İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

**T.C.**
**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**
**İŞLETME ANABİLİM DALI**
**İŞLETME DOKTORA PROGRAMI**

# SÜRDÜRÜLEBİLİR YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME: BULANIK KARAR ORTAMINDA ÇOK KRİTERLİ HİBRİT BİR YAKLAŞIM

**Doktora Tezi**

**Cansu GÜLER**
**200012068**

**İSTANBUL, 2025**

İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ

**T.C.**
**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**
**İŞLETME ANABİLİM DALI**
**İŞLETME DOKTORA PROGRAMI**

# SÜRDÜRÜLEBİLİR YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME: BULANIK KARAR ORTAMINDA ÇOK KRİTERLİ HİBRİT BİR YAKLAŞIM

**Doktora Tezi**

**Cansu GÜLER**
**200012068**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali GÖRENER**

**İSTANBUL, 2025**

# ETİK BEYANI

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.

Cansu GÜLER

# ÖZET

Günümüzde yaşanan iklim krizi sürdürülebilirlik kavramını hiç olmadığı kadar önemli hale getirmiştir. Bu doğrultuda, işletmeler mevcut iş süreçlerinde sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında yeni düzenlemeler yapmaktadır. Yapılan düzenlemeler, işletmelerin genel iş süreçlerinin yanı sıra, yeni ürün geliştirme ve pazarda konumlandırma ile ilgili stratejilerini de etkilemektedir. Yeni ürün geliştirme olgusu günümüz ekonomik koşullarında bir işletmenin rekabetçiliğinin temelini oluşturan son derece önemli bir iş sürecidir. İşletmelerin daha sürdürülebilir organizasyonlar olmaları için bu alanda daha bilinçli seçimler yapmaları önemli bir gereksinim halini almıştır. Çalışmamızda bu probleme yönelik olarak işletmelerin yeni ürün geliştirme süreçlerinde alternatif ürünler arasından daha sürdürülebilir olanı belirlemelerine ilişkin karar modelleri ele alınmıştır. Bu kapsamda araştırmamızda TC. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından tescillenen ve denetlenen AR-GE Merkezleri içinde otomotiv ve kimya ana faaliyet alanlarında çalışan işletmelerin yer aldığı bir veri toplama çalışması gerçekleştirilmiştir.

Veri toplama çalışmalarının gerçekleştirildiği 2023 yılında toplam 1.265 adet AR-GE Merkezi yer almakta olup, çalışma kapsamında bu merkezlerde hedef sektörlerde çalışan toplam 35 uzmandan yeni ürün geliştirme kararlarında hangi sürdürülebilirlik kriterlerinin daha önemli olduğuna dair görüş toplanmıştır. Görüşler merkez yöneticileri, AR-GE uzmanları ve AR-GE şefleri, ürün geliştirme yöneticileri gibi pozisyonlardan toplanmıştır. Verilerin toplanmasında 5 ana kriterler ve 29 alt kriterlerden oluşan yarı yapılandırılmış bir soru formu uygulanmış, öncelikle ana kriterlerin devamında her bir ana kritere ait alt kriterlerin değerlendirilmesine yönelik beşli dilsel ölçek kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde bulanık FUCOM yöntemi kullanılmış, yöntemin uygulanması için Lingo 17 programından yararlanılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, seçilen hedef sektörler olan otomotiv ve kimya endüstrileri için hangi yeni ürün alternatiflerinin daha sürdürülebilir olduğunun belirlenmesine yönelik olarak uzmanlardan değerlendirmeler alınmıştır. Alınan değerlendirmeler, çalışmanın ilk kısmında belirlenen kriter ağılıkları da esas alınarak bulanık WASPAS ve bulanık MABAC yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen ürün alternatiflerinin

sıralamaları COPELAND yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirme sonunda hangi ürünlerin daha sürdürülebilir olduğuna yönelik seçim yapılarak, sonuçların tartışılması ile çalışma tamamlanmıştır.

Araştırmamızın ilk aşamasında özellikle çevre ve ekonomik kriterlerin sosyal ve pazar kriterlerine yönelik daha baskın bir etkiye sahip olduğu ile ilgili bulgulara ulaşılmıştır. Otomotiv sektöründe ekonomik kriterler daha öncelikli iken, kimya sektöründe yakın bir ağırlığa sahip olmakla birlikte ürün ve üretim süreci ile ilgili çevresel unsurların değerlendirilmesine yönelik kriterlerin çok daha ön planda olduğu tespit edilmiştir. Otomotiv sektöründe en önemli ilk üç alt kriter sırasıyla "karlılık ve satış gelirleri", "ürün maliyeti" ve "güvenilirlik- pazardaki ihtiyacı karşılama" iken kimya sektöründe en önemli alt kriterler "ürünlerde geri dönüşüm hammadde ve bileşen kullanımı", "atık azaltma- ürünün üretiminde, atık oluşturmaması" ve "ürün maliyeti" olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bu sonuçların literatürdeki benzer araştırmalar ile kıyaslamaları gerçekleştirilmiştir. Devamında belirlenen sektörlerden seçilen ürün alternatifleri belirlenen kriter ağırlıkları da kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda otomotiv sektöründe elektrikli ve yüksek yolcu taşıma kapasiteli otobüs ürün alternatifi ve kimya sektöründe %100 geri dönüştürülebilir, monopoliolefin temelli ambalaj filmi ürün alternatifi değerlendirilen ürün grupları içinde en sürdürülebilir çözümler olarak belirlenmiştir.

***Anahtar Kelimeler:*** *Yeni ürün geliştirme, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir yeni ürün geliştirme, çok kriterli karar verme, bulanık FUCOM, bulanık MABAC, bulanık WASPAS, COPELAND.*

# ABSTRACT

The ongoing climate crisis has rendered the concept of sustainability more critical than ever before. In this context, businesses are making various adjustments to their existing operational processes within the framework of sustainability initiatives. These adjustments not only affect general business operations but also have significant implications for strategies related to new product development and market positioning. New product development is a crucial process that forms the foundation of competitiveness for firms in today's economic landscape. It has become an essential requirement for companies to make more informed decisions in this domain in order to become more sustainable organizations.

In this study, decision models that support businesses in selecting the most sustainable alternative among potential new products were examined. Data was collected from R&D centers officially registered and supervised by the Republic of Türkiye Ministry of Industry and Technology, focusing on companies operating in the automotive and chemical industries. As of 2023, there were a total of 1,265 R&D centers in Türkiye, and the study gathered input from 35 experts working in the target sectors. The participants included R&D managers, engineers, supervisors, and product development executives, who provided their views on the most critical sustainability criteria in new product development decisions.

A semi-structured questionnaire consisting of five main criteria and 29 sub-criteria was used for data collection. A five-point linguistic scale was applied to evaluate both the main and sub-criteria. In the first phase of the study, the relative importance of each criterion was analyzed using the Fuzzy FUCOM method, implemented through Lingo 17 software. In the second phase, expert evaluations were obtained for various new product alternatives within the selected target sectors. These evaluations were analyzed using the Fuzzy WASPAS and Fuzzy MABAC methods, based on the previously determined criterion weights. The final rankings of product alternatives were then aggregated using the COPELAND method. The study concluded with the selection of the most sustainable products and a discussion of the results.

In the initial phase of the research, it was found that environmental and economic criteria had a more dominant impact compared to social and market-related criteria. While economic criteria were prioritized in the automotive sector, environmental aspects concerning the product and production processes held a more significant position in the chemical sector. The top three sub-criteria in the automotive industry were identified as “profitability and sales revenue,” “product cost,” and “reliability – meeting market demand.” In contrast, the most important sub-criteria in the chemical sector were “use of recycled raw materials and components in products,” “waste reduction during production,” and “product cost.” These findings were compared with similar studies in the literature.

Following this, selected product alternatives from both sectors were analyzed using the identified criterion weights. As a result, in the automotive sector, the electric and high-passenger-capacity bus alternative, and in the chemical sector, the 100% recyclable, metallocene polyolefin-based packaging film alternative were identified as the most sustainable solutions among the evaluated product groups.

***Keywords:*** *New product development, sustainability, sustainable new product development, multi-criteria decision making, fuzzy FUCOM, fuzzy MABAC, fuzzy WASPAS, COPELAND.*

# ÖNSÖZ

Doktora eğitim süresince gerek ders aşaması gerekse tez aşamasında, bilgisi ve tecrübesini esirgemeyen, çalışmama büyük katkı sağlayan çok değerli ve kıymetli hocam Prof. Dr. Ali Görener'e çok teşekkür ederim. Ayrıca tez aşamasında görüş ve destekleri ile katkıda bulunan, değerli hocalarım Doç. Dr. Fatma Serab Onursal, Doç. Dr. Nurgül Keleş Tayşir'e ayrı ayrı teşekkür ederim.

Doktora yapmam için beni cesaretlendiren, çalışmalarımda manevi desteğiyle katkı sağlayan çok değerli hocam Doç. Dr. Ahmet Feyzioğlu'na da teşekkürü bir borç bilirim. Bugüne kadar beni her konuda destekleyen aileme, çalışma arkadaşlarıma ve yakın arakadaşım Elit Dörtkardeş'e ve diğer arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın uygulama bölümünde değerli görüşleri ve vakitleri ile katkı sağlayan tüm uzmanlara ve bilgi paylaşan işletmeye desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**

**ÖZET** ..... **i**
**ABSTRACT** ..... **iii**
**ÖNSÖZ** ..... **v**
**İÇİNDEKİLER** ..... **vi**
**TABLO LİSTESİ** ..... **viii**
**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **xi**
**KISALTMALAR LİSTESİ** ..... **xii**
**GİRİŞ** ..... **1**
**1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ** ..... **5**
1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihçesi ..... 6
1.2. Sürdürülebilirliğin Boyutları ..... 9
1.2.1. Ekonomik Boyut ..... 11
1.2.2. Çevre Boyutu ..... 12
1.2.3. Sosyal Boyut ..... 12
1.3. Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi ve Yönetimi ..... 13
**2. YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME** ..... **17**
2.1. Üründe Yenilik Sınıflandırması ..... 19
2.2. Yeni Ürün Geliştirme Süreci ..... 21
2.3. Sürdürülebilir Yeni Ürün Geliştirme ..... 24
**3. SÜRDÜRÜLEBİLİR YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME KARAR KRİTERLERİ** ..... **30**
3.1. Finansal Kriterler ..... 30
3.2. Pazar Kriterleri ..... 32
3.3. Ürüne Ait Çevresel Kriterleri ..... 34
3.4 Ürünün Üretim Süreçlerine ait Çevresel Kriterleri ..... 36
3.5 Ürüne ait Sosyal Kriterler ..... 38
**4. KRİTERLERİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ VE ÜRÜN ALTERNATİFLERİNİN SIRALANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER** ..... **40**
4.1. Kriterlerin Önceliklendirilmesinde Bulanık Tam Tutarlılık Yöntemi ..... 40

4.2. Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesine Yönelik Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ..... 43
4.2.1. Bulanık WASPAS Metodu ..... 44
4.2.2. Bulanık MABAC Metodu ..... 47
4.2.3. COPELAND Yöntemi ..... 51
**5. UYGULAMA ..... 54**
5.1. Kriterlerin Önceliklendirilmesi ..... 54
5.2. Bulanık FUCOM Metodu ile Kriterlerin Önceliklendirilmesi ..... 57
5.3. Ürün Alternatiflerinin Belirlenmesi ..... 71
5.3.1. Otomotiv Sektörünün Örneklemesinde Kullanılan Ürün Grupları ..... 72
5.3.2. Kimya Sektörünün Örneklemesinde Kullanılan Ürün Grupları ..... 74
5.4. Otomotiv Sektöründe Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ..... 76
5.4.1. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yönteminin Uygulanması ..... 77
5.4.2. Bulanık MABAC Uygulaması ..... 79
5.4.3. Copeland Yönteminin Uygulanması ..... 81
5.5. Kimya Sektöründe Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ..... 83
5.5.1. Kimya Sektörüne ait Yeni Ürün Alternatiflerinin Bulanık WASPAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi ..... 83
5.5.2. Kimya Sektörüne ait Yeni Ürün Alternatiflerinin Bulanık MABAC Yöntemi ile Değerlendirilmesi ..... 86
5.5.3. Copeland Yönteminin Uygulanması ..... 89
**6. SONUÇ ..... 91**
6.1. Sürdürülebilirlik Kriterleri ile İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 91
6.1.1 Otomotiv Sektöründe Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 91
6.1.2. Kimya Sektöründe Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 94
6.1.3. Otomotiv ve Kimya Sektöründe Belirlenen Kriterlerin Kıyaslanması ..... 97
6.2. Sürdürülebilir Yeni Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ..... 98
6.2.1. Otomotiv Sektöründe Sürdürülebilir Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ..... 99
6.2.2. Kimya Sektöründe Sürdürülebilir Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ..... 100
**KAYNAKLAR ..... 103**
**EKLER ..... 138**

# TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve Gruplaması.....14

Tablo 2. Sürdürülebilir Yeni Ürün Değerlendirmesine Yönelik Finansal Kriterler.....31

Tablo 3. Sürdürülebilir Yeni Ürün Değerlendirmesine Yönelik Pazar Kriterleri.....33

Tablo 4. Sürdürülebilir Yeni Ürünlere ait Çevre Kriterleri.....34

Tablo 5. Sürdürülebilir Yeni Ürünlerin Üretim Süreçlerine ait Çevre Kriterleri.....36

Tablo 6. Sürdürülebilir Yeni Ürünlerin Üretim Süreçlerine ait Sosyal KriterlerTablo.....38

Tablo 7. Otomotiv Sektöründeki Uzmanlara ait Demografik Bilgiler.....55

Tablo 8. Kimya Sektöründeki Uzmanlara ait Demografik Bilgiler.....56

Tablo 9. Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424 ).....57

Tablo 10. Otomotiv Sektörü Ana Kriterlerin Sıralanması.....58

Tablo 11. Kimya Sektörü Ana Kriterlerin Sıralaması.....59

Tablo 12. Karar Verici 1- Bulanık Anlamlılık Değerleri (Otomotiv Örneği).....60

Tablo 13. Karar Verici 1- Önem Vektörü.....60

Tablo 14. Karar Verici 1 Koşul Değerleri.....61

Tablo 15. Otomotiv Sektöründe Tüm Karar Vericilere Ait Sonuçlar.....63

Tablo 16. Otomotiv Sektörü Kriter Ağırlıkları ve Sıralaması.....66

Tablo 17. Kimya Sektörü Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralaması.....67

Tablo 18. Kimya Sektörüne ait Kriter Ağırlıkları ve SıralamasıTablo.....70

Tablo 19. Otomotiv Sektörüne Ait Yeni Ürün Alternatifleri.....73

Tablo 20. Kimya Sektörüne Ait Ürün Alternatifleri.....75

Tablo 21. Ürün Alternatiflerinin Değerlendirmesi – Karar Vericilerin Demografik Bilgileri.....76

Tablo 22. Bulanık MABAC ve WASPAS Yöntemlerinde Dilsel İfadelerin Üyelik Fonksiyon Değerleri.....76

Tablo 23. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Başlangıç Matrisi.....77

Tablo 24. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Normalize Başlangıç Matrisi.....77

Tablo 25. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WSM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris .....78

Tablo 26. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $Qi$ değerleri .....78

Tablo 27. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WPM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris .....78

Tablo 28. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait bulanık $Pi$ değerleri .....79

Tablo 29. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait $Ki$ Değerleri ve Sıralaması .....79

Tablo 30. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Normalize Matris .....80

Tablo 31. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Ağırlıklandırılmış Normalize Matris .80

Tablo 32. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Kriterlere ait Sınıra Yakınlık Değerleri .....80

Tablo 33. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin Sınır Alana Yakınlık Mesafeleri.....81

Tablo 34. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin $Si$ değerleri ve Sıralaması .....81

Tablo 35. Otomotiv Sektörü F-MABAC ve F-WASPAS Yöntemlerinin Uygulama Sonuçlarının Kıyaslanması .....82

Tablo 36. Otomotiv Sektörü Copeland Yöntemi İki Kıyaslama Sonuçları.....82

Tablo 37. Otomotiv Sektörü Alternatiflerin Copeland Skoruna göre Sıralaması .....82

Tablo 38. Ürün Alternatiflerinin Değerlendirmesi – Karar Vericilerin Demografik Bilgileri.....83

Tablo 39. Kimya Sektörü Uygulaması Bulanık WASPAS Yöntemi Başlangıç Matrisi.....84

Tablo 40. Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Normalize Başlangıç Matrisi .....84

Tablo 41. Kimya Sektörü WASPAS Yöntemi WSM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisi .....85

Tablo 42. Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $Qi$ Değerleri .85

Tablo 43. Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WPM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris .....85

Tablo 44. Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $Pi$ Değerleri .86

Tablo 45. Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait $Ki$ Değerleri ve Sıralaması .....86

Tablo 46. Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Normalize Matris.....87

Tablo 47. Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Ağırlıklandırılmış Normalize Matris.....87

Tablo 48. Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Kriterlere ait Sınıra Yakınlık Değerleri..88

Tablo 49. Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin Sınır Alana Yakınlık Mesafeleri .....88

Tablo 50. Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin $Si$ değerleri ve Sıralaması .....88

Tablo 51. Kimya Sektörü F-MABAC ve F-WASPAS Yöntemlerinin Uygulama Sonuçlarının Kıyaslanması .....89

Tablo 52. Kimya Sektörü Copeland Yöntemi İkili Kıyaslama Sonuçları.....89

Tablo 53. Kimya Sektörü Alternatiflerin Copeland Skoruna göre Sıralaması.....90

Tablo 54. Ana Kriterlerin Sıralaması (Otomotiv Sektörü).....92

Tablo 55. Ana Kriterlerin Sıralaması (Kimya Sektörü) .....95

# ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sürdürülebilirlik Boyutları ..... 9

Şekil 2. Boyutların İlişkilerinin Güçlendirildiği Sürdürülebilirlik Yaklaşımı ..... 11

Şekil 3. Yeni Ürün Geliştirme Süreci ..... 22

Şekil 4. Yeni Ürün Geliştirme – Stage Gate Yaklaşımı ..... 23

Şekil 5. Bulanık WASPAS Adımları ..... 45

Şekil 6. Sınır Yaklaşım Alanı Alternatiflerin Referans Gösterimi ..... 48

Şekil 7. Bulanık MABAC Adımları ..... 49

# KISALTMALAR LİSTESİ

**AHP:** Analitik Hiyerarşi Süreci

**ANP:** Analitik Ağ Süreci

**AR-GE:** Araştırma ve Geliştirme

**BM:** Birleşmiş Milletler

**BWM:** En Kötü-En İyi Yöntemi

**ÇED:** Çevresel Etki Değerlendirmeleri

**ÇKKV:** Çok Kriterli Karar Verme

**ÇSY:** Çevre, Sosyal Yönetişim

**DDPM:** Dinamik Geliştirme Prosesi Modeli

**EMAS:** Eko Yönetim ve Denetim Sistemi

**EU:** Avrupa Birliği Konseyi

**FUCOM:** Tam Tutarlılık Metodu

**GRI:** Küresel Raporlama Girişimi

**KV:** Karar Verici

**MABAC:** Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Kıyaslaması

**OECD:** Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü

**PDMA:** Ürün Geliştirme Yönetimi Derneği

**QFD:** Kalite Fonksiyon Göçerimi

**SSbD:** Güvenli ve Sürdürülebilir Tasarım

**SYDD:** Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

**TBL:** Üçlü Sorumluluk

**TOPSİS:** İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği

**WASPAS:** Ağırlıklı Birleşik Toplu Çarpım Değerlendirmesi

**WPM:** Ağırlıklandırılmış Çarpım Modeli

**WSM:** Ağırlıklandırılmış Toplam Modeli

**YDD:** Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

**YDM:** Ekonomik Yaşam Döngüsü Maliyetleme

# GİRİŞ

Küresel ısınma, ülkeler arası ekonomik kutuplaşma, kaynak kısıtlılığı, sürekli artan kirlilik gibi büyük sorunlar ekolojik, ekonomik ve toplumsal yapıların sağlıklı bir şekilde devam etmesi için sürdürülebilirlik alanında yapılacak çalışmaları son derece önemli hale getirmiştir (Niu vd., 2022, s.1). Sürdürülebilirlik; çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlayan bütüncül bir yaklaşımdır (Sofyalıoğlu ve Kaçmaz, 2020, s.447). Çevre, ekonomik ve sosyal faktörler birbirleriyle bağlantılı ve iç içe geçmiş durumdadır (Martínez-Lage vd., 2020, s.11). Bu bütünsel yaklaşımdan yararlanılarak mevcut iklim krizinin etkilerin tersine çevrilmesi için daha güçlü bir yol izlenmesinde işletmelere büyük bir rol düşmektedir (Feng vd., s. 2022, s. 4741). Ancak işletmeler karbon ayak izlerinin azalmasında hangi yöntemleri izleyebilecekleri ve nasıl bir plan uygulayabilecekleri belirlemede zorluklar ile karşılaşmaktadır (Albitar vd., 2022, s.1996). Küresel Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Avrupa Yeşil Mutabakatı ile belirlenen aksiyonlar, Sınırda Karbon Düzenlemesi, Sürdürülebilirlik Raporlaması ile ilgili Avrupa'da ve Türkiye'de yayınlanan mevzuatlar gibi pek çok gelişme sürdürülebilirlik çalışmalarına yönelik işletmelere hem motivasyon hem de bazı yol haritaları sunmaktadır (Yüksek ve Mikhaylov, 2022, s.8; Dinçer vd. 2022, s.41). Bu yol haritalarına rağmen sürdürülebilirlik uygulamaları henüz yeterli seviyede anlaşılmamış, karmaşık bir alandır (Söderholm, 2020, s.2).

Sürdürülebilirlik uygulamaları kapsamında işletmeler, öncelikle daha bilinen ve basit yatırımlar ile sonuç alabilecekleri enerji verimliliği, yeşil enerji kullanımı veya daha sürdürülebilir hammaddelerin kullanılması gibi yaklaşımları izlemektedirler (Ali vd., 2021, s.5). Ancak bu uygulamalar karbon emisyonlarının düşürülmesinde sadece başlangıç sağlayabilir, daha büyük etkilerin oluşabilmesi için inovasyon ve AR-GE çalışmaları ile daha sürdürülebilir ürünler ortaya koymaları gerekmektedir (Shahzad vd.,

2020, s.9). Farklı çalışmalar, işletmelerin daha sürdürülebilir ürünler ve üretim süreçlerine yönelik politikalar izlemesinin, karbon ayak izlerini azaltmak için bir yöntem olarak benimsenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Ding vd., 2021, s.259). Amerika'da gerçekleşen 5. Ürün Geliştirme Yönetimi Derneği (PDMA) Doktora Konsorsiyumu, 60'tan fazla yeni ürün geliştirme alanında çalışan akademisyenin katkısı ile yeni ürün geliştirme alanında öncelikli çalışma konularından birini sürdürülebilirlik olarak belirlemiştir (Xiao ve Bharadwaj, 2023). Ürün geliştirme sürecinde sürdürülebilir bir bakış açısı ile başlanması, çevresel etkilerin azaltılması, maliyetlerin azaltılması, daha inovatif ve esnek sonuçlar ortaya konmasına katkı sağlayacaktır (Hallstedt, 2017, s.251). Ancak bu noktada sürdürülebilir ürün kavramı net şekilde tanımlanmış bir çerçeveye sahip değildir (Rusch vd., 2023, s.1161). Bir ürünün sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi ve tanımlanması ile ilgili henüz genel bir fikir birliğine varılamamıştır (Mealy ve Teytelboym, 2022, s.2). Bu alanda ürün tasarımında sürdürülebilirlik ele alınması ile ilgili literatürde eko-tasarım gibi sürdürülebilirliğin daha çok çevresel boyutuna odaklanan metodolojiler yer almaktadır (Monteiro vd., 2019, s.1742). Eko-tasarım gibi kavramlar daha çok ürünün yaşam döngüsünde çevresel etkisinin iyileştirilmesine odaklanırken, sürdürülebilirlik insan ve ekonomik faktörlerin de dahil olduğu daha kapsayıcı bir yaklaşıma sahiptir ve sürdürülebilir yeni ürünler ortaya konması için yetersiz kalmaktadır (Lavorata ve Soula, 2025, s.2).

Avrupa Yeşil Mutabakatı ve tamamlayıcı regülasyonlar doğrultusunda imalat sanayi için daha sürdürülebilir ürünler geliştirmek günümüzde temel bir öncelik halini almıştır (Chang vd., 2014, s.48). Bu önceliğin temelinde,

i. Tüketicilerin daha sürdürülebilir ürünlere yönelmesi (Gmelin ve Seuring, 2014, s.1)
ii. Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planı gibi regülatif uygulamaların daha sürdürülebilir ürünlere yönelik yaptırımları (Thormann vd. 2021)
iii. Paydaşların çevre bilincinin artması (Chen vd., 2020, s.222)
iv. Doğru kararlar verildiğinde sürdürülebilir ürünlerin daha yüksek gelirler ve daha düşük operasyon maliyetleri ile daha karlı bir yapı sunması (Palmer ve Truong, 2017)

gibi motivasyon kaynakları yatmaktadır.

Araştırmamızın amacı, belirtilen motivasyon unsurları, literatürdeki tespitler ve sanayideki ihtiyaçlardan yola çıkarak işletmeler için araştırma – geliştirme ve yatırım kararlarına destek sağlayacak yeni ürün fikirlerini sürdürülebilirlik ekseninde değerlendirmelerine yardımcı olacak değerlendirme kriterleri ve değerlendirme modellerinin sunulmasıdır. Çalışmanın hedef sektörlerinde yeni ürün seçim kararlarında hangi alternatifin daha sürdürülebilir olduğunun değerlendirilmesine imkan sağlanacak çerçeve ortaya konmaktadır.

Diğer sektörlerle karşılaştırıldığında imalat sektörü, küresel olarak karbondioksit emisyonlarının neredeyse %40'ından sorumludur (Badulescu ve Badulescu, 2025, s.3). Bu etki doğrultusunda araştırmamızda imalat sektörü temel alınmıştır. İmalat sektöründe yer alan farklı sanayi kollarındaki gereksinimlerin anlaşılması ve etki değerlendirmesi için regülasyonlara göre "kapsam 1" olarak sınıflandırılan otomotiv ile kimya alt sektörleri seçilmiştir. Verilerin toplanması ve analiz aşamalarında T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından tescillenmiş AR-GE / Tasarım Merkezlerinde hedef sektörlerde görev alan AR-GE yöneticileri, ürün yöneticileri ve sürdürülebilirlik faaliyetlerinde görev alan uzmanlar ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

Araştırmamızda uzman görüşleri ışığında yapılan önceliklendirme ve seçim problemleri için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmıştır. ÇKKV yöntemleri, birden fazla hedef, çeşitli kriterler ve farklı tercihler içeren karar problemlerini ele almak için sistematik bir çerçeve sunarak avantaj sağlamaktadır (Sahoo ve Goswami, 2023, s. 25). Bu doğrultuda araştırmamızda kriter ağırlıklarının belirlenmesi için yüksek tutarlılık özelliği ile ön plana çıkan FUCOM (Tam Tutarlılık Metodu) (Stević ve Brković, 2020, s.3) yönteminin bulanık uygulaması tercih edilmiştir. Ürün alternatiflerinin değerlendirilmesinde Bulanık WASPAS (Ağırlıklı Birleşik Toplu Çarpım Değerlendirmesi) ve Bulanık MABAC (Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Kıyaslaması) yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin seçiminde yaygınlık ve probleme uygunluk esas alınmıştır. WASPAS yöntemi, alternatif yöntemlere göre daha yüksek doğruluk sağlamasıyla çokça tercih edilen bir ÇKKV yöntemidir (Radomska-Zalas, 2023, s. 185). Gong vd. (2020)'ye göre MABAC, sürdürülebilirlik ve döngüsellik değerlendirmesi gibi akıllı karar verme problemleri ile başa çıkmada en etkili yöntemlerden biridir. ÇKKV yöntemlerinin uygulanması sonrasında alternatif

sıralamasında oluşan farklılıkları bütünleştirmek için COPELAND yöntemi tercih edilmiştir.

Çalışmada öncelikle literatürde yer alan yeni ürünlerin sürdürülebilirliği ile ilişkilendirilebilecek değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Devamında kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için seçilen Bulanık FUCOM yöntemine uygun olarak kriterler ana kriter ve alt kriterler olarak gruplandırılmıştır. Uzmanlardan toplanan değerlendirmeler doğrultusunda seçilen kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar açıklanmıştır. Akabinde, çalışma kapsamında belirlenmiş sektörlerden seçilen iki firmada farklı ürün alternatifleri sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi ve sıralanması için Bulanık WASPAS ve Bulanık MABAC yöntemlerinden yararlanılmıştır. Yöntemlerin akışına uygun olarak karar matrisleri oluşturulmuş, normalizasyon işlemleri yapılmış ve devamında yöntemin matematiksel çerçevesi doğrultusunda alternatiflerin sıralamalarını temsil eden skorlar hesaplanmıştır. Alternatifler, elde edilen skorlara göre en idealden en az ideale göre sıralanmıştır. Sonuçların ortaklaştırılması için COPELAND yöntemi kullanılarak sıralamalar bütünleştirilmiş ve sonucun doğruluğu arttırılmıştır. Çalışmalarda iki AR-GE Merkezinin 2018-2023 döneminde geliştirdikleri ürünler esas alınarak güncel bir değerlendirme ortaya konmuştur. Son aşamada sektörel farklılıklar ve elde edilen bulgular tartışılmıştır.

# 1. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE KURAMSAL ARKA PLANI

Modern sanayinin temel felsefesi olan arz-talep ekonomisi, toplumları hızlı tüketime yönlendirmekte ve bu hızlı tüketim yaklaşımı doğal kaynakların limitlerine ulaşmasına neden olmaktadır (Hedstrom, 2018, s.3). Pek çok araştırmacı, on sekizinci yüzyıldaki endüstri devrimi ile tüketim ekonomisine geçişin bugün yaşanan küresel doğal kaynak krizinin temeli olduğu fikrinde birleşmektedir (Caradonna, 2014, s.24-25). Artan tüketim, kirlilik, kıtlık, canlı çeşitliliğinde azalma, iklim değişikliği gibi pek çok sorunun nedenidir (Wang ve Azam, 2024, s.2). Tüm bu olumsuz etkiler doğrultusunda 19. ve 20. yüzyıllarda farklı araştırmacıların tüketim odaklı yaşamın olumsuz sonuçlarını işaret ettikleri çalışmaları, sürdürülebilirliğin bir düşünceden bir kavrama evrilmesine katkı sağlamıştır (Arcagök, 2021, s.12).

Son derece yaygın bir çalışma alanı olsa da sürdürülebilirlik veya sürdürülebilir gelişme ve kalkınma kavramları için henüz tüm araştırmacılar tarafından kabul edilmiş tam bir tanımlama bulunmamaktadır (Harrigton, 2016, s.4). ABD Ulusal Bilim Vakfı'nın Kentsel Sürdürülebilirlik Çalıştayı'nın işaret ettiği gibi, "sürdürülebilirlik o kadar çok tanımla yüklüdür ki, en iyi ihtimalle anlamsızlığa düşme ve en kötü ihtimalle demagoji için bir slogan haline gelme riski vardır" (Hopwood vd., 2005, s.40). Bazı kaynaklar sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarını açıklarken, sürdürülebilirliğin çevre odaklı, sürdürülebilir kalkınmanın ise büyüme odaklı olduğuna (Kuhlman ve Farrington, 2010, s.3438) yönelik farklılıklara değinse de çalışmalarda bu kavramlar sıklıkla birbiri ile eş anlamlı şekilde kullanılmaktadır (Özgürsoy, 2023, s.5). Bu iki kavram birlikte ele alındığında literatürdeki en yaygın sürdürülebilir kalkınma tanımlaması 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan "Ortak Geleceğimiz" adlı Bruntland Raporuna yer alan, "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden ödün vermeden günümüzün ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneği" (WCED, 1987)'dir (Cecchin vd., 2021, s.84).

Sürdürülebilirlik ile ilgili yaygın şekilde benimsenen bir diğer tanımlama ise Elkington'ın Triple Bottom Line (TBL) yaklaşımıdır. Üçlü Sorumluluk olarak literatüre geçmiş olan yaklaşımda sosyal, ekonomik ve çevresel perspektife karşılık insan, karlılık ve gezegen boyutları kullanılmıştır (Eslami vd., 2019, s.5196). Literatürde bazı araştırmacıların bu

tanımlama ve yaklaşımlarda çevreyi koruma, ekonomik büyümeyi sürdürülebilir kılmayı eş zamanlı ele almakla ilgili bazı eleştirileri olsa da bu temel eksenleri esas alan sürdürülebilirlik hedefleri ile ilgili çalışmalar her geçen gün hızlanarak devam etmektedir (Weitz vd., 2018, s.532).

Araştırmacılar sürdürülebilirlik kavramının tanımını genişletmeye devam ederken karmaşık sistem teorisine dayanan tanımlamalara odaklanarak kavramın özünde "toplum-doğa ilişkisi" olduğunu açıklamaya çalışmaktadır (Ruggerio, 2021, s.4). Bu doğrultuda toplum – doğa ilişkisinde sürdürülebilirlik, makro düzeyde yasa, teknoloji, piyasa, sosyal olgular, kültür ve çevresel unsurlardan etkilenen toplumun geneli ile ilgili bir çerçeveye sahipken mikro boyutta bir işletme için çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarından oluşan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Önder ve Ağca, 2018, s.79).

### 1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tarihçesi

Geçmiş dönemlerdeki düşünce sistemlerindeki insan ve doğa arasındaki uyum esaslı sürdürülebilirlik yaklaşımı bir Nijerya atasözünde de anonimleşmiş şekli ile "çok sayıda ölü, az sayıda yaşayan ve sayısız doğmamış diğerinden" oluşan toplum tanımlaması ve gelecek nesiller için endişelenen bir bakış açısını temel almaktadır (Kuhlman ve Farrington, 2010, s.1). Sürdürülebilirlik kavramının toplum – doğa arasında karşılıklı bağımlılık ve bağlılıkları inceleyen disiplinler arası bir bilim olarak ele alınması 1980'li yıllara denk gelmektedir (Shahadu, 2016, s.1). Ancak kavramın literatürdeki kullanımına yönelik daha erken dönem örnekler de bulunmaktadır. Heinberg ve Lerch (2010)'a göre sürdürülebilirlik kavramının Avrupa'daki ilk kullanımı, Hans Carl von Carlowitz'in 1713 yılında yayınladığı 'Sylvicultura Oeconomica' kitabındaki sürekli ve verimli bir ormancılık uygulaması için yenilerini yetiştirmeden ağaç kesmemeyi tanımladığı "Nachhaltigkeit" tanımıdır. 19. Yüzyılın ilk yarısında tarım ve balıkçılık gibi alanlarda bu kavramın kullanımına yönelik akademik çalışmalar bulunmaktadır (Ersöz ve Ersöz, 2022, s.35) Kavramın bugün anladığımız haline daha yakın bir kullanımı 1974 yılında Dünya Kiliseler Birliği tarafından artan yoksulluk ve kaynak erişim sorunlarını açıklamaya yönelik olarak ele alınışıdır (Dresner, 2012, s1).

İkinci Dünya Savaşı sonrasında artan üretim ve tüketim davranışlarıyla birlikte 1960 yıllarda kaynakların kısıtlılığı ve yüksek tüketimin çevreye olan etkileri bilim insanları tarafından fark edilmeye başlanmıştır. Paul Ehrlich'in 1968 yılında yayınladığı "The Population Bomb- Nüfus Bombası" eseri bu alandaki erken dönem çalışmalardan biridir.

Eserinde aşırı nüfus artışı kaynaklı açlık ve karmaşa senaryolarına yönelik uyarılarda bulunurken, devamlılık ve sürdürülebilirliğin sağlanması için mevcut kaynaklara uygun şekilde nüfus kontrolü sağlanmasını önermektedir (Morris, 2012, s37). Yine aynı dönemde Rachel Carlson tarafından kaleme alınan Sessiz Bahar – Slient Spring kitabı Amerika'da çevre farkındalığı açısından kavrama katkı sağlayan çalışmalardan biridir (Kidd, 1992, s:4).

Kavramın özellikle çevre boyutunu vurgulayan önemli kilometre taşlarından biri 1972 yılında Stokholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletlerin İnsan Çevresi Konferansı'nda yayınlanan 26 ilke olmuştur (Giovannoni ve Fabietti, 2014, s24). Bu konferansta yayınlanan üçüncü prensip olan "Dünya'nın hayati yenilenebilir kaynaklar üretme kapasitesinin korunması ve mümkün olan her durumda geliştirilmesi ve iyileştirilmesi" (UN, 1972, s4.), özellikle bugün de en önemli gündemlerden biri olan yenilenebilir enerji kaynaklarına vurgu yapmaktadır (Destatte, 2010, s.1578).

