T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İMALAT SEKTÖRÜNDE YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yüksek Lisans Tezi

ALPER ÖZAŞKIN

100043318

İSTANBUL, 2023

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İMALAT SEKTÖRÜNDE YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yüksek Lisans Tezi

ALPER ÖZAŞKIN

100043318

Tez Danışmanı: Prof. Dr. ALİ GÖRENER

İSTANBUL, 2023

ÖZET

18. yüzyılda ortaya çıkan Sanayi Devrimi dünya nüfusunda önemli bir artışa neden olmuştur. Doğal kaynakların kontrolsüz kullanılması nedeniyle kaynaklar hızlıca tükenmeye başlamış ve artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için hızlanan üretim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıklar ve atmosfere salınan çeşitli biçimlerdeki emisyonlardaki artış çevreye büyük ölçüde zarar vermiştir. Çevre sorunlarının insanoğlunun yaşam koşulları üzerindeki etkilerinin belirgin hale gelmesiyle beraber dünya genelinde çevre sorunlarına yönelik farkındalık artmıştır. Yaşanan bu gelişmeler sonucu tedarik zincirindeki çevresel sorunları en aza indirmek için ortaya çıkan "yeşil tedarik zinciri" kavramı tedarik zincirindeki çevresel etkileri ve kaynak kullanımını dikkate almayı amaçlamaktadır. Hammadde kaynaklarının giderek azalmaya başlaması, atık alanlarının dolması ve sürekli artan kirlilik seviyeleri gibi çevresel sorunlar yeşil tedarik zincirinin önemini giderek arttırmıştır.

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesi sırasında, işletmeler bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada, imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların ve çözüm önerilerinin analizi amaçlanmaktadır. Araştırmanın verileri, imalat sektöründe bulunan ve yeşil tedarik zinciri uygulamaları hakkında bilgi sahibi olan on bir katılımcı ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucu elde edilmiştir. Çalışmada, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının hayata geçirilmesinde etkili olan zorlukları analiz etmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Çözüm önerilerinin değerlendirilmesi aşamasında ise EDAS ve COPRAS yöntemleri bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışma sonucu en önemli zorluklar "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği", "başarısız olma endişesi" ve "teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmemesi" olarak ortaya çıkmıştır. Uygulama aşamasında kullanılabilecek çözümler ise "çalışanların eğitilmesi", "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" ve "hükümet desteğinin ve teşviklerin arttırılması" olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Yeşil Tedarik Zinciri, DEMATEL, Bulanık EDAS, Bulanık COPRAS, COPELAND*

ABSTRACT

The Industrial Revolution that emerged in the 18th century caused a significant increase in the world population. Due to uncontrolled use of natural resources, resources began to be depleted rapidly, and the increase in wastes and various forms of emissions released into the atmosphere as a result of accelerated production activities to meet the needs of the increasing population has greatly damaged the environment. As the effects of environmental problems on the living conditions of human beings have become apparent, awareness of environmental problems has increased throughout the world. As a result of these developments, the "green supply chain" concept that has emerged to minimize environmental problems in the supply chain aims to take into account environmental impacts and resource use in the supply chain. Environmental problems such as decreasing raw material resources, filling up of waste areas and constantly increasing pollution levels have increased the importance of the green supply chain.

During the adoption of green supply chain practices, enterprises face some barriers. In this study, it is aimed to analyze the barriers and solution proposals related to green supply chain applications in the manufacturing sector. The data of the research were obtained as a result of face-to-face interviews with eleven participants who are in the manufacturing sector and have knowledge about green supply chain practices. In this study, the DEMATEL method, which is one of the multi-criteria decision-making methods, was used to analyze the barriers that are effective in implementing green supply chain practices. In the evaluation phase of the solution proposals, the EDAS and COPRAS methods was used by integrating it with fuzzy logic. The resulting results were combined using the COPELAND method and the final ranking result of the solution proposals was reached. As a result of the study, the most important barriers emerged as "lack of technological hardware and software infrastructure", "fear of failure" and "non-adoption of technological improvements". The solutions that can be used in the implementation phase are "training of employees", "collaborating with other businesses" and "increasing government support and incentives".

Keywords: *Green Supply Chain, DEMATEL, Fuzzy EDAS, Fuzzy COPRAS, COPELAND*

İÇİNDEKİLER

Özet ii
Abstract iii
Önsöz x
Teşekkür xi
Tablolar Listesi xii
Şekiller Listesi xiv
Kısaltmalar xv

GİRİŞ 1

1.YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ 4

1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi 4
1.2.Tedarik Zinciri ve Yeşil Kavramı 7
1.3. Yeşil Tedarik Zinciri 8
1.4.Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi 9
1.5. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları 13
1.5.1.Yeşil Satın Alma 14
1.5.2.Yeşil Üretim 15
1.5.3. Yeşil Tasarım (Eko-Tasarım) 16
1.5.4. Yeşil Dağıtım 17
1.5.4.1. Yeşil Lojistik 18
1.5.4.2.Yeşil Paketleme 18
1.5.5.Tedarikçilerle Çevresel İş Birliği 19
1.5.5.1. Tedarikçi Eğitimi 19
1.5.5.2.Tedarikçiyi Destekleme 20
1.5.5.3.Ortak Girişim 20
1.5.6.Müşterilerle Çevresel İş Birliği 20
1.5.7.Tersine Lojistik 21
1.5.7.1. Yeniden Kullanım 22
1.5.7.2. Yeniden Üretim 22
1.5.7.3. Geri Dönüşüm 23

1.5.7.4. İmha Etme 23

2. YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ 24

2.1. Literatür Taraması 24
2.2. Literatürde Kullanılan Araştırma Yöntemleri 28
2.3. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluklar 30
2.3.1. Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması 31
2.3.2. Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet 32
2.3.3. İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet 32
2.3.4. Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet 33
2.3.5. Geri Dönüşümün Maliyeti 33
2.3.6. Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği 34
2.3.7. Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi 34
2.3.8. Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği 35
2.3.9. Üst Yönetim Desteğinin Olmaması 35
2.3.10. Değişime Karşı Oluşan Direnç 36
2.3.11. Başarısız Olma Endişesi 36
2.3.12. Bilgi Eksikliği 37
2.3.13. Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği 37
2.3.14. Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması 38
2.3.15. Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması 38
2.3.16. Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar 39
2.3.17. Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması 39
2.3.18. İşletmeler Üzerindeki Baskı 40
2.3.19. Rekabet ve Pazar Belirsizliği 40
2.3.20. Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar 41
2.3.21. Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk 42
2.3.22. Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği 42
2.4. Çözüm Önerileri 45
2.4.1. Hükümet Desteğinin ve Teşviklerin Arttırılması 45
2.4.2. İşletme Politikalarının Düzenlenmesi 46
2.4.3 Yatırım Kararlarının Alınması 47
2.4.4. Bilişim Teknolojilerini ve Teknolojik Altyapının İyileştirilmesi 47

2.4.5. Çalışanların Eğitilmesi 48
2.4.6. Tedarikçilerle İş Birlikleri Yapılması 48
2.4.7. Farklı İşletmelerle İş Birlikleri Yapılması 49
2.4.8. Müşterilerle İlişkilere Önem Verilmesi 49

3. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER 52

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri 52
3.2. DEMATEL Yöntemi 53
3.2.1. DEMATEL Yöntemi Çözüm Adımları 55
3.2.1.1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması: 55
3.2.1.2. Doğrudan İlişki Matrisinin Normalleştirilmesi 56
3.2.1.3. Toplam Etki Matrisinin Oluşturulması 57
3.2.1.4. Etkileyen ve Etkilenen Değişkenlerin Belirlenmesi 57
3.2.1.5. Etki Diyagramı ve İlişki Haritasının Çizilmesi 58
3.2.1.6. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması 58
3.3. Bulanık Mantık 58
3.3.1. Dilsel Değişkenler 59
3.3.2. Bulanık Küme 60
3.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar 61
3.3.4. Üçgen Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler 61
3.3.4.1. Toplama İşlemi: 62
3.3.4.2. Çıkarma İşlemi: 62
3.3.4.3. Çarpma İşlemi: 62
3.3.4.4. Sabit Sayıyla Çarpma İşlemi: 62
3.3.4.5. Bölme İşlemi: 62
3.3.4.6. Sabit Sayıya Bölme İşlemi: 62
3.4. EDAS Yöntemi 62
3.4.1. Bulanık EDAS Yöntemi 63
3.4.2. Bulanık EDAS Yöntemi Çözüm Adımları 64
3.4.2.1. Alternatifler İçin Birleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması 65
3.4.2.2. Ortalama Çözüm Matrisinin Oluşturulması 66
3.4.2.3. Pozitif ve Negatif Uzaklık Matrislerinin Hesaplanması 66
3.4.2.4. Ağırlıklandırılmış Pozitif ve Negatif Uzaklıkların Hesaplanması 67
3.4.2.5. Tüm Alternatifler İçin spj ve snj Değerlerinin Normalize Edilmesi 68

3.4.2.6. Tüm Alternatifler İçin Değerlendirme Skorlarının Hesaplanması 68
3.4.2.7. Değerlendirme Skorlarının Durulaştırılması 68
3.4.2.8. Alternatiflerin Sıralanması 68
3.5. COPRAS Yöntemi 69
3.5.1. Bulanık COPRAS Yöntemi 70
3.5.2. Bulanık COPRAS Yöntemi Çözüm Adımları 71
3.5.2.1. Karar Vericiler Tarafından Alternatiflerin Değerlendirilmesi 71
3.5.2.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması 72
3.5.2.3. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması ve Karar Matrisinin Oluşturulması 73
3.5.2.4. Normalizasyon ve Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması 73
3.5.2.5. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması 74
3.5.2.6. Fayda ve Zarar Ölçütlerini Baz Alan Toplam Ağırlıklı Normalize Değerlerin Hesaplanması 74
3.5.2.7. Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması 75
3.5.2.8. Performans İndeksi Değerlerinin Hesaplanması 75
3.5.2.9. Alternatiflerin Sıralanması 75
3.6. COPELAND Yöntemi 76
3.6.1. COPELAND Yöntemi Çözüm Adımları 76
3.6.1.1. Alternatifler Arasında İkili Karşılaştırma Yapılması 76
3.6.1.2. Skorların Hesaplanması 77
3.6.1.3. Değerlendirilme Yapılması 77
3.6.1.4. Copeland Puanının Hesaplanması 77
3.6.1.5. Alternatiflerin Sıralanması 78

4. UYGULAMA 79

4.1. DEMATEL Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi 80
4.1.1. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Ana Zorluklara İlişkin Bulgular 81
4.1.1.1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması: 81
4.1.1.2. Doğrudan İlişki Matrisinin Normalleştirilmesi 81
4.1.1.3. Toplam Etki Matrisinin Oluşturulması 82
4.1.1.4. Etkileyen ve Etkilenen Değişkenlerin Belirlenmesi 83
4.1.1.5. Etki Diyagramı ve İlişki Haritasının Çizilmesi 84
4.1.2. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Maliyete İlişkin Zorluklara Ait Bulgular 87

4.1.3. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Teknolojiye İlişkin Zorluklara Ait Bulgular 89
4.1.4. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklara Ait Bulgular 92
4.1.5. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklara Ait Bulgular 94
4.1.6. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklara Ait Bulgular 98
4.1.7. Kriter Ağırlıkları 101
4.2. Bulanık EDAS Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi 103
4.2.1. Alternatifler İçin Birleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması 103
4.2.2. Ortalama Çözüm Matrisinin Oluşturulması 103
4.2.3. Pozitif ve Negatif Uzaklık Matrislerinin Hesaplanması 103
4.2.4. Ağırlıklandırılmış Pozitif ve Negatif Uzaklıkların Hesaplanması 107
4.2.5. Tüm Alternatifler İçin spj ve snj Değerlerinin Normalize Edilmesi 107
4.2.6. Tüm Alternatifler İçin Değerlendirme Skorlarının Hesaplanması 107
4.2.7. Değerlendirme Skorlarının Durulaştırılması 107
4.2.8. Alternatiflerin Sıralanması 108
4.3. Bulanık COPRAS Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi 109
4.3.1. Karar Vericiler Tarafından Alternatiflerin Değerlendirilmesi 109
4.3.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması 109
4.3.3. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması ve Karar Matrisinin Oluşturulması 111
4.3.4. Normalizasyon ve Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması 111
4.3.5. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması 112
4.3.6. Fayda ve Zarar Ölçütlerini Baz Alan Toplam Ağırlıklı Normalize Değerlerin Hesaplanması 113
4.3.7. Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması 113
4.3.8. Performans İndeksi Değerlerinin Hesaplanması 113
4.3.9. Alternatiflerin Sıralanması 113
4.4. COPELAND Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Sıralanması 114
4.4.1. Alternatifler Arasında İkili Karşılaştırma Yapılması 114
4.4.2. Skorların Hesaplanması 115
4.4.3. Değerlendirilme Yapılması 116
4.4.4. Copeland Puanının Hesaplanması 116
4.4.5. Alternatiflerin Sıralanması 116

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 118

KAYNAKÇA 123
EKLER 143

ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum tez özgün bir çalışma olup Yükseköğretim Kurulu ve İstanbul Ticaret Üniversitesi Lisansüstü Yönetmeliklerine uygun olarak hazırlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı yaparken bilimsel etik kurallarına tamamıyla uyduğumu; yararlandığım tüm kaynakları gösterdiğimi ve hiçbir kaynaktan yaptığım ayrıntılı alıntı olmadığını beyan ederim. Bu tezin ihtiva ettiği tüm hususlar şahsi görüşüm olup İstanbul Ticaret Üniversitesinin resmi görüşünü yansıtmamaktadır.

Alper ÖZAŞKIN

TEŞEKKÜR

Tez öğrencisi olarak beni kabul ederek bana birlikte çalışma fırsatı veren, tez çalışmamın her aşamasında yol gösterip, bilimsel katkısını ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali GÖRENER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez jürimde bulunarak beni onurlandıran ve yapmış oldukları önerilerle tezimin gelişmesinde katkıları bulunan Sayın Dr. Ögr. Üyesi Furkan DİŞKAYA ve Sayın Dr. Ögr. Üyesi Blend IBRAHIM hocalarıma teşekkür ederim. Lisans eğitimim ve yüksek lisans eğitimim boyunca hem akademik hem kişisel anlamda benden desteklerini esirgemeyen, üzerimde çok fazla emekleri olan İstanbul Ticaret Üniversitesi'ndeki değerli hocalarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez çalışmamın uygulama bölümü için değerli vakitlerini ayıran ve tecrübelerini benimle paylaşan katılımcılara yapmış oldukları katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, sevgilerini ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme ve sevgili arkadaşım Arif Emre SAN'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam sürecinde yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Batuhan EVREN başta olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi borç bilirim.

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları Konulu Araştırma Yöntemleri……..28
Tablo 2. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluklar……...……43
Tablo 3. DEMATEL Yöntemi Kullanılarak Yapılan Akademik Çalışmalar……..…51
Tablo 4. DEMATEL Yöntemi İkili Karşılaştırma Ölçeği…….……..56
Tablo 5. Dilsel Terimler ve Karşılık Gelen Yamuksal Bulanık Sayı Karşılıkları…..65
Tablo 6. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerlendirme Ölçekleri ve Sayı Karşılıkları……..……71
Tablo 7. Karar Verme Grubundaki Katılımcılara Ait Bilgiler……....79
Tablo 8. Doğrudan İlişki Matrisi X……..…….81
Tablo 9. Normalleştirilmiş Doğrudan İlişki Matrisi $\tilde{X}$……..……...……..82
Tablo 10. Birim Matris I.……...……...……...…….82
Tablo 11. I – X Matrisi……...……...….82
Tablo 12. $(\mathrm{I}-\mathrm{X})^{-1}$ Matrisi……..…...……..83
Tablo 13. Toplam Etki Matrisi T…….....……...…….83
Tablo 14. D+R ve D-R Değer Tablosu……..…..……...……84
Tablo 15. Ana Zorluklar Etki Diyagramı……..……..85
Tablo 16. Ana Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri...……..86
Tablo 17. Maliyete İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T……..87
Tablo 18. Maliyete İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu…….87
Tablo 19. Maliyete İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı…….88
Tablo 20. Maliyete İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri……...89
Tablo 21. Teknolojiye İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T…….90
Tablo 22. Teknolojiye İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu…….……..90
Tablo 23. Teknolojiye İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı……91
Tablo 24. Teknolojiye İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri…….92
Tablo 25. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T…….……92
Tablo 26. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu…….93
Tablo 27. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı…….……93
Tablo 28. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri…….……..94

Tablo 29. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T……..…….95
Tablo 30. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu……95
Tablo 31. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı……...…96
Tablo 32. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri……..……..97
Tablo 33. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T……..98
Tablo 34. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu…….99
Tablo 35. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı…….....100
Tablo 36. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri…….101
Tablo 37. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri……..... 102
Tablo 38. Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi…….104
Tablo 39. Tüm Alternatifler İçin Ortalamaya Pozitif Uzaklık Değerleri……...105
Tablo 40. Tüm Alternatifler İçin Ortalamaya Negatif Uzaklık Değerleri……..106
Tablo 41. Ağırlıklandırılmış Toplam Uzaklıklar, Normalize Değerleri ve Değerlendirme Skorları…….108
Tablo 42. Bulanık Karar Matrisi…….……..110
Tablo 43. Karar Matrisi…….111
Tablo 44. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi…….112
Tablo 45. Genel Toplamlar Tablosu ve Sıralama Sonuçları……..114
Tablo 46. Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi…….……...115
Tablo 47. Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları……...115
Tablo 48. Çözüm Önerilerinin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması……116
Tablo 49. Çözüm Önerilerinin Copeland Puanlarına Göre ve Uygulanan Diğer Yöntemlere Göre Sıralanması……..….117

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1. Tedarik Zinciri Modeli…….....5
Şekil 2. Bütünleşik Bir Tedarik Zincirinin Elemanları……..6
Şekil 3. Genişletilmiş Tedarik Zinciri……...……..12
Şekil 4. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları…….……..13
Şekil 5. Dağıtım Lojistiği ve Tersine Lojistik……...…21
Şekil 6. Üçgen Bulanık Sayı…….. 61
Şekil 7. Ana Zorluklar İlişki Haritası…….…….85
Şekil 8. Maliyete İlişkin Zorluklar İlişki Haritası……..…….……88
Şekil 9. Teknolojiye İlişkin Zorluklar İlişki Haritası……..91
Şekil 10. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar İlişki Haritası……..94
Şekil 11. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar İlişki Haritası…….……96
Şekil 12. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar İlişki Haritası…….100

KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AHP: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

ANP: Analytic Network Process (Analitik Ağ Süreci)

BS: British Standards

CFC: Kloroflorokarbon

CH_4: Metan Gazı

CO_2: Karbondioksit

COPRAS: Complex Proportional Assessment

DEMATEL: Decision Making. Trail and Evaluation Laboratory

ELECTRE: Elemination and Choice Translating Reality English

EDAS: Evaluation Based On Distance From Average Solution

EMAS: European Union Eco Management and Audit Scheme

EMS: Environmental Management System

ISM: Interpretive Structural Modelling

ISO: International Organization for Standardization

Ppm: Parts Per Million

SSIM: Structural Self-Interaction Matrix

TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

GİRİŞ

18. yüzyılda ortaya çıkan Sanayi Devrimi, insanlık tarihi için önemli bir dönüm noktası olmuştur. Sanayi Devriminden önce dünya nüfusu yalnızca bir milyar iken, günümüzde tahmini olarak 7,8 milyara ulaşmıştır (Dhingra vd., 2014, s. 1). Sanayi Devrimi'nden bu yana doğal kaynakların kontrolsüz kullanımı ve atmosfere salınan çeşitli biçimlerdeki emisyonlar doğaya büyük ölçüde zarar vermiştir (Vanalle ve Santos, 2014, s. 523). Sanayi devriminden önce, atmosferdeki sera gazlarının emisyon konsantrasyonu 10.000 yıl boyunca yaklaşık olarak sabit 250-300 ppm değerinde iken, sanayi devriminin başlangıcından itibaren karbondioksit (CO_2) konsantrasyonu 400 ppm miktarına yükselmiş ve metan gazı (CH_4) konsantrasyonu ise ikiye katlanmıştır (Gupta ve Palsule-Desai, 2011, s. 235). Özellikle küreselleşmenin artmasıyla birlikte dünya genelinde çevre sorunlarına yönelik farkındalık artmıştır. Sonuç olarak, ürünlerin çevresel etkileri de önem kazanmıştır (Haiyun vd., 2021, s. 1).

Son yıllarda giderek artan küreselleşme, sanayileşme ve artan çevre bilinci, tedarik zincirlerinin ve yönetiminin evrimine yol açmıştır. Çevre sorunlarının giderek artmasıyla beraber, geleneksel tedarik zincirleri, fazla kaynak tüketimi ve büyük miktarlarda emisyon ve atık oluşturması sebebiyle çevrenin bozulmasına katkıda bulunmaktan sorumlu tutulmuştur (Achillas vd., 2018, s. 7-9). Çevre sorunlarının dünya nüfusunun yaşam koşulları üzerindeki etkileri daha belirgin hale geldikçe, çevre bilincine yapılan vurgu daha fazla ön plana çıkmıştır (Wang ve Gupta, 2011, s. 3). Çevreye karşı duyarlı olan müşteriler, tedarik zincirlerini daha fazla çevreci olmaya zorlamaya başlamıştır (Heydari vd., 2021, s. 1957). Yaşanan gelişmeler nedeniyle, şirketler uluslararası pazarda hayatta kalmak istiyorlarsa, çevresel kaygıları göz ardı edemezler (Dhull ve Narwal, 2016, 61).

Tedarik zinciri, hammaddelerin ürünlere dönüştürülmesini ve bu ürünlerin müşterilere dağıtımını içeren bir ağ olarak tanımlanmaktadır (Felea ve Albăstroiu, 2013, s. 78). Tedarik zinciri yönetiminde ortaya çıkan çevre sorunlarının çözümü için yeşil tedarik zinciri kavramı ortaya çıkmıştır (Sezen ve Çankaya, 2018, s. 119-120). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, tedarik zinciri yönetimi sürecinde enerji tasarrufunu artırırken karbon salınımını azaltarak çevre kirliliğini önlemek ve verimlilik sağlamak olarak

tanımlanabilir. İşletmelerde yeşil uygulamalar özellikle son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır (Haiyun vd., 2021, s. 1). Çeşitli çevreler tarafından yeşil tedarik zinciri faaliyetlerinin çok önemli olduğunun yaygın olarak kabul görmesi, firmaları tüm üretim adımlarında yeşil uygulamaları kullanmaya zorlamıştır (Stekelorum vd., 2021, s. 1). İklim değişikliği, doğal kaynakların hızla tükenmeye başlaması ve giderek artan çevre kirliliği, tedarik zincirlerinde yeşil uygulamalara geçilmesine yönelik uluslararası çabaların arkasındaki ana itici güçlerdir (Younis vd., 2016, s. 217). Tedarik zincirlerinde yer alan paydaşların çevresel konulara artan ilgisi, yeşil tedarik zincirlerinin gelişmesine yol açmıştır (Achillas vd., 2018, s. 9).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi sürecinde, işletmeler hem tedarikçileri hem de müşterileri ile olan ilişkilerinde çevresel konuları incelerler. Ürünün üretim sürecinde enerji tüketilir, bu da karbondioksit gazının atmosfere salınmasına neden olmaktadır (Haiyun vd., 2021, s. 2). Bu nedenle yeşil tedarik zinciri yönetiminde üretimin çevreye zarar vermemesi gerekmektedir (Dubey vd., 2017, s. 197). Ayrıca satın alma faaliyetlerinde çevre duyarlılığı gerekmektedir (Menon vd., 1999, s. 2). Firmalar, satın alacakları malların içeriğinde insan sağlığına zarar vermeyen ve çevreyi kirletmeyen özellikler bulunmasına dikkat etmelidir (Karahan, 2017, s. 372). Ayrıca, malın satın alındığı tedarikçi de çevresel faktörlere dikkat etmelidir (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008, s. 7).

Son zamanlarda işletmeler tedarik zinciri süreçlerini çeşitli sebepler yüzünden yeşil tedarik zinciri sistemine yükseltmeye çalışmaktadırlar ancak bazı zorluklar nedeniyle bu tür gelişmiş uygulamaları tam anlamı ile uygulamakta sorun yaşamaktadırlar (Balon vd., 2016, s. 1). Yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesi sırasında, bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Fakat işletmeler yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulama sırasında karşılaştıkları zorlukları belirlemek ve bu zorlukları hafifletmek için harekete geçmek konusunda sorun yaşamaktadır (Baki, 2018, s. 114). İşletmeler karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için kendilerini geliştirmelidirler. Ancak, tüm zorlukları aynı anda ortadan kaldırmak imkânsız olacaktır. Bu nedenle, işletmeler, yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin ilk aşamalarında ortadan kaldırılması gereken zorlukları belirlemelidir (Govindan vd., 2014, s. 555).

Yapılan çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde yeşil tedarik zinciri yönetimi üzerinde durulmuştur. Bu bölümde tedarik zinciri yönetimi ve yeşil tedarik zinciri yönetimi açıklanmış ve yeşil tedarik zinciri uygulamaları incelenmiştir. İkinci bölümde, yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar ve bu zorluklara ait çözüm önerileri üzerinde durulmuştur. Yapılan literatür taraması ile zorluklar ve çözüm önerileri netleştirilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri; DEMATEL, Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS; ve sonuçların bütünleştirilmesinde kullanılan COPELAND yöntemi tanıtılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümü olan uygulama kısmında yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar için beş ana kriter ve yirmi iki alt kriter ile sekiz çözüm önerisi ele alınmıştır. İmalat sektöründe bulunan ve yeşil tedarik zinciri uygulamaları hakkında bilgi sahibi olan on bir katılımcı ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucu veriler elde edilmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin analizinde DEMATEL, Bulanık EDAS, Bulanık COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşmak için ise COPELAND yöntemi kullanılmıştır. Literatür taraması sonucu ortaya konan zorluklar DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandırılıp, çözüm önerilerinin değerlendirilmesi aşamasında ise EDAS ve COPRAS yöntemleri bulanık mantıkla bütünleştirilerek kullanılmıştır. Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın son bölümü ise sonuç ve öneriler bölümüdür.

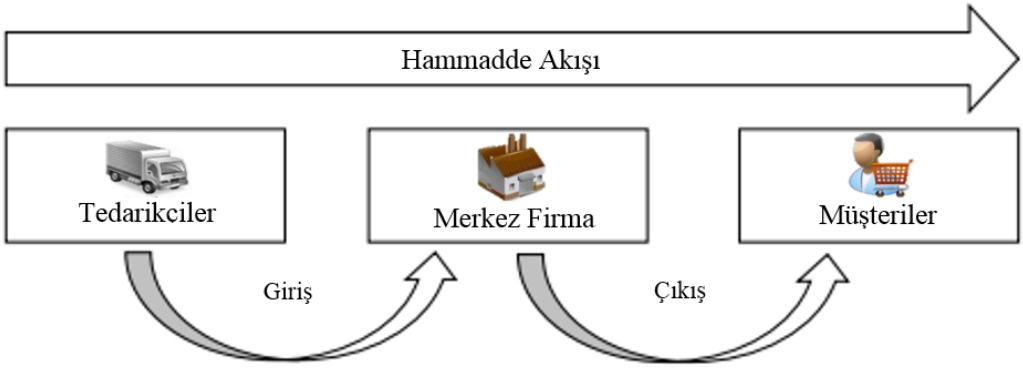
1. YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Yıllar boyunca birçok firma dikkatlerini satın alma, üretim, pazarlama ve lojistik gibi ayrı iş fonksiyonlarının etkinliğine ve verimliliğine yöneltmiştir. Bu işlevler arasındaki bağlantı eksikliği, örgütsel çabaları ve kaynak kullanımını çoğaltarak performans kayıplarına neden olmuştur. Son yıllarda tüm tedarik zinciri boyunca organizasyonlar arası koordinasyonu yakalamak ve sonrasında daha iyi stratejik kararlar almak için birçok sayıda firma, bir bütün olarak tedarik zincirini planlamanın, kontrol etmenin ve tasarlamanın stratejik önemini anlamaya başlamıştır. Günümüzün küresel pazarında, firmalar bağımsız varlıklar olarak değil, tedarik zinciri bağlantılarının ayrılmaz parçaları olarak rekabet etmektedir. Bu nedenle, bir firmanın nihai başarısı, tedarik zinciri ortakları arasındaki karmaşık iş ilişkileri ağını bütünleştirme ve koordine etme konusundaki yönetsel yeteneğine bağlıdır (Min, 2015, s. 1-2).

Tedarik zinciri, nihai tüketicinin elinde ürün ve hizmet şeklinde değer üreten farklı süreç ve faaliyetlerde yer alan organizasyonlar ağı olarak tanımlanmaktadır (Christopher, 2005, s. 13). Tedarik zinciri, hammaddeleri nihai ürünlere dönüştürmek için gereken kaynak kullanımı, üretim, montaj, taşıma ve depolama gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Ayrıca, malzeme ve bileşenlerin olası yeniden kullanımını ve ürünlerin geri dönüş akışlarının ele alınmasını içermektedir (Zijm vd., 2019, s. 33).

Başka bir tanıma göre, nihai tüketiciye teslim edilen ürün ve hizmetler şeklinde değer üreten farklı süreç ve faaliyetlerde yukarı ve aşağı bağlantılar aracılığıyla yer alan organizasyonların bütünüdür. Başka bir deyişle, bir tedarik zinciri, hem yukarı yönlü (tedarik) hem de aşağı yönlü (dağıtım) ve nihai tüketici olan birden fazla firmadan oluşmaktadır (Mentzer vd., 2001, s. 3). Geniş anlamda bir tedarik zinciri, malzeme, bilgi ve finansal akışlarla birbirine bağlanan, yasal olarak ayrılmış iki veya daha fazla organizasyondan oluşmaktadır. Bu kuruluşlar, parça, bileşen ve nihai ürün üreten firmalar, lojistik hizmet sağlayıcılar ve hatta nihai tüketici olabilir (Stadtler vd., 2015, s. 3). Şekil 1, tedarikçiden alınan hammaddenin merkezi firmaya gelişini ve üretimi bitmiş ürünlerin ise merkez firmadan müşterilere hareketini göstermektedir.



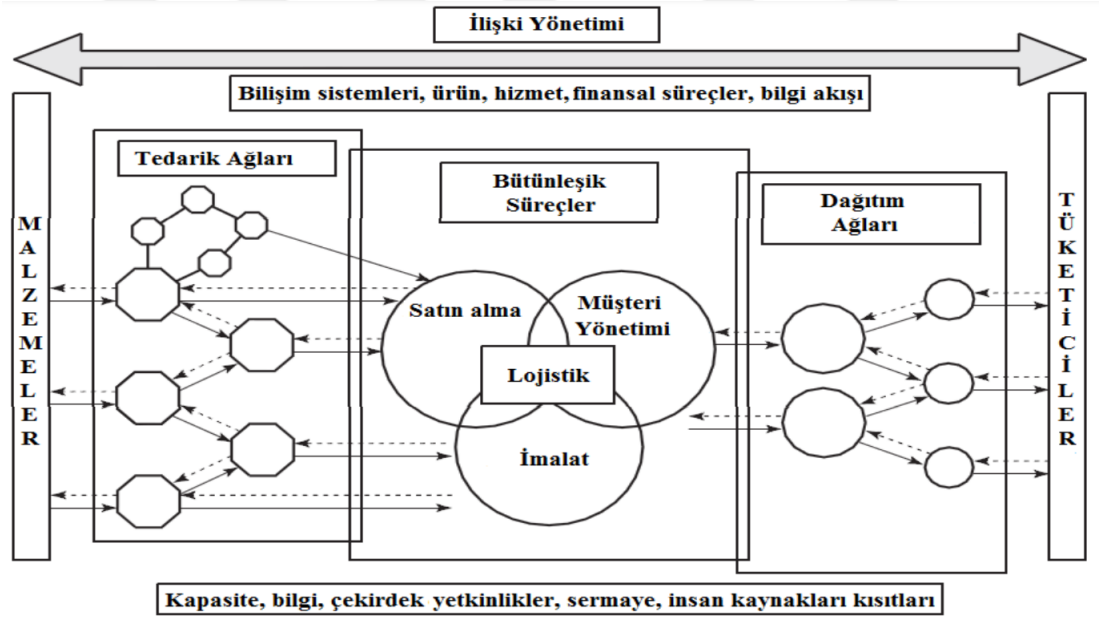
Şekil 1. Tedarik Zinciri Modeli (De Oliveira vd., 2017, s. 618)

Tedarik zinciri yönetimi ilk olarak 1980'lerin başında bir grup profesyonel danışman tarafından tartışılmıştır. Bu tartışma ve daha sonraki gelişmeler insanları tedarik zinciri yönetimi konusunda daha bilinçli hale getirmiştir (Lambert ve Cooper, 2000, s. 66). 1990'lu yıllarda ticaretin küreselleşmeye başlaması, kaliteli ürün ve hizmet beklentileri nedeniyle firmalar müşteri merkezli kararlar almaya başlamışlardır. Şirketler, müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasında tedarik edilen mal ve hizmetlerin önemini keşfetmiş ve tedarik zincirlerindeki üyelerle daha çok iş birliği yapmaya çalışmışlardır (Çetindaş, 2018, s. 7). Yaşanan bu gelişmeler tedarik zinciri yönetiminin önemini büyük ölçüde arttırmıştır.

Tedarik zinciri yönetimi, hammadde ve parça temini, üretim ve montaj, depolama ve stok takibi, sipariş girişi ve sipariş yönetimi, dağıtım, teslimat ve tüm bu faaliyetleri izlemek için gerekli bilgi sistemleri dahil olmak üzere bir ürünün hammadde olarak girişinden müşteriye ulaştırılmasına kadar gerçekleşen tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Lummus vd., 2001, s. 428). Tedarik zinciri yönetimi, ürünlerin doğru zamanda ve doğru miktarlarda üretilmesi, doğru yerlere ve doğru zamanda dağıtılması için tedarikçileri, imalatçıları, dağıtım merkezlerini, distribütörleri ve perakendecileri etkin ve verimli bir şekilde bütünleştirmeye yönelik bir dizi süreçtir (Bowersox vd., 2020, s. 8). Kısaca özetlemek gerekirse, tedarik zinciri yönetiminin temel amacı, doğru ürünü doğru müşteriye doğru maliyetle, doğru zamanda, doğru kalitede, doğru formda ve doğru miktarda sunmaktır (Chin vd., 2015, 696).

Tedarik zinciri yönetimi, nihai mal ve hizmet sunumu için hammadde kaynakları, üretim, nakliye ve malzeme kaynakları, bilgi ve finansal akışların dağıtımı arasında sıkı bir bağlantı oluşturan birbirine bağlı işletmelerden oluşan bir ağ olarak kabul edilmektedir (Wang ve Gupta. 2011, s. 4). Bir başka tanıma göre tedarik zinciri yönetimi, hizmet verilen pazar için taleplerin hızlı bir biçimde karşılanmasını ve yüksek verimlik elde etmek için bir tedarik zincirindeki katılımcılar arasında üretim, envanter, konum ve taşımacılığın koordinasyonudur (Hugos, 2018, s. 4).

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçiden müşteriye kadar mal, hizmet ve bilgi akışını koordine etmekten sorumlu bir yöneticiye rapor vermek için geleneksel yöntemlerden farklı faaliyetler ve tedarik zincirinin birden çok katmanındaki tedarikçilerle ortak ilişkiler geliştirmeyi gerektirir (Monczka vd., 2015, s. 174). Tedarik zinciri yönetimi, tedarik zincirini, her biri kendi işlevini yerine getiren satın alma, üretim, dağıtım vb. gibi bir dizi parçadan ziyade, tek bir varlık olarak görmeye yönelik bir sistem yaklaşımı benimser (Holmberg, 2000, s. 849). Bütünleşik bir tedarik zincirinin elemanları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Bütünleşik Bir Tedarik Zincirinin Elemanları (Görener, 2013, s. 48)

Tedarik zinciri, birçok birimin ve operasyonun iç içe geçtiği, ileriye ve geriye dönük faaliyetleri içeren bütünleşik bir yapı olarak adlandırılmaktadır. Rekabet avantajı sağlayabilmek için yapılandırılacak tedarik zinciri stratejisinin müşterileri dikkate alan bir yapıda seçilmesi, uygun tedarik ve dağıtım ağlarının oluşturulması gerekmektedir (Görener, 2013, s. 48).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, genellikle birbiriyle çelişkili görülen yüksek müşteri hizmetleri, düşük envanter yönetimi ve düşük birim maliyet hedefleri arasında bir denge sağlamak için müşterinin gereksinimlerini tedarikçilerden gelen malzeme akışıyla senkronize etmektir (Stevens, 1989, s. 3).

1.2. Tedarik Zinciri ve Yeşil Kavramı

Dünyadaki doğal kaynakların çoğu, endüstriyel ürünlerde tehlikeli madde kullanımı nedeniyle ortaya çıkan endüstriyel atıklar yüzünden zarar görmüştür. Ayrıca üretimden kaynaklanan karbon emisyonları ve fosil yakıtlardan enerji üretmek için hidrojen, atmosfere sera gazı salarak iklim değişikliği sorununa neden olmuştur (Wang ve Gupta. 2011, s. 4-5). Hükümetler arasında endişe uyandıran çevresel sorunlar nedeniyle, şirketlerin doğaya verdikleri zararları azaltmalarını sağlamak için mevzuatlar ve düzenlemeler uygulamaya konmuştur. Yaşanan bu gelişmeler yeşil kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Paksoy vd., 2019, s. 3).

Yeşil kavramı, daha az enerji kullanan, malzemeleri geri dönüştüren, atıkları ve kirliliği azaltan ve doğal kaynakları koruyan firmaları, ürünleri ve üretim süreçlerini tanımlamak için kullanılmaktadır (Molla vd., 2011, s. 69). Tedarik zinciri için yeşil kavramı, firma tarafından tedarikçilerinin çevresel performanslarını araştırmak ve ardından yalnızca uygun standartları karşılayanlarla iş yapmak olarak tanımlanabilir (Rao, 2006, s. 190). Tüketici bilincinin artması ve hükümet düzenlemeleriyle birlikte bir trend haline gelen yeşil kavramı, sürdürülebilir kalkınmayı ve daha yüksek uzun vadeli karları hedefleyen bir firmanın iş stratejisinin önemli bir parçası olabilir (Yu vd., 2016, s. 397).

1.3. Yeşil Tedarik Zinciri

Çevre kirliliği ve iklim değişikliği, işletmeleri faaliyetlerinin sonucu ortaya çıkan çevresel etkileri değerlendirmeye zorlayan yirmi birinci yüzyılın en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir (Balasubramanian ve Shukla, 2017b, s. 1116). Dünya nüfusunun giderek artmasıyla birlikte kaynaklar hızlıca azalmaya başlamış ve atık üretiminde artış yaşanmıştır. Ayrıca giderek artan üretim faaliyetleri, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, iklim değişikliği, küresel ısınma, hava kirliliği, ağaçların kesilmesi ve kaynakların tükenmesi gibi olumsuz etkilere neden olmuştur (Desticioğlu, 2021, s. 286). Bu sorunları çözmek için, endüstriden ve akademik topluluktan çevrenin korunmasına ilişkin endişelerin ele alınması için acil bir ihtiyaç olmuştur (Liu vd., 2017, s. 182). Firmalar, çevre sorunlarını tedarik zincirlerine entegre etme konusunda büyük bir baskıyla karşı karşıya kalmışlardır (Mathiyazhagan vd., 2014, s. 188). Firmalar tarafından atmosfere salınan sera gazı emisyonlarındaki artış ve çevre kirliliği, kuruluşların giderek azalan kaynakları korumak amacıyla tedarik zinciri operasyonlarını yeniden düzenleme ihtiyacını hızlandırmıştır (Amemba vd., 2013, s. 51). Son yıllarda çevresel endişelerin aniden artmasıyla birlikte, çevre kirliliği sorunlarının, tedarik zinciri yönetiminin operasyonel sürecinde eşzamanlı olarak ele alınması gerektiği ve böylece yeşil tedarik zincirinin girişimine katkıda bulunulması gerektiği konusunda artan bir farkındalık oluşmuştur (Sheu vd., 2005, s. 287-288). Yeşil tedarik zinciri yönetimi yaklaşımı, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz ardı etmeden mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılamak için çevre koruma ve sürdürülebilirliğe yönelik küresel ilgiden kaynaklanan baskılara bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır (Trujillo-Gallego ve Sarache, 2021, s. 3). Yaşanan bu gelişmeler sonucu tedarik zincirindeki çevresel sorunları ortadan kaldırmak için ortaya çıkan yeşil tedarik zinciri yönetimi fikri önem kazanmıştır.

Yeşil tedarik zinciri; çevresel etkileri en aza indirgemek ve malzeme edinimi, işleme, paketleme, depolama, nakliye, kullanımdan nihai hurdaya kadar kaynak verimliliğini en üst düzeye çıkarmak amacıyla ortaya çıkan modern bir fikir olarak tanımlanabilmektedir (Srivastava, 2007, s. 54). Yeşil tedarik zinciri, birçok şirketin çevre ve tedarik zinciri stratejilerinin önemli bir bileşeni olarak ortaya çıkmıştır (Lee, S., 2008, s. 185). Gilbert'e göre (2001, s. 1) yeşil tedarik zinciri, çevresel kriterleri veya endişeleri kurumsal satın alma kararlarına ve tedarikçilerle uzun vadeli ilişkilere

dahil etme sürecidir. Yeşil tedarik zinciri, tedarik zincirindeki çevresel etkileri ve kaynak verimliliğini dikkate alan modern bir yönetim yaklaşımıdır (Gong vd., 2019, s. 8). Yeşil tedarik zinciri; yeşil satın alma, yeşil dağıtım, yeşil üretim, yeşil tasarım ve tersine lojistik gibi çeşitli yeşil tedarik zinciri uygulamaları kullanarak çevresel sürdürülebilirliği artırmak için tedarik zinciri yönetiminde kullanılan çevre dostu bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Mojumder ve Singh, 2021, s. 3).

1.4. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

Yeşil tedarik zinciri yönetimi kavramı tedarik zincirindeki çevresel etkileri ve kaynak kullanımını dikkate almak amacıyla ilk kez 1996 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Michigan Eyalet Üniversitesi tarafından ortaya atılmıştır (Malviya ve Kant, 2018, s. 284). İlerleyen zamanlarda araştırmacılar ve akademisyenler tarafından yeşil tedarik zinciri yönetiminin çeşitli yönleri incelemeye başlanmıştır. Hammadde kaynaklarının giderek azalmaya başlaması, atık alanlarının dolması ve sürekli artan kirlilik seviyeleri gibi çevresel sorunlar yeşil tedarik zinciri yönetiminin önemini arttırmıştır (Srivastava, 2007, s. 53).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi; gelişmiş bir marka imajı, rekabet avantajı elde etmek ve operasyonlar üzerindeki çevresel etkileri azaltmak için geniş çapta kabul gören bir fikirdir ve birçok sektör ve birçok şirket tarafından uygulanmaya başlanmıştır (Malviya ve Kant, 2018, s. 312). Üretim organizasyonları için etkili bir yönetim aracı olarak ortaya çıkan yeşil tedarik zinciri yönetimi, ürünün yaşam döngüsü boyunca tedarikçiden üreticiye, üreticiden müşteriye teslimi ve müşteriden üreticiye iade etme süreci de dahil olmak üzere tüm tedarik zinciri yönetimi faaliyetlerini kapsamaktadır (Zhu vd., 2008, s. 262). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, ürün tasarımından başlayarak malzeme temini, malzeme seçimi, üretim süreçleri ve ürünün teslimatı süreciyle ilgili ortaya çıkan çevresel sorunları tedarik zinciri yönetimine entegre etmeyi amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Gnoni vd., 2011, s. 129). Ayrıca, ürünlerin yaşam döngüleri boyunca çevre dostu bir sürece dahil edilmesini, ürünün hammaddeden tüketim aşamasına kadar çevreye verdiği zararları ve doğaya saldığı zararlı atık miktarının en aza indirilmesini, kalite belgelerine sahip olarak üretim yapılmasını kapsamaktadır (Ozyoruk, 2018, s. 408).

Yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevresel etkileri en aza indirgemek için tedarik zincirinde oluşturulan ilkeler olarak tanımlanmaktadır (Chavoshlou vd., 2019, s. 782). Ayrıca, tedarikçilerin ve müşterilerin çevresel performansını iyileştirmek için çevresel kaygıları tedarik zinciri yönetiminde özümseyen bir firmanın planları ve faaliyetleri olarak tanımlanmaktadır (Bowen vd., 2001, s. 175). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevre dostu tedarik zinciri girdilerinin kullanılması ve bu girdilerin yaşam döngüleri sonunda geri kazanılıp yeniden kullanılacak çıktılara dönüştürülmesi dolayısıyla sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturulması prosedürü olarak tanımlanabilir (Balaji vd., 2014, s. 423). Tedarik zinciri yönetimine "yeşil" bileşenin eklenmesi, tedarik zinciri yönetiminin doğal çevreye olan etkisini ve ilişkilerini ele almayı içermektedir (Srivastava, 2007, s. 54). Çevresel kaygıları ticari faaliyetlere dahil etme süreci olarak tanımlanan yeşil tedarik zinciri yönetimi, endüstrinin neden olduğu çevresel yükün azaltılmasını sağlamalıdır (Hervani vd., 2005, s. 336). Yeşil tedarik zincirini uygulamak, gelecek nesiller için daha fazla kaynağın korunmasına ve aynı zamanda doğal çevremizin korunmasına olanak tanıyarak daha iyi ve daha güvenli bir gelecek sağlayacaktır (Ahi ve Searcy, 2013, s. 329).

Yeşil tedarik zinciri yönetiminin amacı, çevreye duyarlı ilkeleri tedarik zinciri yönetiminin tüm aşamalarına dahil etmektir (Zhu vd., 2012, s. 169). Gün geçtikçe artan çevresel kaygılar nedeniyle tedarik zincirinin her aşamasında yeşil stratejilerin ve politikaların uygulanması gerekli hale gelmiştir (Nteta ve Mushonga, 2021, s. 3). Kuruluşlar, dünya çapındaki çevre düzenlemeleri, sera emisyonları, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi birçok çevresel zorlukla yüzleşmek için tedarik zincirlerini giderek daha fazla incelemeye başlamışlardır (Lee, S., 2015, s. 42). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevre yönetimi programlarının ve geri dönüşüm, yeniden üretim ve tersine lojistik gibi proaktif uygulamaların reaktif olarak izlenmesidir (Lin, R., 2013, s. 33).

Yeşil tedarik zinciri, kuruluşların rekabet gücünü ve ekonomik performansını artırabilir (Rao ve Holt, 2005, s. 915) Tedarikçileri ve müşterileri ile yeşil proje ortaklığı yapan üretim organizasyonları, sadece çevresel performansa değil aynı zamanda maliyet ve kalite gibi diğer performans boyutlarına da yansıyacak organizasyonel yetenekler geliştirebilirler (Vachon ve Klassen, 2006, s. 664).

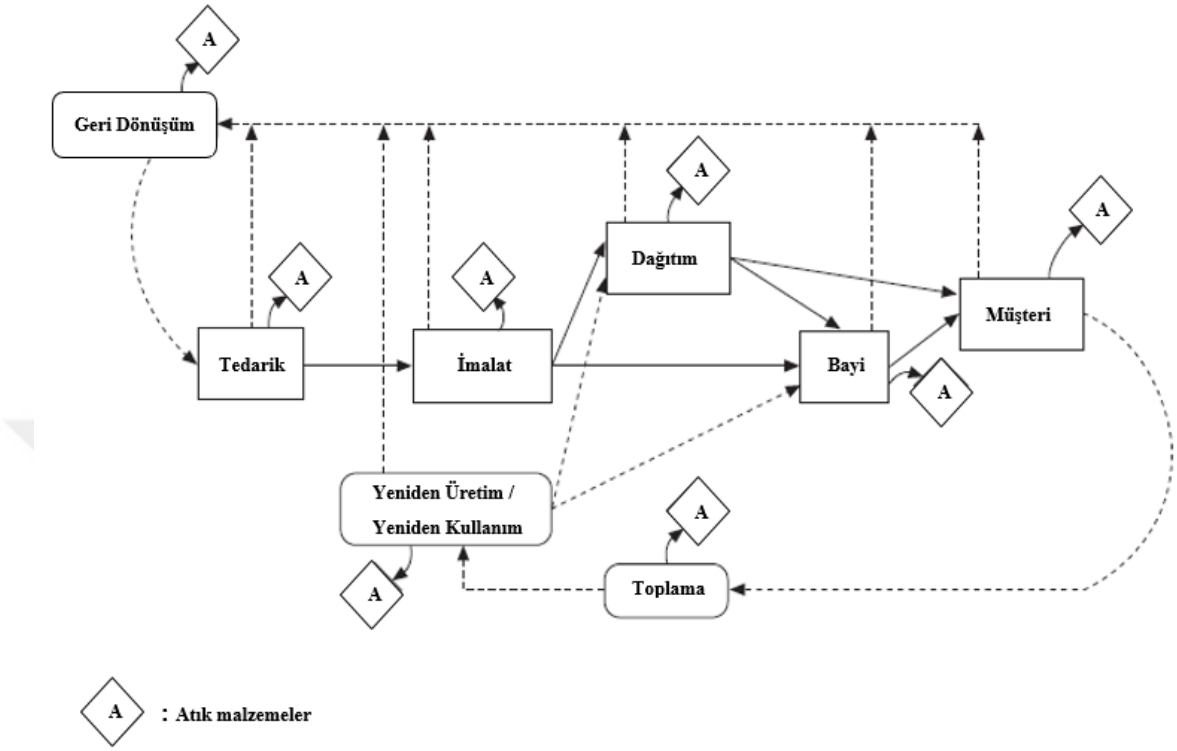
Yeşil tedarik zincirini uygulamak maliyetlerde azalma, operasyonel verimlilikte iyileştirme, daha fazla esneklik, satış geliştirme, müşteri değeri geliştirme ve kurumsal imajı iyileştirme ile sonuçlanabilir (Routroy, 2009, s. 26). Yeşil tedarik zincirini uygulamak için ileri teknolojilerin benimsenmesi ve kaliteli çalışanların işe alınması, motive edilmesi ve eğitilmesi gerekir. Bu yüzden yeşil tedarik zincirini hayata geçirmek için yüksek bir başlangıç sermayesi gerektirdiği kanıtlanmıştır (Luthra vd., 2011, s. 239).

Yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasıyla bağlantılı pek çok fayda olduğu belirlenmiştir, ancak çok sayıda kuruluş hala bunları uygulamamaktadır (Jaggernath ve Khan, 2015, s. 44). Fakat birçok firma, tedarikçilerine çevresel destek sunarak ve çevresel iş birliğini teşvik ederek yönetim davranışlarını daha yeşil tedarik zincirleri yönünde değiştirmiştir (Wu vd., 2011, s. 395). Yeşil tedarik zinciri uygulamaları şirketin çevresel performansını olumlu yönde etkileyebilir ve şirketin kurumsal itibarının artması sonucu olarak sektördeki rakiplerine karşı rekabet stratejilerini destekleyebilir (Testa ve Iraldo, 2010, s. 953). Yeşil tedarik zinciri yönetimi, maliyet tasarrufu, daha güçlü marka bilinirliği ve rakip farklılaşması dahil olmak üzere bu tür uygulamalardan çok sayıda fayda elde etmek isteyen işletmeler için önemli bir stratejik kavram olarak tanımlanmaktadır (Roehrich vd., 2017, s. 489).

Yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamanın faydaları çevreye faydaları ve işletmeye faydaları olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Çevreye olan faydalarına örnek olarak kullanılan enerji miktarının azalması, üretim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkların azalması, sera gazı emisyonlarının azalması, su tasarrufu sağlanması, enerji verimliliğinin artması ve ambalaj atıklarının azalması verilebilir. Artan karlılık, üretim ve dağıtım maliyetlerinin azalması, rekabet avantajının artması, işletmeye olan güvenin ve marka itibarının artması ise işletmeye olan faydalarından bazılarıdır (Jaggernath ve Khan, 2015, s. 41-42).

Üretim organizasyonları müşterilerin taleplerindeki değişikliklere cevap vermelidir (Clark vd., 2014, s. 22). Müşteriler, çevreye zarar vermeyen süreçlerle üretilen çevre dostu ürün ve hizmetleri talep etmeye başladıkça, üretim organizasyonları bu yeni müşteri taleplerini yansıtacak şekilde operasyonlarını değiştirmelidir (Green vd., 2015, s. 221). Yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının itici güçlerini ve önündeki

zorlukları değerlendirmek ve bu bilgileri kuruluşları bu stratejileri uygulamaya motive etmek için kullanmak oldukça önemlidir (Niemann vd., 2016, s. 981).



Şekil 3. Genişletilmiş Tedarik Zinciri (Beamon, 1999, s. 338)

Şekil 3'te belirtilen düz çizgiler genişletilmiş tedarik zincirini, kesik olarak belirtilen çizgiler ise yeşil tedarik zinciri belirtmektedir. Şekilde görüldüğü üzere genişletilmiş tedarik zinciri süreci hammadde tedariğinden başlayıp, sırasıyla imalat, bayi ve dağıtım ile devam eden süreç müşteri ile son bulmaktadır. Genişletilmiş tedarik zincirinde gösterilen tüm unsurların faaliyetleri sonunda atıkların oluştuğu görülmektedir (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1151). Beamon'a göre (1999, s. 338), tedarik zincirinin yeniden üretim, geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi geri kazanım işlemlerini içerecek şekilde genişletilmesi, tedarik zinciri tasarımına ek bir karmaşıklık düzeyi ve yeni bir dizi potansiyel operasyonel ve stratejik husus eklemektedir.

1.5. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları

Bir kuruluşun faaliyetlerinin sonucu ortaya çıkan çevresel etkileri en aza indirmek için gerçekleştirilen çeşitli faaliyetlere yeşil tedarik zinciri uygulamaları denmektedir (Vachon ve Klassen, 2006, s. 797). Yeşil tedarik zinciri uygulamaları, çevresel kaygıları tedarik zinciri uygulamalarına entegre ederek bir kuruluşun çevreye duyarlı, operasyonel temel unsurlarını tanımlar (VenkatesaNarayanan ve Thirunavukkarasu, 2021, s. 2). Yeşil tedarik zinciri uygulamaların benimsenmesindeki diğer nedenlerinden biri ise piyasadaki taleplerin yol açtığı kurumsal baskıların etkisinden kaynaklanmaktadır (Laosirihongthong vd., 2013, s. 1090). Literatüre göre, yeşil tedarik zinciri, çeşitli yeşil uygulamalar ve girişimler yoluyla gerçekleştirilebilir (Srivastava, 2007, s. 55). Yeşil tedarik zinciri uygulamaları genel olarak aşağıdaki gruplarda listelenmektedir:



Şekil 4. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008, s. 6).

1.5.1. Yeşil Satın Alma

Satın alınan ürün veya malzemelerin, atık kaynaklarının azaltılması, geri dönüşümün teşvik edilmesi, yeniden kullanımına uygun olma, kullanılan kaynakların azaltılması ve doğaya karşı tehlikeli kimyasalları içermemesi gibi satın alan firma tarafından belirlenen çevresel hedefleri karşılamasını sağlamaya çalışan çevreye duyarlı bir satın alma girişimidir (Eltayeb vd., 2011, s. 497). Çevrenin korunmasıyla ilgili endişelerin giderek artmasıyla beraber, satın alma uzmanları, mevcut satın alma stratejilerini ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini yeniden gözden geçirmeye başlamışlardır (Khan, 2018, s. 5). Hamner (2006, s. 28-33), temel yeşil satın alma faaliyetlerini şu şekilde özetlemiştir:

1- Ürün İçeriği Gereksinimleri: Alıcılar, satın alınan ürünlerin geri dönüştürülmüş veya yeniden kullanılabilir öğeler gibi arzu edilen yeşil özelliklere sahip olması gerektiğini belirtir.
2- Ürün İçeriği Kısıtlamaları: Alıcılar, satın alınan ürünlerin ambalaj malzemelerinde kurşun, kloroflorokarbon (CFC) veya plastik köpük gibi çevresel olarak istenmeyen özellikler içermemesi gerektiğini belirtir.
3- Ürün İçeriğinin Etiketlemesi: Alıcılar, satın alınan ürün içeriğinin çevresel veya güvenlik özelliklerinin gösterilmesini ister. Etiketin üzerindeki açıklama, çeşitli ticari kuruluşlar tarafından sunulan bilimsel sertifikasyon sistemi gibi göreceli çevresel etki göstergeleri kullanılarak yapılabilir.
4- Tedarikçi Anketleri: Alıcılar tedarikçilere çevresel yönleri, faaliyetleri ve yönetim sistemleri hakkında bilgi vermelerini isteyen anketler gönderir.
5- Tedarikçi Çevre Yönetim Sistemleri: Alıcılar, tedarikçilerden bir çevre yönetim sistemi geliştirmelerini ister.
6- Tedarikçi Sertifikası: Alıcılar, tedarikçilerden, Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (ISO) ISO 14001, Avrupa Birliği Eko-Yönetim ve Denetim Programı (EMAS) veya İngiliz Standardı 7750 (BS) gibi tanınmış uluslararası standartlardan birine tam uyumlu olarak sertifikalandırılmış bir Çevresel Yönetim Sistemi'ne (Environmental Management System / EMS) sahip olmalarını ister.
7- Tedarikçi Denetimi: Alıcılar, çevresel gerekliliklere uygunluk düzeylerini belirlemek için tedarikçileri denetler.

1.5.2. Yeşil Üretim

Yeşil tedarik zinciri faaliyetlerindeki en önemli adımlardan biri olan yeşil üretim, bir şirketin üretim operasyonlarının zararlı etkilerini azaltmak ve çevreyi korumak için tüm girişimleri kapsamaktadır (Çankaya ve Sezen, 2019, s. 101). Üretim sonucu ortaya çıkan zararlı etkileri azaltmak ve firmaların karlılığını artırmak için sosyal ve çevresel açıdan hesap verebilir uygulamalara yeşil üretim denmektedir (Luthra vd., 2016, s. 144). Yeşil üretim, üretim sonucu ortaya çıkan toksik maddeleri, atıkları, kirliliği azaltarak, hammadde kullanımını ve enerjiyi optimize ederek çevresel etkiyi en aza indirmeye odaklanmaktadır (Rehman ve Shrivastava, 2013, s. 20).

Yeşil üretim, ürünlerin üretim süreçlerinde çevresel etkiyi en aza indirmek için tasarlanmış bir üretim şekli olarak tanımlanmaktadır (Tan vd., 2002, s. 468). Yeşil üretim, enerji açısından verimli, geri dönüştürülebilir ve atılması kolay ürünlerin geliştirilmesidir. Böylece yeşil üretimde, üretim süreci boyunca daha az atık ortaya çıkmaktadır (Wiese vd., 2015, s. 2). Yeşil üretim, çevre kirliliğine neden olmayan ve verimli süreçler kullanılarak çevre dostu ürünlerin üretimi olarak ifade edilebilir (Ninlawan vd., 2010, s. 1564).

Yeşil üretim, hava, toprak ve su kirliliğini önlemek ve azaltmak için endüstriyel süreçleri ve ürünleri sürekli iyileştirmeyi ayrıca minimum kaynak kullanıp ve minimum atık oluşturarak çevre dostu ürünler üretmeyi amaçlamaktadır (Çankaya ve Sezen, 2019, s. 101) Yeşil üretimin benimsenmesi, atık ve kirliliğin azaltılmasına yardımcı olur (Hui vd., 2001, s. 276). Yeşil üretimin temel amacı sürdürülebilirliktir. Her imalat sektörü, gelecek nesiller için kaynakları korumaya çalışmalıdır. Yeşil üretimin, kamuoyunda itibar yarattığı ve gereksiz maliyetleri azaltıp tasarruf sağladığı bilinmektedir (Maruthi ve Rashmi, 2015, s. 3351).

Baines'e göre (2012, s. 65) üretim süreçlerindeki yeşil uygulamalar, üretim süreçlerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki kötü etkilerini azaltırken, yeşil üretim firmaların operasyonel, çevresel ve finansal performansını iyileştirmektedir. Yeşil üretim uygulamaları ve ilgili ilkeler, bir organizasyonun kâr elde etmesine ve süreçlerde verimliliği artırmasına yardımcı olmaktadır (Chien ve Shih, 2007, s. 385). Müşterilerin değişen ihtiyaçlarını karşılamak ve daha yüksek karlar elde etmek için üreticiler, çeşitli düzeylerde yeşil ürünler üretmelidirler (Yu vd., 2016, s. 397).

1.5.3. Yeşil Tasarım (Eko-Tasarım)

Yeşil tasarım, ürünlerin tüm yaşam döngüsü boyunca çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlayan faaliyetleri içermektedir (Beamon, 1999, s. 332). Ayrıca, çevreye duyarlı olan müşterilerin gereksinimlerini karşılamak ve müşterilere daha iyi hizmetler sağlamayı amaçlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır (Vallet vd., 2013, s. 346). Ürünlerin yeşil tasarımı aynı zamanda ürünlerin yeniden kullanılmasını, geri dönüştürülmesini ve yeniden üretilmesini de destekler, bu da firmaların çevresel performanslarını iyileştirmelerine yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda maliyetlerini düşürme fırsatı da sağlar (Khan ve Qianli, 2017, s. 16834). Çevreye olumsuz etkiyi azaltmanın en etkili yolu çevre sorunlarını ürün tasarımına entegre etmektir (Büyüközkan ve Çiftçi, 2012, s. 3003). Yeşil tasarım fikrini uygulamada ilerleme kaydetmeden önce, çözülmesi gereken birçok sorun ve zorluklarla karşılaşılmaktadır (Glantschnig, 1994, s. 508). Bu fikri uygulamanın önündeki en büyük zorluk, endüstride yeşil tasarım hakkında çok az bilginin mevcut olmasıdır (Wiley vd., 2010, s. 229). Böyle yenilikçi bir yaklaşımın formüle edilmesi için, öncelikle endüstride uygulanan mevcut yeşil tasarım uygulamalarının anlaşılması gerekir (Deutz vd., 2013, s. 117).

Yeşil tasarımın temel amacı, tasarım sürecinde geleneksel olarak düşünülen diğer gerekliliklerden ödün vermeden çevre dostu ürünler yaratmaktır (Bovea ve Wang, 2007, s. 4057). Tasarım aşamasında, ürünün, sürecin veya hizmetin işlevi tanımlanır ve hammaddeler, sarf malzemeleri seçilir. Bu seçimler onları oluşturmak için tüketilecek enerjiyi ve üretilecek atıkları belirler. Yeşil tasarım faaliyetleri, şirketler ve ürünler arasında farklılık göstermektedir (Eltayeb vd., 2011 s. 497). Yeşil tasarım, ürünün tedarik zincirindeki tüm akışını dikkate alarak çevresel yönleri ürün tasarım sürecine entegre ettiği için yeşil tedarik zinciri uygulamalarından biri olarak kabul edilmektedir. Ürünün üretim, tüketim ve imha etme süreçlerinden kaynaklanan çevresel etkilerin çoğu ürünün tasarım aşamasında verilen kararların doğrudan sonuçları olduğundan yeşil tasarımı uygulamak oldukça önemlidir (Handfield vd., 2001, s. 193). Yeşil tasarım, inovasyon odaklı şirketlerde önemli bir rol oynamaktadır ve firmanın stratejisine sürdürülebilir bir değer katmaktadır (Santolaria vd., 2011, s. 1315).

1.5.4. Yeşil Dağıtım

Günde milyonlarca ton yükü ve çok sayıda yolcuyu taşıyan ulaşım sektörü, ekonomik ve endüstriyel gelişmenin vazgeçilmez ve yadsınamaz parçasıdır. Petrol ürünlerinin en büyük tüketicilerinden biri olan ulaşım sektörü, doğaya salınan tehlikeli ve ölümcül emisyonlara büyük katkı sağladığı için çevre için önemli bir tehlike oluşturmaktadır (Salimifard vd., 2012, s. 74). Son yıllarda, çevresel koşulların taşımacılığın yürütülmesi üzerindeki etkisi yerine taşımacılığın çevre üzerindeki etkisi fikri önem kazanmaya başlamıştır. Ayrıca, daha hızlı fakat doğaya zarar veren ulaşım araçları yerine daha yavaş ve daha çevre dostu araçlara doğru bir eğilim gözlenmektedir. Yeşil dağıtım, ürünlerin dağıtımı sonucu ortaya çıkan olumsuz çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan uygulamaların ve teknolojilerin uygulanmasıdır (Achillas vd., 2018, s. 74-75).

Yeşil dağıtım uygulamaları, ekolojik ve toplumsal konuları göz önünde bulundurarak, ürünlerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi ve dağıtılması amacıyla ürünleri tedarik zinciri boyunca taşımak için gerekli faaliyetlerin bütünleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Grant vd., 2015, s. 209). Yeşil dağıtım, ürünlerin taşınacağı yerlerin belirlenmesi, tam zamanında üretim ile hem ileri hem de geri taşımaların gerçekleştirilmesi, taşınacağı araçların kapasitesi ve özelliklerinin belirlenmesi ve dağıtım işlemlerinin karbon emisyonlarının azaltılmasını hedefleyecek şekilde gerçekleştirilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Kullanılan araçların türü ve kapasitesi, yakıt türü, gidiş-dönüş taşıma sıklığı, müşteri konumları arasındaki mesafe yeşil dağıtım performansını etkilemektedir (Desticioğlu, 2021, s. 291).

Yeşil dağıtım, ulaşım yöntemlerinin çevresel etki analizi, ulaşım seçimi, sözleşmelerin oluşturulması ve maliyet, kalite, teknoloji, hizmet ve çevresel etkiler arasındaki uzlaşmalara ilişkin kararların alınması gibi faaliyetleri içermektedir (Wiese vd., 2015, s. 2). Yeşil dağıtım, malzeme ve ürünlerin akışını ve depolanmasını tasarlamak, uygulamak, kontrol etmek ve çevre dostu uygulamaları kullanılarak gerçekleştirilir (Angeli, 2016, s. 13). Wiese vd., (2015, s. 2), dağıtım kurallarının uygulanması, disiplinli yük planlama işlemleri ve alternatif çevre dostu ulaşım yöntemlerinin seçimi ile yeşil dağıtımın sağlanabileceğini belirtmiştir. Yeşil dağıtım, yeşil paketleme ve yeşil lojistikten oluşmaktadır (Ninlawan vd., 2010, s. 1564).

1.5.4.1. Yeşil Lojistik

Yeşil lojistik, yeşil tedarik zincirinin performansını etkileyen en önemli faaliyetlerden biridir. Yeşil lojistik, nakliye sırasında çevresel zararları ve atıkları azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan tüm faaliyetleri içermektedir (Gao vd., 2009, s. 238). Çevre dostu iş uygulamaları arasındaki birliğin sonucunda ortaya çıkan bu kavram, maliyetlerin en aza indirilmesi ve çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltması sebebiyle geliştirilmiştir (Angeli, 2016, s. 13). Çevre dostu paketleme, nakliye, atık yönetimi gibi süreçlere büyük önem verilmektedir (Sotvaldieva vd., 2021, s. 152). Ürünü taşıyan aracın tükettiği yakıt, nakliye işlemlerinin sıklığı, müşterilere olan uzaklık ve paketleme özellikleri (ağırlık, şekil ve malzeme) yeşil lojistiğin performansını etkilemektedir (Sarkis, 2003, s. 399).

1.5.4.2. Yeşil Paketleme

Boyut, şekil ve malzeme içeriği gibi ambalaj özellikleri, ürünün taşıma özellikleri üzerindeki etkilerinden dolayı dağıtım üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu etkileri azaltmak için, alanı artırmak ve gereken taşıma miktarını azaltmak gerekir. Yeniden düzenlenmiş yükleme modelleri ile birlikte daha iyi bir paketleme yöntemi kullanılabilir (Ho vd., 2009, s. 25). Yeşil paketleme fikrinin benimsenmesi, firmaların çevre duyarlılıklarının en önemli göstergelerinden biridir. Nakliye ve paketleme maliyetleri azaltılarak çevreye verilen zarar en aza indirilebilir (Baki, 2018, s. 118). Yeşil paketleme, yeşil malzemeler kullanılarak, geri dönüşüm ve yeniden kullanım programlarını teşvik ederek ve ambalajı standartlaştırmak için satıcıyla iş birliği yaparak uygulanabilir. Yeşil paketleme uygulamaları arasında küçük ambalaj kullanımı, biyobozunur malzeme kullanımı, fazla miktarda ambalajın kullanılmaması, kâğıt ambalajların kullanımı, polistiren miktarının azaltılması, kolay sökülür ve basitleştirilmiş ambalaj malzemelerinin kullanımı yer almaktadır (Kung vd., 2012, s. 115). Ninlawan vd., (2010, s. 1564), yeşil paketleme uygulamalarını çevre dostu ambalaj malzemeleri kullanımı, paketlemeyi standart hale getirmek için satıcıyla iş birliği yapmak, geri dönüştürülebilir veya iade edilebilir paketleme yöntemlerini teşvik etmek ve benimsemek olarak belirtmiştir.

1.5.5. Tedarikçilerle Çevresel İş Birliği

Yeşil tedarik zinciri uygulamaları, müşterilerin ve tedarikçilerin aktif katılımı olmadan benimsenemez (Hu ve Hsu, 2010, s. 592). Tedarikçilerle çevresel iş birliği; ortak çevre planlaması, paylaşılan çevre bilgisi, yeşil ürün geliştirme ve teslimatı gibi tedarikçi performansı üzerinde olumlu etkisi olan yeniliklerle ilgili tedarikçilerin çevresel performansını artıran faaliyetleri içermektedir (Bowen vd., 2001, s. 177). Bu yeşil uygulama, tedarik zinciri entegrasyonu düzeyini artırdığı için tedarikçi iş birliği ile ilgili diğer yeşil olmayan tedarik zinciri uygulamalarıyla aynı faydaları sağlamaktadır. Müşteri gereksinimlerindeki değişikliklere yanıt vermek için farklı tedarik zinciri katmanlarındaki operasyonları ve iş akışını koordine etme yeteneğini geliştirir (Gunasekaran vd., 2008, s. 559). Ayrıca satın alınan malzemelerin çevre dostu olmasını ve yeşil süreçler kullanılarak üretilmesini sağlamak için şirketlerin tedarikçilerin çevresel performansını yönetmelerine yardımcı olmaktadır (Lin, R., 2013, s. 34).

Tedarikçilerle çevresel iş birliği ; müşteri memnuniyetini artırmak, iş israfını ve tedarik zinciri maliyetini azaltmak için farklı tedarik zinciri katmanlarında operasyonlar düzenleme yeteneğini geliştirmektedir (Azevedo vd., 2011, s. 856). Tedarikçilerle çevresel iş birliği, tedarikçilerin faaliyetlerine çok fazla katılım ve yatırım gerektirir. Bu durumda alıcı, tedarikçilerin çevresel çabalarının (örneğin yeşil standartlara uygunluk) anlık sonuçlarına daha az, çevresel açıdan daha sağlıklı ürün veya süreçlerin elde edilebileceği sonucuna daha çok odaklanmaktadır (Vachon ve Klassen, 2006, s. 799).

Tedarikçilerle iş birliği faaliyetleri takip eden başlıkları içermektedir:

1.5.5.1. Tedarikçi Eğitimi

Tedarikçi eğitimi, çevre sorunları ve çevre yönetimi faaliyetleri hakkında alıcıların tedarikçilerine yönelik eğitim faaliyetleri yürütmesini içermektedir. Bu eğitim faaliyetlerine örnek olarak tedarikçiler için farkındalık seminerleri düzenlemek, tedarikçileri yeşil uygulamaların faydaları hakkında bilgilendirmek ve aynı sektördeki tedarikçileri bir araya getirerek onlara bilgi vermek gösterilebilir (Bowen vd., 2001, s. 177).

1.5.5.2. Tedarikçiyi Destekleme

Çevresel performanslarını iyileştirmelerine yardımcı olmak için alıcılardan tedarikçilere doğrudan destek sağlamayı içermektedir. Bu destek faaliyetlerine örnek olarak, tedarikçilere çevre programları geliştirmelerinde rehberlik edecek çevre ekiplerinin kurulması, yerinde teknik yardım sağlamak için tedarikçilerin tesislerinin ziyaret edilmesi ve tedarikçilere çevresel performanslarını iyileştirmeleri için mali yardım sağlanması yer almaktadır (Eltayeb vd., 2011, s. 497).

1.5.5.3. Ortak Girişim

Bu iş birliğinde ürünleri satın alan firma, tedarikçileriyle birlikte çalışarak, temiz teknolojiler ve yeşil ürün tasarımları gibi yeşil yenilikler ve çözümler geliştirmek için ortak ekipler ve ortak uzun vadeli programlar kurmaktadır (Vachon ve Klassen, 2006, s. 663).

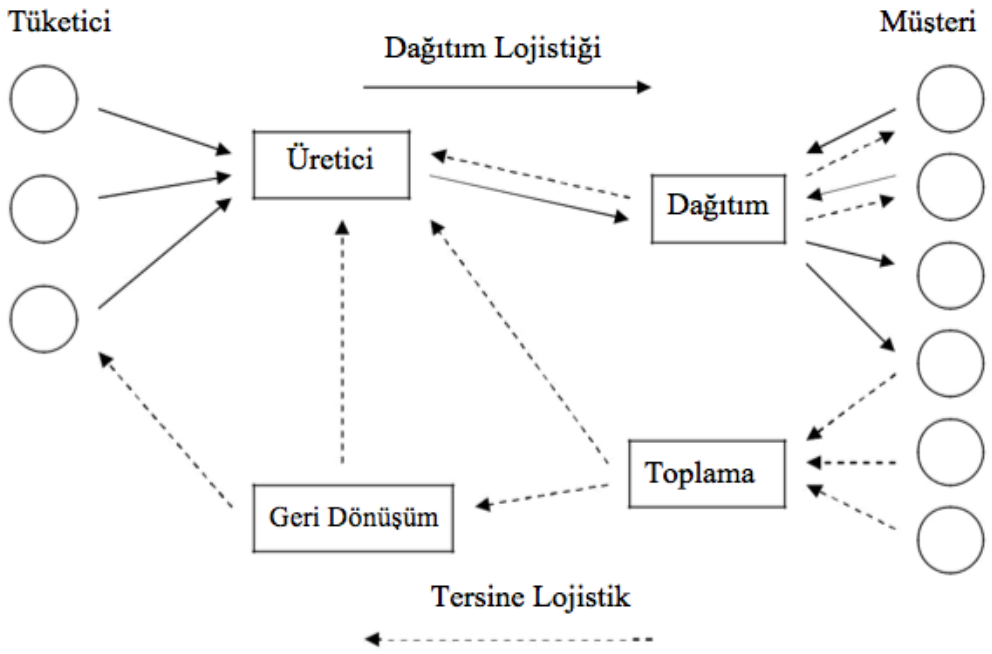
1.5.6. Müşterilerle Çevresel İş Birliği

Tedarikçilerle çevresel iş birliğine benzer şekilde, müşterilerle çevresel iş birliği, bir firmanın müşterilerinin çevresel performansını iyileştirmek için doğrudan müdahale etmesi olarak tanımlanmaktadır. Müşterilerle çevresel iş birliği, çevresel iyileştirme için hedefler belirlemek ve planlamak için birbirlerinin operasyonları hakkında bilgi edinme isteğine ek olarak, bir firma ve müşterileri arasında teknik bilgi alışverişini içermektedir (Eltayeb vd., 2011, s. 49). Etkin bir iş birliği, tedarik zinciri maliyetlerinin düşürülmesini sağlar ve operasyonların güvenilirliğini korur, böylece kaliteyi ve müşteri memnuniyetini artırır (Lee, C. vd., 2007, s. 445). Bu yeşil uygulama, müşterilerin çevresel kaygılarına yanıt verilebilirliğin artırılmasının yanı sıra müşterilerin isteklerinin yerine getirme oranını arttırır ve zamanında teslimatı iyileştirmeye yardımcı olur. Aynı zamanda tedarik zincirindeki ürün akışlarıyla ilişkili çevresel etkiyi azaltmak için yapılan iş birliğini ifade etmektedir (Vachon ve Klassen, 2008, s. 301-302). Ancak müşterilerle çevresel iş birliği farklı bir tedarik zinciri yapısı ve uygun bir tedarik zinciri yaklaşımı gerektirmektedir (Van der Vaart ve Van Donk, 2008 s. 47).

1.5.7. Tersine Lojistik

Nüfusun giderek artması ve değişen yaşam standartları nedeniyle, 1990'lı yıllardan itibaren dünya genelinde ürünlerin tüketiminde büyük artış gözlenmiştir. Ürünün tüketimden sonra, doğaya bırakılan atıklar çevreye oldukça fazla zarar vermiştir. Tersine lojistik, çevresel tedirginliğe yol açan artan atık üretimi nedeniyle sanayici ve akademisyenlerin dikkatini çekmektedir (Prajapati vd., 2019, s. 504).

Tersine lojistik, malzemelerin veya ürünlerin yeniden kullanımı için uygulanan tüm faaliyetlerdir. Normalde lojistik, ürünün üretiminden müşteriye teslimine kadar olan süreçleri içermektedir. Tersine lojistikte ise ürünler müşteriden distribütöre veya doğrudan üreticiye gönderilmektedir. Örneğin ürün kusurlu ise müşteri fabrikaya geri gönderir. Fabrika ayıplı ürünün toplama faaliyetini yürütmek, üründe oluşan arızayı tespit etmek, onarmak, tamir edilemiyorsa parçalara ayırarak bir kısmını veya tamamını geri dönüştürmek zorundadır (Desticioğlu, 2021, s. 291-292). Çoğu ürün, kullanım ömrünün sonunda tamamen kullanılamaz hale gelir fakat birçoğunun bir miktar değeri kalmaktadır (Govindan vd., 2015, s. 7209). Dağıtım lojistiği ve tersine lojistik Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Dağıtım Lojistiği ve Tersine Lojistik (Dılaola, 2019, s. 30)

Tersine lojistik, geri dönüştürülebilir ürünlerin ve malzemelerin geri dönüşümü, yeniden kullanılması, yeniden üretilmesi, onarılması, yenilenmesi veya güvenli bir şekilde elden çıkarılması amacıyla tüketim noktasından ileri tedarik zincirine kadar ürünlerin ve malzemelerin iade veya geri alınmasına odaklanmaktadır (Carter ve Ellram, 1998, s. 85). Tersine lojistik, taşımacılık ve envanter yönetiminin geleneksel lojistik faaliyetlerini kapsamakla birlikte, odak noktası ürünü müşterilere taşımak yerine müşterilerden geri almaktır (Mollenkopf ve Closs, 2005, s. 34). Kullanılmış veya kullanım ömrü sona eren ürünler yeniden kulanım ve geri dönüşüm gibi amaçlar için toplanmaktadır (Beamon, 1999, s. 337).

1.5.7.1. Yeniden Kullanım

Yeniden kullanım; bir ürünün veya bir parçasının, kullanılmış ürüne minimal işlem uygulanarak veya uygulanmadan yeniden kullanımını kolaylaştıran tasarımdır (Sarkis, 1998, s. 161). Yeniden kullanım, kullanılmış malzemelerin, ürünlerin veya bileşenlerin sahadan toplanması ve bunları kullanılmış olarak dağılması veya satılması işlemidir. Böylece ürünün nihai değeri de orijinal değerinden düşük olsa da ekstra bir işlem yapmaya gerek duyulmamaktadır (Beamon, 1999, s. 337).

1.5.7.2. Yeniden Üretim

Yeniden üretim süreci, kullanılmış bir ürün veya bileşenin sahadan toplanması, durumunun değerlendirilmesi ve aşınmış, kırılmış veya eskimiş parçaların yeni veya yenilenmiş parçalarla değiştirilmesinden oluşmaktadır. Bu durumda orijinal ürünün kimliği ve işlevselliği korunmaktadır. Ortaya çıkan yeniden üretilmiş ürün daha sonra, yepyeni ürünlerin kalite standartlarını karşılamak amacıyla denetlenip ve test edilmektedir. Bu nedenle, bazı durumlarda, yeniden üretilmiş ürün, kalite veya işlev açısından orijinal üründen daha iyi olabilir. Bunun nedeni, yeniden üretim sürecinde, değiştirilen parçaların veya bileşenlerin tasarımının, orijinal ürün üretildiğinden bu yana geliştirilmiş olabileceği gerçeğidir. Yeniden üretimin benzersiz avantajı, geri dönüşüm ve yeniden kullanımdan farklı olarak, yeniden üretim sürecinin kullanılan malzemelerin genel değerini düşürmemesidir (Beamon, 1999, s. 338).

1.5.7.3. Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm; ürünlerin demonte edilmesini, malzemeye göre parçaların ayrılmasını ve malzemenin yeniden işlenmesini kolaylaştıran bir tasarımdır (Lin, B. vd., 2001, s. 73). Geri dönüşüm, sahadan kullanılmış ürünleri, bileşenleri veya malzemeleri toplama, gerektiğinde bunları sökme, benzer malzeme kategorilerine (örneğin belirli plastik türleri, cam vb.) ayırma ve geri dönüştürülmüş ürünler, bileşenler veya malzemeler haline getirme sürecidir. Bu durumda orijinal materyallerin kimliği ve işlevselliği kaybolmaktadır (Thierry vd., 1995, s. 120). Beamon'a (1999) göre geri dönüşümün başarısı şunlara bağlıdır:

1- Geri dönüştürülmüş malzemeler için bir pazar olup olmadığı
2- Geri dönüştürülmüş malzemelerin kalitesi (çoğu geri dönüşüm işlemi, malzemenin değerini, malzemenin kendisi bozulduğu için, orijinal değerinin altına düşürür)

1.5.7.4. İmha Etme

İmha etme faaliyetlerinde ürünün zararlı maddeler içerip içermediği kontrol edilmektedir. Ürünün üretimi sırasında oluşan tehlikeli atıkların çevreye zarar vermeden, uygun teknoloji kullanılarak imha edilmesi için gerçekleştirilen faaliyetlere imha etme denmektedir (Sarkis, 1998, s. 161).

Sonuç olarak, literatürde tanımlanan yeşil tedarik zinciri uygulamaları yedi temel kategoriden oluşmaktadır; yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil tasarım, yeşil dağıtım, tedarikçilerle çevresel iş birliği, müşterilerle çevresel iş birliği ve tersine lojistik. Gerçek hayatta, yukarıda bahsedilen girişimlerin bazılarının yaygın olarak benimsenirken bazılarının ise düşük düzeyde olduğu gözlemlenebilir (Eltayeb vd., 2011, s. 498).

2. YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

2.1. Literatür Taraması

Walker vd., 2008 yılında Birleşik Krallık'ta yaptıkları çalışmada, kuruluşları yeşil tedarik zinciri yönetimi girişimlerini uygulamaya iten veya zorlayan faktörleri araştırmışlardır. Yedi farklı özel ve kamu sektörü kuruluşuyla görüşmeler yapılmıştır. Luthra vd., 2011 yılında yayınladıkları makalede Hindistan otomobil endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorlukların yapısal bir modelini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Literatür taraması ve endüstriden uzmanlarla yapılan tartışmalar sonucu 11 zorluk belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucu en önemli zorluklar "rekabet ve pazar belirsizliği", "maliyet" ve "müşteri bilincinin yeterli olmaması" olarak ortaya çıkmıştır. Mehrabi vd., ise 2012 yılında İran'da gerçekleştirdikleri çalışmada Petrokimya sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamada etkili olan zorlukları bulmaya çalışmışlardır. İran petrokimya sektöründeki bir dizi yöneticiden veri toplamak için anket çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada "tedarik zinciri paydaşları arasında anlayış eksikliği" , "yeşil girişimlerin eksikliği" ve "kurumsal liderliğin ve desteğinin olmaması" en önemli zorluklar olarak belirlenmiştir.

Khiewnavawongsa ve Schmidt'in 2013 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirdikleri çalışmada elektronik sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamasının önündeki zorluklar belirlenmiştir. Yapılan çalışmada, şirketlerin yeşil projeleri uygulamasını zorlaştıran faktörler araştırılmış ve elektronik endüstrisinin benimsediği yeşil uygulama türleri tanımlanmıştır. Veriler, A.B.D. elektronik sektöründeki üreticiler ve distribütörlerden oluşan katılımcılar ile görüşme ve anket yöntemleriyle toplanmıştır. Yapılan çalışma sonucu 33 zorluk tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre "maliyet" en önemli zorluk olarak ortaya çıkmıştır. Dashore ve Sohani 2013 yılında yayınladıkları makalelerinde yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorlukları araştırmışlardır. Yapılan literatür taraması sonucu 14 zorluk belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada en önemli zorluk "rekabet ve pazar belirsizliği" olarak ortaya çıkmıştır. Ojo vd., 2014 yılında yayınladıkları makalede Nijeryalı inşaat firmalarında yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinin

önündeki itici güçleri ve zorlukları belirlemeye çalışmışlardır. Nijerya kamu ve özel inşaat firmalarından 28 katılımcı anket yoluyla araştırılmıştır. Yapılan çalışmada en önemli zorluklar "müşteri bilincinin yeterli olmaması", "çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması" ve "üst yönetim desteğinin olmaması" olarak ortaya çıkmıştır. Drohomeretski vd., 2014 yılında yaptıkları çalışmada Brezilya otomotiv sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasındaki motive edici faktörleri ve zorlukları belirlemeyi amaçlamışlardır. Brezilya otomotiv sektöründen katılımcılar ile 13 görüşme gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada "maliyet" ve "tedarikçilerin hazırlıklı olmaması" en önemli zorluklar olarak belirlenmiştir.

Govindan vd., 2014 yılında Hindistan'da yaptıkları çalışmada yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorlukların belirlenmesine odaklanılmıştır. Literatür taraması ve sektördeki uzmanlar ile yapılan tartışmalar ve çeşitli sanayi sektörlerinden anket temelli bir anket yoluyla toplam 47 zorluk belirlenmiştir. Deepak vd., ise 2014 yılında yayınladıkları makalede Hindistan otomotiv sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin önündeki baskıları, zorlukları ve itici güçleri belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan literatür taraması sonucu 36 baskı, 26 zorluk ve 40 itici güç bulunmuş olup, Hindistan otomotiv sektöründen 57 katılımcı ile görüşme yapılmıştır. Govindan vd., ve Deepak vd., yaptıkları çalışmalarda en önemli zorluklar "tedarikçilerin çevresel uygulamaları ölçme ve izleme karmaşıklığı", "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" ve "etkili çevresel önlemlerin olmaması" olarak bulunmuştur. Jayant ve Azhar 2014 yılında Hindistan'da gerçekleştirdikleri çalışmada, yeşil tedarik zincirinin uygulanmasının önündeki zorlukları belirlemek için literatür taraması ve çeşitli departman yöneticileriyle yapılan görüşmeler sonucu 20 zorluk bulmuşlardır. Yapılan çalışmada "rekabet ve pazar belirsizliği" ve "tehlikeli atık bertarafı için maliyet" en önemli zorluklar olarak belirlenmiştir.

Srivastav ve Gaur 2015 yılında yaptıkları çalışmada Hindistan'da bulunan küçük ölçekli işletmelerin yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamanın önündeki zorlukları araştırmışlardır. Literatür taraması ve endüstriden uzmanlarla yapılan tartışmaların ardından 16 adet zorluk tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucu en önemli zorluklar "üst yönetim desteğinin olmaması" , "maliyet" ve "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" olarak ortaya çıkmıştır. Balon vd., 2016 yılında

gerçekleştirdikleri çalışmada yeşil tedarik zincirine ilişkin zorlukları keşfetmek ve sınıflandırmak için Hindistan'daki otomobil endüstrisini analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, literatür taramasına dayalı olarak 13 zorluk belirlenmiş ve uzman görüşüne atıfta bulunarak bir tane zorluk daha eklemişlerdir. Yapılan çalışma sonucu "üst yönetim desteğinin olmaması" en önemli zorluk olarak bulunmuştur. Lamba ve Thareja ise 2016 yılında Hindistan'da gerçekleştirdikleri çalışmada kapsamlı literatür taraması ile ortaya çıkan bazı zorluklarla birlikte yeşil tedarik zinciri yönetimi yaklaşımının çeşitli yönlerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, literatür taraması sonucu ve uzmanlar ile yapılan görüşmelerin ardından toplam 16 zorluk bulunmuştur.

Niemann vd., 2016 yılında yayınladıkları makalede Mozambik imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının benimsenmesini zorlaştıran temel faktörleri araştırmışlardır. Yayınlanan makalede toplam 8 adet zorluk belirlenmiştir. En önemli zorluklar "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" ve "maliyet" olarak bulunmuştur. Malviya ve Kant ise 2018 yılında Hindistan'da yaptıkları çalışmada yeşil tedarik zinciri yönetimindeki zorlukları belirlemiş ve yeşil tedarik zincirini uygulamanın önündeki zorlukları aşacak çözümlere öncelik vermişlerdir. Literatür taraması ve uzman tartışması yoluyla toplam 36 adet zorluk ve 20 çözüm önerisi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda "yeşil tedarik zinciri yönetimi stratejilerinin eksikliği" en önemli zorluk olarak belirlenmiştir.

Kaur vd., 2018 yılında Kanada'da yaptıkları çalışmada elektronik eşya sektöründeki yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamada karşılaşılan zorlukları araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada elektronik eşya sektöründen 7 imalat firması yer almaktadır. Yapılan çalışmada önemli zorluklar "çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması" ve "gerekli tecrübeye sahip insan kaynağı eksikliği" olarak ortaya çıkmıştır. Silva vd., 2018 yılında Brezilya'da gerçekleştirdikleri çalışmada Brezilya otomotiv endüstrisindeki bir birinci kademe tedarikçinin bakış açısıyla yeşil tedarik zinciri yönetimi üzerindeki zorlukları belirlemiş ve bunların etki derecesini analiz etmişlerdir. Yapılan literatür taraması sonucu 43 zorluk bulmuşlardır. Yapılan çalışma sonucu en önemli zorluklar "gerekli tecrübeye sahip insan kaynağı eksikliği" ve "maliyet" olarak bulunmuştur. Rahmi Baki'nin 2018 yılında yayınladığı makalesinde ise kapsamlı literatür taraması ve uzman görüşü ile yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş ve uygulama sürecinde karşılaşılan zorlukları belirlemiştir. Yapılan literatür

taraması sonucu 24 farklı zorluk ortaya çıkarılmıştır. Tumpa vd., 2019 yılında yayınladıkları makalede yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin önündeki 15 zorluk literatür taramasında tanımlanmış ve bu zorluklar daha sonra Bangladeşli tekstil endüstrisi uygulayıcılarından toplanan veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan çalışmada "yeşil ürünler için piyasadaki talebin belirsizliği" ve hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" en önemli zorluklar olarak belirlenmiştir.

Uddin vd., 2019 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada deri endüstrisinde yeşil tedarik zincirini uygulamanın önündeki zorlukları değerlendirmiş ve Bangladeş'te bulunan bir deri işleme fabrikasında uygulamışlardır. Gerçekleştirilen çalışmada "ileri teknolojinin uygulanmasındaki maliyet" en önemli zorluk olarak bulunmuştur. Kormych vd., 2019 yılında Ukrayna'da yaptıkları çalışmada imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasını etkileyen zorluklar ve itici güçlerle ilgili bir dizi çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucu "maliyet" , "yeşil ürünler için piyasadaki talebin belirsizliği" ve "rekabet ve pazar belirsizliği" en önemli zorluklar olarak ortaya çıkmıştır. Rahman vd., ise 2020 yılında yaptıkları çalışmada yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorlukları değerlendirmişlerdir. Bangladeş plastik endüstrisinden seçilen bazı yöneticilerin görüşleri ve literatür taraması sonucu 4 ana zorluk ve 25 alt zorluk bulmuşlardır. En önemli zorluklar "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" ve "bilgi ve desteğin eksikliği" olarak bulunmuştur.

Yassin vd., 2021 yılında yayınladıkları makalede Mısır'da güneş enerjisi üretimi sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının uygulanmasını etkileyen itici güçleri ve zorlukları araştırmışlardır. Güneş enerjisi sektöründeki şirketlerde yapılan saha araştırması sonucu 30 yanıt toplamışlardır. "Hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" ve "müşterilerin yeşil ürünlerden haberi olmaması" en önemli zorluklar olarak bulunmuştur. Nteta ve Mushonga ise 2021 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada Güney Afrika çimento sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorlukları ve itici güçlerini belirlemeye çalışmışlardır. Literatür taraması sonucu 29 zorluk belirlemişlerdir. Yapılan çalışma sonucu en önemli zorluklar "üst yönetim desteğinin olmaması" ve "müşteri bilincinin yeterli olmaması" olarak ortaya çıkmıştır.

2.2. Literatürde Kullanılan Araştırma Yöntemleri

Tablo 1'de; yeşil tedarik zinciri uygulamalarıyla ilgili literatürde 2008 - 2021 yılları arasında yayınlanan makalelere ait araştırmalara ve kullanılan yöntemlerine yer verilmiştir.

Tablo 1. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları Konulu Araştırma Yöntemleri

SIRA	YAZAR	KULLANILAN YÖNTEMLER	ARAŞTIRMA KONUSU
1	Walker vd., (2008)	Literatür Taraması	Kuruluşları yeşil tedarik zinciri yönetimi girişimlerini uygulamaya iten faktörler
2	Luthra vd., (2011)	ISM - MICMAC	Hindistan otomobil endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının zorlukları
3	Mehrabi vd., (2012)	ANP - AHP	İran Petrokimya sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamada etkili olan zorluklar
4	Khiewnavawongsa ve Schmidt (2013)	SPSS - MANOVA	Elektronik sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamasının önündeki zorluklar
5	Dashore ve Sohani, (2013).	ANP - AHP - ISM - DDPA	Yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorluklar
6	Ojo vd., (2014)	Nitel Araştırma	Nijeryalı inşaat firmalarında yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinin önündeki itici güçler ve zorluklar
7	Drohomeretski vd., (2014)	Literatür Taraması	Otomotiv sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasındaki motive edici faktörler ve zorluklar
8	Govindan vd., (2014)	AHP	Yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorluklar
9	Deepak vd., (2014)	AHP	Hindistan otomotiv sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin önündeki baskılar, zorluklar ve itici güçler
10	Jayant ve Azhar (2014)	ISM - MICMAC	Yeşil tedarik zincirinin uygulanmasının önündeki zorluklar
11	Srivastav ve Gaur (2015)	ISM – SSIM – MICMAC	Hindistan'da bulunan küçük ölçekli işletmelerin yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamanın önündeki zorluklar

12	Balon vd., (2016)	ISM	Otomobil sektöründe yeşil tedarik zincirine ilişkin zorluklar
13	Lamba ve Thareja (2016)	Literatür Taraması	Yeşil tedarik zinciri yönetimi yaklaşımına ilişkin zorluklar
14	Niemann vd., (2016)	Literatür Taraması	İmalat sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının benimsenmesini zorlaştıran faktörler
15	Malviya ve Kant (2018)	Hybrid Fuzzy AHP - VIKOR	Yeşil tedarik zincirini uygulamanın önündeki zorluklar
16	Kaur vd. (2018)	DEMATEL	Kanada elektronik eşya sektöründeki yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamada karşılaşılan zorluklar
17	Silva vd., (2018)	AHP	Brezilya otomotiv endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetimine ilişkin zorluklar
18	Baki (2018)	Literatür Taraması	Yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş ve uygulama sürecinde karşılaşılan zorluklar
19	Tumpa vd., (2019)	Aşamalı Kümeleme Yöntemleri (Hierarchical Cluster Analysis Methods)	Bangladeş tekstil endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin önündeki zorluklar
20	Uddin vd., (2019)	AHP - ELECTRE	Bangladeş deri endüstrisinde yeşil tedarik zincirini uygulamanın önündeki zorluklar
21	Kormych vd., (2019)	Korelasyon ve Regresyon Analizi	Ukrayna imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasını etkileyen zorluklar ve itici güçler
22	Rahman vd., (2020)	Fuzzy VIKOR	Plastik endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorluklar
23	Yassin vd., (2021)	Korelasyon ve Regresyon Analizi	Güneş enerjisi üretimi sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarını etkileyen itici güçler ve zorluklar
24	Nteta ve Mushonga (2021)	AHP - Pareto Analizi	Çimento sektöründe yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasının önündeki zorluklar ve itici güçler

2.3. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluklar

Dünya'da hammadde kaynaklarının azalmaya başlaması, artan çevre kirliliği vb. sorunlar nedeniyle yeşil tedarik zinciri yönetiminin önemi artmıştır. Günümüzde, tüm endüstriler, müşterilerden gelen baskılar ve değişen mevzuatlar nedeniyle geleneksel tedarik zinciri yönetim sistemlerini çevre yönetim sistemlerine dönüştürmeye başlamışlardır. Şirketler, faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirliliği azaltmaya ve çevresel performansı iyileştirmeye başlamışlardır (Deepak vd., 2014, s. 2).

Bu çalışmanın önceki bölümlerinde kısaca özetlenen sayısız faydayı içermesine rağmen, yeşil tedarik zinciri yönetiminin gerçek hayattaki uygulamaları işletmeler için bazı zorluklar oluşturabilir. Bu zorlukların kapsamı, küçük ve orta ölçekli işletmelerden çok uluslu şirketlere kadar işletmenin ölçeğine bağlı olarak değişebilir ancak bunların çoğu standartlaştırılmış özelliklere sahiptir (Baki, 2018, s. 117).

Bir kuruluşta yeşil tedarik zinciri yönetimini geleneksel tedarik zinciri yönetimine uyarlamak oldukça zordur ve bu uyarlamayı hayata geçirmek için daha fazla analiz yapmayı gerektirir. Geleneksel tedarik zinciri yönetiminden yeşil tedarik zinciri yönetimine geçişte birçok zorluklarla karşılaşılabilir ve endüstriler bu zorlukları ortadan kaldıracak donanıma sahip olmalıdır. Endüstriler, çevre sorunları hakkında kayda değer bir bilince sahiptir. Yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş sırasında birçok zorlukla karşılaşan endüstriler, yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin ilk aşamalarında kaldırılması gereken zorlukları belirlemelidir. Tüm zorlukları aynı anda ortadan kaldırmak mümkün değildir, bu nedenle, yeşil tedarik zinciri yönetimine ilişkin zorlukları analiz etmek gerekmektedir (Deepak vd., 2014, s. 2).

Şirketlerin kaynaklarını verimli bir şekilde kullanması ve daha iyi yönetmesi için yeşil tedarik zinciri uygulamalarında karşılaşılan zorlukların net bir şekilde anlaşılması oldukça önemlidir (Balaji vd., 2014, s. 423). Yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarılı bir şekilde uygulanması ve sorunların üstesinden gelmek için zorluklara dikkat edilmelidir (Lamba ve Thareja, 2016, s. 12). Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar, yeşil tedarik zincirinin her bir seviyesinin başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli bir çerçevenin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Balon vd., 2016, s. 3).

Mevcut literatürün gözden geçirilmesinden sonra, özellikle yeşil tedarik zinciri yönetimi ile ilgili birçok çalışmanın olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmaların bazılarında yeşil tedarik zinciri ile alakalı zorlukların tartışıldığı bulunmuştur. Bu bölümde, literatürde bulunan yeşil tedarik zincirinin uygulanmasının önündeki zorluklar araştırılmıştır. Literatür taraması sonucu tespit edilen başlıca zorluklar şu şekildedir:

2.3.1. Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması

Yüksek yatırım maliyeti, geleneksel tedarik zincirine kıyasla yeşil tedarik zinciri yönetiminde büyük bir baskı oluşturmaktadır. Yeşil tasarım, yeşil üretim, vb. gibi yeşil uygulamaların ilk yatırım gereksinimi oldukça yüksektir (Luthra vd., 2011, s. 239). Yeşil tasarım, yeşil üretim gibi çeşitli yeşil uygulamaları gerçekleştirmek için gereken yüksek başlangıç yatırım maliyeti, firmalar için en önemli zorluklardan biridir (Balaji vd., 2014, s. 425). Çevre yönetimine dahil olmak, doğrudan maliyet ve işlem maliyeti olmak üzere iki tür maliyet içerir. Her iki tür maliyetin de yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasında önemli bir engel oluşturması muhtemeldir (Luthra vd., 2011, s. 239). Çevre yönetimine dahil olmak, bilgi teknolojisini etkinleştirmek, teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmesi yüksek miktarda yatırım gerektirmektedir (Ojo vd., 2014, s. 1979). Ayrıca teknolojik yenilikleri benimseme, nitelikli çalışanları işe alma ve çalışanları yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimsemeleri için motive etme ve eğitme, yüksek miktarda yatırım gerektirmektedir (Srivastav ve Gaur, 2015, s. 8).

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının yüksek yatırım gerektirdiği ancak yatırım getirisinin düşük olduğu da tartışılmaktadır (Niemann vd., 2016, s. 987). Firmalar genellikle vizyonlarını kısa vade ile sınırlandırırlar ve bu nedenle yeşil tedarik zincirinin uygulanmasına yatırım yapmanın uzun vadeli faydalarını görmezler (Walker vd., 2008, s. 80). Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının uzun vadeli faydaları olan bir süreç olarak görülmesi, özellikle kısa vadeli faydalar elde etmek isteyen firmaların yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimsemeleri için büyük bir zorluk teşkil etmektedir (Niemann vd., 2016, s. 987).

