	0,256	p					
Add							

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comment
C_WARP DYEING	1	m	Undefined				
Add							

Image

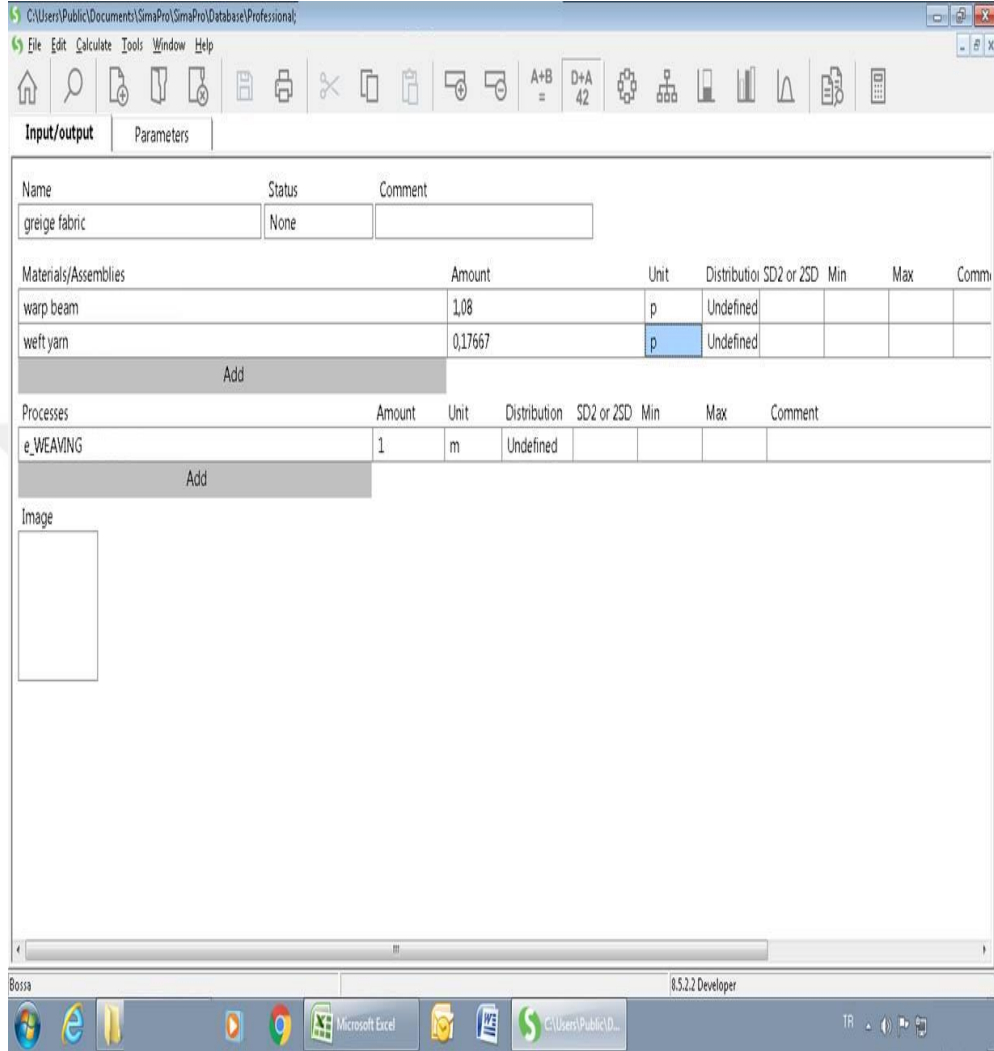
Şekil 3.16. Çözgü İpliği Boyama Basamağının Oluşturulması

Çözgü ipliği boyama prosesi slasher boyama makinesinde boyandığı için haşılama işlemi de yine aynı makine tarafından yapılmaktadır. Dolayısıyla buradaki tüm tüketim verileri (kullanılan kimyasallar hariç) çözgü boyama basamağına eklenmiştir. Ancak programın basamakları birbiriyle ilişkilendirmesi için haşılama basamağı (Warp beam) da tanımlanmıştır (Şekil 3.17).



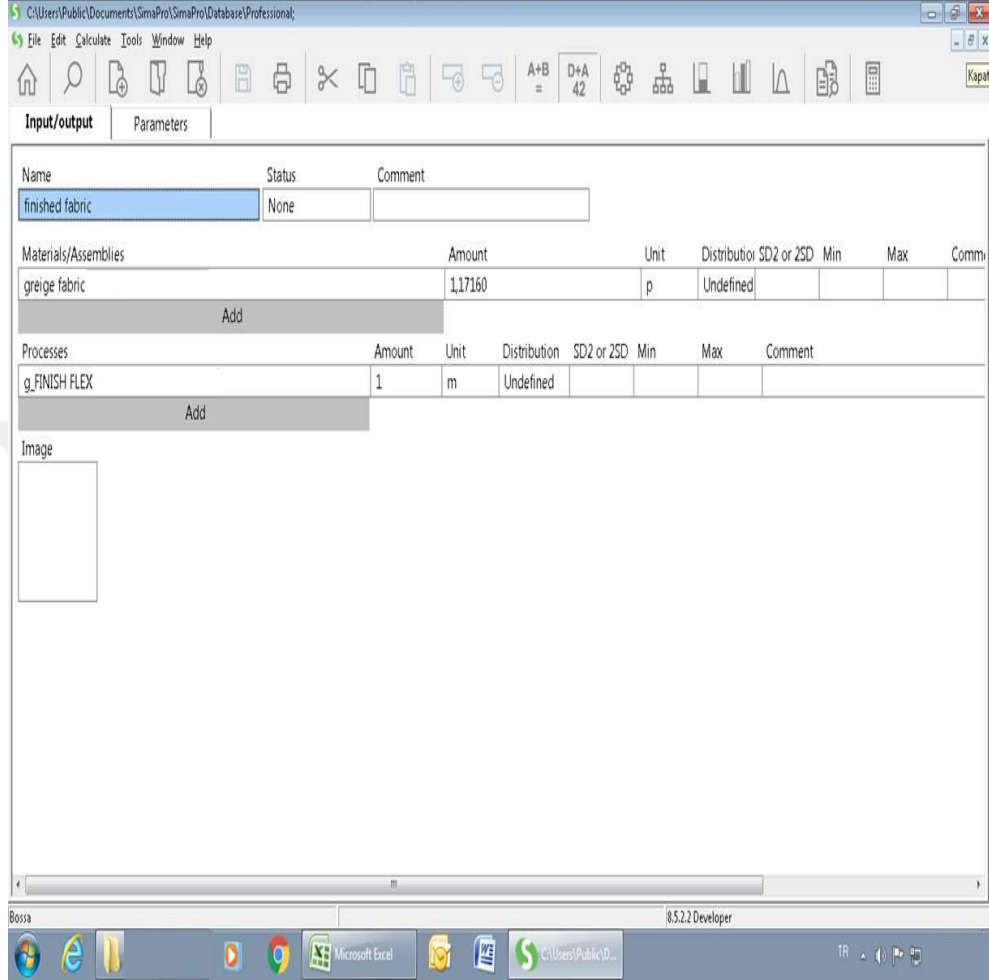
Şekil 3.17. Çözü İpliği Haşılama Basamağının Oluşturulması

Dokuma basamağını oluşturma için atkı ipliği ve haşılanmış çözgü ipliği materyalleri ile dokuma prosesi birleştirilerek bu basamak oluşturulmaktadır. Bu basamakta 1 metre kumaş dokumak için kaç kilogram atkı ve çözgü ipliği kullanılmalıdır sorusunun cevabı programa tanımlanmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Kumaş Dokuma Basamağının Oluşturulması

Dokunmuş ham kumaş üretim basamağı oluşturulduktan sonra üretim akışı doğrultusunda boyama ve bitim işlemleri üretim basamakları gelmektedir. Bu basamakta boyama ve bitim işlemi yapılmış 1 metre kumaş elde edebilmek için bir önceki basamakta tanımlanmış olan kaç metre ham kumaş gereklidir sorusunun cevabı programa tanımlanmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Boyama ve Bitim İşlemi Yapılmış Kumaş Basamağının Oluşturulması

Üretimi gerçekleştirilen her kumaşın ürün olarak sevkiyatı yapılmadan önce son incelendiği proses kalite kontrol basamağıdır. Kalite kontrol basamağı oluşturulurken bu aşamada hatalardan dolayı kaybedilen ürünün telef miktarları hesaplanır. Bu basamakta 1 metre kalite kontrolü yapılmış kumaş için kaç metre bitmiş kumaş gereklidir sorusunun cevabı programa tanımlanmıştır (Şekil 3.20).

Name	Status	Comment
export quality fabric	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comm
finished fabric	1.04	p					96% es

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comment
h_QUALITY CONTROL	1	m	Undefined				

Şekil 3.20. Kalite Kontrol İşlemi Yapılmış Kumaş Basamağının Oluşturulması

Üretim proseslerinin bitiminin ardından, kumaş üretim prosesleri arasındaki ilişkiler oluşturulan basamaklarla birbirlerine tanımlanmıştır. Programa tanımlanması gereken basamaklardan bir diğeri üretim proseslerinin başından sonuna kadar kullanılan forklift kullanımı basamağıdır. Bu basamakta 1 metre bitmiş kumaş üretmek için kaç Mj'lük (megajoule) propan gazı gereklidir sorusunun cevabı programa tanımlanmıştır (Şekil 3.21).

Name	Status	Comment
export fabric + forklift use	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comm
export quality fabric	1	p	Undefined				

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comment
Propane, burned in building machine (GLO)	0.1099	MJ	Undefined				

Şekil 3.21. Forklift Kullanımı ve Bitmiş Kumaş Basamağının Oluşturulması

Forklift kullanımı ve bitmiş kumaş basamağının ardından oluşturulması gereken diğer basamak, hammadde tedariki için kullanılan yakıt miktarlarının hesaplandığı lojistik basamağıdır. Bu basamakta hangi hammadde için hangi ulaşım aracının hangi yakıt tipini kullandığı ve 1 ton hammadde için kaç kilometre yakıt yaktığı hesaplanarak programa tanımlanmıştır (Şekil 3.22).

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or ZSD	Min	Max	Comment
Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 (GLO) market for Alloc Def, S	0,697	tkm	Undefined				
Transport, freight, sea, transoceanic ship (GLO) market for Alloc Def, S	0,377	tkm	Undefined				
Transport, freight train (Europe without Switzerland) market for Alloc Def, S	0,001045	tkm	Undefined				
Transport, freight, aircraft (GLO) market for Alloc Def, S	0	tkm	Undefined				

Şekil 3.22. Hammadde Lojistik Basamağının Oluşturulması

Lojistik basamağının üretim prosesleriyle bir ilişkisi bulunmadığı için üretim basamaklarının son birleşim yeri olan forklift kullanımı ve bitmiş kumaş basamağıyla ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Oluşturulan bu yeni basamakta programa iki basamağın zararlı etkilerinin birlikte hesaplanması tanımlanmıştır (Şekil 3.23).

