

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN
İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özgür BAK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mahnaz
GÜMRÜKÇÜOĞLU YİĞİT**

Eylül 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

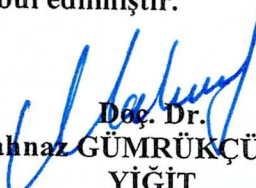
TEKSTİL ENDÜSTRİSİ KAYNAKLI EMİSYONLARIN
İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Özgür BAK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 12/09/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr.
Mahnaz GÜMRÜKÇÜOĞLU
YİĞİT
Jüri Başkanı


Dr. Öğr. Üyesi
Mustafa AKÇİL
Üye


Dr. Öğr. Üyesi
Füsun BOYSAN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Özgür BAK

12.09.2019



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın fikir aşamasından, tamamlanma aőamasına kadar geçen tım s e boyunca desteklerini benden esirgemeyen değerli danıőman hocam Doç. Dr. Mahnaz GÜMRÜKçÜOğLU YİğİT'e, bitirme projemizde tecrübelerini bizimle paylaőan ve üniversite hayatımız boyunca bizden bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen bütın bölım hocalarımıza, yoğun çalıőmalarım esnasında gösterdiği sabır ve verdiği tım destekler için eőim Esmâ Büőra'ya, kendisi őuan farkında olmasa da onunla geçireceğim zamanlardan çaldığım oğlum Ali Arda'ya, beni yetiőtirip bu günlere gelmemi sağlayan annem ve babama, canım kardeőim Okan BAK'a izin konusunda her tırlü kolaylığı sağlayan sevgili m dürüm Emel Turan'a, bu s rete iş akıőları hakkında bilgilerini benimle paylaőan çalışma arkadaőlarıma, sadece akademik çalıőmalarım değil, tım hayat s resince desteklerini benden esirgemeyen sevgili dostlarım Emre ÖNÜR ve Ali Osman GÜNEY'e, içtenlik ve samimiyetle teőekk r  bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----|
| TEŞEKKÜR..... | i |
| İÇİNDEKİLER | ii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | vii |
| TABLolar LİSTESİ | ix |
| ÖZET..... | x |
| SUMMARY | xi |
| BÖLÜM 1. | |
| GİRİŞ | 1 |
| BÖLÜM 2. | |
| GENEL KAVRAMLAR | 4 |
| 2.1. Ürün Çevre Ayak İzine Genel Bakış | 4 |
| 2.1.1. ISO 14044: Çevresel yönetim, yaşam döngüsü değerlendirmesi..... | 4 |
| 2.2. Umuma açık mevcut şartname 2050 | 5 |
| 2.2.1. ISO 14025 | 6 |
| 2.2.2 Ürünlerin karbon ayak izi (ISO 14067)..... | 6 |
| 2.2.3. Ürün standardının sera gazı protokolü: ürün yaşam döngüsü muhasebesi ve raporlama standardı | 7 |
| 2.3. Kurumsal çevresel ayak izi: ISO 14064 | 7 |
| 2.3.1. ISO 14064 Arka planı..... | 7 |
| 2.3.2. ISO 14064 Yapısı | 8 |
| 2.3.3. ISO 14064 Sera gazı envanterleri..... | 9 |
| 2.3.4. ISO 14064 Doğrulanması..... | 9 |
| 2.3.5. ISO 14064 Uygulaması | 10 |

| | |
|--|----|
| 2.3.6. ISO 14064 Faydaları | 10 |
| 2.4. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) | 11 |
| 2.5 Karbon Ayak İzinin Dünya ve Türkiye Açısından Çevreye Etkileri | 14 |
| 2.6 Karbon Ayak İzinin İnsan Sağlığına Etkileri | 15 |

BÖLÜM 3.

| | |
|--|----|
| TEKSTİL ENDÜSTRİSİ | 17 |
| 3.1. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörünün Genel Durumu | 17 |
| 3.2 Örnek Tekstil Fabrikası | 19 |
| 3.2.1. Tekstil fabrikasının üretim süreçleri | 19 |
| 3.2.2 Tekstil fabrikasının iş akım şeması, bölümlerin tanıtımı, üretim sürecinin girdi ve çıktıları | 20 |
| 3.2.2.1. İlik bölümü | 20 |
| 3.2.2.2. El işleri bölümü | 23 |
| 3.2.2.3. Reçine bölümü | 24 |
| 3.2.2.4. Çevirme bölümü | 24 |
| 3.2.2.5. Krinkıl bölümü | 25 |
| 3.2.2.6. Sprey permanganat bölümü | 26 |
| 3.2.2.7. Fırın bölümü | 27 |
| 3.2.2.8. Tırmık (Fırça permanganat) bölümü | 27 |
| 3.2.2.9. Yıkama bölümü | 28 |
| 3.2.2.10. Kurutma bölümü | 28 |
| 3.2.2.11. Parça boya bölümü | 29 |
| 3.2.2.12. Perçin bölümü | 30 |
| 3.2.2.13. Jakron bölümü | 30 |
| 3.2.2.14. Drop Bölümü | 31 |
| 3.2.2.15. İplik bölümü | 31 |
| 3.2.2.16. Ölçü bölümü | 31 |
| 3.2.2.17. Ütü bölümü | 32 |
| 3.2.2.18. Kalite bölümü | 32 |
| 3.2.2.19. Paketleme bölümü | 33 |
| 3.2.3. Fabrika enerji ve su yönetimi | 33 |
| 3.2.4. Fabrika atık yönetimi | 36 |
| 3.2.5. Endüstriyel karbon ayak izi uygulamaları ile ilgili literatür | 38 |
| 3.3. Sera Gazı Protokolü Standardı | 40 |

| | |
|--|----|
| 3.4. IPCC Emisyon Faktörü Veritabanı | 41 |
| BÖLÜM 4. | |
| MATERYAL VE METOD | 42 |
| BÖLÜM 5. | |
| BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER | 46 |
| BÖLÜM 6. | |
| TARTIŞMALAR..... | 70 |
| BÖLÜM 7. | |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | 73 |
| KAYNAKÇA | 74 |
| ÖZGEÇMİŞ | 77 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|------------------|--|
| ABD | : Amerika Birleşik Devletleri |
| AR5 | : The Fifth Assessment Report |
| CH ₄ | : Metan |
| CO _{2e} | : Carbon Dioxide Equivalent |
| DEFRA | : Department for Environmenti Food and Rural Affairs |
| EF | : Emission Factor |
| EFDB | : The Emission Factor Database |
| g | : Gram |
| GHG | : Greenhouse Gas |
| GJ | : Gigajoule |
| GWP | : Global Warming Potential |
| HFCs | : Hidroflorokarbonlar |
| IPCC | : Intergovernmental Panel on Climate Change |
| ISO | : International Organization for Standardization |
| kg | : Kilogram |
| km | : Kilometre |
| m | : Metre |
| kWh | : Kilowatt-hour |
| YDA | : Yaşam Döngüsü Analizi |
| LCI | : Life Cycle Inventory |
| N ₂ O | : Diazot Monooksit |
| OECD | : The Organization for Economic Co-operation and Development |
| PFCs | : Perflorokarbonlar |
| SF ₆ | : Sülfür Heksaflorid |
| WRİ | : World Resources Institute |
| BSİ | : British Standards Institution |

DTÖ : World Trade Organisation
WBCSD : World Business Council For Sustainable Development
PEF : Product Environmental Footprint Guide
WWF : World Wild Life Foundation



ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. Yeni standartların genel görünümü | 5 |
| Şekil 2.2. Ürün bazlı karbon ayak izi adımları..... | 6 |
| Şekil 2.3. Yaşam döngüsü analizi aşamaları | 12 |
| Şekil 3.1. Dünyada başlıca tekstil ve hazır giyim ihracatçıları (milyar dolar)..... | 17 |
| Şekil 3.2. İlik işlemleri | 20 |
| Şekil 3.3. Giyim eşyası boyama ve terbiye işlemleri genel iş akım şeması..... | 22 |
| Şekil 3.4. El işleri bölümü..... | 23 |
| Şekil 3.5. Reçine bölümü | 24 |
| Şekil 3.6. Çevirme bölümü | 25 |
| Şekil 3.7. Krinkıl bölümü..... | 25 |
| Şekil 3.8. Sprey permanganat bölümü | 26 |
| Şekil 3.9. Fırın bölümü | 27 |
| Şekil 3.10. Tırmık bölümü | 27 |
| Şekil 3.11. Yıkama bölümü..... | 28 |
| Şekil 3.12. Kurutma bölümü | 29 |
| Şekil 3.13. Parça boya bölümü..... | 29 |
| Şekil 3.14. Perçin bölümü | 30 |
| Şekil 3.15. Jakron bölümü..... | 30 |
| Şekil 3.16. Drop bölümü | 31 |
| Şekil 3.17. İplik bölümü..... | 31 |
| Şekil 3.18. Ölçü bölümü | 32 |
| Şekil 3.19. Ütü bölümü | 32 |
| Şekil 3.20. Kalite bölümü | 33 |
| Şekil 3.21. Paketleme bölümü..... | 33 |
| Şekil 3.22. Atıksu arıtma tesisi genel yerleşim planı | 35 |
| Şekil 3.23. Kuyudan su temini ve bölüm bazlı dağılımı | 36 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.1. Karbon ayak izi IPCC-TİER-1 yaklaşımı | 43 |
| Şekil 5.1. Kaynaklara ait karbon miktarları (ton CO2 eşdeğeri)..... | 59 |
| Şekil 5.2. Kaynaklara ait yüzde olarak karbon miktarı | 59 |
| Şekil 5.3. Kapsamlarına göre yüzde olarak karbon miktarı | 61 |
| Şekil 5.4. Azaltımlar sonucu kaynaklara ait yüzde olarak karbon miktarı..... | 69 |



TABLolar LİSTESİ

| | |
|---|----|
| Tablo 2.1. Yaşam döngüsü analizi araçları | 13 |
| Tablo 3.1. Sektörlere ait temel göstergeler (2012 yılı)..... | 18 |
| Tablo 3.2. Genel ihracat performansı içinde tekstil ve hammaddeleri ihracatının payı..... | 19 |
| Tablo 3.3. Proseste kullanılacak su miktarı..... | 34 |
| Tablo 3.4. Tesiste oluşan atık miktarları | 37 |
| Tablo 4.1. Faaliyet verileri | 43 |
| Tablo 4.2. Emisyon faktörleri..... | 44 |
| Tablo 4.3. IPCC 5. değerlendirme raporu, 2014 (AR5), küresel ısınma potansiyelleri (GWP)..... | 45 |
| Tablo 5.1. Servis araçlarının kat ettiği mesafeler | 47 |
| Tablo 5.2. Atık taşıma araçlarının kat ettiği mesafeler..... | 50 |
| Tablo 5.3. Yıllık linyit kömürü kullanımı | 52 |
| Tablo 5.4. Yakıtların Net Kalorifik Değerleri | 53 |
| Tablo 5.5. Yakıtların Emisyon Faktörü | 53 |
| Tablo 5.6. Yakıtların Oksitlenme Oranları | 54 |
| Tablo 5.7. Yıllık doğal gaz kullanımı..... | 56 |
| Tablo 5.8. Kaynaklara ait CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O emisyonları için karbon eşdeğeri sonuçları..... | 57 |
| Tablo 5.9. Kapsamlarına göre karbon ayak izi miktarları | 60 |
| Tablo 5.10. Denim pantolon tüm basamaklar yaşam döngüsü girdi ve çıktıları..... | 62 |
| Tablo 5.11. 1 adet denim pantolonun girdi ve çıktıları | 63 |
| Tablo 5.12. Kömür ve doğal gaz hesaplama verileri..... | 64 |
| Tablo 5.13. Azaltımlar sonucu kapsamlarına göre karbon ayak izi miktarları..... | 69 |

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Karbon Ayak İzi, İklim Değişikliği, Tekstil Endüstrisi, Karbon Eşdeğeri

Karbon salınımına bağlı olarak oluşan çevre kirliliğinin yarattığı olumsuz etkiler her geçen gün daha önemli hale gelmekte ve dünyada bu konuda yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Ülkemizde en önemli üretim alanlarından biri olan tekstil sektörü de çok çeşitli çevresel etkilere sebep olabilmektedir. Tekstil sektörü üzerine yapılan bu çalışmada Marmara bölgesinde denim pantolon üreten bir tekstil fabrikası çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

Bu tezin amacı yıllık ortalama 4.850.000 adet denim pantolon üreten endüstriyel bir tekstil firmasının muhtemel karbon ayak izinin belirlenmesidir. Çalışmada üretim proses aşamalarının ayrı ayrı yarattığı kirlilik yükü yaşam döngüsü analizi ile değerlendirilmiş ve karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Hesaplama gereken tüm veriler ilgili tekstil fabrikasından alınırken, emisyon faktörleri ise Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (İPCC), Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI) ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi (WBCSD) gibi çeşitli uluslararası organizasyonlar tarafından geliştirilmiş, ISO 14064-1 gibi Sera Gazı Protokolü standardına göre alınmıştır.

Çalışma sonucunda toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 32.782 ton CO₂e olarak tahmin edilmiştir. Yanma kaynaklı karbon emisyonu % 62,78 ile en yüksek karbon ayak izi oranını oluşturmaktadır. Bu nedenle kapsam 1 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir. Satın alınan elektriğe bağlı kapsam 2 emisyonları % 28,90 ile ikinci sırada yer alırken, kapsam 3 emisyonları % 8,32 ile etki olarak son sırada yer almıştır.

Toplam karbon emisyonunun önemli bir kısmını oluşturan kömür kullanımı yerine, doğal gaz ve alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanımının, karbon ayak izinin azaltımı noktasındaki önemi üzerinde durulmuş ve bununla alakalı maliyet hesaplarına yer verilmiştir.

THE EFFECTS OF TEXTILE INDUSTRY EMISSIONS ON CLIMATE CHANGE

SUMMARY

Keywords: Carbon Footprint, Climate Change, Textile Industry, Carbon Equivalent

The negative effects of environmental pollution caused by carbon emissions are becoming more and more important and the studies on this subject are increasing rapidly in the world. Textile sector, which is one of the most important production areas in our country, can also cause a wide variety of environmental effects. In this study on textile sector, a textile factory producing denim trousers in Marmara region has been identified as the working area.

The aim of this thesis is to determine the possible carbon footprint of an industrial textile company that produces about 4.850.000 denim trousers annually. In this study, the pollution load created by the production process phases separately was evaluated by life cycle analysis and carbon footprint calculation was made. All data required in the calculation are obtained from the relevant textile factory, while emission factors are chosen according to the Greenhouse Gas Protocol standard, such as ISO 14064-1 developed by various international organizations such as Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), World Resources Institute (WRI) and World Business Council For Sustainable Development (WBCSD).

As a result of the study, the total carbon footprint amount was estimated to be 32.782 tons CO₂e. Combustion-related carbon emissions represent the highest carbon footprint with 62,78%. Therefore, it has been determined that scope 1 emissions constitute the largest amount for this sector. Scope 2 emissions related to purchased electricity ranked second with 28,90%, while scope 3 emissions ranked last with an impact of 8,32%

Instead of using coal, which constitutes an important part of the total carbon emission, the importance of using natural gas and solar energy which is an alternative energy source is emphasised and related cost calculations have been included.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Üretim faaliyetlerinin tüm dünyada artmasıyla birlikte ekosistem üzerinde biriken kirlilik yükü artmış ve canlı yaşamı bu durumdan olumsuz etkilenmiştir. Fosil yakıtların dikkatsizce yakılması sonucu ortaya çıkan sera gazları ve doğanın tahribatı sonucu yeryüzünün karbon tutma kapasitesi azalmış ve bu durum atmosferde sıcaklık artışına neden olmuştur [1].

Fosil yakıtların dikkatsizce kullanımı sonucu açığa çıkan CO₂, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan CH₄ ve diğer sanayi gazlarının atmosferdeki düzeyinin artmasıyla birlikte küresel iklim sistemindeki sıcaklıklar da yükselmiştir [2].

Dünya yabani yaşam vakfı (WWF)'ın 2012 yılında yayınladığı Türkiye'nin ekolojik ayak izi raporu incelendiğinde ve atmosfere salınan karbon hacmi büyükten küçüğe doğru sıralandığında elektrik üretimi yapan tesislerin % 26 ile en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla inşaat ve imalat sanayii (% 22), ithalat (%16), ulaştırma (%15), elektrik dışı konut ve hizmetler (%12), uluslararası taşımacılık kaynaklı emisyonlar (%4), tarım, orman, balıkçılık (%2) ve elektrik dışı enerji üretimi (%2) izlemektedir [3].

Türk tekstil ve hazır giyim sektörü, ülkemizde gerek ihracattaki % 35'lik payı, gerek istihdamın tek başına % 11'ini ve GSMH'nin %10'unu karşılaması, gerekse toplam sanayi yatırımlarının %25'ini bünyesinde toplaması bakımından Türk ekonomisinin lokomotif niteliğindedir [4]. Türkiye tekstil sanayisi imalat sanayi içinde istihdamda, üretimde ve ihracatta ilk sıralarda bulunmaktadır. Tekstil, hazır giyim ve deri ürünleri sektörleri olarak 3 kola ayrılan bu sektör birlikte değerlendirildiğinde 2013 yılında Türkiye ihracatında % 19'luk payı ile ilk sırada yer almaktadır. Türk tekstil sektörü

60 bin adet iş yeri sayısı ile toplam bir milyon kişiye sağlamış olduğu kayıtlı istihdamla dünyanın 7'nci büyük ihracatçı ülkesi konumundadır [5].

Tekstil sektörü atmosfere salınan karbon miktarında en büyük hacme sahip olan imalat sanayisi kapsamında yer almaktadır. Bu sektör, kapsadığı alanlar açısından en geniş ve ürün çeşitliliği en fazla olan sektörler arasında yer almaktadır. Ürünün ham maddesinin hasat edilmesiyle başlayan süreç, iplik üretimi, kumaşın örülmesi ve nihai ürün bitim işlemleri de dahil olmak üzere birçok procesten oluşmaktadır. Tüm bu proses aşamaları göz önüne alındığında tekstil ürününün çevreye birçok etkisi bulunmaktadır. Üretilen bir ürünün yaşam döngüsünün değerlendirilmesi, proses aşamalarında ayrı ayrı çevresel etkilerinin gözler önüne serilebilmesi açısından oldukça önemlidir [6].

Bir ürünün ham madde eldesinden başlayarak, işleme, üretim, kullanım ve kullanım sonrası atık bertarafını kapsayan, tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerinin hesaplanması, ölçülmesi, raporlanması önemlidir ve bu da “Yaşam Döngüsü Analizi” (YDA) ile gerçekleştirilmektedir. Tüm proses süreçleri ele alındığında etki alanının oldukça fazla olduğu tekstil sektöründe çevresel zararların ortaya çıkarılması için yaşam döngüsü analizi yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. YDA değerlendirmesi proses aşamalarının kirlilik yükü hakkında bilgi verir ve karbon ayak izi azaltım çalışmaları bu değerlendirme sonucuna göre şekillendirilir [6].

Bu araştırmadaki amacımız bir denim pantolonun üretimi esnasında neden olduğu çevresel etkileri ortaya koymaktır. Çalışmada üretim proses aşamalarının ayrı ayrı yarattığı kirlilik yükü YDA ile değerlendirilmiş ve karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Çalışmanın içeriği; yaşam döngüsü değerlendirmesi, ISO standartları, karbon ayak izi hesaplama yöntemleri, karbon ayak izinin insan sağlığı ve iklim değişiklikleri üzerine etkileri, tekstil endüstrisi, ve karbon azaltım önerilerinden oluşmaktadır.

Üretim aşamalarında birçok kirliliğe sebebiyet vermesi nedeniyle YDA çalışmaları tekstil sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Ülkeler bu çalışmalar neticesinde daha net veriler elde ederek ulusal mevzuatlarında ve politikalarında çevre konularına

daha fazla yer ayırmaya başlamışlardır. Günümüzde çevre dostu ürünlerin üretildiği bir pazarda ürünlerin üretim ve taşıma dahil her aşamasında çevresel etkilerinin karşılaştırılması kolaylıkla yapılmaktadır. Çevre dostu (eko etiketli) ürünlerin üretilmesi hem pazarda fark yaratma hem de firma prestiji açısından oldukça önemlidir [6].



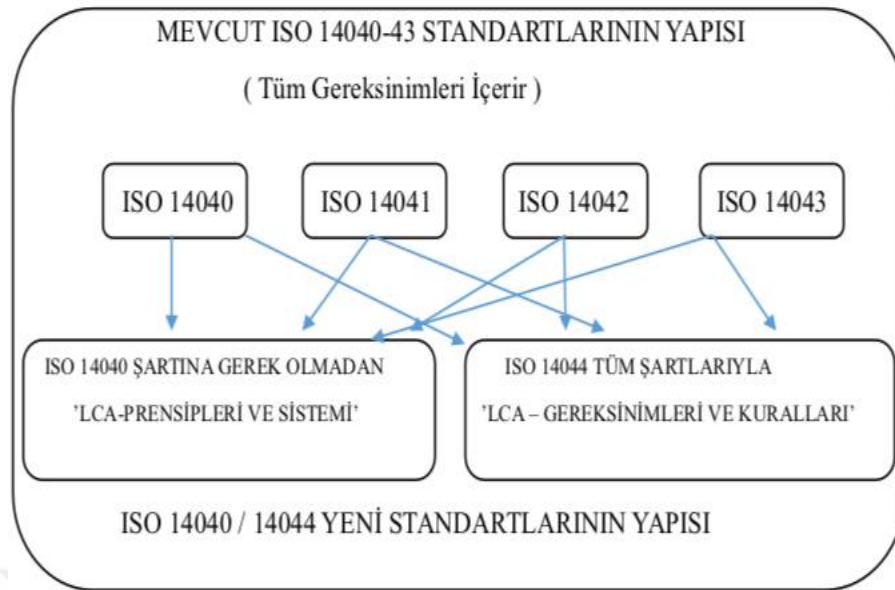
BÖLÜM 2. GENEL KAVRAMLAR

2.1. Ürün Çevre Genel Ayak İzine Bakış

Ürün çevresel ayak izi (PEF) yaşam döngüsü boyunca bir mal veya hizmetin çevresel performansının çok kriterli bir ölçüsüdür. Tedarik zinciri faaliyetlerini (ham maddelerin çıkarılması, üretim ve kullanım, atık yönetimi) dikkate alarak mal ve hizmetlerin çevresel etkilerini azaltmaya çalışmak amacıyla genel olarak PEF bilgileri üretilir. Bu PEF rehberi, yaşam döngüsü boyunca malzeme/enerji akışlarının çevresel etkilerini ve bir ürünle ilişkili emisyon ve atık akışlarını modellemek için bir yöntem sunar. Bu belge, bir PEF'in nasıl hesaplanacağına ve Ürün Çevresel Ayak İzi Kategori Kurallarında (PEFCR) kullanım için ürün kategorisine özgü metodolojik gereksinimlerin nasıl geliştirileceğine dair kılavuzluk sağlar [7].