1972 yılında kavrama katkı sağlayan bir diğer çalışma da Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers, and William W. Behrens'in "Büyümenin Limitleri" isimli yenilenemeyen kaynakların tükenme senaryoları ve etkileri üzerine yaptıkları yayındır (Mızık ve Avdan, 2020, s.453). Aynı araştırma grubu olan Roma Kulübü'nün 1974 yılında bir devam çalışması olarak yayınladığı "Dönüm Noktasındaki İnsanlık- Mankind at the Turning Point" çalışması da dönemdeki büyüme yaklaşımının değiştirilmesi ve ekonomik anlamda daha stabil ve kontrollü bir büyüme önermesine yönelik önemli kaynaklardan biridir (Morris, 2012, s.37). Yine aynı dönemde "A Blueprint for Survival"da yer alan The Ecologist çalışması da sürdürülebilir bir toplum oluşturmaya yönelik öneriler sunan sürdürülebilirlik literatürüne ait bir eser olarak karşımıza çıkmaktadır (Purvis vd., 2018, s.682). 1973 yılında yayınlanan Schumacher'in "Küçük Güzeldir: Önceliği İnsana Veren Bir Ekonomi Anlayışı (Small Is Beautiful: Economics as if People Mattered)" çalışması ise kavramı daha ekonomik bir bakış açısı ile ele almaktadır (Mızık ve Avdan, 2020, s.452).

Tüm bu çalışmalarla birlikte sürdürülebilir bir gelişme için toplumun önlemler alması gerektiğine dair genel bir fikir birliği oluşmaya başlamıştır. 1987 yılında Birleşmiş Milletler (BM) Brundtland Komisyonu tarafından yayınlanan "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" tanımı kavrama ait en kapsayıcı tanımlardan biri olarak literatürde yer almıştır

(Hallin vd., 2021, s.1948). 1987'de yayınlanan "Ortak Geleceğimiz- Our Common Future" raporu ile birlikte sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir büyüme veya sadece sürdürülebilirlik terimleri literatürde geniş yer bulan çalışma konuları haline gelmiştir (Pezzey, 1992, s.321). "Ortak Geleceğimiz" raporunda, kırsal ve sanayileşmiş toplumlarda insanlığın güvenliğinin ve temel varoluşunun çevreye bağlı olduğu ve çevre sorunlarının yerel değil, küresel etkileri olduğu vurgulanmaktadır (Hopwood vd., 2005, s.39).

90'lı yıllarda kavramın gelişmesi ve dünyada politikaların kurgulanmasına katkı sağlanması anlamında bir dizi önemli organizasyon gerçekleşmiştir. 1992 yılında Rio de Janeiro'da gerçekleşen BM Çevre ve Kalkınma Konferansında özellikle doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması ve insan davranışlarının bu kaynaklara olan olumsuz etkilerine vurgu yapan tema ile bu alandaki çalışmaların hızlanmasına katkı sağlamıştır (Feil ve Schreiber, 2017, s.672). 1997'de Japonya'da Kyoto Protokolü kabul edilmiş ve küresel ısınma ile mücadele için sera gazı azaltılması amacı ile ülkeler bazında hedefler belirlenmiştir (Binboğa, 2017, s.208).

2002'deki Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesinde yayınlanan Johannesburg Uygulama Planında, yoksulluğun ortadan kaldırılması, sürdürülemez üretim ve tüketim kalıplarının değiştirilmesi, doğal kaynakların korunmasını sürdürülebilirliğin üç temel esası olarak sunmuştur (Chang vd., 2017, s:49-50). 2015 yılında bu çalışmaların ötesine geçilerek Birleşmiş Milletler tarafından "Dünyamızı Değiştirmek için Sürdürülebilir Kalkınma: 2030 Gündemi" 17 amaç doğrultusunda 169 alt hedef sürdürülebilir kalkınma alanında en geniş kapsamlı çalışma planı olarak tüm dünyanın gündemi haline gelmiştir (Arora ve Mishra, 2019, s.339).

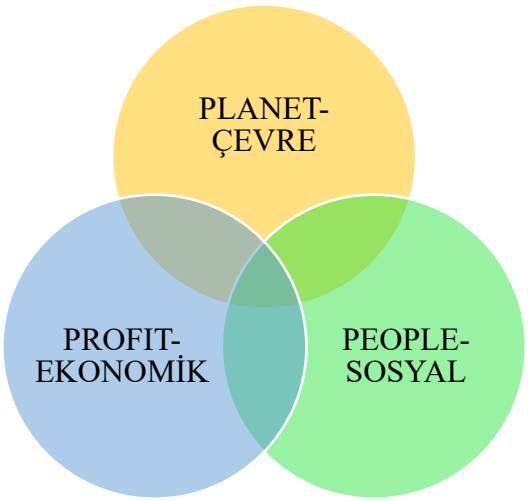
Bu gelişmeler ile birlikte pek çok araştırmacı kavramın farklı boyutlarına yönelik çalışmalar ortaya koymuş ve bu çalışmalar ile sürdürülebilirlik yönetimi alanını zenginleştirmiştir. 1994 yılında John Elkington tarafından önerilen "Üçlü Sorumluluk-Triple Bottom Line" yaklaşımı özellikle işletme alanında pek çok araştırmada temel olarak kullanılmıştır (Wilson, 2015, s.433). Üçlü Sorumluluk Yaklaşımı işletmelerin performansını sosyal, finansal ve çevresel olarak üç boyutta ele almayı önermektedir (Slaper ve Hall, 2011, s1).

Elkington gibi pek çok araştırmacı sürdürülebilirlik kavramının anlaşılabilirliğini arttırmak amacıyla çalışmalar yapmış, farklı tanımlar ortaya koymuş ve kavramı çeşitli

teoriler ile ilişkilendirmiştir. Kidd (1992) çalışmasında sürdürülebilirliği; Ekolojik / Taşıma Kapasitesi, Kaynaklar / Çevresel, Biyosfer, Teknoloji Eleştirisi, Yavaş Büyüme / Büyümeme, Eko Geliştirme prensipleriyle açıklamaya çalışmıştır. Haughton (1999) ise sürdürülebilir kalkınma için, Gelecekselllik (Kuşaklar arası eşitlik), Sosyal Adalet (Kuşak içi eşitlik), Sınırlar Ötesi Sorumluluk (Coğrafi eşitlik), Usuli Eşitlik (İnsanların açık ve adil bir şekilde muamele görmesi), Türler Arası Eşitlik (Biyoçeşitlilik) olarak beş prensip önermiştir. Lozano vd. (2015) çalışmasında sürdürülebilir kavramını, geleneksel ekonomistlerin perspektifi, çevresel olmayan bozulma perspektifi, bütünleştirici perspektif, yani ekonomik, çevresel ve sosyal boyutları kapsayan, nesiller arası perspektif, yani zaman boyutu ve bütüncül bakış açısı olarak ele almıştır.

### 1.2. Sürdürülebilirliğin Boyutları

1987 yılındaki Brutland Raporu'ndaki sosyal ve ekonomik vurgu, yönetim alanında çok satan kitapların sürdürülebilirlik ile ilgili çevre vurgusu eksik yaklaşımları ve bir milyondan fazla satan "Yeşil Tüketicinin Kılavuzu – The Green Consumer Guide" kitabının başarısı Elkington'ın 1994'te sunduğu "Üçlü Sorumluluk" yaklaşımının temelini oluşturmuştur (Elkington, 2013, s.1). Üçlü Sorumluluk yaklaşımı literatürde oldukça geniş bir kullanıma sahiptir (Wilson, 2014, s.433). Belirtilen yaklaşımda Şekil 1'de sunulduğu gibi, sosyal (people), çevresel (planet) ve ekonomik (profit) olarak üç temel boyut önermesinde bulunulmuştur (Tseng vd., 2020, s.33544).



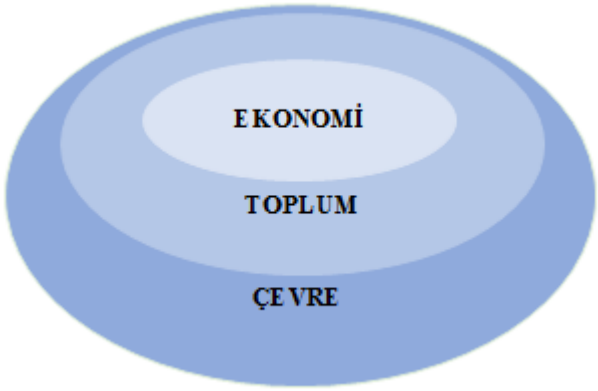

**Şekil 1.** Sürdürülebilirlik Boyutları (Elkington 1998'den uyarlanmıştır.)

Elkington'ın 1994'teki çalışması farklı araştırmacılar tarafından yeniden ele alınarak genişletilmiştir. Carter ve Roger (2008) çalışmasında risk yönetimi, şeffaflık, strateji ve kültür gibi unsurları da bu boyutlara eklemiştir. Høgevold vd. (2015) ise çalışmasında Üçlü Sorumluluk yaklaşımının, şirketlerin sürdürülebilirlikleri açısından nasıl işlev gösterdiğini test etmeye yönelik bir anket çalışması yapmış ve yaklaşımın şirketlerin iş süreçlerine sürdürülebilirlik bakış açısını entegre etmede kolaylık sağladığı sonucuna varmıştır.

Üçlü Sorumluluk, sürdürülebilirlik çalışmalarında en yaygın bakış açılarından biri (Hammer ve Pivo, 2016, s.1) olsa da modelin ilk sahibi olan Elkington 2018 yılında Harvard Business Review'da bu yaklaşıma bir eleştiri makalesi yayınlamıştır. Makalesinde modelin işletmeler tarafından asıl amacı yerine insan-çevre-kar açısından alışverişleri yönetmekte kullandıkları bir muhasebe aracı halini aldığı yönünde değerlendirmesi bulunmaktadır.

Farklı araştırmacılar modelin genişletilmesine yönelik bazı alternatif çalışmalar ortaya koymuştur. O'Neil (2018), politik unsurların yaklaşıma dördüncü boyut olarak eklenmesi önermesinde bulunmuştur. Tremblay vd. (2022) araştırmasında Elkington'ın önermesini esas alarak 5P (İnsan, Çevre, Refah, Barış ve İş birliği) modeli ve Farooq vd. (2021) beş boyuta yer ve katılım boyutlarını da ekleyerek ele aldıkları 7P modeli gibi çalışmalar ile sürdürülebilirlik kavramının boyutlandırmasına katkı sağlamıştır. Ancak kavramın boyutlandırılması hala üzerinde çalışılan bir alandır. Kamboj ve Rahman (2017) ve ShabbirHusain ve Varshney (2019) son kullanıcıların sürdürülebilir ürünlere yönelik beklentilerinin artması ile çevreye daha az zarar veren üretim süreçleri, yenilikçi teknolojilere yatırım, kalite standartlarının ve sertifikasyonların sağlanması, imaj ve marka değerine yatırım yapılması gibi unsurların da sürdürülebilirlik çalışmalarında ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Elkington 1998'de sürdürülebilirliğin boyutlarını kesişen bir yapıda tanımlamıştır, diğer taraftan sürdürülebilirliğin her geçen gün daha yoğun araştırılan bir kavram olmasıyla birlikte bu kesişen yapı yerine boyutların arasındaki etkileşimlerin arttığı ve iç içe geçtiği bir temsil de yaygınlaşmıştır (Paker, 2018, s.5). Cato 2009 çalışmasında Şekil 2'de temsili esas alarak sürdürülebilirlik boyutlarını, yeşil ekonomi paradigması çerçevesinde ekonominin toplumsal ilişkiler ile bütünleştiği ve toplumun da çevreye gömülü olduğu bir konsept olarak açıklamıştır.




**Şekil 2.** Boyutların İlişkilerinin Güçlendirildiği Sürdürülebilirlik Yaklaşımı (Cato, 2009, s. 37'den uyarlanmıştır.)

Elkington, "Üçlü Sorumluluk" yaklaşımında ele alınan boyutlar güncel sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin temelini oluşturmaktadır. Yaklaşımın boyutları araştırmamızın devamında açıklanmaktadır.

### 1.2.1. Ekonomik Boyut

Şirketlerin temel amacı, ekonomik olarak varlıklarını sürdürürebilmeleri esasına dayanmaktadır (Thomas vd., 2012, s.428). Ekonomik boyutta ele alınan değişkenler sonuçlar ve para akışı ile ilgili olup, gelirler, harcamalar, vergiler, istihdam ve iş çeşitliliği gibi faktörlerden oluşmaktadır (Slaper ve Hall, 2011, s.3). Farklı araştırmalarda ekonomik boyut geleneksel firma performansı ve ekonomik yaşam standartları olarak iki temelde ele alınmaktadır. Ele alınan bu temeller, firmaların ekonomik açıdan kendini idame etmesi ile ilgili değişkenler ve toplumun ekonomik açıdan iyi olması hali ile ilgili kıstasları içermektedir (Küçükoğlu, 2014, s.20). Bu bakış açısı doğrultusunda, daha genel bir tanımlama olarak ekonomik sürdürülebilirlik, gelir, gider, karlılık ve diğer finansal performans göstergelerinin yanı sıra insan, doğal kaynaklar, üretim gibi diğer sermaye unsurlarının toplum refahına katkısı ile ilgilidir (Eş, 2008, s.22). Ekonomik sürdürülebilirlik, kuşaklar arası ve kuşak içi ekonomik unsurlarla ilgili tüm konuları kapsayarak (şirketin uzun vadeli varlığını sağlamayı hedefler) tedarik, üretim, lojistik, pazarlama gibi çok çeşitli yönetim işlevlerini içerir (Gleißner vd., 2022, s. 469). Finansal sürdürülebilirlik alanındaki araştırmalar kavramın yoğunlukla ölçüm ve raporlama yönlerine odaklanarak, işletmelere sürdürülebilir ekonomik modeller inşa etmeleri için bakış açısı sağlamayı hedeflemektedir (Nasreen vd., 2023).

### 1.2.2. Çevre Boyutu

Çevre boyutu doğal sermayeye odaklanarak doğal kaynakların korunmasına, bu kaynakların gelecek nesillerin haklarını gözetecek şekilde rasyonel kullanımına, insan için olumsuz etkilerin azaltılmasına ve enerji verimliliği gibi unsurlara odaklanmaktadır (Korga, 2023, s.14). Sürdürülebilirlik çok boyutlu bir kavram olsa da yaygın yaklaşımlardan biri özellikle çevresel boyutunun vurgulanması ile insan ve doğa arasındaki ilişkilerin esas alınmasıdır (Giovannoni ve Fabretti, 2013, s.24). Bu boyut, temiz enerji, temiz suya erişim, iklim değişikliğiyle mücadele, biyolojik çeşitliliğin korunması (Özgürsoy, 2023, s.32), kirlilik, zehirli atık bertarafı ve yönetimi, kaynakların verimlilik yönetimi vb. (Bibri, 2020, s.2), arazi kullanımı- tarım arazileri, yeşil alanların kullanımı (Nevado-Peña,2015, s.8258) gibi değişkenleri kapsamaktadır. Çevre boyutu, toplumun ihtiyaçlarının karşılanmasında, ekosistemlerin sağlığını tehlikeye atmama, ekosistemin yeniden üretebilme kapasitesini aşmama ve biyolojik çeşitliliği koruma gibi prensipleri esas almaktadır (Morelli, 2011, s.6). Çok sayıda araştırma fiziksel çevrenin bozulma hızının arttığı ve sistemlerin bu çöküşle başa çıkmada yetersiz kaldığı, insanlığın mümkün olan en kısa zaman daha sürdürülebilir yaklaşımlar ile bu bozulmayı tersine çevirmeye yönelik aksiyon alması gerektiğinde birleşmektedir (Önes, 2012, s.448). Büyük çevresel felaketler, işletmeler ve son kullanıcıların artan çevresel farkındalıkları, çevresel boyuttaki gelişmelerin işletmelerin finansal performansına olan katkıları gibi pek çok husus özellikle son dönemde çevresel boyutu en çok ele alınan araştırma alanlarından biri haline getirmiştir (Gupta ve Gupta, 2020).

### 1.2.3. Sosyal Boyut

Sürdürülebilirliğin sosyal boyutu, toplum üyelerinin ihtiyaçlarını ve toplum refahı esas almaktadır. Sosyal boyut hem fiziksel hem de kültürel öğeleri barındırmaktadır (Bilgili, 2020, s. 565). Sürdürülebilirlik alanındaki araştırmalarda erken dönemde ekonomik ve çevresel boyutun baskın olduğu çalışmalar bulunsa da güncel yaklaşımda ekosistemin bozulması gibi problemlerin çözümünde sosyal boyutları göz ardı ederek sağlam bir ilerleme kaydedilemeyeceği fikri vurgulanmaktadır (Ajmal vd., 2017, s.1). Sosyal sürdürülebilirlik; sağlık, güvenlik, insan hakları, çocuk işçiliği, işgücü sorunları, toplum genel faydası, istihdam gibi konuları kapsamaktadır (Popovic vd., 2018, s.749). İşletmeler bazında sürdürülebilirliğin sosyal boyutunun değerlendirilmesinde tedarik

zincirinin bütünü için çalışan hakları, eğitim, sosyal inovasyon, çalışan güvenliği ve sağlığı, şeffaflık gibi indikatörler ele alınmaktadır (Husgafvel vd., 2015, s.16).

Literatürde genel bir eleştiri olarak sosyal sürdürülebilirliğin ölçümünde kantitatif ölçüm metrikleri belirlemenin zorluğu vurgulanmaktadır (Ahi ve Searcy, 2015; Mani vd., 2016; Varsei ve Polyakovskiy, 2017). Afshari (2022) bu durumun sebebini, sosyal sürdürülebilirlik ile ilgili metriklerin genellikle teorik çerçevede araştırılması olduğu yönünde değerlendirmiştir. Metriklerin belirlenmesi için gözleme ve işletmeler bazında çalışma yapılması önemli bir ihtiyaçtır. Benzer bir bakış açısı ile Boström (2012) sosyal sürdürülebilirliğin insanı temel alan dinamik yapısı dolayısıyla sürekli değişmesine vurgu yapmaktadır ve değişkenliğin kavramı tanımlamayı zorlaştırdığını değerlendirmektedir.

Diğer taraftan sürdürülebilirlik ile ilgili boyutların günümüzde kesişen yapıdan birbirini kapsayan bir yapıya geçmesiyle birlikte sosyal sürdürülebilirlik son derece önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. (Mehan ve Soflaei, 2017). Ancak güncel durumda Birleşmiş Milletlerin 2023 hedefleri kapsamında tanımladığı 17 sürdürülebilirlik amacının 11 tanesi sosyal boyutla ilişkilidir ve bu durum sosyal boyutu sürdürülebilirlik araştırmalarında son derece önemli hale getirmiştir (Schroeder vd.,2019).

### 1.3. Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi ve Yönetimi

Tüm dünyada hükümetlerin Birleşmiş Milletlerin "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri" gibi bildirilerini takip etme taahhütleri, sürdürülebilirliği pratiğe dönüştürmeyi küresel bir zorunluluk haline getirmektedir (Candelaria vd., 2023, s.1-2). Birleşmiş Milletlerin ortaya koyduğu sürdürülebilir kalkınma hedefleri yoksulluğun ortadan kaldırmak için çevrenin korunmasını sağlayarak, sağlık, eğitim ve cinsiyet eşitliği dahil bir dizi sosyal ihtiyacı yöneterek ekonomik büyüme sağlayacak stratejileri içermektedir (Miola ve Schiltz, 2019, s.1). Birleşmiş Milletlerin yayınladığı 2030 hedefleri çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlara dokunan 17 gelişim hedefini açıklamaktadır (Ortega vd., 2023, s.4). Bu gelişim hedefleri birbirlerine bağlılıklarının anlaşılabilmesi için 6 grupta ele alınmıştır (Fettahoğlu, 2021, s.6-7). 17 gelişim hedefini içeren gruplama Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve Gruplaması

| Temel İnsan İhtiyaçları | Evrensel İlkeler | Sermayenin Sürdürülebilir Kullanımı | Ekonomik ve Sosyal Büyüme | Dünya için Ön Koşullar | Yönetişim ve Ortaklık |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | |

**Kaynak**: Fettahoğlu, 2018, Implementatıon Prospects For Sustaınable Development Goals (Istanbul Chamber Of Commerce, Tablo 3'ten uyarlanmıştır.

Kurumların sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde ilerlemesi için faaliyetlerinin sistematik olarak izlenmesi, ölçülmesi, sayısallaştırılması ve yorumlanması gerekmektedir (Singh vd. 2010, s. 283). Sürdürülebilirlik değerlendirmesinde amaç bir işletmenin iş süreçlerinin veya ürünlerinin tasarımı ve yapılandırılmasında sürdürülebilirlik esaslarına göre verilecek kararlar için bilgi toplamak ve bu bilgileri raporlamaktır (Bragança vd., 2010, s.2). Sürdürülebilirlik değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirme (ÇED) ve stratejik çevresel değerlendirme raporlarından sonra üçüncü nesil etki değerlendirme yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Ness vd., 2007, s.499). Sürdürülebilirlik değerlendirmesi çok disiplinli yönleri (çevresel, ekonomik ve sosyal) ve aynı zamanda kültürel ve değere dayalı unsurları barındırması ile oldukça karmaşık bir çalışma alanıdır (Sala vd., 2015, s.314).

Güncel literatür, sürdürülebilirlik biliminin yeşil ve rekabetçilik kavramlarının ötesine geçerek daha bütünsel, entegre ve metodolojik bir sürdürülebilirlik anlayışına doğru ilerlemeye başladığını açıkça ortaya koymaktadır (Büyüközkan ve Karabulut, 2018, s.254). Sürdürülebilirlik yönetiminin uygulamasında, çok boyutlu bir bakış açısı ile ekonomik, politik, sosyal, ekolojik konuların birbirleri ile ilişkileri tek bir çerçevede değerlendirildiği bütünsel ve sistematik bir yaklaşım izlenmelidir (Williams vd., 2017,

s.866). Sürdürülebilirlik değerlendirmesi, planlar, projeler ve politikaların tamamına dokunabilecek, sürdürülebilirliğe yönelik kararlar almaya dair bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Bond vd., 2012, s.53). Sürdürülebilirliğe ilişkin karar verme süreçleri için hem endüstriyel uygulamalarda hem de akademik literatürde sürdürülebilirlik değerlendirme araçları ön plana çıkmaktadır (Pope vd., 2004, s. 4).

Sürdürülebilirlik değerlendirmelerinde araştırmacılar, sürdürülebilirlik konseptine yaklaşımları, karar verme bağlamı ve metodolojik seçimler olarak üç boyutlu bir yaklaşım izlemektedirler (Pope vd., 2016, s.4). Bu alanda literatürün bir kolu sürdürülebilirlik indikatörleri ve raporlama yaklaşımlarına odaklanmakta olup, özellikle ön plana çıkan endeksler; Küresel Raporlama Girişimi (GRI), OECD Temel Göstergeler Endeksi, NIST Sürdürülebilir Üretim Göstergeleri Havuzu, Bileşik Sürdürülebilir Kalkınma Endeksi, Sürdürülebilir Üretim Endeksi, Dow Jones Sürdürülebilirlik Endeksleri (Moldavska ve Welo, 2019,s.54), Çevresel Performans Endeksi, Küresel Yeşil Ekonomi Endeksi, Yeşil Büyüme Endeksi, Küresel Sürdürülebilir Rekabet Edebilirlik Endeksi, Mutlu Gezegen Endeksi ve Sürdürülebilir Toplum Endeksi (Candelaria vd., 2023, s.3) olarak ifade edilebilir. Sürdürülebilirlik raporlaması kurumların sürdürülebilirlik performansının yasal çerçeveler doğrultusunda değerlendirilmesi, kalkınma hedeflerine etkilerinin görülür hale getirilmesi ve sürdürülebilirlik hedeflerinin somutlaştırılmasına katkı sağlamaktadır (Ertan, 2018, s.467).

Sürdürülebilirlik araştırmalarındaki yaygın araştırma konularından biri de ürün özelinde sürdürülebilirlik değerlendirmelerinin yapıldığı çalışmalardır ve bu çalışmalarda "Yaşam Döngüsü Analizleri" yaklaşımı ön plana çıkmaktadır (Doualle vd. 2015, s.162). Yaşam döngüsü yaklaşımında; sistem düşüncesi ile hem bileşenlerin hem de bağlantıların değerlendirilmesi, etki analizindeki çok disiplinli bakış açısı, bu tekniğin yaygın olarak kullanılmasına zemin oluşturmaktadır (Zamagni vd., 2013, s.1638). Araştırmacılar, bir ürünün sürdürülebilirlik etki analizinde temiz üretim, yeşil satın alma veya yeşil lojistik gibi yaşam döngüsünün tek aşamasına odaklanmak yerine, tüm yaşam döngüsü aşamalarının hesaba katıldığı beşikten mezara yaklaşımında ortaklaşmaktadır (Dyllick ve Rost, 2017, s.9). Bu yaklaşımın endüstrideki bir uzantısı olarak ISO 14040 ve ISO 14044-Çevre Yönetimi -Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi gibi uygulamalar ile karşılaşılmaktadır (Finkbeiner vd., 2010, s.3312). Bu standartlarda değerlendirme Çevresel Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), Ekonomik Yaşam Döngüsü

Maliyetleme (YDM) ve Sosyal Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (SYDD) boyutlarından oluşmaktadır (Thies vd., 2019, s.1). Genel değerlendirme çerçevesi aşağıdaki formülle temsil edilmektedir (Valdivia vd., 2021, s.1901).

"Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi= YDD+YDM+SYDD"

Özetle, bir kurumun sürdürülebilirlik performansı kullandığı kaynaklar, sağladığı ürünler dahilinde ürettiği emisyonlar, atıkları, yan ürünlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerle birlikte toplum üzerindeki genel etkisi ile ilgili çok boyutlu bir şekilde değerlendirilmelidir (Baumgartner ve Rauter, 2016, s.85). Özellikle kurumların, etik değerlere önem vermeme, toplum çıkarları ve çevre kalitesine göz ardı eden tutumları kaynaklı küresel krizlerin daha sık yaşanması kurumsal sürdürülebilirlik kavramının önemini vurgulamaktadır (Rahardjo vd., 2013, s.3). Sürdürülebilirlik değerlendirmeleri işletmelerin geneli için uygulanabildiği gibi, süreçler, ürünler gibi tekil unsurlara da uygulanarak bu alanda derinleşme sağlanması önemlidir (Zamagni vd., 2013, s.1637). Diğer taraftan bu değerlendirmelerde, veri ihtiyaçları, gerçek uygulama örneklerine yönelik ihtiyaçlar, ölçüm kriterlerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması ile ilgili belirsizlikler, daha dinamik modellere yönelik ihtiyaçlar gibi gelişim noktaları bulunmaktadır (Guinée, 2016, s.53).

# 2. YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME

Yeni ürün geliştirme sözlük anlamı ile "kavram aşamasından ürünün pazara sunulmasına kadar geçen sistematik yöntemlerin uygulandığı bir süreç dizisi" olarak tanımlanabilir ve mevcut ürünlerde iyileştirmeler olabileceği gibi, tamamen yeni bir ürün de ortaya çıkabilir (Wienclaw, 2021). Yeni ürün geliştirme kavramı yerine sıklıkla inovasyon kavramı da kullanılmaktadır. OECD/Eurostat (2005), Oslo Kılavuzunda inovasyonu "yeni veya önemli ölçüde geliştirilmiş bir ürünün (mal/hizmet) veya sürecin (yöntem/uygulama/ilişki) uygulanması" olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla yeni ürün geliştirme süreci bir inovasyon olarak ifade edilse de inovasyon çok daha geniş bir kavramdır (Visnjic vd., 2016, s.6). Bir başka yeni ürün tanımlaması ise pazar ihtiyaçları, teknolojik değişimler, sistematik inovasyon süreçleri veya ara sıra ortaya çıkan fırsatlardan beslenen fikirleri, ürünlere, patentlere, hizmetlere dönüştürüldüğü bir süreç tanımlamasıdır (Nikou, 2017, s.10). Krishnan ve Ulrich (2001), Belliveau vd. (2002) ise yeni ürün tanımlamalarında yeni ürün geliştirme çabası sonucunda bir ticarileşme olması gerektiği vurgusu ile kavramın ayrıştırıcı özelliklerine katkı sağlamıştır. Oslo Kılavuzu, yeni ürünler için aşağıdaki ayrıştırıcı unsurları belirtmektedir. (Oslo Kılavuzu, 2018, s.71)

i. Yeni ürün, firmanın önceki mal veya hizmetlerinden önemli ölçüde farklı olan ve piyasaya sunulmuş yeni veya iyileştirilmiş bir mal veya hizmettir.
ii. Ürün inovasyonlarının, bir veya daha fazla özellik veya performans spesifikasyonunda önemli iyileştirmeler sağlaması gerekmektedir. Bu, yeni işlevlerin eklenmesini veya mevcut işlevlerin veya kullanıcı faydasının iyileştirilmesini içerir.
iii. İlgili özellikler arasında erişilebilirlik ve finansal kolaylık gibi finansal özellikler yer alabilir.
iv. Bir ürün inovasyonu potansiyel kullanıcılara sunulmalıdır, ancak bu inovasyonun satış getirmesini gerektirmez.
v. Ürün inovasyonları, yeni bilgiler veya teknolojiler kullanabilir ya da mevcut bilgi veya teknolojilerin yeni kullanımları veya kombinasyonlarına dayanabilir.

Sanayi devrimiyle birlikte seri üretimin altın çağına geçişi çok daha kısa ürün yaşam döngüleri oluşturmuştur. Hızlı üretim ve tüketim, müşteriler tarafından yüksek ürün çeşitliliği beklentisi oluşturmuştur (Anderson vd. 2023, s.1696). Ortaya çıkan

beklentilerin karşılanması için yeni ürün geliştirme alanındaki araştırmalar katlanarak artmıştır (Haug, 2022, s.6419). Yeni ürün geliştirme alanında önde gelen otoritelerden biri olan Ürün Geliştirme ve Yönetim Derneği "PDMA Yeni Ürün Geliştirme El Kitabı" eserinin açılış bölümünde Cooper (2009)'a atıf yaparak, yeni ürünlerin pazarda kaybedenler ile kazananlar arasındaki ayırıcı rolünü vurgulamaktadır.

Risk ihtiva eden, zorlu ve yüksek maliyetli yapısına rağmen yeni ürün geliştirme süreci işletmelerin varlıklarını devam ettirebilmeleri için son derece önemlidir (Bulğurcu ve Koçak, 2020, s.735). Yeni ürünler işletmelere büyüme imkanı ve rekabet avantajı sağlamaktadır (Eınızadeh ve Kasraei, 2021, s.9). Firmaların, piyasada mevcut olanlar ile benzer ürünleri arz etmesi yerine liderlik sağlayabilecekleri yeni ürünler ile konumlanmaları avantaj sağlayacaktır (Altuğ, 2017, s.20). Bir başka deyişle şirketler rekabet güçlerini sürdürebilmek için istikrarlı bir yeni ürün geliştirme süreci izlemeli ve bu ürünlerin pazara arzını sağlamalıdır (Chang ve Hung, 2019, s.111). Ancak farklı çalışmalar analiz edildiğinde yeni ürün geliştirme süreçlerinde başarı oranının %25'in altında olduğuna dair bulgular ile karşılaşılmıştır (Martínez ve Seclen, 2023, s.3). Bu duruma benzer olarak literatürde, 7-10 yeni ürün projesinden sadece birinin ticari başarıya ulaştığına dair sonuçlar bulunmaktadır (Fabo vd., 2023, s.197). Cooper (2019) çalışmasında yeni ürünlerin yaklaşık %40'nın ilk lansman aşamasında başarısız olduğunu vurgulamaktadır. Yeni ürün geliştirme projelerinde başarısızlık oranları oldukça yüksektir (Stewens ve Möller, 2017, s.158). Özellikle kavramın organizasyonların farklı birimlerine dokunan yapısı, tedarikçi ve dış paydaşların katılımı gibi hususlar yeni ürün geliştirme faaliyetlerini karmaşık hale getirmekte ve bu disiplinin çok boyutlu bir çalışma alanı olarak ele alınmasını gerektirmektedir (Mahadik vd., 2024, s.270). Dolayısıyla son 30 yılda yeni ürün geliştirme kavramı çoklu disiplinli bir yaklaşım olarak ele alınarak, boyutlandırılmaya çalışılmıştır (Marzi vd., 2021, s.330).

Kahn ve Barczak (2012), yeni ürün geliştirmeyi, strateji, araştırma, ticarileştirme, süreç, organizasyonel çevre, organizasyon kültürü, metrikler ve performans ölçümü alanlarındaki rollerine göre yedi farklı performans boyutunda kavramsallaştırmıştır. Cooper (2019)'da yeni ürün başarısı odaklı bir araştırma ele alarak, ürüne ait etkenler, organizasyon ve stratejik etkenler, uygulanan prosesler ve sistemler olarak üç boyutlu bir yapı önermiştir. Şirketlerde kaynaklar daha kıt hale geldikçe, yeni ürün geliştirmede

hangi kaynakları önceliklendirilmesi gerektiği ile ilgili daha açıklayıcı içeriklere ihtiyaç duymakta ve sorular bir araştırma fırsatına dönüşmektedir (Panizzon vd., 2021, s.108).

Khannan vd. (2021) 2010-2019 yılları arasında yeni ürün alanındaki araştırmaları analiz ettikleri çalışmasında sürdürülebilir ürün geliştirme, çevreci ürün tasarımı, genel ürün tasarımı olarak 3 kategorinin ön plana çıktığını tespit etmişlerdir. Benzer bir araştırmada, yeni ürün geliştirme ile ilgili sürdürülebilirlik temalı çalışmaların dördüncü en yoğun yayın yapılan alan olduğunu göstermiştir (Idrees vd., 2023, s.6). Temmuz 2022'de Amerika'da gerçekleşen 5. Ürün Geliştirme Yönetimi Derneği Doktora Konsorsiyumu 60'tan fazla yeni ürün geliştirme alanında çalışan akademisyenin katkısı ile yeni ürün geliştirme ve inovasyon alanında potansiyel çalışma alanlarını belirlemek için bir araya gelmiştir. Etkinlikte öncelikli araştırma konularından biri, yeni ürün geliştirmede sürdürülebilirlik olarak belirlenmiştir (Xiao ve Bharadwaj, 2023).

Kyoto Protokolü, Kopenhag Anlaşması, Paris Anlaşması gibi iklim ve sürdürülebilirliğe ilişkin tartışmaların yer aldığı organizasyonlar, çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin endişelerin arttığını göstermektedir (Held ve Roger, 2018 s.528). Bu bağlamda çok sayıda çalışma, şirketlerin çevresel sürdürülebilirliğini iyileştirmenin bir yolu olarak yeni ürün geliştirmeye odaklanmalarını önermektedir (Singh ve Ordoñez, 2016; Kaddoura vd, 2019; Alnajem vd, 2021). Araştırmacılar, yeşil tasarım kavramından sürdürülebilirlik odaklı ürün tasarımına yönelik önemli bir kayma olduğunu vurgulamaktadır (Aguiar vd., 2021, s.2). Bu doğrultuda araştırmamızda yeni ürün geliştirme ile ilgili, sınıflandırma ve süreç yönetimine odaklanan çalışmalar referans alınarak kavramsal tanımlamalara yer verilmiştir. Devamında sürdürülebilirlik bakış açısının yeni ürün kavramı ile kesiştiği çalışmalar değerlendirilmiştir.

## 2.1. Üründe Yenilik Sınıflandırması

Yeni ürün alanında yenilik sınıflandırması farklı araştırmacılar tarafından farklı kategorilerde ele alınmıştır. Mevcut durumda sanayi ve akademide kabul görmüş tanımlama ise Oslo Kılavuzu (2005)'te yer alan "Bir ürün yeniliği, mevcut özellikleri veya öngörülen kullanımlarına göre yeni ya da önemli derecede iyileştirilmiş bir mal veya hizmetin ortaya konulması" açıklamasıdır. Bu tanımlamaya göre sınıflandırmanın temeli özgünlük ve ekonomik etki unsurları olsa da "önemli derecede farklı" tanımlaması

yorumlayıcı açısından öznel olabilmektedir, bu sebeple sınıflandırma değerlendirmesinde aşağıdaki analiz ölçütleri ön plana çıkmaktadır. (Oslo Kılavuzu, 2018, s.77).

- Bir inovasyonun yalnızca firmaya, firmanın pazarına veya dünyaya yeni olup olmadığı,
- Firmanın, içinde bulunduğu pazarı dönüştürme potansiyeli konusundaki beklentisi,
- Firmanın, rekabet gücünü artırma potansiyeline dair beklentisi.