Name	Status	Comment
export fabric + transport	None	

Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comm
RAW MATERIAL TRANSPORT	1	p	Undefined				
export fabric + forklift use	1	p	Undefined				

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment

Şekil 3.23. Bitmiş Kumaş Ve Lojistik Birleştirme Basamağının Oluşturulması

En son basamak, bitmiş kumaş ve lojistik basamağı oluşturulduktan sonra programın hesaplamaları yapabilmesi için oluşturulan yaşam döngüsü basamağıdır. Bu basamakta programa assembly kısmında yer alan tüm basamakların zararlı etkilerinin hesaplanması tanımlanmıştır (Şekil 3.24).

Name	Status	Comment
LIFE CYCLE	None	

Assembly	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
export fabric - transport	1	p	Undefined				

Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment

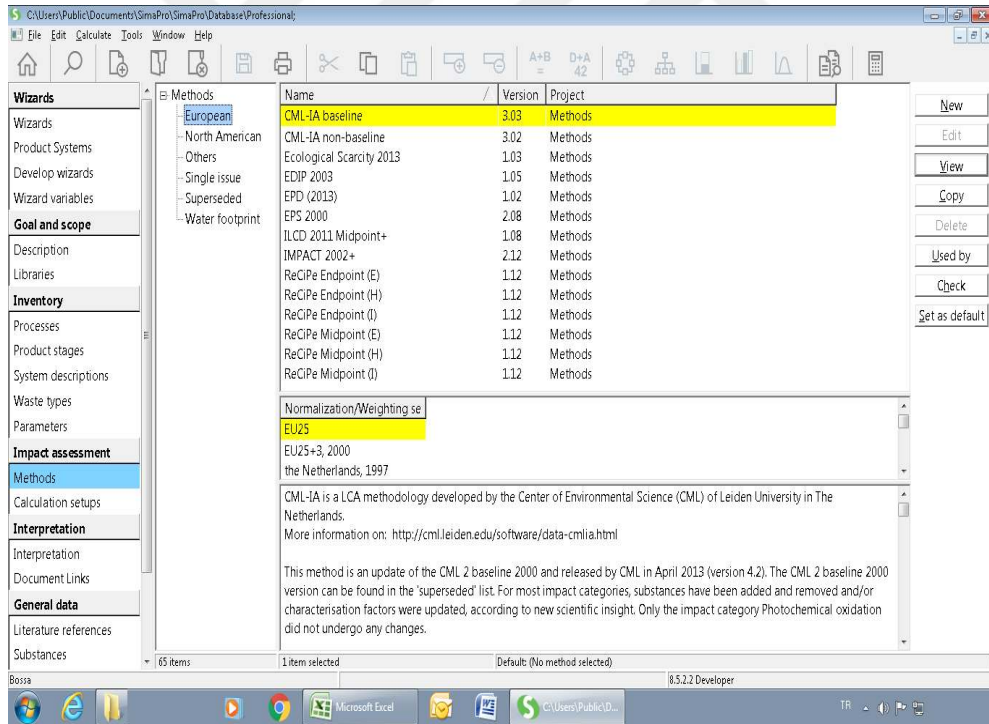
Waste/Disposal scenario	Comment

Additional life cycles	Number	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment

Şekil 3.24. Yaşam Döngüsü Basamağının Oluşturulması

Yaşam döngüsü basamağının ardından üretilen denim kumaş tipinin tüm basamakları programa tanımlanmış materyal ve proseslerin birbirleriyle ilişkilendirilmesiyle programa tanımlanmıştır. Programın hesaplama kısmında sunduğu hesaplama yöntemleri oldukça fazladır. Farklı kuruluşlar ve üniversitelerin farklı birçok hesaplama yöntemi programda mevcuttur. Üretimi gerçekleştirilen denim kumaş tipinin hesaplanmasında kullanılan ve dünyada kullanılan en yaygın metotlardan birisi olan CML-IA metodudur. Bu metod Hollanda'nın Leiden Üniversitesi'nde geliştirilmiş olup, veri tabanının geçmişi 2000 yılına dayanmaktadır.

Hesaplamanın tamamlanması için program içinde yer alan metotlardan biri seçilerek çıkan ekranda “Calculate” sekmesine tıklanmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Hesaplama Yönteminin Seçilmesi



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

1 metre tül denim kumaş üretiminin yaşam döngüsü analizi sonuçlarına ait bulgular detaylı bir şekilde bu kısımda verilmiştir.

4.1. Denim Kumaş Üretiminin Yaşam Döngüsü Sonuçları ve Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü analizinde sınıflandırma ile etkiler belirlendikten sonra toplanan veriler belirli etkilere denk gelecek şekilde karakterize edilmekte, diğer bir deyişle emisyonların etki kategorilerine olan katkıları hesaplanmaktadır. Karakterizasyon sonuçlarında, her bir etki kendi birimiyle ifade edilmekte ve sonuçlar yüzde cinsinden verilebilmektedir. CML IA yöntemine göre yapılan denim kumaş üretiminin yaşam döngüsü etki analizinin toplu karakterizasyon sonuçları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Karşılaştırılabilen potansiyel etkileri açıklamak için nomalizasyon yöntemi kullanılmaktadır. Normalizasyon bir LCA çalışmasında zorunlu olmamakla birlikte sınıf gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Normalizasyonda etki göstergeleri seçilmiş referans değerlere bölünerek normalize edilmektedir. Referans değer, belli bir alan için ya da belli bir kişi için söz konusu olan emisyon veya kaynak kullanımı referans değer olarak seçilebilmektedir. Normalize edilen veriler sadece bir etki kategorisi için karşılaştırılabilir. Normalizasyon sonuçları ise etki yüzdelerine göre Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Normalizasyon sonuçlarının birimsiz olması nedeni ile etki kategorileri sadece birbirleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Bir metre tül denim kumaş tipi üretimi için etki kategorilerine göre karakterizasyon grafiği Şekil 4.1’de, normalizasyon grafiği ise Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Verilen grafiklerde denim kumaş tipi üretim sürecindeki aşamaların % olarak her bir etki kategorisine olan katkısını ifade etmektedir. Grafikte bulunan her bir etki kategorisi birbirinden bağımsız olarak değerlendirilerek yorumlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Fevzi DİKBAŞ

Çizelge 4.1. Denim Kumaş Üretiminin Toplu Karakterizasyon Sonuçları

Etki Kategorisi	Birim	Toplam	Atkı İpi	Çözü İpi	Slasher	İhzar	Dokuma	Benninger	Terbiye	Kalite Kontrol	Pamuk Nakliyesi
Abiyotik kaynakların tükenmesi	kg Sb eq	2,18E-05	3,48E-06	5,72E-06	1,11E-05	1,05E-07	1,99E-07	1,00E-06	1,50E-07	4,72E-09	2,10E-08
Abiyotik kaynakların tükenmesi (fosil,yakıtlar)	MJ	123,8307	8,8308886	16,862775	76,135074	0,56993615	6,8812427	7,0617964	6,1476897	0,1662304	1,1750654
Küresel ısınma (GWP100a)	kg CO2 eq	6,8320811	0,82870403	1,4978052	3,1085002	0,044209858	0,54340725	0,33725244	0,38167568	0,012304941	0,078221593
Ozon tabakası tükenmesi (ODP)	kg CFC 11 eq	1,39E-06	9,18E-08	1,48E-07	8,85E-07	1,42E-07	1,04E-08	5,83E-08	3,84E-08	1,57E-09	1,37E-08
İnsanlar üzerine olan toksik etki	kg 1,4 DB eq	3,5770899	0,3466551	0,59490227	2,1889165	0,01440174	0,1859766	0,14065582	0,072684061	0,002262769	0,030635064
Tatlı Sulara olan toksik etki	kg 1,4 DB eq	17,942726	6,3731051	10,06237	1,0135606	0,053733901	0,26842768	0,078737489	0,085949653	0,001990865	0,004851062
Denizlere olan toksik etki	kg 1,4 DBeq	6780,2859	895,19236	1633,9116	2943,3903	53,397867	761,18333	221,41454	247,20322	5,576765	19,015849
Kara ekosistemine olan toksik etki	kg 1,4-DBeq	1,2286095	0,4726994	0,74155985	0,008737739	0,002977817	0,001194474	0,000424574	0,000897753	1,26E-05	0,000105278
Fotokimyasal oksidasyon	kg C2H4eq	0,002192119	0,000183034	0,000330414	0,001338128	9,45E-06	0,000122425	0,000108981	6,57E-05	3,38E-06	3,07E-05
Asidifikasyon	kg SO2 eq	0,04229066	0,006620836	0,011356914	0,017562554	0,000210079	0,003061108	0,001283333	0,001235375	3,98E-05	0,000920679
Ötrofikasyon	kg PO4eq	0,017904937	0,003830787	0,006418078	0,004914858	8,37E-05	0,001656462	0,000352188	0,000525832	1,34E-05	0,000109662