2.3.2. Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet

Çevre dostu ürünlerin üretilmesinden kaynaklanan artan maliyet, yeşil tedarik zinciri yönetiminin benimsenmesinin önündeki en kritik zorluklardan biri olarak tanımlanmaktadır. Endüstrilerde yeşil ve çevre dostu malzemelerin satın alınması, toplam yatırımı artıracak ek bir maliyet oluşturmaktadır. Şirketler, yeşil tedarik zinciri yönetimini erken aşamalarda benimsediğinde, yeşil malzemeleri kullanma, yeni teknolojileri benimseme vb. süreçleri gerçekleştirme konusunda mevcut deneyim eksikliği nedeniyle ekstra bir maliyete maruz kalmaktadır. Bu nedenle, çevre dostu malzemeleri kullanılıp çevre dostu ürünler üretme fikri, mali performanslarını düşürme riskine neden olup, şirketlerin yeşil tedarik zinciri yönetimi fikrini benimsemelerini zorlaştırmaktadır (Tumpa vd., 2019, s. 3).

Ayrıca çevre dostu ambalaj kullanımı ve üretimi için ortaya çıkan yüksek maliyet, şirketleri fabrikalarında yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemeleri için büyük bir engel teşkil etmektedir. Devlet, çevre dostu ambalajları satın almak veya üretmek isteyen firmalar için teşvikler sağlayabilir veya firmalara finansal olarak kolaylık sağlayabilir (Uddin vd., 2019, s. 735). Böylelikle şirketler, çevre dostu ambalajları daha kolay üretip veya satın alıp, yeşil tedarik zinciri yönetimini benimseyebilirler.

2.3.3. İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet

İlk aşamada, her başarılı yeşil tedarik zinciri, yüksek maliyet nedeniyle ileri teknolojiyi kabul etme zorluğu ile karşı karşıyadır. Bu sorun, kuruluşun eski teknolojisi yerine kullanışlı ileri teknolojinin benimsenmesi için zorluklar yaratmaktadır. Kuruluş, maliyetin yüksek olması nedeniyle ileri teknolojiyi tedarik zincirine entegre edemediği için daha yavaş veya belki de çevreye daha zararlı bir şekilde faaliyetlerini sürdürürler (Uddin vd., 2019, s. 734).

Türkiye'de şirketler dijital teknolojilerin kullanımı açısından başlangıç aşamasındadır. Başlangıç aşamasında şirketlerin ileri seviye teknolojiye yaptığı yatırımlar oldukça maliyetlidir. Yapılan bu yatırımların geri dönüşünün bilinmemesi nedeniyle yatırımcıların ileri seviye teknolojilere yatırım yapma konusunda çekinceleri olduğu bilinmektedir (Karakoç vd., 2020, s. 223).

2.3.4. Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet

Yeşil tedarik zincirini benimseyen şirketler bertaraf edilmesi gereken tehlikeli atıkların miktarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Doğaya zarar veren atıkların bertaraf edilmesindeki yüksek maliyet nedeniyle, tehlikeli atıkları bertaraf etmek şirketleri zorlayan sorunlardan biridir (Srivastava, 2007, s. 62-63). Tehlikeli atıkların bertarafı sırasında çeşitli tehditler söz konusudur. Bu tehditler, yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanması için yüksek maliyete yol açmaktadır.

Ayrıca, tehlikeli maddeler için envanterin oluşturulması, parasal kayıp olasılığının yüksek olmasına yol açmaktadır (Uddin vd., 2019, s. 735). Ayrıca tehlikeli maddelerin çevre dostu yöntemlerle ortadan kaldırılması şirketler için ekstra bir maliyet oluşturmaktadır. Bu nedenle bazı şirketler bu maliyetten kaçınarak çevreye tehlikeli maddeleri doğaya salmayı tercih edebilirler (Baki, 2018, s. 118).

2.3.5. Geri Dönüşümün Maliyeti

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde kaynak verimliliğini sağlamak için ürünlerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı oldukça önemlidir. Kullanılmış ürünlerin geri dönüşüm için toplanması şirketler için maliyetli bir süreçtir. Bu ürünlerin son kullanıcılardan ve satıcılardan toplanması ve geri dönüşümü gerçekleştirmek karmaşık bir sorundur (Baki, 2018, s. 118). Şirketlerin, geri dönüşüm ve yeniden kullanım fikrini benimsemeleri için maliyetin önemi oldukça fazladır. Ayrıca şirketlerin, ambalaj, ekipman, yan ürünler, bileşenler vb. ürünlerin geri dönüşümünü ve yeniden kullanımını benimsemeleri için pazarlanabilirliğin mevcut olması gerekmektedir (Achillas vd., 2018, s. 26).

Ayrıca ürünleri geri dönüştürmek için oluşturulan tasarım sürecinin karmaşık ve maliyetli olması yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamasını zorlaştırmaktadır. Bu zorluk genellikle üretim sürecini yavaşlatmaktadır. Çevre teknolojisinin kullanımı, ürünün geri dönüşümü ile ilgili tasarım karmaşıklığını ve maliyeti azaltmaktadır (Uddin vd., 2019, s. 734). Günümüzde, şirketler artan çevresel endişeler nedeniyle çöplüklere giden malzeme miktarını en aza indirmeyi amaçlamaktadırlar. Hurdayı kullanılabilir veya çevre dostu bileşenlere dönüştürmek için modern teknolojiler kullanılmaktadır (Mishra vd., 2012, s. 2398).

2.3.6. Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği

Şirketler, geleneksel tedarik zinciri yönetimi uygulamalarından yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş sırasında birçok yeni teknolojiye ihtiyaç duymaktadır. Şirketlerin yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarılı şekilde uygulanması için gerekli olan çevresel yönetim sistemi (EMS), bilişim teknoloji sistemleri ve yeni üretim teknolojilerindeki aksaklıklar yeşil tedarik zinciri uygulamalarının hayata geçilmesini zorlaştırmaktadır (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1154).

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde veri ve bilgi alışverişi sürecinde faydalı olabilecek çeşitli bilgisayar tabanlı uygulama programları ve çeşitli bilişim teknoloji özellikli prosedürler ve yazılımlar kullanılmaktadır (Dashore ve Sohani, 2013, s. 2174). Bilişim teknoloji sistemleri, iş birliğine dayalı tedarik zinciri süreçlerini destekleyip ve tedarik zinciri performansını artırmaktadır. Ürün yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında yeşil tedarik zinciri yönetimini desteklemek için verimli bir bilgi ve teknoloji sistemi çok önemlidir. Çevre tasarımı, geri kazanım ve yeniden kullanımı kapsayan ürün geliştirme programları için çok faydalı olabilir. Bu nedenle, bilişim teknolojileri uygulamasının olmaması ve teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği, yeşil tedarik zinciri yönetimine ulaşmak için önemli bir zorluktur (Luthra vd., 2011, s. 236). Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamaları için gerekli olan sistemler, teknolojik donanım ve yazılım yetersizliği nedeniyle aktif ve verimli olarak kullanılamamaktadır (Akandere ve Zerenler, 2017, s. 81).

2.3.7. Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi

Yeşil tedarik zinciri yönetimini başarıyla uygulamak için birçok yenilikçi teknoloji ve altyapı gerekmektedir (Rahman vd., 2020, s. 678). Yöneticilerin ileri teknolojileri veya bu teknolojilerin uygun uygulama alanları konusunda farkındalıklarının olmaması, kuruluşlarda yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarıyla uygulanmasının önündeki en büyük zorluklardan biridir (Muduli ve Barve, 2013, s. 290).

İlgili teknolojilerin uygulanması ve benimsenmesi konusunda zengin deneyime sahip olan bir organizasyon, teknolojik yenilik konusunda daha yüksek bir yeteneğe sahip olmaktadır (Lin ve Ho, 2008, s. 19). Teknoloji, inovasyonu kurum kültürüne dahil ederek, şirketin tüm çalışanları tarafından yeni fikirleri, süreçleri ve çözümleri teşvik etmektedir (Digalwar ve Metri, 2004, s. 88). İleri teknolojilerin başarılı bir şekilde

benimsenmesi ve uygulanması, çevresel yönetim performansının iyileştirilmesi için en önemli faktörlerdir. İleri teknolojilerin benimsenmesi ve uygulanmasına karşı dirençli olan şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını gerçekleştirmekte zorluklarla karşılaşması oldukça muhtemeldir (Baki, 2018, s. 119).

Kuruluşların mevcut alışkanlıklarından vazgeçmek istememeleri nedeniyle teknolojik yeniliklerin getirdiği değişikliklere karşı direnç göstermeleri yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş için oldukça önemli bir sorundur (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1154). Kuruluşların teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmesine karşı direnci aynı zamanda değişime karşı dirençtir. Yaşanan bu direnç nedeniyle kuruluşta bir şeyleri değiştirmek zor hale gelir. Bu nedenle, teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmediği bir kuruluşta yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarını başarıyla uygulamak oldukça zorlaşmaktadır (Luthra vd., 2011, s. 237).

2.3.8. Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği

Çalışanların teknoloji kullanımı konusunda nitelikli olmaması, yeşil tedarik zinciri uygulamaları için gereken bazı karmaşık teknolojilerin benimsenmesini oldukça zorlaştırmaktadır (Tan, 2012, s. 110). Çalışanların teknoloji kullanımı konusunda nitelikli olmaları durumunda çalışanlar, yeşil tedarik zinciri için gerekli olan yeni teknolojileri kolaylıkla öğrenebilir, birbirleriyle öğrenilen bilgileri birbirleri ile kolayca paylaşabilir ve yeni teknolojileri problem çözmek için kullanabilirler (Luthra vd., 2011, s. 237).

2.3.9. Üst Yönetim Desteğinin Olmaması

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarılı bir şekilde uygulanması için üst yönetimin desteği oldukça önemlidir (Hsu vd., 2013, s. 205). Üst yönetimin desteğinin olmaması, yeşil tedarik zincirinin başarılı bir şekilde uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Balon vd., 2016, s. 3). Üst yönetimin katılımı ve desteğinin olmaması, yönetim kapasitesinin zayıf ve kararsız olması, kurumsal liderlik ve desteğin olmaması, üst yönetimin yeşil tedarik zinciri yönetiminin getirdiği değişime karşı direnç göstermesi yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1155).

Üst yönetimin desteği, yeşil tedarik zinciri yönetimi gibi çevresel uygulamalar için oldukça önemlidir. Kuruluşlar arasında yeşil girişimlerin oluşumunu ve uygulanmasını etkileme yeteneğine sahiptir (Ojo vd., 2014, s. 1978). Şirket yönetimlerinin geliştirdiği organizasyonel ve operasyonel politikalar, tüm organizasyon içinde yeşil tedarik zinciri yönetimi gibi kuruluş için yeni olan kavram veya programların uygulanmasını önemli ölçüde zorlaştırmaktadır (Rahman vd., 2020, s. 679).

Kirliliğin önlenmesi ve atıkların en aza indirilmesi için her organizasyon düzeyinde sürekli olarak geliştirilen politika ve hedefler, çevre bilincinin temel gereksinimleridir (Baki, 2018, s. 118). Üst yönetimin, ürün veya süreç yönetimine daha az önem vermesi, şirketin, yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemesini zorlaştırmaktadır ve iş performansı üzerinde zararlı etkilere yol açmaktadır (Uddin vd., 2019, s. 735). Çalışanları motive etmek, çalışanların yetkilendirilmesini sağlamak, çalışanların katılımını arttırmak, kurum kültüründe bir değişim yaratmayı ve çalışanların şirkete olan bağlılığını artırmak üst yönetimin sorumluluğundadır. Tüm bunlar üst yönetimin desteği olmadan imkânsız olacağından, üst düzey yönetimden destek almak, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının daha kolay uygulanmasına yardımcı olmaktadır (Niemann vd., 2016, s. 987).

2.3.10. Değişime Karşı Oluşan Direnç

Yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasındaki zorluklardan bir diğeri, değişme isteğinin olmamasıdır. Tedarik zincirinde bulunan çalışanların değişime ve yeniliğe karşı direnci, yeşil tedarik zinciri yönetimi için önemli bir zorluk teşkil etmektedir. İnsan doğası değişikliklerden kaçınır fakat yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarıyla uygulanması için kuruluşların büyük bir değişime ihtiyacı vardır. Çalışanların değişime karşı istek duymaması veya direnç göstermesi nedeniyle, yeşil tedarik zinciri yönetimi için gerekli teknolojiler başarıyla uygulanmamaktadır (Balon vd., 2016, s. 6-7). Yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarıyla uygulanması için çalışanların bu yeni fikri benimsemesi gerekmektedir.

2.3.11. Başarısız Olma Endişesi

Genellikle şirketler, yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimsedikleri taktirde finansal kayıp yaşayacaklarını, üretmiş oldukları ürünlerin başarısız olacağını ve yaşanan bu gelişmelerin rekabet avantajı kaybına yol açacağını düşünmektedir (Uddin

vd., 2019, s. 734). Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının şirketler üzerindeki olumlu etkilerinin farkına varılması, şirketleri doğrudan teşvik edecek bir faktördür. Dolayısıyla işletmelerin başarısız olma endişesi yeşil tedarik zinciri uygulamalarının önünde ciddi bir zorluk oluşturmaktadır (Baki, 2018, s. 119).

2.3.12. Bilgi Eksikliği

Geleneksel tedarik zincirlerinde yeşil uygulamaları uygulamak ve yeşil tedarik zinciri kavramını benimsemek için çalışanların uygun eğitim görmesi ve bilgi sahibi olması gerekmektedir. Yeşil tedarik zinciri yönetimi hakkındaki bilgi eksikliği, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesini önemli ölçüde zorlaştırmaktadır (Rahman vd., 2020, s. 678). Tedarik zincirindeki paydaşlar arasında yeşil tedarik zinciri hakkındaki bilgi eksikliği, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının önündeki en büyük zorluklardan biri olarak görülmektedir.

Bilgiye yatırım yapmanın sonucu olumlu gözükse de bu tür stratejik kararları alan firmaların sayısı oldukça azdır (Achillas vd., 2018, s. 15). Yeşil tedarik zinciri uygulamaları ileri teknoloji ve özel bilgi içermektedir. Bu bilgiye sahip olmayan kuruluşların eğitim alması gerekir. Herhangi bir organizasyonda yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamak için eğitim ve öğretim çok önemli bir gereksinimlerden biridir (Niemann vd., 2016, s. 986).

2.3.13. Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği

Kuruluşların nitelikli insan kaynaklarına sahip olması, iş stratejilerinin başarılı bir şekilde uygulanmasında çok önemli bir yere sahiptir (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1157). Kuruluşta yeterli sayıda işçinin olmaması veya kuruluşta bulunan işçilerin yeşil tedarik zinciri yönetimini başarıyla uygulaması için gerekli tecrübeye ve niteliğe sahip olmamaları yeşil tedarik zincirinin uygulanmasının önündeki en önemli zorluklardan biridir (Govindan vd., 2014, s. 558).

Yeni üretim sistemlerinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi ve başarıyla uygulanması için şirketlerin nitelikli bir insan kaynağına sahip olması gerekmektedir (Karakoç vd., 2020, s. 225). Yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarıyla hayata geçirilmesi için nitelikli ve tecrübeli uzmanlara sahip olmak gerekmektedir. Kuruluşta bulunan çalışanlar yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamak için gereken bilgi ve tecrübeye

sahip değillerse yeşil tedarik zinciri yönetimini etkin bir şekilde uygulayamazlar (Balasubramanian ve Shukla, 2017a, s. 66). Kuruluşlarda yeşil tedarik zinciri yönetimini bilen tecrübeli ve nitelikli uzmanların eksikliği, yeşil tedarik zincirinin uygulanmasında en önemli zorluklardan biridir. Yeşil tedarik zinciri yönetimini takip etmek için uzmanların tecrübeli ve yeşil tedarik zinciri uygulamaları hakkında bilgisi olmalıdır (Uddin vd., 2019, s. 735). Ayrıca yeşil tedarik zinciri yönetimini başarıyla uygulayabilmek için şirkete yeni alınacak çalışanların tecrübeli olmasına dikkat edilmelidir.

2.3.14. Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması

Müşteriler, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde ve uygulanmasının engellenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Şirketleri daha ucuz mal üretmeye zorladıkları için üretilen ürünlerin çevreye verdiği zarar ikinci plana atılmaktadır. Çevreye zarar vermeyen ürünler için talep eksikliği ve toplumda doğa dostu mal ve hizmetlere ilişkin farkındalığın olmaması, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde büyük bir sorun teşkil etmektedir (Dhull ve Narwal, 2016, s. 69). Müşterilerin yeşil ürünler talep etmesi durumunda şirketin yenilikçi yeşil ürünler için teknolojiyi ve organizasyonu değiştirmesi gerektirmektedir (Ojo vd., 2014, s. 1978).

Gelişmekte olan ülkelerdeki müşteriler, genellikle ürünlerin çevre üzerindeki zararlı etkilerini görmezden gelerek, ürünlerinin fiyatına ve kalitesine odaklanmaktadırlar. Yapılan araştırmalar, gelişmiş ülkelerdeki müşterilerin geçmişe göre yeşil ürünleri daha fazla talep etmeye başladıklarını ama hala yeşil tedarik zinciri veya yeşil ürünler konusunda yeterli düzeyde farkındalığa sahip olmadığını göstermektedir (Tumpa vd., 2019, s. 4). Şirketlerin kullandıkları teknolojiyi ve organizasyonu değiştirmesi oldukça pahalı ve zorlu bir süreçtir. Müşterilerin çevresel konular hakkında bilincinin artması ve müşterilerin yeşil ürünleri talep etmesi durumunda şirketlerin yeşil ürünleri müşterilerine ulaştırması için kullandıkları teknolojiyi ve organizasyonu değiştirmesi gerekmektedir (Srivastav ve Gaur, 2015, s. 8).

2.3.15. Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması

Şirketlerin faaliyetlerinin sonucu ortaya çıkan çevresel etkiler hakkında bilgi sahibi olmaması veya çevresel etkilere ilişkin farkındalığın olmaması yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamak için önemli zorluklardan biridir. Şirketler gerçekleştirdikleri

faaliyetlerin sonunda ortaya çıkan çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması nedeniyle karşılaşılan bu duruma karşı önlem alma ihtiyacı hissetmeyeceklerdir (Ojo vd., 2014, s. 1978). Şirketler, çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması sorununu, şirket içinde yapılan veya dışarıdan alınan eğitimler ile gidermelidir (Baki, 2018, s. 119).

2.3.16. Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar

Tersine lojistik uygulamaları çevreye doğrudan faydalar sağlasa da şirketlerin bu faydaların farkında olmaması yeşil tedarik zinciri yönetimi için önemli zorluklardan biridir. Firmaların tersine lojistik uygulamaları konusunda farkındalık oluşturması yeşil tedarik zinciri anlayışına katkı sağlayacaktır (Baki, 2018, s.118-119). Kuruluşlarda tersine lojistiğin uygulanması hem ekonomik hem de ekolojik açısından oldukça zorludur. Tersine lojistik sistemi doğru bir şekilde tasarlanır ve uygulanırsa, karlılığı ve müşteri memnuniyetini artırmak için maliyet tasarrufu sağlayabilir (Balon vd., 2016, s. 4). Tersine lojistik uygulamalarının benimsenmesi hem ekonomik hem de çevresel açılardan kuruluşlar için kritik öneme sahiptir. Tersine lojistiğin benimsenmesi konusundaki bilgi eksikliği nedeniyle, yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanması kuruluşlar için zorlaşmaktadır (Mathiyazhagan vd., 2013, s. 286).

2.3.17. Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması

Hükümet politikaları ve düzenlemeleri, kuruluşları yenilenemeyen kaynakların kullanımını azaltmayı ve sera gazı emisyonlarını sınırlamayı amaçlamaktadır (Niemann vd., 2016, s. 982). Hükümet politikalarının ve düzenlemelerin, şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını başarıyla uygulayabilmesi için kritik bir öneme sahip olduğu bilinmektedir (Uddin vd., 2019, s. 735). İmalat sektöründe yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesi, büyük ölçüde hükümet politikalarına bağlıdır (Tumpa vd., 2019, s. 3). Hükümetler, endüstriler için çevresel politikalarını ve düzenlemelerini belirlerken, yeniliğin benimsenmesini teşvik edebilir veya caydırabilir (Scupola, 2003, s. 57). Hükümetin çıkardığı politikaların ve düzenlemelerin olmaması, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının uygulanmasının önündeki zorluklardan biridir. Düzenlemeler mevcut değilse, kuruluşlar bir zorunluluk olmadığı için yeşil uygulamalara yönelmeyeceklerdir (Niemann vd., 2016, s. 986).

Jayant ve Azhar (2014, s. 2165) hükümet destek politikalarının eksikliğini yeşil tedarik zincirinin önündeki en baskın zorluk olarak tanımlamaktadır. Hükümetin yeni fikirler için sağladığı sınırlı kurumsal destek, yeşil tedarik zincirini uygulamaları önemli zorluklardan biridir (Srivastav ve Gaur, 2015, s. 7). Katı hükümet yasaları, kuruluşun yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamasını zorlaştırmaktadır (Uddin vd., 2019, s. 735). Zaman alıcı yasal gereklilikler, ücretler veya harçlar küçük firmaları yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulama fikrinden vazgeçirebilir. Ayrıca devletlerin eski uygulamaları teşvik etme eğilimi, şirketlerin yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemelerini engellemektedir (Ojo vd., 2014, s. 1978-1979).

2.3.18. İşletmeler Üzerindeki Baskı

İşletmeler üzerinde finansal açıdan performans göstermeleri için artan baskı, yeşil tedarik zinciri uygulamalarını ve kâr potansiyellerini ortaya çıkarma yeteneklerini zorlaştırmaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimine yatırım yapmak, yüksek seviyede risk ve belirsizlikler içermektedir. İşletmelerin üzerindeki baskı, gelecekle ilgili bilinçli kararlara varabilmelerini ve gelecekteki fırsatları önceden tahmin etmelerini zorlaştırmaktadır (Achillas vd., 2018, s. 19).

Genellikle şirketlerden, özellikle talebin arzı geçmesi beklendiği durumlarda üretim faaliyetlerini daha hızlı sürede bitirmeleri istenmektedir. Üretim faaliyetlerini kısa sürede bitirmek zorunda kalmaları işletmeler üzerinde baskı oluşturmaktadır. İmalat sektöründe yeşil uygulamaları uygulamak, geleneksel uygulamalardan daha fazla zaman alan bir süreç olduğundan, şirkete dayatılan sıkı ve esnek olmayan son teslim tarihi, tedarik zincirinin tamamını etkilemektedir ve tüm tedarik zinciri paydaşlarının yeşil tedarik zinciri uygulamalarından ödün vermesine neden olmaktadır (Balasubramanian ve Shukla, 2017a, s. 66).

2.3.19. Rekabet ve Pazar Belirsizliği

Firmalar, büyüklükleri ne olursa olsun, daha düşük maliyetle yeni ürünler üretmek için birbirleriyle hiç bitmeyen bir rekabetin içindedirler (Lee, V. vd., 2014, s. 6985). Günümüzde, müşterilerin sürekli değişen ve çeşitlenen mal ve hizmetlere yönelik talepleri, pazar ve rekabet koşullarında ciddi belirsizliklere neden olmaktadır (Luthra vd., 2011, s. 238). Şirketler, müşterilerin sürekli değişen taleplerini karşılayabilmeleri ve pazardaki rekabet avantajlarını sürdürebilmeleri için dış çevredeki yenilikleri

yakından takip etmeleri ve benimsemeleri oldukça önemlidir (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1156). Uluslararası pazardaki rekabet ve pazar belirsizliği nedeniyle, şirketlerin maliyeti düşük tutup ve aynı zamanda yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmesi oldukça zordur. Bu nedenle, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde rekabet çok önemli bir rol oynamaktadır (Dhull ve Narwal, 2016, s. 69).

2.3.20. Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar

Doğru tedarikçilerin seçimi, imalat firmalarının karşılaştığı en kritik zorluklardan biridir (Kannan vd., 2013, s. 355). Şirketler yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamak için tedarikçileri tarafından sağlanan yeşil malzemelere bağımlıdır. Şirketler, bu malzemeleri standart dağıtım ağından temin edemiyorsa yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamak için tereddüt edebilirler. Bunun nedeni, bilinmeyen tedarikçilerle teslimat taahhüdü, esnek ödeme koşulları ve makul fiyatlandırma konusunda güvenilir bir tedarik ağının sağlanamayacağı korkusudur (Balasubramanian ve Shukla, 2017a, s. 66).

Ayrıca, şirketler ve tedarikçiler arasındaki bilgi bağlantıları ve gelişmiş iletişim yöntemleri, şirketlerin yeşil uygulamaları benimsemesine yardımcı olmaktadır (Ojo vd., 2014, s. 1979). Genellikle tedarikçiler kendi çıkarları ve geleneksel görüşleri nedeniyle yeşil tedarik zinciri yönetimine geçmek konusunda isteksizdir (Tumpa vd., 2019, s. 4). Tedarikçilerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarına geçiş konusunda isteksiz olması, tedarik zinciri paydaşları arasında anlayış ve bilgi eksikliği gibi sebepler tedarikçilerle ilgili zorluklara örnek olarak verilebilir (Dhull ve Narwal, 2016, s. 69).

Şirketlerin tedarikçilerle çevresel amaçlarla iş birliği yapmaları ve çevresel performansın iyileştirilmesine yönelik tedarik zinciri etkileşimleri oldukça önemlidir. Şirketler, tedarikçilerinden gerekli yardımı alabilirlerse yeşil tedarik zinciri yönetimini başarılı bir şekilde hayata geçirebilirler (Baki, 2018, s. 120). Yapılan çalışmalar, tedarikçiler tarafından yeşil tedarik zincirini benimseme yetkinliğinin tedarikçi seçimi sürecinde genellikle göz ardı edildiğini göstermektedir (Tumpa vd., 2019, s. 4).

2.3.21. Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk

Yerel pazardaki yeşil malzemelerin yeterli sayıda olmaması ve yeşil malzemelerin temin edilmesinin zor olması, birçok endüstriyel sektörde yeşil tedarik zincirinin benimsenmesinin önündeki önemli bir zorluk oluşturmaktadır. Ayrıca tedarikçilerin yeşil tedarik zinciri yönetimi fikrini benimsememesi durumu, yeşil malzemelerin tedariğinde sorun oluşturması nedeniyle tedarik zinciri ağında bulunan tüm kuruluşların yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemesini zorlaşmaktadır (Tumpa vd., 2019, s. 4).

2.3.22. Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği

Günümüzde çoğu ürün ve çoğu pazar için müşterilerin talebi oldukça önemlidir ve rekabette ayakta kalabilmek için şirketlerin buna göre hareket etmesi gerekmektedir (Öztürk, 2016, s. 21). Müşterilerin sürekli değişen ve çeşitlenen mal ve hizmetlere yönelik talepleri, pazar ve rekabet koşullarında ciddi belirsizliklere neden olmaktadır. Piyasalardaki makro değişkenlerin sürekli değişmesi birçok yeniliği de beraberinde getirmektedir. Şirketlerin, müşterilerin değişen taleplerini karşılayabilmeleri ve pazardaki rekabet avantajlarını sürdürebilmeleri için dış çevredeki yenilikleri yakından takip etmeleri ve benimsemeleri gerekmektedir. Tüketici taleplerinin ve pazarlardaki rekabet koşullarının sürekli değişmesi, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1156). Yeşil ürünler için piyasa talebinin belirsizliği, yeşil tedarik zinciri yönetimini başarılı bir şekilde uygulanmasını etkiler. Şirketler, müşterilerinin yeşil ürünleri satın alma konusunda talebini göremez ise veya müşterilerin talebi yetersiz olursa, yeşil tedarik zinciri yönetimine geçiş fikrini benimsemekte zorlanırlar (Balon vd., 2016, s. 5-6).

Tablo 2'de; literatürde 2003 - 2021 yılları arasında yayınlanan makalelerde bulunan yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara yer verilmiştir.

Tablo 2. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluklar

TEMEL ZORLUK	ALT ZORLUKLAR	KAYNAKLAR
Z1- Maliyet	Z11- Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	Walker vd., (2008), Luthra vd., (2011), Balaji vd., (2014), Ojo vd., (2014), Srivastav ve Gaur, (2015), Niemann vd., (2016)
	Z12- Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	Tumpa vd., (2019), Uddin vd., (2019)
	Z13- İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	Uddin vd., (2019), Karakoç vd., (2020)
	Z14- Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	Srivastava, (2007), Baki, (2018), Uddin vd., (2019)
	Z15- Geri Dönüşümün Maliyeti	Mishra vd., (2012), Achillas vd., (2018), Baki, (2018), Uddin vd., (2019)
Z2- Teknoloji	Z21- Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	Luthra vd., (2011), Dashore ve Sohani, (2013), Akandere ve Zerenler (2017), Yaprak ve Doğan, (2019)
	Z22- Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	Digalwar ve Metri, (2004), Lin ve Ho, (2008), Muduli ve Barve, (2013), Rahman vd., (2020)
	Z23- Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	Luthra vd., (2011), Tan, (2012)
Z3-Katılım ve Destek	Z31- Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	Hsu vd., (2013), Ojo vd., (2014), Balon vd., (2016), Niemann vd., (2016), Baki, (2018), Uddin vd., (2019), Yaprak ve Doğan, (2019), Rahman vd., (2020)
	Z32- Değişime Karşı Oluşan Direnç	Balon vd., (2016)
	Z33- Başarısız Olma Endişesi	Baki, (2018), Uddin vd., (2019)

Z4- Bilgi ve Deneyim	Z41- Bilgi Eksikliği	Niemann vd., (2016), Achillas vd., (2018), Rahman vd., (2020)
	Z42- Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	Govindan vd., (2014), Balasubramanian ve Shukla, (2017a), Uddin vd., (2019), Yaprak ve Doğan, (2019), Karakoç vd., (2020)
	Z43- Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	Ojo vd., (2014), Srivastav ve Gaur, (2015), Dhull ve Narwal, (2016), Tumpa vd., (2019)
	Z44- Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	Ojo vd., (2014), Baki, (2018)
	Z45- Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	Mathiyazhagan vd., (2013), Balon vd., (2016), Baki, (2018)
Z5- Örgüt Dışı Unsurlar	Z51- Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	Scupola, (2003), Jayant ve Azhar (2014), Ojo vd., (2014), Srivastav ve Gaur, (2015), Niemann vd., (2016), Tumpa vd., (2019), Uddin vd., (2019)
	Z52- İşletmeler Üzerindeki Baskı	Balasubramanian ve Shukla, (2017a), Achillas vd., (2018)
	Z53- Rekabet ve Pazar Belirsizliği	Luthra vd., (2011), Lee, V. vd., (2014), Dhull ve Narwal, (2016), Yaprak ve Doğan, (2019)
	Z54- Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	Kannan vd., (2013), Ojo vd., (2014), Dhull ve Narwal, (2016), Balasubramanian ve Shukla, (2017a), Baki, (2018), Tumpa vd., (2019)
	Z55- Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	Tumpa vd., (2019)
	Z56- Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	Balon vd., (2016), Öztürk, (2016), Yaprak ve Doğan, (2019)

2.4. Çözüm Önerileri

İşletmelerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını başarılı bir şekilde uygulayabilmesi için, yeşil tedarik zincirinin benimsenmesini zorlaştıran sebeplerin üstesinden gelmek oldukça önemlidir (Malviya ve Kant, 2018, s. 286). Bu bölümde literatürde yayınlanan makalelerde yeşil tedarik zinciri uygulamalarıyla ilgili zorluklara ait çözüm önerilerine yer verilmiştir.

2.4.1. Hükümet Desteğinin ve Teşviklerin Arttırılması

Devlet kurumları, şirketlerin çevresel uygulamalarını benimsemesinin önündeki en önemli etkenlerden biridir. Hükümetlerin oluşturduğu politikalar ve düzenlemeler, kuruluşların uyması gereken kuralları belirler ve kuruluşlar bölgesel, ulusal ve uluslararası düzenlemelere uymak ve aynı zamanda müşteri gereksinimlerini karşılamakla yükümlüdür (Niemann vd., 2016, s. 982). Hükümet politikaları ve düzenlemeleri, kuruluşların yenilenemeyen enerji kullanımını kısıtlamasına ve sera gazı emisyonlarını sınırlamasına olanak sağlamaktadır. Hükümetlerin çevreyi koruma adına yayınlayacakları politikalar ve düzenlemeler, şirketlerin yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemelerinin önündeki zorlukları kaldırmada yardımcı olmaktadır. Hükümetler, çevre dostu kompleksler için vergi indirimleri ve sermaye iyileştirmeleri sağlayarak işletmelerin yeşil tedarik zinciri yönetimine geçmelerini sağlayabilir. ISO 14001, EMAS, ECO-Label gibi çevre standartları yeşil tedarik zinciri uygulamaları için kritik öneme sahiptir. Şirketlerin ISO 14001 standartlarını takip etme kararında hükümetler önemli bir rol oynamaktadır (Juma vd., 2022, s. 5608).

ISO 14001 standardı gibi çevre yönetim sistemleri, tedarik zincirleri boyunca çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için ortaya çıkmıştır (Leigh ve Li, 2015, s. 633). ISO 14001 standardı, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından geliştirilen çevresel yönetim sistemleri (EMS) standardıdır. ISO 14001 standartına göre, şirketin çevresel amaçlarını ve hedefleri belirlemesini ve bir çevre politikası geliştirmesini gerektirir. Ayrıca şirketin, gerçekleştirdiği faaliyetler sonucu ortaya çıkan çevresel etkiler için yönetim ve operasyonel kontrol, izleme ve ölçüm prosedürleri ve programları oluşturması gerekmektedir (Jiang ve Bansal, 2003, s. 1048-1049). ISO 14001 standartlarının benimsenmesi, şirketlerin çevreye ilişkin devlet kurallarına ve düzenlemelerine uymasını sağlamaktadır (Juma vd., 2022, s.

5608). Ayrıca, işletmeleri yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamaya motive etmek için, hükümet en iyi yeşil uygulamalar için bir ödül veya teşvik vermelidir. Hükümetler yeşil tedarik zinciri yönetimi ile ilgili çeşitli programlar, sempozyum veya seminerler düzenlerse, işletmeleri yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemeye teşvik edebilir (Uddin vd., 2019, s. 735).

2.4.2. İşletme Politikalarının Düzenlenmesi

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının etkin bir şekilde uygulanması, şirketlerin rekabet avantajı elde etmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Deepak vd., 2014, s. 2). Stratejik planlama, finansal kaynaklar, örgüt kültüründe yeşil uygulamalara önem verme, işlevler arası yapı ve uygun olmayan çevre politikalarının önündeki zorlukların aşılması için üst yönetimde deneyimin ve olumlu liderliğin rolü oldukça önemlidir (Malviya ve Kant, 2018, s. 288). Ayrıca liderlik, bir organizasyonun tedarik zinciri ağında çevresel performansa başarılı bir şekilde ulaşmasına yardımcı olabilir (Dubey vd., 2015, s. 123). Liderlik, kaynak ve eğitim sağlamak için çevre politikaları ve hedefleri oluşturmakla ilgilidir. Yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarılı uygulamasını sağlamak için üst ve orta yönetim seviyelerinin desteği oldukça önemlidir. Üst yönetimin desteğinin gerekli olduğu ve teknolojinin, programın ve faaliyetlerin etkin bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması için kilit bir itici güç olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Juma vd., 2022, s. 5609).

Şirket yöneticileri yeşil tedarik zinciri konusunda bilgi sahibi olan uzmanların şirket çalışanları seminer vermesini sağlayabilir. Böylelikle şirketin faaliyetleri sonucu ortaya çıkan çevre sorunları ve tersine lojistik veya yeşil üretim gibi yeşil tedarik zinciri uygulamaları konusunda bilgi sahibi olmaları sağlanabilir. Şirketler çevresel sorunlar ile alakalı reklamlar düzenleyerek müşterilerin çevre bilincini arttırmasını sağlayabilir. Ayrıca şirket yöneticileri, çalışanlarının yeşil tedarik zinciri yönetimini öğrenmesi için teşvik verebilir ve yeşil tedarik zinciri yönetimini etkin şekilde uygulayan çalışanları için ödüller verebilir (Luthra vd., 2011, s. 237). Üst yönetimin çalışanlarını motive etmesi ve yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimsemeleri için teşvik ve ödüller vermesi, için çalışanlar arasında destek, güven ve bağlılık oluşturabilir. Bu durumda çalışanların yeşil tedarik zincirine karşı oluşan dirençte azalma görülebilir. Çevresel bilgi sağlamaya yönelik etkili bir yaklaşım, müşteriler

arasında yeşil tedarik zinciri yönetimi hakkında farkındalık oluşturmaya yardımcı olmaktadır ve böylelikle şirketlerin başarısız olma endişelerini azaltacaktır (Malviya ve Kant, 2018, s. 288).

2.4.3 Yatırım Kararlarının Alınması

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimseyen şirketler uzun vadeli stratejik avantajlar kazanmaktadır (Juma vd., 2022, s. 5609). Uzun vadeli stratejik avantajlar sağlamak isteyen şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamaları için yatırım yapması gerekmektedir. Finansal yatırım sağlanması, yeşil tedarik zinciri yönetiminin uygulanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının başlatılmasında ve onaylanmasında yatırım için etkin bir karar alınması oldukça önemlidir (Uddin vd., 2019, s. 735). Şirketin yeni oluşturulacak yeşil tedarik zinciri yönetimi için yatırımı ne kadar yüksek olursa, şirketin yeşil tedarik zinciri yönetimini benimsemesi daha çok kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda şirketlerin yeşil tedarik zincirinin başarıyla uygulanması için gerekli olan satın alma faaliyetlerini yürütmesi ve nitelikli çalışanları işe alması için finansal yatırım sağlanması oldukça önemlidir.

2.4.4. Bilişim Teknolojilerini ve Teknolojik Altyapının İyileştirilmesi

Bilişim teknolojileri, tedarik zincirlerinde entegrasyonu ve tedarik zincirindeki paydaşlar arasındaki iş birliğini kolaylaştırmaya yardımcı olmaktadır. Tedarik zinciri entegrasyonunun operasyonel ve çevresel yönetime fayda sağladığı bilinmektedir. Ayrıca teknoloji, iş birliğinin sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi için önemli bir bileşendir. Şirket içi organizasyonda veya şirketler arasındaki yavaş, etkisiz ve yanlış iletişim teknolojik altyapı eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Niemann vd., 2016, s. 1003). Şirketler, bu sorunların giderilmesi için kullandıkları teknolojik altyapıyı iyileştirmeli ve en yeni bilişim teknolojilerini bünyelerine katmalıdır. Ayrıca önceki satışlarla bağlantı kurarak, ürün iadelerini izlemek ve takip etmek için etkin bilişim teknolojileri sistemlerine ihtiyaç vardır (Ravi ve Shankar, 2005, s. 1013).

Başarılı bir şekilde uygulanan yeşil tedarik zinciri yönetimine ulaşmak için bağlantıların geliştirilmesi için bilgi desteği gereklidir. Yeşil tedarik zincirini verimli bir şekilde yönetmek için malzemelerin ve diğer kaynakların hem ileri hem de geri

akışıyla ilişkili bilgi akışlarının ele alınması gerekir. Ayrıca, bilişim teknolojilerini etkinleştirmenin kullanılan kâğıt miktarını azalttığı ve yeşil tedarik zinciri yönetimi felsefesini desteklediği bilinmektedir. Bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanan kuruluşlar işlemlerini daha hızlı bir şekilde gerçekleştirip zamanı etkin bir şekilde kullanırlar (Luthra vd., 2011, s. 236).

2.4.5. Çalışanların Eğitilmesi

Yeşil tedarik zinciri yönetimi için gerekli olan teknolojiyi değiştirmeden ve yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamaya başlamadan önce çalışanların yeşil tedarik zinciri yönetimini öğrenmeleri oldukça önemlidir. Tedarik zincirinde bulunan çalışanların eğitim ve öğretimi, yeşil tedarik zinciri yönetimini verimli bir şekilde uygulamak ve nihayetinde kârlı hale getirmek için çok önemli olan iş performans düzeylerini yükseltmek için gereklidir (Balon vd., 2016, s. 6). Şirketler çalışanları için yeşil tedarik zinciri yönetimi hakkında eğitim seminerleri düzenleyip, yeşil tedarik zincirini uygulamaya başladıkları zaman karşılaşabilecekleri sorunları azaltabilirler.

Şirketin daha iyi eğitim veya öğretim gören nitelikli çalışanlara sahip olması yeşil tedarik zinciri yönetiminin başarıyla uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Kaliteli insan kaynaklarına sahip olan şirketin çalışanları şirkete yeni fikirler sunabilir, yeni teknolojileri kolayca öğrenebilir, birbirleriyle bilgi paylaşabilir ve yeni teknolojileri problem çözmek için kullanabilir (Luthra vd., 2011, s. 237).

2.4.6. Tedarikçilerle İş Birlikleri Yapılması

Şirketlerin tedarikçileriyle olan iş birliğinin çevre dostu ürün tasarımı ve yeşil lojistik üzerinde önemli bir etkisi vardır (Juma vd., 2022, s. 5608). Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarıyla hayata geçirilmesi için çevre dostu faaliyetler yürüten tedarikçilerin seçilmesi oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Şirketlerin, çevresel projelerinin ve sağladığı yeşil hizmetlerin gerçekleştirilmesinde ve yeşil üretim için kullanılan önemli fikirlerin müşterilere sunulmasında tedarikçilerin yardımcı olabileceği gözlemlenmiştir (Dhull ve Narwal, 2016, s. 65). Ayrıca hammaddelerin maliyeti, ürünün nihai maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır ve uygun tedarikçilerin seçilmesi, imalat firmalarının maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimini başarılı bir şekilde uygulayabilmek için firmaların en

iyi tedarikçi grubunu seçmeleri gerekmektedir. Ayrıca, değişen çevresel gereksinimlerin üretim operasyonlarını etkilemesiyle birlikte yeşil tedarik zinciri için etkin çevre yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine de daha fazla önem verilmesi gerekmektedir (Deshmukh ve Vasudevan, 2014, s. 19).

2.4.7. Farklı İşletmelerle İş Birlikleri Yapılması

Bir tedarik zinciri boyunca bulunan işletmelerin birbirleri arasında karşılıklı çıkar sağlamak için kurdukları ilişkileri ifade eden farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması kavramı, çevre dostu faaliyetlerde bulunmak için tedarik zincirinde bulunan paydaşlar arasında iyileştirilmiş ilişkiler yoluyla bir tedarik zincirinin daha sıkı bir ağ geliştirmesine yardımcı olmaktadır (Leigh ve Li, 2015, s. 634).

Farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması hem çevreye hem de ekonomiye fayda sağlayan kaynak paylaşımına yönelik iş birlikçi bir yaklaşımla geleneksel olarak ayrı sektörleri ve kuruluşları bir araya getiren bir kavramdır (Chertow ve Park, 2016, s. 87). Ayrıca, kaynakları değiş tokuş etmek için iki veya daha fazla sektör veya işletme arasında karşılıklı olarak yararlı bir iş birliğidir. Yapılan bu değiş tokuş sonucu, bir sektörden gelen atık akışını verimli bir şekilde kullanmayı amaçlamaktadır (Lawal vd., 2021, s. 2).

Farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması sonucu, yenilenemeyen kaynakların kullanımı azalmaktadır ve çevreye zararlı emisyonlarda ve atıklarda azalma meydana gelmektedir. Atık yönetim maliyetlerindeki düşüş ve üretimde kaynak girdi maliyetlerinde azalma meydana gelmesi nedeniyle işletmelere ek gelir yaratılmaktadır. Ayrıca farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması, yeni istihdam alanları yaratarak ve mevcut işlerin kalitesini yükseltip ve daha temiz, daha güvenli çalışma ortamı yaratmaktadır (Mirata ve Emtairah, 2005, s. 995).

2.4.8. Müşterilerle İlişkilere Önem Verilmesi

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde müşteriler oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Dhull ve Narwal, 2016, s. 69). Müşterilerle uzun vadeli bir iş ilişkisi kurmak, şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını başarılı bir şekilde hayata geçirmesi için kritik bir öneme sahiptir (Jo ve Kwon, 2022, s. 5-6). Günümüzde

müşteriler, belirli iş faaliyetlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri konusunda bilinçli hale gelmiştir (Niemann vd., 2016, s. 983). Müşterilerin çevresel sorunlar ve enerji tasarrufu konusundaki farkındalığı ve yeşil ürünleri talep etmeye başlaması, şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmesi için en etkili sebeplerden biri haline gelmiştir. Müşterilerin yeşil ürünleri talep etmesi durumunda, işletmeler çevre sorunlarına duyarlı olan müşterilerine çevre dostu ürünler sunmalıdır (Huang vd., 2015, s. 87).

Çevreye duyarlı müşteriler, yeşil tedarik zinciri uygulamalarına katılmaları için şirketlere baskı uygulamaktadır (Walker vd., 2008, s. 72). Şirketlerin başarılı olması için müşterileriyle olan ilişkilerine önem vermesi ve müşterileriyle olan ilişkilerini yönetmesi gerekmektedir. Müşteri ilişkileri yönetimi kavramı, müşteri kavramını işletme geneline yerleştirerek ve uzun vadeli müşteri ilişkileri kurarak işletmenin karlılığını hedefleyen bir strateji olarak görülebilir. Günümüzün iş dünyasında müşteri odaklı çalışmayan işletmeler pazar paylarını hızla kaybetmektedirler. Mevcut müşterileri korumak ve onları sadık müşteriler haline getirmek, bir işletmenin başarılı olmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü sadık müşteriler daha fazla ürün veya hizmet satın alabilir ve işletmeye hızla yeni müşteriler çekebilir. Ancak birçok şirket, uzun vadeli müşteri ilişkileri geliştirmekten yerine daha fazla satış yapmayı tercih etmektedir. Fakat, yeni bir müşteri edinmenin maliyeti, eski bir müşteriyi elde tutmaktan daha fazladır (Öztürk, 2016, s. 20).

Tablo 3'te; literatürde 2003 - 2022 yılları arasında yayınlanan makalelerde bulunan yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerilerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluklara Ait Çözüm Önerileri

ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	KAYNAKLAR
Ç1- Hükümet Desteğinin ve Teşviklerin Arttırılması	Jiang ve Bansal (2003), Leigh ve Li (2015), Niemann vd., (2016), Uddin vd., (2019), Juma vd., (2022)
Ç2- İşletme Politikalarının Düzenlenmesi	Luthra vd., (2011), Deepak vd., (2014), Dubey vd., (2015), Malviya ve Kant (2018), Juma vd., (2022)
Ç3- Yatırım Kararlarının Alınması	Uddin vd., (2019), Juma vd., (2022)
Ç4- Bilişim Teknolojilerini ve Teknolojik Altyapının İyileştirilmesi	Ravi ve Shankar (2005), Luthra vd., (2011), Niemann vd., (2016)
Ç5- Çalışanların Eğitilmesi	Luthra vd., (2011), Balon vd., (2016)
Ç6- Tedarikçilerle İş Birlikleri Yapılması	Deshmukh ve Vasudevan (2014), Dhull ve Narwal (2016), Juma vd., (2022)
Ç7- Farklı İşletmelerle İş Birlikleri Yapılması	Mirata ve Emtairah (2005), Leigh ve Li (2015), Chertow ve Park (2016), Lawal vd., (2021)
Ç8- Müşterilerle İlişkilere Önem Verilmesi	Walker vd., (2008), Dhull ve Narwal (2016), Niemann vd., (2016), Öztürk (2016), Jo ve Kwon (2022)

3. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu çalışmada, yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluk faktörlerinin analizinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi kullanılmaktadır. İmalat sektöründe faaliyet gösteren şirketlerdeki katılımcılar, literatür incelemesi sonucu bulunan yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluk faktörlerini değerlendirmektedir. Bulunan zorluklara ait çözüm önerilerini analiz etmek için ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS Yöntemleri kullanılmaktadır. Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılmıştır.

3.1. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, herhangi bir alanda, özellikle de büyük miktarda bilgi ve bilginin işlenmesini gerektiren bir alanda başarıya ulaşmak için kilit bir faktördür. Çok kriterli karar verme yöntemi başarıya ulaşmak ve ortaya çıkan sorunların çözümünü kolaylaştırmaya yönelik bir yöneylem araştırması dalı olarak ortaya çıkmıştır. O zamandan beri, farklı uygulama alanları altında ortaya çıkan sorunları ele almak için çok sayıda çok kriterli karar verme yöntemleri geliştirilmiştir (Jato-Espino vd., 2014, s. 152).

Çok kriterli karar verme, birden çok ve çelişkili kriterin karar sürecine dahil edilebileceği yöntem ve prosedürlerin incelenmesi olarak tanımlanmaktadır. Çok kriterli karar vermenin gelişimi 1971'de başlamıştır. Çok kriterli karar vermenin temel amacı, karar vericilere, birbiriyle çelişen birkaç kriterin dikkate alındığı çok kriterli bir karar problemini çözmede ilerlemelerini sağlamaktır (Zardari vd., 2015, s. 9). Çok kriterli karar verme, hedefleri tanımlama, ilgili kriterleri ve olası alternatifleri toplama, alternatifleri avantaj ve dezavantajlara göre değerlendirme ve en uygun alternatifi seçme sürecidir (Wu, 2008, s. 829). Çok kriterli karar verme yöntemlerinde, karar vericilerin farklı bir dizi alternatif karar arasından seçim yapmasına yardımcı olmak için sayısal teknikler kullanır (Triantaphyllou vd., 1998, s. 3). Karar vericilerden bilgiler toplandıktan sonra çeşitli yöntemler uygulanarak alternatifler sağlanan

metriklere göre sıralanır. Bu tür yöntemler kullanılarak nesnel değerlendirmeye dayalı bir karar verilebilmektedir (Omerali ve Kaya, 2022, s. 6).

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin gelişimi, teknolojinin ilerlemesi ile yakından ilişkilidir. Teknolojinin ilerlemesi nedeniyle bilgisayarların hızlı gelişim göstermesi, karmaşık çok kriterli karar verme problemlerinin sistematik analizini yapmayı mümkün kılmıştır (Xu ve Yang, 2001, s. 3). Bu nedenle çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımında son yıllarda inanılmaz miktarda artış gözlemlenmiştir. Özellikle eski yöntemlerin sürekli olarak gelişmesi ve yeni yöntemlerinin ortaya çıkması nedeniyle çok kriterli karar verme yöntemlerinin farklı uygulama alanlarındaki rolünü önemli ölçüde arttırmıştır (Velasquez ve Hester, 2013, s. 56). Literatürde AHP, COPRAS, ELECTRE, TOPSIS, MOORA, VIKOR vb. birçok farklı çok kriterli karar verme yöntemi bulunmaktadır (Ceballos vd., 2016, s. 315).

3.2. DEMATEL Yöntemi

DEMATEL (The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi, 1972 ve 1976 yılları arasında Battelle Memorial Enstitüsü'nün Cenevre Araştırma Merkezi tarafından araştırma alanındaki karmaşık ve iç içe geçmiş problem gruplarını çözmek için geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Savara, 2015, s. 98).