Literatürdeki yenilik tanımlamasındaki bakış açılarından biri de üründeki yeniliğin "kim için yeni ürün?" ve "ürün de ne yeni?" sorularına yönelik sınıflandırılmasıdır (Sezegen ve Edis, 2020, s.2386). Bu yaklaşıma en büyük katkı Kleinschmidt ve Cooper'ın 1991 yılındaki çalışması ve Booz Allen Hamilton firması tarafından ortaya konulan sınıflandırmalardır (Micheal vd., 2003, s.272).

Akademik çalışmalarda ürünlerde yenilik sınıflandırmasında farklı perspektifler ile karşılaşılmaktadır. Stone (2007)'nin 4 boyutlu yeni ürün sınıflandırması; majör inovasyon içeren ürünler (yeni teknolojik gelişmeleri içeren, müşteriler için yeni deneyimler sunan ürünler), ürün iyileştirmeleri (yeni pazar yaratma ihtiyacı olmaksızın pazardaki rakiplerin müşterilerini hedefleyen ürünler), ürüne eklemeler (orijinal ürün üreticilerinin oluşturduğu pazarı kullanan, orijinal ürüne ek olarak sağladığı faydanın sınırlı olduğu ürünler), yeniden konumlandırılan ürünler (mevcut bir ürünün, farklı müşteri gruplarını çekmek için pazarda farklı bir şekilde konumlandırılması) olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir başka sınıflandırmada ürünlerde yenilik derecesi, dünya için yeni olarak tanımlanabilecek yüksek yenilik içeren ürün aileleri, pazar için yeni olmasa da firma için yeni olan orta seviye yenilik içeren ürünler, mevcut ürünlerde modifikasyonlar ile ürünlerin pazarda yeniden konumlandırması olarak gruplanmaktadır (Kleinschmidt ve Cooper, 1991, s. 243). Üründe yeniliklerin tanımlanmasında en yaygın kullanımlardan biri; dünya için yeni, pazar için yeni ve firma için yeni olarak üçlü bir sınıflandırma yaklaşımıdır. (Oslo Kılavuzu, 2005, s.164). Torlak ve Altunışık (2012), benzer bir yaklaşımla çalışmasında işletme ve pazar açısından ürünün değerlendirilmesini temel alarak, işletme ve pazar için yeni ürünler, pazar için yeni ürün, işletme için yeni ürün sınıflandırmasını kullanmıştır.

Booz Allen Hamilton firmasına ait sınıflandırma ürün yeniliğini pazar ve firma olarak iki eksende değerlendirmektedir. Bu eksenler dahilinde ürün yeniliği dünya için yeni ürünler, firmanın yeni bir pazara girişini sağlayan yeni ürün grupları, mevcut ürün gruplarında çeşitlendirme, mevcut ürünlerde iyileştirme, mevcut ürünün farklı pazarlara veya ihtiyaçlara özelleştirme, üründe maliyet düşürme olarak ele almıştır (Bekoğlu ve Ergen, 2016, s. 924).

Ürünlerde yenilik sınıflandırmasını daha kavramsal olarak ele alan "Mimari İnovasyon Modeli" Henderson ve Clark 1990 yılında "Architectural Innovation: The Reconfigurationof Existing Product Technologies and the Failure of Established Firm" çalışmasında ortaya konmuştur. Bu modelin boyutları; mimari inovasyon (ürün bileşenlerinden bir araya getirilmesinde farklılıklar yapılarak ürünün yenilenmesi), modüler inovasyon (üründe belirli bir işlevi gerçekleştiren bileşenin değiştirilmesi ile yenilenme (Namkung ve Mueller, 2017, s.3)), artımsal inovasyon (sıklıkla müşteri taleplerine yönelik büyük AR-GE çalışması yapmadan iyileştirmeler) ve radikal inovasyon (köklü değişiklikler içeren yeni ürün çalışmaları) olarak tanımlamıştır (Önden ve Çallı, 2019, s.56).

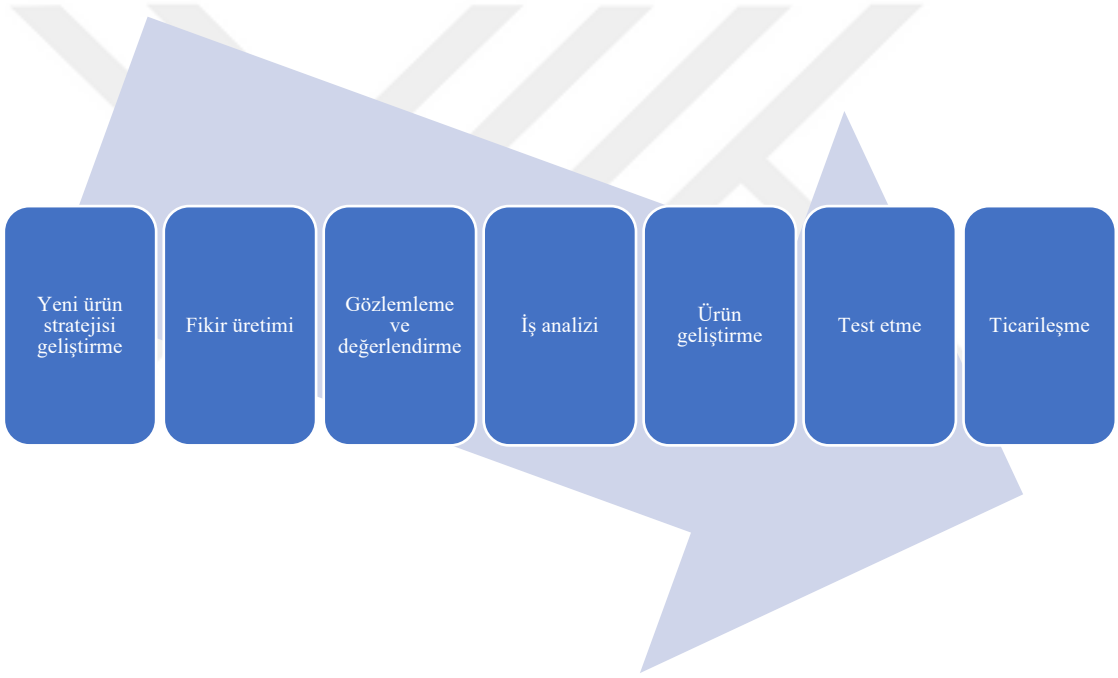
Uzak Doğu temelli bazı araştırmalarda, ürünün yenilik sınıflandırmasında, Güney Kore Bilim ve Teknoloji Politikası Enstitüsü'nün ürünlerdeki yenilik sınıflandırması olan; ürün kalitesinin iyileştirilmesi, ürün maliyetinin düşürülmesi, ürün çeşitlendirilmesi ve yeni pazarlarda öncülük kavramları temel alınmıştır (Kim, 2022, s.666). Yakın zamanda yapılan çalışmalarda yeni bir sınıf olarak endüstride teknoloji standardizasyonun sağlanması gibi bir kategori de eklemiştir (Kim ve Kim, 2022, s.4).

## 2.2. Yeni Ürün Geliştirme Süreci

Yeni ürün geliştirme süreci fikirden son ürünün pazara arzına kadarki aktivitelerin bütünüdür (Wijewardhana vd., 2020, s.2352). Fordist modele dayalı seri üretim yaklaşımının baskın olduğu dönemde, yeni ürün geliştirme sürecinin aşamaları konsept, tasarım ve üretim olarak sıralı bir akış olarak ele alınmıştır (Kazimierskave Gręboszkrawczyk, 2017, s.246). Ancak müşteri taleplerinin hızlanması ve verimlilik ihtiyacı, süreçteki aşamaların daha entegre ve eş zamanlı ele alındığı bir yaklaşıma dönüşmüştür (Cimatti ve Campana, 2016, s.8). Yeni ürün geliştirme sürecinin sistematik şekilde ele alınması büyük bir ihtiyaçtır. Tüm süreçte ürün tasarım aşamasının maliyeti yaklaşık

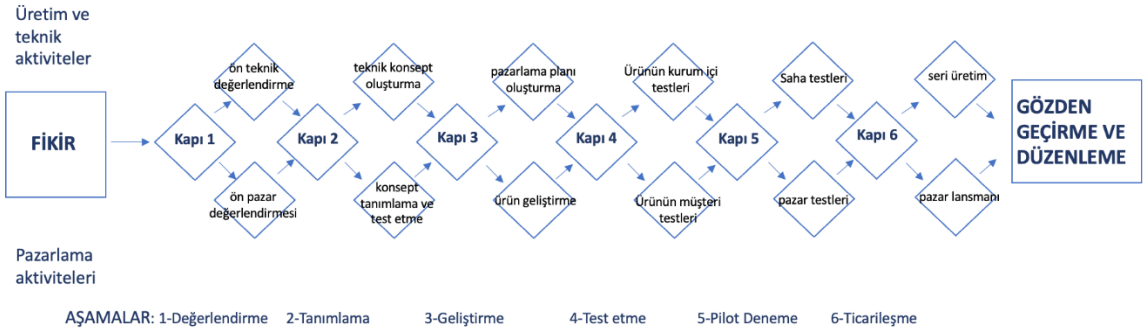
%5'tir. Ancak ürün maliyetlerinin %80'i tasarım aşamasında oluşturulur (Yang ve Hsu, 2019, s.321).

Farklı araştırmacılar, fikir geliştirme, fikirlerin elenmesi, kavram geliştirme ve test etme, pazarlama stratejisi geliştirme, işletme analizi, ürün geliştirme, test pazarı ve lansman adımlarından oluşan doğrusal bir sistematik yeni ürün geliştirme süreci önermesinde bulunmuştur (Bekoğlu ve Ergen, 2016, s.925). En yaygın modellerden biri Booz Allen Hamilton modelidir (Hart, 2018, s.261). Şekil 3'te yer alan modelde yeni ürün geliştirme süreci yedi aşamalı şekilde ele alınmaktadır. Bu adımlar; yeni ürün stratejisi geliştirme, fikir üretimi, gözlemleme ve değerlendirme, iş analizi, geliştirme, test etme ve ticarileşme'dir (Booz, 2018, s.12).




**Şekil 3.** Yeni Ürün Geliştirme Süreci (Booz, 2018, s.12 şekil 2.1'den uyarlanmıştır.)

Robert G. Cooper'a ait, faz kapısı yaklaşımı olarak ulusal literatürde yer alan Stage &Gate yaklaşımı da yeni ürün geliştirme süreçlerinin yönetiminde son derece yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Smolnik ve Bergmann, 2020, s.42). Şekil 4'te sunulan yaklaşımda, sürece ait temel adımlar "stage" olarak tanımlanmakta ve bu adımların sonunda başarılarının izlendiği kontrol aşaması olan "gate" adımları yer almaktadır (Sethi ve Iqbal, 2008, s.120).




**Şekil 4.** Yeni Ürün Geliştirme – Stage Gate Yaklaşımı (Cooper, 1988, s.252'den uyarlanmıştır.)

Bu modelde projenin sahibi "lider" geçitler öncesi hangi faaliyetlerin gerçekleştirilmesi ve hangi soruların sorulması gerektiğini takip ederken, projeden bağımsız olan bir değerlendirme grubu "Go/Kill/Hold (Devam/Sonlandır/Bekle)" kararları verme yetkisine sahiptir. Bu yapı süreçte kalite kontrol unsuru sağlayarak, sistemin korunmasını sağlar (Cooper, 1988, s.254). 90'lı yıllarda yeni ürün geliştirme ile ilgili trend araştırmalarında bu yaklaşımın firmalar tarafında ürün geliştirme süreçlerinin belirli aşamalarında %60'a varan oranda benimsendiğini tespit etmiştir (Grönlund vd., 2010, s.109). Bu modelin çevik yönetim yaklaşımı ile birleştirildiği gelişmiş bir versiyonunda değişen müşteri ihtiyaçlarının daha iyi ele alınması, ekip iletişiminin ve moralinin iyileştirilmesi gibi sonuçlar elde edilmiştir (Li vd., 2019, s.275). Doyle (2008) çalışmasında bu aşamaları korurken sürecin başlangıcına işletme stratejisini koymuş ve bu adımda işletme bünyesinde yenilik yapma yönünde bir stratejinin esas alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Lin vd. (2008) yeni ürün geliştirme çalışmalarının örtüşen ve yinelemeli yapısına cevap olarak dinamik geliştirme prosesi modeli (DDPM) olarak isimlendirdikleri, tekrarlı ürün geliştirme süreçlerine odaklandıkları sistem dinamiği metodolojisi temelli bir model önermesinde bulunmuştur. Wang ve Lin (2009) benzer bir yaklaşım izleyerek örtüşen süreç modeli olarak isimlendirdikleri tamamlayıcı bir çalışma sunmuştur.

Daha güncel çalışmalarda kalite fonksiyon göçerimi (QFD) temelli bazı modeller sunulmuştur (Salari ve Bhuiyan, 2016, s.3). Bu yaklaşım özellikle ürün tasarımı aşamasında, tasarım ekibinin müşteri isteklerine yönelik hedefleri ürün özellikleri ile bağdaştırılmasını sağlamaktadır (Huang, 2013, s.127). Kalite fonksiyon göçerimi yeni ürün çalışmalarında farklı teknikler ile entegre edilerek, Chen vd. (2010); Tu vd. (2011);

Lee ve Lin (2011); Chen ve Chen (2014); Huang vd. (2022); Wang ve Yang (2023) tarafından kullanılmıştır. Bu yaklaşımda müşterinin ihtiyaçlarını yakalamak ilk aşamadır. Müşteri ihtiyaçları belirlendikten sonra sınıflandırma ve önceliklendirme yapılarak Kalite Evi olarak isimlendirilen planlama matrisi oluşturulur (Huang, 2013, s.127).

Kapsayıcı bir yaklaşım ile yeni ürün geliştirme süreci, beyin fırtınası, erken aşama fikir taraması, ön pazar değerlendirmesi, ön teknoloji değerlendirmesi, ön üretim değerlendirmesi, ön mali değerlendirme, pazar araştırması, AR-GE, ürün geliştirme, şirket içi ürün değerlendirmesi, müşteri odak grup testi, pazar testi, ürün lansmanından önce mali değerlendirme ve pazar lansmanı olarak 13 iş adımını barındırmaktadır (Kim vd., 2016, s.135).

Literatürde bu modellerin yanı sıra, sıralı ve eş zamanlı mühendislik teknikleri ile yeni ürün geliştirme süreçlerinin ele alındığı modeller bulunmaktadır (Rutkowski, 2024, s.86). Sıralı yaklaşım, 1960'ların başında NASA tarafından önerilmiş, ürün planlama, kavram tasarım, detay tasarımı, üretim, testle doğrulama ve üretme adımlarının birbirini takip eden şekilde ele alındığı bir modeldir (Yin ve Zhang, 2021, s.241). Diğer tarafta eş zamanlı mühendislik ise sıralı mühendislik sürecinden türetilmiş iki veya daha fazla faaliyetin eş zamanlı ele alınabildiği bir süreç yaklaşımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Meybodi, 2013, s.364).

### 2.3. Sürdürülebilir Yeni Ürün Geliştirme

İşletmelerin, sürdürülebilirliği bir maliyet unsuru yerine bir gelişim fırsatı olarak görmeye başlaması ile özellikle yeni ürün geliştirme süreçlerinde sürdürülebilirlik uygulamaları ile ilgili araçlar ve tekniklere yönelik ilgi artmıştır (Kalish vd. 2018, s. 37). Günümüz dünyasında, müşteriler daha sürdürülebilir ürünler talep etmekte, sürdürülebilir özelliklere yönelik hükümetlerin yaptırımları her geçen gün artmaktadır (Gmelin ve Seuring, 2014, s.1). Sürdürülebilirliğin iş süreçlerine dahil edilmesi bazı araştırmacılar açısından üreticilerin inovasyon yeteneğini geliştirici bir anahtar olarak tanımlanmaktadır (Dangelico vd., 2017). Ancak Thomé ve Scavarda (2015) yeni ürün geliştirme araştırmalarında üçlü sorumluluk yaklaşımının entegrasyonuna yönelik çabaların nispeten yetersiz kaldığı yönünde bazı eleştirileri bulunmaktadır. Fikir ve tasarım aşamasında sürdürülebilirliğin ihmal edilmesi, gerçek anlamda sürdürülebilir bir ürün elde edilmesini imkansız hale getirmektedir (Deutz, 2013, s.127). Bu alanda literatürdeki çalışmalar da ya çevresel stratejilerin yeni ürün süreçlerine entegre edildiği ya da finansal

boyutun daha baskın olduğu bir noktadadır, üç boyutun bütünsel ele aldığı çalışmalar oldukça az sayıdadır (Hynds vd. 2014, s.50). Yeni ürünlerin çok boyutlu değerlendirilmesine odaklanan yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Thome vd., 2016, s.2196). Sürdürülebilir yeni ürün geliştirme literatüründe bu alanda eko-tasarım (eco-design), çevre için tasarım (design for the environment), yaşam döngüsü tasarımı (life cycle design) veya sürdürülebilirlik için tasarım (design for sustainability) gibi terimlerin yer aldığı çalışmalar mevcuttur (Scöggl vd., 2016, s.1603). Ancak bu çalışmaların pek çoğu sürdürülebilirlik kavramının üç boyutunu bütünsel olarak ele alınmamıştır (Zetterlund vd., 2016, s.291). Sürdürülebilir yeni ürün geliştirme alanında araştırmamıza temel teşkil eden bazı araştırmalar ve sonuçları aşağıda sunulmuştur.

- Berchicci ve Bodewes (2005), çevreci yeni ürünler üzerinde durarak, çevreci uygulamaların tasarım ve iş stratejisi problemi olarak ele alınması gerektiğinine yönelik bir kavramsal çerçeve sunmuştur.
- Pujari (2006) çevreci yeni ürünlerin performansının ölçülmesinde finansal başarı ölçütleriyle birlikte pazar geliştirme ve çevreye olan olumsuz etkisinin azaltılması ve çevreci imaj unsurlarına odaklanılması gerektiğini belirtmiştir.
- Ljungberg (2007) sürdürülebilir ürün geliştirme için malzeme kullanımının azaltılması (dematerializasyon), geri dönüşüm, eko-tasarım önermeleri, ISO 14001 standardı ve EMAS (Eko Yönetim ve Denetim Sistemi) düzenlemesi gibi yaklaşımlardan faydalanılması gerektiğini vurgulamıştır.
- Tseng vd. (2009), Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemi kullanarak sürdürülebilir üretim için bir kriter seti ve ağırlığı belirlemeye yönelik çalışmalar yürütmüştür. Araştırmada ürünlerin sürdürülebilirliği ile ilgili olarak, yeniden kullanılabilir/geri dönüştürülebilir olmaları ve tehlikeli maddeler içermemeleri, %100 biyolojik olarak parçalanabilir ambalaj kullanımı ve geri alma politikalarına sahip ürün oranının artırılması olarak 4 kriter grubu kullanmıştır.
- Driessen vd. (2013) kimya ve gıda endüstrilerini ele alarak yeşil ürün geliştirme sürecinde ürünün çevreci özellikleri ile maliyet ve yenilik derecesi arasında dengeleme sağlanması gerektiğini değerlendirmiştir. Ayrıca yeşil ürün geliştirme sürecinde pazar yönelimi, şirket politikası gibi unsurların ön planda olması gerektiği çıkarımında bulunmuştur.

- Gmelin ve Seuring (2014) sürdürülebilir ürünler için, ürün yaşam döngüsü yönetimi, sürdürülebilirlik ve yeni ürün geliştirme arasındaki bağlantılara dair kavramsal bir çerçeve oluşturmuştur.
- Alblas vd. (2014) çalışmasında imalat sektöründe çalışan 6 farklı işletme üzerinde yaptıkları araştırmada sürdürülebilirliğin yeni ürün süreçlerine entegrasyonunda karşılaştıkları zorlukları tespit etmeye odaklanmıştır. Çalışmada, yöntem ve araç eksiklikleri, kapsam tanımlama zorlukları, bazı iç motivasyon eksiklikleri ile ilgili bulgular elde etmiştir.
- Hynds vd. (2014) 20 firmadan toplanan verileri kullanarak firmaların AR-GE departmanları için yenilikçi ve sürdürülebilir yeni ürünler geliştirmesine yönelik bir olgunluk modeli geliştirmiştir.
- Buchert vd. (2015) sürdürülebilir yeni ürün geliştirme kararları için çok kriterli karar verme yöntemi olarak karar ağacı yöntemini tercih etmiştir. Önerdikleri çerçevenin doğrulaması için bisiklet geliştirme süreçlerini ele aldıkları bir uygulama çalışması gerçekleştirmiştir.
- Jayakrishna vd. (2015) sürdürülebilir yeni ürünlerde izlenecek stratejilerin seçimi için Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemini kullanmıştır. Araştırmada parça azaltma, ağırlık azaltma ve malzeme değişikliği stratejileri analiz edilmiştir.
- Zetterlund, Hallstedt, Broman (2017) ürün geliştirmede sürdürülebilirlik odaklı karar verme ile ilgili uygulama fırsat ve zorluklarına irdelemiş ve bu zorlukları ortadan kaldırmaya yönelik öneriler sunmuştur.
- Hallstedt (2017) ürün geliştirmede sürdürülebilirliğin üç boyutunu da kapsayacak şekilde alt kriterlerin belirlenmesi ve karar vermeye yardımcı bir matris oluşturulmasına yönelik uygulama yapmıştır.
- Schöggl vd. (2017) otomotiv endüstrisi özelinde bir araştırma ele almıştır. Ürün geliştirmede sürdürülebilirliğin üç boyutunu da kapsayacak şekilde sürdürülebilir ürün geliştirmede hangi kriterlerin kullanılabileceğini değerlendirmiştir.
- Goffin (2017) kitabının bir bölümünde yeni ürün geliştirme süreçlerinde Stage – Gate yaklaşımının uygulaması ile ilgili kavramsal çerçeve ve uygulama örneklerine yer vermiştir.
- Bibaud-Alves vd. (2018) yeni ürün geliştirmenin, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden 8, 9 ve 12 ile olan ilişkisinden yola çıkarak yeni ürün geliştirme,

Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik yaklaşımı arasındaki karmaşık ilişkiyi açıklamaya çalışmıştır.

- Kono vd. (2018) sürdürülebilir yeni ürün geliştirme kriterlerinin yapı malzemeleri özelinde gruplandırılmasına yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ürün grubunda, emisyon, enerji ve bölgesel koşulların ön plana çıktığını tespit etmiştir.
- Sinha ve Anand (2018) sürdürülebilir yeni ürün geliştirme süreçlerinde önemli paydaşlar olarak tedarikçilerin seçimi problemine odaklanmıştır. Araştırmada çok kriterli karar verme yaklaşımı olarak graf teorisi kullanılmış ve bir değerlendirme indeksi ortaya çıkarılmıştır.
- Olivera vd. (2018) yeni ürün geliştirme süreçlerinde hem yalın hem de yeşil uygulamaları tespit etmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Bulanık İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) yöntemlerini kullanmıştır. Araştırmada, proje yönetimi, Kaizen ve ürün çeşitlilik yönetimi gibi uygulamaların daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir.
- Chang ve Cheng (2019) sürdürülebilirliğin 3 boyutu ile ilgili 31 kriteri ele alan bir çok kriterli karar verme çalışması sunmuştur.
- Ahmadi-Gh ve Pintado (2021) üretim sektöründe sürdürülebilirlik konseptinin yeni ürün geliştirme başarısına etkisini araştırmıştır. Sürdürülebilirliğin, kalite, maliyet ve üretim kolaylığı gibi unsurlara olumlu etkisi ile ilgili bulgulara ulaşmıştır.
- Lee vd. (2021) sürdürülebilir yeni ürün portföy seçim problemine yönelik Bayesyen En Kötü-En İyi Yöntemi (Bayesian BWM) ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak iki aşamalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Akıllı gözlük ürün alternatiflerini değerlendirdikleri bu uygulama çalışması ile tercih edilen yöntemler ve kriterlerin doğrulamasını sağlamışlardır.
- Ladu ve Morone (2021) biyobazlı ürünlerin sürdürülebilirliğini yaşam döngüsü perspektifinden değerlendirerek kapsayıcı bir değerlendirme aracı ortaya koymayı hedefledikleri çalışmalarında, farklı indikatörleri içeren bir puanlama modeli geliştirmişlerdir.
- Gani vd. (2021) bir işletmenin sürdürülebilirliğini artırmak için kritik öneme sahip göstergeleri belirlemek için çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlar temelinde Bulanık AHP yöntemi ile bir kriter önceliklendirme çalışması gerçekleştirmiştir.

Çalışmada çevre boyutu en öncelikli, ekonomik boyut ise en az öncelikli boyut olarak belirlenmiştir.

- Delaney vd. (2022) çalışmasında sürdürülebilirliğin özellikle çevresel boyutunu temel alarak tasarım aşamasında sürdürülebilirlik bakış açısının ürün yansıtılmasını önemini açıklamıştır.
- Borah vd. (2023) firmaların ürün geliştirme ve ürün arzında yeşil yaklaşımları stratejilerine ve süreçlerine entegre etmesinin ürün başarısına etkisini araştırmış ve özellikle yeşil inovasyon süreçlerinin ürünlerin pazardaki kabul edilmesi ile olumlu ilişkisini tespit etmiştir.
- Ncube vd. (2023) özellikle kimya endüstrisini temel alarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için, yenilenebilir hammaddelerden üretilen, yeniden kullanım, geri dönüşüm veya geri kazanım için tasarlanmış ve düşük enerji kullanılarak işlenebilen yeni ürünlerin önemini ön plana çıkarmıştır.
- Hegab vd. (2023)'nin imalat sektöründe sürdürülebilirlik stratejileri için hangi yönetim araçlarının kullanılabileceğine yönelik araştırması ile yeni ürünlerin üretim aşamasında hangi noktalara odaklanılacağı ile ilgili bir kılavuz sunmuştur.
- Dias vd. (2024) kimyasal hammaddelerin güvenlik ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesine yönelik Avrupa Komisyonu tarafından Güvenli ve Sürdürülebilir Tasarım (SSbD) tekniği ile çok kriterleri karar verme yaklaşımlarının kullanımını değerlendirmiş ve yöntemlerin beraber kullanılmasının faydalarından bahsetmiştir.
- Vijaya vd. (2025) otomotiv sektörü için 17 Çevre, Sosyal ve Yönetişim (ÇSY) indikatörlerini değerlendirdiği araştırmasında sürdürülebilir ürün geliştirme, sürdürülebilir üretim, ürün güvenilirliği, emisyonlar, kurumsal sürdürülebilirlik stratejileri gibi başlıkların yeni ürün geliştirme açısından da oldukça önemli olduğunu belirtmiştir.
- Klein vd. (2025) kozmetik sektöründe ürünlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli bir bileşen olan ambalajlarının sürdürülebilirliğini doğrudan çevresel etki, dolaylı çevresel etki, sertifikalı malzeme kullanımı ve ambalaj verimliliği olarak 4 boyutta incelemiş ve geri dönüşüm malzeme kullanımını en önemli öncelik olarak değerlendirmiştir.

Yeni ürün geliştirme alanında sürdürülebilirliğe yönelik bakış açısı, ilgi gören bir alan olsa da, işletmeler sürdürülebilirlik hedefleriyle karlılık hedeflerini genellikle dengelemek ve bazılarından ödün vermek zorunda kalmaktadırlar (Claudy vd., 2016, s.73). Bu durumu çözebilmek için sürdürülebilirlik ve yeni ürün başarısı arasındaki bağlantının kurulması ve önceliklerin dengelenmesi gerekmektedir. Çalışmamız kapsamında bu ihtiyaca cevap verecek sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir.

# 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME KARAR KRİTERLERİ

Araştırmamızda karbon ayak izi yüksek endüstri dalları olan otomotiv ve kimya sektörlerine yönelik uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde genel imalat sektörü ve seçilen endüstri dallarının gereksinimleri birlikte düşünülerek çok boyutlu bir kriter havuzu oluşturulmuştur. Sürdürülebilirlik alanında üçlü sorumluluk yaklaşımı literatürde en yaygın boyutlandırma yaklaşımlarından biridir (Nogueira vd., 2023; Loviscek, 2020). Araştırmamızda da aynı yaklaşım temel alınmış; hem bu yaklaşıma yönelik genişleme önerilerini (Burfor vd., 2013; Farsi vd., 2017; Correia vd., 2019) hem de ürün bazında yapılacak değerlendirmelerde ürün ve üretim süreci etkilerinin ayrı ayrı görülebilmesini sağlamak amacıyla boyutlar artırılmıştır. Ayrıca araştırmamızın hedefi imalat sanayi için sürdürülebilir yeni ürün geliştirme kararlarında ön değerlendirme sağlayacak bir modelin oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda yeni ürünler için önemli değerlendirme kıstaslarından biri olan pazar boyutunun da (Cooper ve Kleinschmidt, 2010; Dwivedi vd., 2021) araştırmaya eklenmesine karar verilmiştir.

Boyutların belirlenmesinden sonra bu boyutlar altında ele alınacak alt kriterlerin yapılandırılmasına yönelik araştırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Alt kriterlerin tanımlanmasında farklı kaynaklarda farklı isimlerde yer almasına rağmen aynı içeriklere sahip kriterler birleştirilmiştir. Yine tanımlamalardan yola çıkılarak boyutlara göre gruplamalar yapılmıştır. Analizde kullanılacak yöntemler de göz önünde bulundurularak ana boyutlar altındaki kriter sayılarının dengeli olması amaçlanmıştır.

Çalışmanın kriterlerinin belirlenmesinde "sürdürülebilir yeni ürün geliştirme", "sürdürülebilir ürün geliştirme", "ürünlerin sürdürülebilirlik değerlendirmesi", "sürdürülebilirlik değerlendirme kriterleri" gibi anahtar kelimeler ve varyasyonları kullanılmıştır. Araştırmalar, Türkçe ve İngilizce olarak Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEE Xplore ve SpringerLink veritabanlarında gerçekleştirilmiştir. Kriterler, finansal kriterler, pazar kriterleri, ürüne ait çevre kriterleri, ürünün üretim süreçlerine ait çevre kriterleri ve sosyal kriterler olarak beş boyut altında ele alınmıştır.

## 3.1. Finansal Kriterler

Sürdürülebilirlik alanında şirketlerin yönetimlerinin öncelikli alanlarından biri, finans ile ilişkili olan maliyetlerin minimizasyonu, gelirlerin maksimizasyonudur (Zabolotnyy ve

Wasilewski, 2019, s. 2). Sürdürülebilirlik ile ilgili mevzuatlar çerçevesinde talep edilen raporlarda sürdürülebilirliğin finansal boyutu oldukça baskın bir yere sahiptir (Popescu vd., 2021, s.3). Sala vd. (2015) finansal boyutu sermaye teorisi ve kuşaklar arası eşitlik ilkesi ile ilişkilendirerek bu boyutun önemini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda finansal sürdürülebilirlik, bir işletme için uzun vadeli bir varlık sağlama çabası ve bu çabaya yönelik finansal istikrarı olarak tanımlanmaktadır (Gleißner vd., 2022, s. 469). Araştırmamızda finansal boyut altında yeni ürünlerin geliştirilmesi ve pazara arzına yönelik süreçler esas alınmaktadır. Bu süreçlere yönelik maliyetler, getiriler ve devlet sübvansiyonları gibi alt boyutlara yer verilmektedir. Finansal boyut altında ele alınan kriterler, kriterlere ait referans literatür kaynakları ve kriterlerin tanımlamaları Tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Sürdürülebilir Yeni Ürün Değerlendirmesine Yönelik Finansal Kriterler

| Alt Kriter | Açıklama | Destekleyici Literatür |
|---|---|---|
| **C11** | Ürün maliyeti | Lee ve Saen, 2012; Sinha ve Anand, 2018; Kono vd., 2018; Stone vd., 2019; Lee vd., 2021; Ladu ve Morone, 2021; Neri vd., 2021. |
| **C12** | Ürünle ilgili dolaylı maliyetler | Lin vd., 2009; Tseng vd., 2009; Tseng, 2013; Sinha ve Anand, 2018; Jugend vd., 2020; Neri vd., 2021; |
| **C13** | Ulaştırma, paketleme, tamir, bakım maliyetleri | Bao ve Bodapati, 2011; Lee ve Saen, 2012; Neri vd., 2021. |
| **C14** | Karlılık ve satış gelirleri | Thome vd., 2016; Rodrigues vd., 2016; Stone vd., 2019; Gupta ve Gupta, 2020; Lee vd., 2021; GRI 2021. |
| **C15** | Vergiler ve devlet sübvansiyonları | Sinha ve Anand, 2018; Stone vd., 2019; García-Muiña vd., 2020; Neri vd., 2021. |

C11- Ürün maliyeti: Ürüne ait doğrudan maliyetler ile ilgilidir. Bu doğrultuda hammadde maliyeti, işçilik giderleri ve seçilen ürünler özelinde ürünle ilgili doğrudan maliyetlerin toplamıdır.

C12- Ürünle ilgili dolaylı maliyetler: Ürünün geliştirilmesi ve üretimine ait aşamalardaki endirekt maliyetler, yardımcı işletme maliyetleri, kalite vb. ek aşamalara yönelik kontrol maliyetlerinin ilişkili olanlarının birleşik değeridir.

C13- Ulaştırma, paketleme gibi lojistik maliyet: Ürünlerin kullanıcıya ulaştırılmasında kullanılan ambalaj, ulaştırma varsa depolama maliyetleri gibi maliyetler esas alınmaktadır.

C14- Karlılık ve satış gelirleri: Ürüne ait gelir potansiyeli ve birim ürün bazında elde edilen karla ilgilidir. Ürün gelirlerinden doğrudan ve dolaylı maliyetler düşüldükten sonra elde edilen kardır.

C15- Vergiler ve devlet sübvansiyonları: Bu kriter, ürün üretimi, pazara arzında uygulanan vergiler, harçlar, devletin çevre dostu ürünlere yönelik destekleri, AR-GE ve ürün geliştirme faaliyetlerine yönelik teşvikler, hibelerin değerlendirilmesidir.

### 3.2. Pazar Kriterleri

Günümüzde tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere yönelik talebi, sosyal iyilik olgusunun ötesine geçerek iklim krizine yönelik satın alma davranışlarını etkileyen öncelik halini almıştır (Hull vd, 2022, s.2). Bu kapsamda markalar sürdürülebilirlik odaklı pazarlama stratejileri ile marka itibarını geliştirmekte ve çevreye duyarlı tüketicilerle daha güçlü ilişkiler kurmaya yönelik yeşil pazarlama faaliyetleri yürütmektedir (Bhardwaj vd., 2023, s.2). Borah vd. (2021) araştırmalarında, yeşil pazarlama faaliyetlerinin yeni ürün başarısına olan etkisini ölçümlemiş ve doğrudan bir ilişki tespit etmiştir. Farklı araştırmalarda sürdürülebilirlik stratejilerinin yeni ürünlerin başarısına olumlu etkileri vurgulanmaktadır (Claudy vd., 2016, s.74). Araştırmamızda bu dayanaklardan yola çıkarak yeni ürünlerin sürdürülebilirlik değerlendirmesinde pazar kriteri doğrultusunda, ürünün pazardaki ihtiyacı karşılaması, yeni pazarlar oluşturması ve müşteri şikayetlerini azaltması ile pazardaki değişimlere yönelik çevikliği gibi özellikleri değerlendirilmiştir. Pazar boyutu altında ele alınan kriterler, kriterlere ait referans literatür kaynakları ve kriterlerin tanımlamaları Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Sürdürülebilir Yeni Ürün Değerlendirmesine Yönelik Pazar Kriterleri

| Alt Kriter | Açıklama | Destekleyici Literatür |
|---|---|---|
| **C21** | Çeviklik | Bao ve Bodapati, 2011; Lee vd., 2021. |
| **C22** | Güvenilirlik | Bao ve Bodapati, 2011; Jugend vd., 2020; Lee vd., 2021. |
| **C23** | Ticaret fırsatları | Jayakrishna vd., 2015; Jugend vd., 2020; Neri vd., 2021. |
| **C24** | Şirket imajına katkı | Hong ve Andersen, 2011; Joung vd., 2013; Jugend vd., 2020; Neri vd., 2021. |
| **C25** | Müşteri şikayetlerini azaltma | Jawahir, 2006; Lin vd., 2009; Tseng vd., 2009; Tseng, 2013; Gani vd., 2021. |

C21- Çeviklik: Ürünün talep dalgalanmalarına cevap verme kabiliyetidir. Ürünün pazar ihtiyaçlarına adaptasyonu, kolaylıkla özelleştirilebilmesi, benzer ihtiyaçları karşılamaya uyum sağlayabilme özellikleri esas alınmaktadır.