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

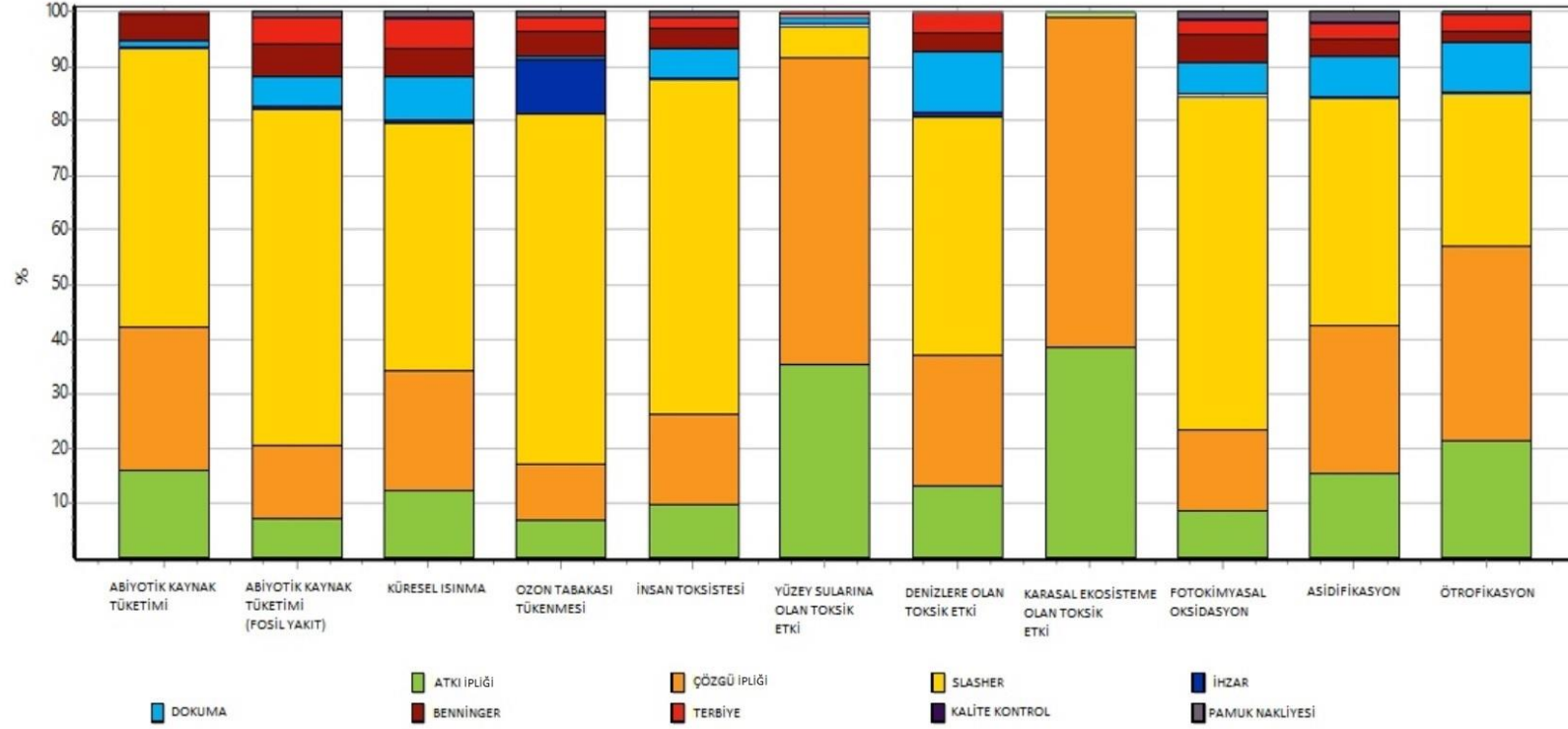
Fevzi DİKBAŞ

Çizelge 4.2. Denim Kumaş Üretiminin Toplu Normalizasyon Sonuçları

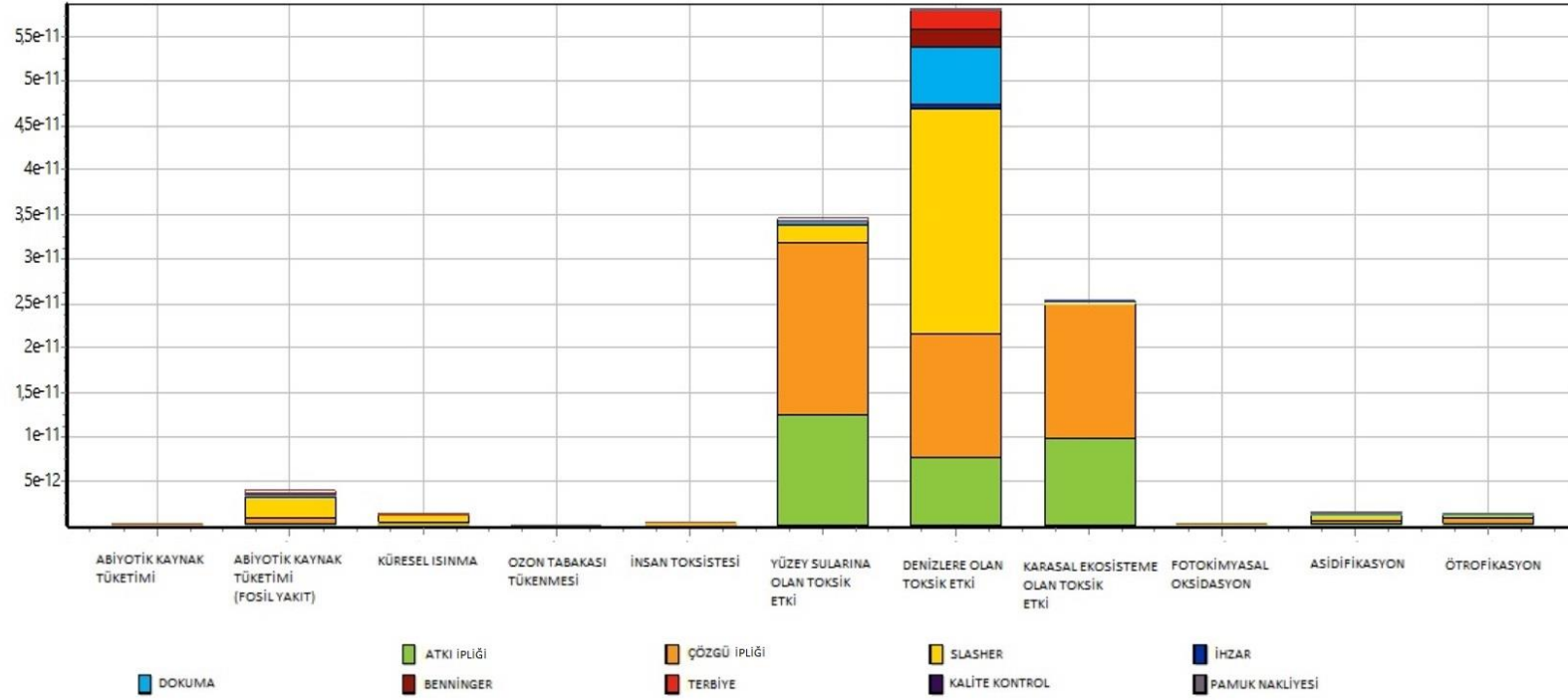
Etki Kategorisi	Toplam	Atkı İpi	Çözü İpi	Slasher	İhzar	Dokuma	Benninger	Terbiye	Kalite Kontrol	Pamuk Nakliyesi
Abiyotik kaynakların tükenmesi	2,57E-13	4,11E-14	6,75E-14	1,31E-13	1,24E-15	2,34E-15	1,18E-14	1,77E-15	5,57E-17	2,48E-16
Abiyotik kaynakların tükenmesi (fosil yakıtlar)	3,94E-12	2,81E-13	5,36E-13	2,42E-12	1,81E-14	2,19E-13	2,25E-13	1,95E-13	5,29E-15	3,74E-14
Küresel ısınma (GWP100a)	1,36E-12	1,65E-13	2,98E-13	6,19E-13	8,80E-15	1,08E-13	6,71E-14	7,60E-14	2,45E-15	1,56E-14
Ozon tabakası tükenmesi (ODP)	1,56E-14	1,03E-15	1,66E-15	9,92E-15	1,59E-15	1,16E-16	6,52E-16	4,30E-16	1,75E-17	1,54E-16
İnsanlar üzerine olan toksik etki	4,61E-13	4,47E-14	7,67E-14	2,82E-13	1,86E-15	2,40E-14	1,81E-14	9,38E-15	2,92E-16	3,95E-15
Tatlı sulara olan toksik etki	3,46E-11	1,23E-11	1,94E-11	1,96E-12	1,04E-13	5,18E-13	1,52E-13	1,66E-13	3,84E-15	9,36E-15
Denizlere olan toksik etki	5,81E-11	7,67E-12	1,40E-11	2,52E-11	4,58E-13	6,52E-12	1,90E-12	2,12E-12	4,78E-14	1,63E-13
Kara ekosistemine olan toksik etki	2,53E-11	9,74E-12	1,53E-11	1,80E-13	6,13E-14	2,46E-14	8,75E-15	1,85E-14	2,60E-16	2,17E-15
Fotokimyasal oksidasyon	2,59E-13	2,16E-14	3,90E-14	1,58E-13	1,11E-15	1,44E-14	1,29E-14	7,75E-15	3,99E-16	3,62E-15
Asidifikasyon	1,50E-12	2,35E-13	4,03E-13	6,23E-13	7,46E-15	1,09E-13	4,56E-14	4,39E-14	1,41E-15	3,27E-14
Ötrofikasyon	1,36E-12	2,90E-13	4,86E-13	3,73E-13	6,34E-15	1,26E-13	2,67E-14	3,99E-14	1,01E-15	8,31E-15

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Fevzi DİKBAŞ



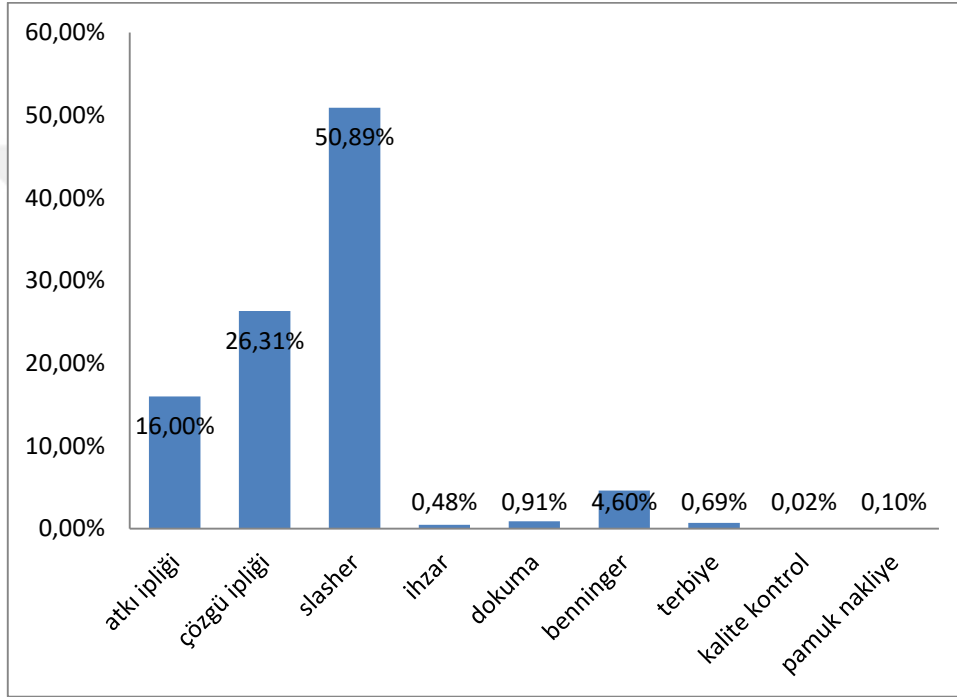
Şekil 4.1. 1 Metre Tül Denim Kumaş Tipi Üretimi İçin Yaşam Döngüsü Karakterizasyon Sonuçları



Şekil 4.2. 1 Metre Tül Denim Kumaş Tipi Üretimi İçin Yaşam Döngüsü Normalizasyon Sonuçları

4.1.1. Abiyotik Kaynakların Tükenmesi Potansiyeli (ADP)

Bu potansiyel, doğal hammadde tüketimini ele almakta ve sonucu kg Sb eşdeğeri olarak verilmektedir. Denim kumaş tipi üretimi yaşam döngüsünde kumaşı oluşturan slasher boyama prosesi abiyotik kaynakların tükenmesine en çok etki eden faktör olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3.).