DEMATEL literatürde sıklıkla kullanılan objektif kriter ağırlık hesaplama yöntemlerinden biridir. DEMATEL yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde kriterler arası etkileşimleri incelemek ve merkezi problemleri farklı faktörleri, boyutları ve yönleri açısından belirlemek için kullanılmıştır. Çizge teorisine dayalı bir yaklaşım olan bu yöntem, bileşenlerini neden sonuç gruplarına bölerek karmaşık problemler arasındaki nedensel ilişkileri ortaya çıkarmaktadır. Yöntem aynı zamanda sadece doğrudan etkileri değil, dolaylı etkileri de hesaba katma fırsatı vermektedir (Ulu ve Şahin, 2021, s. 1698).

DEMATEL yönteminde kullanılan matrisler, karmaşık nedensel ilişkilerin yapısını görselleştirmek için oldukça pratik ve kullanışlıdır. Matrisler, bir sayının etki gücünü temsil ettiği sistemin öğeleri arasındaki bağlamsal bir ilişkiyi tasvir eder. Bu nedenle, DEMATEL yöntemi, kriterlerin nedenleri ve etkileri arasındaki ilişkiyi sistemin anlaşılır bir yapısal modeline dönüştürebilmektedir (Tseng, 2009, s. 184).

Birçok alanda başarıyla uygulanan DEMATEL yöntemi, toplam ilişkileri etkin bir şekilde değerlendiren bir yöntemdir ve bileşenlerin toplam ilişki matrisini analiz ederek, karşılıklı ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır (Zhang ve Deng, 2019, s. 8209).

DEMATEL yöntemi, faktörlerin ilişki tipine göre önceliklendirilmesine ve bunların diğer faktörler üzerindeki etkilerinin ağırlığının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca anlaşılabilir bir yapısal modele dayalı olarak kriterler ve alt kriterler arasındaki neden-sonuç ilişkilerini analiz etmek için matrisler geliştirmektedir, böylelikle faktörler arasındaki karşılıklı bağımlılığı vurgulamakta ve davranışlarını yansıtan bir diyagram üretilmesini sağlamaktadır (Braga vd., 2021, s. 5).

DEMATEL yönteminin en önemli avantajlarından biri, uzlaşılmış bir neden sonuç modeliyle dolaylı ilişkiler içermesidir. Aynı zamanda, sistem bileşenleri veya geçerli sayıda alternatif arasındaki yapı ve ilişkileri inceleyen etkili bir yöntem olan DEMATEL, ilişkilerin türü ve birbirleri üzerindeki etkilerinin önemi bakımından kriterleri öncelik sırasına göre düzenleyebilen bir yöntemdir. Diğer ölçütler üzerinde daha fazla etkiye sahip olan ve yüksek öncelikli olduğu varsayılan ölçütlere neden ölçütleri denmektedir. Buna karşılık, daha fazla etkilenen ve düşük önceliğe sahip olduğu düşünülen ölçütlere sonuç ölçütleri denmektedir. DEMATEL kriter ağırlıklarının belirlenmesinde etkili olan bir yöntemdir, ancak alternatifleri sıralamak için başka birçok kriterli karar verme yöntemi ile birlikte kullanılmalıdır (Ulu ve Şahin, 2021, s. 1698). DEMATEL yöntemi ile, her bir kriter için alt kriterler arasında açık ilişkiler içeren bir ilişki haritasının yapısını etkili bir şekilde oluşturabilmektedir (Büyüközkan ve Güleryüz, 2016, s. 437). DEMATEL yönteminin en önemli avantajı kriterler arasında var olan yapı ve ilişkilerin dolaylı ve doğrudan etkilerinin ortaya çıkarılması ve neden (etkileyen) ve sonuç (etkilenen) kriterlerinin ayırt edilebilmesidir (Eroğlu ve Gencer, 2021, s. 68).

DEMATEL yönteminin temeli, bir sistemin bir dizi kriter içerdiğini varsaymaktadır, $C = \{C_1, C_2, \dots C_n\}$ ve matematiksel bir ilişkiye göre modelleme için belirli ikili ilişkilere karar verilmektedir (Wu vd., 2011, s. 389).

Literatürde son yıllarda yayınlanan DEMATEL yöntemi kullanılarak çeşitli alanlarda yapılan akademik çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Öz ve Kamacı (2022), işletmelerde teknolojik yeniliklerin kabulüne etki eden yenilik özelliklerini DEMATEL yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Asadi, vd., (2022), Malezya'da elektrikli araç kullanımının önündeki itici güçleri ve zorlukları DEMATEL yöntemini kullanılarak değerlendirmişlerdir. Öztürk vd., (2021), uçak bakım teknisyenlerinin fiziksel iş yükü faktörlerini DEMATEL yöntemi kullanılarak değerlendirmişlerdir. Demirci ve Uygur (2021), denizcilik mesleği seçimini etkileyen kriterlerini DEMATEL yöntemini kullanılarak incelemişlerdir. Erdem ve Doğan (2020), Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinde gerçekleştirdikleri çalışmada DEMATEL yöntemini kullanılarak tekstil sektöründe sürdürülebilirliği analiz etmişlerdir.

Özdemir ve Topal (2019) Türk eğitim sisteminin sorunlarını DEMATEL ve analitik ağ süreci yöntemleri kullanılarak değerlendirmişlerdir. Korucuk ve Memiş (2019), yeşil liman uygulamaları performans kriterlerini DEMATEL yöntemini kullanarak ile değerlendirmişlerdir. Kaur vd., (2018), Kanada'daki imalat firmalarında yeşil tedarik zinciri yönetimindeki zorlukları araştırmak için DEMATEL yöntemini kullanmışlardır. Battal (2018), Türkiye'de havayolu taşımacılığının finansman sorunlarını bulmak için DEMATEL yöntemini kullanmıştır. Koçak ve Diyadin (2018), sanayi 4.0 geçiş süreçlerinde kritik başarı faktörlerini DEMATEL yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Shieh vd., (2010), DEMATEL yöntemini kullanarak hastanelerin hizmet kalitesinin temel başarı faktörlerini belirlemişlerdir. Tseng (2009), Filipinler'in başkenti olan Metro Manila'da Belediyenin katı atık yönetimi kararlarını ANP ve DEMATEL yöntemlerini kullanılarak değerlendirmiştir.

3.2.1. DEMATEL Yöntemi Çözüm Adımları

Temel olarak 6 adımdan oluşan DEMATEL yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibidir:

3.2.1.1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması:

DEMATEL yönteminin ilk aşaması olan doğrudan ilişki matrisinde yer alan değerler, *i* değişkeninin *j* değişkeni üzerindeki doğrudan ilişkisini göstermektedir. Doğrudan ilişki matrisi eşitlik (1)'de gösterilmektedir (Ayçin, 2020, s. 86).

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{1j} & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{1j} & d_{ij} & d_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & d_{nj} & d_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Tablo 4'te belirtildiği gibi beş seviyeden oluşan ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak doğrudan ilişki matrisi oluşturulur. Kriterlerin arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak uzmanlar tarafından belirlenmektedir. Karşılaştırmaların sonucunda ise doğrudan ilişki matrisi elde edilir (Karaatlı vd., 2016, s. 51). Birden fazla uzmanın yer alması durumunda doğrudan ilişki matrisini oluşturmak için yapılan değerlendirmelerin aritmetik ortalaması alınmaktadır (Ghafori ve Sarhadi, 2013, s. 21; Gazibey vd., 2015, s. 347).

Tablo 4. DEMATEL Yöntemi İkili Karşılaştırma Ölçeği (Karaatlı vd., 2016, s. 51).

Sayısal Değer	Etki Derecesi
0	Etkisiz
1	Düşük Derecede Etki
2	Orta Derecede Etki
3	Yüksek Derecede Etki
4	Çok Yüksek Derecede Etki

Tablo 4'te belirtilen ölçek, 0'dan 4'e kadar tamsayı değeri arasında değişen karar matrisi için tanımlanmıştır. Katılımcı göstergeler arasında güçlü bir doğrudan etki hissediyorsa, daha yüksek bir değer atanır. 0 puan "etkisiz", 1 puan "düşük derecede etki", 2 puan "orta derecede etki", 3 puan "yüksek derecede etki" ve 4 puan ise "çok yüksek derecede etki" anlamına gelmektedir (Savara, 2015, s. 99).

3.2.1.2. Doğrudan İlişki Matrisinin Normalleştirilmesi

Bir önceki adımda oluşturulan doğrudan ilişki matrisindeki tüm değerler, satır ve sütun toplamlarındaki en büyük değere bölünerek doğrudan ilişki matrisinin normalleştirilmesi sağlanır. Doğrudan ilişki matrisi *D* temel alınarak oluşturulan normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi X, eşitlik (2) ve eşitlik (3) kullanılarak elde edilmektedir (Ayçin, 2020, s. 87).

$$X = s.D \tag{2}$$

$$s = \min\left[\frac{1}{\max_i \sum_{j=1}^{n} |d_{ij}|}, \frac{1}{\max_j \sum_{i=1}^{n} |d_{ij}|}\right] \tag{3}$$

3.2.1.3. Toplam Etki Matrisinin Oluşturulması

Toplam etki matrisinin oluşturulması için bir önceki adımda normalize edilen doğrudan ilişki matrisi eşitlik (4)'ten yararlanılarak, eşitlik (5)'te gösterilen toplam etki matrisine dönüştürülür. Normalleştirilen doğrudan ilişki matrisi, birim matristen çıkarılıp tersi alındıktan sonra kendisiyle çarpılarak toplam etki matrisi elde edilmektedir (Ayçin, 2020, s. 87).

$$T = x + x^2 + \cdots + x^h = X(I - X)^{-1} \tag{4}$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{1j} & t_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{1j} & t_{ij} & t_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{n1} & t_{nj} & t_{nn} \end{bmatrix} \tag{5}$$

3.2.1.4. Etkileyen ve Etkilenen Değişkenlerin Belirlenmesi

Bu adımda toplam etki matrisinin satırlar toplamı (d) eşitlik (6), sütunlar toplamı (r) ise eşitlik (7) yardımıyla hesaplanmaktadır (Ayçin, 2020, s. 87).

$$d_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \rightarrow D = \begin{bmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_i \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \tag{6}$$

$$r_j = \sum_{i=1}^{n} t_{ij} \rightarrow R = [r_1 \quad \cdots \quad r_j \quad \cdots \quad r_n]_{1 \times n} \tag{7}$$

Etkileyen ve etkilenen değişkenlerin belirlenmesi için eşitlik (6) ve eşitlik (7)'den yararlanılarak d_i ve r_j değerleri hesaplandıktan sonra, $d_i + r_j$ ve $d_i - r_j$ değerleri

hesaplanmalıdır. Bu değerler, değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesini ve değişkenlerin etkileyen ve etkilenen olarak gruplanmasını sağlamaktadır.

- $d_i + r_j$ değeri yüksek olan değişkenin diğer değişkenler ile daha çok ilişkili olduğu, $d_i + r_j$ değeri düşük olan değişkenin ise diğer değişkenlerle daha az ilişkisi olduğu anlamına gelmektedir.

- $d_i - r_j$ değeri pozitif olan değişken, etkileyen grupta, $d_i - r_j$ değeri negatif olan değişken ise etkilenen grupta yer almaktadır (Ayçin, 2020, s. 88).

3.2.1.5. Etki Diyagramı ve İlişki Haritasının Çizilmesi

Toplam etki matrisi üzerinden hesaplanan $d_i + r_j$ ve $d_i - r_j$ değerleri ve belirlenen bir eşik değeri ile etki diyagramının çizilmesi, DEMATEL yönteminin son adımıdır. Etki diyagramı çizilirken koordinat düzleminin yatay ekseninde $d_i + r_j$ değerleri, dikey ekseninde ise $d_i - r_j$ değerleri yer almalıdır (Ayçin, 2020, s. 88). Eşik değeri, karar vericiler veya uzmanlar tarafından belirlenebilir (Ayçin, 2020, s. 88). Eşik değerinin karar vericiler veya uzmanlar tarafından belirlenmesi yaygın bir yaklaşımdır. Ancak bazı problemler için görüşü istenen karar vericilerin veya uzmanların sayısının fazla olması, eşik değerinin tespitini zorlaşabilmektedir (Korucuk vd., 2018, s. 827).

3.2.1.6. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin ağırlık katsayıları eşitlik (8), kriterlerin ağırlık katsayıları ise eşitlik (9) kullanılarak hesaplanmaktadır (Doğan, 2022, s. 154).

$$w_i = \sqrt{\left(d_i + r_j\right)^2 + \left(d_i - r_j\right)^2} \tag{8}$$

$$\overline{W_i} = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^{n} w_i} \tag{9}$$

3.3. Bulanık Mantık

Bulanık mantık fikri ilk olarak 1965 yılında Lotfi Aliasker Zadeh tarafından yayınlanan "fuzzy sets" adlı makale ile ortaya atılmıştır. Gerçek hayatta kesinlik içermeyen durumlarla karşılaşıldığında ve karşılaşılan bu durumların kesin mantık ile

ifade edilmesinin oldukça zor olmasından dolayı bulanık mantık kavramı ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık; bulanık kümeler, bulanık sayılar ve dilsel değişkenlere dayalı matematiksel tabanlı bir teoridir ve kişisel düşüncelerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesine dayanmaktadır (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 154). Bulanık mantık, tanımlanmış bulanık kurallara dayalıdır ve bilinmeyen parametreler içeren sistemleri incelemek için kullanılmaktadır (Akyazı, 2017, s. 59).

Tahmin, sınıflandırma ve karar vermeyi içeren bulanık mantık, basit ve güçlü bir problem çözme yöntemidir. George Boole'un öncüsü olan geleneksel ikili mantıkta, bir ifadenin doğru ve yanlış olabildiği varsayılır. Doğru ve yanlış değerleri genelde sırasıyla 1 ve 0 olarak ifade edilmektedir. Geleneksel ikili mantıkta ek bir üçüncü durum bulunmamaktadır, bu nedenle bütün ifadeler çok keskin çizgilerle ayrılmıştır. Fakat gerçek hayatta karşılaşılan problemler genellikle belirsizdir, bu nedenle geleneksel mantık gerçek hayatta karşılaşılan problemleri çözmek için genellikle yetersiz kalmaktadır (Ertekin ve Kaya, 2020, s. 227-229). Bir sistemdeki sonuçların kesin olarak tanımlanması gerekmiyorsa, sonuçların aralık değerlerinde görüntülenmesi gerekiyorsa veya matematiksel kriterler belirlenip sıfat olarak sınıflandırılacaksa bulanık mantık tercih edilmektedir (Sabah, 2017, s. 3).

Bulanık çok kriterli karar verme modelleri, farklı seçenekleri önceden belirlenmiş kriterlere göre tek bir karar verici ile veya grup karar verme yoluyla sıralamak için kullanılmaktadır. Ayrıca bulanık çok kriterli karar verme modelleri kullanılarak, alternatiflerin kriterlere uygunluğunun ve kriterlerin önem ağırlıklarının bulanık sayılarla gösterilen dilsel değerler kullanılarak değerlendirilebileceği öngörülmüştür (Sofuoğlu, 2020, s. 189). Dilsel değişkenler ve bulanık sayılarla ilgili temel özellikler sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

3.3.1. Dilsel Değişkenler

Bulanık mantık terimini literatüre kazandıran Zadeh'e göre bir dildeki tümcelerin ve cümlelerin değerleri dilsel değişkenlerdir. Başka bir deyişle, dilsel değişkenler temelde kelimelerin sayısal eşdeğerleridir. Birinin yaşı için 14, 23, 45, 68 gibi sayısal değerler kullanmak yerine ergen, genç, yetişkin, yaşlı gibi ifadeler kullanmak dilsel değişkene örnek olarak verilebilir. Matematiksel olarak tanımlanmasının zor olduğu problemler, dilsel değişkenlerin desteği ile çözülebilmektedir (Kekilli vd., 2021, s. 263).

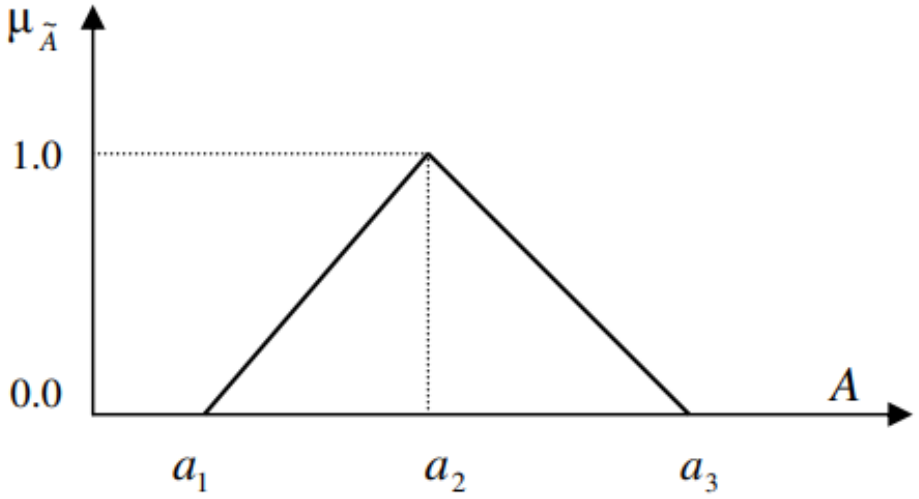
3.3.2. Bulanık Küme

Bulanık küme teorisi ilk olarak bu konunun teorisyeni olarak kabul edilen Lotfi Aliasker Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan “fuzzy sets” adlı makale ile ortaya atılmıştır (Çelik, 2016, s. 98). Bulanık mantığın ve bu mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisinin geliştirilmesinden sonra belirsizlik içeren problemlerin incelenmesi yeni bir boyut kazanmıştır. Bulanık küme kavramı 1965 yılında tanıtılmasına rağmen ancak 1970'lerin ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanmıştır (Altaş, 1999, s. 2). Son yirmi yılda belirsizlikle başa çıkmak için çeşitli yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bulanık kümeler teorisi, karar verme sürecinde karar vericilerden geniş ölçüde ilgi görmüştür (Erdebilli ve Nacar, 2021, s. 205).

Düşüncelerin temel unsurlarının sayıların yerine dilsel ifadeler olduğu fikrine inanan Zadeh, insanların kesin olmayan bilgileri anlama ve analiz etme yeteneğinden yola çıkarak kesinlik içermeyen problemleri çözmek için bulanık küme teorisini ortaya çıkarmıştır. Bulanık küme teorisi, öznel yargılarla ilgili olan dilsel belirsizliği modellerken, nitel parametrelerin yorumlanabilmesini ve dilsel belirsizliğin bulanık sayılarla matematiksel olarak ifade edilebilmesini sağlamaktadır. Günlük hayatta, belirsiz olan birçok ifadede bulunulmaktadır fakat belirsizlik, kesinlik yaklaşımıyla gerçekçi bir şekilde modellenememektedir. Kesin kümelerde yer alan evet/hayır, iyi/kötü, doğru/yanlış gibi ifadeler yerine, bulanık kümelerde kısmen doğru, kısmen yanlış gibi ifadeler kullanılmaktadır (Ecer, 2007, s. 163). Kesin küme teorisi dilsel değişkenlerin söz konusu olduğu karar verme durumlarında yetersiz kalabilmektedir. Halbuki bulanık kümelerin temelinde olasılık değil olabilirlik yatmaktadır. Böyle durumlarda bulanık küme teorisinden yararlanarak karar vermek daha başarılı sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Özçakar ve Demir, 2011, s. 28). Bulanık kümelerde işlem kolaylığı sağlamak için bulanık sayılar kullanılmaktadır. Dilsel ifadelere üçgen bulanık veya yamuksal bulanık sayılarla üyelik fonksiyonu verilerek sayısal değerlere dönüştürülür ve hesaplamalarda kullanılır (Kabak, 2011, s. 5).

3.3.3. Üçgen Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar, üç tane gerçek sayılarla tanımlanmış bulanık sayıların özel bir çeşididir. (a_1, a_2, a_3) şeklinde ifade edilmektedir. a_1 en küçük olası değeri, a_2 en olası değeri, a_3 ise en büyük olası değeri göstermektedir (Karakaşoğlu, 2008, 86). Sembol bir bulanık kümeyi temsil ediyorsa, sembolün üzerine bir tilde '~' yerleştirilecektir (Kahraman vd., 2004, s. 174). Üçgen bulanık $\tilde{A}$ sayısı şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Üçgen Bulanık Sayı, $\tilde{A}$ (Karakaşoğlu, 2008)

a_1 ve a_3 ; bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerleri ve a_2 , tam üyelikli tek sayı olmak üzere üçgen bulanık sayının üyelik fonksiyonu eşitlik (10)'da tanımlanmaktadır: (Karakaşoğlu, 2008, s. 86).

$$\mu\,(x/\check{A}) \;=\; \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ (x - a_1) \,/\, (a_2 - a_1), & a_1 \le x \le a_2, \\ (a_3 - x) \,/\, ((a_3 - a_2), & a_2 \le x \le a_3, \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \qquad (10)$$

3.3.4. Üçgen Bulanık Sayılarda Aritmetik İşlemler

İki üçgen bulanık sayı A ve B, $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$, ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ şeklinde tanımlanmak üzere, üçgen bulanık sayılarda aritmatik işlemler eşitlik (11) - eşitlik (16) arasında verilmiştir (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 154-155).

3.3.4.1. Toplama İşlemi:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) \quad (11)$$
$$= (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

3.3.4.2. Çıkarma İşlemi:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \ominus (b_1, b_2, b_3) \quad (12)$$
$$= (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1)$$

3.3.4.3. Çarpma İşlemi:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) \quad (13)$$
$$= (a_1\ x\ b_1, a_2\ x\ b_2, a_3\ x\ b_3)$$

3.3.4.4. Sabit Sayıyla Çarpma İşlemi:

$$\tilde{A} \otimes k = (a_1, a_2, a_3) \otimes k \quad (14)$$

$$\tilde{A} \otimes k = \begin{cases} (a_1 x\ k, a_2\ x\ k, a_3\ x\ k)\ eğer\ k \geq 0 \\ (a_3\ x\ k, a_2\ x\ k, a_1\ x\ k)\ eğer\ k < 0 \end{cases}$$

3.3.4.5. Bölme İşlemi:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3) \oslash (b_1, b_2, b_3) \quad (15)$$
$$= (a_1/b_3, a_2/b_2, a_3/b_1)$$

3.3.4.6. Sabit Sayıya Bölme İşlemi:

$$\tilde{A} \oslash k = (a_1, a_2, a_3) \oslash k$$

$$\tilde{A} \oslash k = \begin{cases} (a_1/k, a_2/k. a_3/\ k)\ \text{eğer}\ k > 0 \\ (a_3/k, a_2/k, a_1/\ k)\ eğer\ k < 0 \end{cases} \quad (16)$$

3.4. EDAS Yöntemi

Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerine alternatif olması amacıyla geliştirilen EDAS yöntemi, 2015 yılında Keshavarz Ghorabaee vd. tarafından envanter kalemlerinin sınıflandırması için yeni birçok kriterli karar verme yöntemi olarak önerilmiştir. VIKOR, TOPSIS ve COPRAS gibi uzaklık tabanlı yöntemler arasında yerini alan EDAS yöntemi en iyi alternatifin ortalama çözümden uzaklığı ile ilgilenmesinden dolayı diğer yöntemlerden farklılaşmaktadır (Özceylan ve Özkan,

2021, s. 354). İngilizce açılımı "Evaluation Based On Distance From Average Solution" olan EDAS yöntemi, "Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme" şeklinde tercüme edilmektedir. Yöntemi geliştiren yazarlar, EDAS yöntemini VIKOR, TOPSIS ve COPRAS gibi diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırıp, ortaya atılan bu yeni yöntemin geçerliliğini test etmişlerdir (Özbek, 2017, s. 281).

EDAS yönteminin diğer sınıflandırma yöntemlerine göre en önemli avantajı, yöntem kullanılırken daha az matematiksel hesaplama yapılmasıdır (Asante vd., 2020, s. 3). Ayrıca diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile kıyaslandığında EDAS yönteminin uygulama sürecinin kısa ve kolay olması, matematiksel hesaplamaların yapılması için spesifik bilgisayar programları gerektirmemesi yöntemin avantajlarına örnek olarak verilebilir (Ayçin, 2020, s. 87).

EDAS, karar verme modelleri içerisinde sıklıkla kullanılan bir sıralama yöntemidir. Araştırmacıların EDAS yöntemini sıklıkla kullanmalarının temel nedenlerinden biri, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak, EDAS yönteminin her bir kriterin ortalama çözümlerine göre farklı bir normalleştirme türü kullanmasıdır (Yazdani vd., 2020, s. 36). EDAS yöntemi, özellikle çok kriterli karar verme problemlerinde çelişen kriterler olduğunda oldukça etkilidir. VIKOR ve TOPSIS yöntemlerine benzer şekilde EDAS yönteminde de pozitif ve negatif ideal çözümlerden uzaklıklar türetilmektedir (Keshavarz Ghorabaee vd., 2015, s. 438). Ancak EDAS yöntemi, pozitif ve negatif ideal çözümlere değil, ortalama çözüm değerlerinden PDA (Positive Distance from Average) ve NDA (Negative Distance from Average) üzerine kuruludur. En iyi alternatif, PDA'nın en büyük değerine ve NDA'nın en küçük değerine sahip olanıdır (Zhang vd., 2019, s. 1124).

3.4.1. Bulanık EDAS Yöntemi

Çok kriterli karar verme yöntemleri, verilerdeki belirsizliklerin üstesinden gelmek için bulanık yöntemlerle de entegre edilebilmektedir (Önüt vd., 2010, s. 1974). Çok kriterli karar verme yöntemlerinde genellikle belirsizliğin oldukça fazla olmasından dolayı, bulanık mantık gerçek hayattaki karar verme problemlerini başarıyla çözmek için faydalı bir araç olarak kullanılmaktadır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 355). Birden çok karar vericinin dahil olduğu ve birbiriyle çelişen nicel ve nitel kriterlerin çok olduğu karmaşık süreçlerde belirsizlik oldukça yüksektir. Bu süreçlerdeki belirsizlikler,

verilerdeki eksikliklerden ve karar vericinin algısından kaynaklanabilecek durumlarda bulanık çok kriterli karar modelleri kullanılarak çözülmeye çalışılmaktadır (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 154). Bulanık EDAS yöntemi karar matrisleri yardımı ile alternatifleri değerlendirmede kullanılan yöntemlerden birisidir (Özdağoğlu vd., 2021, s. 226).

Literatürde son yıllarda yayınlanan Bulanık EDAS yöntemi kullanılarak çeşitli alanlarda yapılan akademik çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Özdağoğlu vd. 2021 yılında yapmış oldukları çalışmada laboratuvar kan gazı cihazı alternatiflerini Bulanık VIKOR ve Bulanık EDAS yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Özceylan ve Özkan (2021), Bulanık EDAS yöntemini kullanarak fakültelerin sürdürülebilirlik performanslarını değerlendirmişlerdir. Aydın ve Atak (2020), yük taşımacılığı için taşıma modu seçiminde Bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır . Yürüyen ve Ulutaş (2020), üçüncü parti lojistik firması seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık EDAS yöntemlerini kullanmışlardır.

Hasheminasab vd., (2019), patlamaya dayanıklı binalardaki cephe malzemelerini Bulanık Delphi ve Bulanık EDAS yöntemlerini kullanarak değerlendirmişlerdir. Stević vd., (2018), marangoz atölyesi seçiminde Bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır. Singer ve Özçelik (2022), "Bir Risk Temelli Karar Verme Yaklaşımı İle Metalik Biyomalzeme Değerlendirme" isimli makalede, Demirtaş vd., (2020), ise, "Bulanık Ortamda Tedarikçi Seçimi" isimli çalışmada Bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır. Bayrakdaroğlu ve Kundakcı (2019), AR-GE projesi seçiminde Bulanık EDAS yöntemini kullanmışlardır.

3.4.2. Bulanık EDAS Yöntemi Çözüm Adımları

$K = \{K_1,\ K_2,\ \dots,\ K_m\}$ $(i = 1,\ \dots,\ m)$ m adet kriterin yer aldığı kriterler kümesi, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ $(j = 1,\ \dots,\ n)$ n adet alternatifin yer aldığı alternatifler kümesi ve $KV = \{KV_1, KV_2, \dots, KV_k\}$ $(p = 1,\ \dots,\ k)$ k adet karar vericinin yer aldığı küme olmak üzere temel olarak 9 adımdan oluşan Bulanık EDAS yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibidir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 356).

3.4.2.1. Alternatifler İçin Birleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık EDAS yönteminde karar vericiler, kriterlerin ağırlıklarını ve alternatiflerin derecelerini her bir kritere göre dilsel terimlerle ifade etmektedir. Bu dilsel terimler, pozitif üçgen bulanık sayılarla ölçülmektedir (Stević vd., 2019, s. 56). Problemin çözümünde etkisi olan kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için kullanılan üçgen bulanık sayılardan oluşan bir ölçek kullanılmaktadır. Kriterlerin değerlendirilmesinin ardından alternatifler değerlendirilerek bulanık karar matrisi oluşturulmaktadır (Özdağoğlu vd., 2021, s. 226). Bulanık karar matrisinin oluşturulması için kullanılan ölçek Tablo 5'te gösterilmiştir.

Karar vericiler Tablo 5'te yer alan dilsel terimleri kullanarak her bir kriter için ayrı ayrı değerlendirmelerde bulunurlar. Karar vericilerin dilsel terimler kullanarak değerlendirmelerinden sonra düşük, orta, çok yüksek gibi dilsel terimler karşılık gelen üçgen bulanık sayılara dönüştürülmektedir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 363).

Tablo 5. Dilsel Terimler ve Karşılık Gelen Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 159)

Dilsel Terimler	**Üçgen Bulanık Sayılar**
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 1)
Düşük (D)	(0, 1, 3)
Orta Düşük (OD)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5 , 7)
Orta Yüksek (OY)	(5, 7, 9)
Yüksek (Y)	(7, 9, 10)
Çok Yüksek (ÇY)	(9, 10, 10)

Bulanık EDAS yönteminde karar matrisi oluşturulurken birden fazla karar verici olması durumunda, karar vericilerin kararlarının aritmetik ortalaması alınarak tek bir grup kararına dönüştürülmektedir (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 156; Yürüyen ve Ulutaş, 2020, s. 287; Stević vd., 2018, s. 283). Karar vericiler tarafından alternatiflerin performans değerlerini içeren karar verici matrisleri birleştirilerek eşitlik (17)'de belirtilen birleştirilmiş karar matrisi oluşturulmaktadır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 356).

$$X = \left[\tilde{x}_{ij}\right]_{n\,x\,m} \tag{17}$$

$\tilde{x}_{ij}^{p}$, $A_j\,(1 \leq j \leq n)$ alternatifinin $p.\ (1 \leq p \leq k)$ karar verici tarafından atanan $K_i(1 \leq i \leq m)$ kriter altında aldığı performans değeri Eşitlik (18)'de gösterilmiştir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 357).

$$x_{ij} = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^{k} \tilde{x}_{ij}^{p} \tag{18}$$

3.4.2.2. Ortalama Çözüm Matrisinin Oluşturulması

Eşitlik (19) kullanılarak ortalama çözüm matrisi (*AV*) oluşturulmaktadır (Stević vd., 2018, s. 283).

$$AV = [\widetilde{av}_i]_{m\,x\,1} \tag{19}$$

Eşitlik (20)'de belirtilen $\widetilde{av}_i$, her kriter için alternatiflerin ortalama çözüm değerlerini ifade etmektedir. Bu $\widetilde{av}_i$ matrisinin elemanları, her bir kritere göre ortalama çözümleri temsil etmektedir. Bu nedenle, matrisin boyutu, kriter ağırlıkları matrisinin boyutuna eşittir (Stević vd., 2018, s. 283). Eşitlik (20) kullanılarak her bir kriter için tüm alternatiflerin aldığı performans değerlerinin ortalaması alınarak ortalama çözüm matrisi elde edilmektedir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 365).

$$\widetilde{av}_i = \frac{1}{n} \oplus_{j=1}^{n} \tilde{x}_{ij} \tag{20}$$

3.4.2.3. Pozitif ve Negatif Uzaklık Matrislerinin Hesaplanması

B kümesi fayda kriterini ve *N* kümesi maliyet kriterlerini göstermektedir. Bu adımda kriter tiplerine göre ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (*PDA*) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (*NDA*) eşitlik (21), eşitlik (22), eşitlik (23) ve eşitlik (24) kullanılarak hesaplanmaktadır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 357).

$$PDA = \left[\widetilde{pda}_{ij}\right]_{m\,x\,n} \tag{21}$$

$$NDA = \left[\widetilde{nda}_{ij}\right]_{m\,x\,n} \tag{22}$$

Eşitlik (23)'te belirtilen $\widetilde{pda}_{ij}$ ve eşitlik (24)'te belirtilen $\widetilde{nda}_{ij}$, j değerinin i kriter için ortalama çözüm değerlerinden olan pozitif ve negatif uzaklık performans değerlerini ifade etmektedir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 358). Eşitlik (23) kullanılarak ortalamadan pozitif uzaklık matrisi, eşitlik (24) kullanılarak ortalamadan negatif uzaklık matrisi elde edilmektedir.

$$\widetilde{pda}_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} - \widetilde{av}_i)}{k\,(\widetilde{av}_i)}, & i \in B \\ \frac{\psi(\widetilde{av}_i - \tilde{x}_{ij})}{k\,(\widetilde{av}_i)}, & i \in N \end{cases} \tag{23}$$

$$\widetilde{nda}_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\widetilde{av}_i - \tilde{x}_{ij})}{k\,(\widetilde{av}_i)}, & i \in B \\ \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} - \widetilde{av}_i)}{k\,(\widetilde{av}_i)}, & i \in N \end{cases} \tag{24}$$

Ortalamadan pozitif uzaklık ve ortalamadan negatif uzaklık değerleri elde edilirken, $\tilde{A}$ üçgen bulanık sayısı ile sıfır arasındaki maksimum değeri bulmak için eşitlik (25)'te belirtilen ψ fonksiyonundan yararlanılmıştır (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 155).

$$\psi\ (\widetilde{A}) = \begin{cases} \widetilde{A}, & k(\widetilde{A}) > 0 \\ \tilde{0} & k(\widetilde{A}) \leq 0 \end{cases} \tag{25}$$

3.4.2.4. Ağırlıklandırılmış Pozitif ve Negatif Uzaklıkların Hesaplanması

Elde edilen kriter ağırlıkları ile pozitif ve negatif uzaklık değerleri çarpılıp toplanarak her alternatif için ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif uzaklıklar sırası ile eşitlik (26) ve eşitlik (27) kullanılarak hesaplanmaktadır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 358). Bu adımda her alternatifin PDA ve NDA değerleri kriterlere ait ağırlıklar $\widetilde{w}_i$ ile çarpılıp toplanarak ağırlıklı toplam pozitif değer (sp_j) ve ağırlıklı toplam negatif değer (sn_j) elde edilmektedir (Aydın ve Atak, 2020, s. 27).

$$\widetilde{sp}_j = \oplus_{i=1}^{m}\ (\widetilde{w}_i \otimes \widetilde{pda}_{ij}) \tag{26}$$

$$\widetilde{sn}_j = \oplus_{i=1}^{m}\ (\widetilde{w}_i \otimes \widetilde{nda}_{ij}) \tag{27}$$

3.4.2.5. Tüm Alternatifler İçin $\widetilde{sp}_j$ ve $\widetilde{sn}_j$ Değerlerinin Normalize Edilmesi

Tüm alternatifler için $\widetilde{sp}_j$ ve $\widetilde{sn}_j$ değerleri sırası ile eşitlik (28) ve eşitlik (29) kullanılarak normalize edilmektedir (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 358).

$$\widetilde{nsp}_j = \frac{\widetilde{sp}_j}{max_j(k\ (\widetilde{sp}_j))} \tag{28}$$

$$\widetilde{nsn}_j = 1 - \frac{\widetilde{sn}_j}{max_j(k\ (\widetilde{sn}_j))} \tag{29}$$

Ağırlıklandırılmış pozitif uzaklıklar eşitlik (28) kullanılarak, ağırlıklandırılmış negatif uzaklıklar ise eşitlik (29) kullanılarak normalize edilmektedir (Stević vd., 2018, s. 283).

3.4.2.6. Tüm Alternatifler İçin Değerlendirme Skorlarının Hesaplanması

Tüm alternatifler için değerlendirme skoru ($\widetilde{as}_j$) değeri eşitlik (30) kullanılarak hesaplanmaktadır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 358).

$$\widetilde{as}_j = \frac{1}{2}\ (\widetilde{nsp}_j \oplus \widetilde{nsn}_j) \tag{30}$$

3.4.2.7. Değerlendirme Skorlarının Durulaştırılması

Üçgen bulanık sayılardan oluşan değerlendirme skorları ($\widetilde{as}_j$) eşitlik (31) kullanılarak durulaştırılarak, durulaştırılmış değerlendirme skorları $k\ (\widetilde{as}_j)$ hesaplanmaktadır (Bayrakdaroğlu ve Kundakcı, 2019, s. 155)

$$k\left(\widetilde{as}_j\right) = \frac{1}{3}\ (a_1 + a_2 + a_3) \tag{31}$$

3.4.2.8. Alternatiflerin Sıralanması

Yapılan işlemler sonucu bulunan alternatifler değerlendirme skoru en büyük olan en iyi alternatif olacak şekilde büyükten küçüğe sıralanır (Özceylan ve Özkan, 2021, s. 359). Diğer bir deyişle, alternatifler arasında en yüksek değerlendirme puanına sahip alternatif en iyi seçimdir (Stević vd., 2018, s. 283).

3.5. COPRAS Yöntemi

COPRAS Yöntemi ilk olarak 1996 yılında Litvanya'daki Vilnius Gediminas Teknik Üniversitesi'nin araştırmacıları olan Zavadskas ve Kaklauskas tarafından ortaya atılmıştır (Podvezko, 2011, s. 137). İngilizce açılımı "Complex Proportional Assesment" olan COPRAS yöntemi, "Karmaşık Orantısal Değerlendirme" şeklinde tercüme edilmektedir (Erdebilli ve Nacar, 2021, s. 206). COPRAS yöntemi, önem ve fayda dereceleri açısından karar alternatiflerini adım adım sıralama ve değerlendirme sürecini içerisinde barındıran birçok kriterli karar verme yöntemidir (Ayçin, 2020, s. 64). Basit bir yaklaşımla değerlendirme yapabilmesi, yöntem için gereken matematiksel hesaplamalarının kolay olması ve matematiksel hesaplamaların yapılması için spesifik bilgisayar programları gerektirmemesi nedeniyle COPRAS yöntemi literatürde çok kriterli karar verme problemlerine başarı ile uygulanmıştır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 291).

COPRAS yöntemi, bir alternatifin diğerine üstünlüğünü değerlendirerek alternatifleri karşılaştırmayı sağlamaktadır (Zavadskas vd., 2009, s. 323). COPRAS yöntemi çeşitli alternatifleri değerlendirmek ve aralarından en iyi alternatifi seçmek için kullanılmaktadır (Ansari vd., 2020, s. 480). Tercih sıralaması yöntemi olan COPRAS yöntemi, birbiriyle çelişen kriterlerin olması durumunda mevcut alternatiflerin öncelik ve fayda derecesinin doğrudan ve orantılı bağımlılıklarını varsaymaktadır. Farklı kriterlere ve bunlara karşılık gelen kriter ağırlıklarına göre alternatiflerin performansını dikkate almaktadır. Karar yaklaşımı, nitelikler, ağırlıklar ve nitelikler sistemindeki alternatiflerin önem ve fayda derecesinin doğrudan ve orantılı bağımlılığının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır COPRAS yöntemi, ideal çözüm oranı ve ideal en kötü çözüm oranına sahip bir çözüm belirler; bu, basitçe en iyi ve en kötü çözümdür. Fayda derecesi, analiz edilen alternatiflerin en iyisi ile karşılaştırılmasıyla elde edilmektedir Fayda derecesi değerleri, en kötü ve en iyi alternatifler arasında %0 ile %100 değerleri arasındadır (Gadakh, 2014, s. 25). COPRAS yönteminin amacı, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriter değerlerinden fayda değerlerinin en üst düzeye çıkarılmasını ve faydasız değerlerin ise en aza indirilmesini sağlamaktır (Katrancı ve Kundakcı, 2020, s. 67).

3.5.1. Bulanık COPRAS Yöntemi

Karar problemlerindeki belirsizlik, etkin karar almanın önünde engel teşkil etmektedir. Bulanık küme, sayı ve sistemlerin karar alma sürecinde karşılaşılan belirsizliği gidermek üzere çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri ile bütünleşik olarak kullanıldığı birçok çalışma literatürde kabul görmüştür. COPRAS yönteminde de belirsizlikten doğan etkin karar alamama durumunun üstesinden gelmek üzere bulanık mantık entegrasyonu ile tasarlanan Bulanık COPRAS yönteminin kullanılması mümkündür (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 294).

Karar verme problemlerinin çözümünde, içerisindeki verilerin bilinmesi ve sayısal olarak ifade edilmesi durumunda geleneksel çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmaktadır. Geleneksel COPRAS yöntemi, belirli veriler mevcut olduğunda uygulanırken, sayısal verilerin bulunmadığı durumlarda Bulanık COPRAS yöntemi kullanılmaktadır (Parezanović vd., 2016, s. 55). Geleneksel COPRAS yönteminde, alternatif ve kriter değerlerinin, net değerler olarak ele alınması gerçek hayatta karşılaşılan problemlerdeki kararları almak için yetersiz kalmaktadır (Katrancı ve Kundakcı, 2020, s. 67). Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerdeki belirsizliğin üstesinden gelmek için Zavadskas ve Antucheviciene 2007 yılında bulanık mantığı COPRAS yöntemi ile birleştirerek Bulanık COPRAS yöntemini ortaya çıkarmışlardır (Türkmen ve Demirel, 2022, s. 1745). Bulanık COPRAS, çok kriterli karar verme problemlerinde aktif olarak kullanılan COPRAS yönteminin bir uzantısıdır (Dhiman ve Deb, 2020, s. 5). Bulanık COPRAS yöntemi, bulanık küme teorisi ve COPRAS olmak üzere iki yaklaşımın entegre edilmesiyle geliştirilmiştir (Garg vd., 2018, s. 12). Karşılaşılan problemlerde subjektif değerlendirmelerin yapılması gerektirdiği durumlarda etkin şekilde karar almaya destek sunan Bulanık COPRAS yönteminde, dilsel ifadelerden oluşan değerler kullanılmaktadır (Çil vd., 2021, s. 250).

Literatürde son yıllarda yayınlanan Bulanık COPRAS yöntemi kullanılarak çeşitli alanlarda yapılan akademik çalışmalardan bazıları şu şekildedir: Poyraz ve Şimşir (2022), tedarik zinciri risk yönetimindeki süreç bazlı hata türleri analizinde Bulanık COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Bayramoğlu (2022), rüzgâr santrali yer seçiminde Bulanık COPRAS yöntemini kullanmıştır. Baki (2021), özel bir hastanenin yer seçimi için Bulanık COPRAS yöntemini uygulamıştır. Çil vd., (2021), tersanelerde

iç mekân konumlandırma teknolojisi seçimi için Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemlerini kullanmışlardır.

Yıldırım ve Timor (2019), tedarikçi seçim modeli geliştirilmesi için Bulanık COPRAS ve Gri COPRAS yöntemlerini kullanmışlardır. Garg vd., (2018), e-öğrenim web sitelerinin parametrik seçimi ve sıralaması için Bulanık COPRAS yöntemini kullanmışlardır. Parezanović vd., (2016), sürdürülebilir hareketliliği Bulanık COPRAS yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Yazdani vd., (2011), Bulanık COPRAS yöntemini kullanarak kritik altyapıların risk analizi yapmışlardır.

3.5.2. Bulanık COPRAS Yöntemi Çözüm Adımları

Bulanık COPRAS yöntemi uygulamasındaki çözüm adımları, ağırlıkların nasıl tahmin edildiğine ve bulanık sayıların durulaştırma şekline bağlı olarak değişebilmektedir (Parezanović vd., 2016, s. 55). Temel olarak 9 adımdan oluşan Bulanık COPRAS yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibidir.

3.5.2.1. Karar Vericiler Tarafından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Belirlenen alternatifler Tablo 6'da yer alan dilsel değişkenlerden yararlanarak karar vericiler tarafından değerlendirilir (Katrancı ve Kundakcı, 2020, s. 68)

Tablo 6. Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değerlendirme Ölçekleri ve Sayı Karşılıkları (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 300)

Dilsel Terimler	**Alternatifleri Derecelendirme İçin Üçgen Bulanık Sayı**
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 1)
Düşük (D)	(0, 1, 3)
Orta Düşük (OD)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Orta Yüksek (OY)	(5, 7, 9)
Yüksek (Y)	(7, 9, 10)
Çok Yüksek (ÇY)	(9, 10, 10)

Alternatifler için sözel değişkenler ve bulanık karşılıklar tanımlanır. Tüm karar vericilerin sözel değişkenleri kullanarak, alternatifleri ikili karşılaştırma yöntemi ile değerlendirme yapması sağlanır. Daha sonra bu sözel değişkenler her bir karar verici için ayrı ayrı bulanık üçgensel sayılara dönüştürülerek matrislere ulaşılmaktadır (Çakır ve Özdemir, 2016, s. 172).

3.5.2.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

$\tilde{x}_{ij}$, *m* adet alternatifin ve *n* adet kriterin yer aldığı bir karar probleminde *i.* seçeneğin, *j*. ölçüte göre değerlendirilmesinden elde edilen bulanık performans değerini ifade etmektedir. $\tilde{x}_{ij}$ üçgensel bulanık sayısı, $\tilde{x}_{ij} = (\tilde{x}_{ij}^{l}, \tilde{x}_{ij}^{m}, \tilde{x}_{ij}^{u})$ parametrelerinden oluşmaktadır. $\tilde{x}_{ij}$ bulanık performans değerlerin oluşan $\tilde{X}$ karar matrisi eşitlik (32)'de gösterilmiştir (Çil vd., 2021, s. 250).

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{mxn} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{12} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \tag{32}$$

Bulanık COPRAS yönteminde karar matrisi oluşturulurken birden fazla karar verici olması durumunda, karar vericilerin kararları tek bir grup kararına dönüştürülmektedir (Çil vd., 2021, s. 250). *K* karar verici sayısını göstermek üzere *k.* karar vericinin *i.* alternatifi *j.* kriterine göre değerlendirmesinden elde edilen performans değerleri $\tilde{x}_{ijk} = (\tilde{x}_{ijk}^{l}, \tilde{x}_{ijk}^{m}, \tilde{x}_{ij}^{u})$ üçgensel bulanık sayısı ile gösterilmektedir ve $\tilde{x}_{ij}$ indirgenmiş grup performans değerine ait parametreler eşitlik (33), eşitlik (34) ve eşitlik (35) kullanılarak hesaplanmaktadır (Yıldırım, 2016, s. 106-107).

$$x_{ij}^{l} = min_{\,k} \{x_{ijk}^{l}\} \tag{33}$$

$$x_{ij}^{m} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} x_{ijk}^{m} \tag{34}$$

$$x_{ij}^{u} = max_{\,k} \{x_{ijk}^{u}\} \tag{35}$$

3.5.2.3. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması ve Karar Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki adımda elde edilen bulanık karar matrisini oluşturan bulanık sayılar gerçek sayılara dönüştürülerek karar matrisi hesaplanan gerçek değerlerden hareketle oluşturulur. Bulanık COPRAS yönteminde bulanık sayıların dönüştürülmesinde basitliği ve işlem kolaylığı açısından sıklıkla "Best Non-fuzzy Performance" (BNP) yönteminden faydalanılmaktadır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 295). BNP yöntemi ile dönüştürme işlemi eşitlik (36) kullanılarak yapılmaktadır (Parezanović vd., 2016, s. 56).

$$x_{ij} = \frac{\left[\left(x_{ij}^{u} - x_{ij}^{l}\right) + \left(x_{ij}^{m} - x_{ij}^{l}\right)\right]}{3} + x_{ij}^{l} \tag{36}$$

Gerçek sayılara dönüştürülen x_{ij} performans değerleri ile oluşturulan *X* karar matrisi eşitlik (37)'de gösterilmiştir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 295).

$$X = \left[x_{ij}\right]_{mxn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \tag{37}$$

3.5.2.4. Normalizasyon ve Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık COPRAS yönteminde durulaştırma sonucu elde edilen *X* karar matrisini oluşturan x_{ij} performans değerleri, eşitlik (38) kullanılarak $\bar{x}_{ij}$ normalize performans değerlerine dönüştürülmektedir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 292).

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \tag{38}$$

$\bar{X}$ normalize karar matrisi, eşitlik (39)'da gösterilmiştir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 292).

$$\bar{X} = \left[\bar{x}_{ij}\right]_{mxn} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \bar{x}_{12} & \bar{x}_{22} & \dots & \bar{x}_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{m2} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \tag{39}$$

3.5.2.5. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar problemlerinde alternatiflerin değerlendirilmesinde kriterlerin karara ne derecede etki edeceğini belirlemek için kriter ağırlıklarından faydalanılmaktadır. w_j, j kriterin ağırlığını göstermek üzere, ağırlıklar toplamı 1'e eşit olan oransal önem derecelerini ifade etmektedir. $\bar{X}$ normalize karar matrisini oluşturan $\bar{x}_{ij}$ normalize performans değerleri, $\hat{x}_{ij}$ ağırlıklı normalize performans değerlerine eşitlik (40) kullanılarak dönüştürülmektedir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 292).

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j \tag{40}$$

$\bar{X}$ ağırlıklı normalize karar matrisi, eşitlik (41) ile gösterilmektedir. Normalize performans değerleri ağırlıklandırıldıktan sonra her bir kriter için, alternatiflerin ağırlıklı performans değerleri toplamı, ilgili kriterin ağırlık değerine, $\hat{X}$ ağırlıklı normalize karar matrisini oluşturan tüm $\hat{x}_{ij}$'lerin toplamı ise 1'e eşit olmaktadır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293).

$$\hat{X} = \left[\hat{x}_{ij}\right]_{mxn} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \cdots & \hat{x}_{1n} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{22} & \cdots & \hat{x}_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{m2} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1,2,\ldots,m \quad j = 1,2,\ldots,n \tag{41}$$

3.5.2.6. Fayda ve Zarar Ölçütlerini Baz Alan Toplam Ağırlıklı Normalize Değerlerin Hesaplanması

Karar problemlerinde alternatifleri değerlendirmek üzere seçilmiş olan kriterlerin ölçütleri farklılık göstermektedir. Alternatiflerin kritere göre aldıkları performans değerlerinin daha büyük olması alternatifin daha çok tercih edilmesine neden oluyorsa, kriterin fayda özelliği, daha küçük olması alternatifin daha çok tercih edilmesine neden oluyor ise kriterin zarar özelliği gösterdiği söylenebilir. S_{+i} fayda ölçütleri toplamını, S_{-i} ise zarar ölçütleri toplamını göstermek üzere, ölçüt bazlı toplam ağırlıklı normalize değerler eşitlik (42) ve eşitlik (43) kullanılarak hesaplanmaktadır. Eşitliklerde belirtilen $\hat{x}_{+ij}$ ve $\hat{x}_{-ij}$ ağırlıklı normalize performans değerleri, sırasıyla fayda ve zarar ölçütlerine sahip performans değerlerini ifade etmektedir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293).