2.1.1. ISO 14044: Çevresel yönetim, yaşam döngüsü değerlendirme

ISO 14044:2006 Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDA) çalışmaları ve Yaşam Döngüsü Envanter (YDE) çalışmalarını konu almaktadır. ISO 14044, ISO/TC 207 teknik komitesi, çevre yönetiminin alt komitesi SC 5 ve yaşam döngüsü değerlendirme komitesi tarafından hazırlanmıştır. ISO 14044'ün bu ilk versiyonu, ISO 14040:2006 teknik olarak incelenerek iptal edilmiş ve ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO 14042:2000 ve ISO 14043:2000 şeklinde değişikliğe uğratılmıştır [6]. Revizyonun kapsamına göre, teknik içeriğin ana hatları değişime uğramamıştır. Revizyonun odağını, içerikteki hatalar ve tutarsızlıklar oluşturmuştur [8]. Yeni standartların genel görünümü Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Yeni standartların genel görünümü

2.2. Umuma açık mevcut şartname 2050

Umuma açık mevcut Şartname (PAS) 2050:2008 “Ürünlerden (mal ve hizmetlerden) kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonlarının değerlendirilmesine ilişkin şartname” karbon ayak izi hesaplaması için geniş kapsamda baz alınmış ilk rehberliktir. PAS 2050, 29 Ekim 2008 tarihinde Karbon Güveni ve İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı’nın (DEFRA) desteğiyle İngiliz Standartları Enstitüsü (BSI) tarafından yayınlanmıştır. Bağımsız bir yönlendirme grubu, uzman bir çalışma ekibiyle şartnamenin geliştirilmesini denetlemiştir [9].

Mevcut YDA yöntem ve standartlarını geliştirmek ve basitleştirmek için PAS 2050’nin kullanılması sera gazı değerlendirme konularına özel yaklaşımlar geliştirilmesine katkıda bulunmuştur [9].

PAS 2050 Standardı yaşam döngüsü değerlendirmesi süreci temel alınarak oluşturulmuş olup Şekil 2.2.’den de görüleceği üzere beş adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar izlenerek ürün bazlı karbon yaklaşımını değerlendiren bir kuruluş karbon ayak izi çalışmalarında en yüksek verime ulaşabilmektedir [10].



Şekil 2.2. Ürün bazlı karbon ayak izi adımları (PAS 2050)

2.2.1. ISO 14025

ISO 14025; Çevresel ürün beyanlarının (EPD'ler) bir dizi ürün kategorisi kuralına (PCR) dayalı olarak nasıl geliştirildiğini göstermektedir. PCR, paydaş analizine ve ISO 14025 standardında önerilen metodolojiye dayanmaktadır. Bu, birkaç vaka modelinin değerlendirildiği Norveç'teki mobilya endüstrisinden örnekler ile gösterilmiştir. Bu sektörde EPD geliştirme yeteneğini kolaylaştırmak amacıyla mobilyadaki malzemeler için belirli çevresel verilere sahip bir veritabanı geliştirilmiştir. Veritabanı, seçilen mobilya modelleri için YDA'yı üretmek adına kullanılır ve EPD'leri oluşturmak için kullanılan bir veri yardım aracının omurgasıdır [11].

2.2.2 Ürünlerin karbon ayak izi (ISO 14067)

Bu standart, yalnızca iklim değişimi ile ISO 14040/44 ve ISO 14025 standartlarına dayandırılmaktadır [12]. Standart, ISO tarafından Mayıs 2013'te yayınlanmıştır. ISO

14067 ilk kez CFP'leri CFP dış iletim raporu, CFP performans izleme raporu, CFP beyanı ve CFP etiketi şeklinde iletmek için adım adım bir rehber ve standart bir şablon sunar. Bu nedenle ISO 14067, sera gazı nicelemesine, şeffaf iletişime ve CFP'lerin karşılaştırılmasına değerli bir katkı sağlar [13].

2.2.3. Ürün standardının sera gazı protokolü: ürün yaşam döngüsü muhasebesi ve raporlama standardı

Sera gazı protokolü standardı Dünya Kaynakları Enstitüsü ve Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi tarafından geliştirilmiş olmakla birlikte 2010 yılında 60 şirket tarafından denenmiştir. Bu standart ISO 14040/44 ile tamamlanmakta ve özellikle sera gazı muhasebesine odaklanmaktadır. Standart birçok kolaylaştırılmış örnekleri içermektedir. Sera gazı protokolü ürün standardı 2011 yılının Ekim ayında başlatılmış ve sürdürülebilirlik Konsorsiyumu 1 içeren çeşitli farklı sektördeki endüstriyel girişimler için bir temel olarak tanımlanmaktadır [12].

2.3. Kurumsal çevresel ayak izi: ISO 14064

ISO 14064, 2006 yılında, Uluslararası Standartlar Teşkilâtı (ISO) tarafından dört yıllık çalışma ile oluşturulmuş olup emisyon envanterlerinin geliştirilmesini içeren sera gazı yönetimi için üç kısımdan oluşan uluslararası standart olarak tanımlanmıştır. ISO 14064 standardı politikacılara sera gazını azaltmak adına muhtemel uygulamaları vermektedir. ISO 14064, gönüllü sera gazı envanterleri ile geliştirdiği tutarlılık için kurumlara ve kullanıcılarına fırsatlar yaratmaktadır [14].

2.3.1. ISO 14064 Arka planı

ISO 14064 Uluslararası Standartlar Teşkilâtının süreçleri altında geliştirilmiş bir standarttır. İsviçre'nin Cenevre şehrinde bulunan bir sivil toplum örgütü, farklı sorunlar üzerine ortak görüşe dayalı gönüllü teknik standartları geliştiren, bireysel ve ulusal standart enstitülerini temsil eden uzmanlar grubu tarafından düzenlenmektedir.

ISO kalite ve çevresel yönetim üzerinde ISO 9000 ve ISO 14000 standardını içeren yaklaşık 16000 standart yayınlanmaktadır. ISO 14000 çevresel yönetim standart türüne ilave edilen ISO 14064'ün gelişmesi 2002 yılında başlamıştır. Bir çalışma grubu organizasyonunda sera gazı emisyonlarını belirtme ve miktar belirlemeyi tanımlamak ve sera gazı raporu hazırlamak için oluşturulmuştur [14].

2.3.2. ISO 14064 Yapısı

ISO 14064 Standart yapısı aşağıdaki gibi 3 kısımda sınıflandırılmıştır. İnceleyecek olursak;

1. TS ISO 14064-1: Sera Gazı Emisyonlarının ve Giderimlerinin Kuruluş Aşamasında Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler
2. TS ISO 14064-2: Sera Gazı Emisyon Azaltımlarının veya İyileştirmelerinin Proje Düzeyinde Hesaplanmasına, Gözlemlenmesine ve Raporlanmasına Dair Kılavuz ve Özellikleri
3. TS ISO 14064-3: Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanmasına ve Onaylanmasına Dair Kılavuz ve Özellikleri

ISO 14064-1 Standardı, kurum ve kuruluşlar düzeyinde tasarım, geliştirme ve raporlama için yapılması gerekenler hakkında bilgi verir. Standart, sera gazları yönetimini geliştirmek amacıyla sınırların belirlenmesi, bir kurumun sera gazı emisyonlarını hesaplaması ve şirkette yapacaklarının tanımlanması için gerekli envanteri kapsar [15].

ISO 14064-2 Standardı, emisyonları en asgari düzeye indirmek veya uzaklaştırılmalarını sağlamak için özel projelere ağırlık vermektedir. ISO 14064-2, projenin temel senaryolarına göre projenin gidişatını izlemek ve raporlamak için gerekli şartları kapsamakta ve onaylanacak sera gazı projeleri için alt yapı oluşturmaktadır [15].

ISO 14064-3 Standardı, sera gazı bilgilerini onaylama ve projelerin doğrulanması için uyulacak kurallar hakkında ayrıntılı bilgi verir. Standart, sera gazıyla alakalı onaylanma sürecini anlatır ve projenin sera gazı verilerinin değerlendirilmesi gibi paydaşları içerir [15]. ISO 14064-3, bu konuda çalışma yapan kurum ve kuruluşların doğruluklarını kanıtlamak için kullanabileceği bir standarttır.

2.3.3. ISO 14064 Sera gazı envanterleri

ISO 14064, bölüm 1 kuruluşlar için sera gazı envanterini gösteren 21 alt bölüm ve 8 ana bölümü içerir. Başlangıçta standart; ilgi, tutarlılık, doğruluk ve şeffaflıkla genel sera gazı envanter ilkelerini oluşturur [14]. Bu ilkeler hem standartın yorumlanmasına hem de standartın belirlediği uygulamanın ötesine geçen sorunların ele alınmasına yönelik genel rehberliğe yardımcı olmaktadır. Standart, sera gazı envanterini geliştirmek için 3 temel husus tanımlamıştır. Bunlar; envanter sınırlarının belirlenmesi, sera gazı miktarının belirlenmesi ve sera gazı raporlamasıdır.

Bir sera gazı envanteri için sınırlar hem organizasyonel sınırları, hem de operasyonel sınırları içermektedir. Örgütsel sınırlar, hangi tesislerin envanteri yöneten kuruluşun bir parçası olarak tanındığını ve bu envantere dahil edilmesi gerektiğini belirtir. Sera gazı envanterini geliştiren organizasyonlar protokol ve standarttan bağımsız doğrulama için fayda sağlayabilirler [16].

2.3.4. ISO 14064 Doğrulaması

ISO 14064'ün 3. kısmı organizasyonun sera gazı envanter raporu gibi, sera gazının doğrulaması için ilk defa oluşturulmuştur. ISO 14064 doğrulama süreci, finansal muhasebe teknikleri ve çevre denetiminden elde edilen en iyi uygulamalar, Sera Gazı programları ve Kyoto Protokolü'nün Temiz Kalkınma Mekanizması ve Birleşik Krallık'ın Emisyon Ticareti Şeması gibi programlardan gelen doğrulama deneyimlerinin kullanılmasıyla geliştirilmiştir. ISO 14064 altında bulunan sera gazı formasyonunun doğrulaması 3 alanda değerlendirme veri performansını içerir. Bunlar; sera gazı bilgi sisteminin yeniden incelenmesi, sera gazı verinin

değerlendirilmesi, ve doğrulama kriteri ile iddianın karşılaştırılması sürecidir. Sera gazı bilgi sistemi, potansiyel bir yanlış ifade ile sonuçlanabilen sistemdeki alanları belirlemeyi amaçlamaktadır. Sonunda iddia takip etmeyi ifade eden standartlar veya program, gereklilikleri ile tutarlı olarak geliştirildiyse iddia doğrulama kriteri ile karşılaştırılır. [14].

2.3.5. ISO 14064 Uygulaması

ISO 14064'ün özel ve kamu sektörü için farklı mevcut uygulamaları bulunmaktadır. Yapılan iş için standart kolayca doğrulanamıyorsa; ama aynı zamanda diğer organizasyonların envanterleri ile karşılaştırılabiliyorsa envanterin geliştirilmek için aşamaları sağlaması gerekmektedir. Çünkü standart teknik sera gazı envanterinin en iyi uygulamasında ortak olarak belirlenen görüşü temsil eder. Üretilen envanterler de daha yüksek öz güvene sahip olabilirler ve bu envanterler paydaşlar açısından daha güvenli bulunur. Devlet kurumları için ISO 14064. envanterlerin ve doğrulamanın yapılması için temel bir teknik yapı sağlar ve bu yapı isteğe bağlı veya düzenleyici programların temelini oluşturabilir. Bu yaklaşım, kurumların politika hedeflerine ulaşmak için programın ek gereksinimlerini belirlemeye odaklanma çabalarını mümkün kılar [16].

2.3.6. ISO 14064 Faydaları

ISO 14064; sera gazı verilerinin değerlendirilmesi, izlenebilirliği ve raporlanması sürecinde kabul görmesi için şeffaflık ve uygunluk açısından tutarlı olmalı ve tüm paydaşlara fayda sağlamalıdır [15]. ISO 14064 standartının önemli olma sebepleri;

1. Çevre boyutunun yükseltilmesi durumunun değerlendirilmesi,
2. Sera gazı azaltma projelerinde hesaplama, izlenme, raporlama ve güvenirliliğin artırılması
3. Kurum ve kuruluşların sera gazı yönetme uygulamalarının basitleştirilmesi
4. Sera gazı projelerinin geliştirilmesinin basitleştirilmesi
5. Sera gazı emisyonlarındaki azaltımların izlenebilirliğinin kolaylaştırılması

6. Sera gazı emisyonlarını azaltma ticaretinin basitleştirilmesi

2.4. Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)

Yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDA), bir ürünün, hizmetin veya bir faaliyetin yaşam döngüsü boyunca "beşikten mezara" çevresel performansı hakkında veri toplamak ve değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. ISO 14040, yaşam döngüsü değerlendirme ilkelerini ve çerçevesini tanımlarken, ISO 14044 yönergeleri ve ayrıntılı gereksinimleri içermektedir.

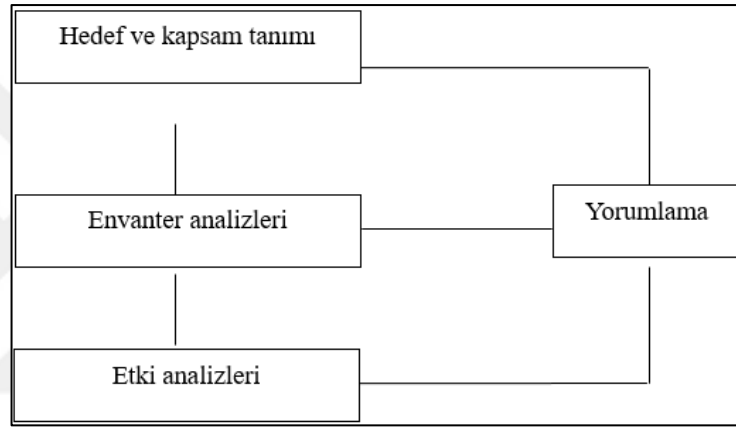
Sürdürülebilir kalkınma; çevresel, sosyal ve ekonomik olarak üç ana unsura dayanmakta ve sürdürülebilir kalkınmayı benimsemiş bir kurumda yaşam döngüsü değerlendirmesi önemli bir rol oynamaktadır. YDA kurumlara değişik noktalarda yarar sağlamaktadır. Teknik açıdan üretim aşamalarının incelenmesiyle, malzeme ve enerji akışlarında şeffaflık ve süreçlerdeki optimizasyon potansiyellerinin belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu durum ürünün çevresel performansının sayısal olarak ifade edilmesine olanak sağlar. Proses akışlarında yapılan iyileştirmeler kaynak tüketimini azaltmakta ve mali açıdan tasarruf sağlamaktadır. Ayrıca ürünlerin kendi aralarında kıyaslanabilmesi için baz oluşturmakta ve benzer ürünler arasında sürdürülebilirlik platformunda birbirleri ile karşılaştırılabilmesine olanak sağlanmaktadır. Bu durum ürün tasarımında yapılabilecek değişiklikler için senaryo modellemesi yapabileme fırsatı sağlamaktadır. Pazarlama açısından değerlendirildiğinde ise yeşil pazarlama aracı olarak ürünün global olarak değerini ve rekabet unsurunu arttırmaktadır [17].

Yaşam döngüsü analizinin firmaya sağladığı faydalara bakacak olursak;

1. Ürünlerin çevresel sürdürülebilirliğinin prosesler boyunca ölçülüp yönetilebilmesi,
2. Üretim esnasındaki proses aşamalarında ayrı ayrı çevresel etkilerin belirlenmesi,
3. Yapılması düşünülen iyileştirmeler için karar alma sürecine yardımcı olması,
4. Minimum çevresel etkiye sahip ürünler için talebin teşvik edilmesi,

5. Sürdürülebilirlik planlarının hazırlanmasına dayanak oluşturması ve risklerin yönetilmesinin sağlanması,
6. Sürdürülebilirlik çalışmalarında paydaşlarla karşılıklı güvenin artırılması,
7. Rekabet avantajı sağlama,
8. Çevre yönetim süreçlerine karar alma aşamasında yardımcı olması,
9. Yatırım getirisini artırma

Yaşam döngüsü analizi (YDA) 4 aşamadan oluşmaktadır. Aşamaların birbirleriyle bağlantısı Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yaşam döngüsü analizi aşamaları (Lehtinen ve ark., 2011)

1. Hedef ve Kapsam Tanımı: Bu aşama çalışmanın amacını, kapsamını, detaylarını ve sınırlarını tanımlar.
2. Envanter Analizleri: Bu aşamada belirlenen sistem sınırları içerisinde su, enerji ve ham madde kullanımı ve bunlara bağlı çevresel emisyonlar belirlenir.
3. Etki Analizleri: Envanter analizi aşamasında belirlenen su, enerji ve ham madde kullanımı ile çevre kaynaklı emisyonların çevre ve insan sağlığı üzerinde olası etkileri değerlendirilir.
4. Yorumlama: Envanter ve etki analizi aşamalarının sonuçları yorumlanarak, karşılaştırılan ürün ya da hizmet seçilir. Seçim aşamasındaki belirsizlikler ve yapılan tahminler yaşam döngüsü analizi kapsamında belirtilir [18].

Yaşam döngüsü analizi proses aşamalarında kullanılmak için geliştirilmiş pek çok yazılım ve veri tabanı bulunmaktadır. YDA araçlarından yaygın olarak kullanılan programlardan bazıları Tablo 2.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Yaşam döngüsü analizi araçları (Lehtinen ve ark., 2011)

| Yaşam Döngüsü | | | | |
|---|---|----------------------------------|--|--|
| Analizi Aracı | Tasarlayıcısı | Dili | Ana Veri Tabanı | Mevcut ise Özel Alanı |
| BEES 4.0 | Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü | İngilizce | Bees Veri Tabanı | Yapı Sektörü |
| Ecoinvent atık imha envanteri araçları v1.0 | Doka Yaşam Döngüsü Değerlendirmeleri (Doka Okobilanzen) | İngilizce | EcoInvent Veri Tabanı | Atık Yönetimi |
| EIME V3.0 | CODDE | İngilizce | EIME Veri Tabanı | Elektriksel, Mekanik ve Elektronik Ürünler |
| Quantis Suite | Quantis | İngilizce | Quantis Veri Tabanı | * |
| REGIS 2.3 | Sinum AG | Japonca İspanyolca Almanca | Ecoinvent Veri Tabanı v1.3 | * |
| CCaLC Aracı | Manchester Üniversitesi | İngilizce | Ecoinvent Veri Tabanı İçeren CCaLC Veri Tabanı | * |
| eVerDEE v.2.0 | ENEA – İtalyan Yeni Teknoloji, Enerji ve Çevre Ajansı | İtalyanca İngilizce | ENEA Veri Tabanı | * |
| SALCA-Araçları | Agroscope Reckenholz – Tanikon Araştırma İstasyonu ART | Almanca | * | Tarım |
| USES-LCA | Radboud Üniversitesi Nijmegen | İngilizce | * | Maddeler Arasındaki Toksik Etkiler |

Tablo 2.1. (Devamı)

| | | | | |
|-------------|------------------------|--|---------------------|----------------------------------|
| WRATE | İngiltere Çevre Ajansı | İngilizce | * | Belediye Atık Yönetim Sistemleri |
| Umberto 5.5 | İfu Hamburg GmbH | İngilizce | * | * |
| SimaPro 7 | PRe Danışmanlık B.V. | İngilizce İspanyolca Fransızca İtalyanca Almanca | SimaPro Veri Tabanı | * |

2.5 Karbon Ayak İzinin Dünya ve Türkiye Açısından Çevreye Etkileri

Bugün hemen hemen bütün iklim bilimciler ve uzmanlar iklimde bir bozulmanın meydana geldiği konusunda hem fikir olmuştur. İnsanlar eğer çevreye verdikleri tahribatı azaltmazlarsa oluşan küresel ısınma nedeniyle iklimde bozulmalar yaşanacaktır. İnsan faaliyetleri nedeniyle sera gazlarındaki artış ozon tabakasında incelmeye neden olarak sıcaklık artışına sebebiyet verecektir. Çeşitli iklim modelleme sonuçlarına bakıldığında gelecek yıllarda da sorunların artacağı öngörülmektedir. IPCC senaryosuna göre sıcaklıklarda 2100 yılına kadar 1 ila 3,5 derecelik bir artış olacağı öngörülmektedir. Deniz seviyesinin yükselmesi, yağış rejimlerinin değişiklik göstermesi nedeniyle oluşan seller ve taşkınlar, biyolojik salgınlar bu sıcaklık yükselmesinin sonuçları olarak gösterilebilir [15].

Türkiye farklı iklim özellikleri nedeniyle değişikliklerden fazlasıyla etkilenecektir. Potansiyel iklim değişikliklerinin ülkemizdeki sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetleyecek olursak; [15]

1. Canlılar değişikliklere farklı şekillerde tepkiler vereceğinden ekosistemdeki canlı yaşamı ve yapısı bozulacak, üretkenlik zarar görecektir.
2. İklimsel değişikliklere hızlıca tepki veren ormanlarımızda sıcaklık değişimlerinden dolayı yangınlar artacak, canlı yaşamı zarar görecektir ve tahribat artacaktır.

3. İklim değışiklikleri nedeniyle su kaynakları azalacak, kuraklık ve çölleşme artacaktır.
4. Değişiklikler neticesinde bitki ve hayvanların doğal yaşam alanları kısıtlanacak, zorunlu göçler başlayacak, tarım çalışmaları değışecek, ortama uyum sağlayamayan canlı türler yok olacaklardır. İklim değışiklikleri ekim zamanlarını da değıştirecektir. Ürün üretiminde verimsizlik yaşanacaktır [15].

2.6 Karbon Ayak İzinin İnsan Sağlığına Etkileri

İnsan sağlığına etki eden birçok etmen bulunmaktadır. Orman yangınlarını değerlendirecek olursak Avrupa'da her yıl yaklaşık 70.000 yangın çıkmaktadır. Yangınların çıkma nedeni ise insan faaliyetlerinin yanı sıra sıcaklıktaki artışlardır. Yangın neticesinde atmosfere yayılan partiküller çeşitli hastalıklara neden olmaktadır [19].

Sıcaklık değışimleri nedeniyle hastalık taşıyıcı ve bulaştırıcı canlıların yaşam alanları genişlemektedir [19].

İklim değışikliği nedeniyle hastalıkların etki alanları değışecek ve belki de aktif oldukları alanlarda artık gelişemeyeceklerdir. İleriki yıllarda sıcaklık yükselişi nedeniyle taşıyıcılar tarafından taşınan hastalıkların, konakçılarının yer değıştirmesiyle ilişkili olarak hastalıkların yön değıştirmeleri söz konusu olabilir [19].

Mevsim sürelerindeki değışimler insan metabolizması üzerinde negatif etkiler yaratabilir. Psikolojik hastalıklarda artış gözlenebilir. Özellikle astım vakaları ve nörolojik hastalıklarda artışlar yaşanabilir [19].

İklim değışikliği ile alakalı kısa ve uzun vadede birçok sağlık riski ortaya çıkabilir. Yağış rejimindeki değışiklikler ve sıcaklıklardaki yükselmeler gıda sektöründe üretimleri yavaşlatacak, bu durumdan birçok Avrupa ve Asya ülkesi zarar görecektir. İklim değışikliği nedeniyle tüm dünyada gıda ürünleri fiyatları artacak, uzun vadede

kıtlık problemleri ile karşı karşıya kalınacaktır. Yetersiz ve sağlıksız beslenenlerin sayısı artacaktır.