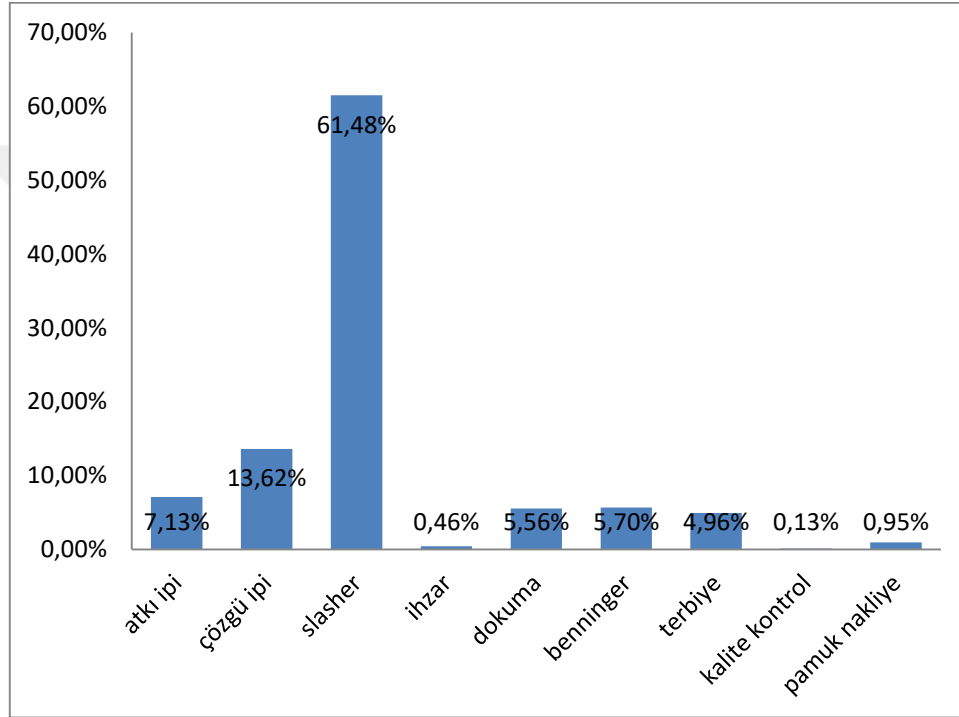


Şekil 4.3. Abiyotik Kaynakların Tükenme Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı

Abiyotik kaynakların tükenmesinde, %50,89 değer ile slasher prosesi büyük bir pay sahibidir. Slasher prosesinde bu etkiye ipliğin indigo boyarmaddesi ile boyanması sırasında harcanan su parametresi sebep olmaktadır. Bu tüketimi sırasıyla çözgü ipliği prosesi (%7,42) ve atkı ipliği prosesi (%16) takip etmektedir.

4.1.2. Fosil Yakıtlar Olarak Abiyotik Kaynakların Tükenmesi Potansiyeli

Bu potansiyel, MJ olarak ifade edilmektedir. Prosesler sırasında kullanılan yakıtların etkisini göstermektedir. Denim kumaş tipi üretimi yaşam döngüsünde kumaşı oluşturan slasher boyama prosesi fosil yakıtlar olarak abiyotik kaynakların tükenmesine en çok etki eden faktör olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4.).

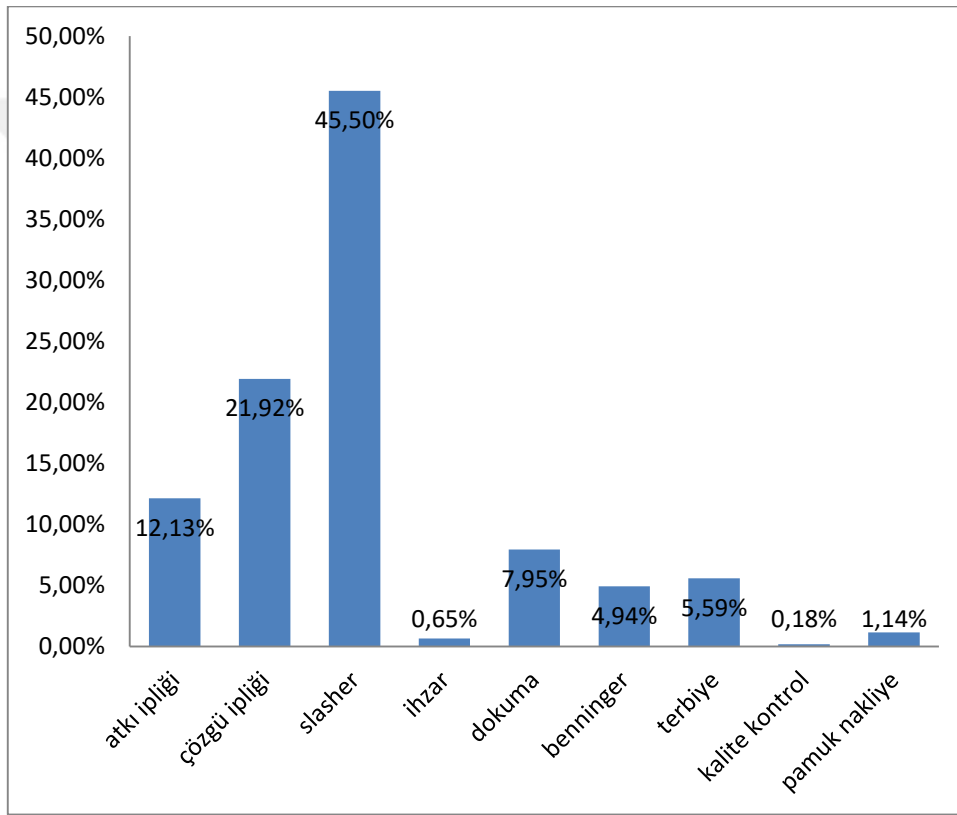


Şekil 4.4. Fosil Yakıtlar Olarak Abiyotik Kaynakların Tükenme Potansiyeline Etki Eden Prosesler

Fosil yakıtlar olarak abiyotik kaynakların tükenmesinde, %61,48 değer ile slasher prosesi büyük bir pay sahibidir. Slasher prosesinde bu etkiye ipliğin indigo boyarmaddesi ile boyanması sırasında harcanan su parametresi sebep olmaktadır. Bu tüketimi sırasıyla çözgü ipliği prosesi (%13,62) ve atkı ipliği prosesi (%7,13) prosesleri takip etmektedir.

4.1.3. Küresel Isınma Potansiyel (GWP)

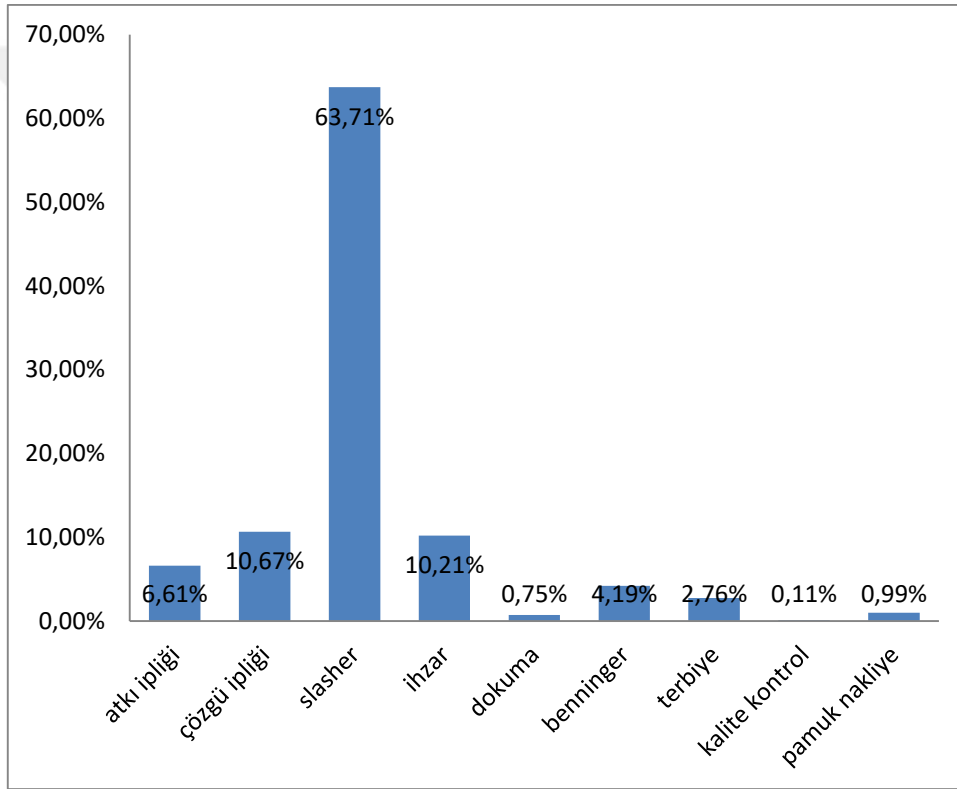
Bu potansiyel, kg CO₂ eşdeğeri şeklinde ifade edilmektedir. Küresel ısınmaya etki eden en önemli etki slasher boyama prosesi (%45,50) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5). Bu tüketimi sırasıyla çözgü ipliği prosesi (%21,92) ve atkı ipliği prosesi (%12,13) prosesleri takip etmektedir. Bu etkiye slasher işlemi sırasında makinelerden atmosfere salınan CO₂ emisyonunun yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Küresel Isınma Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.4. Ozon Tabakasının Tükenmesi (ODP)