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^{k} \hat{x}_{+ij} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,k \tag{42}$$

$$S_{-i} = \sum_{j=k+1}^{n} \hat{x}_{-ij} \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = k+1, k+2,\dots,n \tag{43}$$

3.5.2.7. Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

Bir önceki adımda elde edilen S_{+i} ve S_{-i} değerleri her bir alternatifin karar probleminde hedeflenen amaca ne derecede ulaştığının bir göstergesidir. S_{+i} ve S_{-i} parametreleri kullanılarak hesaplanacak Q_i değeri i. alternatifin göreceli önem değerini göstermek üzere, eşitlik (44) kullanılarak hesaplanmaktadır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293).

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-min} \cdot \sum_{i=1}^{m} S_{-i}}{S_{-i} \cdot \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{S_{-min}}{S_{-i}}\right)} \quad i = 1,2,\dots,m \tag{44}$$

Eşitlikte yer alan S_{-min} parametresi, S_{-i} değerlerinden en küçük (minimum) olanını ifade etmektedir (Çil vd., 2021, s. 251). Hesaplanan Q_i değeri ne kadar büyük ise temsil ettiği alternatif o oranda idealdir (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293).

3.5.2.8. Performans İndeksi Değerlerinin Hesaplanması

Q_i değeri ile direkt ilişki içerisinde olan performans indeksi, alternatiflerin göreli önem değerinin ideal alternatif ile karşılaştırılması için kullanılmaktadır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293). P_i, i. alternatifin performans indeksi değerini göstermek üzere, eşitlik (45) kullanılarak hesaplanmaktadır (Çil vd., 2021, s. 251).

$$P_i = \left[\frac{Q_i}{Q_{max}}\right] . 100\ \% \quad i = 1,2,\dots,m \tag{45}$$

Eşitlikten de görüleceği üzere yüzdesel bir oran olan performans indeksi değeri en ideal alternatif 100% olmak üzere 0% - 100% aralığında değerler almaktadır (Yıldırım ve Timor, 2019, s. 293).

3.5.2.9. Alternatiflerin Sıralanması

Bulanık COPRAS yönteminde yapılan tüm hesaplamaların ardından elde edilen P_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin tercih sıralaması elde edilmektedir (Çil vd., 2021, s. 251).

3.6. COPELAND Yöntemi

Copeland yöntemi, her bir belirleyici faktör için kazanma ve kaybetme sayısına göre birkaç alternatifi sıralamak için kullanılan bir yöntemdir (Naderi vd., 2013, s. 63). Uzun bir geçmişi olan Copeland yöntemi 13. yüzyılda Ramon Llull'un "Ars Electionis" adlı incelemesinde bu yöntemin bir varyantını bulmasıyla ortaya çıkmıştır. 15. yüzyılda Cusalı Nicholas ve 18. yüzyılda Marquis de Condorcet tarafından tartışılan yöntem adını 1951 yılındaki bir konferansta yöntemi savunan Arthur H. Copeland'dan almıştır (Pramanik, 2022, s. 5).

Copeland yöntemi, alternatif çok kriterli karar verme yöntemlerini karşılaştırarak sıralanmasını sağlamaktadır. Bu süreçte, diğer alternatifler tarafından galip veya mağlup olmalarına bağlı olarak her alternatif için 1 ve 0 puan verilmektedir. Yöntem, kazanma ve kaybetme puanlarını her alternatif için toplam puana dönüştürür ve buna göre sıralama yapar (Arslan ve Bircan, 2020, s. 117). Copeland yönteminin kullanılmasının en önemli avantajı, bu yöntemin her alternatifi kendi sırasına göre değerlendirmesi bu yüzden normalleştirmeye gerek olmamasıdır (Erol vd., 2022, s. 7).

Literatürde "toplamsal sıralama kuralı", "çarpımsal sıralama kuralı", "Borda yöntemi" ve "Copeland yöntemi" gibi farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin sonuçlarından ortak ağırlıklı sıralama sonucu ortaya koyan bazı yöntemler bulunmaktadır. Çalışmalarda sıklıkla kullanılan Borda yönteminin öznel yargılara açık olması nedeniyle Copeland yönteminin Borda yönteminden daha avantajlı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca diğer yöntemlere göre daha etkili ve istikrarlı bir yöntem olan Copeland yöntemi geniş bir nesne koleksiyonunun kısmi analizini kolaylaştırabilmektedir (Güler vd., 2021, s. 424).

3.6.1. COPELAND Yöntemi Çözüm Adımları

Temel olarak 5 adımdan oluşan COPELAND yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibidir.

3.6.1.1. Alternatifler Arasında İkili Karşılaştırma Yapılması

Copeland yönteminin ilk adımında alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Her bir $f_k(i,j)$ değerine, A_i ve A_j alternatifleri karşılaştırmasında A_i alternatifi galip gelmiş ise '1'; A_j alternatifi galip gelmiş ise '0' verilmektedir. Bu

ifadeler $f_k(i,j) = \{0,1\}$ olmak üzere eşitlik (46)'da gösterilmektedir (Çakır, 2017, s. 47).

$$f_k(i,j) = \begin{cases} 1 & r_k(A_i) < r_k(A_j) \quad ve\ i \neq j \\ 0 & r_k(A_i) > r_k(A_j) \quad ve\ i \neq j \\ boş\ (-) & r_k(A_i) = r_k(A_j) \quad veya\ i = j \end{cases} \tag{46}$$

3.6.1.2. Skorların Hesaplanması

Bu adımda karar verici bazında skorlar hesaplanmaktadır. $f_k(i,j)$, A_j alternatifinin A_j alternatifine göre her bir karar vericiden elde ettiği toplam oy sayısını göstermektedir. Eşitlik (47) kullanılarak i. alternatifin j. alternatife göre aldığı oy sayısı bulunmaktadır (Çakır, 2017, s. 47). Eşitlikte belirtilen k sıra sayısı , m ise kullanılan çok kriterli karar verme yöntem sayısını ifade etmektedir (Güler vd., 2021, s. 424).

$$S(i,j) = \sum_{k=1}^{m} f_k(i,j)\ ve\ i \neq j \tag{47}$$

3.6.1.3. Değerlendirilme Yapılması

Bu adımda galibiyet, yenilgi ve beraberlik değerlendirmesi yapılmaktadır. $S(i,j)$ değerlerine göre her bir alternatif için eşitlik (48)'deki denklemler uygulanır (Güler vd., 2021, s. 424). Elde edilen $S(i,j)$ yardımıyla alternatifler arasındaki karşılaştırmada, galipler bulunacaktır. Eşitliğe bakıldığında galip gelen taraf "1" puan, yenilen taraf "-1" puan almaktadır. Eşitlik durumunda ise "1/2" puan verilmektedir (Çakır, 2017, s. 47).

$$G(i,j) = \begin{cases} 1 & S(i,j) > (m - S(i,j)) \quad i \neq j \\ 1/2 & S(i,j) = (m - S(i,j)) \quad i \neq j \\ -1 & S(i,j) < (m - S(i,j)) \quad i \neq j \end{cases} \tag{48}$$

3.6.1.4. Copeland Puanının Hesaplanması

Bu adımda alternatifler için Copeland puanı (CP_i) hesaplanmaktadır. Yapılan işlemler sonucu elde edilen puanlar küçükten büyüğe doğru sıralanarak karar problemindeki alternatifler için nihai sıralama belirlenir. Eşitliklerde belirtilen GP_i galibiyet puanını; BP_i beraberlik puanını; YP_i ise yenilgi puanını göstermektedir (Güler vd., 2021, s.

424). Elde edilen 1 ve 1/2 puanlarına sahip $G(i,j)$ değerleri alternatifler bazında toplanarak galibiyet puanına (GP_i); -1 puana sahip $G(i,j)$ değerleri toplanarak alternatifin yenilgi puanına (YP_i) ulaşılır. GP_i değerini bulmak için eşitlik (49), YP_i değerini bulmak için ise eşitlik (50) kullanılmaktadır (Çakır, 2017, s. 48).

$$GP_i = \sum_{i=1}^{n} G(i,j) \qquad G(i,j) > 0 \text{ olması durumunda} \tag{49}$$

$$YP_i = \sum_{i=1}^{n} G(i,j) \qquad G(i,j) < 0 \text{ olması durumunda} \tag{50}$$

Eşitlik (51)'de elde edilen GP_i ve YP_i değerlerinin toplanması sonucu Copeland puanına (CP_i) ulaşılmaktadır (Çakır, 2017, s. 48).

$$CP_i = GP_i + YP_i \tag{51}$$

3.6.1.5. Alternatiflerin Sıralanması

Copeland puanı yüksek olanın en iyi olduğu sonucundan hareketle; alternatifler, elde edilen Copeland puanlarına göre sıralanır. Copeland puanları arasında eşitlik söz konusu olduğunda, *i* değeri küçük olan sıralamada üstte yer almaktadır (Çakır, 2017, s. 48).

4. UYGULAMA

Bu çalışmanın amacı, imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların ve bu zorluklara ait çözüm önerilerinin değerlendirilmesidir. Araştırmanın verileri, imalat sektöründe bulunan ve yeşil tedarik zinciri uygulamaları hakkında bilgi sahibi olan on bir katılımcı ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucu elde edilmiştir. Karar verme grubundaki katılımcılara ait bilgiler Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Karar Verme Grubundaki Katılımcılara Ait Bilgiler

Karar Vericiler	Eğitim Durumu	Yaşı	İş Tecrübesi	Mesleği	Uzmanlık Alanı
KV1	Yüksek Lisans	29	6 yıl	Yönetim Kurulu Üyesi	Tedarik Zinciri Yönetimi
KV2	Lisans	38	16 yıl	Genel Müdür	Üretim ve Operasyon Yönetimi
KV3	Lisans	62	39 yıl	Genel Müdür	Tedarik Zinciri Yönetimi
KV4	Yüksekokul	46	27 yıl	Genel Müdür	Tedarik Zinciri Yönetimi
KV5	Lise	46	17 yıl	Genel Müdür	Üretim ve Operasyon Yönetimi
KV6	Lisans	60	38 yıl	Genel Müdür	Sürdürülebilirlik
KV7	Lise	30	11 yıl	Üretim Müdürü	İmalat
KV8	Lisans	28	6 yıl	Genel Müdür	İmalat
KV9	Lisans	48	25 yıl	Genel Müdür	İmalat
KV10	Lise	52	32 yıl	Genel Müdür	İmalat
KV11	Lise	68	35 yıl	Genel Müdür	İmalat

Demirci ve Uygur 2021 yılında denizcilik sektöründe çalışmakta olan 10 katılımcı ile gerçekleştirdikleri çalışmada denizcilik mesleği seçimindeki etkileri DEMATEL yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Zhang vd. 2019 yılında bulanık EDAS yöntemini kullandıkları çalışmada alanında uzman 3 katılımcıyla yaptıkları görüşmeler sonucu yeşil tedarikçi seçimini analiz etmişlerdir. Ansari vd. 2020 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada sürdürülebilir tedarik zinciri risklerini azaltmak için buldukları çözüm önerilerini değerlendirmişlerdir. Bulanık COPRAS yöntemini

kullandıkları çalışmada 10 yıldan fazla deneyime sahip 5 uzman yer almaktadır. Literatürdeki çalışmalardaki katılımcılarının sayısının, bu çalışmadaki katılımcı sayısı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Bu veri analizi, işletmelerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarında karşılaşılabilen zorluk faktörlerinin neler olduğunu belirtmek ve bulunan çözüm önerileri ile yöneticilere, çalışanların ve işletmelerin çevresel performansını artıran yeşil tedarik zinciri uygulamalarının hayata geçirilmesinde yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Uygulamada yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar için beş ana kriter ve yirmi iki alt kriter ile sekiz çözüm önerisi ele alınmıştır. Araştırmada elde edilen verilerin analizinde, Python programının 3.10.2 versiyonu ve Microsoft Excel programının yardımıyla çoklu karar verme yöntemlerinden DEMATEL, Bulanık EDAS, Bulanık COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşmak için COPELAND yöntemi uygulanmıştır. Literatür taraması sonucu bulunan zorluk kriterleri DEMATEL yöntemi ile ağırlıklandırılıp, çözüm önerilerinin değerlendirilmesi aşamasında ise EDAS ve COPRAS yöntemleri bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılmıştır. Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılmıştır.

4.1. DEMATEL Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Ana zorluklar ve alt zorluklar katılımcılara sunulmuş ve zorlukları Tablo 4'te verilen ikili karşılaştırma ölçeğine göre değerlendirmeleri istenmiştir. Örnek olması açısından ilk katılımcının yapmış olduğu değerlendirmeler EK-1'de gösterilmiştir.

Katılımcılar tarafından doldurulmuş formlardan elde edilen veriler toplandıktan sonra, DEMATEL yönteminin matematiksel işlemleri aşama aşama uygulanarak yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluk kriterleri arasındaki etki, önem derecesi ve ilişki yapısı sonuçları ortaya konulmuştur. Ayrıca kriter ağırlıkları belirlenip kriterlerin önem derecelerine göre sıralanması gerçekleştirilmiştir. DEMATEL yönteminde gerekli olan matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için Microsoft Excel programının 2210 versiyonu kullanılmıştır.

4.1.1. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Ana Zorluklara İlişkin Bulgular

4.1.1.1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması:

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar için öncelikle beş ana kriter değerlendirilmiştir. On bir katılımcı, kendi bilgi ve tecrübelerine göre ana kriterleri değerlendirmişlerdir. Bu adımda on bir katılımcının yapmış olduğu değerlendirmelerinden elde edilen bireysel ikili karşılaştırma matrislerinin aritmetik ortalaması alınarak doğrudan ilişki matrisi elde edilmektedir. Doğrudan ilişki matrisi Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Doğrudan İlişki Matrisi X

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar	**Satır Toplamı**
Maliyet	0,0000	3,5455	2,8182	2,6364	2,2727	11,2727
Teknoloji	3,5455	0,0000	2,3636	2,8182	2,0909	10,8182
Katılım ve Destek	2,0909	2,7273	0,0000	3,2727	2,5455	10,6364
Bilgi ve Deneyim	2,5455	2,4545	2,9091	0,0000	2,3636	10,2727
Örgüt Dışı Unsurlar	2,9091	2,2727	2,6364	2,2727	0,0000	10,0909
Sütun Toplamı	11,0909	11,0000	10,7273	11,0000	9,2727	

4.1.1.2. Doğrudan İlişki Matrisinin Normalleştirilmesi

Bu adımda doğrudan ilişki matrisi *X*'in normalleştirilmesi yapılmaktadır. Bunun için, *X* matrisinin her bir satır ve sütun toplamları bulunur ve *X* matrisindeki her değer en büyük toplam değere bölünerek normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi $\tilde{X}$ elde edilir. Normalleştirme işlemi için DEMATEL yönteminde belirtilen eşitlik (2) ve eşitlik (3)'ten yararlanılmaktadır. Buna göre oluşturulan normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi Tablo 9'da yer almaktadır.

Tablo 9. Normalleştirilmiş Doğrudan İlişki Matrisi $\tilde{X}$

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	0,0000	0,3145	0,2500	0,2339	0,2016
Teknoloji	0,3145	0,0000	0,2097	0,2500	0,1855
Katılım ve Destek	0,1855	0,2419	0,0000	0,2903	0,2258
Bilgi ve Deneyim	0,2258	0,2177	0,2581	0,0000	0,2097
Örgüt Dışı Unsurlar	0,2581	0,2016	0,2339	0,2016	0,0000

4.1.1.3. Toplam Etki Matrisinin Oluşturulması

DEMATEL yönteminde eşitlik 4'te belirtilen formül kullanılarak toplam etki matrisi T elde edilmektedir. T matrisinin elde edilmesi için eşitlik (4) kullanılarak, ilk olarak birim matris I oluşturulur, daha sonra birim matris I'dan normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi X çıkartılarak I-X matrisi elde edilmektedir.

Tablo 10. Birim Matris I

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Teknoloji	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Katılım ve Destek	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
Bilgi ve Deneyim	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000
Örgüt Dışı Unsurlar	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000

Tablo 11. $I - X$ Matrisi

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	1,0000	-0,3145	-0,2500	-0,2339	-0,2016
Teknoloji	-0,3145	1,0000	-0,2097	-0,2500	-0,1855
Katılım ve Destek	-0,1855	-0,2419	1,0000	-0,2903	-0,2258
Bilgi ve Deneyim	-0,2258	-0,2177	-0,2581	1,0000	-0,2097
Örgüt Dışı Unsurlar	-0,2581	-0,2016	-0,2339	-0,2016	1,0000

I – X matrisinin tersi olan $(I - X)^{-1}$ matrisi elde edilir. $(I - X)^{-1}$ matrisi Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12. $(I - X)^{-1}$ Matrisi

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	4,4462	3,6809	3,5537	3,6252	3,1417
Teknoloji	3,5806	4,3363	3,4260	3,5290	3,0398
Katılım ve Destek	3,4259	3,4550	4,1838	3,4859	3,0072
Bilgi ve Deneyim	3,3702	3,3610	3,3103	4,1796	2,9267
Örgüt Dışı Unsurlar	3,3500	3,3098	3,2537	3,3049	3,7170

Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi $\tilde{X}$ ile $(I - X)^{-1}$ matrisi çarpılarak toplam etki matrisi T elde edilir. Toplam etki matrisi T, Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 13. Toplam Etki Matrisi T

	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	3,4462	3,6809	3,5537	3,6252	3,1417
Teknoloji	3,5806	3,3363	3,4260	3,5290	3,0398
Katılım ve Destek	3,4259	3,4550	3,1838	3,4859	3,0072
Bilgi ve Deneyim	3,3702	3,3610	3,3103	3,1796	2,9267
Örgüt Dışı Unsurlar	3,3500	3,3098	3,2537	3,3049	2,7170

4.1.1.4. Etkileyen ve Etkilenen Değişkenlerin Belirlenmesi

Bir önceki adımda elde edilen toplam etki matrisi T'nin satır (D) ve sütun (R) toplam değerleri hesaplanmaktadır. D-R dikey vektörü, D ve R değerleri birbirinden çıkarılarak oluşturulmaktadır. D-R vektör değeri, diğer faktörlerle olan ilişkiyi göstermektedir. Etkileyen faktör grubunda, D-R değeri sıfırdan büyük olan faktör yer

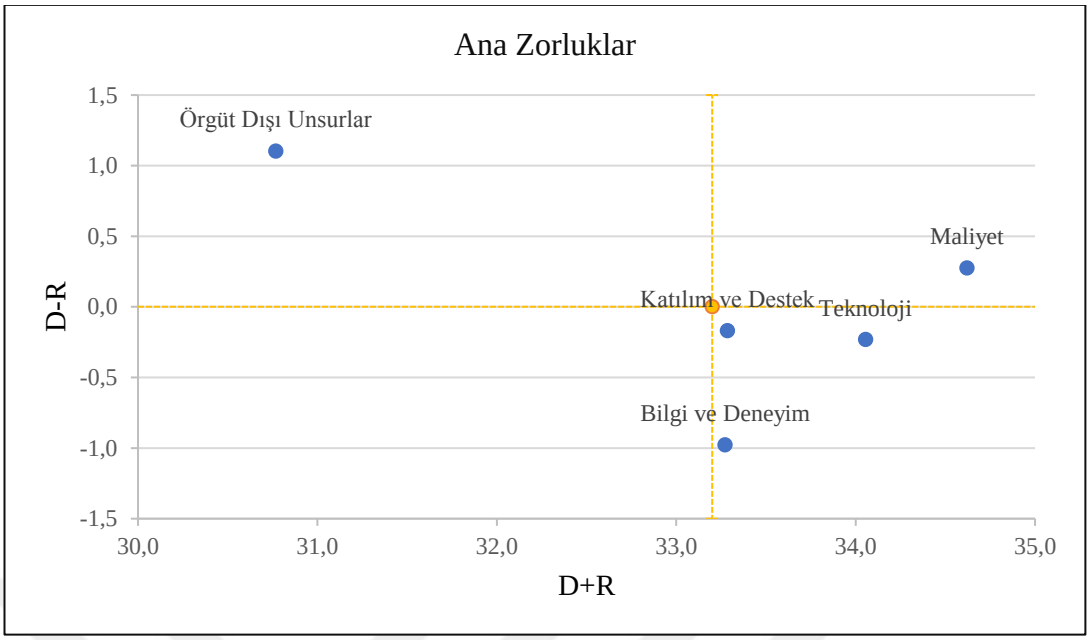
almaktadır. Etkilenen faktör grubunda ise D-R değeri sıfırdan küçük olan faktör yer almaktadır. Etkileyen faktör grubunda yer alan faktörler, sistem içerisinde diğer faktörlere göre daha büyük etkiye sahiptir. Etkileyen faktörlerin aynı zamanda sistem içerisinde öncelikleri olduğu varsayılmaktadır. Etkilenen faktör grubundaki faktörler ise diğer faktörlerden etkilenmekte ve sistem içerisinde diğer kriterlere göre düşük önceliğe sahip oldukları kabul edilmektedir. T matrisinden elde edilen veriler doğrultusunda, D+R ve D-R değerleri elde edilmiş ve Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14. D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Sonuç**
Maliyet	17,4478	17,1729	34,6206	0,2749	Etkileyen
Teknoloji	16,9118	17,1431	34,0549	-0,2313	Etkilenen
Katılım ve Destek	16,5578	16,7275	33,2852	-0,1697	Etkilenen
Bilgi ve Deneyim	16,1478	17,1246	33,2724	-0,9768	Etkilenen
Örgüt Dışı Unsurlar	15,9354	14,8324	30,7679	1,1030	Etkileyen

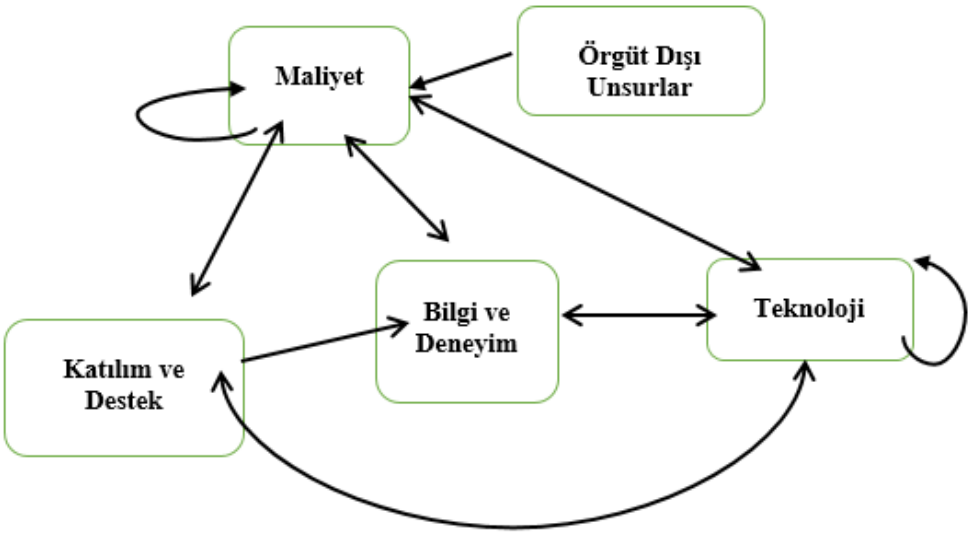
4.1.1.5. Etki Diyagramı ve İlişki Haritasının Çizilmesi

Tablo 14'e göre, en büyük D+R değerine sahip boyut en önemli boyutu temsil etmektedir ve en kritik zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Buna göre; maliyet faktörü, en büyük D+R değerine sahip olduğu için yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin en kritik zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında, örgüt dışı unsurlar faktörü pozitif D-R değerine sahiptir ve sistem içerisinde yer alan diğer faktörler üzerinde etkiye sahiptir. Tablo incelendiğinde katılım ve destek, bilgi ve deneyim ve teknoloji faktörleri negatif D-R değerine sahiptir ve sistemde yer alan diğer faktörlerden etkilenmektedirler. Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin ana zorluklar etki diyagramı Tablo 15'te yer almaktadır.



Tablo 15. Ana Zorluklar Etki Diyagramı

Etki diyagramı elde etmek ve diyagramdaki ilişkilerin belirlenmesi ve daha doğru analiz edilmesi için toplam etki matrisi T'nin ortalaması alınarak eşik değer belirlenmiştir. Buna göre eşik değeri 3,3200 olarak bulunmuştur. T matrisinde 3,3200 değerinden daha büyük değerlerin etki düzeyleri belirlenmiştir ve buna göre kriterler arası ilişki haritası belirlenmiştir. Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin ana zorluklar ilişki haritası Şekil 7'de yer almaktadır. İlişki haritasında yer alan tek yönlü oklar bir kriterin diğer kriteri etkilediğini; çift yönlü oklar ise her iki faktörün birbirini etkilediğini göstermektedir.



Şekil 7. Ana Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin ana zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 16'da yer almaktadır.

Tablo 16. Ana Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Maliyet	17,4478	17,1729	34,6206	0,2749	34,6196	0,2086
Teknoloji	16,9118	17,1431	34,0549	-0,2313	34,0541	0,2052
Katılım ve Destek	16,5578	16,7275	33,2852	-0,1697	33,2848	0,2006
Bilgi ve Deneyim	16,1478	17,1246	33,2724	-0,9768	33,2580	0,2004
Örgüt Dışı Unsurlar	15,9354	14,8324	30,7679	1,1030	30,7481	0,1853
Eşitlik Toplamı					**165,9646**	

En yüksek D+R değerine sahip olan kriter, en önemli kriter olarak kabul edilmektedir. Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin ana zorluk faktörlerinin değerlendirildiği bu çalışmada, etki ve ilişki düzeyleri ele alındığında, yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin en önemli ana zorluğun "maliyet" olduğu sonucuna varılmaktadır. İlişki haritası ele alındığında, maliyet faktöründe yapılacak bir değişiklik diğer faktörler üzerinde etki yaratacaktır. Maliyet faktörünün yanında, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının hayata geçirilmesine etki eden diğer zorluk faktörü ise "teknoloji" faktörüdür. Bulunan bu zorluk faktörlerinde yapılacak olan iyileştirmeler sistemin içerisinde yer alan diğer faktörleri de etkileyecek ve yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarıya ulaşmasını sağlayacaktır.

4.1.2. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Maliyete İlişkin Zorluklara Ait Bulgular

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında maliyete ilişkin zorlukların değerlendirilmesi için DEMATEL yönteminin çözüm adımları uygulanmıştır. Maliyete ilişkin zorluklar toplam etki matrisi T, Tablo 17'de yer almaktadır.

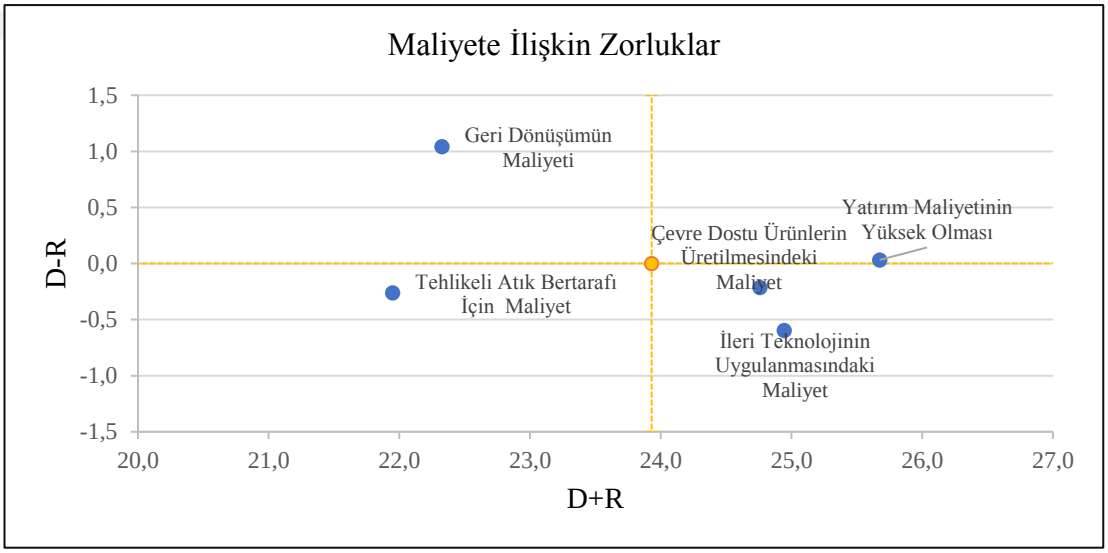
Tablo 17. Maliyete İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T

	Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	Geri Dönüşümün Maliyeti
Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	2,5891	2,7477	2,8217	2,3999	2,2952
Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	2,6811	2,4023	2,6450	2,3222	2,2216
İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	2,6972	2,5732	2,4413	2,2757	2,1867
Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	2,3310	2,2962	2,3385	1,8872	1,9903
Geri Dönüşümün Maliyeti	2,5231	2,4669	2,5245	2,2203	1,9481

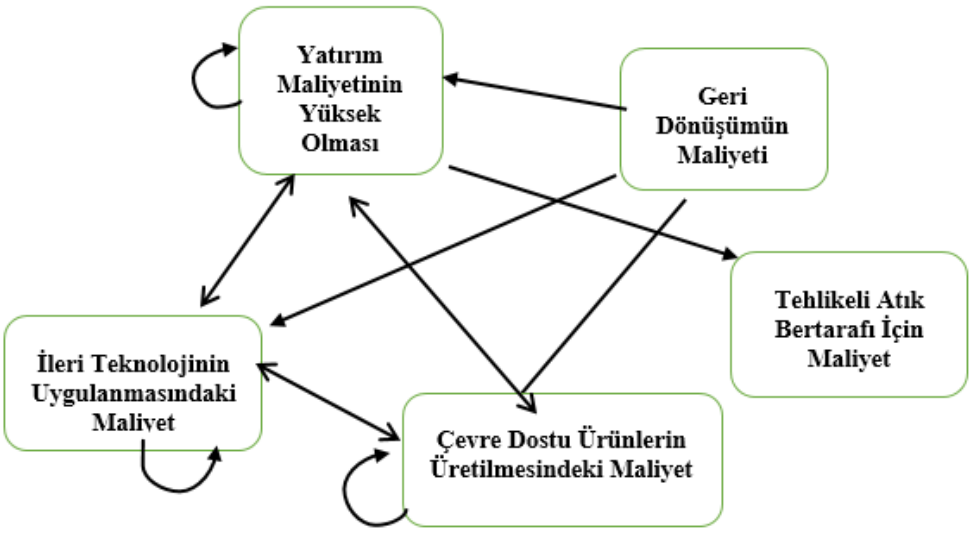
Tablo 18. Maliyete İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Sonuç**
Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	12,8536	12,8215	25,6752	0,0321	Etkileyen
Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	12,2723	12,4863	24,7585	-0,2140	Etkilenen
İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	12,1740	12,7710	24,9450	-0,5970	Etkilenen
Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	10,8433	11,1053	21,9486	-0,2620	Etkilenen
Geri Dönüşümün Maliyeti	11,6828	10,6419	22,3247	1,0408	Etkileyen

Tablo 18'e göre, pozitif D-R değerine sahip "yatırım maliyetinin yüksek olması" ve "geri dönüşümün maliyeti" faktörleri sistemin içerisindeki diğer faktörleri etkileyen faktörlerdir. Negatif D-R değerine sahip "çevre dostu ürünlerin üretilmesindeki maliyet", "ileri teknolojinin uygulanmasındaki maliyet" ve "tehlikeli atık bertarafı için maliyet" faktörleri diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Elde edilen sonuçlara göre; "geri dönüşümün maliyeti" alt kriteri maliyete ilişkin zorluklar faktörünün en kritik zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, "yatırım maliyetinin yüksek olması" alt kriteri de yüksek D+R değeri ve pozitif D-R değerine sahip olduğundan maliyete ilişkin zorluklar faktörü açısından bir diğer kritik zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir.



Tablo 19. Maliyete İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı



Şekil 8. Maliyete İlişkin Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında maliyete ilişkin zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 20'de yer almaktadır.

Tablo 20. Maliyete İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	12,8536	12,8215	25,6752	0,0321	25,6751	0,2146
Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	12,2723	12,4863	24,7585	-0,2140	24,7576	0,2070
İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	12,1740	12,7710	24,9450	-0,5970	24,9379	0,2085
Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	10,8433	11,1053	21,9486	-0,2620	21,9470	0,1835
Geri Dönüşümün Maliyeti	11,6828	10,6419	22,3247	1,0408	22,3005	0,1864
Eşitlik Toplamı					**119,6181**	

Elde edilen veriler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarında maliyete ilişkin zorluk kriterleri arasında en önemli zorluğun "yatırım maliyetinin yüksek olması" olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca pozitif D-R sonucu elde edilmesinden dolayı "geri dönüşümün maliyeti" alt kriteri de bir diğer önemli zorluklardan biridir.

4.1.3. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Teknolojiye İlişkin Zorluklara Ait Bulgular

DEMATEL yönteminde gerekli olan matematiksel işlemler uygulanarak yeşil tedarik zinciri uygulamalarında teknolojiye ilişkin zorlukların değerlendirmesi yapılmıştır.

Teknolojiye ilişkin zorluklar toplam etki matrisi T, tablo 21'de gösterilmiştir.

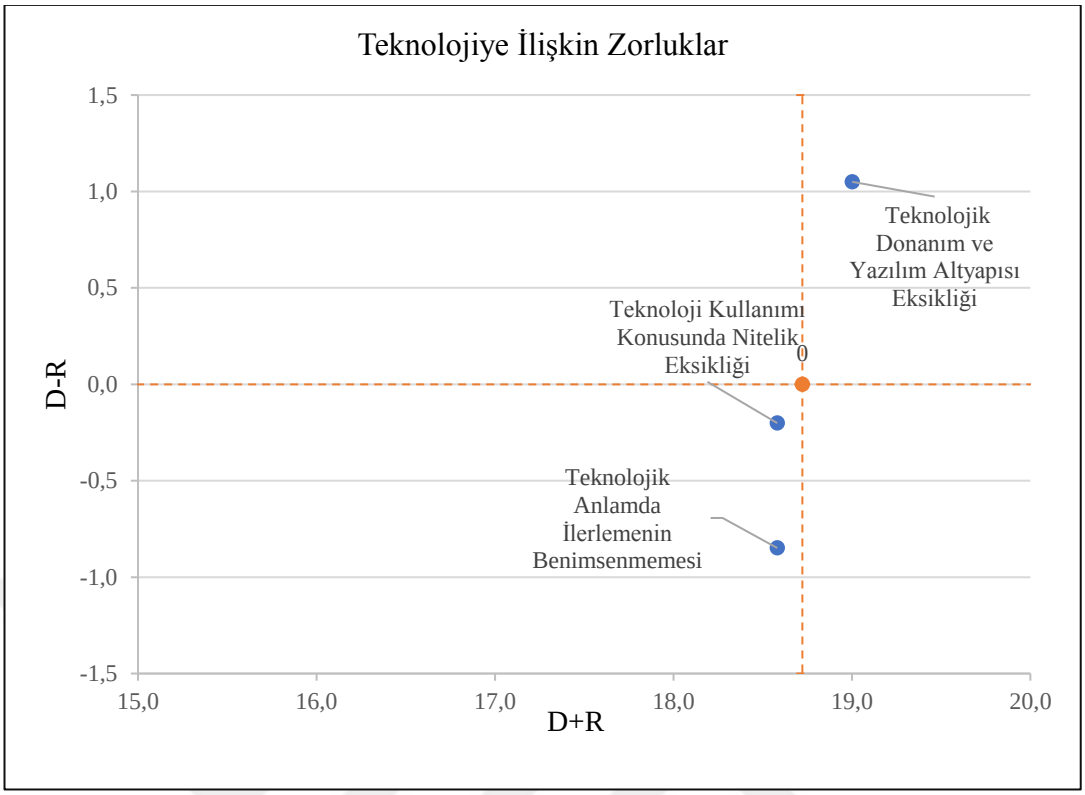
Tablo 21. Teknolojiye İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T

	Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği
Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	2,9914	3,5747	3,4598
Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	2,9402	2,8634	3,0628
Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	3,0442	3,2772	2,8689

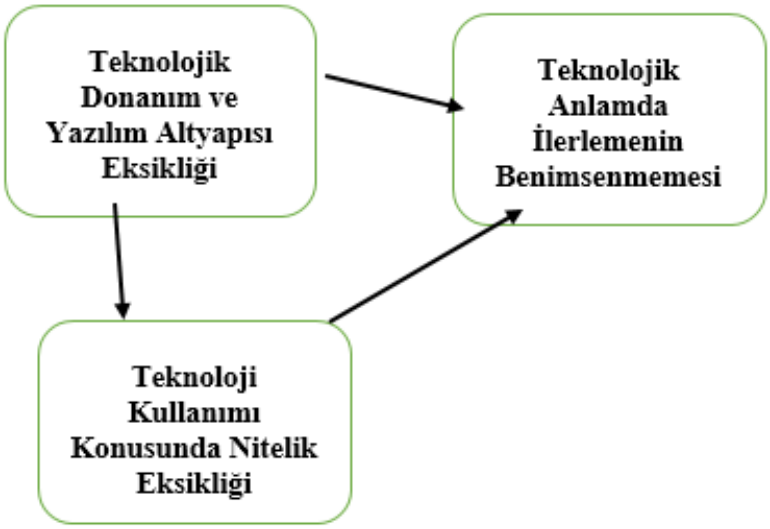
Tablo 22. Teknolojiye İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Sonuç**
Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	10,0259	8,9758	19,0018	1,0501	Etkileyen
Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	8,8665	9,7153	18,5817	-0,8488	Etkilenen
Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	9,1902	9,3915	18,5817	-0,2013	Etkilenen

Tablo 22'ye göre, pozitif D-R değerine sahip "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" faktörü sistemin içerisindeki diğer faktörleri etkileyen faktördür. Negatif D-R değerine sahip olan "teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmemesi" ve "teknoloji kullanımı konusunda nitelik eksikliği" faktörleri diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Elde edilen sonuçlara göre; "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" kriteri yeşil tedarik zinciri uygulamalarında teknolojiye ilişkin zorluklarda önemli zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Teknolojiye ilişkin zorluklar etki diyagramı Tablo 23'te gösterilmiştir.



Tablo 23. Teknolojiye İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı



Şekil 9. Teknolojiye İlişkin Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında teknolojiye ilişkin zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 24'te yer almaktadır.

Tablo 24. Teknolojiye İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	10,0259	8,9758	19,0018	1,0501	18,9727	0,3381
Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	8,8665	9,7153	18,5817	-0,8488	18,5623	0,3308
Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	9,1902	9,3915	18,5817	-0,2013	18,5806	0,3311
Eşitlik Toplamı					**56,1157**	

Elde edilen veriler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarında teknolojiye ilişkin zorluk kriterleri arasında en önemli zorluğun "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" olduğu sonucuna varılmaktadır.

4.1.4. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklara Ait Bulgular

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında katılım ve desteğe ilişkin zorlukların değerlendirilmesi için DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Katılım ve desteğe ilişkin zorluklar toplam etki matrisi T, Tablo 25'te yer almaktadır.

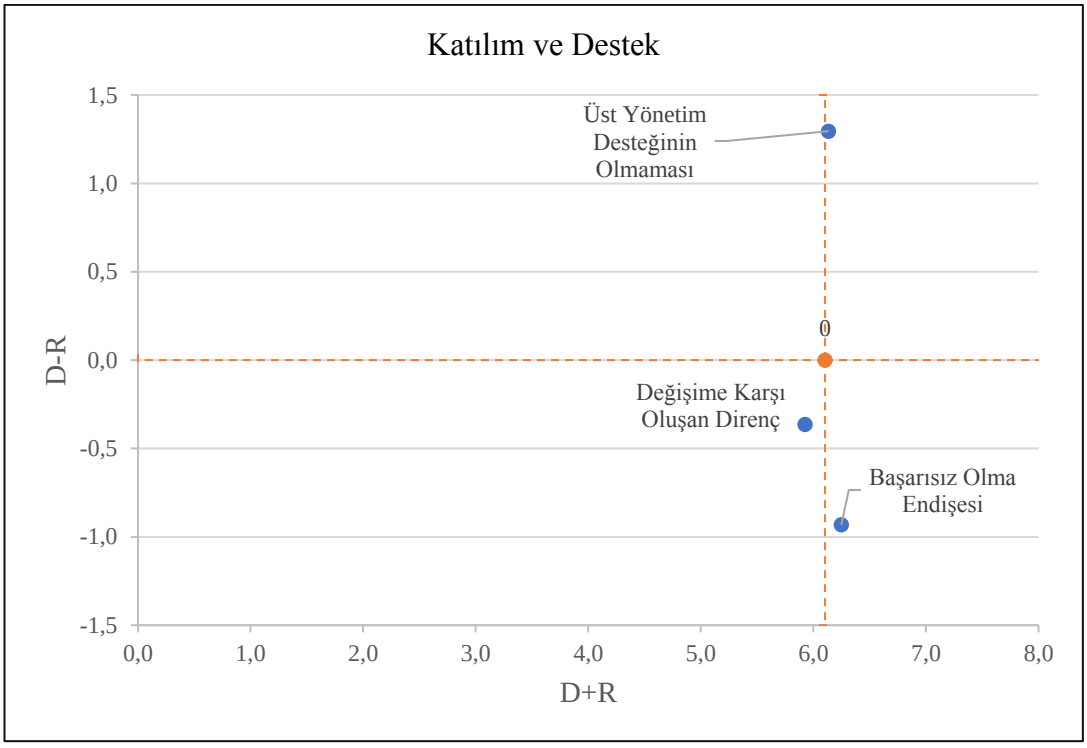
Tablo 25. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T

	Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	Değişime Karşı Oluşan Direnç	Başarısız Olma Endişesi
Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	0,8062	1,3612	1,5475
Değişime Karşı Oluşan Direnç	0,8125	0,7806	1,1880
Başarısız Olma Endişesi	0,8008	1,0032	0,8544

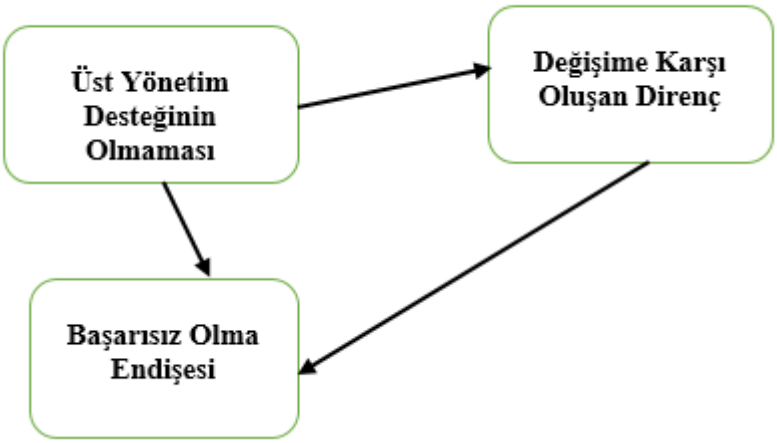
Tablo 26. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	R	D+R	D-R	Sonuç
Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	3,7149	2,4195	6,1344	1,2955	Etkileyen
Değişime Karşı Oluşan Direnç	2,7811	3,1450	5,9262	-0,3639	Etkilenen
Başarısız Olma Endişesi	2,6584	3,5900	6,2484	-0,9316	Etkilenen

Tablo 26'ya göre, pozitif D-R değerine sahip "üst yönetim desteğinin olmaması" faktörü sistemin içerisindeki diğer faktörleri etkileyen faktördür. Negatif D-R değerine sahip olan "değişime karşı oluşan direnç" ve "başarısız olma endişesi" faktörleri diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Elde edilen sonuçlara göre; "üst yönetim desteğinin olmaması" kriteri yeşil tedarik zinciri uygulamalarında katılım ve desteğe ilişkin zorluklarda önemli zorluk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Katılım ve desteğe ilişkin zorluklar etki diyagramı Tablo 27'de gösterilmiştir.



Tablo 27. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı



Şekil 10. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında katılım ve desteğe ilişkin zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 28'de yer almaktadır.

Tablo 28. Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	3,7149	2,4195	6,1344	1,2955	5,9961	0,3315
Değişime Karşı Oluşan Direnç	2,7811	3,1450	5,9262	-0,3639	5,9150	0,3270
Başarısız Olma Endişesi	2,6584	3,5900	6,2484	-0,9316	6,1785	0,3416
Eşitlik Toplamı					**18,0896**	

Elde edilen veriler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarında katılım ve desteğe ilişkin zorluk kriterleri arasında en önemli zorluğun "başarısız olma endişesi" olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.5. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklara Ait Bulgular

DEMATEL yöntemi kullanılarak yeşil tedarik zinciri uygulamalarında bilgi ve deneyime ilişkin zorlukların değerlendirmesi yapılmıştır. Bilgi ve deneyime ilişkin zorluklar toplam etki matrisi T, Tablo 29'da gösterilmiştir.

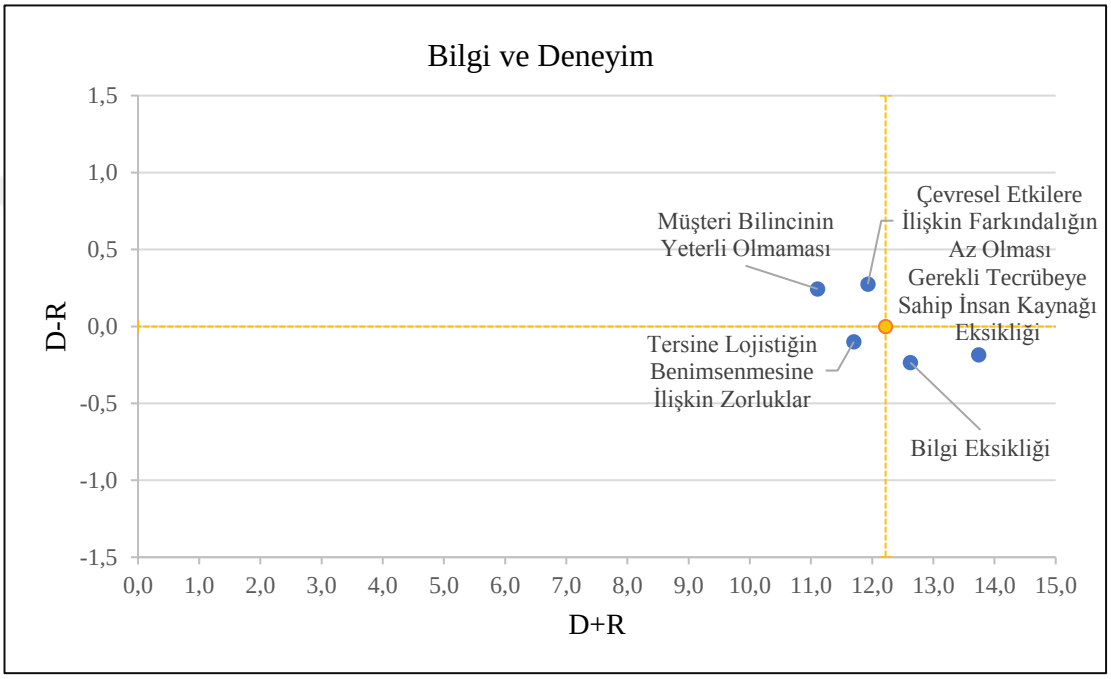
Tablo 29. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T

	Bilgi Eksikliği	Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar
Bilgi Eksikliği	1,1581	1,5020	1,1083	1,2052	1,2216
Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	1,4843	1,3690	1,2454	1,3421	1,3381
Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	1,2065	1,3055	0,8928	1,1199	1,1506
Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	1,3316	1,4372	1,1037	1,0306	1,1988
Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	1,2489	1,3499	1,0817	1,1296	0,9911

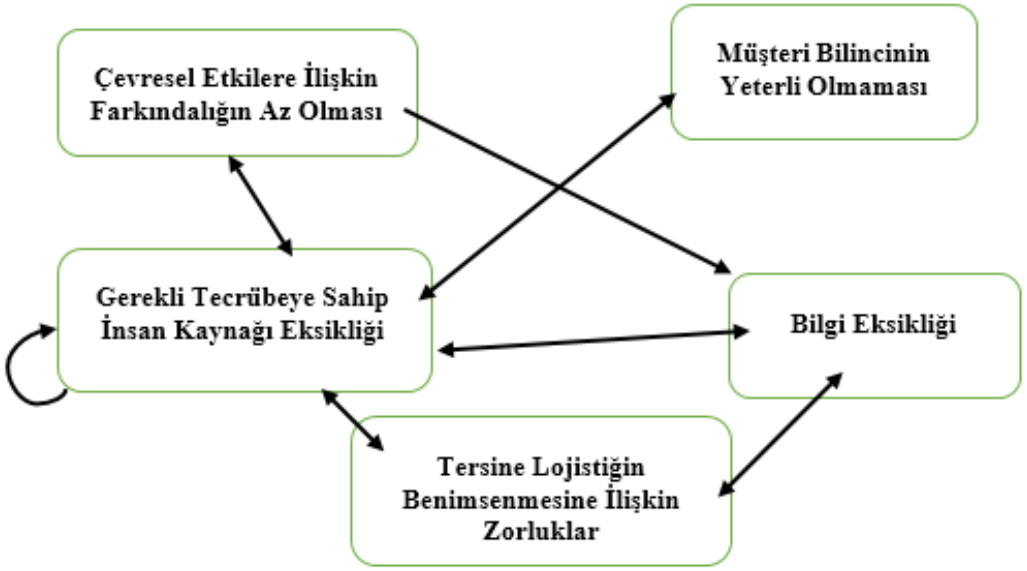
Tablo 30. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Sonuç**
Bilgi Eksikliği	6,1953	6,4294	12,6247	-0,2341	Etkilenen
Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	6,7789	6,9637	13,7426	-0,1847	Etkilenen
Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	5,6754	5,4320	11,1074	0,2433	Etkileyen
Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	6,1019	5,8275	11,9294	0,2744	Etkileyen
Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	5,8012	5,9001	11,7013	-0,0989	Etkilenen

Tablo 30'a göre, pozitif D-R değerine sahip "müşteri bilincinin yeterli olmaması" ve "çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması" faktörleri sistemin içerisindeki diğer faktörleri etkileyen faktörlerdir. Negatif D-R değerine sahip olan "bilgi eksikliği", "gerekli tecrübeye sahip insan kaynağı eksikliği" ve "tersine lojistiğin benimsenmesine ilişkin zorluklar" faktörleri diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Bilgi ve deneyime ilişkin zorluklar etki diyagramı Tablo 31'de gösterilmiştir.