C22-Güvenilirlik: Ürünün pazardaki ihtiyacı karşılama yeteneğidir. Ürünün muadil sınıftaki ürünlere göre pazardaki talebe uygunluğu ile ilgilidir. Ürünün kullanım alanına uygun olarak muadiller ile rekabetçiliği değerlendirilirken hedef pazar payı esas alınmıştır.

C23- Ticaret Fırsatları: Ürünün yeni müşteri kazandırma ve pazarlara giriş sağlama özelliklerini kapsamaktadır. Ürünün firma için yeni müşteri segmenti, yeni kullanıcı grubu veya halihazırda konumlanamadığı farklı ülke pazarlarına giriş ile ilgili oluşturduğu potansiyeldir.

C24- Şirket imajına katkı: Şirket imajına katkı nicel bir kriterdir. Ürünün özellikle kaynak verimliliği, çevreye olan etkisi, sosyal boyuta olan katkıları gibi açılardan şirketin sürdürülebilirlik imajına etkisi içermektedir. Ürün pazara lansmanındaki kullanılacak tanımlama ve hedef müşteri grubu değerlendirilmektedir.

C25-Müşteri şikayetlerini azaltma: Ürünün kullanıcısı tarafından benzer veya ikame ürün kullanımı sırasında ve sonrasındaki oluşan şikayetleri azaltma yeteneği temel alınmaktadır. Üründe müşteri şikayetlerine yönelik geliştirilmesi planlanan özellikler ve bu özelliklerin şikayetleri ne ölçüde azalttacağına irdelenmektedir.

### 3.3. Ürüne Ait Çevre Kriterleri

Yeşil ürünler, işletmelerin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından en temel yapıtaşlarından biridir (Sarkar vd., 2022, s. 2). Bu kapsamda sürdürülebilirlik odaklı işletmeler yeni ürünlerinin tasarımında, kaynak verimliliği, enerji veremliliği, yeşil enerji kullanımı, ürünlerin karbon ayak izinin azaltılması ve çevreye olan etkilerin azaltılmasına odaklanmaktadır (Ahmadi-Gh ve Bello-Pintad, 2021, s.3). Tasarım sürecinde ürünün sürdürülebilir özelliklerinin iyileştirilmesi için eko-tasarım, döngüsel ekonomi prensipleri gibi bakış açıları ve yöntemler her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir (Mendoza vd, 2017, s.530). Salari ve Bhuiyan (2016) bir ürünün son özelliklerinin %70-80 oranında tasarım aşamasında kesinleştiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu boyutta sadece ürünün kendisi ve kullanımı sırasındaki çevresel etkileri temel alınmıştır. Ürüne ait çevresel boyut altında ele alınan kriterler, kriterlere ait referans literatür kaynakları ve kriterlerin tanımlamaları Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Sürdürülebilir Yeni Ürünlere ait Çevre Kriterleri

| Alt Kriter | Açıklama | Destekleyici Literatür |
|---|---|---|
| **C31** | Üründe doğal kaynak kullanımını azaltma | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng ,2013; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Bertoni vd., 2018; Kono vd., 2018; Sinha ve Anand, 2018; Woodhouse vd., 2018; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021; Villamil vd., 2022. |
| **C32** | Üründe tehlikeli madde kullanımının azaltılması | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Govindan vd., 2013; Tseng, 2013; Hallsted, 2017; Woodhouse vd., 2018; Bertoni vd., 2018; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021. |
| **C33** | Üründe geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı | Tseng vd., 2009; Bao ve Bodapati, 2011; Tseng, 2013; Schöggl vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Chang ve Cheng, 2018; Bertoni vd., 2018; Ganji vd., 2018; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021 |
| **C34** | Ürünün yaşam döngüsü sonunda geri dönüşü veya yeniden kullanılabilirliği | Jawahir, 2006; Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Bertoni vd., 2018; Stone vd., 2019; García-Muiña vd., 2020; GRI, 2021; Ladu ve Morone, 2021; Gani vd., 2021; Villamil vd., 2021. |
| **C35** | Üründe enerji verimliliği ve yeşil enerji kullanımı | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Buhert vd., 2015; Schöggl vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Ganji vd., 2018; Kono vd., 2018; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021; Lee vd., 2021. |
| **C36** | Üründe zararlı gaz emisyonlarının azaltılması | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Buhert vd., 2015; Thome vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Bertoni vd., 2018; Kono vd., 2018; Ganji vd., 2018; Stone vd., 2019; García-Muiña vd., 2020; Lee vd., 2021; Ahmadi-Gh ve Bello-Pintado, 2021; GRI, 2021. |

Çevre boyutu altında sunulan tüm kriterler sayısal verilere dayanan nicel kriterlerdir. Ürün alternatiflerinde kullanılan hammaddeler ve yardımcı malzemeler, reçeteler, ürün tasarımı kaynaklı özellikleri esas alınarak değerlendirme yapılmıştır. Kriterlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

C31-Üründe doğal kaynak kullanımını azaltma: Birim üründe kullanılan doğal ve kısıtlı kaynakların miktarları ile ilgilidir. Araştırmamızda ürün alternatifleri bazında toplam ürün hacminde veya ağırlığında kullanılan doğal ve kısıtlı hammadde oranı dikkate alınmıştır.

C32-Üründe tehlikeli madde kullanımının azaltılması: Ürünün reçetesinde ve ürün ağacında kullanılan çevre sağlığı ve insan sağlığı açısından zararlı malzemelerin değerlendirmesini içermektedir. Araştırmamızda ürün alternatifleri bazında toplam ürün hacminde veya ağırlığında kullanılan zararlı malzeme oranı değerlendirilmiştir.

C33-Üründe geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı: Üründe kullanılan geri dönüşüm malzeme oranı ve geri dönüşüm malzemenin kaynağı ile ilişkilidir. Araştırmamızda ürün hacminde veya ağırlığında kullanılan miktar esas alınmıştır.

C34- Ürünün yaşan döngüsü sonunda geri dönüşümü veya yeniden kullanılabilirliği: Yeni ürünün yaşam döngüsü sonrası geri dönüştürülebilirliği veya farklı bir kullanım alanında yeniden değerlendirilebilmesi için içerdiği hammadde ve bileşenlerin özellikleri değerlendirilmiştir. Reçetede kullanılan geri dönüştürülebilir hammadde oranları ve ürünün ileri dönüşüm olarak kullanılabilirlik oranları gibi miktarlar incelenmiştir.

C35- Üründe enerji verimliliği ve yeşil enerji kullanımı: Ürünün tasarımında enerji verimli bir yapı sağlanması, yeşil enerji kaynaklarının tercih edilmesi ile yaklaşımların toplamıdır. Araştırmamızda, ürünün çalışmasında kullanılan enerjinin karbon ayak izi dayanak olarak kullanılmıştır.

C36- Üründe zararlı gaz emisyonlarının azaltılması: Ürünün kullanımında ortaya çıkan karbonmonoksit, nitrojen oksitler, sülfür dioksit, hidrokarbonlar ve partikül miktarı gibi zararlı gazların emisyon miktarı gibi olumsuz etkileri ile ilgilidir. Ayrıca ürünün hafifliği, üründe kullanılan teknolojiler gibi emisyona doğrudan etki eden özellikler de bu kriter dahilinde değerlendirilmiştir. Birim ürün bazında gaz emisyon değerleri temel alınmıştır.

### 3.4. Ürünün Üretim Süreçlerine ait Çevresel Kriterler

Bir ürünün sürdürülebilirlik değerlendirmesinde sadece ürünün özelliklerinin sürdürülebilirliği tek başına yeterli değildir. Ürünün ortaya konmasını sağlayan üretim süreçlerinin çevreye olan etkileri de minimize edilmelidir (Pavón vd., 2025, s. 2). Çevre dostu üretim süreçleri, atıkları değerlendirerek faydalı ürünlere dönüştüren, enerji tüketimi optimize edilmiş süreçlerdir (Salvadó vd, 2012, s. 39). Bu alanda özellikle; hava ve su emisyonlarının azaltılması, su tüketiminin azaltılması, enerji verimliliğinin artırılması, fosil yakıtlardan biyoyakıt kullanımına geçilmesi gibi çalışma konuları ele alınmaktadır (Kivimaa & Kautto, 2010). Yeşil teknoloji temelli üretim süreçlerini benimseyen firmalar, yalnızca maliyet etkinliği değil aynı zamanda kârlılık elde ederek çeşitli rekabet avantajları da kazanabilirler (Xie vd., 2019 s.698).

Araştırmamızda bu boyut altında ele alınan kriterler, bu kriterlere ait referans literatür kaynakları ve kriterlerin tanımlamaları Tablo 5'te sunulmuştur.

**Tablo 5.** Sürdürülebilir Yeni Ürünlerin Üretim Süreçlerine ait Çevre Kriterleri

| Alt Kriter | Açıklama | Destekleyici Literatür |
|---|---|---|
| **C41** | Ürünün seri üretim sürecinde atık oluşturmaması | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Thome vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Kono vd., 2018; Bertoni vd., 2018; Ganji vd., 2018; Ahmadi-Gh ve Bello- Pintado, 2021; Ladu ve Morone, 2021; Lee vd., 2021; GRI, 2021; Villamil vd., 2021. |
| **C42** | Tedarikçilerin süreçlerindeki atığın azaltılması | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Ganji vd., 2018; GRI, 2021. |
| **C43** | Üretimde temiz su kullanımında verimlilik | Erol vd., 2011; Tseng, 2013; Thome vd., 2016; Ahmadi-Gh ve Bello-Pintado, 2021; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021. |
| **C44** | Üretimde enerji kullanımını azaltma ve yeşil enerji kullanımı | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2010; Tseng, 2013; Buhert vd., 2015; Schöggl vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Kono vd., 2018; Ganji vd., 2018; GRI, 2021; Lee vd., 2021; Ladu ve Morone, 2021. |
| **C45** | Üretimde zararlı gaz emisyonlarının azaltılması | Lin vd., 2010; Buhert vd., 2015; Thome vd., 2016; Hallstedt ve Pigosso, 2017; Bertoni vd., 2018; Kono vd., 2018; Ganji vd., 2018; García-Muiña vd., 2020; Lee vd., 2021; GRI, 2021; Ahmadi-Gh ve Bello-Pintado, 2021. |

| | | |
|---|---|---|
| **C46** | Üretimde gürültü emisyonlarının azaltılması | Hallstedt ve Pigosso, 2017; Chang ve Cheng, 2018; Bertoni vd., 2018. |
| **C47** | Biyoçeşitliliğin korunması | Kono vd., 2018; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021. |

C41- Ürünün seri üretim sürecinde atık oluşturmaması: Ürünün üretimi, depolanması süreçlerinde üretim atığı ve ambalaj atıkları oluşturma durumu ile ilgili değerlendirmeleri içermektedir. Üretim prosesindeki potansiyel fire ve miktarları ile ürünün kullanıcısına ulaştırılmasında yeniden kullanılamayan ambalajlar gibi noktalar değerlendirilmiştir. Proseslere ait teknik spesifikasyonlardan ve ölçümlerden toplanan bilgiler kullanılmıştır.

C42- Tedarikçilerin süreçlerindeki atığın azaltılması: Ürünün girdisi olan hammaddelerin üretiminde ve tedarikinde ambalaj atığı oluşturma durumu değerlendirilmiştir. Genel olarak hammadde ve komponent üreticilerin üretim prosesleri ile ilgili değerlendirmeleri içermektedir. Tedarikçilerin denetimlerine ait ölçüm ve sour formlarından yararlanılmıştır.

C43- Üretimde temiz su kullanımında verimlilik: Üretim süreçlerinde temiz su kullanım miktarı değerlendirilmiştir Birim ürün bazında veri oluşturulmasında kapasite raporları, reçeteler, toplam su tüketimi ve üretim miktarları gibi veriler ışığında analiz yapılmıştır.

C44- Üretimde enerji kullanımını azaltma ve yeşil enerji kullanımı: Ürünün üretim sürecindeki enerji verimliliği ile ilgilidir. Üretim sürecinde birim ürün üretimi için harcanması öngörülen enerji miktarı esas alınmıştır.

C45- Üretimde zararlı gaz emisyonlarının azaltılması: Ürünün üretimindeki CO: Karbonmonoksit, NOx: Nitrojen Oksitler, SO2: Sülfür dioksit, HC: Hidrokarbonlar, PM: Partikül (is-kurum) miktarı esas alınmıştır. Bu veriler için kullanılan cihazların özellikleri ve üretim sahalarından alınan ölçümler değerlendirilmiştir.

C46- Üretimde gürültü emisyonlarının azaltılması: Ürünün üretiminde rahatsız edici seviyede gürültü oluşturma durumu ölçülmektedir. Söz konusu gürültü seviyesinin değerlendirilmesinde hemüretim sırasında yapılan iş etüdlerindeki gürültü miktarları hem de makine ve cihazlara ait veriler temel olarak kullanılmıştır.

C47- Biyoçeşitliliğin korunması: Ürün üretimi sırasında canlı yaşamına olumsuz etkilerine ait bir kriterdir. Üretim atıklarının tipleri, bertaraf yöntemleri gibi hususlar değerlendirilmiştir.

### 3.5. Ürüne ait Sosyal Kriterler

Ürün sürdürülebilirliği üzerine yapılan araştırmaların çoğunluğu sürdürülebilirliğin ekonomik ve çevresel yönlerini ele almaktadır, ancak sosyal sürdürülebilirliğe, nispeten daha az dikkat edilmiştir (Ali vd., 2021, s.2). Sosyal tedarikçi etkileşimi, kurum içi etkileşimler hem sürdürülebilirlik hem de yeni ürün geliştirme alanında bilgi paylaşımını etkinleştirme, daha bütünsel etkiler sağlama gibi pozitif etkilere sahiptir (Ahmadi-Gh ve Bello-Pintado, 2021, s.4).

Yeni ürün geliştirme süreçleri fikirden pazara çıkana kadar insana dayalı bir akıştır ve bu akışta insanların refahı, güvenliği ve gelişimi yeni ürünlerin başarısı ile ilişkilidir (Corsini ve Moultrie, 2021, s.12). Sosyal boyut bu eksenlerde ele alınarak tedarikçi gelişimi, çalışan gelişimi, fırsat eşitliği, çalışan ve toplumun güvenliği gibi kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Araştırmamızda sosyal boyut altında ele alınan kriterler, kriterlere ait referans literatür kaynakları ve kriterlerin tanımlamaları Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 6.** Sürdürülebilir Yeni Ürünlerin Üretim Süreçlerine ait Sosyal Kriterler

| Alt Kriter | Açıklama | Destekleyici Literatür |
|---|---|---|
| **C51** | İstihdam etkisi | Tseng vd., 2009; Lin vd., 2009; Govindan vd., 2013; Tseng, 2013; Chang ve Cheng, 2018; GRI, 2021; Ladu ve Morone, 2021. |
| **C52** | İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması | Jawahir, 2006; Tseng, 2013; Ganji vd., 2018; Kono vd., 2018; Ahmadi-Gh ve Bello-Pintado, 2021; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021. |
| **C53** | Çeşitlilik, fırsat eşitliği ve ayrımcılığın engellenmesi | Hutchins vd., 2018; García-Muiña vd., 2020; Ladu ve Morone, 2021; GRI, 2021. |
| **C54** | Yakın ve genel çevrenin sağlığı ve güvenliği | Jayakrishna vd., 2015; Bertoni vd., 2018; Jugend vd., 2020; Ladu ve Morone, 2021. |
| **C55** | Çalışan geliştirme | Lin vd., 2009; Bao ve Bodapati, 2011; Joung vd., 2012; Jugend vd., 2020; GRI, 2021. |
| **C56** | Tedarikçi geliştirme | Tseng vd., 2009; Tseng, 2013; García-Muiña vd., 2020; Neri vd., 2020; Jugend vd., 2020; GRI, 2021. |

Sosyal boyut altında belirlenen 7 kriter çoğunlukla nicel kriterdir ve uzman görüşü doğrultusunda kıyaslama yaklaşımı değerlendirilmiştir. Alt kriterlerin açıklaması aşağıda sunulmuştur.

C51- İstihdam etkisi: Ürünün istihdam etkisi üretim süreçlerinde çalışan sayısı kıyaslaması, bölgesel istihdam yoğunluğu gibi açılardan ele alınmıştır. Ayrıca ürüne ait ek istihdam planları, hat bazında çalışan sayıları, pazar potansiyeli doğrultusunda vardiya sayıları gibi açılar da değerlendirmeye dahil edilmiştir.

C52- İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması: Ürünün üretim süreçlerindeki iş kaza sayıları veya üretim süreçlerindeki ergonomi analizlerinin sonuçları temel alınmıştır. Ergonomi analizleri, çalışan geri bildirimleri ve kurum içi raporlardan derlenen veriler kullanılmıştır.

C53-Çeşitlilik, fırsat eşitliği ve ayrımcılığın engellenmesi: Ürünün geliştirilmesi ve üretim süreçlerindeki kadın/ erkek/ engelli çalışan oranları gibi değerlendirme metriklerinden faydalanılmıştır. Veriler kurumların sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında topladığı bilgiler analiz edilmiştir.

C54- Yakın ve genel çevrenin sağlığı ve güvenliği: Yeni ürüne ait geliştirme ve üretim süreçlerinin çevreye olan olumlu ve olumsuz etkileri irdelenmiştir. Bu doğrultuda ürün ve süreç bazında sağlığa zararlı etki oluşturma durumuna yönelik uzman görüşleri temel alınmıştır.

C55- Çalışan geliştirme: Bu kriterde yeni ürün geliştirme süreçlerinde çalışanın yeni bir teknoloji kullanımı, yeni bir malzeme kullanımı, yeni bir cihaz kullanımı, ürüne ait alınan teknik eğitim sayıları gibi unsurlar doğrultusunda ele alınmıştır.

C56-Tedarikçi geliştirme: Yeni ürün için tedarikçi tarafından sağlanan hammaddeler, ekipmanlar vb unsurların geliştirilmesi ve üretiminde yeni bir teknoloji kullanımı, yeni bir malzeme kullanımı, yeni bir cihaz kullanımı, ürüne ait alınan teknik eğitim sayıları gibi hususlar değerlendirilmiştir.

# 4. KRİTERLERİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ VE ÜRÜN ALTERNATİFLERİNİN SIRALANMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Çalışmamızda sürdürülebilirlik kriterlerinin ağırlıklandırılması ve sürdürülebilir ürün alternatiflerinin değerlendirilmesi için üç farklı çok kriterli karar verme yönteminden yararlanılmıştır. Alternatifler arasından seçim yapmak bir karar verme problemidir. Karar verme farklı bakış açıları, kısıtları ve değişkenleri barındıran karmaşık bir görevdir (Cinelli vd., 2020, s.1). Bu doğrultuda öncelikle belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerinin değerlendirilmesi için bir kriter ağırlığı belirleme metodu olan Bulanık FUCOM kullanılmıştır. Devamında iki farklı sektördeki yeni ürün alternatiflerinin değerlendirilmesi için Bulank MABAC ve Bulanık WASPAS yöntemlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçların bütünleştirilmesi amacıyla COPELAND yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmamızda uzmanlardan toplanan dilsel ifadelerin sayısal değerlere dönüştürülmesi için bulanık küme teorisi kullanılmıştır. Analiz ve değerlendirme aşamalarında kullanılan yöntemlerin bulanık versiyonlarının uygulanmasında, veriler üçgen bulanık sayılar şeklinde ele alınmıştır.

## 4.1. Kriterlerin Önceliklendirilmesinde Bulanık Tam Tutarlılık Yöntemi

Çalışmada kriterlerin önem dereceleri ile ilgili kesin veriler bulunmaması dolayısıyla uzman görüşlerini temel alan bir yaklaşımın izlenmesi uygun bulunmuştur. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında güncel yaklaşımlardan biri olan FUCOM yöntemi kullanılmıştır. Sübjektif kriter ağırlıklandırma yaklaşımları, oldukça yaygın kullanıma sahip ikili kıyaslama esaslı yaklaşımlardır (Pamucar vd.,2018, s.4).

Tam tutarlılık yöntemi Pamucar vd tarafından 2018'de "A New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method" çalışması ile literatüre kazandırılmıştır. Pamucar vd. (2018)'ne göre daha az sayıda ikili kıyaslama içermesi dolayısıyla İyi ve Kötü Yöntemi (BWM) ve Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi'ne göre avantajlıdır (Akbari vd., 2021, s.4729). BWM yönteminde *2n-3* (Rezaei, 2015), AHP yönteminde ise $(n^2 - n)/2$ (Leal, 2020) adet ikili kıyaslama yapılırken, FUCOM yöntemi sadece *n-1* adet ikili kıyaslamaya ihtiyaç duymaktadır (Böyükaslan ve Ecer, 2021). Uzman görüşlerinin alınması aşamasında, özellikle büyük boyutlu problemler için önemli bir cevaplama süresi avantajı mevcuttur. Ayrıca, ikili

kıyaslama sayısının azalması modellerdeki tutarsızlık problemi açısından olumlu bir etkiye sahiptir (Ecer, 2021, s.26). Yöntem farklı dilsel ölçekler ile kullanım açısından esnektir.

Modelin iki temel koşulu bulunmaktadır. Bu koşullar Pamucar ve Ecer (2020)'e göre

- Kriterlerin ağırlık katsayıları arasındaki ilişkilerin kriterlerin karşılaştırmalı önceliklerine eşit olması,
- Kriter karşılaştırmalarında matematiksel geçişliliğin sağlanması.

Çok sayıda değerlendirici ile yapılan görüşmelerde, verilerin kesin olmayan yapısı ve sayısal değerlerin net olarak ifade edilmesinin zor olduğu durumlarda dilsel ifadelerin kullanılabilmesi için bulanık küme teorisinden yararlanılmıştır. Bulanık küme teorisi, dilsel değişkenlere üyelik dereceleri atamakta ve onları olasılık dağılımı olarak kabul etmektedir (Ayadi vd.,2021, s.3891). Teori 1965 yılında Zadeh tarafından literatüre kazandırılmıştır (Atçı ve Atalay, 2022, s.37). Yamuk, üçgen veya Gauss gibi bulanık sayıların çeşitli şekilleri olmasına rağmen, literatürde araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen uygulama üçgen bulanık sayılardır (Pamucar ve Ecer, 2020, s.423). Üçgen bulanık sayı üç gerçek sayı ile temsil edilen bir bulanık küme türüdür (Katrancı ve Kundakçı, 2019, s.962). Üçgen bulanık sayı, bulanık bir olayda sırasıyla alt sınır değerini, merkezi ve üst sınır değerini, "l, m ve u" notasyonları ile ifade eder (Madenoğlu,2019, s.1856). Ayrıca T=(l,m,u) olarak gösterilirse l≤ m≤ u olacak şekilde sıralanmaktadır. Bulanık bir olayda l değeri alt sınır değerini, m değeri merkezi değeri, u değeri ise üst sınır değerini belirtmektedir. Bulanık üçgen sayının üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekildedir.

$$\mu T(x) = \begin{cases} 0 & , x<l \\ (x-l)/(m-l) & , l\leq x\leq m \\ (u-x)/(u-m) & , m\leq x\leq u \\ 0 & , x>u \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık FUCOM, yöntemin ilk geliştiricisi olan Pamucar tarafından, 2020 yılında ilk kez uygulanmıştır, aynı yıl içinde Pamucar ve Ecer tarafından yapılan iyileştirme çalışmaları metot son haline getirilmiştir (Ecer, 2021, s.5). Bulanık FUCOM'un adımları aşağıdaki gibidir (Pamucar ve Ecer, 2020).

**Adım 1**: Önceden belirlenmiş kriterler en önemliden en az önemli kritere doğru sıralanır.

$$C_{J(1)} > C_{J(2)} > \cdots > C_{J(k)} \tag{2}$$

$k$: gözlemlenen kriter sıralaması

İki ya da daha çok kriterin aynı derecede öneme sahip olduğu bir durum varsa, bu kriterler arasında ">" yerine eşitlik işareti kullanılır.

**Adım 2:** Kriterler denklem 2 yardımıyla birbiri ile kıyaslanır. Karşılaştırma ilk sıradaki (en önemli) kritere göre yapılmaktadır. Bu kıyaslama ile kriterlerinin karşılaştırmalı önem vektörü oluşturulur. Böylece ikinci adımda sıralanan tüm kriterler için bulanık kriter anlamlılığı $\varpi c_{j(k)}$elde edilmektedir. Birinci sıradaki kriter kendisiyle kıyaslandığından anlamı $\varpi c_{j(1)} = EI$ olarak tanımlanmaktadır. Kalan kriterlerin ise "n-1" karşılaştırması yapılmaktadır.

$$\varphi_{k/(k+1)} = \frac{\varpi c_{j(k+1)}}{\varpi c_{j(k)}} = \frac{(\varpi c^{l}_{j(k+1)}, \varpi c^{m}_{j(k+1)}, \varpi c^{u}_{j(k+1)}}{\varpi c^{l}_{j(k)}, \varpi c^{m}_{j(k)}, \varpi c^{u}_{j(k)}} \tag{3}$$

$$\phi = \left(\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots\dots\dots \varphi_{k/(k+1)}\right)$$

**Adım 3:** Bu aşamada kriterlerin nihai ağırlıkları iki koşul göz önünde bulundurularak hesaplanır.

Koşul 1: Ağırlık katsayılarının oranının, Adım 2'de tanımlanan gözlemlenen kriterler karşılaştırmalı önemine eşit olmalıdır.

Koşul 2: Ağırlık katsayılarının nihai değerleri, matematiksel geçişlilik koşulunu sağlamalıdır.

$$\frac{\omega_k}{\omega_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \tag{4}$$

Modelde tam tutarlılıktan sapma, yani minimum $\mathrm{DMC}_{\chi}$ değerine ulaşılması hedeflenmektedir. Bu değer denklem 4'te sunulan matematiksel geçişlilik koşulu ile ilgilidir ve modelin tutarlılığını temsil eder. Maksimum tutarlılık durumunda $\mathrm{DMC}_{\chi} = 0$'dır.

**Adım 4:** Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması için denklem 4 kullanılır. Denklem 4'te $\omega_j = \omega_j^l, \omega_j^m, \omega_j^u$ ve $\varphi_{k/(k+1)} = \varphi^l_{k/(k+1)}, \varphi^m_{k/(k+1)}, \varphi^u_{k/(k+1)}$' dir.

$$\min \chi$$
s.t.
$$\begin{cases} \left|\frac{\omega_k}{\omega_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq x, \forall_j \\ \left|\frac{\omega_k}{\omega_{k+2}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq x, \forall_j \\ \sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1, \forall_j \\ \omega_j^l \leq \omega_j^m \leq \omega_j^u \\ \omega_j^l \geq 0, \forall_j \\ j = 1,2,\ldots,n \end{cases} \quad (5)$$

Tutarlılığın arttırılması için koşul 2'nin sağlanmasına yönelik olarak denklem 5, denklem 6'ya dönüştürülerek kriter ağırlıkları için optimum bulanık değerler olan $(\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n)^T$ ulaşılır.

$$\min \chi$$
s.t.
$$\begin{cases} \left|\omega_k - \omega_{k+1} \otimes \varphi_{k/(k+1)}\right| \leq \chi, \forall_j \\ \left|\omega_k - \omega_{k+2} \otimes \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)}\right| \leq \chi, \forall_j \\ \sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1, \forall_j \\ \omega_j^l \leq \omega_j^m \leq \omega_j^u \\ \omega_j^l \geq 0, \forall_j \\ j = 1,2,\ldots,n \end{cases} \quad (6)$$

### 4.2. Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesine Yönelik Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Ürün alternatiflerinin belirli bir perspektif doğrultusunda değerlendirilmesi ve bu perspektife uygun olarak ideal olandan ideal olmayana doğru sıralanması çok boyutun ele alındığı karmaşık bir karar verme problemidir (Taherdoost ve Madanchian, 2023, s.78). Çok kriterli karar verme metotları, karar verme problemlerinin sistematik bir çerçevede ele alınmasını ve alternatiflerin kapsamlı değerlendirmesini amaçlayan bilimsel bir süreçtir (Cinelli vd., 2022, s.663). Çalışmamızda sürdürülebilirlik perspektifinden yapılan değerlendirme için bu metotlardan, WASPAS (Ağırlıklı Toplam-Çarpım Değerlendirmesi) ve MABAC (Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Karşılaştırması) kullanılmıştır. Birden fazla metot uygulanmasının tercih edilmesinde amaç,

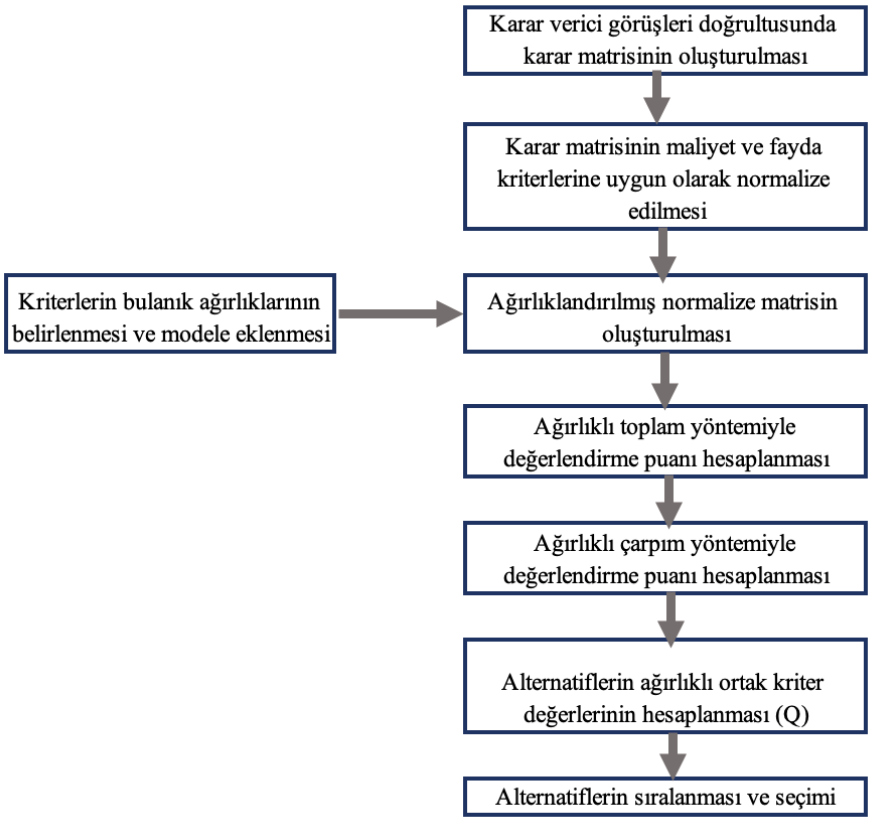
değerlendirme sonucunun tutarlılığının arttırılması, yöntemin matematiksel sınırlılıkları ve yanlılıklarının ortadan kaldırılmasıdır (Więckowski vd., 2024, s.2-3). Metotların sonuçlarının bütünleştirilmesi için Arthur H. Copeland'a atfedilen alan COPELAND metodu (Özaşkın ve Görener, 2023, s.9) kullanılmıştır.

### 4.2.1. Bulanık WASPAS Metodu

WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) yöntemi, 2012 yılında Zavadskas, Turskis, Antucheviciene ve Zakarevicius tarafından ortaya konmuştur (Merkepçi, 2024, s.139). Araştırmada, 4 karar alternatifi ve 12 seçim kriteri ile örnek bir problem üzerinden yöntemin çalışma prensibi açıklanmıştır. WSM (Ağırlıklı Toplam Yöntemi) ve WPM (Ağırlıklı Çarpım Yöntemi)'nin birleşimi olan WASPAS yaklaşımı, WPM yöntemine göre 1,3 kat ve WSM yöntemine göre ise 1,6 kat tahmin doğruluğu sağlaması ile ön plana çıkmaktadır (Zavadskas vd., 2012, s.6). Yöntemin bir diğer avantajı, oldukça karmaşık karar problemlerinin çözümünde uygulayıcılara maksimum düzeyde makul ve mantıklı sonuçlar sunarken karar vericilerin ileri düzey matematiksel bilgiye ihtiyaç duymayacağı algoritma yapısıdır (Zolfani vd., 2023, s.15569). Ayrıca WASPAS yönteminde, alternatiflerin sıralamasının tutarlılığı duyarlılık analizi (sensitivity analysis) ile kontrol edilmektedir, bu durum çok daha tutarlı sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Sharma ve Sohani, 2024, s.1147).

Yöntemin bulanık mantık yaklaşımı ile güçlendirildiği ilk uygulamalarından biri 2014 yılında Zavadskas vd. tarafından aralık değerli sezgisel bulanık sayıların (WASPAS-IVIF) kullandığı araştırmasıdır. Bir diğer erken aşama çalışma 2015 yılında üçgen bulanık sayılar kullanılarak alışveriş merkezleri için inşaat alanı seçimi probleminin değerlendirildiği, Turskis vd. tarafından ele alınan araştırmadır.

Yöntem 6 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan karar matrisi oluşturma ve matrisin normalizasyonu ve kriter ağırlıklarının yönteme entegrasyonu ile ilgili adımlar genel olarak yöntemlerin tamamında ortaktır. Devamında ele alınan ve yönetimin temelini oluşturan, ağırlıklı toplamların hesaplanması, ağırlıklı çarpım değerlerinin hesaplanması ve bu değerlerin bütünleştirilmesi ile ilgili aşamalar yönteme ait özgün adımlardır. Yönteme ait genel şematik gösterim Şekil 5'te sunulmuştur.