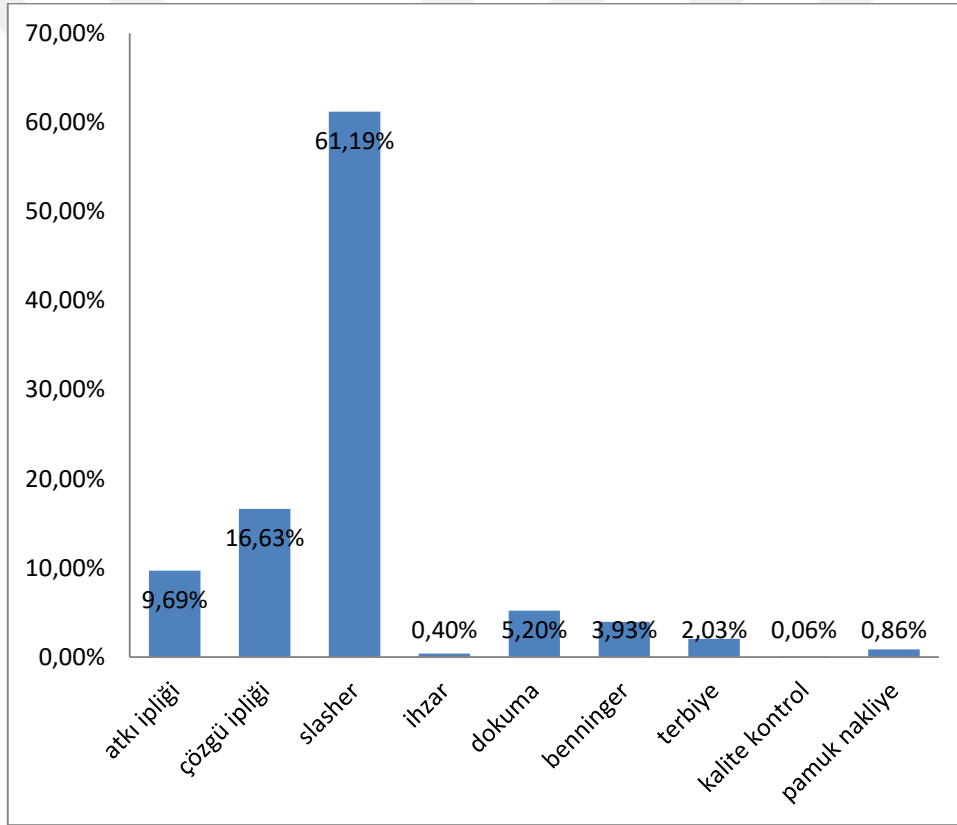
Bu potansiyel, kg CFC-11 eş değeri olarak ifade edilmektedir. İpliğe uygulanan slasher prosesi, ozon tabakası tükenme potansiyelini %63,71 oranında etkilemektedir. Bunu %10,67 lik payla çözgü ipliği prosesi takip etmektedir. Ozon tabakasının tükenmesine etki eden diğer alt kategoriler Şekil 4.6.'da verilmiştir. Denim kumaş tipi üretimi sırasındaki slasher prosesinde ortaya çıkan halojenli gazlar ozon tabakasının tükenmesine etki eden en büyük faktörlerdir.



Şekil 4.6. Ozon Tabakasının Tükenme Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.5. İnsanlar Üzerine Olan Toksik Etki (HTP)

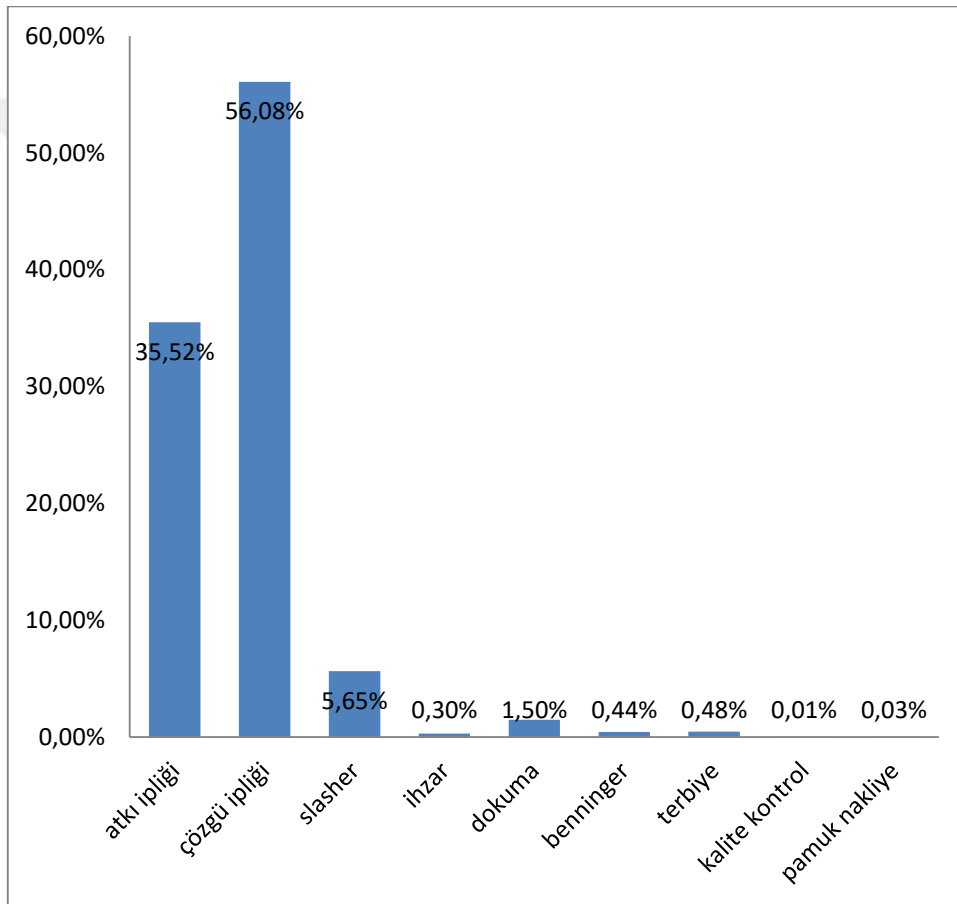
Bu potansiyel, kg 1,4 DB (dikloro benzen) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. İnsanlar üzerindeki toksik etkiye slasher prosesi %61,19 ile en büyük katkıda bulunurken, denim kumaş tipi üretimindeki çözgü ipliği prosesi %16,63 oranında etki etmektedir (Şekil 4.7). İnsanlar üzerindeki toksik etkinin havaya ve suya olan etkileri ayrı ayrı değerlendirildiğinde; havaya olan en büyük etki boyarmadde hammadde üretimleri ve slasher prosesi sırasında ortaya çıkan hava emisyonlarıdır.



Şekil 4.7. İnsan Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.6. Tatlı Sulara Olan Toksik Etki

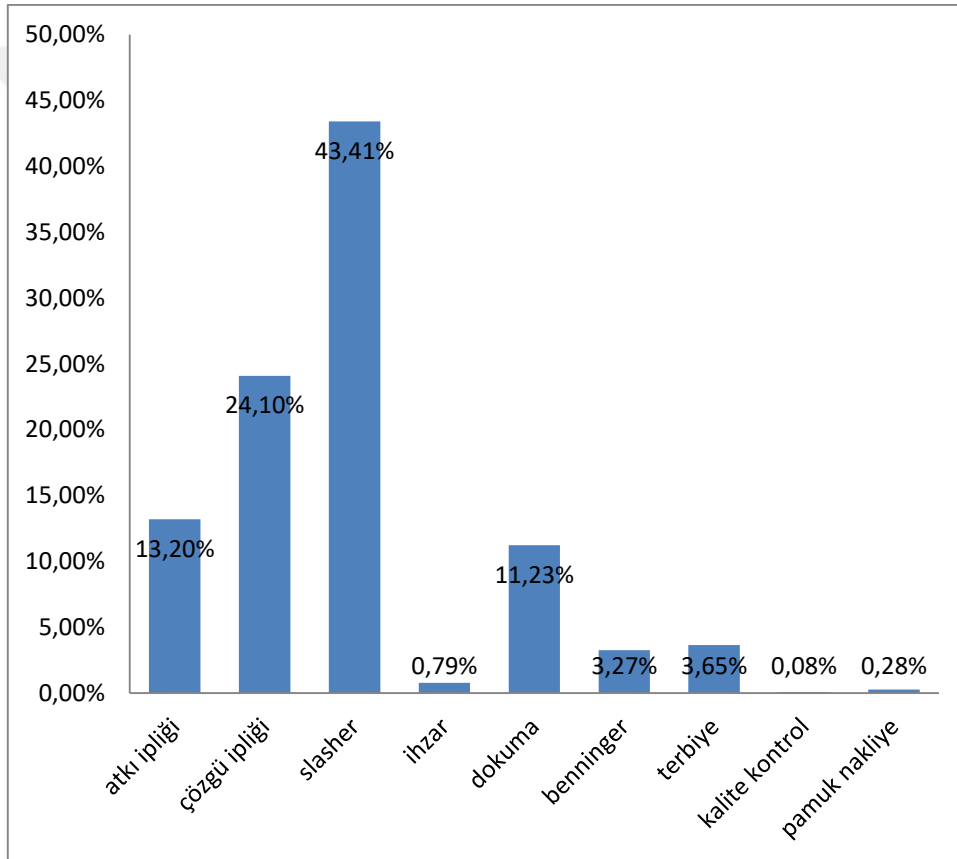
Bu potansiyel, kg 1,4 DB (dikloro benzen) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Çözgü ipliği prosesi, %56,08 ile tatlı sulara olan toksisiteye en fazla etki eden proses olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8). Bunu %35,52 etki ile atkı ipliği prosesi takip etmektedir. Bu noktada iki prosesde de kullanılan pamuk elyafının büyük bir toksik etkiye yol açtığı düşünülmektedir.



Şekil 4.8. Yüzey Suları Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.7. Denizlere olan toksik etki (FAETP)

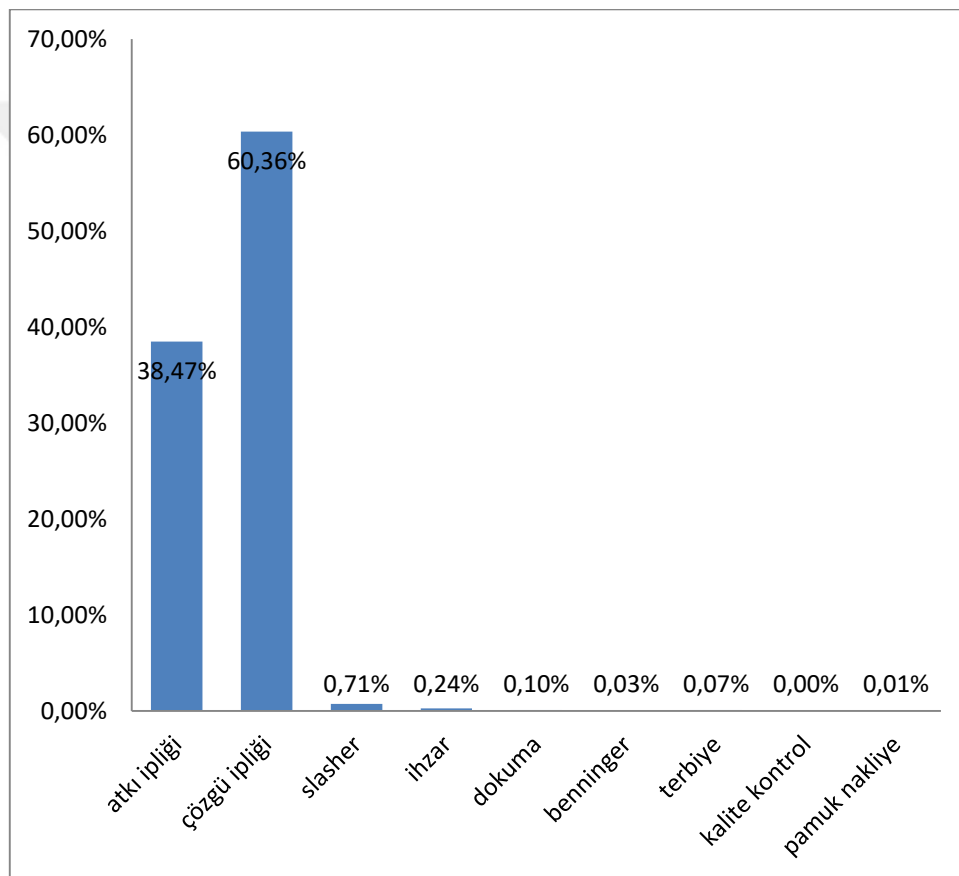
Bu potansiyel, kg 1,4 DB (dikloro benzen) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. İpliğe uygulanan slasher prosesi, %43,41 ile deniz sularına olan toksisiteye en fazla etki eden proses olarak belirlenmiştir (Şekil 4.9.). Bunun nedeni kimyasal madde üretim tesisi ile denim kumaş tipi üretim tesisi arasındaki mesafeden dolayı deniz ulaşımının uzun sürmesi ve atıkların denize ulaşması olarak düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Deniz Suyu Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.8. Kara ekosistemine olan toksik etki (TEP),