Tablo 31. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı



Şekil 11. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında bilgi ve deneyime ilişkin zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 32'de yer almaktadır.

Tablo 32. Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Bilgi Eksikliği	6,1953	6,4294	12,6247	-0,2341	12,6225	0,2066
Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	6,7789	6,9637	13,7426	-0,1847	13,7413	0,2249
Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	5,6754	5,4320	11,1074	0,2433	11,1047	0,1818
Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	6,1019	5,8275	11,9294	0,2744	11,9263	0,1952
Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	5,8012	5,9001	11,7013	-0,0989	11,7009	0,1915
Eşitlik Toplamı					**61,0957**	

Elde edilen veriler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarında bilgi ve deneyime ilişkin zorluk kriterleri arasında en önemli zorluğun "gerekli tecrübeye sahip insan kaynağı eksikliği" olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca pozitif D-R sonucu elde edilmesinden dolayı "müşteri bilincinin yeterli olmaması" ve "çevresel etkilere ilişkin farkındalığın az olması" alt kriterleri de diğer önemli zorluklardandır.

4.1.6. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarında Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklara Ait Bulgular

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında örgüt dışı unsurlara ilişkin zorluklar, DEMATEL yöntemi aşamaları adım adım uygulanmış ve sonuç olarak değerlendirme yapılmıştır. Örgüt dışı unsurlara ilişkin zorluklar toplam etki matrisi T, Tablo 33'te gösterilmiştir.

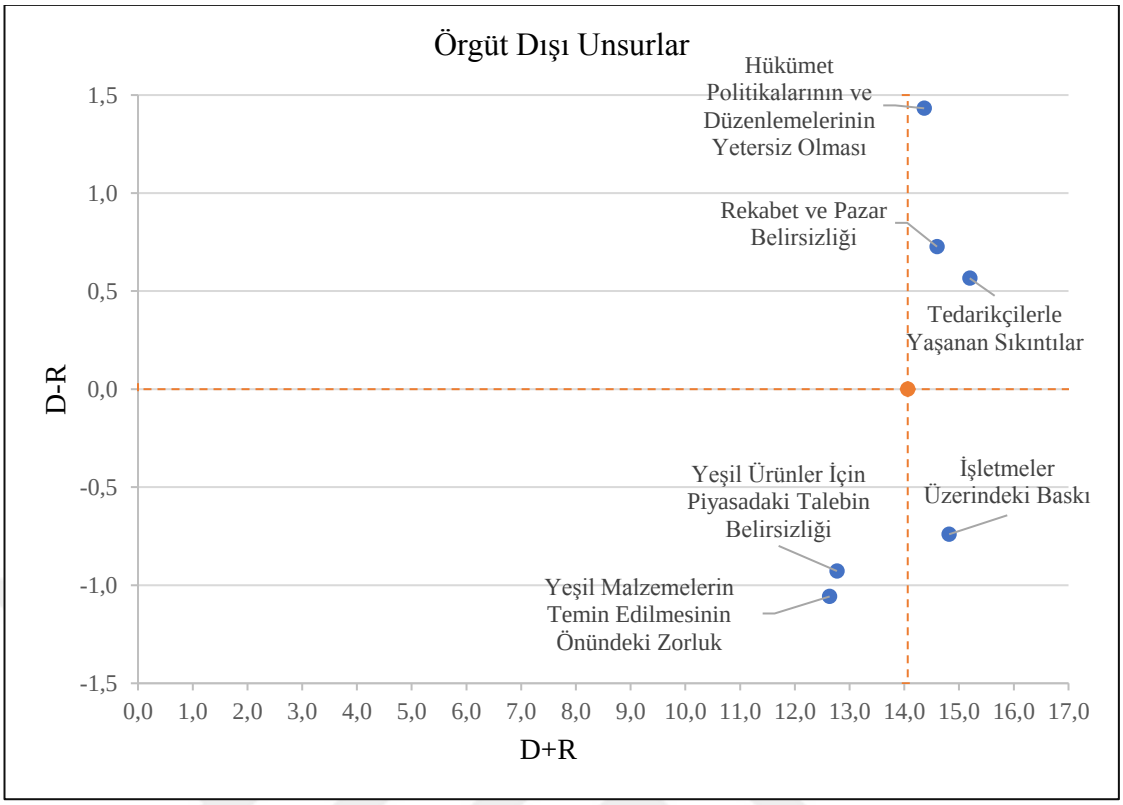
Tablo 33. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar Toplam Etki Matrisi T

	Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	İşletmeler Üzerindeki Baskı	Rekabet ve Pazar Belirsizliği	Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği
Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	1,0846	1,5031	1,3185	1,4150	1,2955	1,2809
İşletmeler Üzerindeki Baskı	1,1217	1,1642	1,2015	1,2538	1,1512	1,1471
Rekabet ve Pazar Belirsizliği	1,2026	1,4593	1,1289	1,3681	1,2370	1,2662
Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	1,2358	1,4931	1,3288	1,2222	1,3024	1,2981
Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	0,8964	1,0666	0,9597	1,0294	0,8411	0,9961
Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	0,9241	1,0931	0,9980	1,0264	1,0194	0,8598

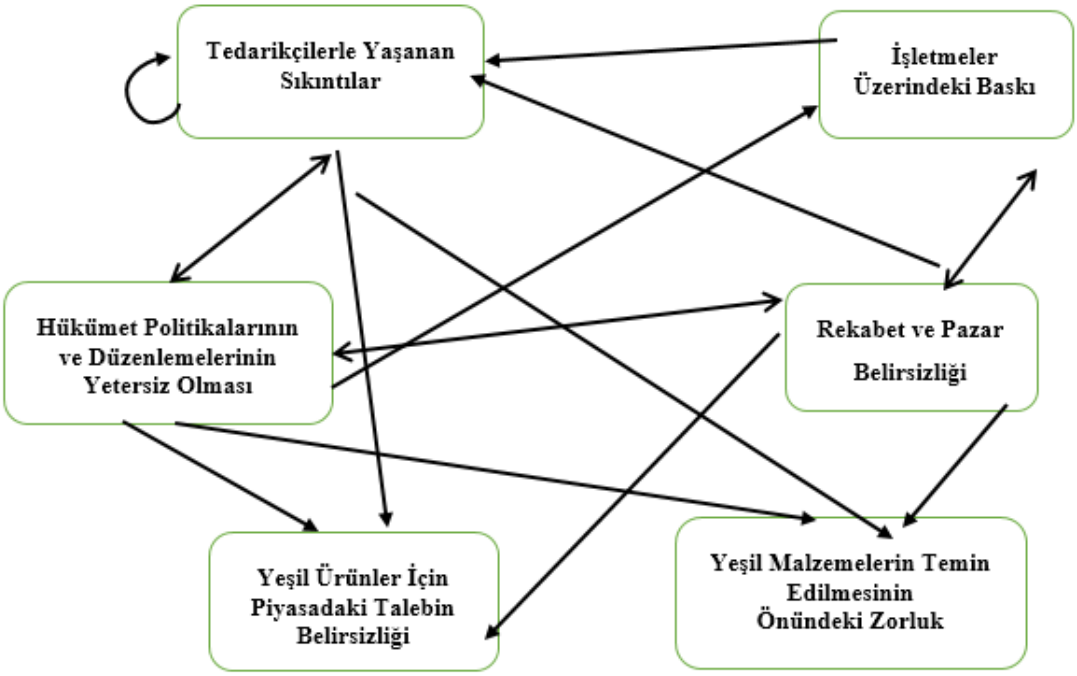
Tablo 34. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar D+R ve D-R Değer Tablosu

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Sonuç**
Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	7,8976	6,4652	14,3627	1,4324	Etkileyen
İşletmeler Üzerindeki Baskı	7,0394	7,7794	14,8188	-0,7399	Etkilenen
Rekabet ve Pazar Belirsizliği	7,6621	6,9355	14,5976	0,7267	Etkileyen
Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	7,8806	7,3151	15,1956	0,5655	Etkileyen
Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	5,7894	6,8466	12,6360	-1,0572	Etkilenen
Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	5,9208	6,8482	12,7691	-0,9274	Etkilenen

Tablo 34'e göre, pozitif D-R değerine sahip "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması", "rekabet ve pazar belirsizliği" ve "tedarikçilerle yaşanan sıkıntılar" faktörleri sistemin içerisindeki diğer faktörleri etkileyen faktörlerdir. Negatif D-R değerine sahip olan "işletmeler üzerindeki baskı", "yeşil malzemelerin temin edilmesinin önündeki zorluk" ve "yeşil ürünler için piyasadaki talebin belirsizliği" faktörleri diğer faktörler tarafından etkilenmektedir. Örgüt dışı unsurlara ilişkin zorluklar etki diyagramı Tablo 35'te gösterilmiştir.



Tablo 35. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar Etki Diyagramı



Şekil 12. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluklar İlişki Haritası

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarında örgüt dışı unsurlara ilişkin zorluk kriterleri ağırlık değerleri Tablo 36'da yer almaktadır.

Tablo 36. Örgüt Dışı Unsurlara İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

	D	**R**	**D+R**	**D-R**	**Eşitlik**	**Ağırlık**
Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	7,8976	6,4652	14,3627	1,4324	14,2911	0,1698
İşletmeler Üzerindeki Baskı	7,0394	7,7794	14,8188	-0,7399	14,8003	0,1758
Rekabet ve Pazar Belirsizliği	7,6621	6,9355	14,5976	0,7267	14,5795	0,1732
Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	7,8806	7,3151	15,1956	0,5655	15,1851	0,1804
Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	5,7894	6,8466	12,6360	-1,0572	12,5917	0,1496
Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	5,9208	6,8482	12,7691	-0,9274	12,7353	0,1513
Eşitlik Toplamı					**84,1831**	

Elde edilen veriler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarında örgüt dışı unsurlara ilişkin zorluk kriterleri arasında en önemli zorluğun "tedarikçilerle yaşanan sıkıntılar" olduğu sonucuna varılmaktadır. Ayrıca pozitif D-R sonucu elde edilmesinden dolayı "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" ve "rekabet ve pazar belirsizliği" alt kriterleri de diğer önemli zorluklardandır.

4.1.7. Kriter Ağırlıkları

Kriter karşılaştırmaları ve yapılan hesaplamalar sonucunda, DEMATEL yönteminin 6. adımında belirtilen Eşitlik (8) ve Eşitlik (9) kullanılarak tüm zorluk kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Tablo 37'de yeşil tedarik zincirine ilişkin zorluk kriterlerin önem ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 37. Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamalarına İlişkin Zorluk Kriterleri Ağırlık Değerleri

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriter Ağırlıkları	Kriter Önem Derecesi	Sıra
Z1- Maliyet	Z11- Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	0,2086	0,2146	**0,0448**	**8**
	Z12- Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	0,2086	0,2070	**0,0432**	**10**
	Z13- İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	0,2086	0,2085	**0,0435**	**9**
	Z14- Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	0,2086	0,1835	**0,0383**	**15**
	Z15- Geri Dönüşümün Maliyeti	0,2086	0,1864	**0,0389**	**13**
Z2- Teknoloji	Z21- Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	0,2052	0,3381	**0,0694**	**1**
	Z22- Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	0,2052	0,3308	**0,0679**	**3**
	Z23- Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	0,2052	0,3311	**0,0679**	**4**
Z3- Katılım ve Destek	Z31- Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	0,2006	0,3315	**0,0665**	**5**
	Z32- Değişime Karşı Oluşan Direnç	0,2006	0,3270	**0,0656**	**6**
	Z33- Başarısız Olma Endişesi	0,2006	0,3416	**0,0685**	**2**
Z4- Bilgi ve Deneyim	Z41- Bilgi Eksikliği	0,2004	0,2066	**0,0414**	**11**
	Z42- Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	0,2004	0,2249	**0,0451**	**7**
	Z43- Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	0,2004	0,1818	**0,0364**	**16**
	Z44- Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	0,2004	0,1952	**0,0391**	**12**
	Z45- Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	0,2004	0,1915	**0,0384**	**14**
Z5- Örgüt Dışı Unsurlar	Z51- Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	0,1853	0,1698	**0,0315**	**20**
	Z52- İşletmeler Üzerindeki Baskı	0,1853	0,1758	**0,0326**	**18**
	Z53- Rekabet ve Pazar Belirsizliği	0,1853	0,1732	**0,0321**	**19**
	Z54- Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	0,1853	0,1804	**0,0334**	**17**
	Z55- Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	0,1853	0,1496	**0,0277**	**22**
	Z56- Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	0,1853	0,1513	**0,0280**	**21**

Kriter karşılaştırmaları ve yapılan hesaplamalar sonucunda, tüm zorluk kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen veriler sonucu "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" kriteri en önemli zorluk olarak bulunmuştur. "Başarısız olma endişesi", "teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmemesi" ve "teknoloji kullanımında nitelik eksikliği" kriterleri bulunan diğer önemli zorluklardandır.

4.2. Bulanık EDAS Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi

Zorluklar ve çözüm önerileri katılımcılara sunulmuş ve katılımcılardan bulunan çözüm önerilerini Tablo 5'te verilen ölçeğe göre değerlendirmeleri istenmiştir. Örnek olması açısından tüm katılımcıların yapmış olduğu değerlendirmeler EK-2'de gösterilmiştir.

Katılımcılar tarafından doldurulmuş formlardan elde edilen veriler elektronik ortama aktarıldıktan sonra, Bulanık EDAS yönteminin matematiksel işlemleri uygulanarak yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bulanık EDAS yönteminde gerekli olan matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için Python programının 3.10.2 versiyonu kullanılmıştır.

4.2.1. Alternatifler İçin Birleştirilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerilerinin değerlendirilmesi için on bir katılımcı, kendi bilgi ve tecrübelerine göre çözümleri Tablo 5'te verilen dilsel terimleri kullanılarak değerlendirmişlerdir. Katılımcılar, çözüm önerisinin zorluk üzerindeki etkisinin durumuna göre "çok düşük", "düşük" , "orta düşük" , "orta", "orta yüksek" "yüksek" veya "çok yüksek" seçeneklerinden birini tercih etmişlerdir. Katılımcıların yapmış olduğu değerlendirmelerin aritmetik ortalaması alınmış ve elde edilen sonuçlara göre birleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi Tablo 38'te gösterilmiştir.

4.2.2. Ortalama Çözüm Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki adımda elde edilen birleştirilmiş karar matrisi kullanılarak her kriter için alternatiflerin ortalama çözüm değerleri elde edilmiştir. Eşitlik (20) kullanılarak her bir kriter için tüm alternatiflerin aldığı performans değerlerinin ortalaması alınarak ortalama çözüm matrisi elde edilmektedir. Ortalama çözüm matrisi (AV), Tablo 38'in en sağdaki sütununda gösterilmiştir.

4.2.3. Pozitif ve Negatif Uzaklık Matrislerinin Hesaplanması

Ardından, ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (*PDA*) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (*NDA*) oluşturulmuştur. Tüm alternatifler için ortalama değere olan pozitif ve negatif uzaklıklar eşitlik (23) ve eşitlik (24) kullanılarak hesaplanmıştır. Tüm alternatifler için ortalamaya pozitif uzaklık değerleri Tablo 39'da, tüm alternatifler için ortalamaya negatif uzaklık değerleri ise Tablo 40'ta yer almaktadır.

Tablo 38. Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	AV
K1	(5,27;6,91;8,09)	(4,64;6,18;7,45)	(4,64;6,09;7,27)	(5,00;6,64;7,91)	(3,18;4,55;6,00)	(4,09;5,73;7,18)	(3,55;5,27;6,91)	(4,91;6,73;8,09)	(4,41;6,01;7,36)
K2	(7,00;8,64;9,45)	(4,45;6,18;7,64)	(3,91;5,36;6,82)	(4,73;6,18;7,36)	(3,18;4,91;6,64)	(5,73;7,64;8,91)	(2,82;4,55;6,36)	(3,45;5,09;6,73)	(4,41;6,07;7,49)
K3	(5,73;7,64;8,91)	(3,55;5,27;6,91)	(5,82;7,45;8,55)	(4,64;6,27;7,64)	(3,91;5,73;7,36)	(4,91;6,55;7,82)	(4,00;5,73;7,27)	(3,09;4,73;6,45)	(4,45;6,17;7,61)
K4	(5,09;6,36;7,36)	(4,45;6,18;7,73)	(5,09;7,00;8,45)	(4,00;5,45;6,82)	(4,45;5,73;6,82)	(2,27;3,82;5,64)	(3,64;5,27;6,82)	(4,18;5,73;7,09)	(4,15;5,69;7,09)
K5	(5,64;7,36;8,55)	(5,00;6,73;8,09)	(3,73;5,09;6,45)	(3,36;4,64;6,00)	(4,55;6,09;7,36)	(4,18;5,82;7,27)	(3,45;4,64;5,91)	(3,00;4,64;6,36)	(4,11;5,62;7,00)
K6	(5,18;6,73;7,91)	(5,91;7,36;8,36)	(6,09;8,00;9,18)	(6,55;8,09;8,91)	(5,73;7,36;8,45)	(3,45;5,09;6,73)	(6,00;7,55;8,55)	(4,36;5,73;6,91)	(5,41;6,99;8,12)
K7	(5,00;6,36;7,45)	(6,09;7,82;8,91)	(6,45;8,27;9,27)	(5,91;7,91;9,18)	(6,27;8,18;9,36)	(4,36;6,18;7,73)	(4,55;6,36;7,82)	(2,91;4,27;5,82)	(5,19;6,92;8,19)
K8	(3,36;4,82;6,27)	(4,55;6,27;7,82)	(3,45;5,36;7,18)	(5,09;6,91;8,27)	(5,91;7,73;8,91)	(4,64;6,18;7,45)	(3,36;5,00;6,64)	(3,45;4,91;6,36)	(4,23;5,90;7,36)
K9	(1,91;3,18;4,91)	(3,64;5,18;6,73)	(3,18;4,91;6,64)	(3,27;4,55;5,91)	(2,55;4,27;6,18)	(4,09;5,45;6,73)	(4,45;6,27;7,82)	(3,18;4,45;5,82)	(3,28;4,78;6,34)
K10	(3,00;4,55;6,18)	(4,64;6,36;7,73)	(2,36;3,82;5,55)	(3,18;5,00;6,82)	(3,91;5,73;7,36)	(4,00;5,64;7,09)	(3,45;5,36;7,18)	(2,91;4,64;6,45)	(3,43;5,14;6,80)
K11	(4,27;5,73;7,00)	(3,55;5,27;7,00)	(3,09;4,64;6,27)	(4,45;6,18;7,64)	(4,82;6,64;8,09)	(3,00;4,55;6,18)	(3,82;5,55;7,09)	(3,27;4,91;6,55)	(3,78;5,43;6,98)
K12	(2,45;3,82;5,45)	(3,00;4,55;6,18)	(2,18;3,73;5,55)	(3,45;4,64;5,91)	(4,82;6,36;7,64)	(3,36;4,82;6,36)	(3,64;5,36;7,00)	(1,91;3,55;5,55)	(3,10;4,60;6,20)
K13	(3,55;4,82;6,18)	(2,82;4,55;6,36)	(2,91;4,55;6,27)	(2,45;4,18;6,09)	(4,27;5,82;7,18)	(4,18;5,82;7,27)	(4,18;6,09;7,73)	(4,27;5,82;7,18)	(3,58;5,20;6,78)
K14	(2,64;4,18;6,00)	(2,36;3,73;5,36)	(3,00;4,45;6,00)	(1,64;3,00;4,82)	(3,36;4,82;6,27)	(3,36;5,00;6,64)	(3,09;4,73;6,45)	(5,82;7,45;8,55)	(3,16;4,67;6,26)
K15	(2,64;4,00;5,55)	(2,00;3,45;5,36)	(3,09;4,27;5,64)	(2,55;3,73;5,18)	(2,55;4,27;6,18)	(4,00;5,45;6,82)	(3,64;5,18;6,64)	(3,64;5,36;7,00)	(3,01;4,47;6,05)
K16	(3,27;4,36;5,55)	(3,55;5,27;6,91)	(3,73;4,91;6,09)	(2,55;3,91;5,55)	(3,73;5,45;7,09)	(2,73;4,45;6,27)	(3,82;5,55;7,09)	(1,73;3,00;4,73)	(3,14;4,61;6,16)
K17	(5,27;6,82;8,00)	(3,18;4,91;6,64)	(2,00;3,45;5,27)	(3,00;4,09;5,36)	(4,00;5,64;7,09)	(3,55;5,18;6,73)	(3,91;5,45;6,91)	(1,64;2,91;4,64)	(3,32;4,81;6,33)
K18	(5,36;6,82;7,91)	(3,64;5,18;6,73)	(3,91;5,45;6,91)	(3,45;4,64;5,91)	(4,00;5,45;6,82)	(3,82;5,45;7,00)	(4,73;6,18;7,36)	(2,55;4,27;6,18)	(3,93;5,43;6,85)
K19	(4,55;6,36;7,82)	(3,27;5,00;6,82)	(4,73;6,55;8,00)	(3,27;4,82;6,36)	(3,18;4,82;6,45)	(5,00;6,73;8,09)	(3,82;5,64;7,27)	(5,55;7,36;8,64)	(4,17;5,91;7,43)
K20	(3,27;4,91;6,55)	(4,73;6,27;7,55)	(3,36;5,00;6,64)	(2,36;3,82;5,55)	(3,36;4,64;6,00)	(4,09;5,82;7,36)	(3,55;5,36;7,09)	(3,64;5,18;6,73)	(3,55;5,12;6,68)
K21	(4,45;6,18;7,55)	(3,55;5,36;7,09)	(2,55;4,09;5,82)	(2,64;4,09;5,73)	(3,91;5,36;6,73)	(3,82;5,64;7,27)	(4,91;6,55;7,82)	(3,36;4,91;6,45)	(3,65;5,27;6,81)
K22	(4,45;6,00;7,27)	(3,91;5,45;6,91)	(3,18;4,91;6,64)	(2,64;4,09;5,73)	(4,00;5,55;6,91)	(3,27;5,00;6,73)	(4,64;6,18;7,45)	(3,27;4,73;6,27)	(3,67;5,24;6,74)

Tablo 39. Tüm Alternatifler İçin Ortalamaya Pozitif Uzaklık Değerleri

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8
K1	(-0,35;0,15;0,62)	(-0,46;0,03;0,51)	(-0,46;0,01;0,48)	(-0,40;0,11;0,59)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,41;0,12;0,62)
K2	(-0,08;0,43;0,84)	(-0,51;0,02;0,54)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,46;0,02;0,49)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,29;0,26;0,75)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K3	(-0,31;0,24;0,73)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,30;0,21;0,67)	(-0,49;0,02;0,52)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,44;0,06;0,55)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K4	(-0,35;0,12;0,57)	(-0,47;0,09;0,63)	(-0,35;0,23;0,76)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,47;0,01;0,47)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,52;0,01;0,52)
K5	(-0,24;0,31;0,79)	(-0,36;0,20;0,71)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,44;0,08;0,58)	(-0,51;0,03;0,57)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K6	(0,00;0,00;0,00)	(-0,32;0,05;0,43)	(-0,30;0,15;0,55)	(-0,23;0,16;0,51)	(-0,35;0,05;0,45)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,31;0,08;0,46)	(0,00;0,00;0,00)
K7	(0,00;0,00;0,00)	(-0,31;0,13;0,55)	(-0,26;0,20;0,60)	(-0,34;0,15;0,59)	(-0,28;0,19;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K8	(0,00;0,00;0,00)	(-0,48;0,06;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,39;0,17;0,69)	(-0,25;0,31;0,80)	(-0,47;0,05;0,55)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K9	(0,00;0,00;0,00)	(-0,56;0,08;0,72)	(-0,66;0,03;0,70)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,47;0,14;0,72)	(-0,39;0,31;0,94)	(0,00;0,00;0,00)
K10	(0,00;0,00;0,00)	(-0,42;0,24;0,84)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,56;0,12;0,77)	(-0,55;0,10;0,71)	(-0,65;0,04;0,73)	(0,00;0,00;0,00)
K11	(-0,50;0,05;0,60)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,47;0,14;0,71)	(-0,40;0,22;0,80)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,59;0,02;0,61)	(0,00;0,00;0,00)
K12	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,59;0,01;0,61)	(-0,30;0,38;0,98)	(-0,61;0,05;0,70)	(-0,55;0,16;0,84)	(0,00;0,00;0,00)
K13	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,48;0,12;0,69)	(-0,50;0,12;0,71)	(-0,50;0,17;0,80)	(-0,48;0,12;0,69)
K14	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,62;0,03;0,66)	(-0,62;0,07;0,74)	(-0,68;0,01;0,70)	(-0,09;0,59;1,15)
K15	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,45;0,22;0,84)	(-0,53;0,16;0,80)	(-0,53;0,20;0,88)
K16	(0,00;0,00;0,00)	(-0,56;0,14;0,81)	(-0,52;0,06;0,64)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,52;0,18;0,85)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,50;0,20;0,85)	(0,00;0,00;0,00)
K17	(-0,22;0,42;0,97)	(-0,65;0,02;0,69)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,48;0,17;0,78)	(-0,58;0,08;0,71)	(-0,50;0,13;0,75)	(0,00;0,00;0,00)
K18	(-0,28;0,26;0,74)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,54;0,00;0,55)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,53;0,00;0,53)	(-0,56;0,00;0,57)	(-0,39;0,14;0,63)	(0,00;0,00;0,00)
K19	(-0,49;0,08;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,46;0,11;0,66)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,42;0,14;0,67)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,32;0,25;0,77)
K20	(0,00;0,00;0,00)	(-0,38;0,22;0,78)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,51;0,14;0,75)	(-0,61;0,05;0,69)	(-0,60;0,01;0,62)
K21	(-0,45;0,17;0,74)	(-0,62;0,02;0,66)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,55;0,02;0,59)	(-0,57;0,07;0,69)	(-0,36;0,24;0,80)	(0,00;0,00;0,00)
K22	(-0,44;0,15;0,69)	(-0,54;0,04;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,53;0,06;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,40;0,18;0,73)	(0,00;0,00;0,00)

Tablo 40. Tüm Alternatifler İçin Ortalamaya Negatif Uzaklık Değerleri

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8
K1	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,27;0,25;0,71)	(-0,47;0,05;0,55)	(-0,42;0,12;0,64)	(0,00;0,00;0,00)
K2	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,40;0,12;0,60)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,37;0,19;0,72)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,33;0,25;0,78)	(-0,39;0,16;0,67)
K3	(0,00;0,00;0,00)	(-0,40;0,15;0,67)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,48;0,07;0,61)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,46;0,07;0,59)	(-0,33;0,24;0,74)
K4	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,47;0,04;0,55)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,26;0,33;0,85)	(-0,47;0,07;0,61)	(0,00;0,00;0,00)
K5	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,42;0,10;0,59)	(-0,34;0,18;0,65)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,32;0,18;0,64)	(-0,40;0,18;0,72)
K6	(-0,37;0,04;0,43)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,19;0,28;0,68)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,22;0,18;0,55)
K7	(-0,33;0,08;0,47)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,37;0,11;0,57)	(-0,39;0,08;0,54)	(-0,09;0,39;0,78)
K8	(-0,35;0,19;0,69)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,51;0,09;0,67)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,41;0,15;0,69)	(-0,37;0,17;0,67)
K9	(-0,34;0,33;0,92)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,55;0,05;0,64)	(-0,60;0,11;0,79)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,53;0,07;0,66)
K10	(-0,54;0,12;0,74)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,41;0,26;0,87)	(-0,66;0,03;0,71)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,59;0,10;0,76)
K11	(0,00;0,00;0,00)	(-0,60;0,03;0,64)	(-0,46;0,15;0,72)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,44;0,16;0,74)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,51;0,10;0,69)
K12	(-0,51;0,17;0,81)	(-0,66;0,01;0,69)	(-0,53;0,19;0,87)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,53;0,23;0,93)
K13	(-0,50;0,07;0,62)	(-0,54;0,13;0,76)	(-0,52;0,13;0,75)	(-0,48;0,20;0,83)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K14	(-0,60;0,10;0,77)	(-0,47;0,20;0,83)	(-0,60;0,05;0,69)	(-0,35;0,36;0,98)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K15	(-0,56;0,10;0,76)	(-0,52;0,22;0,90)	(-0,58;0,04;0,66)	(-0,48;0,16;0,78)	(-0,70;0,04;0,78)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K16	(-0,52;0,05;0,62)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,52;0,15;0,78)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,68;0,03;0,74)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,34;0,35;0,96)
K17	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,41;0,28;0,90)	(-0,42;0,15;0,69)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,27;0,39;0,97)
K18	(0,00;0,00;0,00)	(-0,52;0,05;0,59)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,37;0,15;0,63)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,42;0,21;0,80)
K19	(0,00;0,00;0,00)	(-0,45;0,16;0,71)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,38;0,19;0,71)	(-0,39;0,19;0,73)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,53;0,05;0,62)	(0,00;0,00;0,00)
K20	(-0,59;0,04;0,67)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,60;0,02;0,65)	(-0,39;0,26;0,84)	(-0,48;0,10;0,65)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)
K21	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,41;0,23;0,81)	(-0,40;0,23;0,80)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,54;0,07;0,66)
K22	(0,00;0,00;0,00)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,57;0,06;0,68)	(-0,39;0,22;0,79)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,59;0,05;0,66)	(0,00;0,00;0,00)	(-0,50;0,10;0,66)

4.2.4. Ağırlıklandırılmış Pozitif ve Negatif Uzaklıkların Hesaplanması

Elde edilen kriter ağırlıkları ile pozitif ve negatif uzaklık değerleri çarpılıp toplanarak her alternatif için ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif uzaklıklar sırası ile eşitlik (26) ve eşitlik (27) kullanılarak hesaplanmıştır. Her alternatifin PDA ve NDA değerleri kriterlere ait ağırlıklar $\widetilde{w}_i$ ile çarpılıp toplanarak ağırlıklı toplam pozitif değer (sp_j) ve ağırlıklı toplam negatif değer (sn_j) elde edilmiştir. Tablo 41'in ikinci sütununda (sp_j), üçüncü sütununda ise (sn_j) değerleri gösterilmiştir.

4.2.5. Tüm Alternatifler İçin $\widetilde{sp}_j$ ve $\widetilde{sn}_j$ Değerlerinin Normalize Edilmesi

Ağırlıklandırılmış pozitif uzaklıklar eşitlik (28) kullanılarak, ağırlıklandırılmış negatif uzaklıklar ise eşitlik (29) kullanılarak normalize edilmiştir. Tablo 41'in dördüncü sütununda normalize edilen $\widehat{sp}_j$ değerleri, beşinci sütununda ise normalize edilen $\widehat{sn}_j$ değerleri gösterilmiştir.

4.2.6. Tüm Alternatifler İçin Değerlendirme Skorlarının Hesaplanması

Tüm alternatifler için değerlendirme skoru $(\widetilde{as}_j)$ değeri eşitlik (30) kullanılarak hesaplanmıştır. Değerlendirme skoru $(\widetilde{as}_j)$ değeri Tablo 41'in altıncı sütununda gösterilmiştir

4.2.7. Değerlendirme Skorlarının Durulaştırılması

Üçgen bulanık sayılardan oluşan değerlendirme skorları $(\widetilde{as}_j)$ eşitlik (31) kullanılarak durulaştırılarak, durulaştırılmış değerlendirme skorları $k\,(\widetilde{as}_j)$ hesaplanmıştır. Durulaştırılmış değerlendirme skorları $k\,(\widetilde{as}_j)$ Tablo 41'in yedinci sütununda gösterilmiştir.

Tablo 41. Ağırlıklandırılmış Toplam Uzaklıklar, Normalize Değerleri ve Değerlendirme Skorları

	spj	***snj***	***nspj***	***nsnj***	***asj***	***K(asj)***	**Sıra**
Ç1	(-0,74;0,45;1,53)	(-1,28;0,36;1,91)	(-1,61;0,97;3,32)	(2,99;0,44;-1,98)	(0,69;0,70;0,67)	**0,69**	4
Ç2	(-1,52;0,33;2,12)	(-0,90;0,19;1,23)	(-3,27;0,72;4,58)	(2,40;0,71;-0,91)	(-0,43;0,71;1,84)	**0,71**	3
Ç3	(-0,91;0,25;1,33)	(-1,40;0,39;2,08)	(-1,96;0,53;2,88)	(3,17;0,40;-2,24)	(0,61;0,46;0,32)	**0,47**	6
Ç4	(-0,88;0,24;1,30)	(-1,30;0,43;2,07)	(-1,91;0,52;2,82)	(3,03;0,33;-2,23)	(0,56;0,42;0,30)	**0,43**	7
Ç5	(-1,50;0,50;2,39)	(-0,73;0,20;1,08)	(-3,25;1,08;5,17)	(2,13;0,69;-0,69)	(-0,56;0,89;2,24)	**0,86**	**1**
Ç6	(-1,62;0,33;2,21)	(-0,71;0,27;1,19)	(-3,50;0,72;4,77)	(2,10;0,58;-0,85)	(-0,70;0,65;1,96)	**0,64**	5
Ç7	(-1,58;0,42;2,31)	(-0,76;0,23;1,17)	(-3,41;0,90;4,99)	(2,18;0,65;-0,82)	(-0,62;0,77;2,09)	**0,75**	2
Ç8	(-0,58;0,25;1,01)	(-1,44;0,70;2,67)	(-1,25;0,53;2,18)	(3,25;-0,08;-3,16)	(1,00;0,22;-0,49)	**0,25**	8

4.2.8. Alternatiflerin Sıralanması

Çözüm önerileri değerlendirme skorlarına göre büyükten küçüğe sıralanmıştır. Yapılan işlemler sonucu çözüm önerilerinin Ç5 > Ç7 > Ç2 > Ç1 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralandığı görülmektedir.

Çözüm önerilerinin arasında değerlendirme skoru en büyük olan en iyi çözüm önerisi olarak ifade edilmektedir. Ç5 olarak ifade edilen "çalışanların eğitilmesi" en büyük değerlendirme skoruna sahip olduğu için yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların üstesinden gelmek için seçilecek en uygun çözüm önerisi olarak bulunmuştur. Ayrıca "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" ve "işletme politikalarının düzenlenmesi" alternatifleri diğer önemli çözümler arasında yer almaktadır.

4.3. Bulanık COPRAS Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi

Katılımcılara, öncelikle zorluklar ve çözüm önerileri sunulmuştur. Sonrasında ise katılımcılardan; çözüm önerilerini, Tablo 6'da yer alan ölçeğe göre değerlendirmeleri istenmiştir. Örnek olması açısından tüm katılımcıların yapmış olduğu değerlendirmeler EK-2'de gösterilmiştir.

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerilerinin değerlendirilmesi için Bulanık COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Katılımcılar tarafından doldurulmuş formlardan elde edilen veriler elektronik ortama aktarılmış ve gerekli matematiksel hesaplamaların yapılabilmesi için Python programının 3.10.2 versiyonu kullanılmıştır. Python programında kullanılan kodlar EK-3'te gösterilmiştir.

4.3.1. Karar Vericiler Tarafından Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Belirlenen çözüm önerileri Tablo 6'da yer alan dilsel değişkenlerden yararlanarak karar vericiler tarafından değerlendirilmiştir.

4.3.2. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık COPRAS yönteminde karar matrisi oluşturulurken birden fazla karar verici olması durumunda, karar vericilerin kararları tek bir grup kararına dönüştürülmektedir. Yapılan çalışmada on bir karar verici olduğundan karar vericilerin kararları eşitlik (33), eşitlik (34) ve eşitlik (35) kullanılarak tek bir grup kararına dönüştürülmüştür.

Karar verici grup tarafından her bir kritere göre yapılan alternatiflerin değerlendirmeleri Bulanık COPRAS yönteminin işlemleri takip edilerek bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bulanık karar matrisi Tablo 42'de gösterilmiştir.

Tablo 42. Bulanık Karar Matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Ç1	(0,00;6,91;10,00)	(3,00;8,64;10,00)	(3,00;7,64;10,00)	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;7,36;10,00)	(0,00;6,73;10,00)	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;3,18;10,00)	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;5,73;10,00)
Ç2	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;5,27;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;6,73;10,00)	(0,00;7,36;10,00)	(3,00;7,82;10,00)	(0,00;6,27;10,00)	(0,00;5,18;10,00)	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;5,27;10,00)
Ç3	(0,00;6,09;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;7,45;10,00)	(0,00;7,00;10,00)	(0,00;5,09;10,00)	(3,00;8,00;10,00)	(1,00;8,27;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;3,82;10,00)	(0,00;4,64;10,00)
Ç4	(0,00;6,64;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;6,27;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;8,09;10,00)	(3,00;7,91;10,00)	(0,00;6,91;10,00)	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;5,00;10,00)	(0,00;6,18;10,00)
Ç5	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(0,00;6,09;10,00)	(0,00;7,36;10,00)	(3,00;8,18;10,00)	(3,00;7,73;10,00)	(0,00;4,27;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(3,00;6,64;10,00)
Ç6	(0,00;5,73;10,00)	(3,00;7,64;10,00)	(0,00;6,55;10,00)	(0,00;3,82;10,00)	(0,00;5,82;10,00)	(0,00;5,09;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;5,64;10,00)	(0,00;4,55;10,00)
Ç7	(0,00;5,27;10,00)	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(0,00;5,27;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;7,55;10,00)	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;5,00;10,00)	(3,00;6,27;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;5,55;10,00)
Ç8	(0,00;6,73;10,00)	(0,00;5,09;10,00)	(0,00;4,73;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;5,73;10,00)	(0,00;4,27;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;4,45;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;4,91;10,00)
	K12	**K13**	**K14**	**K15**	**K16**	**K17**	**K18**	**K19**	**K20**	**K21**	**K22**
Ç1	(0,00;3,82;10,00)	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;4,18;10,00)	(0,00;4,00;10,00)	(0,00;4,36;10,00)	(0,00;6,82;10,00)	(0,00;6,82;10,00)	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;6,00;10,00)
Ç2	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;3,73;10,00)	(0,00;3,45;9,00)	(0,00;5,27;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;5,18;10,00)	(0,00;5,00;10,00)	(0,00;6,27;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;5,45;10,00)
Ç3	(0,00;3,73;10,00)	(0,00;4,55;10,00)	(0,00;4,45;10,00)	(0,00;4,27;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;3,45;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;6,55;10,00)	(0,00;5,00;10,00)	(0,00;4,09;10,00)	(0,00;4,91;10,00)
Ç4	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;4,18;7,00)	(0,00;3,00;7,00)	(0,00;3,73;10,00)	(0,00;3,91;10,00)	(0,00;4,09;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;3,82;10,00)	(0,00;4,09;10,00)	(0,00;4,09;10,00)
Ç5	(0,00;6,36;10,00)	(0,00;5,82;10,00)	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;4,27;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;5,64;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;4,64;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;5,55;10,00)
Ç6	(0,00;4,82;10,00)	(0,00;5,82;10,00)	(0,00;5,00;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;4,45;10,00)	(0,00;5,18;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(3,00;6,73;10,00)	(0,00;5,82;10,00)	(0,00;5,64;10,00)	(0,00;5,00;10,00)
Ç7	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;6,09;10,00)	(0,00;4,73;10,00)	(0,00;5,18;10,00)	(0,00;5,55;10,00)	(0,00;5,45;10,00)	(0,00;6,18;10,00)	(0,00;5,64;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;6,55;10,00)	(0,00;6,18;10,00)
Ç8	(0,00;3,55;7,00)	(0,00;5,82;10,00)	(0,00;7,45;10,00)	(0,00;5,36;10,00)	(0,00;3,00;10,00)	(0,00;2,91;7,00)	(0,00;4,27;10,00)	(3,00;7,36;10,00)	(0,00;5,18;10,00)	(0,00;4,91;10,00)	(0,00;4,73;10,00)

4.3.3. Bulanık Karar Matrisinin Durulaştırılması ve Karar Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki adımda elde edilen bulanık karar matrisini oluşturan bulanık sayılar gerçek sayılara dönüştürülerek karar matrisi hesaplanan gerçek değerlerden hareketle oluşturulur. Bulanık sayıların gerçek sayılara dönüştürme işlemi eşitlik (36) kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan işlemlerin sonucu oluşturulan karar matrisi Tablo 43'te gösterilmiştir.

Tablo 43. Karar Matrisi

	K1	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**	**K6**	**K7**	**K8**	**K9**	**K10**	**K11**
Ç1	5,6364	7,2121	6,8788	5,4545	5,7879	5,5758	5,4545	4,9394	4,3939	4,8485	5,2424
Ç2	5,3939	5,3939	5,0909	5,3939	5,5758	5,7879	6,9394	5,4242	5,0606	5,4545	5,0909
Ç3	5,3636	5,1212	5,8182	5,6667	5,0303	7,0000	6,4242	5,1212	4,9697	4,6061	4,8788
Ç4	5,5455	5,3939	5,4242	5,1515	4,8788	6,0303	6,9697	5,6364	4,8485	5,0000	5,3939
Ç5	4,8485	4,9697	5,2424	5,2424	5,3636	5,7879	7,0606	6,9091	4,7576	5,2424	6,5455
Ç6	5,2424	6,8788	5,5152	4,6061	5,2727	5,0303	5,3939	5,3939	5,1515	5,2121	4,8485
Ç7	5,0909	4,8485	5,2424	5,0909	4,8788	5,8485	5,4545	5,0000	6,4242	5,1212	5,1818
Ç8	5,5758	5,0303	4,9091	5,2424	4,8788	5,2424	4,7576	4,9697	4,8182	4,8788	4,9697
	K12	**K13**	**K14**	**K15**	**K16**	**K17**	**K18**	**K19**	**K20**	**K21**	**K22**
Ç1	4,6061	4,9394	4,7273	4,6667	4,7879	5,6061	5,6061	5,4545	4,9697	5,3939	5,3333
Ç2	4,8485	4,8485	4,5758	4,1515	5,0909	4,9697	5,0606	5,0000	5,4242	5,1212	5,1515
Ç3	4,5758	4,8485	4,8182	4,7576	4,9697	4,4848	5,1515	5,5152	5,0000	4,6970	4,9697
Ç4	4,8788	3,7273	3,3333	4,5758	4,6364	4,6970	4,8788	4,9394	4,6061	4,6970	4,6970
Ç5	5,4545	5,2727	4,9394	4,7576	5,1515	5,2121	5,1515	4,9394	4,8788	5,1212	5,1818
Ç6	4,9394	5,2727	5,0000	5,1515	4,8182	5,0606	5,1515	6,5758	5,2727	5,2121	5,0000
Ç7	5,1212	5,3636	4,9091	5,0606	5,1818	5,1515	5,3939	5,2121	5,1212	5,5152	5,3939
Ç8	3,5152	5,2727	5,8182	5,1212	4,3333	3,3030	4,7576	6,7879	5,0606	4,9697	4,9091

4.3.4. Normalizasyon ve Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Bir önceki adımda yapılan durulaştırma işlemi sonucu gerçek sayılara dönüştürülen karar matrisini oluşturan performans değerleri, eşitlik (38) kullanılarak normalizasyon işlemine tabi tutulmuş ardından normalize performans değerlerini oluşturulmuştur.

4.3.5. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar probleminde alternatiflerin değerlendirilmesinde kriterlerin karara ne oranda etki edeceğini belirlemek üzere kriter ağırlıklarından faydalanılmaktadır. Normalize karar matrisini oluşturan normalize performans değerleri eşitlik (40) kullanılarak ağırlıklı normalize performans değerlerine dönüştürülmüştür. Eşitlik (40)'ta belirtilen kriter ağırlıkları (w_j), DEMATEL yöntemi kullanılarak hesaplanmış olan kriter ağırlıklarıdır. Yapılan işlemler sonucu oluşturulan ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi, Tablo 44'te gösterilmiştir.

Tablo 44. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	K1	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**	**K6**	**K7**	**K8**	**K9**	**K10**	**K11**
Ç1	0,0059	0,0069	0,0067	0,0050	0,0054	0,0083	0,0077	0,0077	0,0072	0,0079	0,0085
Ç2	0,0057	0,0052	0,0050	0,0049	0,0052	0,0086	0,0097	0,0085	0,0083	0,0089	0,0082
Ç3	0,0057	0,0049	0,0057	0,0051	0,0047	0,0104	0,0090	0,0080	0,0081	0,0075	0,0079
Ç4	0,0058	0,0052	0,0053	0,0047	0,0046	0,0090	0,0098	0,0088	0,0079	0,0082	0,0087
Ç5	0,0051	0,0048	0,0051	0,0048	0,0050	0,0086	0,0099	0,0108	0,0078	0,0086	0,0106
Ç6	0,0055	0,0066	0,0054	0,0042	0,0049	0,0075	0,0076	0,0085	0,0084	0,0085	0,0078
Ç7	0,0054	0,0046	0,0051	0,0046	0,0046	0,0087	0,0077	0,0078	0,0105	0,0084	0,0084
Ç8	0,0059	0,0048	0,0048	0,0048	0,0046	0,0078	0,0067	0,0078	0,0079	0,0080	0,0080
	K12	**K13**	**K14**	**K15**	**K16**	**K17**	**K18**	**K19**	**K20**	**K21**	**K22**
Ç1	0,0050	0,0056	0,0045	0,0048	0,0047	0,0045	0,0045	0,0039	0,0041	0,0037	0,0037
Ç2	0,0052	0,0055	0,0043	0,0042	0,0050	0,0040	0,0041	0,0036	0,0044	0,0035	0,0035
Ç3	0,0049	0,0055	0,0046	0,0049	0,0048	0,0036	0,0041	0,0040	0,0041	0,0032	0,0034
Ç4	0,0053	0,0042	0,0031	0,0047	0,0045	0,0038	0,0039	0,0036	0,0038	0,0032	0,0032
Ç5	0,0059	0,0060	0,0047	0,0049	0,0050	0,0042	0,0041	0,0036	0,0040	0,0035	0,0036
Ç6	0,0053	0,0060	0,0047	0,0053	0,0047	0,0041	0,0041	0,0047	0,0043	0,0036	0,0034
Ç7	0,0055	0,0061	0,0046	0,0052	0,0051	0,0041	0,0043	0,0038	0,0042	0,0038	0,0037
Ç8	0,0038	0,0060	0,0055	0,0052	0,0042	0,0027	0,0038	0,0049	0,0041	0,0034	0,0034

4.3.6. Fayda ve Zarar Ölçütlerini Baz Alan Toplam Ağırlıklı Normalize Değerlerin Hesaplanması

Kriterin fayda ya da zarar özelliği göstermesi bakımından ölçüt bazlı toplam ağırlıklı normalize değerler, S_{+i} fayda ölçütleri toplamını, S_{-i} ise zarar ölçütleri toplamını göstermektedir. İzleyen adımda fayda ve maliyet kriterlerini baz alan S_{+i} ve S_{-i} toplam ağırlıklı normalize değerleri (42) ve eşitlik (43) kullanılarak hesaplanmıştır. Kriterlerin tamamı fayda niteliğine sahip olduğu için, maliyet niteliğine sahip kriterlerin toplamını gösteren S_{-i} değerleri 0 olarak hesaplanmıştır.

4.3.7. Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

Bir önceki adımda elde edilen S_{+i} ve S_{-i} değerleri her bir alternatifin karar probleminde hedeflenen amaca ne derecede ulaştığının bir göstergesidir. S_{+i} ve S_{-i} parametreleri kullanılarak hesaplanacak Q_i değeri i. alternatifin göreceli önem değerini göstermek üzere; eşitlik (44) kullanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan Q_i değeri ne kadar büyük ise temsil ettiği alternatif o oranda idealdir.

4.3.8. Performans İndeksi Değerlerinin Hesaplanması

Q_i değeri ile direkt ilişki içerisinde olan performans indeksi, alternatiflerin göreli önem değerinin ideal alternatif ile karşılaştırılması için kullanılmaktadır. Performans indeksi eşitlik (45) kullanılarak hesaplanmıştır. Yüzdesel bir oran olan performans indeksi değeri en ideal alternatif 100% olmak üzere 0% - 100% aralığında değerler almaktadır.

4.3.9. Alternatiflerin Sıralanması

Bulanık COPRAS yönteminde yapılan tüm hesaplamaların ardından elde edilen P_i değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin tercih sıralaması elde edilmiştir. Bulanık COPRAS yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonucu ortaya çıkan genel toplamlar ve sıralama sonuçları Tablo 45'te gösterilmiştir.

Tablo 45. Genel Toplamlar Tablosu ve Sıralama Sonuçları

	S_i	Q_i	%	Sıra
Ç1	0,1261	0,1261	96,6600	3
Ç2	0,1256	0,1256	96,3282	4
Ç3	0,1242	0,1242	95,2597	6
Ç4	0,1213	0,1213	92,9831	7
Ç5	0,1304	0,1304	100	**1**
Ç6	0,1252	0,1252	95,9792	5
Ç7	0,1262	0,1262	96,7234	2
Ç8	0,1180	0,1180	90,4667	8

Yapılan hesaplamalar sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerilerinin Ç5 > Ç7 > Ç1 > Ç2 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralandığı görülmektedir. Ç5 olarak ifade edilen "çalışanların eğitilmesi" alternatifi yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların üstesinden gelmek için seçilecek en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca Ç7 olarak ifade edilen "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" ve Ç1 olarak ifade edilen "hükümet desteğinin ve teşviklerin arttırılması" alternatifleri diğer önemli çözümler arasında yer almaktadır.

4.4. COPELAND Yöntemi ile Çözüm Önerilerinin Sıralanması

Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılması amaçlanmıştır.

4.4.1. Alternatifler Arasında İkili Karşılaştırma Yapılması

Copeland yönteminin ilk adımında alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Sıralama sonucuna göre sonuç daha öncelikli ise "1" tersi durumda "0" puan atanmış ve çözüm önerilerinin puanları için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Copeland ikili karşılaştırma matrisi Tablo 46'da gösterilmiştir.

Tablo 46. Copeland İkili Karşılaştırma Matrisi

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8
Ç1		0 1	1 1	1 1	0 0	1 1	0 0	1 1
Ç2	1 0		1 1	1 1	0 0	1 1	0 0	1 1
Ç3	0 0	0 0		1 1	0 0	0 0	0 0	1 1
Ç4	0 0	0 0	0 0		0 0	0 0	0 0	1 1
Ç5	1 1	1 1	1 1	1 1		1 1	1 1	1 1
Ç6	0 0	0 0	1 1	1 1	0 0		0 0	1 1
Ç7	1 1	1 1	1 1	1 1	0 0	1 1		1 1
Ç8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	

4.4.2. Skorların Hesaplanması

Bu adımda karar verici bazında skorlar hesaplanmaktadır. Alternatifler arası oy sayım sonuçları Tablo 47'de gösterilmiştir.