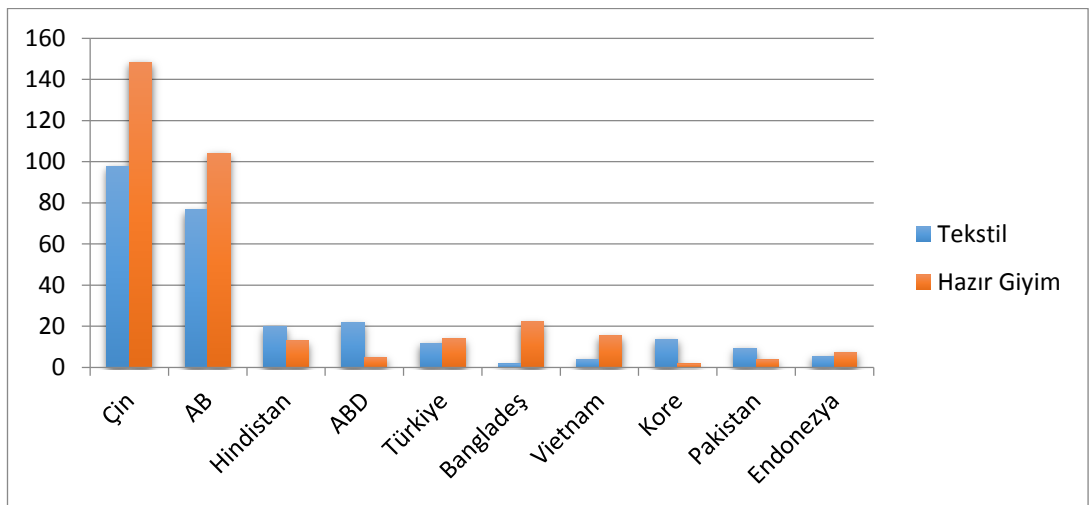
BÖLÜM 3. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

3.1. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörünün Genel Durumu

1995 yılında Dünya Ticaret Örgütü tarafından imzalanan ve 2005 sonrası hazır giyim ticaretinin dünya genelinde entegre hale gelmesini öngören Tekstil ve Hazır Giyim Anlaşması'nı takip eden süreçte Çin'in de 2001 yılında bu örgüte üye olmasıyla tekstil sektöründe yeni bir çağ başlamıştır [20].

2000'li yılların başında Çin'in yatırımcı kimliğiyle başı çektiği sektörde, Bangladeş ve Vietnam gibi ülkeler düşük üretim maliyetleri ve imzaladıkları ticari anlaşmalarla beraber önemli ihracatçılar haline gelmişlerdir.

Amerika'da 2008 yılında gerçekleşen ve tüm dünyayı etkileyen kriz sonrası, tüketici talebi azalmış, sektörde küresel düşüşler yaşanmıştır. Bu yıldan sonra inişli çıkışlı bir grafik gösteren sektör ihracatı 2011 yılında 349 milyar dolardan 2012 yılında 332 milyar dolar seviyesine gerilemiş, bu durum hazır giyim ekonomisini de etkilemiştir.



Şekil 3.1. Dünyada başlıca tekstil ve hazır giyim ihracatçıları (milyar dolar)

AB ülkeleri yaptıkları üretimlerini Çin, Türkiye gibi ülkelere de yaptırarak alıcı konumunu sürdürmeye de devam etmektedir. İtalya ve Almanya sektöründe başı çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye 2012 yılı verileri baz alındığında % 3,5'lik pay ile 7'nci en büyük ihracatçı ülke konumundadır.

Tablo 3.1. Sektörlere ait temel göstergeler (2012 yılı)

| | Üretim Değeri (milyar dolar) | İhracat (milyar dolar) | İstihdam Sayısı | Sektörlerde İşyeri Sayıları |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Tekstil | 26,5 | 11,69 | 430.213 | 17.313 |
| Hazır Giyim | 19,5 | 13,90 | 454.754 | 33.977 |
| Toplam | 46 | 25,59 | 884.967 | 51.290 |

Tekstil ve hazır giyim sektöründe Türkiye bugünkü konumunun temellerini 1996 yılında AB ile yaptığı Gümrük Birliği Anlaşması ile atmıştır. Anlaşma sayesinde pazarda kotasız ihracat yapma hakkı kazanmıştır.

Türkiye tekstil ve hazır giyim sektöründe kotasız ihracat yapan Çin ile ciddi oranda rekabete girmiştir. Çin'le fiyat rekabetine girmenin zorluğu karşısında Türkiye, katma değeri yüksek ürünler üretmeye öncülük ederek sektörde ayakta kalmaya çalışmıştır.

Türkiye bu rekabet sayesinde kendini güçlendirmiş, önemli tasarımları, çağa özgün trendleri ve gelişmiş teknolojisiyle kendini ileri taşımak için her türlü donanıma sahip olmuştur.

Merkez Bankası tarafından açıklanan 2014 yılı Ocak ayı verilerine göre üretim hacmi bir önceki aya göre % 0,2 oranında gerilemiş, ancak 2013 yılının Ocak ayına göre % 1,5 oranında artmıştır.

TÜİK 2013 verileri baz alındığında Ekim ayından Kasım ayına üretimde % 1,4 artış yaşanırken, 2012 yılının Kasım ayına göre ise % 4 oranında artış yaşanmıştır.

Türkiye'nin genel ihracatı 2014 yılında 12 milyar dolara çıkmış, sanayi ihracatı ise % 9,1 oranında artarak 9,7 milyar dolar seviyelerine ulaşmıştır [20].

Tablo 3.2. Genel ihracat performansı içinde tekstil ve hammaddeleri ihracatının payı

| <i>*Birim: 1000 \$</i> | 2013 Ocak | 2014 Ocak | 2012/2013 Değişimi % |
|--|------------|------------|----------------------|
| Türkiye Genel İhracatı | 10.966.628 | 12.015.156 | 9,6 |
| Tekstil ve Hammaddeleri İhracatı | 682.156 | 769.217 | 12,8 |
| Tekstil ve Hammaddeleri İhracatının Payı, % | 6,2 | 6,4 | |
| Sanayi İhracatı | 8.872.408 | 9.679.609 | 9,1 |
| Tekstil ve Sektör Hammadde İhracatının Sanayi İhracatındaki Payı, % | 7,7 | 7,9 | |

3.2 Örnek Tekstil Fabrikası

3.2.1. Tekstil fabrikasının üretim süreçleri

Denim ürünlerde efekt olarak yapılan işlemler bıyık, kılçık, zımpara, yırtık, çark gibi el işçiliklerinin yanında sprey ve fırça permanganat gibi bazı kimyasal işlemlerdir. Bu işlemler yapılarak ürüne doğal bir görünüm kazandırılmaktadır. Bu efektlerle istenilen görünüm kazandırıldıktan sonra yıkama işlemi yapılır. Yıkama işleminin amacı denim kumaşın istenilen renk tonuna getirilmesini sağlamaktadır. İstenilen efekt ve renk elde edildikten sonra yine eski ve doğal görünüm vermek için ürüne beyazlatma yapılmakta ve ürüne tekrar yıkama işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemlerden sonra ürüne kirli bir görünüm verilmek isteniyorsa kirletici boyalarla sprey işlemi uygulanmaktadır. Eğer ürüne kırışık bir görünüm verilmek isteniyor ise son olarak krinkıl işlemi uygulanmaktadır.

Gabardin kumaştan dikilmiş ürünlerde ise istenilen renge göre parça boyama işlemi yapılmaktadır. Eğer boyalı ürün üzerinde de doğal, eskimiş bir görünüm verilmek isteniyorsa denim ürünlerde olduğu gibi boyadan sonra efekt işlemleri uygulanmaktadır.

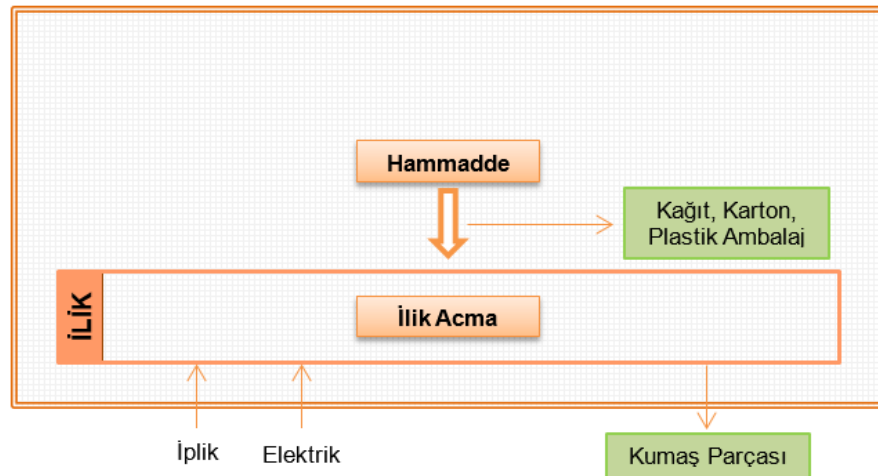
Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra ürünün aksesuarları takılmakta ve kalite bölümüne gönderilen ürün üzerindeki iplikler temizlenmektedir. Ütülünen ürünler kalite kontrolden geçirilmek üzere Final Kalite Kontrol Bölümüne verilir. Kaliteden geçemeyen ürünler II. Kalite Bölümüne teslim edilir. Kalite kontrolden geçen ürünler ise paketlenerek sevkiyat bölümüne teslim edilir. Sevkiyat bölümünde kolilenen ürünler tırlara yüklenir ya da depolara alınarak sevkiyat tarihine kadar bekletilir.

3.2.2 Tekstil fabrikasının iş akım şeması, bölümlerin tanıtımı, üretim sürecinin girdi ve çıktıları

Şekil 3.1.'de Giyim Eşyası Boyama ve Terbiye İşlemi Fabrikasına ait genel işleyiş anlatılmış olup fabrikada gerçekleştirilen işlemler daha detaylı olarak aşağıda adım adım açıklanmıştır.

3.2.2.1. İlik bölümü

Fabrikaya gelen ürünler piyasada fason üretim yapan imalathanelerden hazır dikilmiş olarak alınmaktadır. Bu bölümde kumaş üzerinde modele göre gerekli delikleri ve düğme deliklerini

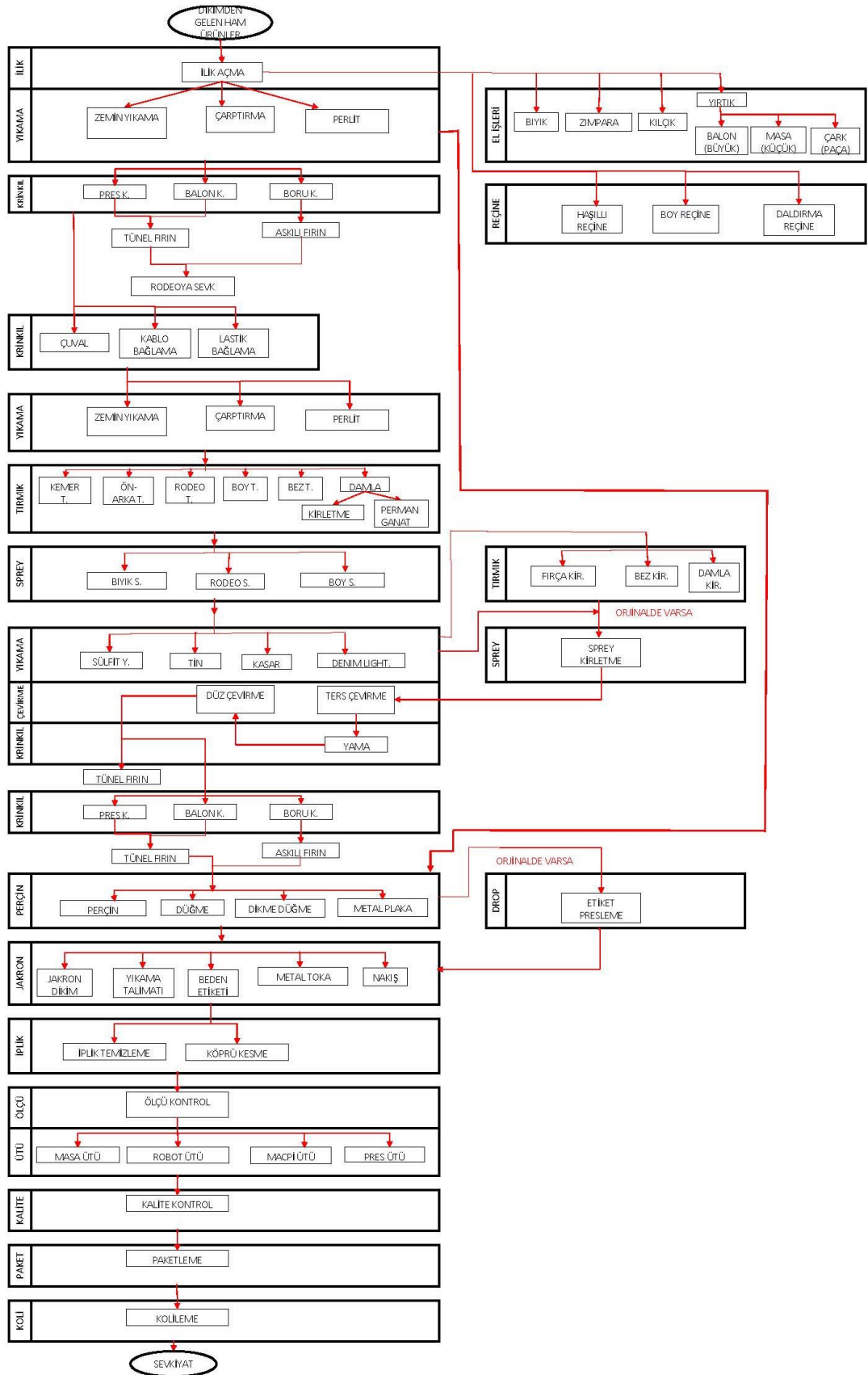


Şekil 3.2. İlik işlemi

açmak için makineler kullanılır. Makineye giren kumaşın işlem göreceği kısmının etrafı önce dikiş ile çevrilir ve ardından iç tarafı kesilerek delik oluşturulur.

İlik bölümüne hammadde girişi şerit destekli kartonlarla palet üzerinde yapılmaktadır. Bu sırada palet, kağıt-karton ambalaj ve plastik ambalaj açığa çıkmaktadır.

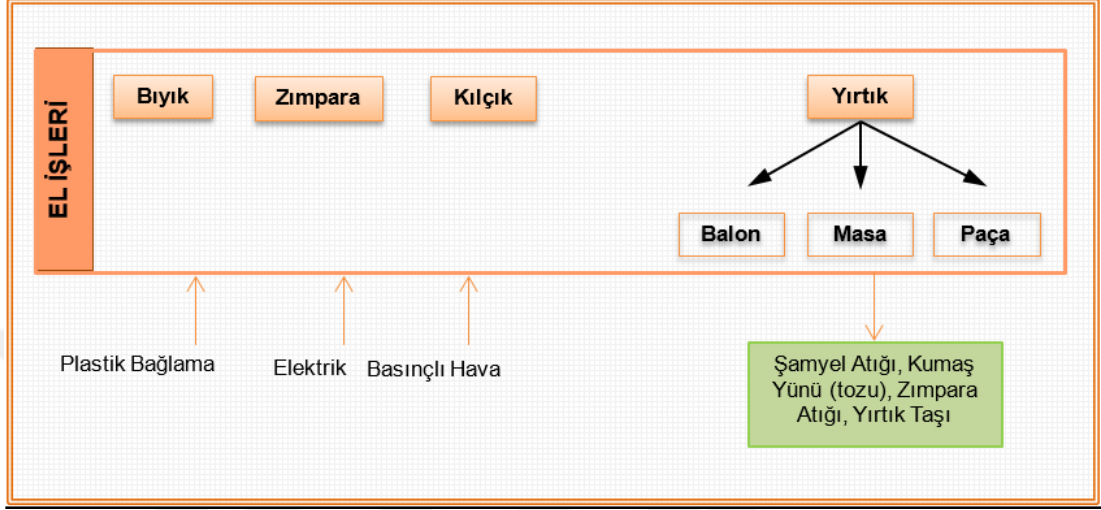




Şekil 3.3. Giyim eşyası boyama ve terbiye işlemi genel iş akım şeması

3.2.2.2. El işleri bölümü

El işleri bölümü bıyık, zımpara, kılçık ve yırtık kısımlarından oluşmaktadır.

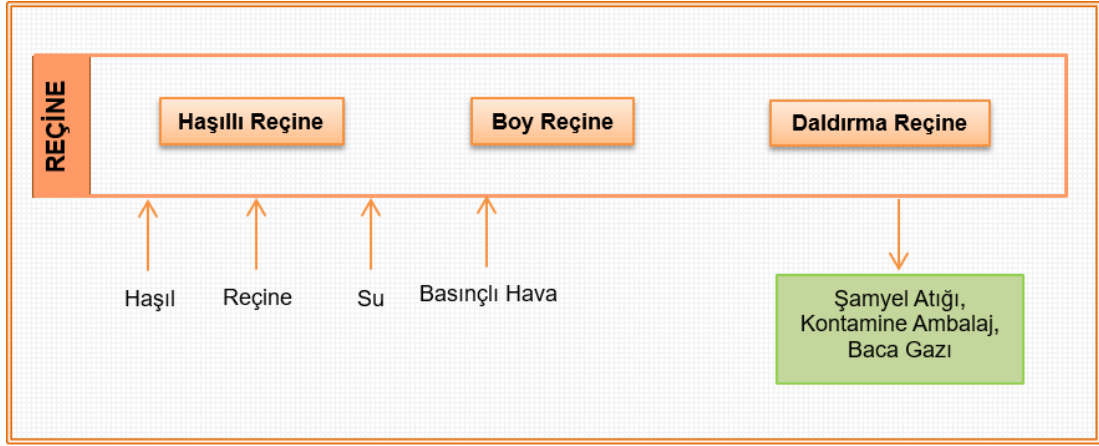


Şekil 3.4. El işleri bölümü

Bıyık kısmında kumaş üzerine kalıpların yardımı ile modele göre kalemle ince çizgiler çizilir. Daha sonra bu çizgilerin üzerinden zımpara ile geçilerek şekil verme işlemi tamamlanır. İşlevini kaybeden zımpara tehlikesiz atık kutusunda toplanır. Zımpara kısmında kumaş üzerine zımpara işlemi uygulanır. Bunun nedeni zımparalı bölgenin ağartma veya kirletme işlemlerinde daha iyi sonuç vermesidir. Zımpara işlevini kaybedince tehlikesiz atık kutusunda toplanır.

Kılçık kısmında kumaş üzerinde şekil vermek için küçük bir yer katlanır ve bu katlı yer kılçık adı verilen plastik madde ile tutturulur. Bu şekilde yıkamaya giren malzeme şekillenmiş olur. Balon, şişmiş şamyel lastiklerin üzerinde malzemenin işlem görmesidir. Bu bölümde modele göre yırtıklar gerçekleştirilir. Kullanılmayacak duruma gelen lastikler geri kazanım tesisine gönderilir.

3.2.2.3. Reçine bölümü



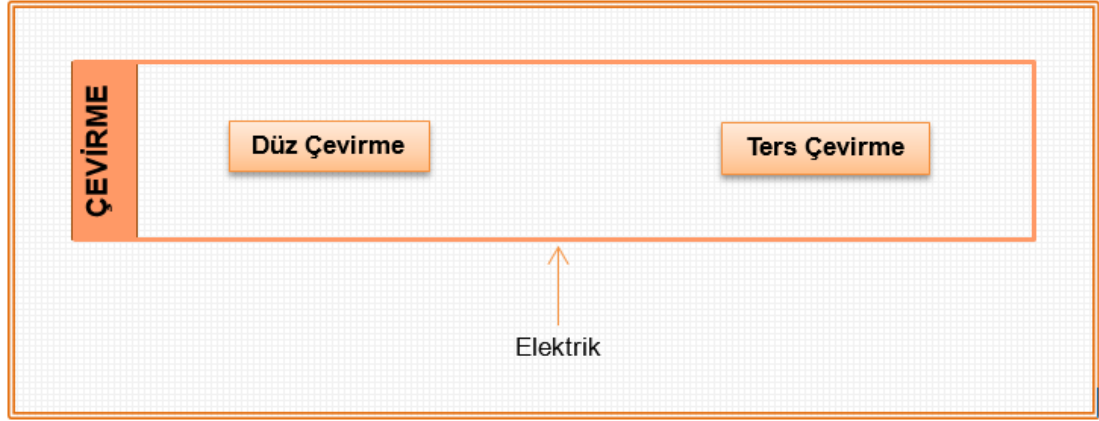
Şekil 3.5. Reçine bölümü

Haşılı reçine, zımpara uygulanan kumaşlarda zımpara modelinin zarar görmemesi için kullanılır. Haşıl bir kimyasal çeşidi olup reçineyle karıştırılarak kullanılır. Boy reçine, kumaşların masa üstünde veya şişirilmiş lastikler üzerinde havalı tabanca ile reçinelenme işlemine verilen addır. Reçine, kumaşlarda kalıp ve modellerin kalıcı olmasını sağlamak için kullanılır. Yıkama esnasında kumaşların üzerinden temizlenir.

Daldırma reçine, kumaşların reçine tanklarının içine daldırılarak reçinelenmesi işlemidir. İstenilen model ve malzeme çeşidine göre bu işlem uygulanır.

3.2.2.4. Çevirme bölümü

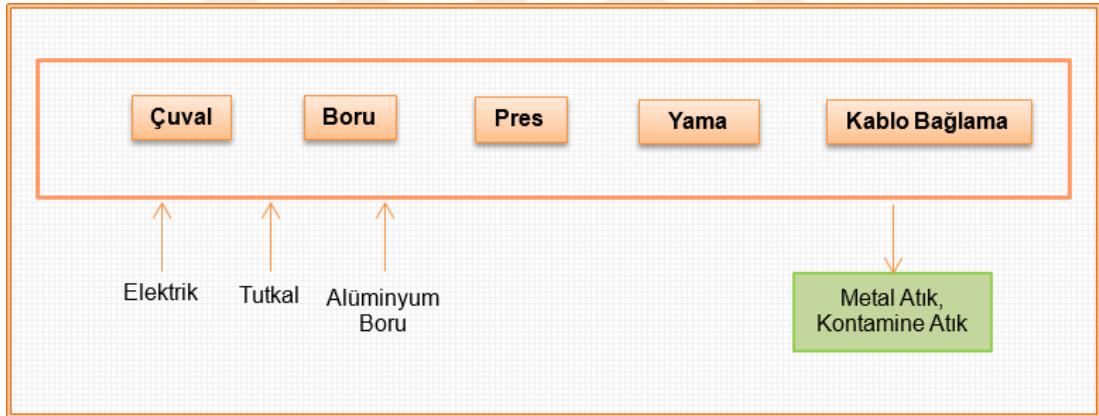
Çevirme bölümünde vakumlu makine yardımı ile ürünlerin diğer yüzlerinin çevrilmesi sağlanır. Krinkıl bölümünde yama işlemi uygulanması için gerekli bir işlemdir. Yaması tamamlanan ürünün tekrar düz tarafı çevrilir.



Şekil 3.6. Çevirme bölümü

3.2.2.5. Krinkıl bölümü

Krinkıl işlemi, kumaşlara belli kalıplara göre model vermek için uygulanır.