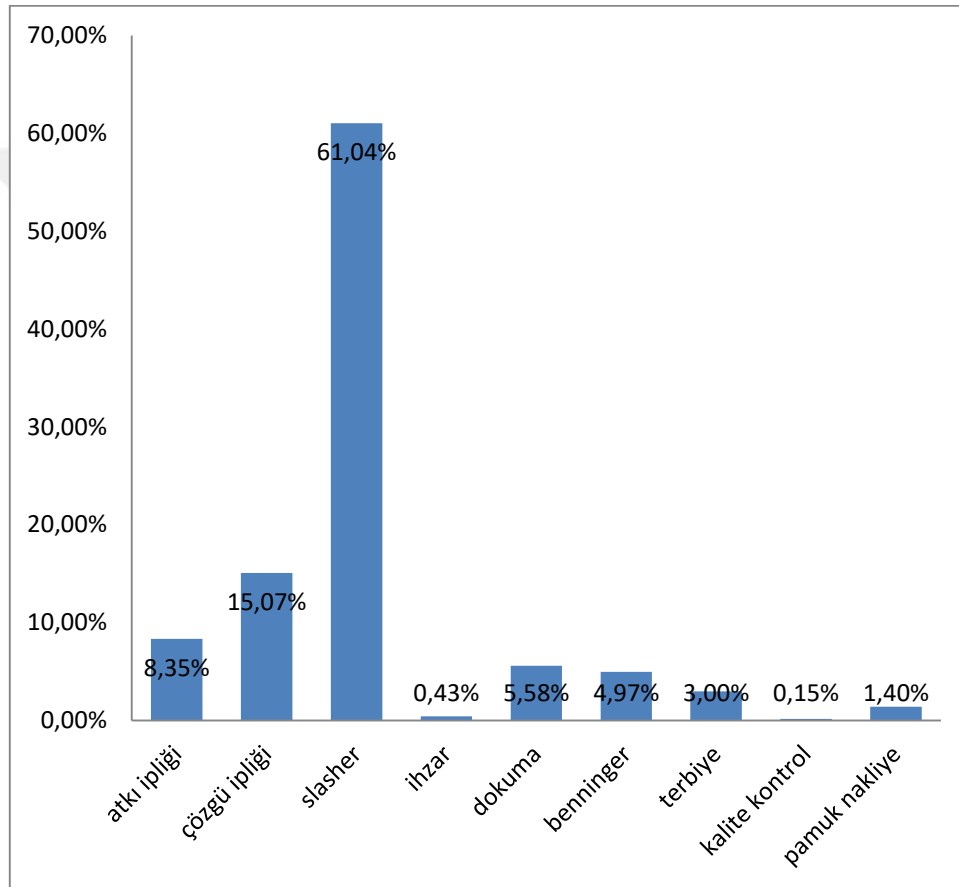
Bu potansiyel, kg 1,4 DB (dikloro benzen) eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Bu noktada çözgü ipliği prosesi %60,36 değer ile kara ekosistemine olan en yüksek toksik etkiye neden olurken, onu %38,47 değer ile atkı ipliği prosesi izlemektedir (Şekil 4.10.). Bu etkiye, iplik prosesleri sırasında kullanılan pamuk hammaddeleri doğadan elde edilmesinin neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.10. Kara Ekosistemi Toksisitesine Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.9. Fotokimyasal oksidasyon (POP)

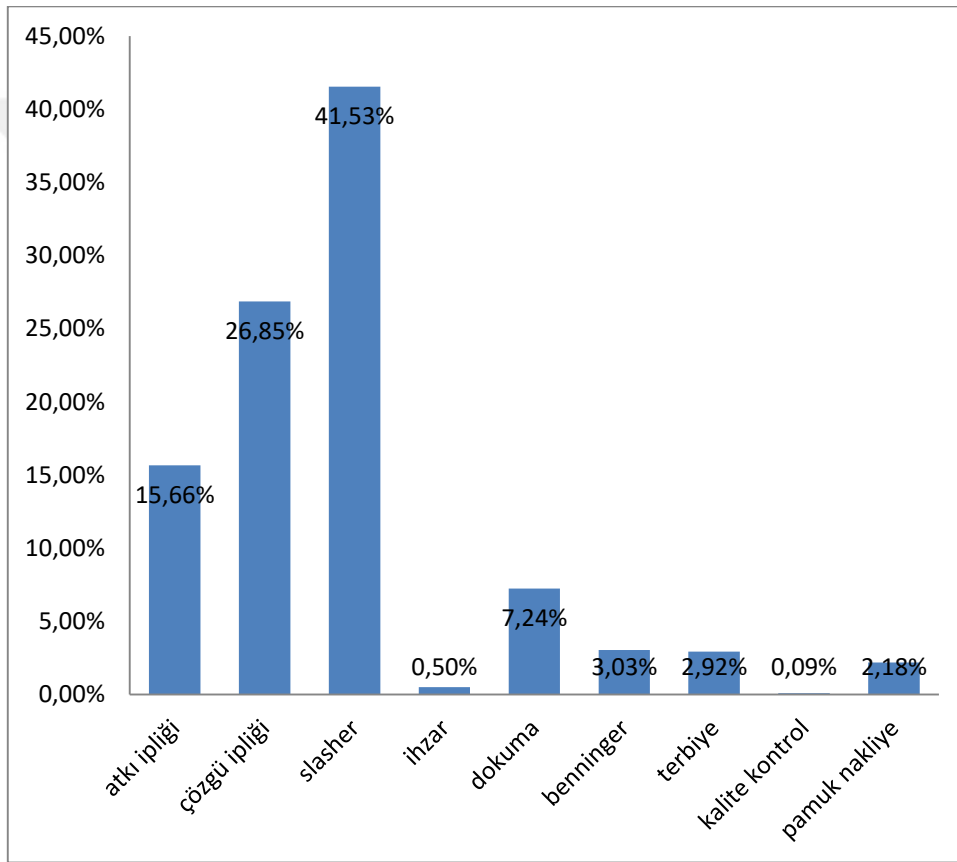
Bu potansiyel, kg C₂H₄ eş değeri olarak ifade edilmektedir. Bu noktada slasher prosesi, %61,04 oranında fotokimyasal oksidasyona etki ederken (Şekil 4.11.) bu etkiyi çözgü ipliği ve atkı ipliği prosesleri takip etmektedir. Bu etkiye, slasher prosesi sırasında ortaya çıkan emisyonların neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.11. Fotokimyasal Oksidasyona Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.10. Asidifikasyon potansiyeli (AP)

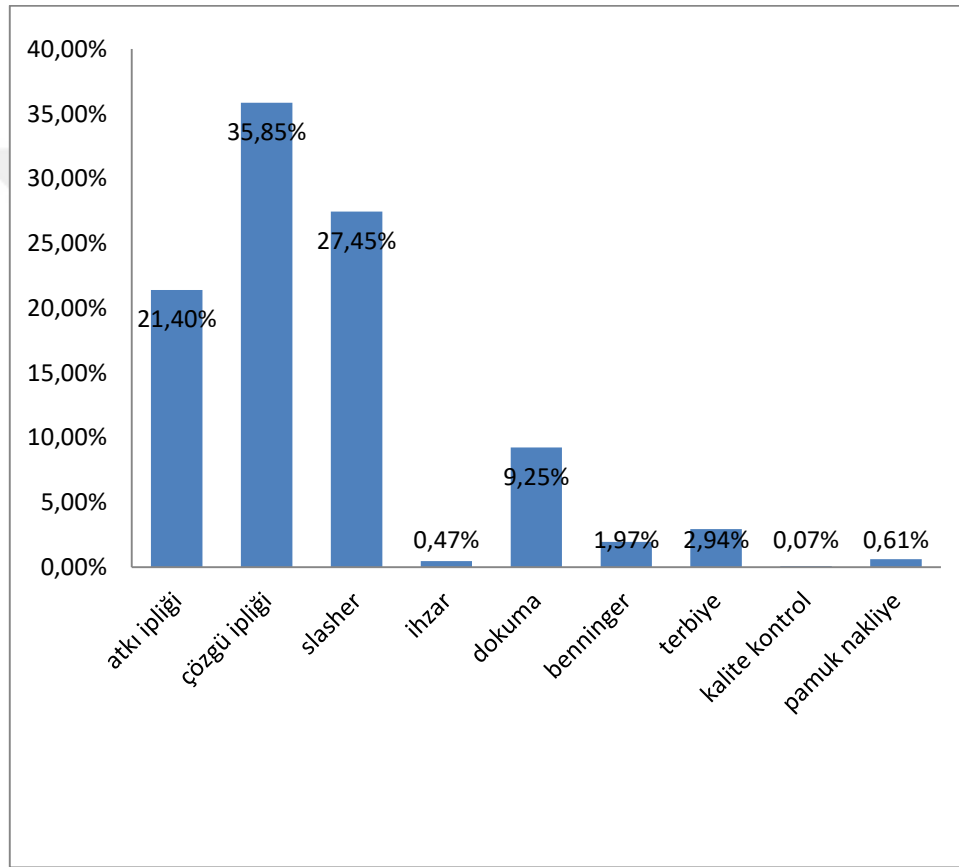
Bu potansiyel, kg SO₂ eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Denim kumaş tipi üretimi sırasında gerçekleşen slasher prosesi %41,53 oranında asidifikasyona etki ederken (Şekil 4.12.) bunu %26,85 oranla çözgü ipliği prosesi takip etmektedir. Bu prosesler sırasında açığa çıkan SO₂ ve NO_x gazlarının asidifikasyon potansiyeline etki ettiği belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Asidifikasyon Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı

4.1.11. Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)

Bu potansiyel, kg PO₄ eşdeğeri olarak verilmektedir. Etki sonuçları incelendiğinde en büyük etkiye %35,85 değer ile çözgü ipliği prosesi etki ederken (Şekil 4.13.), onu %27,45 değer ile slasher ve %21,40 değer ile atkı ipliği prosesleri takip etmektedir.