**Şekil 5.** Bulanık WASPAS Adımları (Kuşakçı ve Amiri, 2025'ten uyarlanmıştır.)

Yönteme ait adımlar ve matematiksel süreçler şu şekildedir (Zavadskas vd., 2015, Daldır ve Tosun, 2018) :

**Adım 1:** Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi X, m tane alternatif ve n tane değerlendirme kriteri temel alındığında j kriterine göre i alternatifinin performans değerinin temsil edildiği bir başlangıç adımıdır. Genel olarak, $X=\left[x_{ij}\right]_{m*n}$ gibi temsil edilmektedir. Matris olarak da gösterimi denklem 7 olarak sunulmuştur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad ; i=\overline{1,m} \text{ ve } j=\overline{1,n} \tag{7}$$

**Adım 2**: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Doğrusal yapıya kavuşmak ve hesaplamaların boyutsuzlaştırılması için normalizasyon işlemi uygulanır. Kriterlerin fayda ve maliyet özellikleri doğrultusunda Fayda kriterleri için denklem 8 ve maliyet kriterleri için denklem 9'den yararlanılarak $[N]$ matrisi elde edilir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_i\, x_{ij}} \qquad \text{Fayda kriterleri ise} \qquad (8)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{min_i x_{ij}}{x_{ij}} \qquad \text{Maliyet kriterleri ise} \qquad (9)$$

**Adım 3a:** Ağırlıklı Toplam Değerleri için $\tilde{\tilde{\chi}}_q$ Matrisinin Oluşturulması

WASPAS yönteminde, iki optimallik kriterine dayalı olarak ortak bir optimal değer aranır. İlk optimallik kriteri, yani ortalama ağırlıklı başarı kriteri, WSM yöntemine benzerdir. Bu değerin hesaplanması için ağırlıklandırılmış karar matrisi $\tilde{\tilde{\chi}}_q$ oluşturulur.

$$\tilde{\tilde{\chi}}_q = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{x}}_{11} & \tilde{\tilde{x}}_{11} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{1n} \\ \tilde{\tilde{x}}_{21} & \tilde{\tilde{x}}_{22} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{\tilde{x}}_{m1} & \tilde{\tilde{x}}_{m2} & \dots & \tilde{\tilde{x}}_{mn} \end{bmatrix} \quad ; \tilde{\tilde{x}}_{ij} = \tilde{\tilde{x}}_{ij}\tilde{\omega}_j,\ i = \overline{1,m} \text{ ve } j = \overline{1,n} \qquad (10)$$

**Adım 3b:** Ağırlıklı Çarpım Modeli Değerleri için $\tilde{\tilde{\chi}}_p$ Matrisinin Hesaplanması

Yöntemin diğer optimallik kriteri WPM'yi temel almaktadır.

$$\tilde{\tilde{\chi}}_p = \begin{bmatrix} \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{11} & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{21} & \dots & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{1n} \\ \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{21} & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{22} & \dots & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{m1} & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{m2} & \dots & \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{mn} \end{bmatrix} \quad ; \tilde{\tilde{\tilde{x}}}_{ij} = \tilde{\tilde{x}}_{ij}^{\tilde{\omega}_j},\ i = \overline{1,m} \text{ ve } j = \overline{1,n} \qquad (11)$$

**Adım 4:** Optimallik Fonksiyonlarının Hesaplanması

$\tilde{\tilde{\chi}}_q$ ve $\tilde{\tilde{\chi}}_p$ matrislerinden yola çıkarak WSM için denklem 12 ve WPM için denklem 13 kullanılarak ikili optimallik fonksiyonları hesaplanır.

$$\tilde{Q}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{\hat{x}}_{ij} \text{ , i} = \overline{1, m,} \tag{12}$$

$$\tilde{P}_i = \prod_{j=1}^{n} \tilde{\tilde{x}}_{i,j} \text{ , i} = \overline{1, m.} \tag{13}$$

**Adım 5:** Bütünleşik Fayda Fonksiyonunun Hesaplanması

Bütünleşik fayda fonksiyonu ile WSM ve WPM sonuçları $\lambda$ katsayısı yardımıyla denklem 14 kullanılarak birleştirilir.

$$K_i = \quad \lambda \sum_{j=1}^{m} Q_i \quad + \quad (1-\lambda) \sum_{j=1}^{m} P_i \quad \text{, } \lambda = 0, \ldots, 1 \text{ ve } 0 \leq K_i \leq 1 \tag{14}$$

λ, tüm alternatiflerin WSM puanlarının toplamının WPM puanının toplamına eşit olması gerektiği varsayımına dayanarak belirlenir ve denklem 15 yardımıyla hesaplanır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{m} P_i}{\sum_{i=1}^{m} Q_i + \sum_{i=1}^{m} P_i} \tag{15}$$

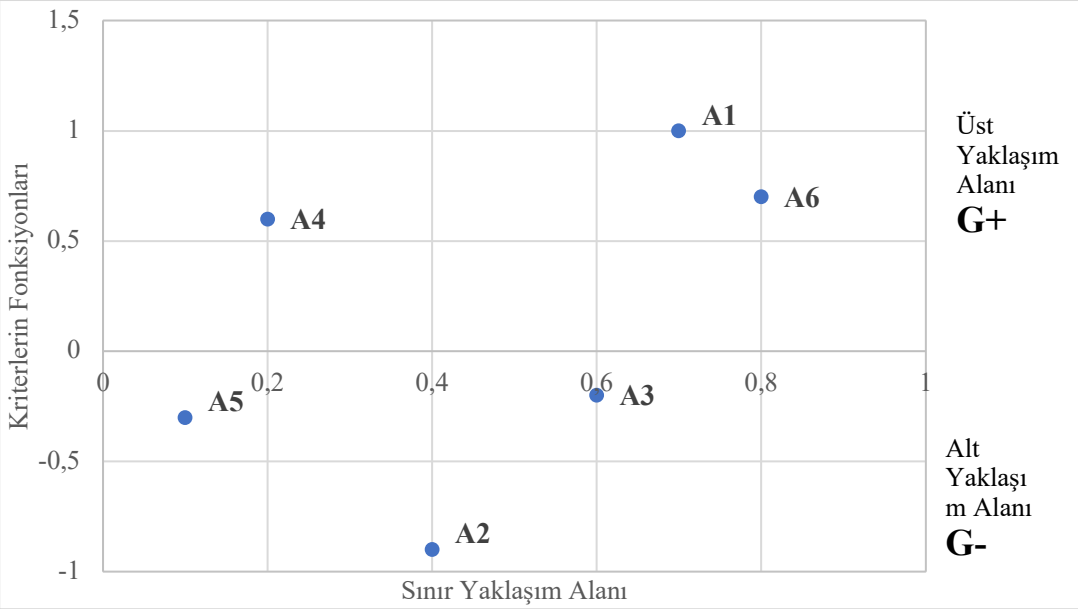
**Adım 6:** Alternatiflerin Sıralanması

Alternatifler, en yüksek değerinden en düşük değerine doğru en ideal çözümden en az ideal çözüme doğru sıralanır.

### 4.2.2. Bulanık MABAC Metodu

MABAC (Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison) yöntemi, Pamučar ve C´irović tarafından 2015 yılında lojistik merkezlerdeki forklift yatırım kararı problemi üzerinden geliştirilmiş yenilikçi bir karar verme modelidir (Nedeljković vd., 2021, s.6). Yöntemin üçgen bulanık sayılarla uygulaması 2016 yılında askeri alanda gizli tesis yeri seçim probleminin çözümünde kullanılmıştır (Božanić vd.,2016). Yöntemde kullanılan temel önerme, alternatiflerin sınır yaklaşım alanından uzaklığına göre sıralanmasıdır (Demirtaş 2022, s. 111). Sınır yaklaşım alanı, her bir kriter için ortalama performansı

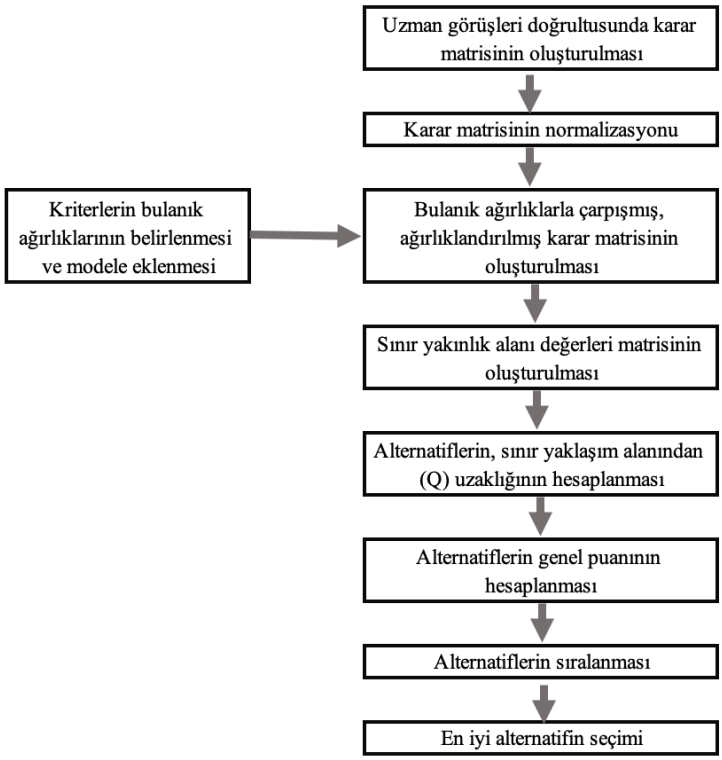
temsil eden bir referans noktasıdır. Bu alan, karar matrisinde yer alan kriterlerin ağırlıklı değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanır (Torkayesh vd., 2023, s.419-420). Hesaplama yaklaşımını temsil eden grafik Şekil 6'da sunulmuştur.




**Şekil 6.** Sınır Yaklaşım Alanı Alternatiflerin Referans Gösterimi (Božanić vd., 2016, s.716'dan uyarlanmıştır.)

MABAC yönetiminin temel avantajı, istikrarlı sonuçlar üretirken, basit hesaplama yapısı ile algoritmik olarak uygulanabilirliğinin yüksek olmasıdır (Mandal ve Seikh, 2023, s.3). Ayrıca yöntem hem sıralama hem de uzaklık tabanlı hibrit matematiksel temeliyle, farklı özelliklere sahip karar verme problemleri için dengeli sonuçlara ulaşmayı mümkün kılmaktadır (Patel ve Chang, 2024, s12-13). Diğer taraftan yöntemde, kriterlerin kesin sayısal değerlere sahip olması gerekmektedir, bu nedenle yüksek belirsizlik durumunda bulanık mantık gibi yaklaşımlardan yararlanılması gerekmektedir (Wang vd., 2024, s.59). Bu durumda alternatiflerin ve kriterlerin sayısının artması hesaplama süreci için zaman ve kaynak gereksinimi oluşturmasına rağmen algoritmik olarak uygulanabilirliğinin yüksek olması kullanım imkanı sağlamaktadır (Chen vd., 2024, s.3).

Bulanık MABAC yönetimi 6 adımdan oluşmaktadır. Adımlardan ikisi karar matrisinin oluşturulması ve normalize edilmesi ile ilgili işlemleri içermektedir, diğer adımlarda kriter ağırlıkları ve bulanık mantık işlemlerinden de yararlanılarak en iyi alternatifin seçilmesine yönelik bir dizi hesaplama yapılmaktadır. Bu aşamaların şematik gösterimi Şekil 7'de sunulmuştur.




**Şekil 7.** Bulanık MABAC Adımları (Kaynak: Biswas vd., 2024, s.4300'dan uyarlanmıştır.)

Bulanık MABAC adımları ve bu adımlarda kullanılan formüller ve matematiksel işlemler aşağıda açıklanmaktadır (Božanić vd., 2016; Can ve Toktaş, 2018)

**Adım 1:** Karar Matrisinin Oluşturulması

Karar matrisi $[X]$, m sayıda alternatif, n kritere göre değerlendirildiğinde, her bir alternatifin ilgili kritere göre performansını gösterildiği bir başlangıç adımıdır ve aşağıdaki şekilde temsil edilmektedir.

$$[X] = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

**Adım 2:** Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

$[X]$ matrisinin elemanları, maliyet ve fayda türü kriterler için ayrı ayrı normalize edilerek normalize edilmiş başlangıç karar matrisi [N] oluşturulur. Fayda kriterleri maksimum değer elde edilmesi hedeflenen, maliyet kriterleri ise minimum değer elde edilmesi

hedeflenen kriterlerdir. Fayda ve maliyet kriterleri için 17 ve 18 numaralı denklemler kullanılarak dönüşüm yapılır.

$$n_{ij}= \quad \frac{X_{ij} - X_i^-}{X_i^+ - X_i^-} \tag{17}$$

$$n_{ij}= \quad \frac{X_{ij} - X_i^+}{X_i^+ - X_i^-} \tag{18}$$

$Bu\ denklemlerde\ yer\ alan\ X_i^+$, [X] karar matrisindeki i kriterine ait maksimum değeri, $X_i^-$ ise [X] karar matrisindeki i kriterine ait minimum değeri temsil etmektedir.

**Adım 3:** Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış karar matrisi [V]'nin elemanları $v_{ij}$ ile temsil edilmektedir. $v_{ij}$, i alternatifin j kritere göre ağırlıklı performans değerini ifade etmektedir. [N] matrisinin elemanlarının denklem 19'da belirtilen şekilde kriter ağılıkları ile çarpılması ile elde edilmektedir.

$$v_{ij} = \quad w_j\ x\ (n_{ij} + 1) \tag{19}$$

$$[V] = \quad \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \tag{20}$$

**Adım 4**: Sınır Yaklaşım Alanının Hesaplanması

Sınıra yaklaşım alanı $g_i$ denklem 21 yardımıyla hesaplanır ve tüm kriterleri temsil edecek şekilde [G] matrisi oluşturulur.

$$g_i = \left( \prod_{j=1}^{m} v_{ij} \right)^{\frac{1}{m}} \tag{21}$$

Matriste n toplam kriter sayısını ifade eder.

$$C_1, C_2, \dots, C_n$$

$$[G]= (g_1, g_2, \dots, g_n\ ) \tag{22}$$

**Adım 5**: Sınır Yaklaşım Alanına olan Uzaklığın Hesaplanması

Her bir alternatifin Sınır Yaklaşım Alanına olan uzaklığı denklem 23 yardımıyla hesaplanır ve Uzaklık Matrisi [Q] oluşturulur. [Q] matrisinin elemanları $q_{ij}$ ile temsil edilmektedir.

$$Q=V-G \tag{23}$$

$$[Q]=[V]-[G] = \begin{bmatrix} v_{11}-g_1 & v_{12}-g_2 & \cdots & v_{1n}-g_n \\ v_{21}-g_1 & v_{22}-g_2 & \cdots & v_{2n}-g_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1}-g_1 & v_{m2}-g_2 & \cdots & v_{mn}-g_n \end{bmatrix} \tag{24}$$

Alternatif $A_i$, sınır yaklaşım alanı (G) içerisinde üst yaklaşım alanı ($G^+$) veya alt yaklaşım alanı ($G^-$) içerisinde yer alabilir. Üst yaklaşım alanı ideal alternatiflerin ($A^+$) yer aldığı, alt yaklaşım alanı ise idealden uzaklaşan alternatiflerin ($A^-$) yer aldığı bölge olarak tanımlanmaktadır.

Bir alternatifin sınır yaklaşım alanına göre ideal veya idealden uzak olması durumu denklem 25 ile temsil edilmektedir.

$$A_i = \begin{cases} G^+ eğer\ q_i > 0 \\ G\ \ eğer\ \ q_i = 0 \\ G^- eğer\ q_i < 0 \end{cases} \tag{25}$$

**Adım 6:** Alternatiflerin Sıralanması ve En İyi Alternatifin Belirlenmesi

Sıralama için her bir alternatife ait toplam sınıra yakınlık değerinden uzaklığı denklem 26 yardımıyla hesaplanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} q_{ij}\ , j = 1,2,\ldots,n\ ve\ i = 1,2,\ldots,n \tag{26}$$

En yüksek $S_i$ değerine sahip alternatif en ideal alternatif olarak belirlenmektedir.

### 4.2.3. COPELAND Yöntemi

COPELAND yöntemi, seçim problemlerinde kullanılan bir alternatif sıralama tekniğidir. Çok kriterleri karar verme problemlerinde, COPELAND yöntemi farklı bakış açılarını bir araya getirmek ve kapsamlı bir sıralama elde etmek için kullanılır (Beheshtinia ve Omidi, 2017, s.1395). Bu yöntemde her bir adayın diğer adaylarla yaptığı ikili

karşılaştırmalardaki galibiyet sayısından mağlubiyet sayısının çıkarılması suretiyle net bir skor hesaplanır (Lestari vd., 2018, s. 71). Bu yöntem, Borda sayımı sıralamalarını birleştirmeye yönelik yaygın olarak bilinen bir toplulaştırma (agregasyon) tekniğinden yararlanır (Bączkiewicz, 2021, s.2210). Borda sayımı yöntemi, seçmenlerin tercih sıralamalarında alternatiflerin bulundukları konumlara göre puan verilmesini esas alan pozisyonel bir oylama yöntemidir (Oufella, 2024, s.144).

Çok kriterli karar verme yöntemlerindeki sıralamalar, sıralı sayılar olduğundan, COPELAND yöntemi sonuçları bir araya getirmek için uygun bir araçtır (Sahida vd., 2019, s.342). COPELAND yöntemi bu alanda kullanılan alternatif birleştirme yaklaşımlarına göre daha kesin ve belirleyici sonuçlar üretme avantajı dolayısıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır (Hu ve Lin, 2022, s.4). COPELAND yönteminin entegrasyon sürecindeki başlıca avantajı, her bir alternatifi kendi sıralama yapısı içinde değerlendiriyor olmasıdır; bu sayede alternatiflerin normalizasyonuna gerek kalmaz (Erol vd., 2021, s.7). Yönteme ait adımlar 3 aşamada açıklanmaktadır (Naderi vd., 2013, s.63).

**Adım 1:** İkili Kıyaslama Matrisinin Oluşturulması

İkili kıyaslama matrisi, alternatifler arasındaki farklı sonuçlara ait ikili karşılaştırmaları temsil etmektedir. Bu matrisin her bir hücresinde, iki değerden oluşan bir çift yer alır.

| | $A_1$ | $A_2$ | $\cdots$ | $A_n$ |
|---|---|---|---|---|
| $A_1$ | - | $F_k(1,2)$ | $\cdots$ | $F_k(1,n)$ |
| $A_2$ | | - | | $F_k(2,n)$ |
| $\vdots$ | | | | |
| $A_i$ | | | | $F_k(i,n)$ |
| $\vdots$ | | | | |
| $A_n$ | | | | - |

(27)

Bu değerler aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır ve denklem 28 ile açıklanmaktadır.

Birinci değer: Faktör k altında yapılan karşılaştırmada galip alternatif

İkinci değer: Aynı karşılaştırmada mağlup alternatif

$$F_k(i,j)\begin{cases}(A_i,A_j), & F_k(A_i) > F_k(A_j)\ ve\ i \neq j\\ (A_j,A_i), & F_k(A_i) < F_k(A_j)\ ve\ i \neq j\\ 0, & F_k(A_i) = F_k(A_j)\ ve\ i = j\end{cases} \quad (28)$$

**Adım 2:** Galibiyet ve Mağlubiyetlerin Hesaplanması

Her alternatif için kaç kez galip geldiği, kaç kez mağlup olduğu ve kaç kez berabere kaldığını hesaplanır ve bu durum denklem 29 ile temsil edilmektedir.

| | Galibiyet | Mağlubiyet | Beraberlikler |
|---|---|---|---|
| $A_1$ | $F_k^w(A_1)$ | $F_k^l(A_1)$ | $F_k^{w-l}(A_1)$ |
| $A_2$ | $F_k^w(A_2)$ | $F_k^l(A_2)$ | $F_k^{w-l}(A_1)$ |
| ⋮ | | | |
| $A_i$ | $F_k^w(A_i)$ | $F_k^l(A_i)$ | $F_k^{w-l}(A_i)$ |
| ⋮ | | | |
| $A_n$ | $F_k^w(A_n)$ | $F_k^l(A_n)$ | $F_k^{w-l}(A_n)$ |

(29)

$F_k^w(A_i)$, $A_i$ alternatifi için ikili kıyaslamalardaki galibiyet sayısı

$F_k^l(A_i)$, $A_i$ alternatifi için ikili kıyaslamalardaki mağlubiyet sayısı

$F_k^{w-l}(A_i)$, $A_i$ alternatifi için ikili kıyaslamalardaki beraberlik sayısı

**Adım 3:** Her Alternatif İçin COPELAND Skorunun Hesaplanması ve Sıralanması

Her galibiyet için +1, mağlubiyet için –1 puan ve beraberlikler için o puan esas alınarak her alternatif için COPELAND skoru hesaplanır ve alternatifler COPELAND skoru büyükten, küçüğe doğru sıralanır.

# 5. UYGULAMA

Çalışmamızın uygulama aşaması kapsamında iki aşamalı bir yaklaşım izlenmiştir. İlk aşamada belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerinin uzman görüşleri doğrultusunda önem derecelerinin belirlenmesine yönelik veri toplama ve analiz çalışmaları yürütülmüştür. Bu aşamada yarı yapılandırılmış soru formları kullanılmış ve analiz çalışmalarında bulanık FUCOM yönteminden yararlanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklarının tespit edilmesi sonrasında ikinci aşama olarak yeni ürün alternatifleri belirlenmiş ve ürün alternatiflerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ürün alternatiflerinin belirlenmesi için çalışmanın ilk aşamasında veri toplamaya destek sağlayan ve hedef sektörleri temsil eden iki farklı işletmenin geliştirdiği yeni ürünler kullanılmıştır. Ürünlerin, sürdürülebilirlik kriterleri açısından değerlendirilmesi için de kriter ağırlıklandırma çalışmalarında destek alınan uzmanlar içinden, seçilen yeni ürün alternetifleri hakkında bilgi sahibi olan uzmanlardan oluşan gruplar ile çalışılmıştır. Ürün alternatiflerinin değerlendirilmesinde Bulanık MABAC ve Bulanık WASPAS yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerin sonuçlarının bütünleştirilmesi ve daha güvenilir sonuçlar ortaya konması için son aşamada COPELAND yönteminden yararlanılmıştır.

Uygulama çalışmasında hem kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi hem de ürün alternatiflerinin belirlenmesinde iki farklı sektör ile çalışma yapılmıştır. Bu yaklaşım ile öncelikle farklı sektörlerde yeni ürün geliştirme kararlarında hangi sürdürülebilirlik önceliklerinin ve bakış açılarılarının ön planda olduğu değerlendirmeye çalışılmıştır. Ayrıca seçilen kriterlerin ve yöntemlerin birden fazla uygulama ile doğrulanması amaçlanmıştır. Böylelikle izlenen yaklaşımın ilerleyen dönemlerde farklı sanayi kollarında kullanılabilirliği ile ilgili potansiyel oluşturulmuştur.

## 5.1. Kriterlerin Önceliklendirilmesi

Kriterlerin önceliklendirilmesi kapsamında çalışmanın hedef sektörleri esas alınarak otomotiv ve kimya sektörlerinden uzmanlar ile görüşmeler yapılarak veriler toplanmıştır. Otomotiv sektöründe 18, kimya sektöründe ise 17, toplamda 35 uzmandan veri toplanmıştır. Veri toplama çalışması birebir görüşmeler ile gerçekleştirilmiştir. Uzmanların seçiminde işletmelerde yeni ürün geliştirme süreçlerinde yer almaları, eğitimleri, sürdürülebilirlik disiplini ile ilgili bilgi ve tecrübeleri temel alınmıştır.

Otomotiv sektöründe yer alan uzmanların demografik analizleri Tablo 7 olarak sunulmuştur.

**Tablo 7.** Otomotiv Sektöründeki Uzmanlara ait Demografik Bilgiler

| Karar Verici | Yaş | Eğitim | Meslek | Uzmanlık | Tecrübe | Pozisyon |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **KV1** | 55-59 | Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, Kalite, Ürün Geliştirme | 33 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV2** | 40-44 | Doktora | Makine Mühendisi | Otomotiv, Sürdürülebilirlik, Ürün Geliştirme | 20 | Akademisyen, Yönetici |
| **KV3** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimyager | AR-GE, ÜR-GE Süreçleri, Raporlama, Proje Yönetimi | 15 | Sinai Haklar Uzmanı ve Proje Yöneticisi |
| **KV4** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Ürün Geliştirme, Otomotivde Yenilikçi Malzeme Geliştirme | 14 | Şef |
| **KV5** | 30-34 | Lisans | Makine Mühendisi | Proje Yönetimi, Ürün Geliştirme | 9 | Proje Yöneticisi |
| **KV6** | 50-54 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, Ürün Geliştirme | 29 | AR-GE Direktörü / AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV7** | 40-44 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, Ürün Geliştirme | 21 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV8** | 30-34 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, AR-GE Projeleri Yönetimi | 12 | AR-GE Proje Yöneticisi |
| **KV9** | 35-39 | Lisans | Makine Mühendisi | Proje Yönetimi, Ürün Geliştirme | 13 | AR-GE Proje Yöneticisi |
| **KV10** | 30-34 | Lisans | Makine Mühendisi | AR-GE Proje Yönetimi | 8 | AR-GE Proje Uzmanı |
| **KV11** | 30-34 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, Ürün Geliştirme, Üretim | 9 | Otomotiv Yan Sanayi Üretim Müdürü |
| **KV12** | 35-39 | Lisans | Otomotiv Mühendisi | Ürün Geliştirme | 14 | Otomotiv Ürün Geliştirme Yöneticisi |
| **KV13** | 35-39 | Lisans | Makine Mühendisi | AR-GE Süreçleri, Proje Yönetimi | 11 | Proje Uzmanı |
| **KV14** | 30-34 | Lisans | Makine Mühendisi | AR-GE, ÜR-GE Projeleri | 9 | Proje Uzmanı |
| **KV15** | 35-39 | Yüksek Lisans | Endüstri Mühendisi | Proje Yönetimi, Kalite, Ürün Geliştirme | 9 | Elektrikli Araç Sistemleri Projeleri Süreç Yönetimi Sorumlusu |
| **KV16** | 30-34 | Lisans | Elektronik Mühendisi | Gömülü Yazılım, Elektrikli Araçlar | 8 | Elektrikli Araçlar Gömülü Yazılım Mühendisi |
| **KV17** | 30-34 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv, AR-GE Projeleri Yönetimi | 8 | Proje Yönetim Uzmanı |
| **KV18** | 35-39 | Yüksek Lisans | Makine Mühendisi | Otomotiv Projeleri, AR-GE | 16 | AR-GE ve Test Mühendisi Şef |

Kimya sektöründe yer alan uzmanların demografik analizleri Tablo 8 olarak sunulmuştur.

**Tablo 8.** Kimya Sektöründeki Uzmanlara ait Demografik Bilgiler

| Karar Verici | Yaş | Eğitim | Meslek | Uzmanlık | Tecrübe | Pozisyon |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **KV1** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | AR-GE, Ürün Geliştirme | 12 | AR-GE ve Kalite Kontrol Müdürü |
| **KV2** | 35-39 | Lisans | Malzeme Mühendisi | Malzeme Geliştirme | 11 | AR-GE Uzmanı |
| **KV3** | 40-44 | Yüksek Lisans | Tekstil Mühendisi | AR-GE, Ürün Geliştirme | 17 | AR-GE Müdürü |
| **KV4** | 35-39 | Yüksek Lisans | Çevre Mühendisi | Ürün Geliştirme, Çevreci Ürünler, Sürdürülebilirlik | 11 | AR-GE Departmanı Yöneticisi |
| **KV5** | 35-39 | Lisans | Tekstil Mühendisi | Teknik Tekstil, Ürün Geliştirme, Malzeme Geliştirme | 14 | AR-GE Müdürü |
| **KV6** | 40-44 | Lisans | Kimya Mühendisi | AR-GE, Kalite | 16 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV7** | 45-49 | Yüksek Lisans | Malzeme Mühendisi | AR-G, Malzeme Geliştirme | 17 | AR-GE Yöneticisi |
| **KV8** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Nonwoven, Tekstil Geri Dönüşümü | 10 | AR-GE Yöneticisi |
| **KV9** | 40-44 | Lisans | Kimya Bölümü | Polimer Film Üretimi, Ürün Geliştirme, Kalite, AR-GE Yönetimi | 20 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV10** | 30-34 | Lisans | Malzeme Mühendisi | Geri Dönüşümü, Sürdürülebilirlik, AR-GE | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |
| **KV11** | 45-49 | Lisans | Tekstil Mühendisi | AR-GE, Ürün Geliştirme | 20 | İş Geliştirme Direktörü |
| **KV12** | 45-49 | Doktora | Kimya Mühendisi | Polimerler, Ürün Geliştirme | 25 | TPU Grubu AR-GE Yöneticisi |
| **KV13** | 30-34 | Lisans | Çevre Mühendisi | Ürün Geliştirme, Çevreci Ürünler, Sürdürülebilirlik | 7 | AR-GE Takım Lideri |
| **KV14** | 35-39 | Lisans | Kimya Mühendisi | AR-GE, Kalite | 15 | AR-GE Takım Lideri |
| **KV 15** | 30-34 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Ürün Geliştirme, Film Malzemeler | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |
| **KV16** | 45-49 | Doktora | Kimya Mühendisi | Polimerler, Ürün Geliştirme, AR-GE, İş Geliştirme | 26 | İş Geliştirme Direktörü |
| **KV17** | 35-39 | Yüksek Lisans | Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği | Sağlık Ürünleri Ürün Geliştirme, Süreç Tasarımı | 11 | AR-GE Takım Lideri |

Uzmanların eğitim seviyesi olarak en az lisans mezunudur. Çalışmada AR-GE ve Ürün Geliştirme alanında çalışan uzman, mühendis, yönetici, şef, müdür ve direktör gibi pozisyonlar ile görüşmeler yapılmıştır. Uzmanların tamamı 7 sene ve üzeri iş tecrübesine sahiptir. Otomotiv sektöründe uzmanların %55'i kimya sektöründe ise %52'si yüksek lisans ve doktora eğitimine sahiptir. Uzmanlar yoğunlukla makine mühendisliği, kimya mühendisliği ve kimya bölümü disiplinlerinden mezundur.

Veri toplama formlarında kriterlerin dilsel karşılıkları için Tablo 9'da sunulan 5'li Bulanık FUCOM ölçeği kullanılmıştır.

**Tablo 9.** Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424 )

| **Dilsel Terimler** | **Kısaltmalar** | **Bulanık Sayı Değeri** | | |
|---|---|---|---|---|
| **Eşit derecede önemli** | EI | 1 | 1 | 1 |
| **Zayıf derecede önemli** | WI | 2/3 | 1 | 3/2 |
| **Oldukça önemli** | FI | 3/2 | 2 | 5/2 |
| **Çok önemli** | VI | 5/2 | 3 | 7/2 |
| **Kesinlikle önemli** | AI | 7/2 | 4 | 9/2 |

## 5.2. Bulanık FUCOM Metodu ile Kriterlerin Önceliklendirilmesi

Araştırmamız kapsamında belirlenen sektörlerden toplanan veriler sektör bazlı olarak analiz edilmiştir. Çalışmada önce ana kriterlerin değerlendirilmiş, devamında bu ana kriterlere ait alt kriterler hakkında bilgi toplanmış ve analiz edilmiştir. Analizin son aşamasında ana kriterler ve alt kriterlere ait sonuçlar ortaklaştırılmıştır.

Bulanık FUCOM yönteminin ilk aşaması olarak kriterler en önemliden en az önemliye doğru sıralanmıştır. Otomotiv sektörü için toplam 18 karar verici ile çalışma yapılmıştır. Karar vericilerin ana kriterlere ait sıralamaları Tablo 10'da sunulmuştur.

**Tablo 10. Otomotiv Sektörü Ana Kriterlerin Sıralanması**

| | ANA KRİTERLER | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KV1 | C1<br>EI | > | C2<br>WI | > | C4<br>FI | > | C3<br>VI | > | C5<br>AI |
| KV2 | C3<br>EI | = | C4<br>EI | > | C1<br>WI | > | C2<br>FI | > | C5<br>VI |
| KV3 | C3<br>EI | = | C4<br>EI | > | C1<br>WI | = | C2<br>WI | > | C5<br>VI |
| KV4 | C3<br>EI | > | C4<br>WI | > | C1<br>FI | = | C2<br>FI | > | C5<br>VI |
| KV5 | C1<br>EI | > | C3<br>WI | = | C4<br>WI | > | C2<br>FI | > | C5<br>VI |
| KV6 | C3<br>EI | = | C4<br>WI | > | C5<br>FI | > | C1<br>FI | > | C2<br>VI |
| KV7 | C3<br>EI | = | C2<br>EI | > | C1<br>WI | = | C5<br>WI | > | C4<br>VI |
| KV8 | C2<br>EI | > | C1<br>WI | > | C3<br>FI | = | C4<br>FI | > | C5<br>AI |
| KV9 | C1<br>EI | > | C3<br>WI | > | C2<br>FI | > | C4<br>VI | > | C5<br>AI |
| KV10 | C2<br>EI | > | C1<br>WI | > | C3<br>FI | = | C4<br>FI | > | C5<br>VI |
| KV11 | C2<br>EI | > | C1<br>FI | > | C3<br>VI | = | C4<br>VI | > | C5<br>AI |
| KV12 | C3<br>EI | > | C4<br>WI | > | C5<br>FI | > | C1<br>VI | > | C2<br>AI |
| KV13 | C1<br>EI | = | C2<br>EI | > | C3<br>WI | > | C5<br>FI | > | C4<br>VI |
| KV14 | C3<br>EI | > | C4<br>WI | > | C1<br>FI | = | C2<br>FI | > | C5<br>AI |
| KV15 | C1<br>EI | > | C4<br>WI | > | C3<br>FI | > | C2<br>VI | > | C5<br>AI |
| KV16 | C3<br>EI | > | C1<br>WI | > | C2<br>FI | > | C4<br>FI | > | C5<br>AI |
| KV17 | C2<br>EI | > | C1<br>WI | > | C3<br>FI | > | C4<br>VI | > | C5<br>AI |
| KV18 | C1<br>EI | > | C2<br>WI | > | C4<br>FI | > | C3<br>VI | > | C5<br>AI |

Otomotiv sektöründe ana kriterlere yönelik sıralamalarda en önemli kriterin seçiminde genel yaklaşım C1 ve C3 olmuştur. En az önemli kriter ise genellikle C5 olarak gerçekleşmiştir. Alt kriterlere ait sıralamalar ise araştırmamızın ek kısmında Tablo 11'de sunulmuştur.

Kimya sektöründeki 17 karar vericiden toplanan veriler ana kriterler ve alt kriterler olarak sıralanmıştır.

**Tablo 11. Kimya Sektörü Ana Kriterlerin Sıralaması**

| | ANA KRİTERLER |
|---|---|
| KV1 | C3 EI > C1 WI > C2 FI > C4 AI = C5 AI |
| KV2 | C3 EI > C4 WI > C1 FI > C2 VI = C5 VI |
| KV3 | C3 EI = C4 EI > C5 WI > C2 FI > C1 VI |
| KV4 | C4 EI > C3 WI > C1 FI = C2 FI > C5 VI |
| KV5 | C3 EI > C4 WI > C1 FI = C2 FI > C5 AI |
| KV6 | C3 EI = C4 EI > C5 WI > C1 FI = C2 FI |
| KV7 | C1 EI > C4 WI > C3 FI > C2 VI > C5 AI |
| KV8 | C3 EI > C4 WI > C5 FI > C1 VI > C2 AI |
| KV9 | C3 EI = C4 EI > C1 WI > C2 FI > C5 VI |
| KV10 | C3 EI = C4 EI > C1 WI > C2 FI > C5 VI |
| KV11 | C2 EI > C1 WI = C3 WI > C4 FI > C5 VI |
| KV12 | C3 EI = C4 EI > C2 WI > C5 FI > C1 VI |
| KV13 | C3 EI = C4 EI > C5 WI > C2 FI > C1 VI |
| KV14 | C3 EI = C4 EI > C1 WI = C2 WI > C5 VI |
| KV15 | C3 EI = C4 EI > C2 WI > C1 FI = C5 FI |
| KV16 | C3 EI = C4 EI > C2 WI > C1 FI > C5 VI |
| KV17 | C3 EI > C4 WI > C2 FI > C5 VI > C1 AI |

Kimya sektöründe yapılan değerlendirmelerde ana kriterler içinde en önemli kriter olarak C3 tercih edilmiş, en az önemli kriter olarak C5 in baskın şekilde tercih edildiği tespit edilmiştir. Alt kriterlere ait sıralamalar ise araştırmamızın Ek-3'te sunulmuştur. Kriterlerin sıralanması sonrasında ikinci adım olarak ikili kıyaslama adımına geçilmiştir. Yöntemin uygulanmasına ait adımlar Karar Verici-1(KV-1) değerlendirmeleri doğrultusunda ve ana kriterler temel alınarak açıklanmıştır. Bu doğrultuda KV1'in ana kriterlere ait değerlendirmesine yönelik bulanık anlamlılık değerleri Tablo 12'de sunulmuştur.

**Tablo 12. Karar Verici 1- Bulanık Anlamlılık Değerleri (Otomotiv Örneği)**

| | | l | m | u |
|---|---|---|---|---|
| Ana Kriterler | C1 | 1 | 1 | 1 |
| | C2 | 0,667 | 1 | 1,5 |
| | C4 | 1,5 | 2 | 2,5 |
| | C3 | 2,5 | 3 | 3,5 |
| | C5 | 3,5 | 4 | 4,5 |

Bulanık anlamlılık değerlerinden yola çıkarak denklem 2 kullanılarak ikili kıyaslamalar gerçekleştirilmiş ve önem vektörü oluşturulmuştur.

**Tablo 13. Karar Verici 1- Önem Vektörü**

| | l | m | u |
|---|---|---|---|
| $\phi_{C2/C1}$ | 0,667 | 1 | 1,5 |
| $\phi_{C4/C2}$ | 1 | 2 | 3,75 |
| $\phi_{C3/C4}$ | 1 | 1,5 | 2,333 |
| $\phi_{C5/C3}$ | 1 | 1,333 | 1,8 |

Bir sonraki adımda yöntemin matematiksel geçişliliği ile ilgili olarak koşul değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda denklem 3'ten yararlanılmıştır. Ana kriterler ile ilgili sonuçlar Tablo 14 olarak sunulmuştur.