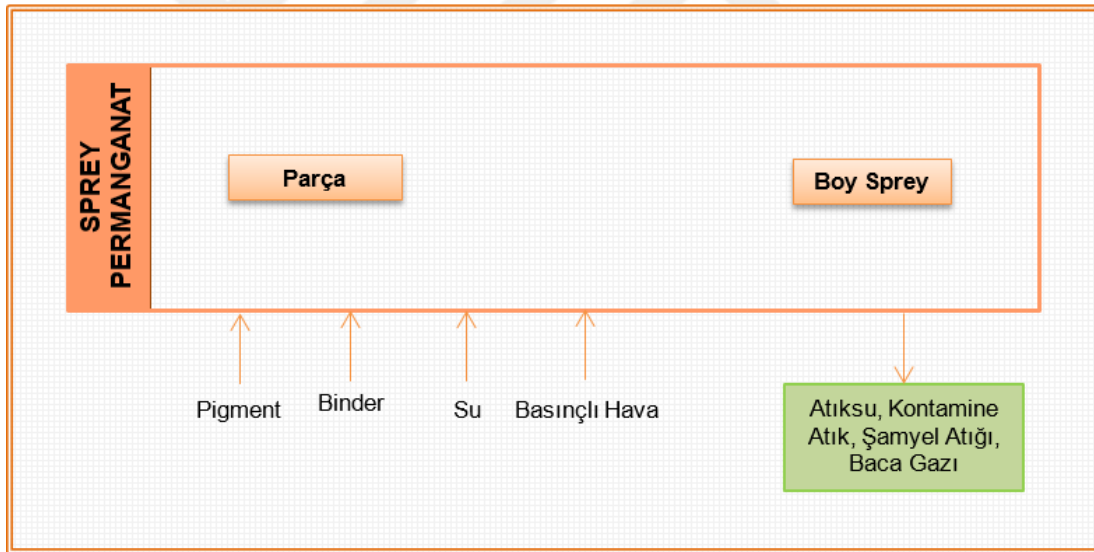
Şekil 3.7. Krinkıl bölümü

Çuval kısmında, malzemeler kumaştan yapılmış çuvalların içine konularak yıkamaya gönderilir. Çuvalın içindeki kumaş kırışık şekilde model kazanır. Boru bölümünde kumaşa kıvrım ve şekil vermek için tırtıklı alüminyum borular kullanılır. Alüminyum boruların üstüne giydirilen kumaşlar bu şekilde kurutma fırınına gönderilir ve işlem tamamlanır. Alüminyum borular hassas olduğundan ezilen ve bükülen borular tekrar kullanılamaz ve geri dönüşüme yolları.

Hafif ıslak kumaşa elle şekil verilerek pres makinesine verilir. Elle şekil verilen bölümde makinedeki yüksek sıcaklıkla birlikte istenilen model sağlanır. El işlerinde yırtık işlemi görmüş kumaşların yırtıklarının altları astar ile kapatılır. Astarlara tutkal sürülerek kumaş tersinden yapıştırılır. Ömrünü tamamlayan tutkal bulaşmış fırçalar bertaraf tesislerine gönderilir.

3.2.2.6. Sprey permanganat bölümü

Sprey Permanganat bölümünde malzemelerin cinsine göre beyazlatma ve kirletme işlemi uygulanır. Parça sprejde malzemenin belli kısımlarına uygulanan bu işlem boy sprejde tüm malzemeye uygulanır. Basınçlı hava tabancası kullanılarak kimyasallar şişirilmiş şamyeller üzerinde bulunan ürünlere uygulanır. Kimyasal olarak kullanılan pigment ve binderler boyalarla renklendirilerek kullanılır.



Şekil 3.8. Sprey permanganat bölümü

Tabancayla sıkılan kimyasallar her sprej permanganat kabininin arkasında bulunan sulu sistemde adsorblanarak oluşan atıksu arıtma tesisine gönderilir. Ayrıca kabin bacalarından emilen kimyasal buharları, bacalarda bulunan sulu sistemde filtrelenerek atmosfere verilir. Kimyasalları tutarak kirlenen su ise atıksu arıtma tesisine gönderilir.

3.2.2.7. Fırın bölümü

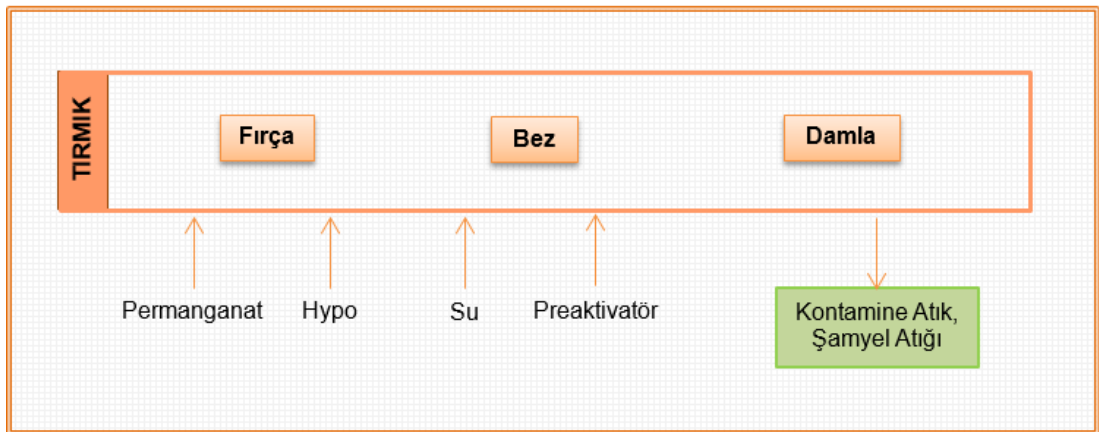
Reçine, sprej permanganat gibi bölümlerde kimyasal işleme maruz kalmış ve/veya krinkıl bölümünde şekil verilmiş ürünlere fırınlarda kurutma işlemi yapılır.



Şekil 3.9. Fırın bölümü

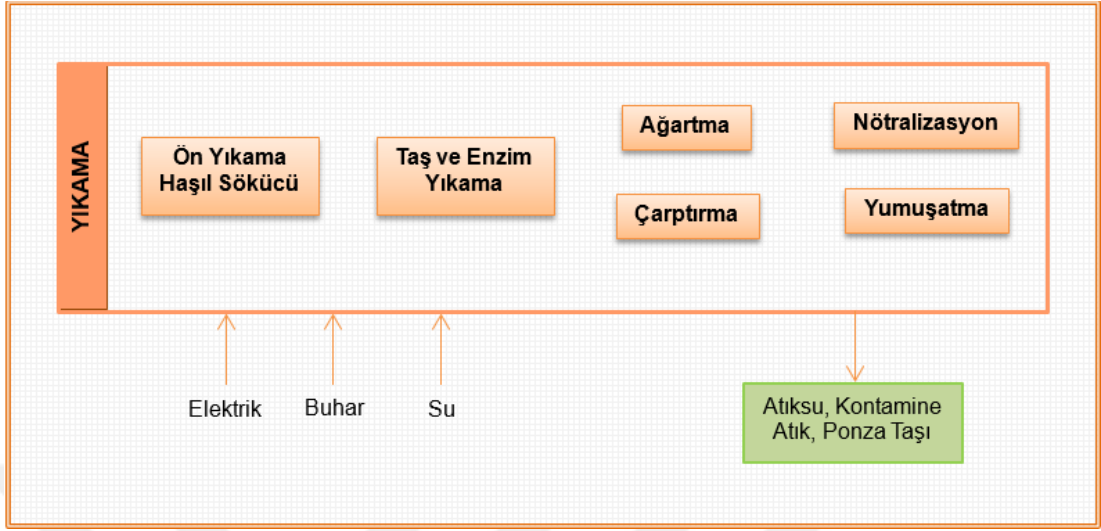
3.2.2.8. Tırmık (Fırça permanganat) bölümü

Tırmık bölümünde, sprej permanganat bölümündeki gibi ürünlere beyazlatma ve kirletme işlemleri farklı şekillerde uygulanır. Bu bölümde permanganatta kullanılan tabanca yerine boya fırçası, bezle boyama ve fırçayla damlatma şeklinde boyama işlemleri uygulanır.



Şekil 3.10. Tırmık bölümü

3.2.2.9. Yıkama bölümü



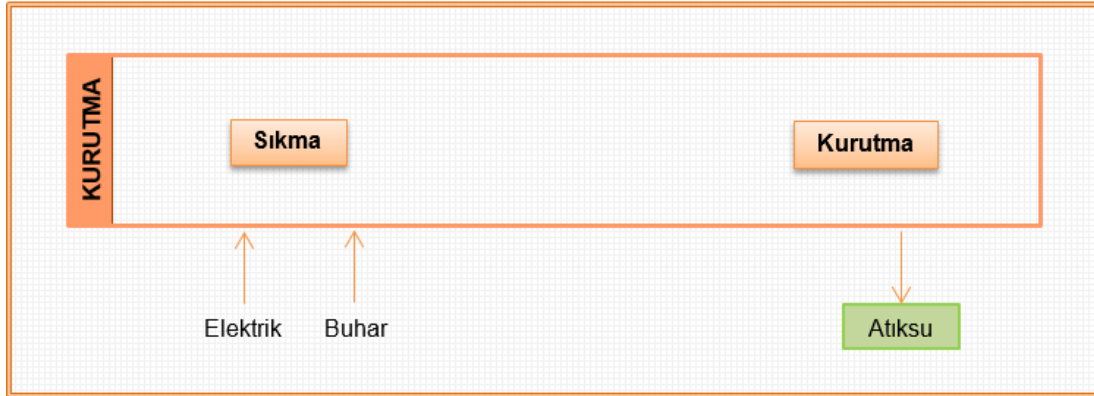
Şekil 3.11. Yıkama bölümü

İşleme giren yan ürünler; ponza taşı, sodyum hipoklorit (hypo), enzim, fiksator, kostik, permanganat, peroksit, kirletme, denim light, perlit, yumuşatma, silikon, dispergator, aktivator ve sülfittir. Yıkama bölümünde ilk olarak ön yıkama ve haşıl sökme işlemi uygulanır. Ön yıkama işleminde ürün yıkandıktan sonra haşıl sökücüler yardımıyla üzerindeki kirleticilerden arındırılır.

Ürüne görünüm açısından uygun şekli vermek için ise ikinci kademede taş ve enzim yıkama işlemleri ve ürünün modeline göre çarpıtma işlemleri uygulanır. Daha sonraki kademede ürünün rengini açmak için ağartma işlemleri uygulanır. Ürüne beyazlaştırma ve kirletme amaçlı kullanılan kimyasalların uzaklaştırılması için nötralizasyon işlemleri uygulanır. Son olarak ürünün kullanıma uygun hale gelmesi için yumuşatma işlemi uygulanır.

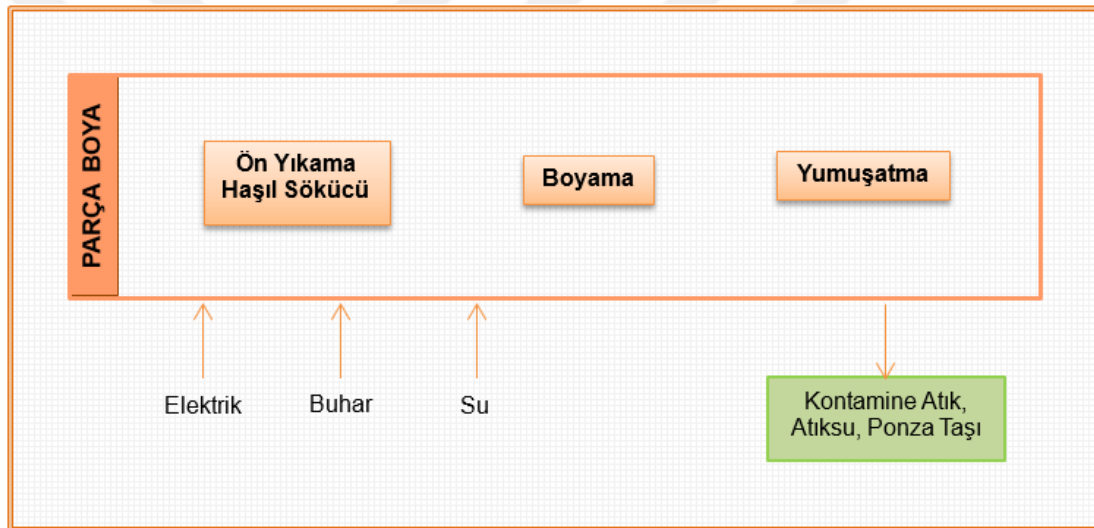
3.2.2.10. Kurutma bölümü

Kurutma bölümünde, yıkamada işlem görmüş ürünler önce sıkma makinesinde sıkılarak suyu alınır. Daha sonra sıkma makinesinden çıkan ürünler kurutma makinelerinde kurutulurlar.



Şekil 3.12. Kurutma bölümü

3.2.2.11. Parça boya bölümü



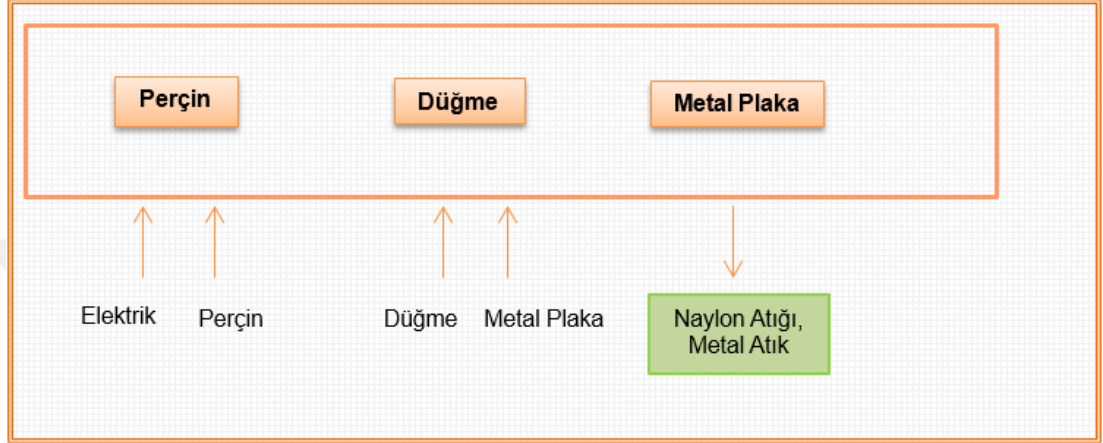
Şekil 3.13. Parça boya bölümü

İşleme giren yan ürünler; ıslatıcı, sabun, haşıl, egozatör, soda, rafine tuz, sodyum sülfat, direkt boyalar, binder, floresan boyalar, peroksit, revatol NS (redüksiyon önleyici) ve kırık önleyicidir. Parça boyama bölümünde ürüne ilk olarak ön yıkama ve haşıl sökme işlemi uygulanır. Ön yıkama işleminde ürün yıkandıktan sonra haşıl sökücüler yardımıyla üzerindeki kirleticilerden arındırılır.

Boyama aşamasında ürün üzerinde istenilen renk tonu sağlanır. Boyama yapılırken tepkimelerin daha hızlı ve etkili bir biçimde işlem görmesi için farklı kimyasallar kullanılır. Son olarak ürünün kullanıma uygun hale gelmesi için yumuşatma işlemi gerçekleştirilir.

3.2.2.12. Perçin bölümü

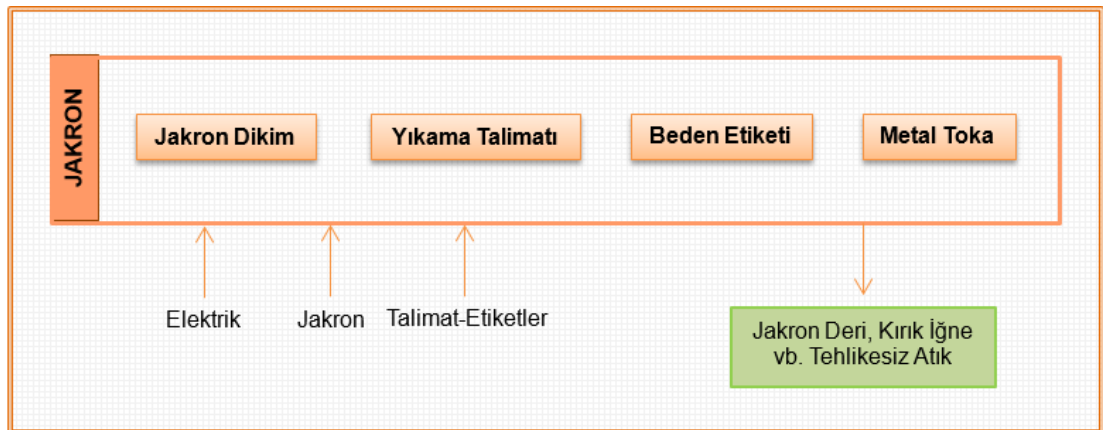
Perçin bölümü, ürünlerin üzerlerine perçinlerin, düğmelerin ve metal plakaların makine yardımıyla işlendiği bölümdür. İşlem sonunda metal atıklar (kırık iğne) oluşmakta ve bu atıklar bertaraf firmalarına gönderilmektedir.



Şekil 3.14. Perçin bölümü

3.2.2.13. Jakron bölümü

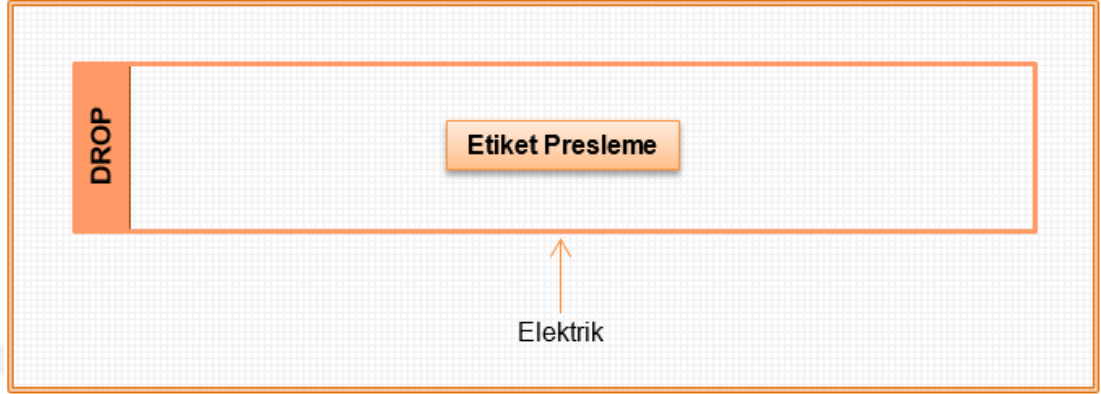
Ürün üzerinde bulunan deri etiket, yıkama talimatları, beden etiketleri ve metal tokaların makine yardımıyla işlendiği bölümdür.



Şekil 3.15. Jakron bölümü

3.2.2.14. Drop Bölümü

Ürün üzerine metal aksamların makine yardımıyla işlendiği bölümdür.



Şekil 3.16. Drop bölümü

3.2.2.15. İplik bölümü

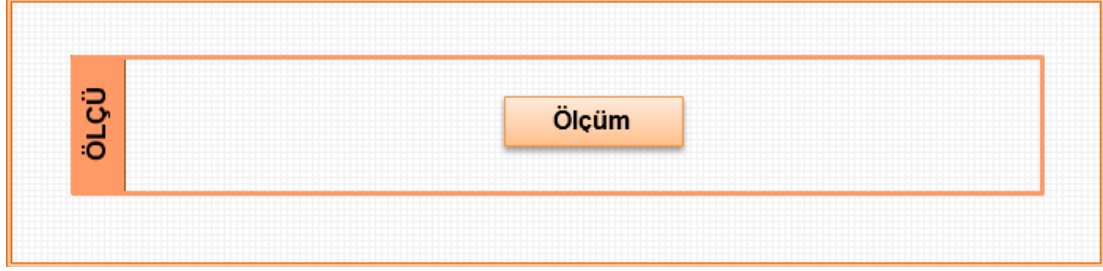
İplik bölümünde işlemleri tamamlanmış hazır ürünlerin üstündeki fazla iplikler çalışanlar tarafından makas yardımıyla temizlenir. Aynı zamanda kemer tutma kısmında olan fazla parçalarda kesilerek düzeltilir.



Şekil 3.17. İplik bölümü

3.2.2.16. Ölçü bölümü

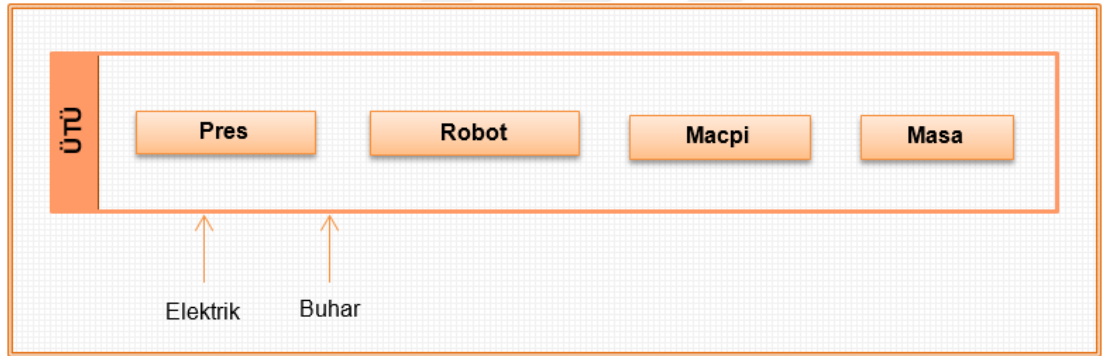
Ölçü bölümünde, hazır hale gelmiş ürünlerin boyları kontrol edilir. Boyları standartlara uygun olan ürünlerde işlemlere devam edilir.



Şekil 3.18. Ölçü bölümü

3.2.2.17. Ütü bölümü

Bu bölümde masa üzerinde el paskarası ve kemer bölgeleri ütülenir. Ürün daha sonra cinsine göre robot, pres veya macpi ütüye girer. Macpi ve robot ütü sırasında buhar kullanılarak ürün boyutları ayarlanır.



Şekil 3.19. Ütü bölümü

3.2.2.18. Kalite bölümü

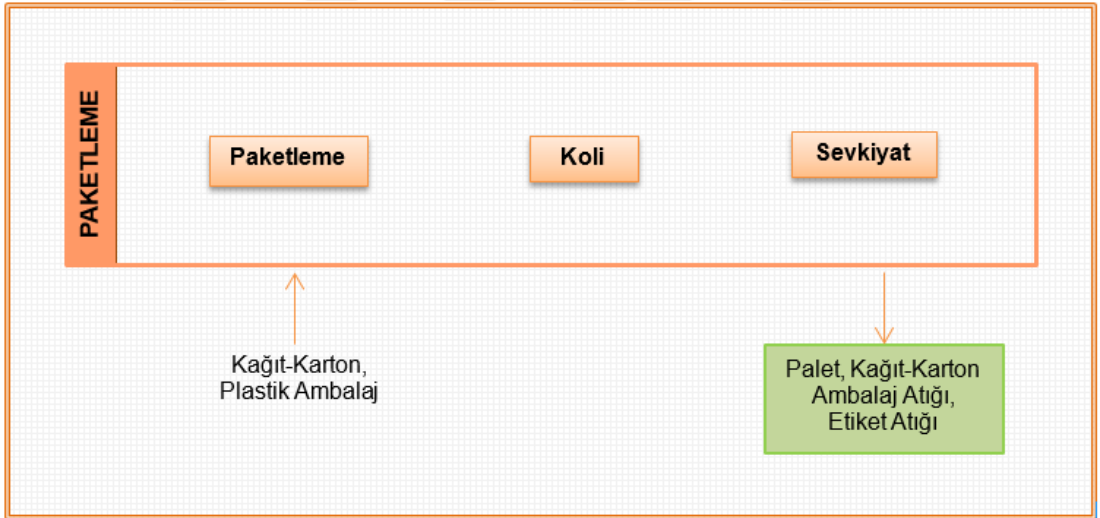
Bu bölümde ürünler kontrolden geçirildikten sonra sorunlu çıkan ürünler ikinci kaliteye gönderilerek eksiği olan kısımların düzeltilmesi sağlanır.