Şekil 4.13. Ötrofikasyon Potansiyeline Etki Eden Proseslerin Dağılımı

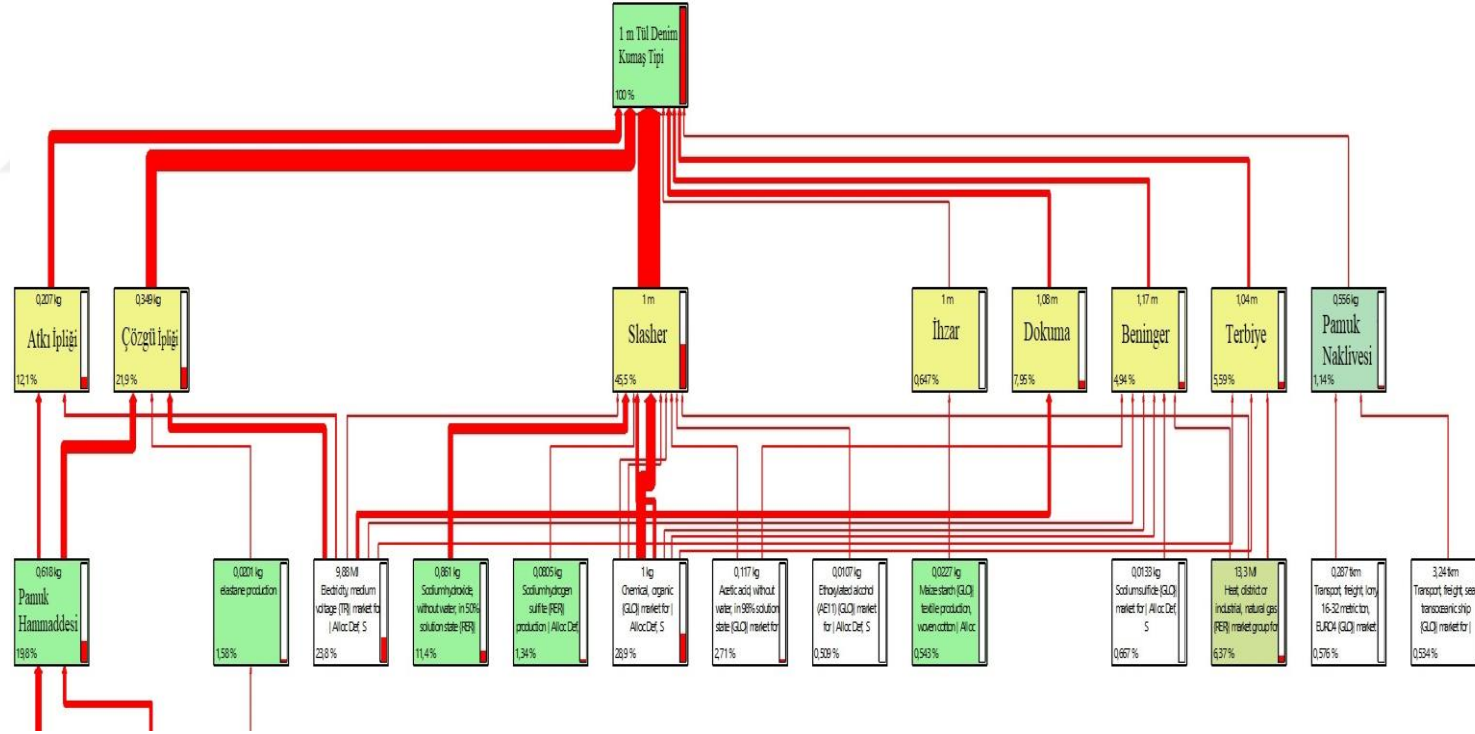
4.2. Denim Kumaş Proses Akış Diyagramı

Denim kumaş proses akış diyagramı, yaşam döngüsü analizine tabi tutulan 1 metre tül denim kumaş tipinin her bir prosesinde yer alan zararlı etkiyi ayrı ayrı göstermektedir (Şekil 4.14). Bu etkilerin sebebi olan etmenler, diyagramda proses kategorilerin altlarına konumlandırılmıştır. Konumlandırılan proses etmenleri kendi içerisinde alt etmenlere ayrılmaktadır.

Diyagramda proses kategorilerinin ve alt etmenlerinin bulundukları kutuların sağ tarafında etki değerlerinin yüzdelik olarak oranını gösteren kırmızı bar yer almaktadır. Barda kırmızıyla gösterilen bu değer proses kategorilerinden alt etmenlere inildikçe azalmaktadır. Bunun sebebi prosesi oluşturan her bir etkinin, çevreye verdiği zararın spesifik olarak hesaplanmasıdır. Hesaplanan bu alt etmen değerlerinin toplamı oluşturdıkları prosesin etki yüzdesini vermektedir.

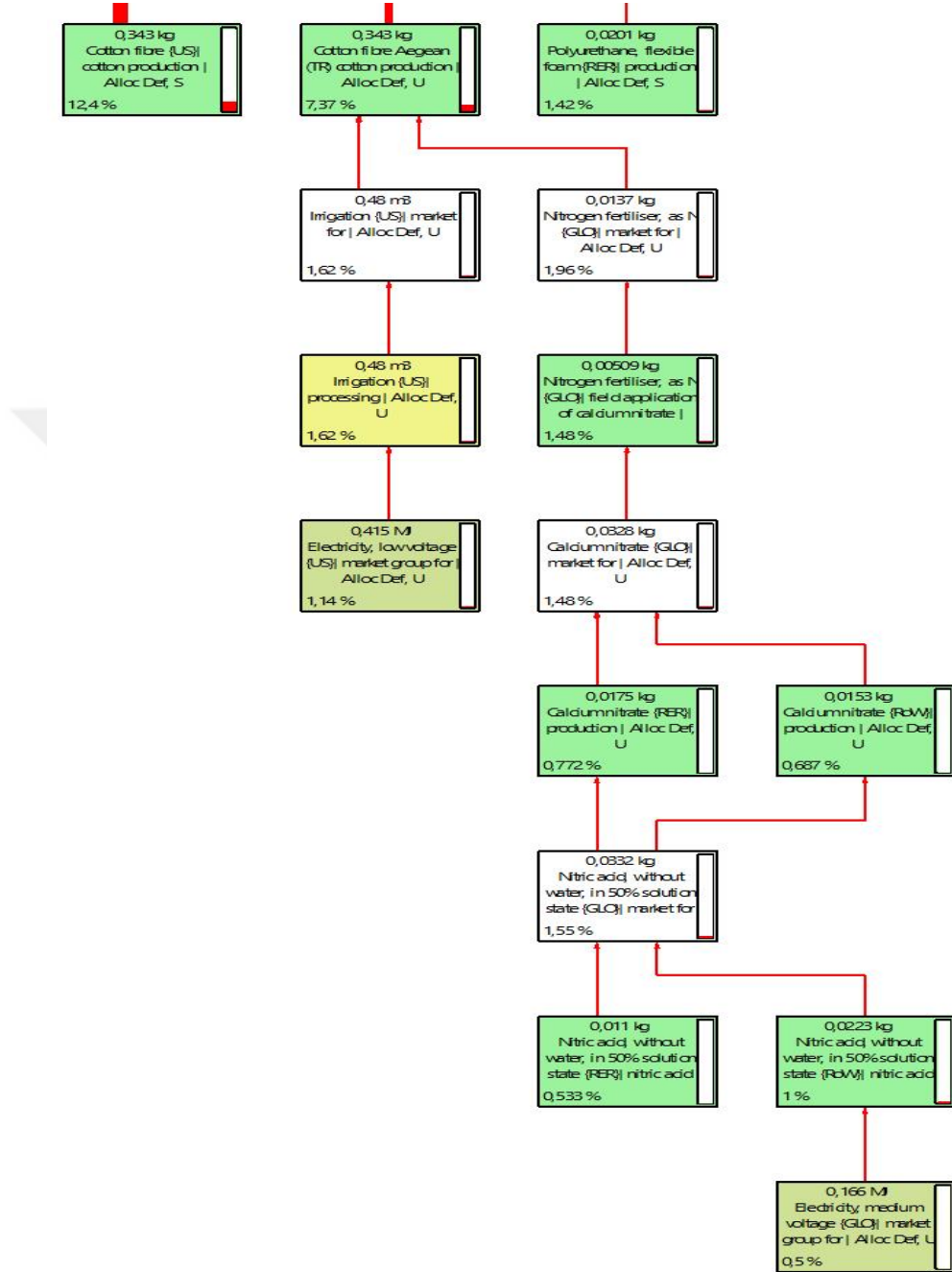
Prosesi oluşturan alt basamaklarda kullanılan her bir maddenin ve enerjinin kullanım miktarı kendi birimi ile kutularının içerisinde gösterilmektedir. Bu basamakların etki oranları hesaplanırken o proses için gerekli olan kullanım miktarları da yazılım tarafından hesaplamaya dahil edilmektedir.

Hesaplamalarda kullanılan verilerin hangi veri tabanlarından alındığı kutuların içerisinde kısaltmalarla gösterilmiştir. Global pazardan alınan veriler “GLO”, Avrupa pazarından alınan veriler “RER”, Türkiye pazarından alınan veriler ise “TR” ile gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Denim Kumaş Tipi Proses Akış Diyagramı

•* GLO: Global, RER: Europe, TR: Türkiye * Kırmızı bar etki kategorilerine katkı oranını temsil etmektedir.



Şekil 4.14. Denim kumaş tipi proses akış diyagramı (Devamı)

* GLO: Global, RER: Europe, TR: Türkiye
temsil etmektedir.

* Kırmızı bar etki kategorilerine katkı oranını

Şekil 4.14. incelendiğinde; 1 metre tül kumaşı oluşturan proseslerden en fazla çevresel etkinin % 45,5 oranla slasher prosesine ait olduğu görülmektedir. Bu etkiyi sırasıyla % 21,9 oranla çözgü ipliği üretim prosesi ve % 12,1 oranla atkı ipliği üretim prosesi takip etmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Beşikten mezara kadar anlayışıyla yapılan yaşam döngüsü analizinde, üretimde yer alan her bir proseste kullanılan hammaddelerin üretimi, hammadde kayıpları ve sistemde kullanılan enerji ve enerji kayıpları hesaplamalara dâhil edilmiştir. Yapılan yaşam döngüsü analizine göre bir metre tül denim kumaş tipi üretimi içerisinde yer alan slasher, çözgü ipliği ve atkı ipliği proseslerinden dolayı yoğun bir üretimin olduğu çevreye olan etkilerinden de anlaşılmıştır.