**Tablo 14. Karar Verici 1 Koşul Değerleri**

| Koşul Değerler | l | m | u |
|---|---|---|---|
| $\phi_{C1/C2}$ | 0,667 | 1 | 1,5 |
| $\phi_{C2/C4}$ | 1 | 2 | 3,75 |
| $\phi_{C4/C3}$ | 1 | 1,5 | 2,333 |
| $\phi_{C3/C5}$ | 1 | 1,333 | 1,8 |
| $\phi_{C1/C4}$ | 0,667 | 2 | 5,625 |
| $\phi_{C2/C3}$ | 1 | 3 | 8,75 |
| $\phi_{C4/C5}$ | 1 | 2 | 4,2 |

Bulanık ağırlıkların belirlenmesi için bir sonraki adımda Lingo 17 yazılımından yararlanılmıştır. Araştırmamızda kullandığımız Bulanık FUCOM yöntemi, minimum tutarsızlık koşulu içeren doğrusal olmayan bir optimizasyon yöntemidir (Pamucar ve Ecer, 2020). Lingo 17, doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan güçlü bir hesaplama yazılımıdır. Bu yazılım ile denklem 4 tanımlanan optimizasyon problemi çözülmüştür. Bu problemin çözümünde denklem 5'teki dönüştürme kullanılmıştır. Programda bu çözümleme ile ilgili oluşturulan matematik kodlara ait örnek aşağıda sunulmaktadır.

```
min=x;

@abs(l1-0.67*u2)<=x;
@abs(m1-1*m2)<=x;
@abs(u1-1.5*l2)<=x;

@abs(l2-1*u4)<=x;
@abs(m2-2*m4)<=x;
@abs(u2-3.75*l4)<=x;

@abs(l4-1*u3)<=x;
@abs(m4-1.5*m3)<=x;
@abs(u4-2.33*l3)<=x;


@abs(l3-1*u5)<=x;
@abs(m3-1.33*m5)<=x;
@abs(u3-1.8*l5)<=x;

@abs(l1-0.67*u4)<=x;
@abs(m1-2*m4)<=x;
@abs(u1-5.63*l4)<=x;

@abs(l2-1*u3)<=x;
@abs(m2-3*m3)<=x;
@abs(u2-8.75*l3)<=x;

@abs(l4-1*u5)<=x;
@abs(m4-2*m5)<=x;
@abs(u4-4.2*l5)<=x;

(l1+(4*m1)+u1+l2+(4*m2)+u2+l3+(4*m3)+u3+l4+(4*m4)+u4+l5+(4*m5)+l5)/6=1;

l1<=m1;m1<=u1;
l2<=m2;m2<=u2;
l3<=m3;m3<=u3;
l4<=m4;m4<=u4;
l5<=m5;m5<=u5;
l1>0;l2>0;l3>0;l4>0;l5>0;x>=0;
end
```

Çalışma kapsamında her bir karar verici ve her kriter gurubu için yukarıda sunulan matematik kodlar oluşturulmuştur ve program yardımıyla tutarlılık koşulunu koruyacak şekilde denklemler çözümlenmiştir. Otomotiv sektörü için elde edilen sonuçlar Tablo 15'de sunulmuştur.

**Tablo 15.** Otomotiv Sektöründe Tüm Karar Vericilere Ait Sonuçlar

| Kriterler | KV1 | | | KV2 | | | KV3 | | | KV4 | | | KV5 | | | KV6 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u |
| C11 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,165 | 0,200 | 0,200 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,148 | 0,187 | 0,187 |
| C12 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,085 | 0,145 | 0,145 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,114 | 0,196 | 0,196 |
| C13 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,074 | 0,161 | 0,175 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,061 | 0,191 | 0,196 | 0,062 | 0,159 | 0,159 |
| C14 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,259 | 0,442 | 0,455 | 0,061 | 0,191 | 0,196 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,229 | 0,422 | 0,422 |
| C15 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,074 | 0,115 | 0,115 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,059 | 0,114 | 0,114 |
| C21 | 0,194 | 0,336 | 0,336 | 0,140 | 0,184 | 0,184 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,067 | 0,159 | 0,159 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,045 | 0,157 | 0,157 |
| C22 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,096 | 0,192 | 0,192 | 0,155 | 0,270 | 0,270 | 0,166 | 0,320 | 0,320 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,142 | 0,311 | 0,311 |
| C23 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,224 | 0,401 | 0,401 | 0,058 | 0,146 | 0,146 | 0,173 | 0,312 | 0,312 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,106 | 0,243 | 0,243 |
| C24 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,074 | 0,157 | 0,157 | 0,173 | 0,270 | 0,275 | 0,056 | 0,119 | 0,119 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,036 | 0,105 | 0,118 |
| C25 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,060 | 0,147 | 0,147 | 0,053 | 0,164 | 0,192 | 0,059 | 0,186 | 0,190 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,146 | 0,285 | 0,285 |
| C31 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,049 | 0,104 | 0,104 | 0,051 | 0,107 | 0,107 |
| C32 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,043 | 0,136 | 0,169 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,144 | 0,278 | 0,278 | 0,061 | 0,143 | 0,143 |
| C33 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,151 | 0,272 | 0,272 | 0,157 | 0,282 | 0,282 |
| C34 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,043 | 0,136 | 0,169 | 0,066 | 0,142 | 0,142 | 0,054 | 0,104 | 0,104 |
| C35 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,059 | 0,138 | 0,138 | 0,054 | 0,168 | 0,172 |
| C36 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,052 | 0,162 | 0,166 | 0,150 | 0,289 | 0,289 |
| C41 | 0,130 | 0,225 | 0,225 | 0,121 | 0,207 | 0,207 | 0,104 | 0,213 | 0,227 | 0,036 | 0,124 | 0,124 | 0,086 | 0,198 | 0,198 | 0,123 | 0,237 | 0,237 |
| C42 | 0,044 | 0,092 | 0,092 | 0,031 | 0,119 | 0,121 | 0,033 | 0,115 | 0,115 | 0,051 | 0,091 | 0,097 | 0,045 | 0,089 | 0,089 | 0,047 | 0,102 | 0,102 |
| C43 | 0,138 | 0,225 | 0,230 | 0,080 | 0,196 | 0,196 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,040 | 0,124 | 0,155 | 0,037 | 0,128 | 0,128 | 0,050 | 0,117 | 0,117 |
| C44 | 0,049 | 0,122 | 0,122 | 0,060 | 0,176 | 0,176 | 0,077 | 0,178 | 0,178 | 0,112 | 0,245 | 0,245 | 0,067 | 0,109 | 0,114 | 0,128 | 0,231 | 0,231 |
| C45 | 0,178 | 0,178 | 0,178 | 0,097 | 0,238 | 0,241 | 0,106 | 0,209 | 0,209 | 0,115 | 0,225 | 0,225 | 0,116 | 0,254 | 0,254 | 0,044 | 0,137 | 0,141 |
| C46 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,044 | 0,089 | 0,089 | 0,043 | 0,090 | 0,090 | 0,083 | 0,191 | 0,191 | 0,029 | 0,086 | 0,096 | 0,058 | 0,127 | 0,129 |
| C47 | 0,044 | 0,137 | 0,150 | 0,027 | 0,079 | 0,092 | 0,037 | 0,115 | 0,144 | 0,046 | 0,097 | 0,097 | 0,119 | 0,233 | 0,233 | 0,058 | 0,146 | 0,146 |
| C51 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,060 | 0,129 | 0,129 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,059 | 0,138 | 0,138 | 0,209 | 0,209 | 0,209 | 0,033 | 0,130 | 0,132 |
| C52 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,168 | 0,289 | 0,289 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,144 | 0,278 | 0,278 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,131 | 0,225 | 0,131 |
| C53 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,063 | 0,143 | 0,143 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,052 | 0,162 | 0,166 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,087 | 0,214 | 0,214 |
| C54 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,148 | 0,304 | 0,304 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,049 | 0,104 | 0,104 | 0,043 | 0,136 | 0,169 | 0,106 | 0,259 | 0,262 |
| C55 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,067 | 0,112 | 0,112 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,151 | 0,272 | 0,272 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,065 | 0,192 | 0,192 |
| C56 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,039 | 0,114 | 0,115 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,066 | 0,142 | 0,142 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,030 | 0,086 | 0,100 |

| Kriterler | KV7 | | | KV8 | | | KV9 | | | KV10 | | | KV11 | | | KV12 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u |
| C11 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,254 | 0,337 | 0,337 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,142 | 0,311 | 0,311 |
| C12 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,065 | 0,126 | 0,142 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,106 | 0,243 | 0,243 |
| C13 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,061 | 0,191 | 0,196 | 0,056 | 0,105 | 0,106 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,045 | 0,157 | 0,157 |
| C14 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,295 | 0,295 | 0,295 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,146 | 0,285 | 0,285 |
| C15 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,135 | 0,168 | 0,192 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,036 | 0,105 | 0,118 |
| C21 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,047 | 0,161 | 0,161 | 0,029 | 0,081 | 0,087 | 0,194 | 0,336 | 0,336 |
| C22 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,149 | 0,293 | 0,293 | 0,149 | 0,293 | 0,293 | 0,172 | 0,352 | 0,352 |
| C23 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,194 | 0,336 | 0,336 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,029 | 0,081 | 0,087 | 0,047 | 0,161 | 0,161 | 0,073 | 0,166 | 0,166 |
| C24 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,145 | 0,319 | 0,319 | 0,145 | 0,319 | 0,319 | 0,054 | 0,106 | 0,106 |
| C25 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,109 | 0,249 | 0,249 | 0,109 | 0,249 | 0,249 | 0,045 | 0,132 | 0,134 |
| C31 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,133 | 0,253 | 0,274 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,038 | 0,130 | 0,130 |
| C32 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,094 | 0,213 | 0,213 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,118 | 0,242 | 0,258 |
| C33 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,029 | 0,069 | 0,092 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,030 | 0,087 | 0,098 |
| C34 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,029 | 0,092 | 0,094 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,121 | 0,237 | 0,237 |
| C35 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,127 | 0,253 | 0,253 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,088 | 0,202 | 0,202 |
| C36 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,190 | 0,190 | 0,190 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,181 | 0,181 | 0,181 |
| C41 | 0,112 | 0,246 | 0,246 | 0,186 | 0,186 | 0,186 | 0,178 | 0,178 | 0,178 | 0,105 | 0,217 | 0,231 | 0,109 | 0,223 | 0,238 | 0,109 | 0,223 | 0,238 |
| C42 | 0,029 | 0,083 | 0,093 | 0,042 | 0,083 | 0,083 | 0,138 | 0,225 | 0,230 | 0,079 | 0,181 | 0,181 | 0,081 | 0,186 | 0,186 | 0,081 | 0,186 | 0,186 |
| C43 | 0,084 | 0,192 | 0,192 | 0,136 | 0,236 | 0,236 | 0,049 | 0,122 | 0,122 | 0,034 | 0,117 | 0,117 | 0,035 | 0,120 | 0,120 | 0,035 | 0,120 | 0,120 |
| C44 | 0,036 | 0,124 | 0,124 | 0,151 | 0,236 | 0,241 | 0,044 | 0,092 | 0,092 | 0,108 | 0,212 | 0,212 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| C45 | 0,115 | 0,226 | 0,226 | 0,051 | 0,128 | 0,128 | 0,044 | 0,137 | 0,150 | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,112 | 0,219 | 0,219 | 0,112 | 0,219 | 0,219 |
| C46 | 0,060 | 0,106 | 0,113 | 0,033 | 0,095 | 0,101 | 0,047 | 0,137 | 0,092 | 0,027 | 0,078 | 0,088 | 0,028 | 0,081 | 0,091 | 0,028 | 0,219 | 0,091 |
| C47 | 0,056 | 0,121 | 0,121 | 0,065 | 0,100 | 0,107 | 0,130 | 0,092 | 0,225 | 0,052 | 0,114 | 0,114 | 0,042 | 0,083 | 0,083 | 0,042 | 0,081 | 0,083 |
| C51 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,093 | 0,214 | 0,214 | 0,124 | 0,273 | 0,273 | 0,037 | 0,108 | 0,134 |
| C52 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,128 | 0,251 | 0,251 | 0,128 | 0,251 | 0,251 | 0,137 | 0,224 | 0,224 |
| C53 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,032 | 0,092 | 0,104 | 0,032 | 0,092 | 0,104 | 0,033 | 0,138 | 0,188 |
| C54 | 0,043 | 0,136 | 0,169 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,124 | 0,273 | 0,273 | 0,093 | 0,214 | 0,214 | 0,175 | 0,175 | 0,175 |
| C55 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,062 | 0,134 | 0,135 | 0,062 | 0,134 | 0,135 | 0,168 | 0,276 | 0,363 |
| C56 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,040 | 0,138 | 0,138 | 0,040 | 0,138 | 0,138 | 0,069 | 0,120 | 0,134 |

| Kriterler | KV13 | | | KV14 | | | KV15 | | | KV16 | | | KV17 | | | KV18 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u |
| C11 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,145 | 0,319 | 0,319 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,146 | 0,285 | 0,285 |
| C12 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,063 | 0,158 | 0,158 | 0,109 | 0,249 | 0,249 | 0,061 | 0,191 | 0,196 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,036 | 0,105 | 0,118 |
| C13 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,187 | 0,293 | 0,298 | 0,047 | 0,161 | 0,161 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,045 | 0,157 | 0,157 |
| C14 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,168 | 0,293 | 0,293 | 0,149 | 0,292 | 0,292 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,194 | 0,336 | 0,336 | 0,142 | 0,311 | 0,311 |
| C15 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,032 | 0,089 | 0,089 | 0,029 | 0,081 | 0,087 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,106 | 0,243 | 0,243 |
| C21 | 0,049 | 0,154 | 0,308 | 0,049 | 0,154 | 0,308 | 0,106 | 0,243 | 0,243 | 0,195 | 0,337 | 0,337 | 0,194 | 0,336 | 0,336 | 0,179 | 0,322 | 0,322 |
| C22 | 0,227 | 0,308 | 0,339 | 0,227 | 0,308 | 0,339 | 0,146 | 0,285 | 0,285 | 0,173 | 0,354 | 0,354 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,171 | 0,330 | 0,330 |
| C23 | 0,185 | 0,185 | 0,185 | 0,185 | 0,185 | 0,185 | 0,142 | 0,312 | 0,312 | 0,106 | 0,106 | 0,106 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,069 | 0,164 | 0,164 |
| C24 | 0,074 | 0,108 | 0,132 | 0,074 | 0,108 | 0,132 | 0,036 | 0,105 | 0,118 | 0,045 | 0,114 | 0,134 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,045 | 0,088 | 0,088 |
| C25 | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,132 | 0,046 | 0,157 | 0,157 | 0,074 | 0,167 | 0,167 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,061 | 0,191 | 0,196 |
| C31 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,049 | 0,104 | 0,104 | 0,124 | 0,274 | 0,274 | 0,173 | 0,298 | 0,298 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,088 | 0,202 | 0,202 |
| C32 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,151 | 0,272 | 0,272 | 0,032 | 0,092 | 0,104 | 0,152 | 0,313 | 0,313 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,181 | 0,181 | 0,181 |
| C33 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,144 | 0,278 | 0,278 | 0,062 | 0,134 | 0,135 | 0,040 | 0,117 | 0,119 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,030 | 0,087 | 0,098 |
| C34 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,059 | 0,138 | 0,138 | 0,040 | 0,138 | 0,138 | 0,048 | 0,094 | 0,094 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,118 | 0,242 | 0,258 |
| C35 | 0,043 | 0,136 | 0,169 | 0,066 | 0,142 | 0,142 | 0,093 | 0,214 | 0,214 | 0,075 | 0,120 | 0,120 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,038 | 0,130 | 0,130 |
| C36 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,052 | 0,162 | 0,166 | 0,128 | 0,250 | 0,250 | 0,065 | 0,147 | 0,147 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,121 | 0,237 | 0,237 |
| C41 | 0,131 | 0,269 | 0,269 | 0,131 | 0,269 | 0,269 | 0,111 | 0,218 | 0,218 | 0,134 | 0,259 | 0,259 | 0,056 | 0,105 | 0,107 | 0,112 | 0,245 | 0,245 |
| C42 | 0,035 | 0,101 | 0,102 | 0,035 | 0,101 | 0,102 | 0,035 | 0,120 | 0,120 | 0,048 | 0,094 | 0,094 | 0,044 | 0,093 | 0,093 | 0,046 | 0,097 | 0,097 |
| C43 | 0,053 | 0,114 | 0,114 | 0,053 | 0,114 | 0,114 | 0,081 | 0,186 | 0,186 | 0,141 | 0,253 | 0,253 | 0,136 | 0,245 | 0,245 | 0,036 | 0,124 | 0,124 |
| C44 | 0,149 | 0,257 | 0,257 | 0,149 | 0,257 | 0,257 | 0,108 | 0,238 | 0,238 | 0,055 | 0,129 | 0,129 | 0,130 | 0,251 | 0,251 | 0,040 | 0,124 | 0,155 |
| C45 | 0,056 | 0,127 | 0,127 | 0,056 | 0,127 | 0,127 | 0,039 | 0,121 | 0,151 | 0,048 | 0,151 | 0,154 | 0,053 | 0,125 | 0,125 | 0,115 | 0,225 | 0,225 |
| C46 | 0,059 | 0,099 | 0,099 | 0,059 | 0,099 | 0,099 | 0,045 | 0,094 | 0,094 | 0,045 | 0,096 | 0,096 | 0,060 | 0,128 | 0,131 | 0,051 | 0,091 | 0,097 |
| C47 | 0,069 | 0,121 | 0,127 | 0,069 | 0,121 | 0,127 | 0,063 | 0,118 | 0,133 | 0,063 | 0,109 | 0,120 | 0,047 | 0,146 | 0,149 | 0,083 | 0,191 | 0,191 |
| C51 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,167 | 0,261 | 0,266 |
| C52 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,056 | 0,141 | 0,141 |
| C53 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,037 | 0,105 | 0,112 |
| C54 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,047 | 0,092 | 0,092 |
| C55 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,205 | 0,205 | 0,205 |
| C56 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,150 | 0,261 | 0,261 |

Karar vericilerin değerlendirmeleri geometrik ortalama yöntemi ile ortaklaştırılmış ardından elde edilen bulanık değer kesin değere dönüştürülerek sıralanmıştır. Sonuçlar Tablo 16'da sunulmuştur.

**Tablo 16.** Otomotiv Sektörüne ait Kriter Ağırlıkları ve Sıralaması

| Kriterler | Geometrik Ortalama | | | Ana Kriter Ağırlıkları ile Çarpılmış Ağırlıklar | | | Kesin Değerler | Sıralama |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | | |
| **C11** | 0,189 | 0,266 | 0,266 | 0,024 | 0,068 | 0,069 | 0,061 | 2 |
| **C12** | 0,089 | 0,187 | 0,191 | 0,012 | 0,048 | 0,049 | 0,042 | 5 |
| **C13** | 0,079 | 0,182 | 0,184 | 0,010 | 0,047 | 0,047 | 0,041 | 7 |
| **C14** | 0,152 | 0,286 | 0,287 | 0,020 | 0,073 | 0,074 | 0,064 | 1 |
| **C15** | 0,048 | 0,113 | 0,116 | 0,006 | 0,029 | 0,030 | 0,025 | 20 |
| **C21** | 0,098 | 0,205 | 0,223 | 0,009 | 0,044 | 0,048 | 0,039 | 9 |
| **C22** | 0,160 | 0,289 | 0,292 | 0,015 | 0,062 | 0,063 | 0,055 | 3 |
| **C23** | 0,097 | 0,189 | 0,191 | 0,009 | 0,041 | 0,041 | 0,036 | 10 |
| **C24** | 0,068 | 0,141 | 0,148 | 0,006 | 0,030 | 0,032 | 0,027 | 19 |
| **C25** | 0,084 | 0,185 | 0,182 | 0,008 | 0,040 | 0,039 | 0,035 | 11 |
| **C31** | 0,062 | 0,148 | 0,151 | 0,008 | 0,034 | 0,035 | 0,030 | 16 |
| **C32** | 0,101 | 0,204 | 0,209 | 0,012 | 0,047 | 0,048 | 0,041 | 6 |
| **C33** | 0,071 | 0,160 | 0,166 | 0,009 | 0,037 | 0,038 | 0,032 | 14 |
| **C34** | 0,061 | 0,141 | 0,145 | 0,007 | 0,032 | 0,033 | 0,028 | 18 |
| **C35** | 0,063 | 0,156 | 0,160 | 0,008 | 0,036 | 0,037 | 0,031 | 15 |
| **C36** | 0,124 | 0,210 | 0,211 | 0,015 | 0,048 | 0,048 | 0,043 | 4 |
| **C41** | 0,109 | 0,208 | 0,211 | 0,011 | 0,046 | 0,047 | 0,040 | 8 |
| **C42** | 0,048 | 0,114 | 0,116 | 0,005 | 0,025 | 0,026 | 0,022 | 23 |
| **C43** | 0,065 | 0,154 | 0,156 | 0,006 | 0,034 | 0,035 | 0,029 | 17 |
| **C44** | 0,088 | 0,175 | 0,178 | 0,009 | 0,039 | 0,040 | 0,034 | 12 |
| **C45** | 0,080 | 0,172 | 0,176 | 0,008 | 0,038 | 0,039 | 0,033 | 13 |
| **C46** | 0,045 | 0,106 | 0,102 | 0,004 | 0,023 | 0,023 | 0,020 | 24 |
| **C47** | 0,057 | 0,118 | 0,130 | 0,006 | 0,026 | 0,029 | 0,023 | 21 |
| **C51** | 0,071 | 0,161 | 0,163 | 0,004 | 0,018 | 0,018 | 0,016 | 26 |
| **C52** | 0,132 | 0,230 | 0,224 | 0,007 | 0,026 | 0,025 | 0,023 | 22 |
| **C53** | 0,056 | 0,146 | 0,153 | 0,003 | 0,016 | 0,017 | 0,014 | 28 |
| **C54** | 0,098 | 0,202 | 0,208 | 0,005 | 0,023 | 0,024 | 0,020 | 25 |
| **C55** | 0,080 | 0,154 | 0,158 | 0,004 | 0,017 | 0,018 | 0,015 | 27 |
| **C56** | 0,060 | 0,132 | 0,135 | 0,003 | 0,015 | 0,015 | 0,013 | 29 |

Son aşamada ana kriterlerin bulanık ağırlıkları alt kriterlerin bulanık ağırlıkları ile çarpılmıştır. Sonuçların yorumlanması ve kriterlerin önem derecelerinin sıralanması için geometrik ortalama kullanılmıştır. Geometrik ortalama sonuçların birleştirilmesinde tercih edilen bir yaklaşımdır (Krejčí ve Stoklasa, 2018, Mohammadi vd., 2023)

Çalışmanın diğer sektörü olan kimya için de tüm işlem adımları aynı yaklaşım ile uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 17'de sunulmuştur.

**Tablo 17. Kimya Sektörü Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralaması**

| Kriterler | KV1 | | | KV2 | | | KV3 | | | KV4 | | | KV5 | | | KV6 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u |
| C11 | 0,195 | 0,336 | 0,336 | 0,135 | 0,296 | 0,296 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,186 | 0,386 | 0,386 | 0,139 | 0,272 | 0,272 | 0,187 | 0,323 | 0,323 |
| C12 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,043 | 0,150 | 0,150 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,068 | 0,102 | 0,102 | 0,043 | 0,150 | 0,150 | 0,044 | 0,127 | 0,129 |
| C13 | 0,045 | 0,134 | 0,134 | 0,048 | 0,150 | 0,188 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,055 | 0,123 | 0,123 | 0,048 | 0,150 | 0,188 | 0,067 | 0,144 | 0,144 |
| C14 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,139 | 0,272 | 0,272 | 0,195 | 0,336 | 0,336 | 0,224 | 0,339 | 0,339 | 0,135 | 0,296 | 0,296 | 0,166 | 0,339 | 0,339 |
| C15 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,101 | 0,232 | 0,232 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,053 | 0,129 | 0,147 | 0,101 | 0,232 | 0,232 | 0,071 | 0,160 | 0,160 |
| C21 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,106 | 0,243 | 0,243 | 0,148 | 0,187 | 0,187 | 0,036 | 0,105 | 0,118 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,069 | 0,164 | 0,164 |
| C22 | 0,155 | 0,270 | 0,270 | 0,146 | 0,286 | 0,286 | 0,229 | 0,422 | 0,422 | 0,142 | 0,311 | 0,311 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,171 | 0,330 | 0,330 |
| C23 | 0,173 | 0,270 | 0,275 | 0,142 | 0,311 | 0,311 | 0,114 | 0,196 | 0,196 | 0,046 | 0,157 | 0,157 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,179 | 0,322 | 0,322 |
| C24 | 0,058 | 0,146 | 0,146 | 0,046 | 0,157 | 0,157 | 0,059 | 0,114 | 0,114 | 0,106 | 0,243 | 0,243 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,061 | 0,192 | 0,196 |
| C25 | 0,053 | 0,164 | 0,193 | 0,036 | 0,105 | 0,118 | 0,062 | 0,159 | 0,159 | 0,146 | 0,286 | 0,286 | 0,061 | 0,192 | 0,196 | 0,045 | 0,088 | 0,088 |
| C31 | 0,145 | 0,253 | 0,253 | 0,129 | 0,252 | 0,252 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,162 | 0,252 | 0,257 | 0,181 | 0,181 | 0,181 |
| C32 | 0,154 | 0,253 | 0,258 | 0,040 | 0,139 | 0,139 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,145 | 0,252 | 0,252 | 0,088 | 0,202 | 0,202 |
| C33 | 0,199 | 0,199 | 0,199 | 0,125 | 0,275 | 0,275 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,199 | 0,199 | 0,199 | 0,121 | 0,237 | 0,237 |
| C34 | 0,054 | 0,137 | 0,137 | 0,094 | 0,215 | 0,215 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,044 | 0,136 | 0,169 | 0,054 | 0,136 | 0,136 | 0,118 | 0,242 | 0,258 |
| C35 | 0,050 | 0,153 | 0,168 | 0,045 | 0,140 | 0,174 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,036 | 0,102 | 0,108 | 0,038 | 0,130 | 0,130 |
| C36 | 0,038 | 0,074 | 0,074 | 0,041 | 0,078 | 0,078 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,058 | 0,126 | 0,126 | 0,030 | 0,087 | 0,098 |
| C41 | 0,131 | 0,269 | 0,269 | 0,141 | 0,253 | 0,253 | 0,178 | 0,178 | 0,178 | 0,112 | 0,245 | 0,245 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,116 | 0,254 | 0,254 |
| C42 | 0,035 | 0,101 | 0,102 | 0,046 | 0,096 | 0,096 | 0,044 | 0,137 | 0,150 | 0,047 | 0,097 | 0,097 | 0,047 | 0,123 | 0,126 | 0,030 | 0,086 | 0,096 |
| C43 | 0,149 | 0,257 | 0,257 | 0,134 | 0,259 | 0,259 | 0,130 | 0,225 | 0,225 | 0,036 | 0,124 | 0,124 | 0,117 | 0,229 | 0,229 | 0,119 | 0,233 | 0,233 |
| C44 | 0,056 | 0,127 | 0,127 | 0,055 | 0,129 | 0,129 | 0,138 | 0,225 | 0,230 | 0,115 | 0,225 | 0,225 | 0,085 | 0,195 | 0,195 | 0,086 | 0,199 | 0,199 |
| C45 | 0,053 | 0,114 | 0,114 | 0,048 | 0,151 | 0,154 | 0,049 | 0,122 | 0,122 | 0,040 | 0,124 | 0,155 | 0,037 | 0,126 | 0,126 | 0,037 | 0,128 | 0,128 |
| C46 | 0,059 | 0,099 | 0,099 | 0,048 | 0,094 | 0,094 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,051 | 0,091 | 0,097 | 0,037 | 0,079 | 0,099 | 0,045 | 0,089 | 0,089 |
| C47 | 0,069 | 0,121 | 0,127 | 0,063 | 0,109 | 0,120 | 0,044 | 0,092 | 0,092 | 0,083 | 0,191 | 0,191 | 0,041 | 0,099 | 0,099 | 0,067 | 0,109 | 0,114 |
| C51 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,057 | 0,135 | 0,135 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,065 | 0,147 | 0,147 | 0,053 | 0,093 | 0,105 |
| C52 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,148 | 0,266 | 0,266 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,173 | 0,298 | 0,298 | 0,042 | 0,081 | 0,127 |
| C53 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,055 | 0,118 | 0,118 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,048 | 0,094 | 0,094 | 0,180 | 0,180 | 0,303 |
| C54 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,141 | 0,273 | 0,273 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,153 | 0,313 | 0,313 | 0,234 | 0,234 | 0,234 |
| C55 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,051 | 0,158 | 0,162 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,040 | 0,117 | 0,119 | 0,171 | 0,297 | 0,297 |
| C56 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,067 | 0,139 | 0,169 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,075 | 0,120 | 0,120 | 0,064 | 0,122 | 0,161 |

| Kriterler | KV7 | | | KV8 | | | KV9 | | | KV10 | | | KV11 | | | KV12 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u | l | m | u |
| C11 | 0,199 | 0,344 | 0,344 | 0,218 | 0,303 | 0,303 | 0,165 | 0,200 | 0,200 | 0,195 | 0,234 | 0,234 | 0,135 | 0,296 | 0,296 | 0,142 | 0,311 | 0,311 |
| C12 | 0,036 | 0,098 | 0,098 | 0,035 | 0,086 | 0,105 | 0,085 | 0,145 | 0,145 | 0,184 | 0,228 | 0,228 | 0,043 | 0,150 | 0,150 | 0,046 | 0,157 | 0,157 |
| C13 | 0,060 | 0,116 | 0,126 | 0,040 | 0,086 | 0,114 | 0,074 | 0,161 | 0,175 | 0,035 | 0,090 | 0,136 | 0,048 | 0,150 | 0,188 | 0,036 | 0,105 | 0,118 |
| C14 | 0,176 | 0,361 | 0,361 | 0,249 | 0,272 | 0,272 | 0,259 | 0,442 | 0,455 | 0,234 | 0,234 | 0,234 | 0,139 | 0,272 | 0,272 | 0,146 | 0,286 | 0,286 |
| C15 | 0,075 | 0,170 | 0,170 | 0,217 | 0,292 | 0,292 | 0,074 | 0,115 | 0,115 | 0,192 | 0,237 | 0,237 | 0,101 | 0,232 | 0,232 | 0,106 | 0,243 | 0,243 |
| C21 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,073 | 0,166 | 0,166 | 0,140 | 0,184 | 0,184 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,101 | 0,232 | 0,232 |
| C22 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,172 | 0,352 | 0,352 | 0,096 | 0,192 | 0,192 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,139 | 0,272 | 0,272 |
| C23 | 0,195 | 0,336 | 0,336 | 0,195 | 0,336 | 0,336 | 0,224 | 0,401 | 0,401 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,135 | 0,296 | 0,296 |
| C24 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,045 | 0,132 | 0,134 | 0,074 | 0,157 | 0,157 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,043 | 0,150 | 0,150 |
| C25 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,054 | 0,106 | 0,106 | 0,060 | 0,147 | 0,147 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,048 | 0,150 | 0,188 |
| C31 | 0,148 | 0,304 | 0,304 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,144 | 0,278 | 0,278 | 0,128 | 0,251 | 0,251 | 0,144 | 0,278 | 0,278 |
| C32 | 0,039 | 0,114 | 0,116 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,052 | 0,162 | 0,166 | 0,040 | 0,138 | 0,138 | 0,052 | 0,162 | 0,166 |
| C33 | 0,168 | 0,289 | 0,289 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,151 | 0,272 | 0,272 | 0,125 | 0,273 | 0,273 | 0,151 | 0,272 | 0,272 |
| C34 | 0,063 | 0,143 | 0,143 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,059 | 0,138 | 0,138 | 0,093 | 0,214 | 0,214 | 0,059 | 0,138 | 0,138 |
| C35 | 0,060 | 0,129 | 0,129 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,049 | 0,104 | 0,104 | 0,032 | 0,093 | 0,104 | 0,049 | 0,104 | 0,104 |
| C36 | 0,067 | 0,112 | 0,112 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,066 | 0,142 | 0,142 | 0,062 | 0,134 | 0,135 | 0,066 | 0,142 | 0,142 |
| C41 | 0,116 | 0,254 | 0,254 | 0,131 | 0,229 | 0,229 | 0,121 | 0,207 | 0,207 | 0,119 | 0,248 | 0,249 | 0,149 | 0,257 | 0,257 | 0,116 | 0,254 | 0,254 |
| C42 | 0,030 | 0,086 | 0,096 | 0,032 | 0,092 | 0,098 | 0,031 | 0,119 | 0,122 | 0,061 | 0,092 | 0,092 | 0,053 | 0,114 | 0,114 | 0,030 | 0,086 | 0,096 |
| C43 | 0,119 | 0,233 | 0,233 | 0,180 | 0,180 | 0,180 | 0,080 | 0,196 | 0,196 | 0,114 | 0,234 | 0,234 | 0,131 | 0,269 | 0,269 | 0,119 | 0,233 | 0,233 |
| C44 | 0,086 | 0,199 | 0,199 | 0,146 | 0,229 | 0,233 | 0,060 | 0,176 | 0,176 | 0,086 | 0,192 | 0,192 | 0,056 | 0,127 | 0,127 | 0,086 | 0,199 | 0,199 |
| C45 | 0,037 | 0,128 | 0,128 | 0,049 | 0,124 | 0,124 | 0,097 | 0,238 | 0,241 | 0,036 | 0,124 | 0,142 | 0,035 | 0,101 | 0,102 | 0,037 | 0,128 | 0,128 |
| C46 | 0,045 | 0,089 | 0,089 | 0,053 | 0,114 | 0,114 | 0,044 | 0,089 | 0,089 | 0,141 | 0,083 | 0,028 | 0,059 | 0,099 | 0,099 | 0,045 | 0,089 | 0,089 |
| C47 | 0,067 | 0,109 | 0,114 | 0,058 | 0,101 | 0,101 | 0,027 | 0,079 | 0,092 | 0,078 | 0,104 | 0,117 | 0,069 | 0,121 | 0,127 | 0,067 | 0,109 | 0,114 |
| C51 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,067 | 0,112 | 0,112 | 0,060 | 0,129 | 0,129 | 0,030 | 0,087 | 0,098 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,054 | 0,104 | 0,104 |
| C52 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,060 | 0,129 | 0,129 | 0,168 | 0,289 | 0,289 | 0,038 | 0,130 | 0,130 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,051 | 0,107 | 0,107 |
| C53 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,063 | 0,143 | 0,143 | 0,063 | 0,143 | 0,143 | 0,118 | 0,242 | 0,258 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,061 | 0,143 | 0,143 |
| C54 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,148 | 0,304 | 0,304 | 0,148 | 0,304 | 0,304 | 0,181 | 0,181 | 0,181 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,150 | 0,289 | 0,289 |
| C55 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,168 | 0,289 | 0,289 | 0,067 | 0,112 | 0,112 | 0,121 | 0,237 | 0,237 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,157 | 0,282 | 0,282 |
| C56 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,039 | 0,114 | 0,116 | 0,039 | 0,114 | 0,116 | 0,088 | 0,202 | 0,202 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,054 | 0,168 | 0,172 |

| Kriterler | KV13 | | | KV14 | | | KV15 | | | KV16 | | | KV17 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | l | m | u | l | m | l | m | u | l | m |
| C11 | 0,120 | 0,296 | 0,299 | 0,171 | 0,330 | 0,330 | 0,187 | 0,323 | 0,323 | 0,174 | 0,312 | 0,312 | 0,174 | 0,312 | 0,312 |
| C12 | 0,074 | 0,219 | 0,219 | 0,179 | 0,322 | 0,322 | 0,044 | 0,127 | 0,129 | 0,059 | 0,186 | 0,190 | 0,059 | 0,186 | 0,190 |
| C13 | 0,027 | 0,090 | 0,090 | 0,069 | 0,164 | 0,164 | 0,067 | 0,144 | 0,144 | 0,056 | 0,119 | 0,119 | 0,056 | 0,119 | 0,119 |
| C14 | 0,150 | 0,257 | 0,257 | 0,061 | 0,192 | 0,196 | 0,166 | 0,339 | 0,339 | 0,166 | 0,320 | 0,320 | 0,166 | 0,320 | 0,320 |
| C15 | 0,099 | 0,244 | 0,244 | 0,045 | 0,088 | 0,088 | 0,071 | 0,160 | 0,160 | 0,067 | 0,159 | 0,159 | 0,067 | 0,159 | 0,159 |
| C21 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,182 | 0,285 | 0,291 | 0,173 | 0,270 | 0,275 | 0,069 | 0,164 | 0,164 |
| C22 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,155 | 0,270 | 0,270 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,213 | 0,213 | 0,213 | 0,171 | 0,330 | 0,330 |
| C23 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,058 | 0,146 | 0,146 | 0,164 | 0,285 | 0,285 | 0,155 | 0,270 | 0,270 | 0,179 | 0,322 | 0,322 |
| C24 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,173 | 0,270 | 0,275 | 0,061 | 0,154 | 0,154 | 0,058 | 0,146 | 0,146 | 0,061 | 0,192 | 0,196 |
| C25 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,053 | 0,164 | 0,193 | 0,040 | 0,115 | 0,122 | 0,053 | 0,164 | 0,193 | 0,045 | 0,088 | 0,088 |
| C31 | 0,148 | 0,304 | 0,304 | 0,039 | 0,135 | 0,135 | 0,144 | 0,278 | 0,278 | 0,174 | 0,174 | 0,174 | 0,133 | 0,260 | 0,260 |
| C32 | 0,039 | 0,114 | 0,116 | 0,044 | 0,136 | 0,169 | 0,052 | 0,162 | 0,166 | 0,084 | 0,194 | 0,194 | 0,041 | 0,143 | 0,143 |
| C33 | 0,168 | 0,289 | 0,289 | 0,125 | 0,245 | 0,245 | 0,151 | 0,272 | 0,272 | 0,116 | 0,227 | 0,227 | 0,129 | 0,283 | 0,283 |
| C34 | 0,063 | 0,143 | 0,143 | 0,051 | 0,106 | 0,106 | 0,059 | 0,138 | 0,138 | 0,113 | 0,232 | 0,248 | 0,096 | 0,221 | 0,221 |
| C35 | 0,060 | 0,129 | 0,129 | 0,122 | 0,268 | 0,268 | 0,049 | 0,104 | 0,104 | 0,036 | 0,125 | 0,125 | 0,033 | 0,096 | 0,108 |
| C36 | 0,067 | 0,112 | 0,112 | 0,091 | 0,209 | 0,209 | 0,066 | 0,142 | 0,142 | 0,040 | 0,126 | 0,157 | 0,050 | 0,099 | 0,099 |
| C41 | 0,133 | 0,238 | 0,238 | 0,104 | 0,213 | 0,227 | 0,112 | 0,245 | 0,245 | 0,112 | 0,245 | 0,245 | 0,131 | 0,229 | 0,229 |
| C42 | 0,060 | 0,151 | 0,151 | 0,033 | 0,115 | 0,115 | 0,040 | 0,124 | 0,155 | 0,040 | 0,124 | 0,155 | 0,032 | 0,092 | 0,098 |
| C43 | 0,127 | 0,244 | 0,244 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,115 | 0,225 | 0,225 | 0,115 | 0,225 | 0,225 | 0,180 | 0,180 | 0,180 |
| C44 | 0,052 | 0,121 | 0,121 | 0,078 | 0,178 | 0,178 | 0,083 | 0,191 | 0,191 | 0,083 | 0,191 | 0,191 | 0,146 | 0,229 | 0,233 |
| C45 | 0,045 | 0,142 | 0,146 | 0,107 | 0,209 | 0,209 | 0,036 | 0,124 | 0,124 | 0,036 | 0,124 | 0,124 | 0,049 | 0,124 | 0,124 |
| C46 | 0,049 | 0,105 | 0,105 | 0,043 | 0,090 | 0,090 | 0,047 | 0,097 | 0,097 | 0,047 | 0,097 | 0,097 | 0,053 | 0,114 | 0,114 |
| C47 | 0,047 | 0,094 | 0,094 | 0,037 | 0,116 | 0,144 | 0,051 | 0,091 | 0,097 | 0,051 | 0,091 | 0,097 | 0,058 | 0,101 | 0,101 |
| C51 | 0,050 | 0,099 | 0,099 | 0,054 | 0,168 | 0,172 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,047 | 0,092 | 0,092 | 0,060 | 0,102 | 0,102 |
| C52 | 0,033 | 0,096 | 0,108 | 0,150 | 0,289 | 0,289 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,037 | 0,105 | 0,112 | 0,041 | 0,079 | 0,079 |
| C53 | 0,096 | 0,221 | 0,221 | 0,061 | 0,143 | 0,143 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,167 | 0,261 | 0,266 | 0,063 | 0,148 | 0,148 |
| C54 | 0,133 | 0,260 | 0,260 | 0,157 | 0,282 | 0,282 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,205 | 0,155 | 0,298 | 0,298 |
| C55 | 0,129 | 0,283 | 0,283 | 0,054 | 0,104 | 0,104 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,150 | 0,261 | 0,261 | 0,162 | 0,291 | 0,291 |
| C56 | 0,041 | 0,143 | 0,143 | 0,051 | 0,107 | 0,107 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,056 | 0,141 | 0,141 | 0,056 | 0,173 | 0,178 |

Alt kriterlerin ağırlıkları ana kriter ağırlıkları ile çarpıldıktan sonra geometrik ortalama alınmış sonuçların yorumlanması için bulanık değerler tekilleştirilmiş ve sıralama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 18'de sunulmuştur.