Şekil 3.20. Kalite bölümü

3.2.2.19. Paketleme bölümü

Bu bölümde iç ve dış piyasaya sürülecek hazır ürünler paketlenerek kolilere yerleştirilir. Etiketlenen koliler sevk edilmek üzere sevkiyat deposunda bekletilir.



Şekil 3.21. Paketleme bölümü

3.2.3. Fabrika enerji ve su yönetimi

Personelin sosyal ihtiyaçlarının karşılanması için kişi başına gerekli su miktarı 150 lt/gün alınırsa; [21]

Personelin toplam su ihtiyacı = 1000 x 150 lt/gün
 = 150.000 lt/gün **150 m³/gün** olacaktır.

Tesiste proseste kullanılacak su miktarı yan şube (boyahane) ile toplam 5.560 m³/gün olup, kurutma işleminde olan kayıplarla birlikte çıkış suyu 5.500 m³/gün civarındadır. Yan şube (boyahane) proje kapsamı dışında olmasına rağmen atık sularını ortak arıtma tesisine gönderdiği için sisteme dahil edilmiştir. Bölümlere göre su kullanımı Tablo 3.3.'te gösterilmektedir.

Tesiste oluşan yıllık atık su miktarı;

$$5500 \text{ m}^3/\text{gün} \times 300 \text{ iş günü/yıl} = 1.650.000 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

Tablo 3.3. Proseste kullanılacak su miktarı

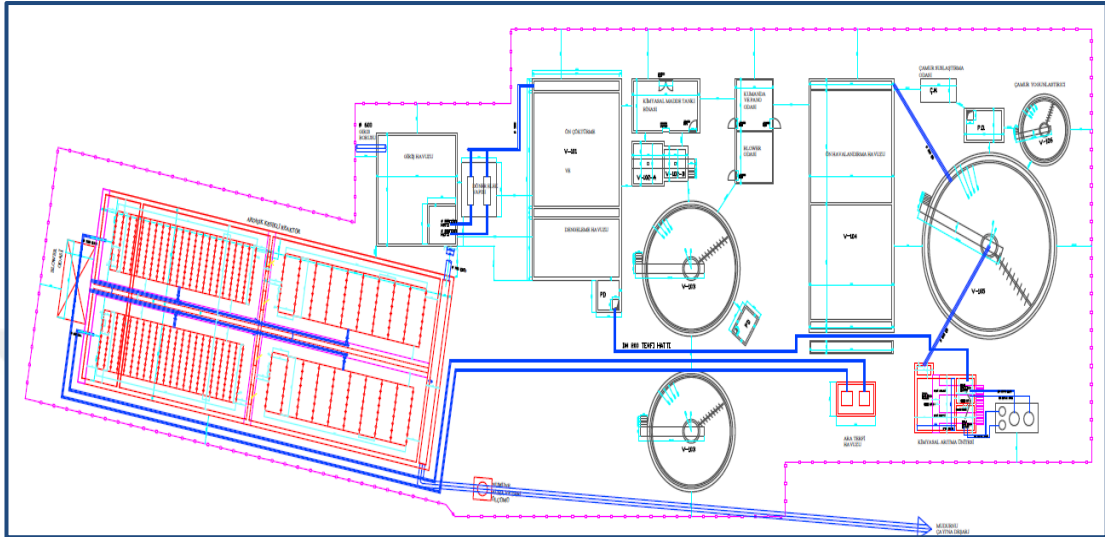
| Su Kullanılacak Bölüm | Kullanılacak Su Miktarı (m ³ /gün) |
|-----------------------|---|
| Yıkama | 2300 |
| Parça Boya | 600 |
| Sprey, Reçine | 80 |
| Kazan Dairesi | 60 |
| Kondens Suyu | 60 |
| Boyahane (Yan Şube) | 2200 |
| Soğutma Suyu | 0 |
| Su Yumuşatma | 100 |
| Kişisel Kullanım | 150 |
| Diğer Çevre Temizlik | 10 |
| Toplam | 5.560 |

Tesiste üretimde kullanılan proses suları kuyu suyundan temin edilmektedir. Ham su yumuşatma ünitesinden geçirilip gerekli özellikleri test edilerek proseslerde kullanıma hazır hale getirilmektedir.

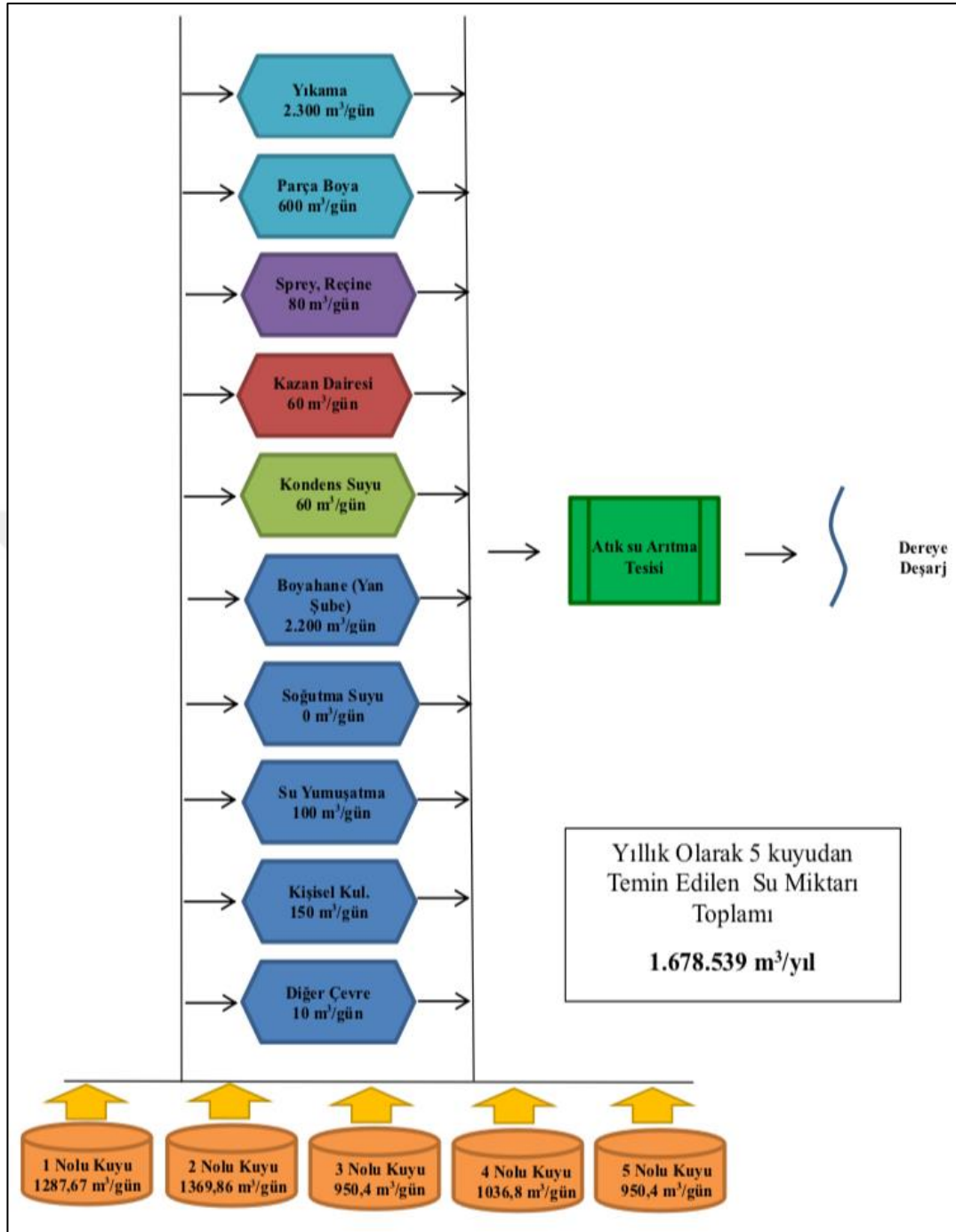
İşletme içerisinde tüketilen yumuşak suyun büyük bir kısmı atık su olarak çıkmaktadır. Tesis, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre tablo 10.3 ana tablo olmak üzere 14.5, 20.2 ve 20.7'ye tabidir ve bu standartlara göre atık suyun deşarjı sağlanmaktadır. Arıtma fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 ana üniteden oluşmaktadır.

Fabrikada enerji kaynağı olarak kömür, gerekli olduğu durumlarda ise doğal gaz kullanılmaktadır. Doğal gaz ve kömür fabrikada kullanılmak üzere buhar enerjisine

dönüştürülmektedir. Elektrik enerjisi fabrikada üretilmemekte ve dışarıdan hazır olarak temin edilmektedir. Tüketilen doğal gaz, sayaçlar aracılığı ile hem fabrika tarafından hem de doğal gazın alındığı firma tarafından izlenmektedir.



Şekil 3.22. Atık su arıtma tesisi genel yerleşim planı



Şekil 3.23. Kuyudan su temini ve bölüm bazlı dağılımı

3.2.4. Fabrika atık yönetimi

Tesiste üretim aşaması ve üretime yardımcı diğer aşamalardan kaynaklı birçok atık oluşmaktadır. Oluşan atıklar, atık sahasında depolanmakta ve lisanslı firmalara

bertaraf ve geri dönüşüm için verilmektedir. Bu atıkların tesisteki sınıflandırması ve miktarları Tablo 3.4.'te yer almaktadır.

Tablo 3.4. Tesiste oluşan atık miktarları

| ATIK KODU | ATIK ADI | MİKTAR | ÖLÇÜ BİRİMİ | İŞLEMİN NEREDE YAPILDIĞI | ATIK İŞLEME YÖNTEMİ |
|-----------|--|---------|-------------|--------------------------|---------------------|
| 040220 | 04 02 19 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar | 106.840 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 040221 | İşlenmemiş tekstil elyafı atıkları | 2.520 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 070216 | Zararlı silikonlar içeren atıklar | 2.160 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 080317 | Tehlikeli maddeler içeren atıklar | 15 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 130113 | Diğer hidrolik yağlar | 2.300 | kilogram | Tesis dışı | R9 |
| 150101 | Kağıt ve karton ambalaj | 199.580 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150101 | Kağıt ve karton ambalaj | 96.640 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150102 | Plastik ambalaj | 9.400 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150102 | Plastik ambalaj | 9.240 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150103 | Ahşap ambalaj | 46.880 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150103 | Ahşap ambalaj | 94.920 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150110 | Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar | 12.566 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150110 | Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar | 3.500 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 150202 | Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler | 1.300 | kilogram | Tesis dışı | R12 |
| 160602 | Nikel kadmiyum piller | 2 | kilogram | Tesis dışı | D5 |
| 180103 | Enfeksiyonu önlemek amacıyla toplanmaları ve bertarafı özel işleme tabi olan atıklar | 112 | kilogram | Tesis dışı | D9 |
| 200121 | Flüoresan lambalar ve diğer civa içeren atıklar | 200 | kilogram | Tesis dışı | R13 |
| 200126 | 20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar | 250 | kilogram | Tesis dışı | R9 |
| 200140 | Metaller | 6.760 | kilogram | Tesis dışı | R12 |

3.2.5. Endüstriyel karbon ayak izi uygulamaları ile ilgili literatür

Son yıllarda karbon ayak izine yönelik farklı ülkelerde farklı ürün gurupları için birçok araştırma yapılmıştır. ABD’de yapılan bir çalışmada (Kirchain vd., 2015) polyesterden yapılmış bir tişört için karbon ayak izi 7,1 kg CO₂e/tişört olarak hesaplanmıştır [22].

İran’ın tekstil endüstrisinde yapılan bir çalışmada (Hasanbeigi vd., 2012) yünlü örgü kumaşlar için enerji ayak izi değeri 73 ile 132 kWh / kg-kumaş arasında hesaplanmıştır. Aynı çalışmada iplik boyama işlemi de göz önüne alındığında bu değerlerin % 70,8 oranında artacağı belirtilmiştir. Buna göre söz konusu değer, yün polyester karışık kumaşlar için 23,1 kg CO₂e/kg kumaş olacaktır. Buna ek olarak 40,7 kg CO₂e/kg kumaş değerine yol açan kumaş örme için düz örgü tekniği kullanıldığında % 76,2’lik bir artışın olacağı belirtilmiştir. Yün ve polyester elyaf üretiminden kaynaklanan karbon ayak izleri bu değere ilave edilmemiştir [22].

Tekstil endüstrisinin yüksek enerjili tüketiminden dolayı, ürünlerin yeniden kullanımı ve geri dönüşümü gibi alternatifler son yıllarda önem kazanmıştır. Daha önceki iki farklı çalışmayı (Lowe, 1981; Ogilvie, 1992) referans alan bir çalışmada (Mc Dougall vd., 2001), kullanılmamış yünden üretilen bir dokuma ürününün, geri dönüştürülmüş yünden imal edilenlere oranla iki kat fazla karbon ayak izi yaratacağı sonucuna varılmıştır [22].

Bir diğer çalışmada ise (Woolridge vd., 2006), İngiltere’de yaygın olan giysilerin geri dönüşümü yoluyla üretilen tekstil ürünleri ile kullanılmamış ham maddeden üretilen tekstil ürünlerinin enerji tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, enerji verimliliğini teknolojik gelişmelerle iyileştirmeye yönelik araştırmalar son yıllarda ilgi çekmektedir. Örnek bir çalışmada, bir tekstil fabrikasında ekipman teknolojisi ve proses optimizasyonunun enerji tasarrufuna etkisi incelenmiştir [22].

TOYOTA Kuzey Amerika Çevre Raporu”, emisyon hesaplamasında kullanılan yöntem WRI tarafından ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma ve İş Konseyi tarafından

geliştirilen GHG Protokolünü esas alır. Bu envanterin hazırlık süreci GHG emisyonlarının nerede meydana geldiğini daha iyi anlaşılmasını sağlamış ve aynı zamanda Toyota'nın Kuzey Amerikan şirketleri boyunca bilgi paylaşımını kolaylaştırmıştır. GHG'nin her üç kapsamı da 2014 yılında yapılmış ancak kapsam 3 emisyonları satışı yapılan araçların kullanımından kaynaklı emisyonları içermemektedir. Çalışmada toplam karbondioksit eşdeğeri 2.217.000 ton CO₂ bulunmuştur [23].

Wang vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Çin Kağıt Hamuru ve Kağıt Endüstrisi (CPPI) karbon emisyonları açısından ele alınmıştır. Çalışma dönemi (2005-2012) boyunca CPPI'nin toplam CO₂e emisyonunun 126 Megaton ile 155,4 Megaton arasında değiştiği gözlenmiştir. 2005 yılında toplam CO₂e emisyonları yaklaşık 126 Megaton ve 2012 yılında toplam emisyon yaklaşık olarak 148 Megaton olarak belirlenmiş ve ilk yıl ile çalışılan son yıl arasında, CO₂e emisyonlarının yıllık % 2,3'lük artış oranı ile % 17'nin üzerinde arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, bu çalışmada tahmin edilen CPPI'nin enerji tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonlarının, IPCC envanteri yerine yerel emisyon envanterinin benimsenmesi nedeniyle % 4,7 daha düşük hesaplandığı da belirlenmiştir. Kağıt hamuru ve kağıt endüstrisinde gelecekteki karbon azaltımı için öncelikle fosil yakıt tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması çalışmanın başlıca önerileri arasındadır. Sanayi sektöründe yenilenebilir enerjinin kullanımının teşviki, üretim sürecinde biyokütle enerjisinin geri kazanımı ve üretim sürecinde atık oluşumunu önlemek veya en aza indirmek için temiz üretimin gerekliliği de ayrıca vurgulanmıştır [24].

Garcia vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Meksika'daki dört şeker fabrikasında üretilen şekerin karbon ayak izini bir yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi ile değerlendirerek düşük karbonlu şeker üretimine yönelik politika önlemlerinin ve uygulamalarının belirlenmesine katkıda bulunulmuştur. Sistem sınırları; tarımsal uygulamalar, şeker kamışı hasatı, kamış öğütme ve şeker dönüşümü olarak belirlenmiştir. Sonuçlar şeker üretiminin 0,45-0,63 kg CO₂e/kg şeker aralığında karbon ayak izi değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Karbon

emisyonlarına çoğunlukla tarımsal aşamanın katkıda bulunduğu (% 59-74), sanayi aşamasının ısı ve elektrik üretiminde fosil yakıt ve küspe kullanımı nedeniyle % 14 ile % 30 arasında bir katkısının olduğu, ulaşım aşamasınınsa toplam emisyonların sadece % 10-13'ünü temsil ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar diğer ülkeler için yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır ve değerlerin diğer örneklerden genel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin, Brezilya için 0,23-0,24 kg CO₂e/kg şeker aralığında, Mauritis için 0,255 kg CO₂e/kg şeker ve Tayland içinse 0,55 kg CO₂e/kg şeker olduğuna ve Tayland için bulunan sonucun kendilerinininkine olan benzerliğine değinilmiştir [24].

FORD Arjantin S.C.A', sera gazı emisyonlarının envanteri 2013 yılında gerçekleştirilmiştir. Kurumsal Sera Gazı Muhasebesi ve Raporlama Rehberliği, Dünya Kaynakları Enstitüsü ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma ve İş Konseyi, sera gazı emisyonlarını hesaplamak için kullanılmıştır. Bu hesaplamada, kapsam 1 ve kapsam 2 emisyonları envanter için kullanılmıştır. Ayrıca doğal gazın dönüşüm faktörleri, PLG, ve elektrik enerjisi ton olarak CO₂ miktarını hesaplamak için kullanılmıştır. Sonuçta, sera gazı emisyonlarının 2013 yılında toplam miktarı 58.676 ton CO₂ bulunmuştur [25].

3.3. Sera Gazı Protokolü Standardı

Sera gazı protokolü standart olarak sera gazı emisyonlarını ölçmek, yönetmek ve bildirmek için Dünya Kaynakları Enstitüsü ve Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi tarafından oluşturulmuştur [26].

Sera gazı protokolü'nün standartlara bağlı 2 bölümü vardır [26]:

1. Sera Gazı Protokolünün Kurumsal Muhasebe ve Raporlama Standardı: Sera gazı emisyon miktarlarının belirlenmesi ve raporlamasında kullanmak amacıyla şirketler için adım adım rehberlik sağlayan bir dokümandır.
2. Sera Gazı Protokolünün Miktar Belirtmesi Standardı: Sera gazının azaltılması projelerinde miktar belirtmek için hazırlanan bir rehberdir.

Bu sera gazı protokolünün kurumsal standardı, 6 sera gazının muhasebesi ve raporlamasını kapsamaktadır. Bu gazlar; karbon dioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve sülfür heksaflorid (SF₆)'dır [26].

3.4. IPCC Emisyon Faktörü Veritabanı

Emisyon Faktörü Veritabanı (The Emission Factor Database, EFDB), kullanıcıların ulusal düzeyde, sera gazı emisyonlarını ve azaltımlarını tahmin etmek için kullanabilecekleri, teknik bilgi içeren referanslar sayesinde emisyon faktörlerini ve diğer parametreleri kolayca bulabilecekleri web temelli bir forumdur. Veritabanına <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php> sitesinde direkt olarak veya IPCC, IPCC-NGGIP ana sayfası üzerinden internetten sorgulanarak ulaşılabilir [27].

BÖLÜM 4. MATERYAL VE METOD

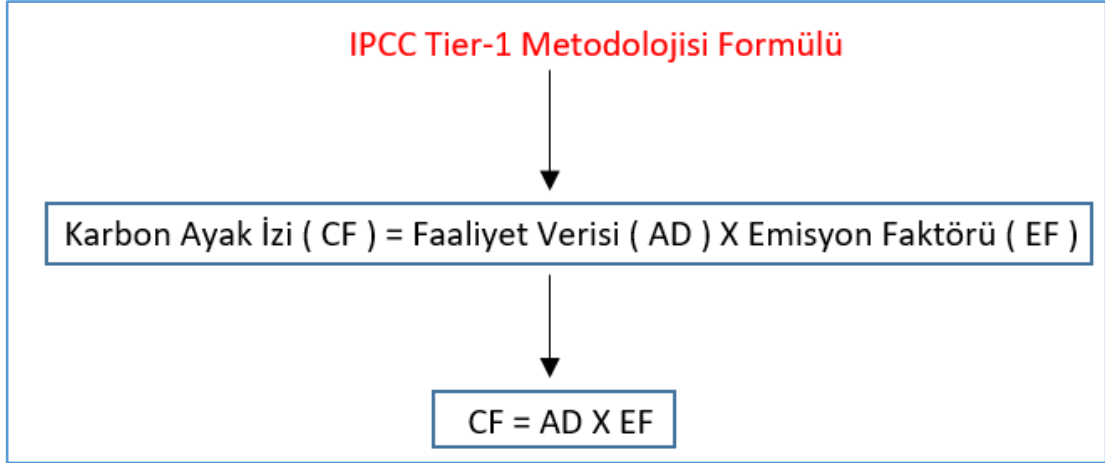
2018 yılı verileri baz alınarak tekstil fabrikasının karbon ayak izi, IPCC hesaplama metodolojisi yardımıyla hesaplanmıştır. Tesiste sera gazı yayılımına sebep olan; enerji, ulaşım, elektrik ve atık su tüketimleri çalışmanın ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Tesisin mal ve hizmetleri için oluşan emisyon değerleri yeterli veriye ulaşılamayacağından dolayı bu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır.

IPCC metodolojisi hesaplama yöntemlerini Tier olarak adlandırılan 3 farklı kategoriye ayırmıştır. Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımlarının, Tier 1 yaklaşımına göre kapsamı daha geniştir. Tier 1 metodu temelde yakıt bazlı bir metoddur. Yakma kaynaklı emisyonların tamamı yakılan yakıt miktarına ve baz alınan emisyon faktörleri değerlerine bağlı olarak hesaplanabilir.

Tier 2 metodunda yakma kaynaklı emisyonlar Tier 1’de olduğu gibi hesaplanır ancak, ülkelere özgü emisyon faktörleri Tier 1’de bulunan emisyon faktörleri yerine kullanılmaktadır. Bu emisyon faktörleri yanma teknolojisinin, yakıt cinsinin, çalışma koşullarının ve yakıt yakmak için kullanılan ekipman yaşının farklı olması nedeniyle ülkelere özgü olarak belirlenmiştir. Emisyon faktörleri ülkelere özgü olduğunda değişkenlik daha az olmakta ve daha doğru karbondioksit emisyonu hesaplanmaktadır.