Denim kumaş üretimi sırasındaki en önemli çevresel etkilerin de, hammadde kullanımı ve slasher prosesinden dolayı denizlere olan toksik etki, abiyotik kaynakların tükenmesi ve küresel ısınma kategorilerinde olduğu gözlenmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, denim kumaş tipi üretiminde atkı ipliği, çözgü ipliği ve slasher proseslerinde kullanılan hammaddelerin başlıca emisyon kaynakları olduğu vurgulanmıştır.

Slasher prosesinde çevresel etkilerinin temel sebebi üretimde kullanılan kimyasal hammaddeler ve makinelerde açığa çıkan emisyon salınımlarıdır. Slasher prosesinde kullanılan belirli kimyasalların kaldırılması tüm etki kategorilerinde önemli azalmalar sağlamıştır. Fakat, proses zinciri dahilindeki tüm kimyasallar kaldırılamamaktadır. Bu noktada üretim kaynaklı yükleri azaltmak için çevresel zararı yüksek kimyasallar yerine alternatif kimyasalların uygulanması gerekmektedir. Üreticinin sürdürülebilir ürün performansını artırması için üretim zincirindeki tüm kimyasalları değiştirmesi gerekmemektedir. Ancak bazı kimyasalların yerini tutabilecek ve ekonomik olarak uygun olabilecek alternatifleri mevcut değildir. Bu bağlamda, bu kimyasalların üretici ve tedarikçilerine geri dönüşler yapılarak sürdürülebilirlik uygulamaları en iyi olanlara öncelik verilmesi sağlanmalıdır. Böylece bu yaptırım, ürünün hem karbon ayak izini azaltacak hem de tedarikçinin ürünlerini sürdürülebilir şekilde üretmesini sağlayacaktır.

Atkı ipliği ve çözgü ipliği proseslerinin çevresel etkilerinin temel sebebi üretimde kullanılan pamuk hammaddesidir. Çalışmada kullanılan denim kumaş tipinin atkı ipliğini Mısır pamuğu oluştururken, çözgü ipliğini ise Ege pamuğu ve elastan oluşturmaktadır. Pamuk hammaddesinin yetiştirilmesinde kullanılan kimyasal gübreler, tarım ilaçları, tarım makinelerinde kullanılan dizel yakıt ve pamuğun işlenmesi için kullanılan elektrik enerjisi çevreye olan etkide büyük pay sahibidir. Bu hammaddelerin yetiştirilmesi ve hasatı sırasında kullanılan tarım makinalarının kullanmış oldukları dizel yakıtın küresel ısınma (GWP) etki kategorisinde büyük pay sahibi olduğu görülmüştür. Direkt olarak organik pamuk üretimine geçiş zor olsa da, kimyasal bazlı gübre ve tarım ilaçlarının etkisi kademeli olarak azaltılabilir. Türkiye, dünyadaki önemli organik pamuk üreticilerinden iken, doğrudan güvenilir tarım ve üretim veri kayıtlarına ulaşmak tam anlamıyla mümkün değildir. Bu noktada pamuğun verimliliği, cinsi ve kimyasal gübre ve tarım ilacı uygulama miktarları ülkelere, bölgelere ve arazilere göre büyük değişiklikler göstermektedir. Organik pamuk üretim uygulamalarının geleneksel uygulamalara nazaran daha çevresel olduğu ortaya çıksa da toprağın verimliliği, iklim ve geleneksel tarım uygulamaları gibi bölgesel değişiklikler de son ürünün sürdürülebilirliğini genel anlamda etkileyebilmektedir.

Diğer proseslerin çevresel etkileri incelendiğinde en büyük ortak payı elektrik tüketimi oluşturmaktadır. Elektrik tüketiminin ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca, diğer çevresel etki kategorilerine göre özellikle küresel ısınmaya (GWP) önemli bir katkısı vardır. Denim kumaş üretim fabrikasında, iplik, dokuma ve terbiye tesislerindeki enerji verimliliğini ve yenilenebilir kaynak kullanım oranını artırmak bu etkiyi önemli ölçüde iyileştirebilir. Üretim proseslerinin çevresel etkiye katkıda bulunduğu bir diğer konu ise kimyasal atık oluşturmalarıdır.

En fazla zararlı kimyasal atığın olduğu prosesler terbiye ve slasher prosesleridir.

Hammadde alınan tedarikçi seçiminde uzaklık parametresi göz önüne alınıp daha yakın tedarikçiler seçilerek nakliye sırasındaki yakıt tüketimi azaltılmalıdır.

Tekstil sektöründe üretim sonucu ortaya çıkan tüm çevresel atıkların arıtılmasıyla ilgili tüm taraflar bilinçlendirilmelidir. İşletmelerde atık kontrolü adım adım ele alınarak optimum koşullar sağlanmalıdır. Ortaya çıkan çevresel atıklar sınıflandırılarak ayrıştırılmalı ve değerlendirilmelidir.

Kullanılamayacak durumdaki tekstil atıklarının değerlendirilmesine yönelik araştırma ve geliştirme projelerine destek verilmeli ve bu atıkların farklı sektörlerde kullanımları için teşvik çalışmaları yapılmalıdır.

Kumaş üretiminde teknoloji altyapısı kullanılarak daha çevre dostu üretim yapabilen üretim tesisleri oluşturulmalıdır. Bu noktada tüm taraflar bilinçlendirilmelidir.

Çiftçiler bilinçlendirilerek organik pamuk tarımı yapılmalı ve organik tekstil ürünü kullanımının yaygınlaşması sağlanmalıdır.

Pamuk yetiştirme ve hasat aşamalarında kullanılan tarımsal makineler tarafından tüketilen dizel yakıtın yerine tarım makinelerinde, tercihen tarımsal atık ve biyodizel kullanılarak teorik olarak son ürünün sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

Daha sonra yapılacak çalışmalar için öneriler aşağıda verilmiştir;

1. Çevresel zararı yüksek kimyasal hammaddeler yerine alternatif kimyasallar geliştirilebilir ve uygulanabilir.
2. Kumaş üretim ve terbiye tesislerinde enerji verimliliği ve yenilenebilir kaynak kullanımı konusunda çalışmalar yapılmalıdır.
3. Farklı terbiye prosesleri denenebilir.
4. Farklı lif türlerinden oluşan kumaşlar için bu çalışma yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Acar, A., 2005. Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 102s.
- Akçakoca Kumbasar, P., 2011. Denim Boyama ve Bitim İşlemleri, Bossa Semineri, 76 s.
- Bağırar, İ.C., 2011. Denim Yıkamada Karşılaşılan Sorunlar ve Bunlara Yönelik Çözüm Önerileri. Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü- Yüksek Lisans Tezi 293 sayfa.
- Başer, İ., İnancıcı, Y., 1990. Boyarmadde Kimyası, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü Yayın no:482/2.
- Cooper J.S. ve Fava J., 2006. —Life Cycle Assessment Practitioner Survey: Summary of Results, Journal of Industrial Ecology, 10(4) 12 -14.
- Çetin, C., 2007. Dokuma Kumaş Özelliklerinin Ve Görmüş Olduğu Mekanik Bitim İşlemlerinin Dokuma Kumaş Mukavemetine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 64 sayfa.
- Demirer, G.N., 2017, Yaşam Döngüsü Analizi, Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I, 7 sayfa.
- Dölen, E., ‘Tekstil Tarihi’, M.Ü.Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, (1992) s.469-471.
- Guinee J.B., Heijungs R., Huppes G., Zamagni A., Masoni P., Buonamici R., Ekvall T. Ve Rydberg T., 2011. —Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future, Environ. Sci. Technol. 45, 90–96

Güngör, A. and Gupta, S.M., Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey, Computers and Industrial Engineering, 36, 811-853, 1999.

Güngör, A., Palamutçu, S., İkiz, Y., (2009), Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 197-205.

Handbook on Life Cycle Assessment, Operational Guide to the ISO Standards, Eco-Efficiency In Industry And Science, Editor: Dr. Arnold Tukker, 2004 Kluwer Academic Publishers, New York, USA.

International Standards Organization. 1998. Life Cycle Assessment - Impact Assessment ISO 14042.

International Standards Organization. 1998b. Environmental Management - Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation ISO 14043.

International Standard ISO 14043. Environmental management—life cycle assessment—life cycle impact assessment; 2000b.

Jiménez-González, C.; Kim, S.; Overcash, M. Methodology for developing gate-to-gate Life cycle inventory information. The International Journal of Life Cycle Assessment 2000, 5, 153-159.

Kunt, A., 2004. Denim Kumaşlarda Konfeksiyon Sonrası Yapılan İşlemlerin Kumaş Mekanîği Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 96 sayfa.

Lehtinen, H., Saarentaus A., Rouhiainen J., Pitts, M., Azapagic, A., 2011. A Review of LCA Methods and Tools and their Suitability for SMEs. Europe.

- Metsims S. C., 2015, LCA 2015 Çalıştay ve Eğitim Kitapçığı, 3-4 sayfa.
- Öztürk, B., Dinçel S., 2003. Türkiye’de Jean Üretimi, İthalat-İhracat Durumu, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Tekstil Eğitimi Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 128s.
- Pennington D., Wolf M.A., Bersani R. and Pretato U., 2007. Overcoming Barriers to the Broader Implementation of Life Cycle Thinking in Business and Public Administration, International Journal of LCA 12 (7), 458-460.
- Roshan , P., 2015, Denim, Manufacture, Finishing and Applications, The Textile Institute, Woodhead Publishing Series in Textiles, 581.
- Sarioğlu, H., Çağlayan, M., Yıldız, H., 2012. Kumaş Bilgisi Ve Tasarımdaki Önemi, 1. Uluslar arası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu, 08-10 Ekim 2012.
- Şahin, B., 2017, Denim Üretimi ve Kalite, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Ortak Programı Slaytı, 11s.
- Tolek, Ş., 2016, Yenilikçi Bir Metot İle Boyanan Denim Kumaşın Renk Analizinin Ve Renk Haslığı Özelliklerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 5s.
- Toksöz, M., 2018, Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yaşam Döngüsü Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 12 sayfa.
- Tübitak proje sonuç raporu,104M376, Çevreye Duyarlı Bakış Açısı İle Tekstil Ürünlerinin Yaşam Döngülerinin Analizi, 2007.

ec.europa.eu/environment/industry/retail/pdf/issue_paper_textiles.pdf

Eriřim

Tarihi: Ekim, 2018.

www.itkib.org.tr, Eriřim Tarihi: Ekim, 2018.

www.metsims.com/tr/simapro, Eriřim Tarihi: Kasım, 2018.



ÖZGEÇMİŞ

Fevzi DİKBAŞ 24.10.1992 tarihinde Adana’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana’ da tamamladıktan sonra 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünü kazanarak yüksek öğrenimine başladı. 2016 yılında mezun olarak “Tekstil Mühendisi” unvanı aldı ve 2016-2017 eğitim-öğretim yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.