**Tablo 18.** Kimya Sektörüne ait Kriter Ağırlıkları ve Sıralaması

| Kriterler | Geometrik Ortalama | | | Ana Kriter Ağırlıkları ile Çarpılmış Ağırlıklar | | | Kesin Değerler | Sıralama |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | m | u | l | m | u | | |
| C11 | 0,168 | 0,304 | 0,304 | 0,018 | 0,066 | 0,068 | 0,059 | 3 |
| C12 | 0,060 | 0,150 | 0,153 | 0,007 | 0,033 | 0,034 | 0,029 | 17 |
| C13 | 0,050 | 0,124 | 0,137 | 0,006 | 0,027 | 0,030 | 0,024 | 21 |
| C14 | 0,165 | 0,302 | 0,303 | 0,018 | 0,066 | 0,068 | 0,058 | 4 |
| C15 | 0,083 | 0,177 | 0,178 | 0,009 | 0,038 | 0,040 | 0,034 | 12 |
| C21 | 0,116 | 0,205 | 0,208 | 0,008 | 0,033 | 0,034 | 0,029 | 16 |
| C22 | 0,174 | 0,277 | 0,277 | 0,011 | 0,044 | 0,045 | 0,039 | 10 |
| C23 | 0,144 | 0,276 | 0,276 | 0,009 | 0,044 | 0,045 | 0,038 | 11 |
| C24 | 0,062 | 0,156 | 0,157 | 0,004 | 0,025 | 0,025 | 0,021 | 24 |
| C25 | 0,052 | 0,133 | 0,142 | 0,003 | 0,021 | 0,023 | 0,019 | 26 |
| C31 | 0,107 | 0,217 | 0,217 | 0,021 | 0,060 | 0,060 | 0,053 | 5 |
| C32 | 0,064 | 0,170 | 0,174 | 0,013 | 0,047 | 0,048 | 0,041 | 9 |
| C33 | 0,144 | 0,251 | 0,251 | 0,029 | 0,069 | 0,069 | 0,062 | 1 |
| C34 | 0,075 | 0,173 | 0,178 | 0,015 | 0,048 | 0,049 | 0,042 | 8 |
| C35 | 0,048 | 0,127 | 0,133 | 0,010 | 0,035 | 0,037 | 0,031 | 14 |
| C36 | 0,056 | 0,116 | 0,119 | 0,011 | 0,032 | 0,033 | 0,029 | 15 |
| C41 | 0,130 | 0,238 | 0,239 | 0,020 | 0,066 | 0,066 | 0,059 | 2 |
| C42 | 0,039 | 0,106 | 0,113 | 0,006 | 0,030 | 0,031 | 0,026 | 20 |
| C43 | 0,119 | 0,214 | 0,214 | 0,019 | 0,060 | 0,060 | 0,053 | 6 |
| C44 | 0,083 | 0,180 | 0,181 | 0,013 | 0,050 | 0,050 | 0,044 | 7 |
| C45 | 0,046 | 0,134 | 0,137 | 0,007 | 0,037 | 0,038 | 0,032 | 13 |
| C46 | 0,051 | 0,094 | 0,090 | 0,008 | 0,026 | 0,025 | 0,023 | 23 |
| C47 | 0,055 | 0,106 | 0,112 | 0,009 | 0,029 | 0,031 | 0,026 | 19 |
| C51 | 0,053 | 0,112 | 0,113 | 0,003 | 0,014 | 0,014 | 0,012 | 29 |
| C52 | 0,064 | 0,146 | 0,154 | 0,003 | 0,019 | 0,020 | 0,016 | 27 |
| C53 | 0,084 | 0,171 | 0,178 | 0,004 | 0,022 | 0,023 | 0,019 | 25 |
| C54 | 0,164 | 0,253 | 0,253 | 0,008 | 0,033 | 0,032 | 0,028 | 18 |
| C55 | 0,108 | 0,214 | 0,214 | 0,005 | 0,027 | 0,027 | 0,024 | 22 |
| C56 | 0,052 | 0,134 | 0,139 | 0,003 | 0,017 | 0,018 | 0,015 | 28 |

Otomotiv sektörüne ait değerlendirmede ana kriterlerde C1- Finansal kriterler 0,237'lik ağırlık katsayısı ile en önemli ana kriter, C5- Sosyal kriterler ise 0,103'lik katsayı ile en az önemli ana kriter olarak ortaya çıkmıştır. Alt kriterlerde C14-Karlılık ve satış gelirleri 0,064'lik önem derecesi ile en önemli kriter olarak tespit edilmiştir. Sırası ile C11-Ürün maliyetleri 0,061; C22-Güvenilirlik 0,055; C36- Üründe zararlı gaz emisyonlarının azaltılması 0,043; C12-Ürünle ilgili dolaylı maliyetler 0,042; C32- Üründe tehlikeli

madde kullanımının azaltılması 0,040 ve C13- Ulaştırma, paketleme, tamir, bakım maliyetleri 0,041'lik önem derecesi ile en önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kimya sektöründe ise ana kriterlerde C3- Ürüne ait çevresel kriterler 0,264 ile en önemli kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. C5-Sosyal kriterler 0,116'lik önem katsayısı ile beşinci sırada yer almıştır. Alt kriterlerin değerlendirilmesinde en önemli alt kriter C33- Üründe geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı olarak değerlendirilmiştir. Devamında sırasıyla C41- Ürünün seri üretim sürecinde atık oluşturmaması 0,059; C11- Ürün maliyeti 0,059; C14- Karlılık ve satış gelirleri 0,058; C31- Üründe doğal kaynak kullanımını azaltma 0,053; C43- Üretimde temiz su kullanımında verimlilik 0,053; C44- Üretimde enerji kullanımını azaltma ve yeşil enerji kullanımı 0,044 olarak önemli kriterler arasında yer almıştır.

Kriterlerin değerlendirmesi sonrasında ürün alternatiflerinin analizine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

### 5.3. Ürün Alternatiflerinin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında otomotiv ve kimya olarak iki sanayi kolunda uygulama yapılmıştır. Bu ana sanayi kollarının seçiminde özellikle sera gazı emisyonlarına katkısı yüksek olan endüstriler (Cullen vd., 2024, s.311; Wang vd., 2024, s.1) temel alınmıştır. Bu yaklaşım ile yapılan çalışmanın daha kayda değer bir etki oluşturması ve sanayiye katkı sağlaması amaçlanmıştır. Ülkemizin de bir taraf olduğu Paris Anlaması'nın bir uzantısı olan Yeşil Mutabakat Eylem Planları doğrultusunda seçilen endüstri alanları emisyon raporlama yükümlülüğündedir. Ayrıca bu sektör kollarındaki üretim hacimleri doğrultusunda şirketlerin büyük ölçekli ve halka arz edilmiş olmaları sürdürülebilirlik raporlaması gibi yükümlülükleri de beraberinde getirmektedir. Bu doğrultuda yapılan çalışma işletmelerin bu alanda veri üretmesi ve karar süreçlerine katkı sağlayacaktır. Her iki sektörde imalat başlığı altında değerlendirildiğinde doğrudan emisyonları temsil eden kapsam 1 ve dolaylı emisyonları temsil eden kapsam 2 ve 3 açısından son derece belirgin profillere sahiptir (Hertwich ve Wood, 2018, s.6). Bu doğrultuda ürünlerin doğrudan ve dolaylı sürdürülebilirlik etkilerini içeren kriterler açısından değerlendirilmesi işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarında önemli bir görünürlük sağlayacaktır.

### 5.3.1. Otomotiv Sektörünün Örneklemesinde Kullanılan Ürün Grupları

Ülkemizin de bir paydaşı olduğu Uluslararası Enerji Ajansının 2022 yılı araştırmalarına göre otomotiv endüstrisi küresel sera gazı emisyonlarının %17'sinden sorumludur. Bu sektörde ele alınan elektrikli araç tasarımları, hafif malzeme kullanımı, üretimde enerji verimliliği ve emisyon azaltma uygulamaları gibi çalışmalar karbon ayak izini azaltmada kritik bir rol oynamaktadır (Montemayor ve Chanda, 2023, s. 2-3). Avrupa Yeşil Mutabakatına uyum kapsamında otomotiv endüstrisi 2030 yılına kadar ürettikleri yeni araçların emisyonlarını %55 azaltma zorunluluğunu yüklenmiştir (Kurkin vd., 2024, s.1). Uluslararası çevresel hedefleri destekleyecek şekilde son kullanıcı algısı da daha çevre dostu ürün alternatiflerine kaymıştır (Wellbrock vd., 2020).

Çalışmamızda özellikle toplu taşıma alanında kullanılan farklı yakıt alternatifleri ve farklı teknik özellikteki araçların sürdürülebilirlik değerlendirmesi yapılmıştır. Toplu taşıma araçları (özellikle otobüsler), kentlerin karbon ayak izini azaltmada kritik role sahiptir (Ercan ve Tatari, 2015, s. 1214). Son çalışmalar, elektrikli otobüslerin ve döngüsel ekonomi uygulamalarının, geleneksel dizel araçlara kıyasla %60-70 daha düşük emisyon sağladığını göstermektedir (Leichter vd., 2022, s.2).

Çalışmamızda değerlendirilen ürünlerin seçiminde küresel ölçekte faaliyet gösteren bir otobüs üreticisinin son 7 yıl içinde geliştirdiği alternatif yakıt teknolojileri ve ürün özelliklerine sahip 12 metrelik araçları ele alınmıştır. Zaman çerçevesinin uzun tutulmasının gerekçesi bir aracın geliştirilmesi, doğrulaması ve pazara sunulmasına geçen sürecinin 5-7 yıl aralığında değişmesidir. Bir binek araç için ürün tasarımı yaklaşık 3-4 yıl sürmekte ve üretim süreci 7-8 yıllık bir döneme yayılmaktadır, otobüs gibi araçlar için test süreçleri nedeniyle bu süreler 5 yıla kadar uzayabilmektedir (Mildenberger ve Khare, 2000, s.205). Çalışmada ele alınan ürünler genel olarak toplu taşıma açısından en çok tercih edilen uzunluktadır. Ayrıca değerlendirilecek ürün grubunun seçiminde çalışma yapılan firmanın çevre dostu ve sürdürülebilirlik temalı hedeflerine ait ürün gamı içinden tercih yapılmıştır. Seçilen ürün alternatifleri ile ilgili teknik özellikler, toplu taşımada özellikle tercih edildiği kullanım alanları Tablo 19'da sunulmuştur.

**Tablo 19.** Otomotiv Sektörüne Ait Yeni Ürün Alternatifleri

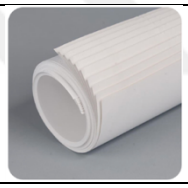
| **Ürün kodu** | **Ürünün Hedef Kullanım Alanı** | **Ürüne ait Tanımlanan Özellikler** | **Örnek Ürün Görseli** | **Ürün Tipi** |
|---|---|---|---|---|
| A1 | Şehiriçi Toplu Taşıma | Dizel Yakıtlı, 107 yolcu kapasiteli, Euro VI OBD-E, 18700 kg, Kabin tipi klasik gövde |  | Yeni ürün |
| A2 | Şehiriçi Toplu Taşıma | CNG Yakıtlı, 92 yolcu kapasiteli, Euro VI OBD-E, 18700 kg, Kabin tipi klasik gövde |  | Yeni ürün |
| A3 | Şehiriçi Toplu Taşıma | Bataryalı Elektrikli Araç (BEV), 98 yolcu kapasiteli, 19500 kg<br>Monokok, Komple Kataforez Kaplama Gövde, 480 km'ye kadar menzil, 3 saatlik şarj |  | Yeni Ürün |
| A4 | Şehirlerarası Toplu Taşıma | CNG Yakıtlı, 68 yolcu kapasitesi, Euro VI OBD-E, Kabin tipi klasik gövde, 19500 kg |  | Yeni Ürün |
| A5 | Şehirlerarası Toplu Taşıma | Elektrikli Otobüs, 45 yolcu kapasitesi, Monokok, Komple Kataforez Kaplama Gövde,225 km menzil, 9 saatlik şarj |  | Yeni Ürün |

### 5.3.2. Kimya Sektörünün Örneklemesinde Kullanılan Ürün Grupları

Kimya endüstrisindeki üretim faaliyetleri, 2020 yılında küresel petrol talebinin %14'ünü ve doğalgaz talebinin %9'unu tüketmiş ve küresel sanayiye özgü doğrudan $CO_2$ emisyonlarının %13'ünü üretmiştir (Meng vd., 2023, s. 1). Bu endüstri dalı aynı zamanda enerji tüketimi açısından da toplam sanayi enerji tüketiminden %30'luk bir paya sahiptir (Cullen vd., 2024, s.311). Gerek üretim gerekse üretilen ürünlerin kullanımında, etkisiz atık yönetimleri doğrultusunda yılda yaklaşık 11 milyon ton plastiğin çevreye sızdığı tahmin edilmektedir (Lau vd., 2020, s.1).

Kimya endüstrisinde plastik ürünler hacim olarak en büyük ürün gruplarından biridir. Plastik ve türev ürünlerin toplam ürün hacminde yaklaşık %40'lık bir paya sahiptir ve plastik üretimi kimya sektöründeki sera gazı emisyonlarının da önemli bir kısmından sorumludur (IEA, 2018). Bu doğrultuda bu sektörde sürdürülebilirlik alanında yapılacak çalışmalar endüstrinin regülasyon uyumluluğu ve devamlılığı açısından fayda oluşturmaktadır. Çalışmamız kapsamında yaklaşımların doğrulanması için kimya sektöründe özellikle film üretiminde faaliyet gösteren bir firmanın Ar-Ge merkezinin 2020-2023 döneminde geliştirdiği 7 ürün alternatifi değerlendirilmiştir. Bu ürünler bebek bezleri, medikal koruyucu kıyafetler, ambalajlar ve izolasyon amaçlı kullanılan ürünlerde yüzey kaplaması olarak kullanılan filmlerdir. Ürünlerin seçiminde özellikle firmanın iç sürdürülebilirlik hedefleri, firmanın müşterilerinin sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusundaki talepleri, sürdürülebilirlik ile ilgili regülasyonların koşulları esas alınarak şekillendirdiği ürünlere öncelik verilmiştir. Ele alınan ürünlerin tamamında ürün tanımlamalarında, ürünün çevreye olan etkisinin iyileştirilmesi, üretim süreçleri kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması, ürünün maliyetinin azaltılması veya yeni pazardaki marka algısını kuvvetlendirecek farklı fonksiyonel özelliklerin eklenmesi gibi amaçlar gözetilmiştir. Ürünlere ait tanımlamalar, hedef kullanım alanları, teknik özellikleri Tablo 20 ile sunulmaktadır.

**Tablo 20.** Kimya Sektörüne Ait Ürün Alternatifleri

| Ürün kodu | Ürünün Hedef Kullanım Alanı | Ürüne ait Tanımlanan Özellikler | Ürünün Proses Tipi | Ürünün Hedef Kullanım Alanı Görseli | Ürün Tipi |
|---|---|---|---|---|---|
| **A1** | Tarımda Bitki Koruma Örtüsü (Malç Örtüsü) | Biyobozunur, Biyobazlı, UV Dayanımlı, PLA Temelli, Kitosan Katkılı, Hafif | Cast Üretim |  | Firma için Yeni Ürün |
| **A2** | Ambalaj (Evcil Hayvan Mama, Kum Ambalajları ve Gıda Ambalajı) | Dik Durabilen Körüklü Torba (Doypack) Monopoliolefin yapıda, %100 Geri Dönüştürülebilir Özellikte, 2 Katlı | Blown (Şişirme) prosesi ile üretim |  | Firma için Yeni Ürün |
| **A3** | Gıda (Ambalaj) | PE Temelli Formül, Alüminyum Oksit Kaplama Özellikli, Az Katmanlı Yapı, Hafif, Az Hammadde Kullanımı | Blown (Şişirme) prosesi ile üretim |  | Firma için Yeni Ürün |
| **A4** | Kullan At Ürünler (Dış Yüzey Kaplaması) | Poliolefin Taşıyıcılı, Kalsiyum Karbonat Takviyeli, Yazılabilir (Mürekkep Tutucu) | Cast Üretim |  | Firma için Yeni Ürün |
| **A5** | Bebek Bezi (Back Sheet) | PE Temelli Formül, Düşük Gramajlı, Yüksek Kalsit Dolgulu, Mekanik Özellikleri Sağlamak için Kimyasal Katkı ve Ajan Desteği | Blown (Şişirme) prosesi ile üretim |  | Mevcut Üründe İyileştirme - Yeni Reçete Geliştirme |
| **A6** | Medikal Sektör (Koruyucu Kıyafetlerin Yüzey Kaplaması) | LLDPE (Özel bir PE tipi) Temelli reçete, Yüksek Kalsit Dolgusu, Geri Dönüşüm Malzeme Dolgusu, Uyumlaştırma için Kimyasal Ajanlar | Blown (Şişirme) prosesi ile üretim |  | Mevcut Üründe İyileştirme - Yeni Reçete Geliştirme |
| **A7** | Bebek Bezi (Back Sheet) | Gliserin, Nişasta, PBAT (Poli Bütilenadipat Tereftalat), Kalsit İçerikli Formülasyon, Biyobozunur Özellikli | Blown (Şişirme) prosesi ile üretim |  | Mevcut Üründe İyileştirme - Yeni Reçete Geliştirme |

## 5.4. Otomotiv Sektöründe Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Araştırmamızın otomotiv sektörüne yönelik örnek uygulamasında yeni ürün alternatiflerinin değerlendirilmesi için, söz konusu ürünlerin geliştirme süreçlerinde aktif rol oynamış 6 karar verici ile çalışma yapılmıştır. Değerlendirme çalışmaları birebir görüşme şeklinde ilerletilmiştir. Uzmanların demografik bilgileri Tablo 21'de sunulmuştur.

**Tablo 21.** Ürün Alternatiflerinin Değerlendirmesi – Karar Vericilerin Demografik Bilgileri

| | Yaş | Eğitim | Meslek | Uzmanlık | Tecrübe | Pozisyon |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **KV1** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Nonwoven, tekstil geri dönüşümü | 10 | AR-GE Yöneticisi |
| **KV2** | 40-44 | Lisans | Kimya Bölümü | Polimer film üretimi, ürün geliştirme, kalite, AR-GE yönetimi | 20 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV3** | 30-34 | Lisans | Malzeme Mühendisi | Geri dönüşümü, sürdürülebilirlik, AR-GE | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |
| **KV4** | 35-39 | Lisans | Kimya Mühendisi | AR-GE, kalite | 15 | AR-GE Takım Lideri |
| **KV5** | 30-34 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Ürün geliştirme, film malzemeler | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |

Uzmanlar ile yapılan görüşmelerde yeni ürünlerin araştırmanın kriterleri doğrultusunda değerlendirilmesinde 7'li bir dilsel ifade ölçeği kullanılmıştır. Kullanılan dilsel ifadeler ve üyelik değeri Tablo 22'de sunulmuştur.

**Tablo 22.** Bulanık MABAC ve WASPAS Yöntemlerinde Dilsel İfadelerin Üyelik Fonksiyon Değerleri

| Dilsel Terimler | Bulanık Sayı Değeri |
|---|---|
| **Çok Zayıf (VP)** | (0,0,1) |
| **Zayıf (P)** | (0,1,3) |
| **Orta Zayıf (MP)** | (1,3,5) |
| **Orta (F)** | (3,5,7) |
| **Orta İyi (MG)** | (5,7,9) |
| **İyi (G)** | (7,9,10) |
| **Çok İyi (VG)** | (9,10,10) |

Kaynak: (Chen, 2000, s. 5)

### 5.4.1. Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yönteminin Uygulanması

Uygulamanın ilk adımı karar vericilerin yeni ürün alternatifleri ile ilgili dilsel değerlendirmelerinin toplanması ve ifadelerin Tablo 22'deki ölçek ile bulanık sayı değerlerine dönüştürülmesidir. Bu adımdan sonra tüm kriterler için alternatiflerin değerlendirmelerini içeren başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinin oluşturulmasında denklem 7'den yararlanılmıştır. Yapılan çalışmanın hesaplama aşamaları kriter 1 ve kriter 29'un temsil edildiği tablolar ile açıklanmaktadır. Başlangıç matrisini temsil eden durum Tablo 23'te sunulmuştur.

**Tablo 23.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Başlangıç Matrisi

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 9 | 10 | 10 | 7 | 9 | 10 | … | … | … | 1,000 | 1,833 | 3,333 |
| A2 | 5 | 7 | 9 | 3 | 5 | 7 | … | … | … | 3,667 | 5,667 | 7,667 |
| A3 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | … | … | … | 9,000 | 10,000 | 10,000 |
| A4 | 5 | 7 | 9 | 3 | 5 | 7 | … | … | … | 2,333 | 4,333 | 6,333 |
| A5 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | … | … | … | 7,333 | 9,167 | 10,000 |
| MAX | | | 10 | | | 10 | | | … | | | 10 |
| MIN | 0 | | | 0 | | | … | | | 1 | | |

İkinci aşamada normalizasyon işlemi yapılmıştır. Normalizasyon işleminde fayda kriterleri için denklem 8 ve maliyet kriterleri için denklem 9 kullanılarak dönüşüm yapılmıştır. Bu işlem sonrasında Tablo 24'te sunulan normalize edilmiş matris elde edilmiştir.

**Tablo 24.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Normalize Başlangıç Matrisi

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | … | … | … | 0,100 | 0,183 | 0,333 |
| A2 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,367 | 0,567 | 0,767 |
| A3 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,900 | 1,000 | 1,000 |
| A4 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,233 | 0,433 | 0,633 |
| A5 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,733 | 0,917 | 1,000 |
| W | 0,024 | 0,068 | 0,069 | 0,012 | 0,048 | 0,049 | … | … | … | 0,003 | 0,015 | 0,015 |

Analizin devamında WSM'nin başlangıç aşaması olan ağırlıklı normalize matris oluşturulmuştur. Bu adımda denklem 9'dan yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 25'te sunulmuştur.

**Tablo 25.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WSM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,022 | 0,068 | 0,069 | 0,008 | 0,043 | 0,049 | … | … | … | 0,000 | 0,003 | 0,005 |
| A2 | 0,012 | 0,048 | 0,062 | 0,003 | 0,024 | 0,035 | … | … | … | 0,001 | 0,008 | 0,012 |
| A3 | 0,000 | 0,007 | 0,021 | 0,000 | 0,005 | 0,015 | … | … | … | 0,003 | 0,015 | 0,015 |
| A4 | 0,012 | 0,048 | 0,062 | 0,003 | 0,024 | 0,035 | … | … | … | 0,001 | 0,006 | 0,010 |
| A5 | 0,000 | 0,007 | 0,021 | 0,000 | 0,005 | 0,015 | … | … | … | 0,002 | 0,014 | 0,015 |

Bu matristen yola çıkarak WSM için optimallik fonksiyonu olan $Q_i$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerin hesaplanması için denklem 12'den yararlanılmıştır. Böylece alternatifler için Tablo 26'da sunulan bulanık ağırlıklı toplam değerine ulaşılmıştır.

**Tablo 26.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $\boldsymbol{Q_i}$ değerleri

| Alternatifler | $\boldsymbol{Q_i}$ | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| A1 | 0,132 | 0,701 | 0,846 |
| A2 | 0,119 | 0,696 | 0,897 |
| A3 | 0,131 | 0,746 | 0,899 |
| A4 | 0,102 | 0,625 | 0,846 |
| A5 | 0,111 | 0,659 | 0,824 |

Modelin diğer alt yöntemi olan WPM için ağırlıklı normalize matrisin oluşturulmasında denklem 11'den yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 27'de sunulmuştur.

**Tablo 27.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WPM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,993 | 1,000 | 1,000 | 0,983 | 0,995 | 1,000 | … | … | … | 0,965 | 0,975 | 0,997 |
| A2 | 0,953 | 0,976 | 0,997 | 0,942 | 0,967 | 0,996 | … | … | … | 0,985 | 0,992 | 0,999 |
| A3 | 0,000 | 0,854 | 0,971 | 0,000 | 0,895 | 0,986 | … | … | … | 0,998 | 1,000 | 1,000 |
| A4 | 0,953 | 0,976 | 0,997 | 0,942 | 0,967 | 0,996 | … | … | … | 0,978 | 0,988 | 0,999 |
| A5 | 0,000 | 0,854 | 0,971 | 0,000 | 0,895 | 0,986 | … | … | … | 0,995 | 0,999 | 1,000 |

Ağırlıklandırılmış değerlendirme matrislerinin elde edilmesi sonrasında yöntemin optimallik fonksiyonu olan $P_i$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere ulaşmak için denklem 13 kullanılmıştır. Alternatiflere ait $P_i$ değerleri Tablo 28 olarak sunulmuştur.

**Tablo 28.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait bulanık $P_i$ değerleri

| Alternatifler | $P_i$ | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| **A1** | 0,000 | 0,000 | 0,902 |
| **A2** | 0,000 | 0,580 | 0,947 |
| **A3** | 0,000 | 0,573 | 0,929 |
| **A4** | 0,000 | 0,518 | 0,933 |
| **A5** | 0,000 | 0,468 | 0,904 |

Optimallik değerlerinin hesaplanması sonrasında bütünleştirme aşamasında geçilmiştir. Bu adımda öncelikle $\lambda$ katsayısının hesaplanmıştır. Katsayı hesaplamasında denklem 15 kullanılmış ve 0,4476 değerine ulaşılmıştır. $\lambda$ katsayısının hesaplanması sonrasında bütünleşik fayda fonksiyonu olan $K_i$ değeri denklem 14 kullanılarak elde edilmiştir.

Bulanık sonuçlar durulaştırılarak kesin sayısı dönüştürülmüştür. Kesin değerler ve sıralaması Tablo 29'da sunulmuştur.

**Tablo 29.** Otomotiv Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait $K_i$ Değerleri ve Sıralaması

| Alternatifler | $K_i$ | Sıralama |
|---|---|---|
| **A1** | 0,416 | 5 |
| **A2** | 0,536 | 2 |
| **A3** | 0,541 | 1 |
| **A4** | 0,501 | 3 |
| **A5** | 0,490 | 4 |

Hesaplamalar sonucunda ürün alternatiflerinin Bulanık WASPAS yöntemine göre sürdürülebilirlik sıralaması A3>A2>A4>A5>A1 olarak ortaya çıkmıştır.

### 5.4.2. Bulanık MABAC Uygulaması

Ürün alternatiflerinin bulanık MABAC yöntemiyle değerlendirmesinde ilk aşama başlangıç matrisinin oluşturulmasıdır. Başlangıç matrisi karar vericilerin dilsel tanımlamalarının bulanık değerlere dönüştürülmesini içermekte olup, yapı WASPAS yöntemi ile aynıdır ve Tablo 30'da sunulmuştur. Devam adımı normalizasyon işlemidir. Normalizasyon işlemi için fayda kriterinde dönüşüm için denklem 17 ve maliyet kriterleri için denklem 18'den yararlanılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen N matrisi Tablo 30 olarak sunulmuştur.

**Tablo 30.** Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | … | … | … | 0,000 | 0,093 | 0,259 |
| A2 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,296 | 0,519 | 0,741 |
| A3 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,889 | 1,000 | 1,000 |
| A4 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,148 | 0,370 | 0,593 |
| A5 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,704 | 0,907 | 1,000 |
| W | 0,024 | 0,068 | 0,069 | 0,012 | 0,048 | 0,049 | … | … | … | 0,003 | 0,015 | 0,015 |

Elde edilen normalize sonuçlar ağırlıklar ile denklem 19 kullanılarak çarpılmış ve denklem 20'de tanımlanan ağırlıklandırılmış normalize değerlere ulaşılmıştır. Bu değerler Tablo 31 olarak verilmiştir.

**Tablo 31.** Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,046 | 0,137 | 0,138 | 0,020 | 0,091 | 0,099 | … | … | … | 0,003 | 0,016 | 0,019 |
| A2 | 0,037 | 0,116 | 0,131 | 0,015 | 0,072 | 0,084 | … | … | … | 0,004 | 0,023 | 0,027 |
| A3 | 0,024 | 0,075 | 0,089 | 0,012 | 0,053 | 0,064 | … | … | … | 0,006 | 0,030 | 0,031 |
| A4 | 0,037 | 0,116 | 0,131 | 0,015 | 0,072 | 0,084 | … | … | … | 0,004 | 0,020 | 0,024 |
| A5 | 0,024 | 0,075 | 0,089 | 0,012 | 0,053 | 0,064 | … | … | … | 0,005 | 0,028 | 0,031 |

Bir sonraki aşamada, ağırlıklandırılmış değerler kullanılarak yöntemin temeli olan sınır alana yakınlık değerleri denklem 21 kullanılarak hesaplanmıştır. Sınıra yakınlık değeri her bir kriter için bir referans noktadır. Elde edilen sınıra yakınlık değerleri Tablo 32'de sunulmuştur.

**Tablo 32**. Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Kriterlere ait Sınıra Yakınlık Değerleri

| | G | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| C1 | 0,032 | 0,100 | 0,113 |
| C2 | 0,014 | 0,066 | 0,077 |
| C3 | 0,013 | 0,071 | 0,081 |
| … | … | … | … |
| C28 | 0,005 | 0,026 | 0,030 |
| C29 | 0,004 | 0,022 | 0,025 |

Devam aşamasında yöntemin sınır alana uzaklık prensibine uygun olarak her bir alternatifin ilgili kriterin sınır alan uzaklık referans noktasına göre olan konumu

belirlenmiştir. Bu hesaplamalarda 23 numaralı denklemden yararlanılmış ve sonuçlar Tablo 33 olarak sunulmuştur.

**Tablo 33.** Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin Sınır Alana Yakınlık Mesafeleri

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | -0,067 | 0,036 | 0,105 | -0,058 | 0,025 | 0,085 | … | … | … | -0,023 | -0,007 | 0,015 |
| A2 | -0,077 | 0,015 | 0,098 | -0,063 | 0,005 | 0,070 | … | … | … | -0,022 | 0,000 | 0,022 |
| A3 | -0,089 | -0,026 | 0,057 | -0,066 | -0,014 | 0,050 | … | … | … | -0,020 | 0,007 | 0,026 |
| A4 | -0,077 | 0,015 | 0,098 | -0,063 | 0,005 | 0,070 | … | … | … | -0,022 | -0,003 | 0,020 |
| A5 | -0,089 | -0,026 | 0,057 | -0,066 | -0,014 | 0,050 | … | … | … | -0,020 | 0,005 | 0,026 |

Son aşamada alternatiflerin tüm kriterler için toplam uzaklığını temsil eden $S_i$ değerleri denklem 26'dan yararlanılarak hesaplanmış, sonuçlar kesin değere dönüştürülerek sıralanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 34'te sunulmuştur.

**Tablo 34.** Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin $\boldsymbol{S_i}$ değerleri ve Sıralaması

| **Alternatifler** | **Si** | **Sıralama** |
|---|---|---|
| **A1** | 0,026 | 3 |
| **A2** | 0,032 | 2 |
| **A3** | 0,066 | 1 |
| **A4** | -0,022 | 5 |
| **A5** | -0,003 | 4 |

Bulanık MABAC yönteminde pozitif değerler ideale yakın alternatifleri negatif değerler ise idealden uzaklaşan alternatifleri temsil etmektedir. Uygulama sonucunda ürün alternatiflerinin sıralaması A3>A2>A1>A5>A4 olarak gerçekleşmiştir.

### 5.4.3. COPELAND Yönteminin Uygulanması

Uygulama çalışmalarında seçilen karar verme yöntemlerinin sonuçlarının bütünleştirilmesi ile daha tutarlı sonuçlara ulaşılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda öncelikle iki yöntem sonunda elde edilen sıralamaya uygun olarak kıyaslama matrisi oluşturulmuştur. Matris Tablo 35 olarak sunulmuştur.

**Tablo 35.** Otomotiv Sektörü Bulanık MABAC ve Bulanık WASPAS Yöntemlerinin Uygulama Sonuçlarının Kıyaslanması

| **Bulanık MABAC** | | | | | | **Bulanık WASPAS** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** | | **A1** | **A2** | **A3** | **A4** | **A5** |
| **A1** | - | A2 | A3 | A1 | A1 | **A1** | - | A2 | A3 | A4 | A5 |
| **A2** | A2 | - | A3 | A2 | A2 | **A2** | A2 | - | A3 | A2 | A2 |
| **A3** | A3 | A3 | - | A3 | A3 | **A3** | A3 | A3 | - | A3 | A3 |
| **A4** | A1 | A2 | A3 | - | A5 | **A4** | A4 | A2 | A3 | - | A4 |
| **A5** | A1 | A2 | A3 | A5 | - | **A5** | A5 | A2 | A3 | A4 | - |

Kıyaslamadan yola çıkarak ikililerin galibiyet, beraberlik ve mağlubiyet durumları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme Tablo 36 olarak sunulmuştur.