Tier 3 metodu, teknoloji değişkenini temel almakla beraber yanma prosesi, yakıt özelliği ve hesaplama sonuçlarını etkileyen diğer bileşenleri içermektedir.

Bu hesaplamada IPCC Tier 1 yaklaşımı kullanılmıştır. Tier 1 metodolojisi formülü Şekil 4.1.’de gösterilmiştir [28].



Şekil 4.1. Karbon ayak izi IPCC-TIER-1 yaklaşımı

CF: Elektrik tüketimi, ulaşım, ısınma vb. faaliyetler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticilerinin karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) cinsinden miktarını gösterir.

AD: Bir proses tarafından tüketilen veya üretilen yakıt veya maddelere ilişkin veriyi gösterir.

EF: Belirli bir kirleticinin birim değeri (Hacim, Kütle, Zaman, Alan) için ortalama emisyon miktarını temsil eder.

Kullanılan faaliyet verileri ve emisyon faktörleri Tablo 4.1. ve 4.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Faaliyet verileri

| Faaliyet Verisi | Miktar | birim |
|-------------------------------------|---------------|---------------------|
| Çalışan Sayısı | 1.000 | kişi |
| Fabrika Toplam Alanı | 150.000 | m ² |
| Ağaçlar, ortalama 15 yaşında | 500 | adet |
| Bir çalışma Yılı | 300 | iş günü |
| Yıllık üretilen pantolon miktarı | 4.850.000 | adet/yıl |
| 2018 yılı toplam katı atık üretimi | 592.635 | kg/yıl |
| Personel aracı (Benzin) | 90 | tane/gün, benzin |
| Personel araçlarının kat ettiği yol | 40 | km/gün |
| Servis aracı (Dizel) | 220.140 | km/yıl dizel |
| Atık kamyonu (Dizel) | 3 | tane/gün, dizel |
| Atık kamyonu (Dizel) | 32.400 | km/yıl dizel |
| Elektrik tüketimi | 11.067.898 | kWh/yıl |
| Doğal gaz tüketimi | 141.000 | m ³ /yıl |
| Kömür Tüketimi | 17.132 | ton /yıl |
| Su Tüketimi | 1.650.000 | m ³ /yıl |

Tabloda 4.2.'de belirtilen faaliyet verilerinin emisyon faktörleri IPCC, National Greenhouse Gas Inventory Report 1990-2012, Dünya Kaynaklar Enstitüsü, DEFRA ve otomotiv fabrikası kaynaklarından alınarak ton CO₂ eşdeğeri hesaplaması yapılmıştır.

Tablo 4.2. Emisyon faktörleri

| Faaliyet Verisi | Emisyon Faktörleri | Gazlar / Birimler |
|---|--------------------|-----------------------------------|
| 2018 yılı katı atık üretimi | 0,021 | kg CO _{2e} /kg [29] |
| Personel aracı (Benzin) | 0,391555556 | CO ₂ için kg/mile [30] |
| Personel aracı (Benzin) | 0,0147 | CH ₄ için g/mile [30] |
| Personel aracı (Benzin) | 0,0079 | N ₂ O için g/mile [30] |
| Servis aracı (Dizel) | 0,62654321 | CO ₂ için kg/mile [30] |
| Servis aracı (Dizel) | 0,001 | CH ₄ için g/mile [30] |
| Servis aracı (Dizel) | 0,0015 | N ₂ O için g/mile [30] |
| Atık kamyonu (Dizel) | 2,743243243 | CO ₂ için kg/mile [30] |
| Atık kamyonu (Dizel) | 0,0051 | CH ₄ için g/mile [30] |
| Atık kamyonu (Dizel) | 0,0048 | N ₂ O için g/mile [30] |
| Aydınlatma ve üretilen pantolonlar için elektrik tüketimi | 0,856 | kg CO _{2e} /kWh [29] |
| Doğal gaz tüketimi | 15,3 | CO ₂ için t C/TJ [31] |
| Doğal gaz tüketimi | 0,005 | CH ₄ için t C/TJ[31] |
| Doğal gaz tüketimi | 0,0001 | N ₂ O için t C/TJ[31] |
| Kömür Tüketimi | 27,6 | CO ₂ için t C/TJ [31] |
| Kömür Tüketimi | 0,01 | CH ₄ için t C/TJ[31] |
| Kömür Tüketimi | 0,0014 | N ₂ O için t C/TJ[31] |
| Su Tüketimi | 0,0014 | kg CO _{2e} /l [29] |

Dönüşüm faktörü : kg N₂O-N = 44/28 kg N₂O

Hesaplama kullanılan birimler

| | |
|------------------|---------------------|
| 1 ton | : 1000 kg |
| 1 GJ | : 277,7777778 kWh |
| 1 kg | : 1000 g |
| 1 m ³ | : 1000 L |
| 1kWh (h) | : 1000 W (h) |
| 1 mil | : 1,609344 km |
| 1 Gg | : 10 ⁹ g |

Karbon ayak izi hesabında 3 temel gaz baz alınmaktadır. Bu gazlar CO₂, CH₄ ve N₂O'dur. Bu gazların ısı tutma kapasiteleri farklı olduğundan karbon ayak izi

değerleri de birbirinden farklıdır. Küresel ısınma potansiyelleri Tablo 4.3.'de gösterilmektedir.

Tablo 4.3. IPCC 5. değerlendirme raporu, 2014 (AR5), küresel ısınma potansiyelleri (GWP)

| | |
|------------------|-----|
| CO ₂ | 1 |
| CH ₄ | 28 |
| N ₂ O | 265 |

Karbon ayak izi hesabının yapılmasının ardından bununla ilgili çözüm önerileri sunulmuştur. Bu emisyonların azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarına başvurulmuştur. Kömür kullanımı yerine doğal gaz ve alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanımının, karbon ayak izinin azaltımı noktasındaki önemi üzerinde durulmuş ve bununla alakalı maliyet hesaplarına yer verilmiştir.

BÖLÜM 5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

5.1. Hesaplamalar

Tablolardaki veriler ve IPCC tier 1 formülü kullanılarak karbon ayak izi şu şekilde hesaplanmıştır;

a) Tablo 3.4.'te yer alan tüm atıklardan, sıvı olan diğer hidrolik yağlar ve 20 01 25 dışındaki sıvı ve katı yağlar çıkarılarak toplam katı atık miktarı ton olarak bulunmuştur. Katı atıkların karbon üretimi sonucu ortaya çıkan emisyon;

$$\frac{(592.635) \text{ kg} \times (0,021) \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kg}}}{1000} = 12,45 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

b) Elektrik kullanımından kaynaklı olarak üretilen karbon miktarı;

$$\frac{(11.067.898) \text{ kWh} \times (0,856) \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kWh}}}{1000} = 9.474,12 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Su tüketiminin karbon üretim miktarı;

$$\frac{(1.650.000 \times 1000) \text{ litre} \times (0,0014) \frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{litre}}}{1000} = 2.310 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

c) Ulaşım nedeniyle üretilen karbon miktarı;

Dizel kullanan servis araçlarında üretilen karbon miktarı

Tablo 5.1.'de fabrika servislerinin güzergahları ve yıllık olarak kat ettiği mesafeler gösterilmiştir. Tabloda 3. sütundaki sefer sayıları 08.00-18.30 vardiyası, 4. sütundaki sefer sayıları ise 08.00-16.00, 16.00-24.00, 24.00-08.00 vardiyaları için yapılmaktadır.

Tablodan 5.1.'den tüm araçların yıl boyunca kat ettiği mesafenin 220.140 km olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. Servis araçlarının kat ettiği mesafeler

| Güzergah | mesafe | sefer sayısı /gün | sefer sayısı /gün | Toplam Sefer | Total km/gün | Total km/yıl-dizel |
|----------|--------|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------------|
| A-1 | 5,1 | 2 | 0 | 2 | 10,2 | 3.060 |
| A-2 | 5,7 | 2 | 0 | 2 | 11,4 | 3.420 |
| A-3 | 9 | 2 | 0 | 2 | 18 | 5.400 |
| A-4 | 31 | 2 | 0 | 2 | 62 | 18.600 |
| A-5 | 5,1 | 2 | 1 | 3 | 15,3 | 4.590 |
| A-6 | 5,5 | 2 | 0 | 2 | 11 | 3.300 |
| A-7 | 5,8 | 2 | 2 | 4 | 23,2 | 6.960 |
| B-1 | 12 | 2 | 2 | 4 | 48 | 14.400 |
| B-2 | 12 | 2 | 0 | 2 | 24 | 7.200 |
| B-3 | 17 | 2 | 0 | 2 | 34 | 10.200 |
| B-4 | 4,7 | 2 | 0 | 2 | 9,4 | 2.820 |
| B-5 | 4,5 | 2 | 0 | 2 | 9 | 2.700 |
| B-6 | 5 | 2 | 0 | 2 | 10 | 3.000 |
| B-7 | 16 | 2 | 0 | 2 | 32 | 9.600 |
| C-1 | 6,9 | 2 | 2 | 4 | 27,6 | 8.280 |
| C-2 | 6,5 | 2 | 0 | 2 | 13 | 3.900 |
| C-3 | 6,7 | 2 | 0 | 2 | 13,4 | 4.020 |
| C-4 | 4,7 | 2 | 4 | 6 | 28,2 | 8.460 |
| C-5 | 5,5 | 2 | 2 | 4 | 22 | 6.600 |
| C-6 | 4,2 | 2 | 0 | 2 | 8,4 | 2.520 |
| C-7 | 9,7 | 2 | 5 | 7 | 67,9 | 20.370 |
| D-1 | 16 | 2 | 0 | 2 | 32 | 9.600 |
| D-2 | 7,7 | 2 | 0 | 2 | 15,4 | 4.620 |
| D-3 | 5,3 | 2 | 0 | 2 | 10,6 | 3.180 |
| D-4 | 2,5 | 2 | 0 | 2 | 5 | 1.500 |
| D-5 | 11 | 2 | 2 | 4 | 44 | 13.200 |
| D-6 | 9,4 | 2 | 1 | 3 | 28,2 | 8.460 |
| D-7 | 9,4 | 2 | 0 | 2 | 18,8 | 5.640 |
| E-1 | 5,1 | 2 | 0 | 2 | 10,2 | 3.060 |

Tablo 5.1. (Devamı)

| | | | | | | |
|--------|-----|---|---|---|-------|---------|
| E-2 | 1,8 | 2 | 0 | 2 | 3,6 | 1.080 |
| E-3 | 4,6 | 2 | 0 | 2 | 9,2 | 2.760 |
| E-4 | 2,5 | 2 | 0 | 2 | 5 | 1.500 |
| E-5 | 7,4 | 2 | 0 | 2 | 14,8 | 4.440 |
| E-6 | 6,4 | 2 | 3 | 5 | 32 | 9.600 |
| E-7 | 3,5 | 2 | 0 | 2 | 7 | 2.100 |
| TOPLAM | | | | | 733,8 | 220.140 |

CO₂ emisyonu için:

$$\frac{(220.140) \text{ km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,62 \frac{\text{kg}}{\text{mile}}}{1000} = 84,8 \text{ ton CO}_{2e}$$

CH₄ emisyonu için:

$$\frac{(220.140) \text{ km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,001 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,136 \text{ kg CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,136 \text{ kg CH}_4}{1000} \right) \times 28 = 0,0038 \text{ ton CO}_{2e}$$

N₂O emisyonu için:

$$\frac{(220.140) \text{ km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0015 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,205 \text{ kg N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,205 \text{ kg N}_2\text{O}}{1000} \right) \times 265 = 0,054 \text{ ton CO}_{2e}$$

Benzin kullanan personel araçlarında üretilen karbon miktarı

Tablo 5.1.'de gösterildiği gibi personel araçlarının günlük olarak katettiği mesafe 40 km olarak kabul edilmiştir. Ortalama 90 personel aracının yılda 300 gün kullanıldığı kabul edilmiştir.

CO₂ emisyonu için:

$$\left(\frac{\left(\frac{40}{1,609344} \right) \text{mile} \times 0,39 \frac{\text{kg}}{\text{mile}}}{1000} \right) \times \left(\frac{90 \text{ araç}}{\text{gün}} \right) \times 300 \text{ gün} = 261,72 \text{ ton CO}_2$$

CH₄ emisyonu için:

$$\left(\frac{\left(\frac{40}{1,609344} \right) \text{mile} \times 0,0147 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} \right) \times \left(\frac{90 \text{ araç}}{\text{gün}} \right) \times 300 \text{ gün} = 9,86 \text{ kg CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{9,86 \text{ kg CH}_4}{1000} \right) \times 28 = 0,27 \text{ ton CO}_{2e}$$

N₂O emisyonu için:

$$\left(\frac{\left(\frac{40}{1,609344} \right) \text{mile} \times 0,0079 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} \right) \times \left(\frac{90 \text{ araç}}{\text{gün}} \right) \times 300 \text{ gün} = 5,3 \text{ kg N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{5,3 \text{ kg N}_2\text{O}}{1000} \right) \times 265 = 1,4 \text{ ton CO}_{2e}$$

Dizel kullanan atık kamyonlarında üretilen karbon miktarı

Tablo 5.2.'de belirtildiği gibi atık kamyonlar 3 farklı tesisten firmaya ulaşmaktadır. Yıllık toplam kat edilen mesafe üzerinden emisyon değerleri hesaplanacaktır.

Tablo 5.2. Atık taşıma araçlarının kat ettiği mesafeler

| Kamyonun Ait Olduğu Firma | Gidiş-Geliş km | Yıllık Sefer | Yıllık Toplam km |
|---------------------------|----------------|--------------|------------------|
| A-1 | 60 | 320 | 19.200 |
| A-2 | 600 | 12 | 7.200 |
| A-3 | 250 | 24 | 6.000 |

A-1 nolu araç için CO₂ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(19.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 2,74 \frac{\text{kg}}{\text{mile}}}{1000} = 32,7 \text{ ton CO}_{2e}$$

A-1 nolu araç için CH₄ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(19.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0051 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,06 \text{ kg CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,06 \text{ kg CH}_4}{1000} \right) \times 28 = 0,00168 \text{ ton CO}_{2e}$$

A-1 nolu araç için N₂O emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(19.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0048 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,057 \text{ kg N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,057 \text{ kg N}_2\text{O}}{1000} \right) \times 265 = 0,015 \text{ ton CO}_{2e}$$

A-2 nolu araç için CO₂ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(7.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 2,74 \frac{\text{kg}}{\text{mile}}}{1000} = 12,25 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

A-2 nolu araç için CH₄ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(7.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0051 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,022 \text{ kg CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,022 \text{ kg CH}_4}{1000} \right) \times 28 = 0,0006 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

A-2 nolu araç için N₂O emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(7.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0048 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,021 \text{ kg N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,021 \text{ kg N}_2\text{O}}{1000} \right) \times 265 = 0,005 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

A-3 nolu araç için CO₂ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(6.000)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 2,74 \frac{\text{kg}}{\text{mile}}}{1000} = 10,21 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

A-3 nolu araç için CH₄ emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(6.000)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0051 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,019 \text{ kg CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,019 \text{ kg } CH_4}{1000} \right) \times 28 = 0,005 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

A-3 nolu araç için N₂O emisyonu hesaplanırsa:

$$\frac{(7.200)\text{km} \times \frac{1 \text{ mile}}{1,609344 \text{ km}} \times 0,0048 \frac{\text{g}}{\text{mile}}}{1000} = 0,021 \text{ kg N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$\left(\frac{0,021 \text{ kg N}_2\text{O}}{1000} \right) \times 265 = 0,005 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Kömür kullanımı nedeniyle üretilen karbon miktarı;

Hesaplama ilk adım linyit kömürünün tüketim miktarının belirlenmesidir. Tablo 5.3.'te aylık olarak kömür tüketim miktarları verilmiştir. Tesisten alınan veriler sonucunda tablodan da görüldüğü gibi yıllık kömür kullanımı 17.132 tondur.

Tablo 5.3. Yıllık linyit kömürü kullanımı

| YAKIT | KÖMÜR |
|----------------------|---------------|
| AYLAR | MİKTAR (ton) |
| Ocak | 1.658 |
| Şubat | 1.387 |
| Mart | 1.670 |
| Nisan | 1.379 |
| Mayıs | 1.472 |
| Haziran | 1.117 |
| Temmuz | 1.344 |
| Ağustos | 877 |
| Eylül | 1.333 |
| Ekim | 1.532 |
| Kasım | 1.598 |
| Aralık | 1.765 |
| Yıllık Toplam | 17.132 |

Hesaplama ikinci adım yakıtların tüketim değerleri ile IPCC kılavuzunda verilen dönüşüm değerlerinin çarpılarak enerji içeriğinin hesaplanmasıdır. Bu dönüşüm değerleri, 22.07.2014 tarih ve 29068 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ‘Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğde’ yer alan ve IPCC 2006 kılavuzunda belirtilen değerlerdir. Bu değerler Tablo 5.4.’te verilmiştir.

Tablo 5.4. Yakıtların Net Kalorifik Değerleri

| Yakıt Türü | Net Kalorifik Değeri (TJ/Gg) |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Benzin | 44,3 |
| Motorin | 43 |
| LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) | 47,3 |
| Linyit Kömürü | 11,9 |
| Doğal Gaz | 48,0 |

Enerji Tüketimi (TJ)= Yakıt Tüketimi(t) x Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)

Hesaplama üçüncü adım her yakıt grubu için IPCC kılavuzunda belirlenen karbon emisyon faktörleri seçilir ve bu değer kullanılarak yakıtın içeriğindeki toplam karbon içeriği hesaplanır. Karbon emisyon faktörü ile bir önceki adımda hesaplanan yakıt tüketiminin enerji içeriği değerini çarparak, karbon içeriği miktarı bulunur.

Karbon İçeriği (t C)= Karbon Emisyon Faktörü (t C/TJ) x Enerji Tüketimi (TJ)

Tablo 5.5. Yakıtların Emisyon Faktörü

| Yakıt Türü | Emisyon Faktörü (t C/TJ) |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Benzin | 18,90 |
| Motorin | 20,20 |
| LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) | 17,20 |
| Linyit Kömürü | 27,60 |
| Doğal Gaz | 15,30 |

Kaynak: TÜİK, 2013:16

Hesaplama dördüncü adımda yanma sırasında oksitlenmeyen karbon miktarı bulunur ve tamamen yanmaya katılan karbon değeri hesaplanır. IPCC tarafından yakıtların oksitlenme yüzde değerleri bir önceki adımda belirlenen karbon içeriği ile çarpılarak ne kadarlık karbonun oksitlendiği hesaplanır.

$$\text{Karbon Emisyonu (Gg C)} = \text{Karbon İçeriği (Gg C)} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı}$$

Tablo 5.6. Yakıtların Oksitlenme Oranları

| Yakıt Türü | Oksitlenme Oranı |
|-----------------------------------|------------------|
| Benzin | 0,99 |
| Motorin | 0,99 |
| LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) | 0,99 |
| Linyit Kömürü | 0,98 |
| Doğal Gaz | 0,995 |

Kaynak: ÇŞB, 2014:40

Hesaplamanın beşinci adımında CO₂'in moleküler ağırlığının karbonun moleküler ağırlığına oranı yardımıyla bulunan net karbon değeri CO₂ şekline dönüştürülür. Bu aşamada, CO₂'in moleküler ağırlığının karbonun moleküler ağırlığına oranı olan 44/12 oranı ile önceki adımda bulunan değer çarpılarak yakıtın yanması sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonu değeri bulunmaktadır [32].

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyonu (Gg CO}_2\text{)} = \text{Karbon Emisyonu (Gg C)} \times (44/12)$$

2018 Yılı Linyit Kömürü Tüketim Miktarı: 17.132 Ton

CO₂ emisyonu için ;

$$17.132 \text{ ton} = 17.132 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 17,132 \text{ Gg}$$

$$17,132 \text{ Gg} \times \left(\frac{11,9 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 203,87 \text{ TJ}$$

$$203,87 \text{ TJ} \times \left(\frac{27,6 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 5.626,8 \text{ t C}$$

$$5.626,8 \text{ t C} = 5,626 \text{ Gg C}$$

$$5,626 \text{ Gg C} \times 0,98 = 5,51 \text{ Gg C}$$

$$5,51 \text{ Gg C} \times \left(\frac{44}{12}\right) = 20,20 \text{ Gg C}$$

$$20,20 \text{ Gg} = 20.200 \text{ ton CO}_2$$

CH₄ emisyonu için ;

$$17.132 \text{ ton} = 17.132 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}}\right) = 17,132 \text{ Gg}$$

$$17,132 \text{ Gg} \times \left(\frac{11,9 \text{ TJ}}{\text{Gg}}\right) = 203,87 \text{ TJ}$$

$$203,87 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,01 \text{ tC}}{\text{TJ}}\right) = 2,03 \text{ ton CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$2,03 \text{ ton CH}_4 \times 28 = 56,84 \text{ ton CO}_{2e}$$

N₂O emisyonu için ;

$$17.132 \text{ ton} = 17.132 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}}\right) = 17,132 \text{ Gg}$$

$$17,132 \text{ Gg} \times \left(\frac{11,9 \text{ TJ}}{\text{Gg}}\right) = 203,87 \text{ TJ}$$

$$203,87 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,0014 \text{ tC}}{\text{TJ}}\right) = 0,28 \text{ ton N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$0,28 \text{ ton CH}_4 \times 265 = 74,2 \text{ ton CO}_{2e}$$

a) Doğal gaz kullanımı nedeniyle üretilen karbon miktarı;

Doğal gaz kullanım miktarları aylık olarak Tablo 5.7'de gösterilmiştir. Tesisten alınan veriler sonucunda tablodan da görüldüğü gibi yıllık doğal gaz kullanımı 141.000 m³'tür.