Tablo 47. Alternatifler Arası Oy Sayım Sonuçları

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8
Ç1		1	2	2	0	2	0	2
Ç2	1		2	2	0	2	0	2
Ç3	0	0		2	0	0	0	2
Ç4	0	0	0		0	0	0	2
Ç5	2	2	2	2		2	2	2
Ç6	0	0	2	2	0		0	2
Ç7	2	2	2	2	0	2		2
Ç8	0	0	0	0	0	0	0	

4.4.3. Değerlendirilme Yapılması

Bu adımda galibiyet, yenilgi ve beraberlik değerlendirmesi yapılmaktadır. Elde edilen $S(i,j)$ yardımıyla çözüm önerileri arasındaki karşılaştırmada, galipler bulunmuştur. Eşitliğe bakıldığında galip gelen taraf "1" puan, yenilen taraf "-1" puan almaktadır. Eşitlik durumunda ise "1/2" puan verilmektedir.

4.4.4. Copeland Puanının Hesaplanması

Yapılan işlemler sonucu elde edilen puanlar küçükten büyüğe doğru sıralanarak çözüm önerileri için nihai sıralama belirlenmiştir. Elde edilen 1 ve 1/2 puanlarına sahip $G(i,j)$ değerleri alternatifler bazında toplanarak galibiyet puanına (GP_i), -1 puana sahip $G(i,j)$ değerleri toplanarak alternatifin yenilgi puanına (YP_i) ulaşılmaktadır. Elde edilen GP_i ve YP_i değerlerinin toplanması sonucu Copeland puanı (CP_i) .bulunmuştur.

4.4.5. Alternatiflerin Sıralanması

Copeland puanı yüksek olanın en iyi olduğu sonucundan hareketle, çözüm önerileri elde edilen Copeland puanlarına göre sıralanmıştır. Copeland puanları arasında eşitlik söz konusu olduğunda, i değeri küçük olan sıralamada üstte yer almaktadır. Çözüm önerilerinin Copeland puanlarına göre sıralanması Tablo 48'de gösterilmiştir.

Tablo 48. Çözüm Önerilerinin Copeland Puanlarına Göre Sıralanması

	Ç1	**Ç2**	**Ç3**	**Ç4**	**Ç5**	**Ç6**	**Ç7**	**Ç8**	**GP**	**YP**	**CP**	**SIRA**
Ç1		0,5	1	1	-1	1	-1	1	4,5	-2,0	2,5	3
Ç2	0,5		1	1	-1	1	-1	1	4,5	-2,0	2,5	4
Ç3	-1	-1		1	-1	-1	-1	1	2,0	-5,0	-3,0	6
Ç4	-1	-1	-1		-1	-1	-1	1	1,0	-6,0	-5,0	7
Ç5	1	1	1	1		1	1	1	7,0	0,0	7,0	1
Ç6	-1	-1	1	1	-1		-1	1	3,0	-4,0	-1,0	5
Ç7	1	1	1	1	-1	1		1	6,0	-1,0	5,0	2
Ç8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		0,0	-7,0	-7,0	8

Bulanık EDAS, Bulanık COPRAS ve Copeland yöntemlerine ait sıralama sonuçları Tablo 49'da gösterilmiştir.

Tablo 49. Çözüm Önerilerinin Copeland Puanlarına Göre ve Uygulanan Diğer Yöntemlere Göre Sıralanması

	Bulanık EDAS	**Bulanık COPRAS**	**COPELAND**
Ç1	4	3	3
Ç2	3	4	4
Ç3	6	6	6
Ç4	7	7	7
Ç5	1	1	1
Ç6	5	5	5
Ç7	2	2	2
Ç8	8	8	8

Copeland yöntemi ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerileri Ç5 > Ç7 > Ç1 > Ç2 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralanmıştır. Ç5 olarak ifade edilen "çalışanların eğitilmesi" alternatifi yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların üstesinden gelmek için seçilecek en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca Ç7 olarak ifade edilen "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" ve Ç1 olarak ifade edilen "hükümet desteğinin ve teşviklerin arttırılması" alternatifleri diğer önemli çözümler arasında yer almaktadır. Bulanık COPRAS yöntemi ile elde edilen çözüm önerileri sıralamaları ile Copeland yöntemi ile elde edilen sıralamalarının aynı sonuçları verdiği görülmüştür. Bulanık EDAS yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçları Copeland yöntemi ile kıyasladığımızda ise üçüncü ve dördüncü sıraların farklı çıktığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sanayi Devrimi, insanlık tarihi için önemli bir dönüm noktası olmuştur. Şehirlerde fabrikaların açılması sonucu artan iş imkanları nedeniyle kırsal bölgelerden şehirlere yoğun göçler yaşanmıştır. Doğal kaynakların kontrolsüz kullanılması nedeniyle kaynaklar hızlıca tükenmeye başlamış ve giderek artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için üretim faaliyetleri hızlanmıştır. Fabrikalar büyük ölçekte üretim yapabilmelerine karşın aynı oranda da atık üreterek çevreye büyük ölçüde zarar vermiştir.

Çevre sorunlarının insanoğlunun yaşam koşulları üzerindeki etkilerinin belirgin hale gelmesiyle beraber dünya genelinde çevre sorunlarına yönelik farkındalık artmıştır. Yaşanan bu gelişmeler sonucu tedarik zincirindeki çevresel sorunları en aza indirmek için ortaya çıkan yeşil tedarik zinciri kavramı tedarik zincirindeki çevresel etkileri ve kaynak kullanımını dikkate almayı amaçlamaktadır.

Yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmek isteyen işletmeler bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimini geleneksel tedarik zinciri yönetimine uyarlamak oldukça zorlu bir süreçtir ve bu uyarlamayı hayata geçirmek için daha fazla analiz yapmayı gerektirmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri ile çok sayıda kriter ele alınarak aynı anda analiz edilebilmektedir. Yapılan bu analizler ile işletmeler, yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmeden önce ortaya çıkabilecek zorluklara karşı nasıl strateji uygulayacaklarını ve bu zorlukların üstesinden gelmek için gereken çözümleri belirleyebilmektedirler.

Bu çalışma, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının hayata geçirilmesinde etkili olan zorlukları analiz etmek ve bu zorluklara ait çözüm önerilerin değerlendirilmesi için hazırlanmıştır. Çalışmada öncelikle literatürde yer alan yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklar ve bu zorluklara ait çözüm önerileri incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu 5 ana zorluk ve 22 alt zorluk ve 8 çözüm önerisi belirlenmiştir. Sonrasında yeşil tedarik zinciri uygulamaları hakkında bilgi sahibi olan on bir katılımcı ile yüz yüze yapılan görüşmeler sonucu elde edilen veriler incelenmiş ve analiz yapılmıştır. Çalışmada, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde etkili olan zorlukları analiz etmek için çok kriterli karar verme

yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Çözüm önerilerinin değerlendirilmesi aşamasında ise EDAS ve COPRAS yöntemleri bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılmıştır.

DEMATEL yöntemindeki matematiksel işlemler yapıldıktan sonra kriter karşılaştırmaları için hesaplamalar yapılmış ve sonucunda tüm değerlendirme kriterlerinin önem ağırlıkları belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesi sırasında karşılaşılan en önemli zorluk "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" olarak bulunmuştur. "Başarısız olma endişesi", "teknolojik anlamda ilerlemenin benimsenmemesi" ve "teknoloji kullanımında nitelik eksikliği" kriterleri bulunan diğer önemli zorluklardandır. Bu zorlukların ortadan kaldırılması, imalat sektöründe yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarılı bir şekilde hayata geçirilmesine yardımcı olacaktır.

Günümüzde teknolojilerin, günlük değil anlık olarak değiştiği görülmektedir. Bu nedenle şirketlerin, değişim ve dönüşüme ayak uydurması gerekmektedir (Karakoç vd., 2020, s. 216). Akandere ve Zerenler'e göre (2017, s. 81), şirketler, teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği nedeniyle geri dönüşüm, yeniden kullanma ve imha etme gibi yeşil tedarik zinciri uygulamalarını aktif ve verimli bir şekilde uygulayamamaktadır. Teknolojilerin, yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmek için gerekli olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, şirketlerin yatırım yapmaları ve çalışanlarının bu yeniliklere adaptasyonunu sağlayacak eğitim süreçlerinden geçirilmesi gerekmektedir. Geleneksel tedarik zincirinden yeşil tedarik zinciri uygulamalarına geçiş aşamasında şirketlerin organizasyonlarında oldukça önemli değişiklikler meydana geldiği görülmektedir. Şirket çalışanları alışkanlıklarını değiştireceği veya mevcut konumlarında değişikliğe yol açacağı endişesinden dolayı değişime karşı direnç gösterebilmektedirler. Karşılaşılan direnç karşısında üst yönetimin, çalışanlarına yeşil uygulamalar hakkında eğitim verip bilinçlendirmesi gerekmektedir. Yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde, çalışanların yeşil uygulamaların getirdiği değişime uyum sağlayarak katılımlarını kolaylaştırması gibi benzer destek ve teşviklerin önemli rol oynadığı bilinmektedir (Yaprak ve Doğan, 2019, s. 1158-1159). Rahman vd., 2020 yılında Bangladeş'te, Govindan vd., 2014 yılında Hindistan'da, Mohammadjafari vd., ise 2014 yılında İran'da gerçekleştirdikleri çalışmada yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukları araştırmışlardır.

Yapılan üç çalışmada da en önemli zorluklardan biri olarak "teknolojik donanım ve yazılım altyapısı eksikliği" kriterinin çıkmış olması bu çalışmada bulunan sonuçların literatür ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

Tüm kriterlerin ağırlıkları DEMATEL yöntemiyle belirlendikten sonra çözüm önerilerinin değerlendirilmesi aşamasında ise çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan EDAS metodu bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılmıştır. Yapılan işlemler sonucu alternatiflerin Ç5 > Ç7 > Ç2 > Ç1 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralandığı görülmektedir. Ç5 olarak ifade edilen "çalışanların eğitilmesi" alternatifi yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukların üstesinden gelmek için seçilecek en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca Ç7 olarak ifade edilen "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" ve Ç2 olarak ifade edilen "işletme politikalarının düzenlenmesi" alternatifleri diğer önemli çözümler arasında yer almaktadır.

Bulanık EDAS yöntemi ile çözüm önerilerinin değerlendirilmesinin ardından çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan COPRAS metodu bulanık mantık ile bütünleştirilerek kullanılarak daha önce bulunan sonuçların farklı bir yöntem kullanılarak karşılaştırılması sağlanmıştır. Bulanık COPRAS yöntemi ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerileri Ç5 > Ç7 > Ç1 > Ç2 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralanmıştır. Bulanık EDAS yöntemi kullanılarak bulunan sonuçlara benzer şekilde en önemli iki çözüm önerisi Ç5 olarak ifade edilen "çalışanların eğitilmesi" ve Ç7 olarak ifade edilen "farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması" olarak belirlenmiştir. Bulanık EDAS yönteminde bulunan sonuçlardan farklı olarak Ç1 olarak ifade edilen "hükümet desteğinin ve teşviklerin arttırılması" alternatifi ise en önemli üçüncü çözüm önerisi olarak bulunmuştur. Bulanık EDAS ve Bulanık COPRAS yöntemleri uygulandıktan sonra ortaya çıkan sonuçlar COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve çözüm önerilerinin nihai sıralama sonucuna ulaşılmıştır. Copeland yöntemi ile gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluklara ait çözüm önerileri Ç5 > Ç7 > Ç1 > Ç2 > Ç6 > Ç3 > Ç4 > Ç8 şeklinde sıralanmıştır. Ortaya çıkan sonuçların Bulanık COPRAS yönetimi ile elde edilen sonuçlar ile aynı olduğu görülmektedir.

Balon'a göre (2016, s. 6), yeşil tedarik zinciri yönetimi için gerekli olan teknolojiyi değiştirmeden ve yeşil tedarik zinciri yönetimini uygulamaya başlamadan önce çalışanların yeşil tedarik zinciri yönetimini öğrenmeleri oldukça önemlidir. Nejati vd.'e göre (2017, s. 165), yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarılı bir şekilde hayata geçirilmesi için, şirketlerin çevreye duyarlı ve sorumluluk sahibi yetkin çalışanlara sahip olması gerekmektedir. Şirketlerin çalışanları için uygun eğitim programlarının düzenlemesi sonucunda çalışanlar yeşil tedarik zinciri uygulamaları konusunda daha bilinçli hale gelirler, çevre sorunları konusunda gelişmiş bir farkındalık oluştururlar ve değişime daha uyumlu hale gelirler (Muduli vd., 2013, s. 52).

Farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması yeşil tedarik zinciri uygulamalarının başarıyla hayata geçirilmesi açısından oldukça önemlidir. Her firma farklı tedarik zincirleri içerisinde bulunabilir ve her birinin farklı işletme ihtiyaçları olabilir. Burada önemli olan, farklı tedarik zincirleri arasında ortak kaynaklar paylaşılırken şirketler arası iş birliğinin sağlanabilmesidir. Bu koordinasyon, tedarik zincirindeki firmaların diğerleriyle entegre olmasını sağlar. Tedarik zincirinin herhangi bir yerinde oluşan aksaklık tüm tedarik zincirini etkilemektedir (Güner, 2010, s. 48-49). Irani vd.'e göre (2017, s. 687), tedarik zincirinde bulunan farklı işletmeler ile iş birlikleri yapılması, çevresel tehlikeler ve sorumlulukların karşılıklı olarak anlaşılması anlamına gelmektedir. Ayrıca farklı işletmelerle iş birlikleri yapılması, çevresel sorunları çözmek için ortak karar almalarını sağlar ve tedarik zinciri ortakları arasında karşılıklı olarak sürdürülebilir çevresel ortak hedeflere ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır.

Hükümetlerin oluşturduğu politikalar ve düzenlemeler, kuruluşların uyması gereken kuralları belirler ve kuruluşlar bölgesel, ulusal ve uluslararası düzenlemelere uymakla yükümlüdür (Niemann vd., 2016, s. 982). Güzel ve Demirdöğen'e göre (2015, s. 60), hükümetler, yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmek isteyen şirketler için vergi indirimleri, finansal teşvikler ve pilot projeler sağlayabilmektedir. Bundan dolayı hükümet desteğinin ve yeşil uygulamalar için teşviklerin arttırılmasının yeşil tedarik zinciri uygulamalarını olumlu olarak etkileyeceği umulmaktadır. Tumpa vd.,'e göre (2019, s. 3), hükümetlerin yeni politika ve düzenlemeler oluşturması yerine yeşil uygulamalara olan desteğini belirtmesi ve teşvik programlarına vurgu yapması, şirketlerin yeşil tedarik zinciri uygulamalarını benimsemesini kolaylaştırmaktadır.

Balaji vd., 2014 yılında Hindistan'daki dökümhanelerde yaptıkları çalışmada yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorlukları araştırmışlardır ve en önemli zorluk olarak "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" kriterini bulmuşlardır. Tumpa vd., ise 2019 yılında Bangladeş'te gerçekleştirdikleri çalışmada tekstil sektöründe yeşil tedarik zinciri uygulamaları sırasında karşılaşılan zorlukları araştırdıkları çalışmalarında en önemli zorluklardan biri olarak "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" kriterini bulmuşlardır. Bu çalışmada ise "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" kriteri bulunan zorluklar arasında alt sıralarda yer almıştır. Bunun nedeni diğer çalışmaların farklı ülkelerde ve farklı sektörlerde gerçekleştirilmesi olabilir. Bu çalışmada "hükümet desteğinin ve teşviklerin arttırılması" en önemli çözüm önerilerinden biri olarak bulunmuştur. Bulunan bu çözüm önerisinin başarıyla uygulanması taktirde, Balaji vd., ve Tumpa vd.,'nin çalışmalarında en önemli zorluk olarak ortaya çıkan "hükümet politikalarının ve düzenlemelerinin yetersiz olması" zorluğunun üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma sonucu ortaya çıkan sonuçların yeşil tedarik zinciri uygulamalarını hayata geçirmek isteyen işletmelere fikir verebileceği düşünülmektedir. İlerleyen çalışmalarda yeşil tedarik zinciri uygulamalarına ilişkin zorluk kriterlerinin ve bu zorluklara ait bulunan çözüm önerilerinin sayısı arttırılarak imalat sektörünün geneline yayılan çıkarımlar yapılması mümkün olabilir. Ayrıca farklı sektörleri kapsayacak şekilde araştırma genişletilebilir. Bu çalışmada yeşil tedarik zinciri uygulamalarının benimsenmesinde etkili olan zorlukları analiz etmek ve çözüm önerilerinin değerlendirilmesi için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı yöntemler kullanılarak sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilebilir. Ayrıca sektörden daha fazla firmaya veya katılımcıya ulaşılarak daha kapsamlı bir çalışma gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

Achillas, C., Bochtis, D. D., Aidonis, D., & Folinas, D. (2018). *Green Supply Chain Management.* Routledge.

Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A Comparative Literature Analysis Of Definitions For Green And Sustainable Supply Chain Management. *Journal Of Cleaner Production, 52,* 329-341.

Akandere, G., & Zerenler, M. (2017). Yeşil Otellerde Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve İşletme Performansı. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, (2),* 77-98.

Akyazı, Ö. (2017). PSO Based Fuzzy Logic Control Design for A DC/DC Boost Converter. *Muğla Journal of Science and Technology, 3(1),* 58-63.

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 62,* 1-10.

Amemba, C. S., Nyaboke, P. G., Osoro, A., & Mburu, N. (2013). Elements Of Green *Supply Chain Management. European Journal Of Business And Management, 5(12),* 51-61.

Angeli, E. (2016). Green Supply Chain Management Practices Among Large Global Corporations.

Ansari, Z. N., Kant, R., & Shankar, R. (2020). Evaluation And Ranking Of Solutions To Mitigate Sustainable Remanufacturing Supply Chain Risks: A Hybrid Fuzzy SWARA-Fuzzy COPRAS Framework Approach. *International Journal Of Sustainable Engineering, 13(6),* 473-494.

Arslan, R., & Bircan, H. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Elde Edilen Sonuçların COPELAND Yöntemiyle Birleştirilmesi ve Karşılaştırılması. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 27(1),* 109-127.

Asadi, S., Nilashi, M., Iranmanesh, M., Ghobakhloo, M., Samad, S., Alghamdi, A., & Mohd, S. (2022). Drivers And Barriers Of Electric Vehicle Usage In Malaysia: A DEMATEL Approach. *Resources, Conservation And Recycling, 177,* 105965.

Asante, D., He, Z., Adjei, N. O., & Asante, B. (2020). Exploring The Barriers To Renewable Energy Adoption Utilising MULTIMOORA-EDAS Method. *Energy Policy, 142,* 1-12.

Ayçin, E. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler* (Genişletilmiş ve Güncellenmiş 2. Baskı), Nobel Yayıncılık, Ankara.

Aydın, U., & Atak, Ü. (2020). Yük Taşımacılığı İçin Bulanık EDAS Yöntemi İle Taşıma Modu Seçimi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1),* 24-33.

Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Machado, V. C. (2011). The Influence Of Green Practices On Supply Chain Performance: A Case Study Approach. *Transportation Research Part E:Logistics And Transportation Review, 47(6),* 850-871.

Baines, T., Brown, S., Benedettini, O., & Ball, P. (2012). Examining Green Production And Its Role Within The Competitive Strategy Of Manufacturers. *Journal Of Industrial Engineering And Management (JIEM*), *5(1),* 53-87.

Baki, R. (2018). Literature Review on Green Supply Chain Management Concept and Problems During It's Implementation. *The Journal of International Scientific Researches, 3(2),* 114-122.

Baki, R. (2021). Özel Bir Hastanenin Yer Seçimi için Bulanık COPRAS Tekniğinin Uygulanması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(4),* 1506-1514.

Balaji M , V. Velmurugan & Manikanda Prasath, K. (2014). Barriers In Green Supply Chain Management: An Indian Foundry Perspective. *In Proceedings Of Second International Conference On Advances In Industrial Engineering Applications (ICAIEA 2014).*

Balasubramanian, S., & Shukla, V. (2017a). Green Supply Chain Management: An Empirical Investigation On The Construction Sector. *Supply Chain Management: An International Journal.*

Balasubramanian, S., & Shukla, V. (2017b). Green Supply Chain Management: The Case Of The Construction Sector In The United Arab Emirates (UAE). *Production Planning & Control, 28(14),* 1116-1138.

Balon, V., Sharma, A. K., & Barua, M. K. (2016). Assessment Of Barriers In Green Supply Chain Management Using ISM: A Case Study Of The Automobile Industry In India. *Global Business Review,* 17(1), 1-20.

Battal, Ü. (2018). Türkiye'de Havayolu Taşımacılığının Finansman Sorunları: DEMATEL Yöntemi Uygulaması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(2),* 96-111.

Bayrakdaroğlu, F. K., & Kundakcı, N. (2019). Bulanık EDAS Yöntemi ile AR-GE Projesi Seçimi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, (24),* 151-170.

Bayramoğlu, S. (2022). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Rüzgar Santrali Yer Seçimi *(Master's Thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).*

Beamon, A., (1999). Designing The Green Supply Chain. *Logistics Information Management, 12(4),* 330-353.

Bovea, M. D., & Wang, B. (2007). Redesign Methodology For Developing Environmentally Conscious Products. *International Journal Of Production Research, 45(18-19),* 4057-4072.

Bowen, F. E., Cousins, P. D., Lamming, R. C., & Farukt, A. C. (2001). The Role Of Supply Management Capabilities In Green Supply. *Production And Operations Management, 10(2),* 174-189.

Bowersox, D., Closs, D. & Cooper, M. B. (2020). "Supply Chain Logistics Management", *USA, Mcgraw-Hill Higher Education, Fifth Edition.*

Braga, I. F., Ferreira, F. A., Ferreira, J. J., Correia, R. J., Pereira, L. F., & Falcão, P. F. (2021). A DEMATEL Analysis Of Smart City Determinants. *Technology In Society*, 66, 101687.

Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2012). A Novel Hybrid MCDM Approach Based On Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP And Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers. *Expert Systems With Applications, 39(3),* 3000-3011.

Büyüközkan, G., & Güleryüz, S. (2016). An Integrated DEMATEL-ANP Approach For Renewable Energy Resources Selection In Turkey. *International Journal Of Production Economics, 182,* 435-448.

Büyüközkan, G., & Vardaloğlu, Z. (2008). Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi. *Lojistik Dergisi*, 8.

Carter, C. R., & Ellram, L. M. (1998). Reverse Logistics: A Review Of The Literature An Framework For Future Investigation. *Journal Of Business Logistics, 19(1),* 85-102.

Ceballos, B., Lamata, M. T., & Pelta, D. A. (2016). A Comparative Analysis Of Multi-Criteria Decision-Making Methods. *Progress In Artificial Intelligence, 5(4),* 315-322.

Chavoshlou, A. S., Khamseh, A. A., & Naderi, B. (2019). An Optimization Model Of Three-Player Payoff Based On Fuzzy Game Theory In Green Supply Chain. *Computers & Industrial Engineering, 128,* 782-794.

Chertow, M., & Park, J. (2016). Scholarship And Practice In Industrial Symbiosis: 1989-2014. *In Taking Stock Of Industrial Ecology* (pp. 87-116). Springer, Cham.

Chien, M. K., & Shih, L. H. (2007). An Empirical Study Of The Implementation Of Green Supply Chain Management Practices In The Lectrical And Electronic Industry *And Their Relation To Organizational Performances, Int. J.Environ. Sci. Tech., 4 (3),* 383-394.

Chin, T. A., Tat, H. H., & Sulaiman, Z. (2015). Green Supply Chain Management, Environmental Collaboration And Sustainability Performance. *Procedia Cirp, 26,* 695-699.

Christopher, M. (2005). *Logistics And Supply Chain Management, Creating Value-Adding Networks (4rd Ed.).* Harlow: Financial Times Prentice Hall.

Clark, J. W., Toms, L. C., & Green, K. W. (2014). Market-Oriented Sustainability: Moderating Impact Of Stakeholder Involvement. I*ndustrial Management & Data Systems.*

Çakır, E. (2017). Kriter Ağırlıklarının SWARA–Copeland Yöntemi İle Belirlenmesi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 4(1),* 42-56.

Çakır, E., & Özdemir, M. (2016). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması. B*usiness & Economics Research Journal, 7(2),* 167-201.

Çankaya, S. Y., & Sezen, B. (2019). Effects Of Green Supply Chain Management Practices On Sustainability Performance. *Journal Of Manufacturing Technology Management.*

Çelik, M. (2016). Bulanık Sürece Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemi. *Muhasebe Ve Finansman Dergisi, (70),* 91-110.

Çetindaş, A. (2018). İmalat İşletmelerinde Tedarik Zinciri Entegrasyonunun Lojistik Performansı Üzerindeki Etkisinde Çevresel Belirsizliğin Düzenleyici Rolü.

Çil, İ., Kılınç, H., Özgürbüz, E., Ünver, M., & Özkurt, N. (2021). Bulanık MULTIMOORA Ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi Seçimi. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi, (29),* 248-254.

Dashore K., & Sohani, N. (2013). Green Supply Chain Management: A Hierarchical Framework For Barriers. *International Journal Of Engineering Trends And Technology (IJETT). 4(5),* 2172-2182.

De Oliveira, U. R., Marins, F. A. S., Rocha, H. M., & Salomon, V. A. P. (2017). The ISO 31000 Standard In Supply Chain Risk Management. *Journal Of Cleaner Production, 151,* 616-633.

Deepak, M., Haq, A. N., & Mathiyazhagan, K. (2014). Identification Of Pressures, Barriers And Drivers For The Implementation Of Green Supply Chain Management. In 5th International & 26th All India Manufacturing Technology, *Design And Research Conference (AIMTDR 2014), Assam, India,* 1-6

Demirci, S. M. E., & Uygur, S. (2021). DEMATEL Yöntemi ile Denizcilik Mesleği Seçimini Etkileyen Kriterlerinin İncelenmesi. *Journal of Marine and Engineering Technology, 1(2).*

Demirtaş, Ö., Zaralı, F., & Doğan, S. (2020). Bulanık Ortamda Tedarikçi Seçimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 36(3),* 456-471.

Deshmukh, A. J., & Vasudevan, H. (2014). Emerging Supplier Selection Criterion In The Context Of Traditional vs. Green Supply Chain Management. *International Journal Of Managing Value And Supply Chains, 5(1),* 19-33.

Desticioğlu, B. (2021). Green Supply Chaın Management And Sample Applıcatıons. *Journal Of Naval Sciences And Engineering, 17(2),* 283-308.

Deutz, P., Mcguire, M., & Neighbour, G. (2013). Eco-Design Practice In The Context Of A Structured Design Process: An Interdisciplinary Empirical Study Of UK Manufacturers. *Journal Of Cleaner Production, 39*, 117-128.

Dhiman, H. S., & Deb, D. (2020). Fuzzy TOPSIS And Fuzzy COPRAS Based Multi-Criteria Decision Making For Hybrid Wind Farms. *Energy, 202*, 117755.

Dhingra, R., Kress, R., & Upreti, G. (2014). Does Lean Mean Green?. *Journal Of Cleaner Production, 85*, 1-7.

Dhull, S., & Narwal, M. (2016). Drivers And Barriers In Green Supply Chain Management Adaptation: A State-Of-Art Review. *Uncertain Supply Chain Management, 4(1)*, 61-76.

Dılaola, M. (2019). Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarının İnovasyon Üzerindeki Etkisi ve Elektronik Sektöründe Bir Araştırma *(Doctoral Dissertation, Marmara Universitesi (Turkey).*

Digalwar, A. K., & Metri, B. A. (2004). Performance Measurement Framework For World Class Manufacturing. *International Journal Of Applied Management And Technology, 3(2)*, 83-101.

Doğan, H. (2022). DEMATEL VE COPRAS Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi: Hazır Giyim Sektöründe Bir Uygulama. *Tekstil ve Mühendis, 29(127)*, 150-160.

Drohomeretski, E., Da Costa, S. G., & De Lima, E. P. (2014). Green Supply Chain Management: Drivers, Barriers And Practices Within The Brazilian Automotive Industry. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, 1105-1134

Dubey, R., Gunasekaran, A., & Papadopoulos, T. (2017). Green Supply Chain Management: Theoretical Framework And Further Research Directions. Benchmarking: *An International Journal*, 184-218.

Dubey, R., Gunasekaran, A., & Ali, S. S. (2015). Exploring The Relationship Between Leadership, Operational Practices, Institutional Pressures And Environmental Performance: A Framework For Green Supply Chain. *International Journal Of Production Economics, 160*, 120-132.

Ecer, F. (2007). Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Sayılar Mı Yamuk Bulanık Sayılar Mı?. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(2)*, 161-180.

Eltayeb, T. K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Green Supply Chain Initiatives Among Certified Companies In Malaysia And Environmental Sustainability: Investigating The Outcomes. *Resources, Conservation And Recycling, 55(5)*, 495-506.

Erdebilli, B., & Nacar, E. N., (2021*). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamalar*, Editörler: Prof. Dr. Mehmet Kabak, Doç. Dr. Babek Erdebilli, Bölüm 11: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetiminde Sezgisel Bulanık COPRAS Yöntemi (s. 203-216), Nobel Yayınevi, Ankara.

Erdem, M. B., & Doğan, N. Ö. (2020). Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirliğin Analizi: Kahramanmaraş'ta Faaliyet Gösteren Bir Tekstil İşletmesinde DEMATEL Uygulaması. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (36),* 571-598.

Eroğlu, Ö. & Gencer, C. (2021). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamalar*, Editörler: Prof. Dr. Mehmet Kabak, Doç. Dr. Babek Erdebilli, Bölüm 4: Lojistik Destek Üssü Yer Seçiminde Kriter Ağırlıklarının Bulanık DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi.(s. 66-85), Nobel Yayınevi, Ankara.

Erol, I., Ar, I. M., & Peker, I. (2022). Scrutinizing Blockchain Applicability In Sustainable Supply Chains Through An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Framework. *Applied Soft Computing, 116,* 108331.

Ertekin, Ö., & Kaya, S. K. (2020). Determination Of Microbiological Quality Of Fermented Sausage Samples By Fuzzy Logic Approach. *International Journal Of Pure And Applied Sciences*, 6(2), 227-236.

Felea, M., & Albăstroiu, I. (2013). Defining The Concept Of Supply Chain Management And Its Relevance To Romanian Academics And Practitioners. *Amfiteatru Economic Journal, 15(33),* 74-88.

Gadakh, V. S. (2014). Application Of Complex Proportional Assessment Method For Vendor Selection. International *Journal Of Logistics Research And Applications, 17(1),* 23-34.

Gao, Y., Li, J., & Song, Y. (2009). Performance Evaluation Of Green Supply Chain Management Based On Membership Conversion Algorithm. *In 2009 ISECS International Colloquium On Computing, Communication, Control, And Management* (Vol. 3, pp. 237-240). IEEE.

Garg, R., Kumar, R., & Garg, S. (2018). MADM-Based Parametric Selection And Ranking Of E-Learning Websites Using Fuzzy COPRAS. *IEEE Transactions On Education, 62(1),* 11-18.

Gazibey, Y., Kantemir, O., & Demirel, A. (2015). Interaction Among The Criteria Affecting Main Battle Tank Selection: An Analysis With DEMATEL Method. *Defence Science Journal, 65(5),* 345-355.

Ghafori, V., & Sarhadi, R. M. (2013). Best Cloud Provider Selection Using İntegrated ANP-DEMATEL And Prioritizing SMI Attributes. *International Journal Of Computer Applications, 71(16),* 18-25.

Gilbert, S. (2001). Integrated Summary. Greening Supply Chain: Enhancing Competitiveness Through Green Productivity. *APO*, Tokyo, 1-6.

Glantschnig, W. J. (1994). Green Design: An Introduction To Issues And Challenges. *IEEE Transactions On Components, Packaging, And Manufacturing Technology: Part A, 17(4),* 508-513.

Gnoni, M. G., Elia, V., & Lettera, G. (2011). A Strategic Quantitative Approach For Sustainable Energy Production From Biomass. *International Journal Of Sustainable Engineering, 4(02),* 127-135.

Gong, R., Xue, J., Zhao, L., Zolotova, O., Ji, X., & Xu, Y. (2019). A Bibliometric Analysis Of Green Supply Chain Management Based On The Web Of Science (WOS) Platform. *Sustainability, 11(12),* 3459.

Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D., & Haq, A. N. (2014). Barriers Analysis For Green Supply Chain Management Implementation In Indian Industries Using Analytic Hierarchy Process. *International Journal Of Production Economics, 147,* 555-568.

Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2015). Intuitionistic Fuzzy Based DEMATEL Method For Developing Green Practices And Performances In A Green Supply Chain. *Expert Systems With Applications, 42(20),* 7207-7220.

Görener, A. (2013). Tedarik Zinciri Stratejisi Seçimi: Bulanık VIKOR Yöntemiyle İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *Journal Of Alanya Faculty Of Business/Alanya İsletme Fakültesi Dergisi, 5(3),* 47-62.

Grant, D. B., Trautrims, A., & Wong, C. Y. (2015). *Sustainable Logistics And Supply Chain Management (Revised Edition). Kogan Page Publishers*.

Green, K. W., Toms, L. C., & Clark, J. (2015). Impact Of Market Orientation On Environmental Sustainability Strategy. *Management Research Review*, 217-238.

Gunasekaran, A., Lai, K. H., & Cheng, T. E. (2008). Responsive Supply Chain: A Competitive Strategy In A Networked Economy. *Omega, 36(4),* 549-564.

Gupta, S., & Palsule-Desai, O. D. (2011). Sustainable Supply Chain Management: Review And Research Opportunities. *IIMB Management Review, 23(4),* 234-245.

Güler, E., Avcı, S., & Aladağ, Z. (2021). Türkiye'de İllerin Deprem Hasar Görebilirlik Sıralamasında Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Başarısının Copeland Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Journal Of Industrial Engineering (Turkish Chamber Of Mechanical Engineers), 32(3),* 414-437.

Güner, S. (2010). KOBİ'lerde Yeşil Tedarik Zinciri Algılaması: Sakarya Bölgesi Uygulaması (Master's Thesis, Sakarya Üniversitesi).

Güzel, D., & Demirdöğen, O. (2015). Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi. *The International New Issues In Social Sciences, 1(1),* 45-70.

Haiyun, C., Zhixiong, H., Yüksel, S., & Dinçer, H. (2021). Analysis Of The Innovation Strategies For Green Supply Chain Management In The Energy Industry Using The QFD-Based Hybrid Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Decision Approach. *Renewable And Sustainable Energy Reviews, 143,* 110844.

Hamner, B. (2006). Effects Of Green Purchasing Strategies On Supplier Behaviour. In Greening The Supply Chain, *Springer, London*, 25-37.

Handfield, R. B., Melnyk, S. A., Calantone, R. J., & Curkovic, S. (2001). Integrating Environmental Concerns Into The Design Process: The Gap Between Theory And Practice. *IEEE Transactions On Engineering Management, 48(2),* 189-208.

Hasheminasab, H., Hashemkhani Zolfani, S., Bitarafan, M., Chatterjee, P., & Abhaji Ezabadi, A. (2019). The Role Of Facade Materials In Blast-Resistant Buildings: An Evaluation Based On Fuzzy Delphi And Fuzzy EDAS. *Algorithms, 12(6),* 119.

Hervani, A. A., Helms, M. M., & Sarkis, J. (2005). Performance Measurement For Green Supply Chain Management. Benchmarking: *An International Journal*, 330-353.

Heydari, J., Govindan, K., & Basiri, Z. (2021). Balancing Price And Green Quality In Presence Of Consumer Environmental Awareness: A Green Supply Chain Coordination Approach. *International Journal Of Production Research, 59(7),* 1957-1975.

Ho, J. C., Shalishali, M. K., Tseng, T., & Ang, D. S. (2009). Opportunities In Green Supply Chain Management. *The Coastal Business Journal, 8(1),* 18-31.

Holmberg, S. (2000). A Systems Perspective On Supply Chain Measurements. *International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management, 30(10),* 847-868.

Hsu, C. C., Tan, K. C., Zailani, S. H. M., & Jayaraman, V. (2013). Supply Chain Drivers That Foster The Development Of Green Initiatives In An Emerging Economy. *International Journal Of Operations & Production Management, 33(6).*

Hu, A. H., & Hsu, C. W. (2010). Critical Factors For Implementing Green Supply Chain Management Practice: An Empirical Study Of Electrical And Electronics Industries In Taiwan. *Management Research Review, 33(6),* 586-608.

Huang, X., Tan, B. L., & Ding, X. (2015). An Exploratory Survey Of Green Supply Chain Management In Chinese Manufacturing Small And Medium-Sized Enterprises: Pressures And Drivers. *Journal Of Manufacturing Technology Management, 26(1),* 80-103.

Hugos, M. H. (2018). *Essentials Of Supply Chain Management.* John Wiley & Sons.

Hui, I. K., Chan, A. H., & Pun, K. F. (2001). A Study Of The Environmental Management System Implementation Practices. *Journal Of Cleaner Production, 9(3),* 269-276.

Irani, Z., Kamal, M. M., Sharif, A., & Love, P. E. (2017). Enabling Sustainable Energy Futures: Factors Influencing Green Supply Chain Collaboration. *Production Planning & Control, 28(6-8),* 684-705.

Jaggernath, R., & Khan, Z. (2015). Green Supply Chain Management. World Journal Of Entrepreneurship, *Management And Sustainable Development, (11)1,* 37-47.

Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., & Canteras-Jordana, J. C. (2014). A Review Of Application Of Multi-Criteria Decision Making Methods In Construction. *Automation In Construction, 45,* 151-162.

Jayant, A., & Azhar, M. (2014). Analysis Of The Barriers For Implementing Green Supply Chain Management (GSCM) Practices: An Interpretive Structural Modeling (ISM) Approach. *Procedia Engineering, 97,* 2157-2166.

Jiang, R. J., & Bansal, P. (2003). Seeing The Need For ISO 14001. *Journal Of Management Studies, 40(4),* 1047-1067.

Jo, D., & Kwon, C. (2022). Structure Of Green Supply Chain Management For Sustainability Of Small And Medium Enterprises. *Sustainability, 14(1),* 1-20.

Jum'a, L., Ikram, M., Alkalha, Z., & Alaraj, M. (2022). Factors Affecting Managers' Intention To Adopt Green Supply Chain Management Practices: Evidence From Manufacturing Firms In Jordan. *Environmental Science And Pollution Research, 29(4),* 5605-5621.

Kabak, M. (2011). Birlik Hava Savunma Önceliklerinin Tespitine Bulanık Bir Yaklaşım. *Savunma Bilimleri Dergisi, 10(2),* 1-17.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D. (2004). Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey

Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated Fuzzy Multi Criteria Decision Making Method And Multi-Objective Programming Approach For Supplier Selection And Order Allocation In A Green Supply Chain. *Journal Of Cleaner Production, 47,* 355-367.

Karaatlı, M., Ömürbek, N., Emrah, I., & Yılmaz, E. (2016). Performans Değerlemesinde DEMATEL ve Bulanık TOPSIS Uygulaması. *Ege Academic Review, 16(1),* 49-64.

Karahan, M. (2017). İşletme Yöneticilerinin Çevre Duyarlılığı ve Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(4),* 359-374.

Karakaşoğlu, N. (2008). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Uygulama. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

Karakoç, N., Tamer, E., & Özcan, E. (2020). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi İçin Endüstri 4.0'daki Zorlukların Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği, 31(2),* 215-233.

Katrancı, A., & Kundakcı, N. (2020). SWARA Temelli Bulanık COPRAS Yöntemi ile Soğuk Hava Deposu Seçimi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 7(1),* 63-80.

Kaur, J., Sidhu, R., Awasthi, A., Chauhan, S., & Goyal, S. (2018). A DEMATEL Based Approach For Investigating Barriers In Green Supply Chain Management In Canadian Manufacturing Firms. *International Journal Of Production Research, 56(1-2),* 312-332.

Kekilli, E., Cebeci, U., & Sılay, L. (2021). Selection Of VFQ Consultant By Using Integrated Fuzzy AHP And Fuzzy TOPSIS. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (24),* 262-267.

Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-Criteria Inventory Classification Using A New Method Of Evaluation Based On Distance From Average Solution (EDAS). *Informatica, 26(3),* 435-451.

Khan, S. A. R. (2018). Introductory Chapter: Introduction Of Green Supply Chain Management. In Green Practices And Strategies In Supply Chain Management. *Intechopen,* 1-11.

Khan, S. A. R., & Qianli, D. (2017). Impact Of Green Supply Chain Management Practices On Firms' Performance: An Empirical Study From The Perspective Of Pakistan. *Environmental Science And Pollution Research, 24(20),* 16829-16844.

Khiewnavawongsa, S., & Schmidt, E. K. (2013). Barriers To Green Supply Chain Implementation In The Electronics Industry. *In 2013 IEEE International Conference On Industrial Engineering And Engineering Management* (pp. 226-230). IEEE.

Koçak, A., & Diyadin, A. (2018). Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Ege Akademik Bakış, 18(1),* 107-120.

Kormych, B., Averochkina, T., Savych, O., & Pivtorak, H. (2019). Barriers And Drivers Of Green Supply Chain Management: A Case Study Of Ukraine. *Int. J Sup. Chain. Mgt, 8(5),* 305-313.

Korucuk, S., & Memiş, S. (2019). Yeşil Liman Uygulamaları Performans Kriterlerinin DEMATEL Yöntemi İle Önceliklendirilmesi: İstanbul Örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi, 7(16),* 134-148.

Korucuk, S., Turpcu, E., & Akyurt, H. (2018). Bütünleşik DEMATEL ve GİA Yöntemleri ile Seyahat Acentalarında Lojistik Performans Unsurlarının Ölçülmesi Ve En İdeal Seyahat Acentası Seçimi: Giresun İli Örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 10(4),* 820-842.

Kung, F. H., Huang, C. L., & Cheng, C. L. (2012). Assessing The Green Value Chain To İmprove Environmental Performance: Evidence From Taiwan's Manufacturing Industry. *International Journal Of Development Issues, 11(2),* 111-128.

Lamba, N., & Thareja, P. (2016). Barriers of Green Supply Chain Management. A Review. Journal of Advanced Research In Manufacturing, *Material Science & Metallurgical Engineering, 3(3),* 4-15.

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues In Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management, 29(1),* 65-83.

Laosirihongthong, T., Adebanjo, D., & Tan, K. C. (2013). Green Supply Chain Management Practices And Performance. *Industrial Management & Data Systems, 113(8),* 1088-1109

Lawal, M., Alwi, S. R. W., Manan, Z. A., & Ho, W. S. (2021). Industrial Symbiosis Tools—A Review. *Journal Of Cleaner Production, 280,* 124327.

Lee, C. W., Kwon, I. W. G., & Severance, D. (2007). Relationship Between Supply Chain Performance And Degree Of Linkage Among Supplier, Internal Integration, And Customer. Supply Chain Management: *An International Journal. 12(6),* 444–452.

Lee, S. Y. (2008). Drivers For The Participation Of Small And Medium-Sized Suppliers In Green Supply Chain Initiatives. Supply Chain Management: *An International Journal,* 185-198.

Lee, S. Y. (2015). The Effects Of Green Supply Chain Management On The Supplier's Performance Through Social Capital Accumulation. Supply Chain Management*: An International Journal.*

Lee, V. H., Ooi, K. B., Chong, A. Y. L., & Seow, C. (2014). Creating Technological Innovation Via Green Supply Chain Management: An Empirical Analysis. *Expert Systems With Applications, 41(16),* 6983-6994.

Leigh, M., & Li, X. (2015). Industrial Ecology, Industrial Symbiosis And Supply Chain Environmental Sustainability: A Case Study Of A Large UK Distributor. *Journal Of Cleaner Production, 106,* 632-643.

Lin, B., Jones, C. A., & Hsieh, C. T. (2001). Environmental Practices And Assessment: A Process Perspective. *Industrial Management & Data Systems, 101(2),* 71-79

Lin, C. Y., & Ho, Y. H. (2008). An Empirical Study On Logistics Service Providers' Intention To Adopt Green Innovations. *Journal Of Technology Management & Innovation, 3(1),* 17-26.

Lin, R. J. (2013). Using Fuzzy Dematel To Evaluate The Green Supply Chain Management Practices. *Journal Of Cleaner Production, 40,* 32-39.

Liu, Y., Zhu, Q., & Seuring, S. (2017). Linking Capabilities To Green Operations Strategies: The Moderating Role Of Corporate Environmental Proactivity. *International Journal Of Production Economics, 187,* 182-195.

Lummus, R. R., Krumwiede, D. W., & Vokurka, R. J. (2001). The Relationship Of Logistics To Supply Chain Management: Developing A Common Industry Definition. *Industrial Management & Data Systems, 101(8),* 426-431.

Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2016). The Impacts Of Critical Success Factors For Implementing Green Supply Chain Management Towards Sustainability: An Empirical Investigation Of Indian Automobile Industry. *Journal Of Cleaner Production, 121,* 142-158.

Luthra, S., Kumar, V., Kumar, S., & Haleem, A. (2011). Barriers To Implement Green Supply Chain Management In Automobile Industry Using Interpretive Structural Modeling Technique: An Indian Perspective. *Journal Of Industrial Engineering And Management (JIEM), 4(2),* 231-257.

Malviya, R. K., & Kant, R. (2018). Prioritising The Solutions To Overcome The Barriers Of Green Supply Chain Management Implementation: A Hybrid Fuzzy AHP-VIKOR Framework Approach. *Journal Of Decision Systems, 27(4),* 275-320.

Maruthi, G. D., & Rashmi, R. (2015). Green Manufacturing: It's Tools And Techniques That Can Be Implemented In Manufacturing Sectors. *Materials Today: Proceedings, 2(4-5),* 3350-3355.

Mathiyazhagan, K., Govindan, K., Noorulhaq, A., & Geng, Y. (2013). An ISM Approach For The Barrier Analysis In Implementing Green Supply Chain Management. *Journal Of Cleaner Production, 47,* 283-297.

Mathiyazhagan, K., Govindan, K., & Noorulhaq, A. (2014). Pressure Analysis For Green Supply Chain Management Implementation In Indian Industries Using Analytic Hierarchy Process. *International Journal Of Production Research, 52(1),* 188-202.

Mehrabi, J., Gharakhani, D., Jalalifar, S., & Rahmati, H. (2012). Barriers To Green Supply Chain Management In The Petrochemical Sector.

Menon, A., Menon, A., Chowdhury, J., & Jankovich, J. (1999). Evolving Paradigm For Environmental Sensitivity In Marketing Programs: A Synthesis Of Theory And Practice. *Journal Of Marketing Theory And Practice, 7(2),* 1-15.

Mentzer, J. T., Dewitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal Of Business Logistics, 22(2),* 1-25.

Min, H. (2015). *The Essentials Of Supply Chain Management: New Business Concepts And Applications*. *FT Press*.

Mirata, M., & Emtairah, T. (2005). Industrial Symbiosis Networks And The Contribution To Environmental Innovation: The Case Of The Landskrona Industrial Symbiosis Programme. *Journal Of Cleaner Production, 13(10-11),* 993-1002.

Mishra, N., Kumar, V., & Chan, F. T. (2012). A Multi-Agent Architecture For Reverse Logistics In A Green Supply Chain. *International Journal Of Production Research, 50(9),* 2396-2406.

Mohammadjafari, M., Shokrizadeh, R., Heidari, M., & Parvaresh, S. (2014). Study The Barriers Of Green Supply Chain Management Implementation In Iranian Industries Using Analytic Hierarchy Process. *International Journal Of Resistive Economics, 2(1),* 70-82.

Mojumder, A., & Singh, A. (2021). An Exploratory Study Of The Adaptation Of Green Supply Chain Management In Construction Industry: The Case Of Indian Construction Companies. *Journal Of Cleaner Production, 295,* 126400.

Molla, A., Cooper, V., & Pittayachawan, S. (2011). The Green It Readiness (G-Readiness) Of Organisations: An Exploratory Analysis Of A Construct And Instrument. *Communications Of The Association For Information Systems, 29(1),* 67-96.

Mollenkopf, D. A., & Closs, D. J. (2005). *The Hidden Value In Reverse Logistics*.

Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2015). *Purchasing And Supply Chain Management*. Cengage Learning.

Muduli, K., & Barve, A. (2013). Empirical Investigation Of The Barriers Of Green Supply Chain Management (GSCM) Implementation In Indian Mining Industries. *In 3rd International Conference On Business, Economics, Management And Behavioral Sciences (ICBEMBS'2013) April 29-30,* 2013 Singapore.

Muduli, K., Govindan, K., Barve, A., Kannan, D., & Geng, Y. (2013). Role Of Behavioural Factors In Green Supply Chain Management Implementation In Indian Mining Industries. *Resources, Conservation And Recycling, 76,* 50-60.

Naderi, H., Shahhoseini, H. S., & Jafari, A. H. (2013). Evaluation MCDM Multi-Disjoint Paths Selection Algorithms Using Fuzzy-Copeland Ranking Method. *International Journal Of Communication Networks And Information Security, 5(1),* 59.

Nejati, M., Rabiei, S., & Jabbour, C. J. C. (2017). Envisioning The Invisible: Understanding The Synergy Between Green Human Resource Management And Green Supply Chain Management In Manufacturing Firms In Iran In Light Of The Moderating Effect Of Employees' Resistance To Change. *Journal Of Cleaner Production, 168,* 163-172.

Niemann, W., Kotze, T., & Adamo, F. (2016). Drivers And Barriers Of Green Supply Chain Management Implementation In The Mozambican Manufacturing Industry. *Journal Of Contemporary Management, 13(1),* 977-1013.

Ninlawan, C., Seksan, P., Tossapol, K., & Pilada, W. (2010). The Implementation Of Green Supply Chain Management Practices In Electronics Industry. *In World Congress On Engineering 2012. July 4-6, 2012. London, UK.* (Vol. 2182, Pp. 1563-1568). International Association Of Engineers.

Nteta, A., & Mushonga, J. (2021). Drivers And Barriers To Green Supply Chain Management In The South African Cement Industry. *Journal Of Transport And Supply Chain Management, 15*, 17.

Ojo, E., Mbowa, C., & Akinlabi, E. T. (2014). Barriers In Implementing Green Supply Chain Management In Construction Industry. *In International Conference On Industrial Engineering And Operations Management.*

Omerali, M., & Kaya, T. (2022). Augmented Reality Application Selection Framework Using Spherical Fuzzy COPRAS Multi Criteria Decision Making. *Cogent Engineering, 9(1),* 1-38.

Ozyoruk, B. (2018). A Literature Survey On Green Supplier Selection. *The Eurasia Proceedings Of Science Technology Engineering And Mathematics, (2),* 407-411.

Önüt, S., Efendigil, T., & Kara, S. S. (2010). A Combined Fuzzy MCDM Approach For Selecting Shopping Center Site: An Example From İstanbul, Turkey. *Expert Systems With Applications, 37(3),* 1973-1980.

Öz, M., & Kamacı, K. (2022) İşletmelerde Teknolojik Yeniliklerin Kabulüne Etki Eden Yenilik Özelliklerinin DEMATEL Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(1),* 432-454.