Tablo 5.7. Yıllık doğal gaz kullanımı

| YAKIT | DOĞAL GAZ |
|----------------------|--------------------------|
| AYLAR | MİKTAR (m ³) |
| Ocak | 2.295 |
| Şubat | 2.313 |
| Mart | 9.068 |
| Nisan | 2.287 |
| Mayıs | 5.501 |
| Haziran | 1.715 |
| Temmuz | 7.095 |
| Ağustos | 13.272 |
| Eylül | 29.200 |
| Ekim | 1.725 |
| Kasım | 19.699 |
| Aralık | 46.830 |
| Yıllık Toplam | 141.000 |

2018 Yılı Doğal Gaz Tüketim Miktarı: 141.000 m³

Enerji kaynaklarının alt ısıl değerleri ve petrol eşdeğerine çevrim katsayıları Ek-2 tablosundan doğal gazın yoğunluğu 0,670 kg / m³ alınmıştır.

$$141.000 \text{ m}^3 \times 0,670 \text{ kg / m}^3 = 94,47 \text{ ton}$$

CO₂ emisyonu için ;

$$94,47 \text{ ton} = 94,47 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 0,094 \text{ Gg}$$

$$0,094 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 4,51 \text{ TJ}$$

$$4,51 \text{ TJ} \times \left(\frac{15,3 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 69 \text{ t C}$$

$$69 \text{ t C} = 0,069 \text{ Gg C}$$

$$0,069 \text{ Gg C} \times 0,995 = 0,068 \text{ Gg C}$$

$$0,068 \text{ Gg C} \times \left(\frac{44}{12} \right) = 0,25 \text{ Gg C}$$

$$0,25 \text{ Gg} = 250 \text{ ton CO}_2$$

CH₄ emisyonu için ;

$$94,47 \text{ ton} = 94,47 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 0,094 \text{ Gg}$$

$$0,094 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 4,51 \text{ TJ}$$

$$4,51 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,005 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 0,02 \text{ ton CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$0,02 \text{ ton CH}_4 \times 28 = 0,56 \text{ ton CO}_{2e}$$

N₂O emisyonu için ;

$$94,47 \text{ ton} = 94,47 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 0,094 \text{ Gg}$$

$$0,094 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 4,51 \text{ TJ}$$

$$4,51 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,0001 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 0,00045 \text{ ton N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$0,00045 \text{ ton N}_2\text{O} \times 265 = 0,120 \text{ ton CO}_{2e}$$

5.2. Kaynaklara Ait Emisyon Sonuçları

Tablo 5.8.'te tüm hesaplamalar sonucu kaynaklara ait karbon eşdeğeri sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.8. Kaynaklara ait CO₂, CH₄, N₂O emisyonları için karbon eşdeğeri sonuçları

| Kaynak | CO ₂ emisyonu (ton) | CH ₄ emisyonu karbon eşdeğeri(ton) | N ₂ O emisyonu karbon eşdeğeri (ton) |
|-----------------------------------|--------------------------------|---|---|
| Doğal gaz | 250 | 0,56 | 0,12 |
| Linyit Kömürü | 20.200 | 56,84 | 74,2 |
| Benzin kullanan personel araçları | 261,72 | 0,27 | 1,4 |
| Dizel kullanan servis araçları | 84,8 | 0,0038 | 0,054 |
| Dizel kullanan atık kamyonları | 32,71 | 12,26 | 10,22 |
| Elektrik kullanımı | 9.474,12 | --- | --- |
| Katı atıklar | 12,45 | --- | --- |
| Su tüketimi | 2.310 | --- | --- |

Fabrikadan 2018 yılı için alınan verilerle yapılan hesaplamalar sonucu karbon eş değeri miktarı 32.782 ton bulunmuştur.

Fabrikanın toplam alanı 150.000 m²'dir ve fabrikanın ortalama 1.000 çalışanı bulunmaktadır. Bu verilerden çalışanlara ve tesisin kapladığı alana ait karbon değerlerini hesaplayabiliriz.

Çalışanlara ait kişi başına düşen miktar;

$$\frac{32.782 \text{ ton CO}_2\text{e}}{1000 \text{ kişi}} = 32,782 \text{ ton CO}_2\text{e} / \text{kişi başı}$$

Tesisin kapladığı alana ait m² başına düşen miktar;

$$\frac{32.782 \text{ ton CO}_2\text{e}}{150.000 \text{ m}^2} = 0,22 \text{ ton CO}_2\text{e} / \text{m}^2$$

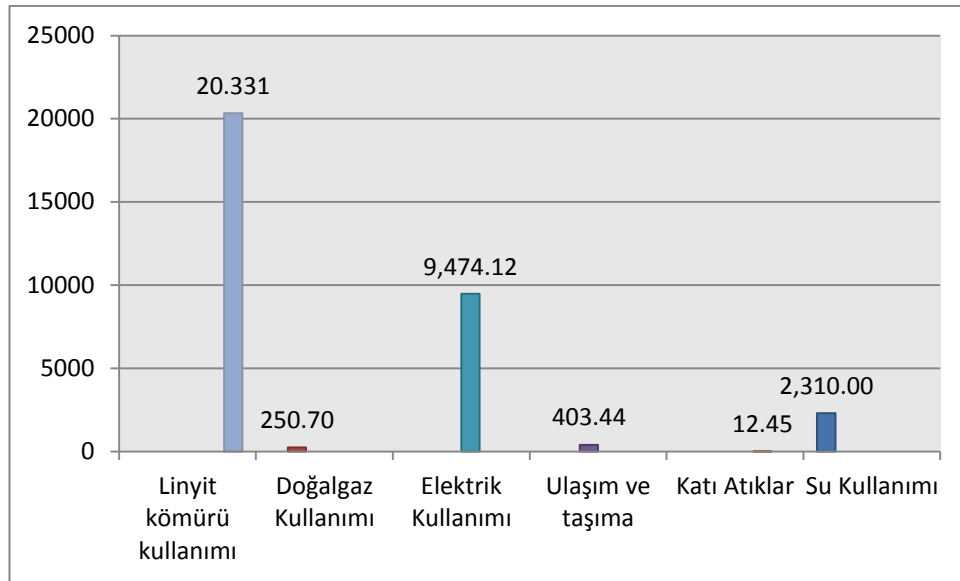
Tesis içerisinde yaklaşık olarak 500 adet ağaç bulunmaktadır. Ortalama olarak bir ağaç yılda 23 kg CO₂ tutmaktadır [33].

$$\frac{500 \text{ ağaç} \times 23 \text{ kg CO}_2}{1000} = 11,5 \text{ ton CO}_2$$

Ağaçlar tarafından bir yılda tutulan karbon miktarı düşüldükten sonra kalan CO₂ miktarı;

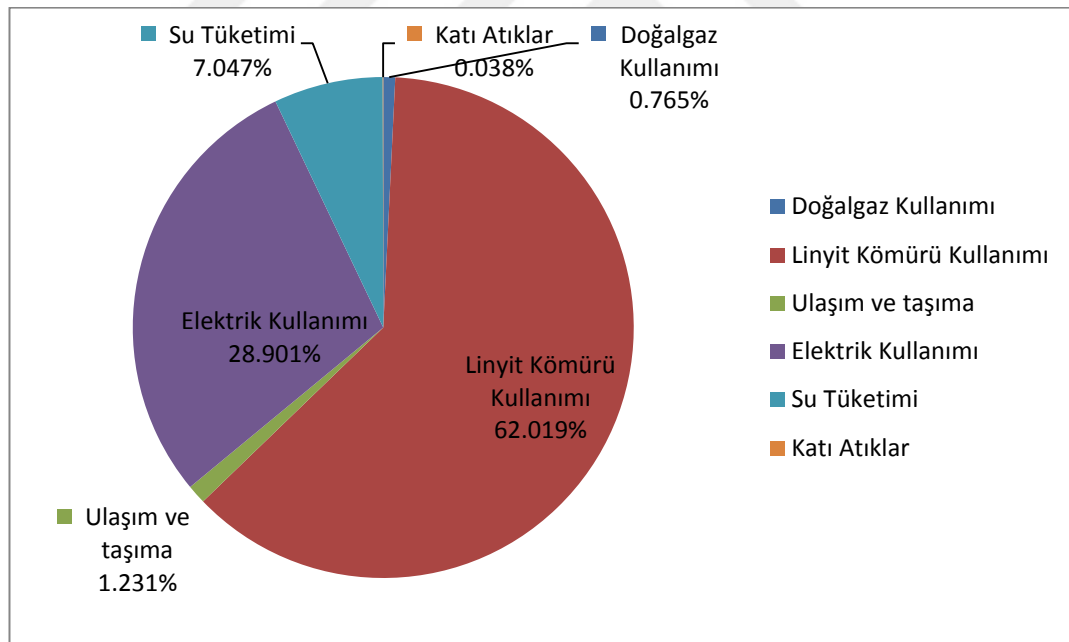
$$32.782 \text{ ton CO}_2 - 11,5 \text{ ton CO}_2 = 32.770,5 \text{ ton}$$

Tüm hesaplamalar sonucu oluşan kaynaklara ait karbon miktarları Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Kaynaklara ait karbon miktarları (ton CO2 eşdeğeri)

Bu miktarların yüzde olarak değerleri Şekil 5.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Kaynaklara ait yüzde olarak karbon miktarı

Şekil 5.1. ve Şekil 5.2. incelendiğinde linyit kömürü emisyon miktarının toplam karbon ayak izi miktarına büyük oranda etkisi olduğu görülmektedir. Birinci sırada % 62 ile en yüksek paya sahip linyit kömürü kullanımı bulunmaktadır. Satın alınan elektrik ile ilgili karbon emisyonu % 28,9 ile ikinci sırada yer almaktadır. Üçüncü

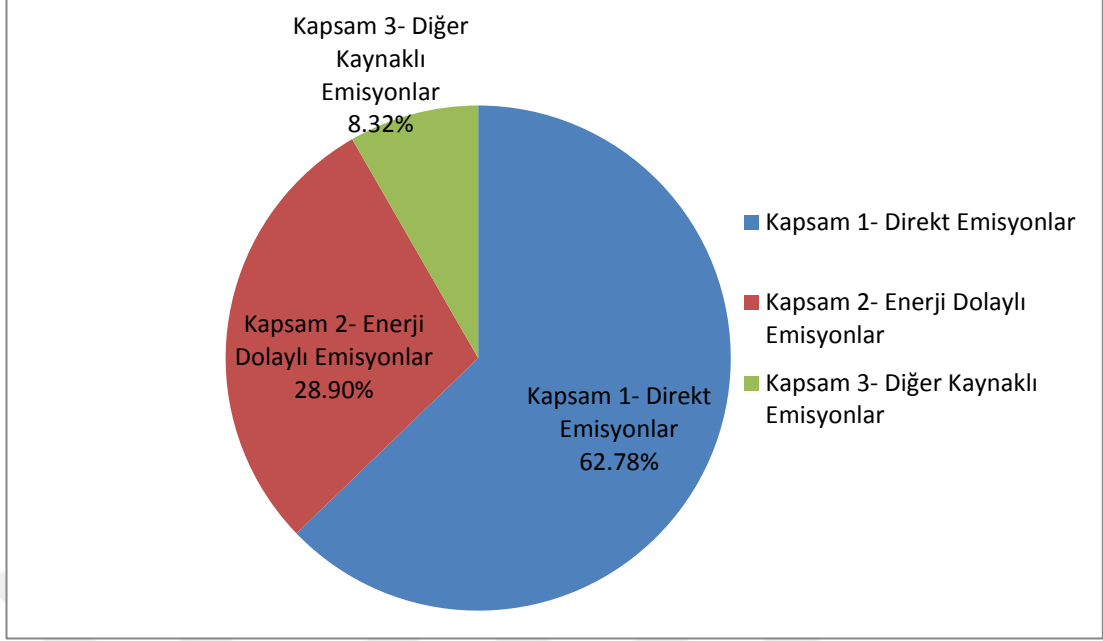
sırada % 7 ile su tüketimi yer almaktadır. Doğal gaz kullanımı, ulaşım ve taşıma, katı atıklar diğer kaynaklara oranla çok az bir paya sahiptir.

Sera gazı hesaplaması ve raporlaması 3 kapsama ayrılmıştır. “Kapsam 1” sahip olunan veya kontrol edilen proses ekipmanlarında kimyasal üretim sonucu kaynaklanan emisyonlar ile araç ve fırınlarda yanma sonucu oluşan emisyonları içermektedir. “Kapsam 2” satın alınan ve kullanılan elektriğin üretiminden kaynaklı emisyonları kapsamaktadır. “Kapsam 3” şirket tarafından sahip olunmayan veya kontrol edilmeyen kaynaklardan ortaya çıkan diğer dolaylı emisyonları içermektedir. Kapsamlarına göre emisyonlara ait karbon ayak izi Tablo 5.9.’da gösterilmektedir.

Tablo 5.9. Kapsamlarına göre karbon ayak izi miktarları

| Kapsamlar | Emisyon kaynağı | Kapsamlarına göre ton olarak karbon miktarı |
|------------------------------------|---|---|
| Kapsam-1 Direkt Emisyonlar | Linyit kömürü Doğal gaz | 20.581,72 |
| Kapsam-2 Enerji Dolaylı Emisyonlar | Elektrik | 9.474,12 |
| Kapsam-3 Diğer Kaynaklı Emisyonlar | Ulaşım ve Taşıma Su Tüketimi Katı atıklar | 2.726,12 |

Kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı Şekil 5.3.’de gösterilmektedir.

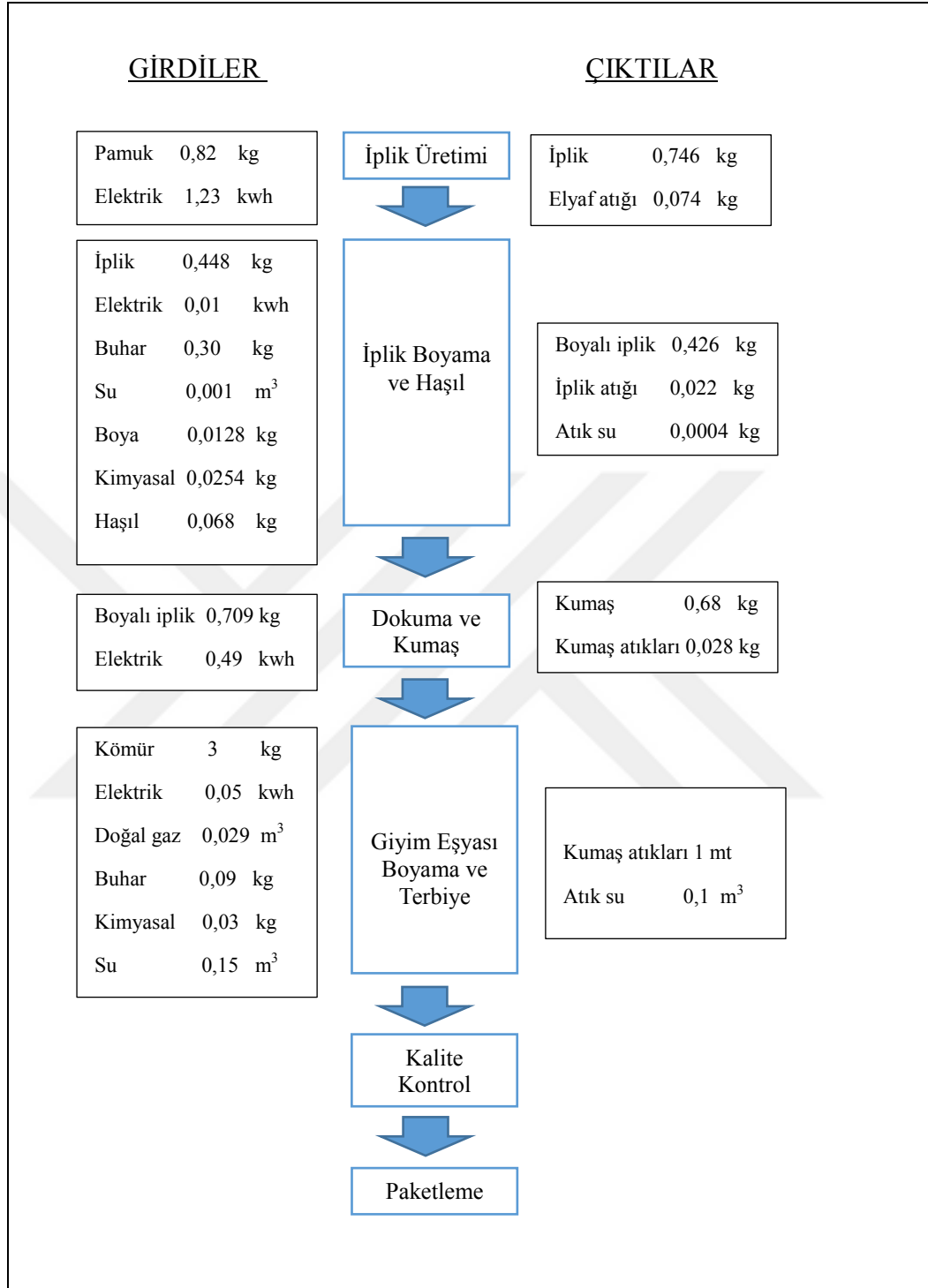


Şekil 5.3. Kapsamlarına göre yüzde olarak karbon miktarı

5.3. Denim Pantolonun Yaşam Döngüsü Analizi

Firmaya denim pantolonlar fason çalışılan firmalardan dikilmiş kumaş halinde gelmekte ve fabrikada bu dikilmiş kumaşlara boyama ve terbiye işlemleri yapılmaktadır. Tablo 5.10.'da denim pantolonun yaşam döngüsü girdi ve çıktıları gösterilmiştir.

Tablo 5.10. Denim pantolon tüm basamaklar yaşam döngüsü girdi ve çıktıları



Tesiste beşikten kapıya YDA ile proseslerin akım şemaları oluşturulmuştur. Her bir proses adımı, prosesin tüm girdi ve çıktıları ortaya çıkartılmıştır. Çalışmada boyama ve terbiye işlemleri öncesi net girdi ve çıktı değerlerine ulaşılamadığından

ortalama literatür bilgisine başvurulmuş, boyama ve terbiye işlemleri dahil olmak üzere ürün son hale gelene kadarki süreçte tesis verilerinden yararlanılmıştır.

Tabloda gösterilen veriler kumaşın 1 m üretilebilmesi için gerekli girdi ve çıktı değerleridir. Türkiye standartlarında bir denim pantolonun üretimi için 1,3 m kumaş harcanmaktadır. 1 adet pantolon yapımı sırasında ortaya çıkan girdi ve çıktılar Tablo 5.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. 1 adet denim pantolonun girdi ve çıktıları

| GİRDİLER | | ÇIKTILAR | |
|-----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| Pamuk | 1,066 kg | Kumaş | 1,3 m |
| Elektrik | 2,31 kwh | İplik atığı | 0,162 kg |
| Doğal gaz | 0,037 m ³ | Kumaş atığı | 0,169 kg |
| Buhar | 0,50 kg | Atık su | 0,05 m ³ |
| Su | 0,196 m ³ | | |
| Boyar madde | 0,017 kg | | |
| Kimyasal | 0,072 kg | | |
| Haşıl | 0,088 kg | | |
| Kömür | 3 kg | | |

Denim pantolonun tesiste yaşam döngüsü değerlendirildiğinde, giyim eşyası boyama ve terbiye aşamasından itibaren sevkiyatına kadar olan süreçte yapılan hesaplamalar sonucu pantolon başına 6,8 kg CO_{2e} emisyon ortaya çıktığı görülmüştür. Bu emisyon miktarının ne ifade ettiğini daha iyi anlamak için günlük yaşamdan birçok örnek verilebilir. Örneğin b sınıfı ortalama bir araçla gidilen 56 km'lik bir mesafede yayılan emisyon miktarı ile plazma büyük bir ekranda 50 saat televizyon izlediğinde yayılan emisyon miktarı yaklaşık 6,8 kg CO_{2e} değerini vermektedir [34].

5.4. Kömür Yerine Doğal Gaz Kullanımı ve Maliyet Hesabı

Türkiye'nin yerli kömür potansiyelini değerlendirmek için attığı adımlar, ülkede çıkarılan linyit kömürü miktarını, tüketimini ve sera gazı emisyonlarını arttırmaktadır. Bu tercih, Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesini ve sorumluluklarını yerine getirmesini zorlaştırmaktadır. Emisyon faktörü diğer katı fosil yakıtlara göre daha yüksek olan linyit kömürüne yönelmek emisyonlardaki artışında temel sebeplerindendir.

Bu nedenle, linyit kömürü yerine doğal gaz kullanıldığında toplam emisyon miktarında ne kadar bir düşüş yaşanacağını ve tesisin bu durumda ne kadar bir maliyet artışıyla karşılaşacağını hesaplamak ve bu duruma göre öneriler sunmak endüstri kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından önemli ve gereklidir. Yapılan hesaplamalara bakıldığında linyit kömürü karbon emisyon miktarı toplam karbon emisyon miktarının % 62'sini oluşturmaktadır. Tesiste yakıt olarak ağırlıklı linyit kömürü yerine aynı oranda enerjiyi sağlayacak doğal gaz kullanılması durumunda karbon emisyonunda ne kadar bir düşüş yaşanacağı ve nasıl bir maliyetle karşılaşılacağı hesaplanmıştır. Tablo 5.12.'de doğal gaz ve kömürle ilgili kullanım miktarları, fiyatlandırma ve ısıl değerleri gösterilmiştir. Birim fiyatlar tesise gelen yakıt faturalarından alınan ortalama değerlerdir.