Özbek, A. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü.* Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Özceylan, E., Özkan, B., (2021). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel Ve Software Çözümlü Uygulamalar*, Editörler: Prof. Dr. Mehmet Kabak, Doç. Dr. Babek Erdebilli, Bölüm 19: Bulanık EDAS Yöntemi İle Fakültelerin Sürdürülebilirlik Performanslarının Değerlendirilmesi (s. 354-369), Nobel Yayınevi, Ankara.

Özçakar, N., & Demir, H. (2011). Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi, 22(69),* 25-44.

Özdağoğlu, A., Keleş, M. K., & Eren, F. Y. (2021). Laboratuvar Kan Gazı Cihazı Alternatiflerinin Bulanık VIKOR Ve Bulanık EDAS İle Değerlendirilmesi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 11(1),* 220-237

Özdemir, A., & Topal, M. (2019). Türk Eğitim Sisteminin Sorunlarının DEMATEL ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi, 50(50),* 160-184.

Öztürk, D. (2016). Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçlerini Etkileyen Faktörler. *International Journal Of Social And Economic Sciences, 6(1),* 17-24.

Öztürk, Y., Yazgan, E., & Delice, E. K. (2021). Uçak Bakım Teknisyenleri İçin DEMATEL Yöntemi İle Fiziksel İş Yükü Faktörlerinin Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (28),* 1447-1453.

Paksoy, T., Weber, G. W., & Huber, S. (2019). Lean And Green Supply Chain Management. *International Series In Operations Research & Management Science,* 1-273.

Parezanović, T., Bojković, N., Petrović, M., & Tarle, S. P. (2016). Evaluation Of Sustainable Mobility Measures Using Fuzzy COPRAS Method. Management: *Journal Of Sustainable Business And Management Solutions In Emerging Economies, 21(78),* 53-62.

Podvezko, V. (2011). The Comparative Analysis Of MCDA Methods SAW And COPRAS. *Engineering Economics, 22(2),* 134-146.

Poyraz, P., & Şimşir, F. (2022). Tedarik Zinciri Risk Yönetiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Süreç Bazlı Hata Türleri Analizi. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 8(1),* 86-104.

Prajapati, H., Kant, R., & Shankar, R. (2019). Bequeath Life To Death: State-Of-Art Review On Reverse Logistics. *Journal Of Cleaner Production, 211,* 503-520.

Pramanik, S. (2022). Matching And Fair Division Allocation Algorithms (Doctoral Dissertation, Indian Institute Of Technology, Gandhinagar).

Rahman, T., Ali, S. M., Moktadir, M. A., & Kusi-Sarpong, S. (2020). Evaluating Barriers To Implementing Green Supply Chain Management: An Example From An Emerging Economy. *Production Planning & Control, 31(8),* 673-698.

Rao, P. (2006). Greening Of Suppliers/In-Bound Logistics-In The South East Asian Context. *In Greening The Supply Chain* (Pp. 189-204). Springer, London.

Rao, P., & Holt, D. (2005). Do Green Supply Chains Lead To Competitiveness And Economic Performance? *International Journal Of Operations & Production Management.*

Ravi, V., & Shankar, R. (2005). Analysis Of Interactions Among The Barriers Of Reverse Logistics. *Technological Forecasting And Social Change, 72(8),* 1011-1029.

Rehman, M. A., & Shrivastava, R. L. (2013). Green Manufacturing (GM): Past, Present And Future (A State Of Art Review*). World Review Of Science, Technology And Sustainable Development, 10(1-2-3),* 17-55.

Roehrich, J. K., Hoejmose, S. U., & Overland, V. (2017). Driving Green Supply Chain Management Performance Through Supplier Selection And Value İnternalisation: A Self-Determination Theory Perspective. *International Journal Of Operations & Production Management,* 489-509.

Routroy, S. (2009). Antecedents And Drivers For Green Supply Chain Management Implementation In Manufacturing Environment. *ICFAI Journal Of Supply Chain Management, 6(1),* 20-35.

Sabah, L. (2017). Earthquake Hazard Analysis For Districts Of Düzce Via AHP And Fuzzy Logic Methods. *The Journal Of Cognitive Systems, 2(1),* 1-5.

Salimifard, K., Shahbandarzadeh, H., & Raeesi, R. (2012). Green Transportation And The Role Of Operation Research. *In Int. Conf. Traffic Transp. Eng.(ICTTE 2012)* (Vol. 26, Pp. 74-79).

Santolaria, M., Oliver-Solà, J., Gasol, C. M., Morales-Pinzón, T., & Rieradevall, J. (2011). Eco-Design In Innovation Driven Companies: Perception, Predictions And The Main Drivers Of Integration. The Spanish Example. *Journal Of Cleaner Production, 19(12),* 1315-1323.

Sarkis, J. (1998). Evaluating Environmentally Conscious Business Practices. *European Journal Of Operational Research, 107(1),* 159-174.

Sarkis, J. (2003). A Strategic Decision Framework For Green Supply Chain Management. *Journal Of Cleaner Production, 11(4),* 397-409.

Savara, V. (2015). *A TQM Based Assessment Framework For Blended Learning Environment In Higher Education Sector*. University Of Salford (United Kingdom).

Scupola, A. (2003). The Adoption Of Internet Commerce By SMEs In The South Of Italy: An Environmental, Technological And Organizational Perspective. *Journal Of Global Information Technology Management, 6(1),* 52-71.

Sezen, B., & Çankaya, S. Y. (2018). Green Supply Chain Management Theory And Practices. In I. Management Association (Ed.), *Operations And Service Management: Concepts, Methodologies, Tools, And Applications* (pp. 118-141). IGI Global.

Sheu, J. B., Chou, Y. H., & Hu, C. C. (2005). An Integrated Logistics Operational Model For Green-Supply Chain Management. *Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review, 41(4),* 287-313.

Shieh, J. I., Wu, H. H., & Huang, K. K. (2010). A DEMATEL Method In Identifying Key Success Factors Of Hospital Service Quality. *Knowledge-Based Systems, 23(3),* 277-282.

Silva, F. C. D., Shibao, F. Y., Barbieri, J. C., Librantz, A. F. H., & Santos, M. R. D. (2018). Barriers To Green Supply Chain Management In The Automotive Industry. *Revista De Administração De Empresas, 58,* 149-162.

Singer, H., & Özçelik, T. O. (2022). Bir Risk Temelli Karar Verme Yaklaşımı İle Metalik Biyomalzeme Değerlendirme. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 37(2),* 641-654.

Sofuoğlu, M. A. (2020). Fuzzy Applications Of FUCOM Method In Manufacturing Environment. Politeknik Dergisi, 23(1), 189-195.

Sotvaldieva, A., Muhina, K., & Levitskaya, M. (2021). Green Logistic, 151-154.

Srivastav, P., & Gaur, M. K. (2015). Barriers To Implement Green Supply Chain Management In Small Scale Industry Using Interpretive Structural Modeling Technique-A North Indian Perspective. *European Journal Of Advances In Engineering And Technology, 2(2),* 6-13.

Srivastava, S. K. (2007). Green Supply Chain Management: A State-Of-The-Art Literature Review. *International Journal Of Management Reviews, 9(1),* 53-80.

Stadtler, H., Stadtler, H., Kilger, C., Kilger, C., Meyr, H., & Meyr, H. (2015). Supply Chain Management And Advanced Planning: *Concepts, Models, Software, And Case Studies.* Springer.

Stekelorum, R., Laguir, I., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Green Supply Chain Management Practices And Third-Party Logistics Providers' Performances: A Fuzzy-Set Approach. *International Journal Of Production Economics, 235,* 108093.

Stevens, G. C. (1989). Integrating The Supply Chain. *International Journal Of Physical Distribution & Materials Management,* Vol. 8, No. 8, pp. 3-8.

Stević, Ž., Vasiljević, M., Puška, A., Tanackov, I., Junevičius, R., & Vesković, S. (2019). Evaluation Of Suppliers Under Uncertainty: A Multiphase Approach Based On Fuzzy AHP And Fuzzy EDAS. *Transport, 34(1),* 52-66.

Stević, Ž., Vasiljević, M., Zavadskas, E. K., Sremac, S., & Turskis, Z. (2018). Selection Of Carpenter Manufacturer Using Fuzzy EDAS Method. *Engineering Economics, 29(3),* 281-290.

Tan, D. (2012). Developing Agricultural Products Logistics In China From The Perspective Of Green Supply Chain. International *Journal Of Business And Management, 7(21),* 106-112.

Tan, X. C., Liu, F., Cao, H. J., & Zhang, H. (2002). A Decision-Making Framework Model Of Cutting Fluid Selection For Green Manufacturing And A Case Study. *Journal Of Materials Processing Technology, 129(1-3),* 467-470.

Testa, F., & Iraldo, F. (2010). Shadows And Lights Of Gscm (Green Supply Chain Management): Determinants And Effects Of These Practices Based On A Multi-National Study. *Journal Of Cleaner Production, 18(10-11),* 953-962.

Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J., & Van Wassenhove, L. (1995). Strategic Issues İn Product Recovery Management. *California Management Review, 37(2),* 114-136.

Triantaphyllou, E., Shu, B., Sanchez, S. N., & Ray, T. (1998). Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia Of Electrical And Electronics Engineering, 15(1998),* 1-22.

Trujillo-Gallego, M., & Sarache, W. (2021). A Conceptual Framework of Green Supply Chain Management: Influential Factors, Green Practices, and Performance. *Trends In Industrial Engineering Applications to Manufacturing Process, 3-33.*

Tseng, M. L. (2009). Application Of ANP And DEMATEL To Evaluate The Decision-Making Of Municipal Solid Waste Management In Metro Manila. *Environmental Monitoring And Assessment, 156(1),* 181-197.

Tumpa, T. J., Ali, S. M., Rahman, M. H., Paul, S. K., Chowdhury, P., & Khan, S. A. R. (2019). Barriers To Green Supply Chain Management: An Emerging Economy Context. *Journal Of Cleaner Production, 236*, 117617.

Türkmen, M., & Demirel, A. (2022). SWARA Ağırlıklı Bulanık COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. *Alanya Akademik Bakış, 6(1),* 1739-1756.

Uddin, S., Ali, S. M., Kabir, G., Suhi, S. A., Enayet, R., & Haque, T. (2019). An AHP-ELECTRE Framework To Evaluate Barriers To Green Supply Chain Management In The Leather Industry. *International Journal Of Sustainable Development & World Ecology, 26(8),* 732-751.

Ulu, M., & Şahin, H. (2021). An Integrated Approach For Fire Extinguishers Selection With DEMATEL And TODIM Methods. Business & Management Studies: *An International Journal, 9(4),* 1696-1707.

Vachon, S., & Klassen, R. D. (2006). Green Project Partnership In The Supply Chain: The Case Of The Package Printing İndustry. *Journal Of Cleaner Production, 14(6-7),* 661-671.

Vachon, S., & Klassen, R. D. (2006). Extending Green Practices Across The Supply Chain: The İmpact Of Upstream And Downstream Integration. *International Journal Of Operations & Production Management.*

Vachon, S., & Klassen, R. D. (2008). Environmental Management And Manufacturing Performance: The Role Of Collaboration In The Supply Chain. *International Journal Of Production Economics, 111(2),* 299-315.

Vallet, F., Eynard, B., Millet, D., Mahut, S. G., Tyl, B., & Bertoluci, G. (2013). Using Eco-Design Tools: An Overview Of Experts' Practices. *Design Studies, 34(3),* 345-377.

Van Der Vaart, T., & Van Donk, D. P. (2008). A Critical Review Of Survey-Based Research In Supply Chain Integration. *International Journal Of Production Economics, 111(1),* 42-55.

Vanalle, R. M., & Santos, L. B. (2014). Green Supply Chain Management In Brazilian Automotive Sector. Management Of Environmental Quality: *An International Journal*.

Velasquez, M., & Hester, P. T. (2013). An Analysis Of Multi-Criteria Decision Making Methods. *International Journal Of Operations Research, 10(2),* 56-66.

Venkatesanarayanan, P. T., & Thirunavukkarasu, R. (2021). Indispensable Link Between Green Supply Chain Practices, Performance And Learning: An ISM Approach. *Journal Of Cleaner Production, 279,* 123387.

Walker, H., Di Sisto, L., & Mcbain, D. (2008). Drivers And Barriers To Environmental Supply Chain Management Practices: Lessons From The Public And Private Sectors. *Journal Of Purchasing And Supply Management, 14(1),* 69-85.

Wang, H. F., & Gupta, S. M. (2011). Green Supply Chain Management: Product Life Cycle Approach. Mcgraw-Hill Education.

Wiese, A., Luke, R., Heyns, G. J., & Pisa, N. M. (2015). The Integration Of Lean, Green And Best Practice Business Principles. *Journal Of Transport And Supply Chain Management, 9(1),* 1-10.

Wiley, J. A., Benefield, J. D., & Johnson, K. H. (2010). Green Design And The Market For Commercial Office Space. *The Journal Of Real Estate Finance And Economics, 41(2),* 228-243.

Wu, K. J., Tseng, M. L., & Vy, T. (2011). Evaluation The Drivers Of Green Supply Chain Management Practices In Uncertainty. *Procedia-Social And Behavioral Sciences, 25*, 384-397.

Wu, W. W. (2008). Choosing Knowledge Management Strategies By Using A Combined ANP And DEMATEL Approach. E*xpert Systems With Applications, 35(3),* 828-835.

Xu, L., & Yang, J. B. (2001). Introduction To Multi-Criteria Decision Making And The Evidential Reasoning Approach (Vol. 106*). Manchester: Manchester School Of Management, 1-21*.

Yaprak, İ., & Doğan, N. Ö. (2019). Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi: İlgili Literatüre Dayalı Bir Mevcut Durum Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 15(4),* 1143-1165.

Yassin, A. M. M., Hassan, M. A., & Elmesmary, H. M. (2021). Key Elements Of Green Supply Chain Management Drivers And Barriers Empirical Study Of Solar Energy Companies In South Egypt. *International Journal Of Energy Sector Management.*

Yazdani, M., Alidoosti, A., & Zavadskas, E. K. (2011). Risk Analysis Of Critical Infrastructures Using Fuzzy COPRAS. *Economic Research-Ekonomska İstraživanja, 24(4),* 27-40.

Yazdani, M., Torkayesh, A. E., Santibanez-Gonzalez, E. D., & Otaghsara, S. K. (2020). Evaluation Of Renewable Energy Resources Using Integrated Shannon Entropy—EDAS Model. *Sustainable Operations And Computers, 1,* 35-42.

Yıldırım, B. F. (2016). FUZZY ve Grey COPRAS Yöntemleri İle Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması (Doctoral Dissertation, Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Yıldırım, B. F., & Timor, M. (2019). Bulanık ve Gri COPRAS Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Seçim Modeli Geliştirilmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 6(2),* 283-310.

Younis, H., Sundarakani, B., & Vel, P. (2016). The Impact Of Implementing Green Supply Chain Management Practices On Corporate Performance. Competitiveness Review.

Yu, Y., Han, X., & Hu, G. (2016). Optimal Production For Manufacturers Considering Consumer Environmental Awareness And Green Subsidies. *International Journal Of Production Economics, 182,* 397-408.

Yürüyen, A. A., & Ulutaş, A. (2020). Bulanık AHP ve Bulanık EDAS Yöntemleri İle Üçüncü Parti Lojistik Firması Seçimi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8* (İktisadi ve İdari Bilimler), 283-294.

Zardari, N. H., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Yusop, Z. B. (2015). Weighting Methods And Their Effects On Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes In Water Resources Management. Springer, 7-67.

Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Vilutiene, T. (2009). Multicriteria Evaluation Of Apartment Blocks Maintenance Contractors: Lithuanian Case Study. *International Journal Of Strategic Property Management, 13(4),* 319-338.

Zhang, W., & Deng, Y. (2019). Combining Conflicting Evidence Using The DEMATEL Method. *Soft Computing, 23(17),* 8207-8216.

Zhang, S., Wei, G., Gao, H., Wei, C., & Wei, Y. (2019). EDAS Method For Multiple Criteria Group Decision Making With Picture Fuzzy Information And Its Application To Green Suppliers Selections. *Technological And Economic Development Of Economy, 25(6),* 1123-1138.

Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2008). Confirmation Of A Measurement Model For Green Supply Chain Management Practices Implementation. *International Journal Of Production Economics, 111(2),* 261-273.

Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2012). Green Supply Chain Management Innovation Diffusion And Its Relationship To Organizational Improvement: An Ecological Modernization Perspective. *Journal Of Engineering And Technology Management, 29(1),* 168-185.

Zijm, H., Klumpp, M., Regattieri, A., & Heragu, S. (Eds.). (2019). *Operations, Logistics And Supply Chain Management.* Berlin: Springer.

EK-1. İlk Katılımcının Zorluklar İçin Yapmış Olduğu Değerlendirmeler

ANA ZORLUKLAR	Maliyet	Teknoloji	Katılım ve Destek	Bilgi ve Deneyim	Örgüt Dışı Unsurlar
Maliyet	0	4	2	2	1
Teknoloji	4	0	3	3	1
Katılım ve Destek	4	2	0	4	3
Bilgi ve Deneyim	1	2	3	0	3
Örgüt Dışı Unsurlar	4	3	3	2	0

Maliyete İlişkin Zorluklar	Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	Geri Dönüşümün Maliyeti
Yatırım Maliyetinin Yüksek Olması	0	4	2	0	0
Çevre Dostu Ürünlerin Üretilmesindeki Maliyet	4	0	2	0	0
İleri Teknolojinin Uygulanmasındaki Maliyet	4	2	0	0	0
Tehlikeli Atık Bertarafı İçin Maliyet	2	1	0	0	3
Geri Dönüşümün Maliyeti	1	0	0	3	0

Teknolojiye İlişkin Zorluklar	Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği
Teknolojik Donanım ve Yazılım Altyapısı Eksikliği	0	1	2
Teknolojik Anlamda İlerlemenin Benimsenmemesi	0	0	3
Teknoloji Kullanımı Konusunda Nitelik Eksikliği	4	2	0

Katılım ve Desteğe İlişkin Zorluklar	Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	Değişime Karşı Oluşan Direnç	Başarısız Olma Endişesi
Üst Yönetim Desteğinin Olmaması	0	4	3
Değişime Karşı Oluşan Direnç	4	0	4
Başarısız Olma Endişesi	1	4	0

Bilgi ve Deneyime İlişkin Zorluklar	Bilgi Eksikliği	Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar
Bilgi Eksikliği	0	3	1	0	0
Gerekli Tecrübeye Sahip İnsan Kaynağı Eksikliği	4	0	4	1	2
Müşteri Bilincinin Yeterli Olmaması	1	3	0	0	1
Çevresel Etkilere İlişkin Farkındalığın Az Olması	4	4	0	0	0
Tersine Lojistiğin Benimsenmesine İlişkin Zorluklar	4	4	3	1	0

Örgüt Dışı Unsurlar	Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	İşletmeler Üzerindeki Baskı	Rekabet ve Pazar Belirsizliği	Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği
Hükümet Politikalarının ve Düzenlemelerinin Yetersiz Olması	0	2	1	1	4	4
İşletmeler Üzerindeki Baskı	2	0	3	4	2	1
Rekabet ve Pazar Belirsizliği	2	4	0	4	1	4
Tedarikçilerle Yaşanan Sıkıntılar	1	4	2	0	3	3
Yeşil Malzemelerin Temin Edilmesinin Önündeki Zorluk	0	0	1	3	0	4
Yeşil Ürünler İçin Piyasadaki Talebin Belirsizliği	1	1	0	0	4	0

EK-2. Tüm Katılımcıların Çözüm Önerileri İçin Yapmış Olduğu Değerlendirmeler

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
Ç1	ÇD,O,ÇY,ÇY,Y,Y,O,Y,Y,O,O,	ÇY,O,Y,Y,ÇY,Y,O,Y,Y,ÇY,ÇY,	Y,Y,ÇY,Y,O,Y,O,O,O,Y,Y,	ÇD,O,ÇY,ÇY,Y,D,O,D,Y,ÇY,ÇY,	Y,O,O,O,Y,Y,Y,D,Y,ÇY,ÇY,	D,O,ÇY,ÇY,ÇY,D,O,O,Y,Y,Y,	D,O,O,O,ÇY,ÇD,O,ÇY,Y,ÇY,ÇY,	D,Y,O,O,Y,ÇD,O,ÇD,D,Y,Y,	ÇD,ÇD,OY,Y,D,D,O,D,D,O,O,	ÇD,O,D,D,O,Y,D,O,O,Y,Y,	Y,ÇD,O,O,O,ÇY,O,OD,D,ÇY,ÇY,
Ç2	ÇD,O,Y,Y,O,O,D,O,Y,ÇY,ÇY,	ÇY,Y,O,O,O,D,O,D,Y,Y,Y,	O,Y,O,O,Y,D,O,ÇD,Y,O,O,	ÇY,O,O,O,Y,Y,D,D,Y,OY,OY,	ÇY,OY,D,D,Y,Y,O,O,Y,Y,Y,	D,Y,ÇY,ÇY,Y,Y,ÇD,Y,ÇY,OY,OY,	O,O,ÇY,Y,Y,O,O,ÇY,ÇY,Y,Y,	D,O,O,O,O,Y,O,ÇY,ÇY,OY,OY,	O,O,O,O,O,D,D,D,Y,ÇY,ÇY,	O,O,Y,Y,Y,O,ÇD,D,Y,Y,Y,	D,Y,O,Y,O,O,O,ÇD,O,OY,OY,
Ç3	ÇD,O,ÇY,ÇY,Y,O,ÇD,Y,Y,O,O,	ÇY,Y,D,D,Y,D,D,OY,ÇY,O,O,	Y,Y,O,O,Y,Y,ÇD,OY,Y,ÇY,ÇY,	Y,Y,O,O,Y,O,D,OY,Y,Y,Y,	ÇD,O,D,D,O,O,D,Y,Y,ÇY,ÇY,	O,Y,Y,Y,Y,Y,Y,ÇY,O,O,	Y,Y,Y,Y,Y,Y,O,OD,Y,ÇY,ÇY,	Y,O,O,O,O,Y,O,D,O,O,O,	Y,Y,O,O,O,O,D,ÇD,O,O,O,	Y,O,D,D,Y,D,D,ÇD,O,O,O,	ÇY,O,O,O,Y,D,ÇD,D,O,O,O,
Ç4	ÇY,O,ÇY,Y,O,Y,O,D,D,Y,Y,	ÇD,Y,O,O,Y,Y,Y,D,D,ÇY,ÇY,	ÇY,Y,O,O,O,ÇY,O,D,D,Y,Y,	D,O,O,O,Y,Y,O,ÇD,D,ÇY,ÇY,	O,O,D,D,Y,O,O,ÇD,ÇD,ÇY,ÇY,	Y,O,Y,Y,Y,ÇY,ÇD,ÇY,ÇY,Y,Y,	Y,Y,Y,Y,Y,Y,O,Y,Y,O,O,	Y,Y,O,O,Y,ÇY,D,O,O,Y,Y,	O,O,O,O,O,ÇD,O,ÇD,ÇD,ÇY,ÇY,	Y,D,O,O,Y,O,O,O,O,D,O,O,	Y,O,O,O,Y,ÇY,D,O,D,Y,Y,
Ç5	O,O,ÇY,Y,Y,ÇD,ÇD,D,D,O,O,	O,O,O,O,O,O,ÇD,D,O,Y,Y,	O,O,O,O,Y,Y,D,D,O,Y,Y,	D,O,Y,Y,Y,Y,ÇD,ÇD,D,ÇY,ÇY,	ÇY,Y,O,O,Y,Y,D,ÇD,D,Y,Y,	Y,Y,Y,Y,Y,Y,O,D,D,ÇY,ÇY,	Y,O,Y,ÇY,O,Y,Y,Y,OY,Y,Y,	Y,O,O,O,Y,ÇY,Y,ÇY,O,Y,Y,	O,Y,O,O,O,D,D,O,D,O,O,	O,O,D,D,O,Y,O,Y,O,Y,Y,	O,O,O,O,O,O,Y,Y,O,ÇY,ÇY,
Ç6	ÇD,Y,ÇY,Y,Y,O,O,D,O,O,O,	ÇY,Y,O,O,Y,O,Y,Y,O,Y,Y,	ÇY,O,O,D,Y,O,O,Y,OD,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,O,Y,D,O,D,D,O,O,	ÇY,Y,D,D,O,Y,O,O,D,Y,Y,	ÇD,O,Y,Y,OY,Y,D,D,O,O,O,	O,O,ÇY,Y,Y,Y,O,D,O,O,O,	O,Y,Y,Y,O,O,D,ÇD,O,ÇY,ÇY,	D,O,Y,Y,Y,O,D,ÇD,D,ÇY,ÇY,	Y,O,D,D,Y,Y,O,ÇD,O,Y,Y,	O,O,O,D,Y,O,ÇD,D,D,Y,Y,
Ç7	ÇD,O,Y,Y,Y,O,O,D,O,O,O,	ÇD,O,O,D,Y,O,O,O,O,O,O,	D,Y,Y,O,Y,D,O,O,D,Y,Y,	ÇD,Y,O,O,Y,D,O,O,D,Y,Y,	ÇD,Y,D,D,Y,O,O,ÇD,D,ÇY,ÇY,	D,O,ÇY,ÇY,Y,Y,O,Y,O,ÇY,ÇY,	ÇD,Y,Y,Y,Y,Y,O,O,O,O,O,	ÇD,O,O,O,O,ÇY,D,O,Y,O,O,	O,Y,O,O,O,O,O,O,O,ÇY,ÇY,	O,Y,O,O,Y,O,D,O,O,O,O,	Y,ÇY,O,O,Y,ÇD,O,O,OD,O,O,
Ç8	O,Y,ÇY,Y,Y,O,O,D,OD,Y,Y,	O,Y,O,O,ÇY,Y,D,D,D,O,O,	O,O,O,Y,ÇY,O,D,D,D,O,O,	D,O,Y,Y,ÇY,D,O,ÇD,O,Y,Y,	O,O,O,O,ÇY,O,O,ÇD,D,O,O,	ÇD,O,Y,Y,Y,D,O,ÇD,O,ÇY,ÇY,	ÇD,O,Y,Y,ÇY,D,D,D,O,O,	ÇD,O,O,O,ÇY,D,O,ÇD,O,Y,Y,	Y,O,O,Y,ÇY,D,ÇD,ÇD,O,O,	Y,O,D,D,Y,D,O,O,O,O,O,	Y,Y,O,O,Y,D,D,O,ÇD,O,O,
	K12	**K13**	**K14**	**K15**	**K16**	**K17**	**K18**	**K19**	**K20**	**K21**	**K22**
Ç1	O,D,D,D,Y,D,O,ÇD,D,Y,Y,	D,D,Y,Y,Y,D,D,D,D,ÇY,ÇY,	D,OY,O,O,D,D,O,ÇY,D,O,O,	ÇD,D,ÇD,ÇD,O,Y,O,Y,O,O,O,	ÇD,ÇD,ÇD,ÇD,O,Y,D,ÇY,O,Y,Y,	ÇD,O,O,O,OY,Y,O,Y,ÇY,ÇY,ÇY,	ÇY,O,D,D,O,Y,ÇY,O,Y,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,O,O,Y,Y,O,Y,Y,Y,	ÇD,Y,O,Y,O,D,O,D,Y,O,O,	OD,Y,O,O,Y,Y,D,ÇD,Y,Y,Y,	OD,Y,O,O,Y,O,D,ÇD,Y,ÇY,ÇY,
Ç2	ÇD,O,D,D,Y,D,O,O,O,Y,Y,	ÇD,Y,O,O,O,O,O,D,O,O,O,	ÇD,O,O,O,O,D,D,ÇD,D,Y,Y,	ÇD,O,D,D,O,D,O,D,O,OY,OY,	D,ÇD,O,O,O,O,O,Y,O,Y,Y,	O,O,O,O,O,ÇD,O,O,D,Y,Y,	O,Y,D,D,O,O,D,O,O,ÇY,ÇY,	D,O,Y,Y,O,D,D,O,O,OY,OY,	D,Y,Y,Y,O,D,O,D,Y,ÇY,ÇY,	O,O,O,O,O,D,D,O,Y,Y,Y,	O,O,O,D,O,O,ÇD,O,Y,ÇY,ÇY,
Ç3	D,O,D,D,Y,D,D,OD,Y,O,O,	D,O,O,O,Y,Y,ÇD,D,O,O,O,	ÇD,O,O,O,Y,D,D,ÇD,O,Y,Y,	ÇD,Y,ÇD,D,O,D,O,D,O,ÇY,ÇY,	ÇD,Y,ÇD,D,O,Y,ÇD,O,O,ÇY,ÇY,	ÇD,Y,O,O,O,D,D,D,D,O,O,	ÇY,Y,D,D,O,D,O,D,Y,Y,Y,	ÇY,Y,O,O,O,O,O,O,D,Y,Y,Y,	D,Y,O,O,O,D,D,D,Y,Y,Y,	ÇD,O,O,D,O,O,ÇD,O,Y,O,O,	ÇD,O,O,O,Y,O,O,D,Y,O,O,
Ç4	ÇD,O,D,D,Y,Y,ÇD,D,O,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,O,O,D,O,O,O,O,O,	ÇD,O,O,O,O,D,D,ÇD,D,O,O,	ÇD,Y,D,ÇD,Y,D,D,D,D,Y,Y,	D,Y,D,D,Y,OY,ÇD,O,ÇD,O,O,	ÇD,O,O,O,O,ÇD,O,ÇD,ÇD,ÇY,ÇY,	Y,O,D,O,Y,ÇD,D,D,ÇD,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,O,Y,O,D,ÇD,O,Y,Y,	ÇD,Y,O,O,Y,D,D,D,D,O,O,	ÇD,Y,O,O,Y,O,ÇD,D,D,O,O,	ÇD,O,O,O,O,D,ÇD,O,D,Y,Y,
Ç5	Y,O,D,D,Y,ÇY,ÇY,Ç,ÇY,O,O,O,	ÇD,O,O,O,Y,O,O,Y,D,ÇY,ÇY,	O,O,O,Y,Y,ÇD,ÇD,D,D,Y,Y,	O,O,D,D,Y,O,O,O,D,O,O,	O,Y,D,D,Y,ÇY,O,O,O,O,O,	ÇD,Y,O,O,Y,D,O,D,Y,Y,Y,	ÇD,ÇY,D,O,Y,ÇY,D,Y,O,O,O,	ÇD,Y,O,O,O,O,ÇD,O,Y,O,O,	ÇD,Y,O,O,O,D,ÇD,D,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,O,Y,O,ÇD,O,O,ÇY,ÇY,	ÇD,Y,O,O,Y,O,ÇD,Y,D,Y,Y,
Ç6	Y,O,D,D,O,O,O,D,D,ÇY,ÇY,	D,O,O,O,Y,ÇY,D,D,Y,Y,Y,	D,Y,Y,Y,Y,D,O,D,D,O,O,	O,O,D,D,Y,Y,ÇD,O,O,ÇY,ÇY,	Y,O,O,D,Y,D,O,D,OD,O,O,	Y,O,O,O,Y,ÇD,O,ÇD,Y,O,O,	ÇY,O,D,D,O,Y,D,O,O,Y,Y,	ÇY,O,O,O,Y,O,O,O,O,ÇY,ÇY,	Y,O,O,O,Y,O,ÇY,Y,O,D,D,	ÇD,O,O,O,Y,O,Y,Y,O,O,O,	ÇD,O,O,O,O,O,Ç,Y,O,O,O,O,
Ç7	Y,Y,O,O,Y,D,D,Y,D,O,O,	O,Y,O,O,Y,Y,D,O,Y,O,O,	ÇY,O,O,O,Y,D,O,D,D,O,O,	Y,O,ÇD,ÇD,Y,O,D,O,O,Y,Y,	Y,Y,D,Y,Y,Y,D,D,OD,O,O,	ÇY,O,O,O,Y,ÇY,D,ÇD,O,O,O,	D,Y,O,D,Y,Y,ÇD,O,Y,ÇY,ÇY,	O,O,O,O,O,O,ÇD,O,Y,O,Y,	D,O,O,O,O,O,D,O,Y,Y,Y,	Y,O,O,O,O,Y,ÇD,Y,O,ÇY,ÇY,	O,D,O,O,Y,Y,ÇD,O,Y,ÇY,ÇY,
Ç8	O,O,D,D,O,D,O,D,O,O,O,	O,O,Y,O,Y,D,O,ÇD,O,ÇY,ÇY,	O,O,Y,Y,Y,ÇY,D,Y,O,ÇY,ÇY,	D,O,D,D,O,Y,O,Y,O,Y,Y,	D,O,D,D,O,Y,D,ÇD,ÇD,O,O,	ÇD,O,O,O,O,D,ÇD,ÇD,D,O,O,	O,O,D,O,O,D,O,Y,D,O,O,	O,O,O,O,Y,Y,O,Y,Y,ÇY,ÇY,	D,O,O,O,Y,D,O,D,O,ÇY,ÇY,	ÇD,O,O,Y,Y,D,O,D,D,Y,Y,	ÇD,D,O,O,O,O,O,D,O,O,ÇY,ÇY,

EK-3. Python Programında Kullanılan Kodlar

```
def ucgensel_toplam(a, b):
    return (a[0] + b[0], a[1] + b[1], a[2] + b[2])

def ucgensel_cik(a, b):
    return (a[0] - b[2], a[1] - b[1], a[2] - b[0])

def ucgensel_bol(a, b):
    return (a[0] / b[2], a[1] / b[1], a[2] / b[0])

def ucgensel_carp(a, b):
    return (a[0] * b[0], a[1] * b[1], a[2] * b[2])

def ucgensel_toplam_sabit(a, b):
    return (a[0] + b, a[1] + b, a[2] + b)

def ucgensel_cik_sabit(a, b):
    return (a[0] - b, a[1] - b, a[2] - b)

def ucgensel_cik_sabit_rev(a, b):
    return (b - a[0], b - a[1],b - a[2])

def ucgensel_bol_sabit(a, b):
    if b >= 0:
        return (a[0] / b, a[1] / b, a[2] / b)
    else:
        return (a[2] / b, a[1] / b, a[0] / b)

def ucgensel_carp_sabit(a, b):
    if b >= 0:
        return (a[0] * b, a[1] * b, a[2] * b)
    else:
        return (a[2] * b, a[1] * b, a[0] * b)


def kav(a):
    return (a[0] + a[1] + a[2]) / 3.0

def psi(a):
    if kav(a) > 0:
        return a
    else:
        return (0, 0, 0)

def max2(arr):
    last_maks = 0
    maks = 0
    for i in range(len(arr)):
        last_maks = arr[i]
        if last_maks > maks:
            maks = last_maks

    return maks

def max(arr):
    last_maks = 0
    maks = 0
    for i in range(len(arr)):
        last_maks = kav(arr[i])
        if last_maks > maks:
            maks = last_maks

    return maks

def copras_i(arr, ks, cs, kss, copras):
    for i in range(cs):
        for j in range(ks):
            last_min = 0
            mini = 100
            for k in range(kss):
                last_min = arr[k][i][j][0]
                if last_min < mini:
                    mini = last_min

            my_list = list(copras[i][j])
            my_list[0] = mini
            copras[i][j] = tuple(my_list)

```

```
78
79  def copras_j(arr, ks, cs, kss, copras):
80      for i in range(cs):
81          for j in range(ks):
82              summ = 0
83              for k in range(kss):
84                  summ += arr[k][i][j][1]
85
86              my_list = list(copras[i][j])
87              my_list[1] = summ / kss
88              copras[i][j] = tuple(my_list)
89
90  def copras_k(arr, ks, cs, kss, copras):
91      for i in range(cs):
92          for j in range(ks):
93              last_max = 0
94              maks = 0
95              for k in range(kss):
96                  last_maks = arr[k][i][j][2]
97                  if last_maks > maks:
98                      maks = last_maks
99
100             my_list = list(copras[i][j])
101             my_list[2] = maks
102             copras[i][j] = tuple(my_list)
103
104 def tup_to_str(a):
105     return "({:.2f},{:.2f},{:.2f})".format(a[0], a[1], a[2])
106
107 def tup_to_str_norm(a):
108     return "({},{},{})".format(a[0], a[1], a[2])
109
110 def str_to_tup(a):
111     b = a[1:len(a)-1]
112     c = b.split(",")
113     return (c[0], c[1], c[2])
114
115 def alternatif_karsilik_ucgensel_tup(a):
116     if a == 1:
117         return (0, 0 , 1)
118     elif a == 2:
119         return (0, 1, 3)
120     elif a == 3:
121         return (1, 3, 5)
122     elif a == 4:
123         return (3, 5, 7)
124     elif a == 5:
125         return (5, 7, 9)
126     elif a == 6:
127         return (7, 9, 10)
128     elif a == 7:
129         return (9, 10, 10)
130
131
132 def alternatif_karsilik_ucgensel(a):
133     if a == 1:
134         return tup_to_str_norm((0, 0 , 1))
135     elif a == 2:
136         return tup_to_str_norm((0, 1, 3))
137     elif a == 3:
138         return tup_to_str_norm((1, 3, 5))
139     elif a == 4:
140         return tup_to_str_norm((3, 5, 7))
141     elif a == 5:
142         return tup_to_str_norm((5, 7, 9))
143     elif a == 6:
144         return tup_to_str_norm((7, 9, 10))
145     elif a == 7:
146         return tup_to_str_norm((9, 10, 10))
147
148 def alternatif_karsilik_sozel(a):
149     if a == 1:
150         return "ÇD"
151     elif a == 2:
152         return "D"
153     elif a == 3:
```

```
        return "OD"
    elif a == 4:
        return "O"
    elif a == 5:
        return "OY"
    elif a == 6:
        return "Y"
    elif a == 7:
        return "ÇY"


cozum_sayisi = 0
kriter_sayisi = 0
katilimci_sayisi = 0

import numpy as np
from openpyxl import Workbook

wb = Workbook()
ws = wb.active

cozum_sayisi = 8
kriter_sayisi = 22
katilimci_sayisi = 11

all_tups = []
all_tups_copras = []
arr7 = [["" for i in range(kriter_sayisi)] for j in range(cozum_sayisi)]

for i in range(katilimci_sayisi):
    lines = []
    while True:
        line = input("Katılımcı {} :".format(i+1))
        if line:
            lines.append(line.replace('\t', ','))
        else:
            break

    text = '\n'.join(lines)
    test1 = text.split("\n")
    b = []
    for l in range(len(test1)):
        lst_int = [int(o) for o in test1[l].split(',')]
        b.append(lst_int)

    #print(b)

    arr = np.array(b)

    arr2 = np.transpose(arr).tolist()

    arr3 = np.transpose(arr).tolist()

    arr4 = np.transpose(arr).tolist()

    arr5 = np.transpose(arr).tolist()

    arr6 = arr.tolist()



    for y in range(len(arr3)):
        for x in range(len(arr3[y])):
            arr3[y][x] = alternatif_karsilik_sozel(arr3[y][x])
            arr4[y][x] = alternatif_karsilik_ucgensel(arr4[y][x])
            arr5[y][x] = alternatif_karsilik_ucgensel_tup(arr5[y][x])

    for y in range(len(arr6)):
        for x in range(len(arr6[y])):
            arr7[y][x] += alternatif_karsilik_sozel(arr6[y][x]) + ","
            arr6[y][x] = alternatif_karsilik_ucgensel_tup(arr6[y][x])

    all_tups.append(arr5)
    all_tups_copras.append(arr6)

    if i == 0:
        ws.title = "Katılımcı 1"

    else:
        wb.create_sheet("Katılımcı {}".format(i+1))

        wb.active = wb["Katılımcı {}".format(i+1)]

    ws = wb.active
```

```
238
239     for k in range(3):
240         for row in range(1, kriter_sayisi+1):
241             cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=2)
242             cell.value="K{}".format(row)
243
244         for col in range(1, cozum_sayisi+1):
245             cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+2, column=col+2)
246             cell.value="Ç{}".format(col)
247
248         for row in range(1, kriter_sayisi+1):
249             for col in range(1, cozum_sayisi+1):
250                 cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=col+2)
251                 if k == 0:
252                     #print(arr2[row-1][col-1])
253                     cell.value = arr2[row-1][col-1]
254                 if k == 1:
255                     cell.value = arr3[row-1][col-1]
256 ]               if k == 2:
257                     cell.value = arr4[row-1][col-1]
258                 #cell.value=5
259
260     # for row in range(1, kriter_sayisi+1):
261     #   cell = ws.cell(row=row+2, column=2)
262     #   cell.value="K{}".format(row)
263
264     # for col in range(1, cozum_sayisi+1):
265     #   cell = ws.cell(row=2, column=col+2)
266     #   cell.value="Ç{}".format(col)
267
268
269 toplam_matris = []
270 averages = []
271 pda = []
272 nda = []
273 sp = []
274 np = []
275 nsp = []
276 nsn = []
277 asj = []
278 kas = []
279
280 copras = []
281 bnp = []
282 copras_normalized = []
283 copras_weighted = []
284 copras_si = []
285 copras_qi = []
286 copras_pi = []
287
288
289 agirliklar = [0.215
290 ,0.207
291 ,0.208
292 ,0.183
293 ,0.186
294 ,0.338
295 ,0.331
296 ,0.331
297 ,0.331
298 ,0.327
299 ,0.342
300 ,0.207
301 ,0.225
302 ,0.182
303 ,0.195
304 ,0.192
305 ,0.170
306 ,0.176
307 ,0.173
308 ,0.180
309 ,0.150
310 ,0.151]
311
312 onem_derecesi = [0.045,
313 0.043,
314 0.043,
315 0.038,
316 0.039,
317 0.069,
318 0.068,
319 0.068,
320 0.066,
321 0.066,
322 0.068,
```

```
    0.041,
    0.045,
    0.036,
    0.039,
    0.038,
    0.031,
    0.033,
    0.032,
    0.033,
    0.028,
    0.028
    ]


    for row in range(cozum_sayisi):
        copras.append([])
        bnp.append([])
        copras_normalized.append([])
        copras_weighted.append([])
        for col in range(kriter_sayisi):
            copras[row].append((0,0,0))
            bnp[row].append(0)
            copras_normalized[row].append(0)
            copras_weighted[row].append(0)

    for row in range(kriter_sayisi):
        toplam_matris.append([])
        pda.append([])
        nda.append([])
        for col in range(cozum_sayisi):
            toplam_matris[row].append((0,0,0))
            pda[row].append((0,0,0))
            nda[row].append((0,0,0))

    for col in range(cozum_sayisi):
        sp.append((0,0,0))
        np.append((0,0,0))
        nsp.append((0,0,0))
        nsn.append((0,0,0))
        asj.append((0,0,0))
        kas.append(0)
        copras_pi.append(0)
        copras_qi.append(0)
        copras_si.append(0)

    for i in range(len(all_tups)):
        for row in range(len(all_tups[i])):
            for col in range(len(all_tups[i][row])):
                toplam_matris[row][col] = ucgensel_toplam(toplam_matris[row][col],all_tups[i][row][col])

    #print(toplam_matris)

    for row in range(len(toplam_matris)):
        for col in range(len(toplam_matris[row])):
            toplam_matris[row][col] = ucgensel_bol_sabit(toplam_matris[row][col], katilimci_sayisi)

    for row in range(len(toplam_matris)):
        toplam = (0, 0, 0)
        for col in range(len(toplam_matris[row])):
            toplam = ucgensel_toplam(toplam_matris[row][col], toplam)

        averages.append(ucgensel_bol_sabit(toplam, cozum_sayisi))

    for row in range(len(toplam_matris)):
        for col in range(len(toplam_matris[row])):
            pda[row][col] = ucgensel_bol_sabit(psi(ucgensel_cik(toplam_matris[row][col], averages[row])),
            nda[row][col] = ucgensel_bol_sabit(psi(ucgensel_cik(averages[row], toplam_matris[row][col])),

    #print(toplam_matris)
    #print(averages)
    #print(nda)
    #print("********PDA**********")
    #print(pda)

    # print("*********NDA**********")
    # print(nda)

    for col in range(cozum_sayisi):
        for row in range(kriter_sayisi):
            sp[col] = ucgensel_toplam(sp[col], ucgensel_carp_sabit(pda[row][col], agirliklar[row]))
            np[col] = ucgensel_toplam(np[col], ucgensel_carp_sabit(nda[row][col], agirliklar[row]))

            # sp[col] = ucgensel_carp_sabit(ucgensel_toplam(sp[col], pda[row][col]), agirliklar[row])
            # np[col] = ucgensel_carp_sabit(ucgensel_toplam(np[col], nda[row][col]), agirliklar[row])


```

```
sp_maks = max(sp)
np_maks = max(np)

for col in range(cozum_sayisi):
    nsp[col] = ucgensel_bol_sabit(sp[col], sp_maks)
    nsn[col] = ucgensel_cik_sabit_rev(ucgensel_bol_sabit(np[col], np_maks), 1)

for col in range(cozum_sayisi):
    asj[col] = ucgensel_bol_sabit(ucgensel_toplam(nsp[col], nsn[col]), 2)

for col in range(cozum_sayisi):
    kas[col] = kav(asj[col])

wb.create_sheet("Bulanık EDAS")
wb.active = wb["Bulanık EDAS"]
ws = wb.active



for k in range(3):
    for row in range(1, kriter_sayisi+1):
        cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=2)
        cell.value="K{}".format(row)

    for col in range(1, cozum_sayisi+1):
        cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+2, column=col+2)
        cell.value="Ç{}".format(col)

    if k == 0:
        cell = ws.cell(row=2, column=cozum_sayisi+3)
        cell.value="AV"
        for row in range(1, kriter_sayisi+1):
            cell = ws.cell(row=row+2, column=cozum_sayisi+3)
            cell.value = tup_to_str(averages[row-1])

    for row in range(1, kriter_sayisi+1):
            for col in range(1, cozum_sayisi+1):
                cell = ws.cell(row=(k*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=col+2)

                if k == 0:
                    cell.value = tup_to_str(toplam_matris[row-1][col-1])

                if k == 1:
                    cell.value = tup_to_str(pda[row-1][col-1])

                if k == 2:
                    cell.value = tup_to_str(nda[row-1][col-1])


for row in range(1, cozum_sayisi+1):
    cell = ws.cell(row=(3*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=2)
    cell.value="Ç{}".format(row)

for col in range(1, 6+1):
    cell = ws.cell(row=(3*(kriter_sayisi+3))+2, column=col+2)
    cell.value="s{}".format(col)

for col in range(1, cozum_sayisi+1):
    cell = ws.cell(row=(3*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=col+2)

for row in range(1, cozum_sayisi+1):
    for col in range(1, 6+1):
        cell = ws.cell(row=(3*(kriter_sayisi+3))+row+2, column=col+2)
        if col == 1:
            cell.value = tup_to_str(sp[row-1])
        if col == 2:
            cell.value = tup_to_str(np[row-1])
        if col == 3:
            cell.value = tup_to_str(nsp[row-1])
        if col == 4:
            cell.value = tup_to_str(nsn[row-1])
        if col == 5:
            cell.value = tup_to_str(asj[row-1])
        if col == 6:
            cell.value = "{:.2f}".format(kas[row-1])



wb.create_sheet("Bulanık COPRAS")
wb.active = wb["Bulanık COPRAS"]
ws = wb.active
```

```
491
492 copras_i(all_tups_copras, kriter_sayisi, cozum_sayisi, katilimci_sayisi, copras)
493 copras_j(all_tups_copras, kriter_sayisi, cozum_sayisi, katilimci_sayisi, copras)
494 copras_k(all_tups_copras, kriter_sayisi, cozum_sayisi, katilimci_sayisi, copras)
495
496 for row in range(cozum_sayisi):
497     for col in range(kriter_sayisi):
498         cl = copras[row][col][0]
499         cm = copras[row][col][1]
500         cn = copras[row][col][2]
501         bnp[row][col] = (((cn - cl) + (cm - cl)) / 3) + cl
502
503 for row in range(cozum_sayisi):
504     for col in range(kriter_sayisi):
505         summ = 0
506         for row2 in range(cozum_sayisi):
507             summ += bnp[row2][col]
508
509         copras_normalized[row][col] = (bnp[row][col] / summ)
510         copras_weighted[row][col] = copras_normalized[row][col] * onem_derecesi[col]
511
512 for row in range(cozum_sayisi):
513     summ = 0
514     for col in range(kriter_sayisi):
515         summ += copras_weighted[row][col]
516
517     copras_si[row] = summ
518     copras_qi[row] = summ
519
520
521 q_max = max2(copras_qi)
522
523 for row in range(cozum_sayisi):
524     copras_pi[row] = (copras_qi[row] / q_max) * 100
525
526
527 for k in range(3):
528     for row in range(1, cozum_sayisi+1):
529         cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=2)
530         cell.value="Ç{}".format(row)
531
532     for col in range(1, kriter_sayisi+1):
533         cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+2, column=col+2)
534         cell.value="K{}".format(col)
535
536
537     for row in range(1, cozum_sayisi+1):
538             for col in range(1, kriter_sayisi+1):
539                 cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=col+2)
540
541                 if k == 0:
542                     cell.value = tup_to_str(copras[row-1][col-1])
543
544                 if k == 1:
545                     cell.value = bnp[row-1][col-1]
546
547                 if k == 2:
548                     cell.value = copras_weighted[row-1][col-1]
549
550 for row in range(1, cozum_sayisi+1):
551     cell = ws.cell(row=(3*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=2)
552     cell.value="Ç{}".format(row)
553
554 for col in range(1, 3+1):
555     cell = ws.cell(row=(3*(cozum_sayisi+3))+2, column=col+2)
556     cell.value="s{}".format(col)
557
558 for row in range(1, cozum_sayisi+1):
559     for col in range(1, 3+1):
560         cell = ws.cell(row=(3*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=col+2)
561         if col == 1:
```

```
                cell.value = copras_si[row-1]
            if col == 2:
                cell.value = copras_qi[row-1]
            if col == 3:
                cell.value = copras_pi[row-1]


wb.create_sheet("TEST")
wb.active = wb["TEST"]
ws = wb.active

for k in range(1):
    for row in range(1, cozum_sayisi+1):
        cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=2)
        cell.value="Ç{}".format(row)

    for col in range(1, kriter_sayisi+1):
        cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+2, column=col+2)
        cell.value="K{}".format(col)


    for row in range(1, cozum_sayisi+1):
            for col in range(1, kriter_sayisi+1):
                cell = ws.cell(row=(k*(cozum_sayisi+3))+row+2, column=col+2)
                cell.value = arr7[row-1][col-1]


wb.save("newsample.xlsx")

#s = pyperclip.paste()

# cozum_sayisi = int(input("Çözüm Sayısı :"))
# kriter_sayisi = int(input("Kriter Sayısı :"))
# katilimci_sayisi = int(input("Katılımcı Sayısı :"))

# print(cozum_sayisi, kriter_sayisi, katilimci_sayisi)
# bulanik_dizi = np.zeros((kriter_sayisi, cozum_sayisi))
# print(bulanik_dizi)


# lines = []
# while True:
#     line = input()
#     if line:
#         lines.append(line.replace('\t', ','))
#     else:
#         break

# text = '\n'.join(lines)
# test1 = text.split("\n")
```