Tablo 5.12. Kömür ve doğal gaz hesaplama verileri

| Yakıt Cinsi | Kullanım miktarları | Birim Fiyatları | Isıl Değerler |
|-------------|------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Kömür | 17.132 ton | 0,285 TL / kg | 3,84 kwh / kg [35] |
| Doğal gaz | 141.000 m ³ | 0,135424 TL / kwh | 10,62 kwh/ m ³ [35] |

Toplam doğal gaz kullanımı;

$$141.000 \text{ m}^3 \times \frac{10,62 \text{ kwh}}{\text{m}^3} = 1.497.420 \text{ kwh}$$

Toplam doğal gaz kullanımı için ödenen tutar;

$$1.497.420 \text{ kwh} \times \frac{0,135424 \text{ TL}}{\text{kwh}} = 202.787 \text{ TL}$$

Toplam linyit kömürü kullanımı;

$$17.132 \text{ ton} \times \frac{3,840 \text{ kwh}}{\text{ton}} = 65.786.880 \text{ kwh}$$

Toplam linyit kömürü kullanımı için ödenen tutar;

$$17.132 \text{ ton} \times \frac{285 \text{ TL}}{\text{ton}} = 4.882.620 \text{ TL}$$

Kömürle eşdeğer enerjiyi sağlayabilmek için kullanılması gereken doğal gaz miktarı ve bunun sonucunda ödenmesi gereken tutar;

$$65.786.880 \text{ kwh} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10,62 \text{ kwh}} = 6.194.621 \text{ m}^3$$

$$65.786.875 \text{ kwh} \times \frac{0,135424 \text{ TL}}{\text{kwh}} = 8.909.121 \text{ TL}$$

Kömür yerine doğal gaz kullanımına geçildiğinde yapılan hesaplamalar sonucu 4.026.501 TL'lik bir maliyet artışı yaşanacağı görülmüştür. Bunun yanında işletmede desülfirizasyon ünitesinde kireç kullanımı, atık kül bertaraf masrafı, çalışan ve ekipman maliyetlerinde azalma olacağından bu maliyetin daha da aşağılara çekilebileceği görülmektedir. Kömür yerine doğal gaz kullanımına geçildiğinde oluşacak karbon emisyonları ile ilgili hesaplamalara bakacak olursak;

Kullanılması gereken doğal gaz miktarı $6.194.621 \text{ m}^3$ ve Enerji kaynaklarının alt ısı değerleri ve petrol eşdeğerine çevrim katsayıları Ek-2 tablosundan doğal gazın yoğunluğu $0,670 \text{ kg} / \text{m}^3$ alınmıştır.

$$6.194.621 \text{ m}^3 \times 0,670 \text{ kg} / \text{m}^3 = 4.150 \text{ ton}$$

CO₂ emisyonu için ;

$$4.150 \text{ ton} = 4.150 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 4,15 \text{ Gg}$$

$$4,15 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 199,2 \text{ TJ}$$

$$199,2 \text{ TJ} \times \left(\frac{15,3 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 3.047,76 \text{ t C}$$

$$3.047,76 \text{ t C} = 3,047 \text{ Gg C}$$

$$3,047 \text{ Gg C} \times 0,995 = 3,031 \text{ Gg C}$$

$$3,031 \text{ Gg C} \times \left(\frac{44}{12} \right) = 11,11 \text{ Gg C}$$

$$11,11 \text{ Gg} = 11.110 \text{ ton CO}_2$$

CH₄ emisyonu için ;

$$4.150 \text{ ton} = 4.150 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 4,15 \text{ Gg}$$

$$4,15 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 199,2 \text{ TJ}$$

$$199,2 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,005 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 0,996 \text{ ton CH}_4$$

CH₄ emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$0,996 \text{ ton CH}_4 \times 28 = 27,88 \text{ ton CO}_{2e}$$

N₂O emisyonu için ;

$$4.150 \text{ ton} = 4.150 \times 10^6 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ Gg}}{10^9 \text{ g}} \right) = 4,15 \text{ Gg}$$

$$4,15 \text{ Gg} \times \left(\frac{48 \text{ TJ}}{\text{Gg}} \right) = 199,2 \text{ TJ}$$

$$199,2 \text{ TJ} \times \left(\frac{0,0001 \text{ tC}}{\text{TJ}} \right) = 0,199 \text{ ton N}_2\text{O}$$

N₂O emisyonunun CO₂ eş değeri:

$$0,199 \text{ ton N}_2\text{O} \times 265 = 52,73 \text{ ton CO}_{2e}$$

Hesaplamalar sonucu linyit kömürü yerine doğal gaz kullanımına geçildiğinde;

$$11.190,7 + 250,7 = 11.441,7 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

Bunun sonucunda ilk hesaplamalara göre kapsam 1 emisyonlarında yapılan karbon tasarrufu;

$$20.581,72 - 11.441,7 = 9.140,02 \text{ ton CO}_2\text{e}$$

5.5. Güneş Enerjisi Kullanımının Maliyeti ve Karbon Ticareti

Tesiste 2018 yılında kullanılan toplam elektrik miktarı 11.067.898 kWh / yıl'dır. Yıllık çalışma süresi 300 iş günü alınarak günlük olarak kullanılan elektrik miktarı bulunmak istenirse;

$$\text{kW} = \frac{11.067.898}{7200 \text{ sa/yıl}} = 1.537,208 \text{ kW} = 1.537.208 \text{ watt}$$

Piyasada sıkça kullanılan 250 watt gücündeki paneller tercih edilerek, tesiste kullanılan elektrik enerjisini elde edebilecek gerekli güneş paneli sayısı:

$$\frac{1.537.208 \text{ watt}}{250 \text{ watt}} = 6.149 \text{ adet}$$

Büyük entegre tesisler için watt başına fiyatlandırma uygulanmaktadır. Bu büyüklükte bir proje için güneş paneli maliyeti watt başına 0,5 \$- 0,8 \$ dolar aralığında değişmektedir. Ortalama olarak 0,65 \$ kabul edilirse panel maliyeti:

$$1.537.208 \text{ watt} \times 0,65 \$ = 999.185,2 \$$$

Ortalama olarak 1 kW elektrik için tesis 0,37 TL ödeme yapmaktadır. Buna göre;

$$1.537,208 \text{ kW} \times 0,37 \text{ TL} = 568,77 \text{ TL}$$

01.07.2019 tarihli döviz kuru baz alındığında 1 \$ = 5,65 TL, olduğuna göre;

$$\frac{568,77 \text{ TL}}{5,65} = 100,67 \$$$

Türkiye ortalama 1 kWh elektrik üretirken ortalama 0,43 kg karbon emisyonu ortaya çıkarmaktadır. [36]. 11.067.898 kWh elektrik üretimi için toplam karbon emisyonu hesaplanmıştır.

$$\frac{11.067.898 \text{ kWh} \times 0,43}{1000} = 4.759,2 \text{ ton karbon emisyonu}$$

Bu sonuç satın alınan elektrik yerine güneş enerjisi kullanıldığında 4.759,2 ton emisyonun atmosfere verilmediği anlamına gelmektedir.

Sera gazlarının azaltılması hedefi doğrultusunda, Kyoto Protokolü çerçevesinde gündeme gelen mekanizmalardan biri de ‘Emisyon Ticareti’ mekanizmasıdır. Karbon piyasası, emisyon izinlerinin alınıp satıldığı bir piyasadır. Belli bir emisyon hedefi olan ülkelerin kendi aralarında emisyon izinlerinin bir bölümünün alınıp satılabilmesi sağlanmaktadır. Bu kapsamda ülkelere karbon emisyon kotası tahsis edilmekte ve üye ülkelerin bu kotaları, kendi ülkelerindeki üreticiler arasında paylaşırması beklenmektedir. Herhangi bir ülke ya da üretici kendi kotasını aşarsa, daha az üreten ülke ya da üreticiden karbon kotası satın alabilmektedir. Piyasada genellikle CO₂ ticareti yapılması nedeniyle bu piyasalara genel olarak ‘karbon piyasaları’ denilmektedir. Yapılan işleme ise ‘karbon ticareti’ adı verilmektedir [35].

Karbon ticaretinde Avrupa Emisyon Ticaret Sistemi ton başına 10 €’dur. Azaltılan karbon emisyonu karbon sertifikasına dönüşürse karbon satışından;

$$4.759,2 \text{ ton karbon} \times 10 \text{ €} = 47.592 \text{ €}$$

Linyit kömürü yerine doğal gaz kullanımını sonucu karbon satışından;

$$9.140,2 \text{ ton karbon} \times 10 \text{ €} = 91.402 \text{ €}$$

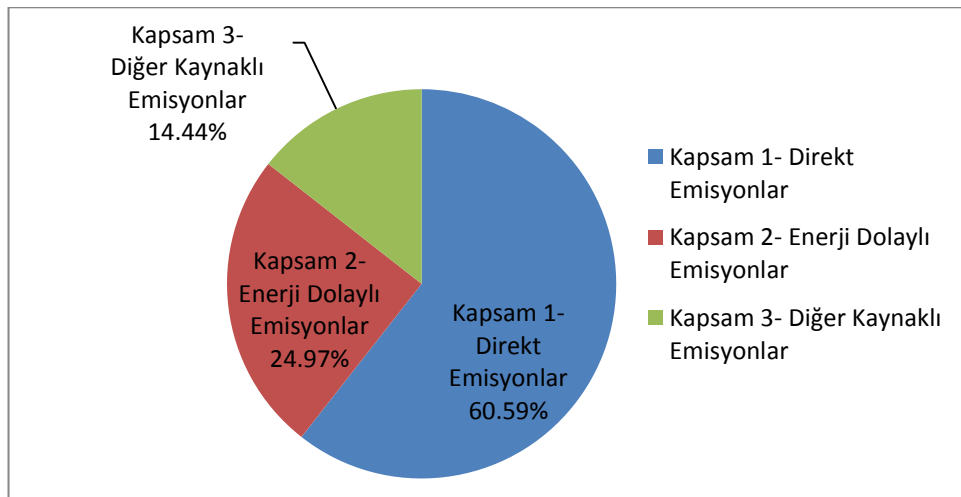
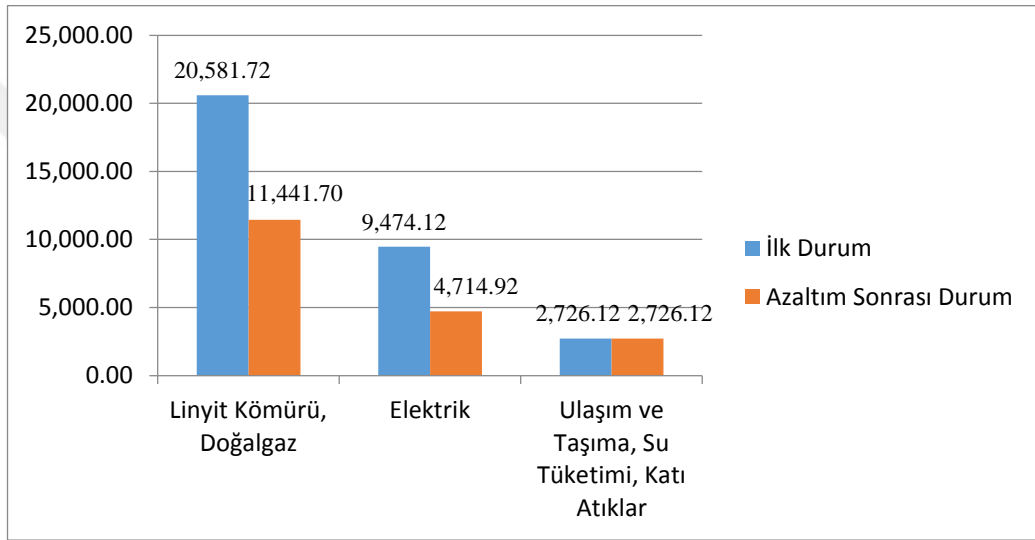
Bu değere tesis içindeki ağaçlar tarafından tutulan karbon emisyonu da eklenirse;

11,2 ton CO₂ X 10 € = 112 €

Toplamda fabrikanın bir yılda azaltılan karbon miktarından toplam kazancı 139.106 €'dur.

Tüm bu hesaplamalar sonucunda karbon emisyonundan yapılan tasarruflarla ilgili karşılaştırmalı veriler Tablo 5.13. ve Şekil 5.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.13. Azaltımlar sonucu kapsamlarına göre karbon ayak izi miktarları



Şekil 5.4. Azaltımlar sonucu kaynaklara ait yüzde olarak karbon miktarı

BÖLÜM 6. TARTIŞMALAR

Karbon ayak izi hesabında kapsam 1, 2 ve 3 emisyonlarının karbon ayak izine katkılarının sektörlere, şirketin enerji politikalarına, ham madde kullanımına kadar birçok faktöre göre değişebileceği çalışma içerisinde yapılan uygulamalar incelendiğinde görülebilmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın sonuçları Türkiye’de faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekteki tekstil sektörü firmalarını temsil etmektedir.

Karbon ayak izi hesaplamasında IPCC tier 2 ve tier 3 yaklaşımlarıyla yapılacak hesaplamalar daha kesin sonuçlara ulaşılmasını sağlamakla birlikte, bu yaklaşımlar veri bulunması bakımından tier 1 yaklaşımına göre daha ayrıntılı ve zordur. Karbon ayak izi hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri, ülkelere ait spesifik emisyon faktörleridir. Ancak bazı ülkelerin kendilerine ait spesifik emisyon faktörleri bulunmadığından IPCC ve Sera Gazı Protokolü Emisyon Faktörlerini kullanmak zorundadırlar. Bu nedenlerden dolayı çalışmada tier 1 metodu kullanılmıştır.

Çalışma yapılan tesiste yaklaşık 1000 kişi çalışmakta ve tesis toplam alanı yaklaşık 150.000 m² civarındadır. Bu veriler ışığında çalışan başına ve birim alana ait karbon ayak izi de hesaplanmıştır. Elde edilen değerler sırasıyla 32,782 ton CO₂e / kişi ve 0,22 ton CO₂e / m²’dir. Elde edilen bu sonuçlara göre bir çalışanın yılda yaklaşık olarak 32,782 ton CO₂e ürettiği söylenebilir. Bunun yanında, tesisin tüm alanı da karbon üretmemektedir, aksine arazide bulunan yeşil alanlar karbon tutmaktadır. Dolayısı ile birim alana ait sonuç (da) temsili olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte tesisteki ağaç sayısından (500 adet) yola çıkarak tesiste yaklaşık olarak tutulan karbon emisyonu hesaplanmıştır. Bir ağacın yılda 23 kg CO₂ tuttuğu kabul edilmiştir. Sonuç olarak tesiste ağaçlar tarafından yaklaşık 11,5 ton CO₂e / yıl emisyon tutulmuştur. Bu değer toplam emisyon miktarının yanında oldukça küçük bir değer

olmasına rağmen ağaçlandırma çalışmalarının önemini vurgulaması ve tesisin prestiji açısından önemlidir.

Bu çalışmada kapsam 1 (direkt emisyonlar) içerisinde bulunan linyit kömürü ve doğal gaz tüm emisyonların % 62,78'ini oluşturmaktadır. Burada en önemli nokta bu oranın yaklaşık % 62,0'sini linyit kömürü kullanımının tek başına oluşturmasıdır. Linyit kömürünün doğal gaza göre daha yoğun olarak kullanılmasının sebebinin maliyet farkı olduğu kolayca söylenebilir. Tekstil sektöründeki diğer karbon ayak izi hesaplamalarına bakıldığında enerji kaynağı olarak genellikle doğal gaz kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada kömür kullanımıyla alakalı ayrıntılı hesaplamalara da yer verilerek birçok tekstil firması için örnek teşkil etmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada kapsam 2 (enerji dolaylı emisyonlar) içerisinde bulunan elektrik kaynaklı emisyonlar tüm emisyonların % 28,90'ını oluşturmaktadır. Genellikle elektrik üretiminden kaynaklanan CO₂ diğer sera gazlarından daha çok ortaya çıkmakta ve genelde en yüksek emisyon miktarını oluşturmaktadır. Ancak bu çalışmada ikinci sırada yer almaktadır.

Bu çalışmada kapsam 3 (diğer kaynaklı emisyonlar) içerisinde bulunan ulaşım ve taşıma, su tüketimi ve atık kaynaklı emisyonlar tüm emisyonların % 8,32'sini oluşturmaktadır. Bu oranın % 7,047'lik kısmını ise tek başına su tüketimi oluşturmaktadır. Tesisteki yıkama makinelerinin büyük bir çoğunluğu su tasarrufu yapamadığından dolayı emisyon oluşumuna yüksek oranda katkıda bulunmaktadır.

Denim pantolonun yaşam döngüsüne bakıldığında, boyama ve terbiye işlemleri öncesi, net girdi ve çıktı değerlerine ulaşılması zor olduğundan ortalama literatür bilgisine başvurulmuş, boyama ve terbiye işlemleri dahil olmak üzere ürünün son haline gelene kadarki süreçte tesis verilerinden yararlanılmıştır. Bunun neticesinde yapılan hesaplamalar sonucu pantolon başına 6,8 kg CO₂e emisyon ortaya çıktığı görülmüştür.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde tesisin karbon ayak izi oldukça yüksek çıkmaktadır. Bu emisyonların azaltılması amacıyla linyit kömürü yerine doğal gaz kullanımı, enerji ihtiyacı için güneş enerjisi kullanımı, yeşil alanların genişletilmesi için ağaç dikilmesi önerilmiş ve bununla ilgili hesaplamalar yapılmıştır.

Bu hesaplamalar sonucunda tesiste linyit kömürü yerine doğal gaz kullanıldığında kapsam 1 emisyonlarında 9.140,2 ton CO_{2e}, güneş enerjisi kullanılarak kapsam 2 emisyonlarında 4.759,2 ton CO_{2e}, tesisteki mevcut ağaçlardan kaynaklı 11,5 ton CO_{2e} emisyon kazanç sağlanmıştır. Eğer tesis azaltılan karbon emisyonunu karbon sertifikasına dönüştürürse karbon satışından 139.106 € kazanç sağlayabilir.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil sektörünün üretim hacminin geniş ve proses adımlarının fazla olması birçok çevresel etkiyi de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle ilgili sektörde ciddi emisyonların olduğu ve dolayısıyla karbon ayak izinin yüksek olduğu bu çalışmanın sonucundan da anlaşılmaktadır. Bu bağlamda küresel ısınmaya önemli katkıları olan tekstil sektörünün karbon ayak izinin azaltılması için, uygulanacak politika ve atılacak adımlar oldukça önem arz etmektedir. Bunun için atılması gereken ilk adım üretimin her aşamasında kullanılan fosil yakıtlardan vazgeçilmesi gereğidir.

Yaşam döngüsü analizi sonuçları incelendiğinde hangi proses aşamasının daha çok çevre kirliliğine neden olduğu görülmektedir. Bu durum o alanlarda iyileştirilmelerin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma ile denim pantolon üreten tekstil fabrikasının çevresel etkileri bulunmuş olup, daha fazla çevre kirliliğine sebep olan üretim bölümleri gözler önüne serilmiştir. YDA ile üretim boyunca kimyasal, enerji ve su tüketimi açısından tesiste iyileştirmeye açık alanlar ortaya çıkmıştır.

Çalışma sonunda karbon ayak izini azaltmak için birkaç öneri sunulmuştur. Hesaplamalar sonucu oldukça fazla kirlilik yaratan linyit kömürü yerine doğal gaz kullanımına geçilmesi, ve alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisinden yararlanılmasıyla mevcut kapsam 1 ve kapsam 2 emisyonlarının oldukça azaltılabileceği görülmüştür. Bunlarla beraber fazla su harcayan yıkama makineleri yerine enerji tasarruflu yıkama makinelerinin kullanılması, servis güzergahlarının en az mesafeyi kat edecek şekilde planlanması, oluşan atıkların minimize edilmesi kapsam 3 emisyonlarının da azaltılmasını sağlayacaktır.

Fabrika içerisinde daha fazla yeşil alanlar oluşturulmalıdır. Dikilen her ağaç daha fazla karbon tutacak ve emisyon miktarını azaltacaktır. Yeşil alanların fazlalığı firmanın prestiji açısından da önem taşımaktadır.

Tekstil üretiminde en az çevre kirliliğine yol açan yöntemler kullanılmalı, gerekli makine parkuru veya teknoloji alt yapısı için teşvik verilmelidir. Konuyla ilgili olarak devlet kademeleri, yerel yönetimler, odalar ve gönüllü kuruluşlar ortak hedefe yönelik bir araya gelmelidirler.

Yeşil ekonomiye geçiş yapmak maliyetli bir işlemdir ve bazı endüstriyel firmalar kar oranlarını düşüreceği için bu yöntemi tercih etmemektedirler. Bu çalışmada maliyet hesaplarına da yer verilmesi firmaların bu konudaki politikalarını gözden geçirmelerine olanak sağlamaktadır. Özellikle tekstil sektöründe linyit kömürü kullanarak enerji üreten tesisler için, yapılan hesaplamalar referans niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın sonucunda çağımızın en büyük çevresel problemi olan küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda somut veriler ile bir farkındalık yaratmak amaçlanmıştır. Tüm bu nedenlerden dolayı yapılan çalışmanın, ürettiğimiz ürünlerin çevresel zararlarını, maliyetlerini kavramamız ve üretim aşamasındaki ayak izini azaltmamız açısından önemi büyüktür.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.surdurulebilirlikkalkinma.gov.tr> Erişim Tarihi: 01.05.2019.
- [2] https://www.researchgate.net/publication/318724639_Seragazi_Emisyon_Değerlerlerinin_Sektorel_Dagilim_Oranlari_1990-2015.
- [3] <http://www.wwf.org.tr/>- Erişim Tarihi: 01.07.2019.
- [4] Atılgan, T., Dengizler, İ., (2007), Hazır Giyim Sektöründe Örgütsel Stres Üzerine Bir Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9 (2), 62-93.
- [5] T.C.Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Türkiye Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı, 2015-2018, Sanayi Genel Müdürlüğü
- [6] Balpetek, F., Alay, E., 2012. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tekstil Sanayi. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6, 37-49.
- [7] Product Environmental Foot Print (PEF) Guide Ares (2012) 873782-17/07/2012
- [8] Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R. et al. Int J Life Cycle Assessment (2006) 11: 80.
- [9] Sinden, G. Int J Life Cycle Assess (2009) 14: 195. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0079>
- [10] Kumru, A., Karbon Yönetimi Yaklaşımı ve Örnek Uygulamalar, Carbon Clear, Ankara, Türkiye, 5-6, 2013.
- [11] Fet, A. & Skaar, C. Int J Life Cycle Assessment (2006) 11: 49.
- [12] Pre., Life Cycle Based Sustainability Standarts and Guidelines, 2, 2012.The contribution of ISO 14067 to the evolution of global greenhouse gas standarts- A review Peng Wu, Bo Xia, Xiangyu Wang.

- [13] Jay, W., Tod, D., ISO 14064 International Standart for GHG Emissions Inventories and Verification, Geneva, Switzerland, 1-4, 2006.
- [14] G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65.
- [15] ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification
- [16] Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik Kavramı ve Yaşam Döngüsü Analizi MUTLU TOKSÖZDemirer. G., 2008. Yaşam Döngüsü Analizi. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları – I.
- [17] <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2015/gorusme/iklim-degisikligi-ve-insan-sagligi> Erişim Tarihi: 01.05.2019.
- [18] Tekstil, Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu, Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2013, Tekstil ve Hammaddeleri Sektörü 2014 Ocak Aylık İhracat Bilgi Notu, İTKİB Şubat 2014.
- [19] Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları İTÜ - 1998, Prof. Dr. Dinçer TOPACIK, Prof. Dr. Veysel EROĞLU).
- [20] Dhayaneswaran, Y., Ashokkumar, L., 2013, A Study on Energy Conservation in Textile Industry, J. Inst. Eng. India Ser. B (March–May 2013) 94(1):53–60 , DOI 10.1007/s40031- 013-0040-5, India.
- [21] Jim, L., Osamu, N., Kazuo, O., Kevin, M.B., Toyota North American Environmental Report, 49-50, 2014.
- [22] Kauçuk Sektöründe karbon ayak izinin belirlenmesi Veysel MUTLU 2018.
- [23] Mariana, V.R, Lilian, M.O., Lori, C., Contabilizacion e Informe de Gases de Efecto Invernadero, Argentina, 6-10, 2013.
- [24] Janet, R., Laurent, C., Pankaj, B., Simon, S., Peter, G., Kjell, O., A Corporate Accounting and Reporting Standard, The greenhouse Gas Protocol, 5-35, 2013.
- [25] Simon, E., Leandro, B., General Guidance and Reporting, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volum 1, 11-34, 2006.
- [26] International Journal of Economic and Administrative Studies.
- [27] Sawant, S., Babaleshwar, B., A New Method of Assessment and Equations on Carbon Footprint, J. Appl. Geology and Geophysics, (3), 52-59, 2015.

- [28] Defra, Vehicle Transport Emission Factors on Distance Basis, the Greenhouse Gas Protocol, World Resources Institute, 2015.
- [29] National Greenhouse Gas Inventory Report 1990-2012.
- [30] Denim kumaş üretiminde su ve enerji kullanımının değerlendirilerek üç farklı denim kumaşının çevresel etkilerinin YDA ile karşılaştırılması.
- [31] Community Carbon Trees, 2018).
- [32] <https://www.sanayi.gov.tr/> Erişim Tarihi: 01.07.2019.
- [33] https://www.enginmuh.com/isitma_sistemleri_2.html Erişim Tarihi: 03.07.2019.
- [34] Meral, S., İhsan, K., Karbon Ayak İzi ve Güneş Enerjisi Maliyeti. Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Bölümü, Lisans Tezi, 2016
- [35] www.unfccc.int Erişim Tarihi: 31.07.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Özgür BAK, 1987 yılında Sakarya'nın Adapazarı ilçesinde doğmuştur. Üniversite sürecine kadarki tüm öğrenimini Sakarya'da tamamlamıştır. 2008 yılında Sakarya Üniversitesi'nde Çevre Mühendisliği Bölümüne başlamış ve 2012 yılında bu bölümden mezun olmuştur. 2010 yılında Gıda Mühendisliği ile çift ana dala başlamış ancak bu bölümden mezun olamamıştır. 2013 yılında iş yaşamına adımını atmış ve o tarihten itibaren tekstil sektöründe çalışmaya devam etmektedir. Bu süreçte İş Güvenliği Uzmanlığı ve Tehlikeli Madde Güvenlik Belgesini almış ve bu alanlarda çalışmalar yapmıştır. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitime başlamış ve halen eğitime devam etmektedir.