**Tablo 36.** Otomotiv Sektörü COPELAND Yöntemi İki Kıyaslama Sonuçları

| **İkililer** | **Bulanık MABAC** | **Bulanık WASPAS** | **Galibiyet / Mağlubiyet /Beraberlik Durumu** |
|---|---|---|---|
| A1-A2 | A2 | A2 | A2 kazandı |
| A1-A3 | A3 | A3 | A3 kazandı |
| A1-A4 | A1 | A4 | A1 berabere kaldı |
| A1-A5 | A1 | A5 | A1 berabere kaldı |
| A2-A3 | A3 | A3 | A3 kazandı |
| A2-A4 | A2 | A2 | A2 kazandı |
| A2-A5 | A2 | A2 | A2 kazandı |
| A3-A4 | A3 | A3 | A3 kazandı |
| A3-A5 | A3 | A3 | A3 kazandı |
| A4-A5 | A5 | A4 | A4 berabere kaldı |

Son aşamada alternatifler COPELAND skorları doğrultusunda yeniden sıralanmıştır. COPELAND skorunda alternatifler her galibiyetleri için +1 puan, her beraberlikleri için 0 puan ve her mağlubiyetleri için -1 puan almıştır. Sonuçlar ve sıralama Tablo 37 olarak sunulmuştur.

**Tablo 37.** Otomotiv Sektörü Alternatiflerin COPELAND Skoruna göre Sıralaması

| **Alternatifler** | **A3** | **A2** | **A1** | **A4** | **A5** |
|---|---|---|---|---|---|
| **COPELAND Skoru** | 4 | 2 | -2 | -2 | -2 |

A3>A2>A1=A4=A5

Sonuçlar incelendiğinde, en ideal ve ikinci en ideal ürün alternatifleri olan A3 ve A2'nin sıralamalarını koruduğu görülmüştür. 1, 4 ve 5 numaralı alternatiflerin ise birbirlerine üstünlük sağlayamadığı ifade edilebilir.

### 5.5. Kimya Sektöründe Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Araştırmamızın kimya sektörüne yönelik örnek uygulamasında yeni ürün alternatiflerinin değerlendirilmesi için söz konusu ürünlerin geliştirme süreçlerinde aktif rol oynamış 5 karar verici ile çalışma yapılmıştır. Değerlendirme çalışmaları birebir görüşme şeklinde ilerletilmiştir. Uzmanların demografik bilgileri Tablo 38'de sunulmuştur.

**Tablo 38.** Ürün Alternatiflerinin Değerlendirmesi – Karar Vericilerin Demografik Bilgileri

| | Yaş | Eğitim | Meslek | Uzmanlık | Tecrübe | Pozisyon |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **KV1** | 35-39 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Nonwoven, tekstil geri dönüşümü | 10 | AR-GE Yöneticisi |
| **KV2** | 40-44 | Lisans | Kimya Bölümü | Polimer film üretimi, ürün geliştirme, kalite, AR-GE yönetimi | 20 | AR-GE Merkezi Yöneticisi |
| **KV3** | 30-34 | Lisans | Malzeme Mühendisi | Geri dönüşüm, sürdürülebilirlik, AR-GE | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |
| **KV4** | 35-39 | Lisans | Kimya Mühendisi | AR-GE, kalite | 15 | AR-GE Takım Lideri |
| **KV5** | 30-34 | Yüksek Lisans | Kimya Mühendisi | Ürün geliştirme, film malzemeler | 7 | Kıdemli AR-GE Mühendisi |

Uzmanlar ile yapılan görüşmelerde yeni ürünlerin, araştırmanın kriterleri doğrultusunda değerlendirilmesinde otomotiv sektörü uygulamasında kullanılan aynı 7'li dilsel ifade ölçeği kullanılmıştır.

#### 5.5.1. Kimya Sektörüne ait Yeni Ürün Alternatiflerinin Bulanık WASPAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Bulanık WASPAS yönteminin kimya sektörüne yönelik uygulamasında Karar Vericilerin dilsel ifadeleri bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bu dönüşümün ardından denklem 7 kullanılarak karar matrisi oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 39'da sunulmuştur.

**Tablo 39.** Kimya Sektörü Uygulaması Bulanık WASPAS Yöntemi Başlangıç Matrisi

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,882 | 1,471 | 2,059 | 0,882 | 1,471 | 2,059 | … | … | … | 2,412 | 2,824 | 2,941 |
| A2 | 0 | 0,294 | 0,882 | 0,882 | 1,471 | 2,059 | … | … | … | 2,529 | 2,882 | 2,941 |
| A3 | 0,294 | 0,882 | 1,471 | 0 | 0,294 | 0,882 | … | … | … | 0,412 | 0,882 | 1,471 |
| A4 | 0 | 0 | 0,294 | 2,059 | 2,647 | 2,941 | … | … | … | 0,588 | 1,118 | 1,706 |
| A5 | 1,471 | 2,059 | 2,647 | 1,471 | 2,059 | 2,647 | … | … | … | 1,824 | 2,353 | 2,765 |
| A6 | 2,647 | 2,941 | 2,941 | 2,647 | 2,941 | 2,941 | … | … | … | 0,824 | 1,294 | 1,765 |
| A7 | 2,059 | 2,647 | 2,941 | 0 | 0 | 0,294 | … | … | … | 1,588 | 2,176 | 2,706 |
| **MAX** | | | 2,941 | | | 2,941 | | | … | | | 2,941 |
| **MIN** | 0 | | | 0 | | | … | | | 0,412 | | |

Başlangıç matrisi fayda kriterleri için denklem 8 ve maliyet kriterleri için denklem 9 kullanılarak normalize edilmiştir. Normalizasyon adımına ait değerler Tablo 40'ta sunulmuştur.

**Tablo 40.** Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Normalize Başlangıç Matrisi

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,820 | 0,960 | 1,000 |
| A2 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,860 | 0,980 | 1,000 |
| A3 | 0,100 | 0,300 | 0,500 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,140 | 0,300 | 0,500 |
| A4 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | … | … | … | 0,200 | 0,380 | 0,580 |
| A5 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | … | … | … | 0,620 | 0,800 | 0,940 |
| A6 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | … | … | … | 0,280 | 0,440 | 0,600 |
| A7 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | … | … | … | 0,540 | 0,740 | 0,920 |
| W | 0,018 | 0,066 | 0,068 | 0,007 | 0,033 | 0,034 | | | … | 0,003 | 0,017 | 0,018 |

Devam adımında yöntemde kullanılan yaklaşımlardan WSM'nin başlangıç aşaması olan ağırlıklı normalize matris oluşturulmuştur. Bu adımda denklem 11'dan yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 41'te sunulmuştur.

**Tablo 41.** Kimya Sektörü WASPAS Yöntemi WSM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisi

| | C1 | | | C2 | | | … | | | C29 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,005 | 0,033 | 0,048 | 0,002 | 0,016 | 0,024 | … | … | … | 0,002 | 0,017 | 0,018 |
| A2 | 0,000 | 0,007 | 0,020 | 0,002 | 0,016 | 0,024 | … | … | … | 0,002 | 0,017 | 0,018 |
| A3 | 0,002 | 0,020 | 0,034 | 0,000 | 0,003 | 0,010 | … | … | … | 0,000 | 0,005 | 0,009 |
| A4 | 0,000 | 0,000 | 0,007 | 0,005 | 0,030 | 0,034 | … | … | … | 0,001 | 0,007 | 0,010 |
| A5 | 0,009 | 0,046 | 0,061 | 0,003 | 0,023 | 0,031 | … | … | … | 0,002 | 0,014 | 0,017 |
| A6 | 0,016 | 0,066 | 0,068 | 0,006 | 0,033 | 0,034 | … | … | … | 0,001 | 0,008 | 0,011 |
| A7 | 0,013 | 0,060 | 0,068 | 0,000 | 0,000 | 0,003 | … | … | … | 0,001 | 0,013 | 0,016 |

Bu matristen yola çıkarak WSM için optimallik fonksiyonu olan $Q_i$ değerleri denklem 12'den yararlanılarak hesaplanmış ve alternatifler için Tablo 42'de sunulan bulanık ağırlıklı toplam değerine ulaşılmıştır.

**Tablo 42.** Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $\boldsymbol{Q_i}$ Değerleri

| Alternatifler | Qi | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| **A1** | 0,157 | 0,775 | 0,917 |
| **A2** | 0,164 | 0,810 | 0,958 |
| **A3** | 0,096 | 0,566 | 0,782 |
| **A4** | 0,058 | 0,363 | 0,567 |
| **A5** | 0,121 | 0,655 | 0,853 |
| **A6** | 0,115 | 0,587 | 0,765 |
| **A7** | 0,132 | 0,654 | 0,848 |

Yöntemin bileşenlerinden biri olan WPM kapsamında, denklem 11 kullanılarak ağırlıklı normalize matrisin oluşturulmuştur. Sonuçlar Tablo 43'te sunulmuştur.

**Tablo 43.** Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi WPM için Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

| | C1 | | | C2 | | | … | | | C29 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,921 | 0,955 | 0,993 | 0,960 | 0,978 | 0,998 | … | … | … | 0,996 | 0,999 | 1,000 |
| A2 | 0,000 | 0,858 | 0,978 | 0,960 | 0,978 | 0,998 | … | … | … | 0,997 | 1,000 | 1,000 |
| A3 | 0,855 | 0,923 | 0,987 | 0,000 | 0,927 | 0,992 | … | … | … | 0,966 | 0,979 | 0,998 |
| A4 | 0,000 | 0,000 | 0,959 | 0,988 | 0,997 | 1,000 | … | … | … | 0,972 | 0,983 | 0,999 |
| A5 | 0,954 | 0,977 | 0,998 | 0,977 | 0,988 | 0,999 | … | … | … | 0,992 | 0,996 | 1,000 |
| A6 | 0,993 | 1,000 | 1,000 | 0,996 | 1,000 | 1,000 | … | … | … | 0,978 | 0,986 | 0,999 |
| A7 | 0,976 | 0,993 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,985 | … | … | … | 0,989 | 0,995 | 1,000 |

Sonraki aşamada optimallik fonksiyonu olan $P_i$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanması için denklem 13 kullanılmıştır. Tablo 44'te $P_i$ değerleri sunulmuştur.

**Tablo 44.** Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait Bulanık $\boldsymbol{P_i}$ Değerleri

| Alternatifler | Pi | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| **A1** | 0,000 | 0,480 | 0,893 |
| **A2** | 0,000 | 0,592 | 0,929 |
| **A3** | 0,000 | 0,000 | 0,848 |
| **A4** | 0,000 | 0,000 | 0,759 |
| **A5** | 0,000 | 0,000 | 0,875 |
| **A6** | 0,000 | 0,360 | 0,863 |
| **A7** | 0,000 | 0,000 | 0,891 |

Optimallik değerlerinin belirlenmesinin ardından, analiz süreci bütünleştirme aşamasına geçmiştir. Bu aşamada ilk olarak, λ katsayısı Denklem 15 esas alınarak hesaplanmış ve sonuç olarak 0,447 değeri elde edilmiştir. Ardından, bütünleşik fayda fonksiyonu olan $K_i$ değeri, Denklem 14 kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplanan sonuçlar, bulanık sayıların kesin değerlere dönüştürülmesiyle durulaştırılmış ve nihai bulgular Tablo 45'te sunulmuştur.

**Tablo 45.** Kimya Sektörü Bulanık WASPAS Yöntemi Alternatiflere ait $\boldsymbol{K_i}$ Değerleri ve Sıralaması

| Alternatifler | Ki | Sıralama |
|---|---|---|
| **A1** | 0,522 | 2 |
| **A2** | 0,562 | 1 |
| **A3** | 0,363 | 6 |
| **A4** | 0,284 | 7 |
| **A5** | 0,393 | 5 |
| **A6** | 0,440 | 3 |
| **A7** | 0,397 | 4 |

Bulanık WASPAS yöntemine göre ürün arternatiflerinin sürdürülebilirlik sıralaması A2>A1>A6>A7>A5>A3>A4 olarak gerçekleşmiştir.

### 5.5.2. Kimya Sektörüne ait Yeni Ürün Alternatiflerinin Bulanık MABAC Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Bulanık MABAC yönteminin ilk aşaması başlangıç matrisinin oluşturulmasıdır. Başlangıç matrisi, karar vericilerin dilsel tanımlamalarının bulanık değerlere

dönüştürülmesini içermekte olup, Tablo 39'da sunulan Bulanık WASPAS yönteminin ilk aşaması ile aynıdır. Başlangıç matrisindeki değerler fayda kriterleri için denklem 16 ve maliyet kriterleri için denklem 17 kullanılarak normalize edilir. Normalizasyon işlemi sonunda oluşturulan N matrisi Tablo 46 olarak sunulmuştur.

**Tablo 46.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,791 | 0,953 | 1,000 |
| A2 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | 0,300 | 0,500 | 0,700 | … | … | … | 0,837 | 0,977 | 1,000 |
| A3 | 0,100 | 0,300 | 0,500 | 0,000 | 0,100 | 0,300 | … | … | … | 0,000 | 0,186 | 0,419 |
| A4 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | … | … | … | 0,070 | 0,279 | 0,512 |
| A5 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | 0,500 | 0,700 | 0,900 | | | | 0,558 | 0,767 | 0,930 |
| A6 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | 0,900 | 1,000 | 1,000 | | | | 0,163 | 0,349 | 0,535 |
| A7 | 0,700 | 0,900 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | … | … | … | 0,465 | 0,698 | 0,907 |
| W | 0,018 | 0,066 | 0,068 | 0,007 | 0,033 | 0,034 | … | … | … | 0,003 | 0,017 | 0,018 |

Normalizasyon adımı sonrası denklem 18'den faydalanılarak ağırlıklandırma sağlanır. Tablo 47'de bu aşamaya ait değerler sunulmuştur.

**Tablo 47.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Ağırlıklandırılmış Normalize Matris

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,024 | 0,099 | 0,116 | 0,009 | 0,049 | 0,058 | … | … | … | 0,005 | 0,034 | 0,036 |
| A2 | 0,018 | 0,073 | 0,088 | 0,009 | 0,049 | 0,058 | … | … | … | 0,005 | 0,034 | 0,036 |
| A3 | 0,020 | 0,086 | 0,102 | 0,007 | 0,036 | 0,044 | … | … | … | 0,003 | 0,021 | 0,025 |
| A4 | 0,018 | 0,066 | 0,075 | 0,011 | 0,062 | 0,068 | … | … | … | 0,003 | 0,022 | 0,027 |
| A5 | 0,027 | 0,113 | 0,129 | 0,010 | 0,056 | 0,065 | | | | 0,004 | 0,031 | 0,034 |
| A6 | 0,035 | 0,133 | 0,136 | 0,013 | 0,066 | 0,068 | | | | 0,003 | 0,023 | 0,027 |
| A7 | 0,031 | 0,126 | 0,136 | 0,007 | 0,033 | 0,038 | … | … | … | 0,004 | 0,029 | 0,034 |

Devamında denklem 21 kullanılarak sınır alana yakınlık değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 48 olarak sunulmuştur.

**Tablo 48.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Kriterlere ait Sınıra Yakınlık Değerleri

| | G | | |
|---|---|---|---|
| | l | m | u |
| C1 | 0,024 | 0,096 | 0,109 |
| C2 | 0,008 | 0,048 | 0,055 |
| C3 | 0,006 | 0,037 | 0,048 |
| … | | | |
| C28 | 0,007 | 0,042 | 0,047 |
| C29 | 0,003 | 0,027 | 0,031 |

Bulanık MABAC yönteminin mesafe tabanlı yapısı doğrultusunda denklem 23'ten faydalanılarak alternatiflerin sınır alan uzaklık referans noktasına göre olan konumu oluşturulmuştur. Bu konumun bulanık değerleri Tablo 49 olarak verilmiştir.

**Tablo 49.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin Sınır Alana Yakınlık Mesafeleri

| | **C1** | | | **C2** | | | **…** | | | **C29** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | -0,086 | 0,003 | 0,091 | -0,047 | 0,000 | 0,049 | … | … | … | -0,026 | 0,007 | 0,032 |
| A2 | -0,091 | -0,024 | 0,064 | -0,047 | 0,000 | 0,049 | … | … | … | -0,026 | 0,007 | 0,032 |
| A3 | -0,089 | -0,010 | 0,078 | -0,049 | -0,013 | 0,035 | … | … | … | -0,028 | -0,007 | 0,022 |
| A4 | -0,091 | -0,030 | 0,051 | -0,045 | 0,014 | 0,059 | … | … | … | -0,028 | -0,005 | 0,023 |
| A5 | -0,082 | 0,016 | 0,105 | -0,046 | 0,007 | 0,056 | … | … | … | -0,027 | 0,003 | 0,031 |
| A6 | -0,075 | 0,036 | 0,112 | -0,043 | 0,017 | 0,059 | … | … | … | -0,028 | -0,004 | 0,024 |
| A7 | -0,078 | 0,029 | 0,112 | -0,049 | -0,016 | 0,029 | … | … | … | -0,027 | 0,002 | 0,030 |

Son adımda, denklem 26 kullanılarak $S_i$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değer her bir alternatifin tüm kriterler doğrultusunda refernas noktaya olan toplam uzaklığını temsil etmektedir. Ulaşılan sonuçlar Tablo 50'de sunulmuştur.

**Tablo 50.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC Yöntemi Alternatiflerin $\boldsymbol{S_i}$ değerleri ve Sıralaması

| **Alternatifler** | **Si** | **Sıralama** |
|---|---|---|
| **A1** | 0,126 | 2 |
| **A2** | 0,155 | 1 |
| **A3** | -0,015 | 6 |
| **A4** | -0,176 | 7 |
| **A5** | 0,047 | 3 |
| **A6** | -0,008 | 5 |
| **A7** | 0,046 | 4 |

Bulanık MABAC yönetimi kullanılarak yapılan analiz sonucunda kimya sektöründeki ürün alternatiflerinin sıralaması A2>A1>A5>A7>A6>A3>A4 olarak elde edilmiştir.

### 5.5.3. COPELAND Yönteminin Uygulanması

Uygulama kapsamında tercih edilen karar verme yöntemlerinden elde edilen sıralamaların birleştirilmesiyle daha tutarlı ve yorumlanabilir değerlendirme sonuçlarına ulaşılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, her iki yöntemin çıktıları dikkate alınarak COPELAND yönteminin ilk aşaması olarak karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve söz konusu matris Tablo 51'de sunulmuştur.

**Tablo 51.** Kimya Sektörü Bulanık MABAC ve Bulanık WASPAS Yöntemlerinin Uygulama Sonuçlarının Kıyaslanması

| Bulanık MABAC | | | | | | | | Bulanık WASPAS | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 |
| A1 | - | A2 | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 | - | A2 | A1 | A1 | A1 | A1 | A1 |
| A2 | A2 | - | A2 | A2 | A2 | A2 | A2 | A2 | A2 | - | A2 | A2 | A2 | A2 | A2 |
| A3 | A1 | A2 | - | A3 | A5 | A6 | A7 | A3 | A1 | A2 | - | A3 | A5 | A6 | A7 |
| A4 | A1 | A2 | A3 | - | A5 | A6 | A7 | A4 | A1 | A2 | A3 | - | A5 | A6 | A7 |
| A5 | A1 | A2 | A5 | A5 | - | A5 | A5 | A5 | A1 | A2 | A5 | A5 | - | A6 | A7 |
| A6 | A1 | A2 | A6 | A6 | A5 | - | A7 | A6 | A1 | A2 | A6 | A6 | A6 | - | A6 |
| A7 | A1 | A2 | A7 | A7 | A5 | A7 | - | A7 | A1 | A2 | A7 | A7 | A7 | A6 | - |

Yapılan karşılaştırmalar doğrultusunda, alternatif çiftleri arasındaki galibiyet, beraberlik ve mağlubiyet durumları analiz edilmiştir. Bu analiz sonuçları Tablo 52'de gösterilmiştir.

**Tablo 52.** Kimya Sektörü COPELAND Yöntemi İkili Kıyaslama Sonuçları

| | **Bulanık MABAC** | **Bulanık WASPAS** | **Galibiyet / Mağlubiyet /Beraberlik Durumu** |
|---|---|---|---|
| **A1-A2** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A1-A3** | A1 | A1 | A1 kazandı |
| **A1-A4** | A1 | A1 | A1 kazandı |
| **A1-A5** | A1 | A1 | A1 kazandı |
| **A1-A6** | A1 | A1 | A1 kazandı |
| **A1-A7** | A1 | A1 | A1 kazandı |
| **A2-A3** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A2-A4** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A2-A5** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A2-A6** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A2-A7** | A2 | A2 | A2 kazandı |
| **A3-A4** | A3 | A3 | A3 kazandı |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A3-A5** | A5 | A5 | A5 kazandı |
| **A3-A6** | A6 | A6 | A6 kazandı |
| **A3-A7** | A7 | A7 | A7 kazandı |
| **A4-A5** | A5 | A5 | A5 kazandı |
| **A4-A6** | A6 | A6 | A6 kazandı |
| **A4-A7** | A7 | A7 | A7 kazandı |
| **A5-A6** | A5 | A6 | A5 berabere kaldı |
| **A5-A7** | A5 | A7 | A5 berabere kaldı |
| **A6-A7** | A7 | A6 | A6 berabere kaldı |

Değerlendirme sürecinin son aşamasında, alternatifler COPELAND skoru esas alınarak yeniden sıralanmıştır. Elde edilen skorlar ve nihai sıralama Tablo 53'te sunulmuştur.

**Tablo 53.** Kimya Sektörü Alternatiflerin COPELAND Skoruna göre Sıralaması

| **Alternatifler** | **A2** | **A1** | **A5** | **A6** | **A7** | **A3** | **A4** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **COPELAND Skoru** | 6 | 4 | 0 | 0 | 0 | -4 | -6 |

A2>A1>A5=A6=A7>A3>A4

COPELAND yönetiminin uygulanması sonrası en iyi iki ve en kötü iki ürün alternatifinin sıralaması değişmemiştir. Diğer alternatifler olan A5, A6 ve A7 alternatifleri eşit skor ile sıralamanın ortasında yer almıştır.

# 6. SONUÇ

Çalışmamızda, yeni ürünler için sürdürülebilirlik değerlendirmesinde kullanılabilecek kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterler doğrultusunda ÇKKV yöntemlerinden yararlanılarak ürün alternatiflerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda literatürden derlenen kriterler uzman görüşleri alınarak değerlendirilmiş ve bulanık FUCOM yönteminden yararlanılarak ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki bulgular ile kıyaslanarak yorumlanmıştır. Devamında hedef sektörlerimiz olan kimya ve otomotivde çalışmaya katkı sağlayan uzmanların desteğiyle, sürdürülebilirlik teması kapsamında geliştirilen yeni ürün grupları belirlenmiştir. Seçilen ürün grupları, ürünleri geliştiren uzman gruplarıyla, belirlenen kriterler ile tahlil edilmiştir. Bu tahlilerde elde edilen veriler iki farklı ÇKKV yöntemi ile çözümlenmiştir. Son aşamada, sonuçlar COPELAND yöntemi ile bütünleştirilmiştir. Ulaşılan sonuçlar literatürdeki çalışmalar ve sanayideki gelişmeler ışığında irdelenmiştir. Ortaya çıkarılan bulgular çalışmanın sektörleri ve ürünlerin özellikleri doğrultusunda açıklanmıştır. Sonuçlar ve izlenen yaklaşımın işletmelerin daha sürdürülebilir ürünler geliştirmesine katkı sağlaması hedeflenmiştir.

## 6.1. Sürdürülebilirlik Kriterleri ile İlgili Sonuçların Değerlendirilmesi

Kriterlerin değerlendirilmesinde öncelikle ana kriterlerin sonuçları yorumlanmış, devamında toplam kriterlerin %25'ini temsil edecek şekilde en önemli ilk 8 kriter ile ilgili tespitlerde bulunulmuştur. Devamında en az öneme sahip kriterler ile ilgili tespitler yapılmıştır. Değerlendirmelerde sektörlere ait özel durumlar, ortak sonuçlar ve farklılaşan sonuçlar açıklanmıştır.

### 6.1.1. Otomotiv Sektöründe Sonuçların Değerlendirilmesi

Otomotiv sektörüne ait değerlendirmede ana kriterlerde C1- Finansal Kriterler 0,236'lik ağırlık katsayısı ile en önemli ana kriter, C5- Sosyal Kriterler ise 0,102'lik katsayı ile en az önemli ana kriter olarak elde edilmiştir. Ana kriterlerin sıralaması ve önem katsayıları Tablo 54 olarak sunulmuştur.

**Tablo 54.** Ana Kriterlerin Sıralaması (Otomotiv Sektörü)

| | Kriter Açıklamaları | Geometrik Ortalama | Sıralama |
|---|---|---|---|
| **C1** | Finansal Boyut | 0,236 | 1 |
| **C2** | Pazar Boyut | 0,195 | 4 |
| **C3** | Ürüne ait Çevresel Boyut | 0,212 | 2 |
| **C4** | Üretim Sürecine ait Çevresel Boyut | 0,200 | 3 |
| **C5** | Sosyal Boyut | 0,102 | 5 |

Literatürde bu değerlendirmeyi destekleyici benzer durumlar tespit edilmiştir. Salvado vd. (2015)'in otomotiv endüstrisinde sürdürülebilirlik indeksi geliştirme çalışması örneğinde de ekonomik boyut %66 ile en önemli boyut iken sosyal boyut %13 ile en az önemli boyut olarak tespit edilmiştir. Ghandimi vd. (2012)'nin otomotiv endüstrisi özelinde ürün sürdürülebilirlik değerlendirmesi çalışmasında da 0,380 ile en baskın boyut ekonomik boyut iken sosyal boyut 0,270 ile en az önemli boyut olarak karşımıza çıkmaktadır. Otomotiv, genel yapısı itibariyle büyük ölçekli ve kurumsal firmaların yer aldığı sektördür. Yeni ürün faaliyetlerinde regülasyon geçişleri son derece baskındır. Bu anlamda, inovasyon kapsamı regülasyonun belirlediği çerçevede gerçekleştirilirken, uzmanlar üzerindeki en büyük baskı mali ölçütlere yöneliktir. Ürün geliştirme süreçlerinde hedef ürün ve proje bütçelerinin sağlanmasına yönelik izlenen kontrol ve takip yaklaşımı dolayısıyla sektörde finansal kriterlere yönelik bir eğilim oluşturmaktadır.

Alt kriterlerin değerlendirilmesinde C14- Karlılık ve satış gelirleri 0,062'lik önem derecesi ile en önemli kriter olarak tespit edilmiştir. Sırası ile C11- Ürün maliyetleri 0,060; C22- Güvenilirlik 0,052; C36 -Üründe zararlı gaz emisyonlarının azaltılması 0,041; C12- Ürünle ilgili dolaylı maliyetler 0,040; C32- Üründe tehlikeli madde kullanımının azaltılması 0,039 ve C13-Ulaştırma, paketleme, tamir, bakım maliyetleri 0,039'lik önem derecesi ile en önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Finansal kriterler içinde en önemli kriter karlılık ve satış gelirleri olup, aynı zamanda bu kriter tüm çalışmadaki en önemli kriter olarak tespit edilmiştir. Sürdürülebilirlikle ilgili kriter değerlendirme çalışmalarında daha çok maliyet odaklı kriterlere yer verilmesi sebebi ile çalışmamızın sonuçları mevcut çalışmalardan farklılaşmaktadır. Çalışmada temel odaklardan biri yeni ürün değerlendirmesidir. Yeni ürünlerin başarısının değerlendirilmesinde satışlar, karlılık ve yatırımın geri dönüşü gibi göstergeler en yaygın kullanılan metrikler arasındadır (Cooper, 2019). Dolayısıyla çalışmamızda C14 kriterinin

maliyet temelli kriterlerden daha önemli bir kriter olarak ortaya çıkması beklenen bir sonuçtur. Ayrıca Guzman ve Castro (2022) finansal kaynaklar, eko-inovasyon ve sürdürülebilirlik performansı ilişkisini belirlemeye yönelik çalışmasında da finansal performansın sürdürülebilirlik performansı üzerinde kayda değer bir etkisi olduğunu göstermiştir. Araştırmada gelirler ve karlılığın finansal performansın bir parçası olduğunu vurgulanmıştır. Bu açıdan araştırma, çalışmamızdaki C14 kriterinin önemli bir kriter olarak elde edilmesini desteklemektedir. Çalışmamızda ön sıralarda yer alan ve pazar boyutu içinde yer alan C22- Güvenilirlik kriteri de benzer şekilde araştırmamızın yeni ürün geliştirme odağı ile ilgili bir sonuçtur. Ürünün pazardaki ihtiyacı karşılayan bir kapsam sunması, pazarda kabul görmesi ve devamlılığının sağlanması ürünün başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Zhang vd. (2020) yeşil inovasyon ve ürün geliştirme ile ilgili kritik başarı faktörlerini değerlendirdikleri çalışmasında pazar odaklılık, pazardaki müşterinin taleplerini karşılama unsurunun başarı açısından son derece önemli olduğunu belirtmektedir.

Swarnakar vd. (2021) imalat sektöründe sürdürülebilirlik kriterlerini önceliklendirmeye yönelik çalışmasında ekonomik indikatörleri en önemli kriter olarak ele almış ve bu indikatörler içinde ilk sırada operasyonel maliyetler ön plana çıkmıştır. Çalışmamızdaki C11, C12 ve C13 ün de önem derecelerinin üst sıralarda olması bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Bu kriterler ürün maliyeti, ürünle alakalı dolaylı maliyetler ve üretim sürecindeki ek maliyetler olarak genel anlamda operasyonel maliyetler olarak tanımlanabilir.

Çevresel kriterler değerlendirildiğinde en önemli kriter C36- Üründe zararlı gaz emisyonlarının azaltılması olarak tespit edilmiştir. Swarnakar vd. (2022) çalışmasında da çevresel boyutta en önemli kriter emisyon olarak belirlenmiştir. Ayrıca Yeşil Mutabakat kapsamında 2030 yılında sıfır karbon emisyonu bölgelerine ait regülatif uygulamalarda otomotiv endüstrisinde ürünlerin emisyon değerlerinin azaltılması açısından üretici üzerinden son derece büyük bir baskı oluşturmaktadır. Bu doğrultuda gerek ürünün kendi emisyonları gerekse üretim süreçlerindeki emisyon etkisinin düşük olması çevresel etki açısından öncelikli şekilde ele alınmalıdır.

Çevresel boyutta ön plana çıkan kriterlerden biri C32- Üründe tehlikeli madde kullanımının azaltılmasıdır. Otomotiv sektöründe uygulanan regülasyonlar hammadde ve malzemelerin kullanımı ile ilgili son derece katı bir çerçeve sunmaktadır. Bu doğrultuda

özellikle yeşil teknolojilerin uygulanmasında bataryalarda kullanılan kimyasallar veya araçlarda korozyon vb durumlara karşı kullanılan kimyasallar sektörde sürekli iyileştirmeye odaklanılan konular arasındadır. Yine ürünlerdeki yapıştırıcı vb malzemelerde solvent tabanlı alternatifler yerine su bazlı alternatiflerin tercih edilmesi gibi durumlar üreticilerin ürün geliştirme ve kalite faaliyetlerinden ön plana çıkan unsurlardır. Ürün geliştirici açısından üründe zararlı hammaddelerin azaltılması hem ürünün kullanımı hem de ürünün yaşam döngüsü sonucu atık olduğu noktada zararlı etkilerinin azaltılması açısından öncelikli bir konudur. Li vd. (2024) Çin'deki otomotiv sektörü değerlendirme çalışmasında, Avrupa'daki Ömrünü Tamamlamış Araçlar Direktifi'ne de değinerek, sürdürülebilirlik için araçlardaki zararlı malzemelerin istenmeyen bir durum olduğu ve sektörün bu alana daha çok odaklanması gerektiğini açıklamıştır.

Sosyal boyut gerek ana kriter olarak gerekse alt kriterler olarak en az önem derecesine sahip kriterleri barındırmaktadır. Çalışmamıza katkı sağlayan uzman grupları olan ürün geliştirici, araştırmacı gibi rollerin ürün tasarımı ve konsept belirlemede ekonomik ve teknik unsurları önceliklendirdikleri gözlemlenmektedir. Uzmanların görev tanımları, eğitimleri gibi unsurlar değerlendirildiğinde daha teknik kriterlere odaklanmaları beklenen bir sonuçtur. Sosyal boyutta en yüksek öncelik derecesi C52- İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması kriterine aittir. Salvado vd. (2015) otomotiv endüstrisinde sürdürülebilirlik indeksi geliştirme çalışmasında, sosyal boyutta iş kazası azaltma olarak ele aldığı kriterler C52 kriteriyle benzer bir kapsama sahiptir ve çalışmamızdakine benzer bir öncelik sıralamasında yer almıştır.

### 6.1.2. Kimya Sektöründe Sonuçların Değerlendirilmesi

Kimya sektöründe toplam 17 uzman ile yapılan değerlendirmelerin sonucunda ana kriterlerde C3- Ürüne ait çevresel kriterler 0,264 ile en önemli kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. C4- Üretim sürecine ait çevresel kriterler 0,258 katsayı ile ikinci önemli ana kriter olarak belirlenmiştir. C1- Finansal kriterler 0,201'lik katsayı ile üçüncü sırada, C2- Pazar kriterleri 0,144'lik katsayı ile dördüncü ve C5- Sosyal kriterler 0,116'lik önem katsayısı ile beşinci sırada yer almıştır. Ana kriterlerin sıralaması ve önem katsayıları Tablo 55 olarak sunulmuştur.

**Tablo 55.** Ana Kriterlerin Sıralaması (Kimya Sektörü)

| | Kriter Açıklamaları | Geometrik Ortalama | Sıralama |
|---|---|---|---|
| **C1** | Finansal Boyut | 0,201 | 3 |
| **C2** | Pazar Boyut | 0,144 | 4 |
| **C3** | Ürüne ait Çevresel Boyut | 0,264 | 1 |
| **C4** | Üretim Sürecine ait Çevresel Boyut | 0,258 | 2 |
| **C5** | Sosyal Boyut | 0,116 | 5 |

Kimya sektöründe yapılan çalışmada çevresel öncelikler diğer sürdürülebilirlik boyutlarına göre daha ön plandadır. Kimya sektöründe yeni ürünlerde belirli performans özelliklerini sağlamaya yönelik hem ürün hem de üretim süreçlerinde çok yoğun şekilde zararlı hammadde ve kimyasalların kullanımı gibi hususlar göz önünde bulundurulduğunda beklenen bir sonuçtur. Zimmerman vd. (2020), daha yeşil bir kimya sektörüne ulaşmaya yönelik çalışmalarında, yeşil kimya ve yeşil mühendislik alanındaki ilerlemelerin, ürünlerin çevresel olumsuz etkilerini azaltırken işlevselliğin korunması ilkesine dayandığını vurgulamaktadır. Benzer bir yaklaşımla Sheldon (2017) yeşil kimya ve sürdürülebilirlik alanına yönelik yaptığı araştırmada atık azaltılması ve kaynak verimliliği gibi çevresel boyuta yönelik unsurları vurgulamaktadır. Cathcart'ın 1990'da ilk kez ele aldığı, Anastas ve Williamson'ın 1996'da yayınladığı, Keijer vd. (2019) gibi araştırmacıların çalışmalarında temel aldığı yeşil kimya kavramı ve prensipleri de özellikle ürünler ve üretim süreçlerinde zararlı hammadde ve yardımcı kimyasalların en aza indirilmesi, yeşil enerji kullanımı ve enerji tasarrufu, atık azaltma ve biyobozunur ürünler gibi unsurlara odaklanarak bu sektörde sürdürülebilirlik alanında çevre ile ilgili kriterlerin ön plana çıkması ile ilgili bulgularımıza destek sağlamaktadır.

Çalışmamızda yer alan karar vericiler çevre ile ilgili ana kriterler sonrasında finansal kriterlerin de ön planda yer alması gerektiğini değerlendirmiştir. Literatürdeki pek çok çalışma kimya endüstrisinde yeşil uygulamalara dönüşümün yüksek maliyetlerini vurgulamaktadır (Ncube vd., 2023). Bu açıdan çalışmamızda çevresel kaygılara yönelik kriterlerden sonra finansal kriterlerin ön plana çıkması genel bakış açısı ile örtüşmektedir. Diğer taraftan sosyal kriterler bu endüstri dalında en geri planda kalan kriterler grubudur. Asveld (2019) sürdürülebilir ve yeşil kimyanın geleceği ile ilgili çalışmasında benzer bir tespit paylaşmış ve bu alanda daha çok çevresel unsurların ön planda olduğu ve sosyal boyutun geri planda kaldığını belirtmiştir.

Alt kriterlerin değerlendirilmesinde en önemli alt kriter C33- Üründe geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde hammadde ve malzeme ana grubunda C31- Üründe doğal kaynak kullanımını azaltma ve C34- Ürünün yaşam döngüsü sonunda geri dönüşü veya yeniden kullanılabilirliği sırasıyla en önemli 5. ve 8. kriter olarak belirlenmiştir. Özellikle kimya sektöründe geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı öncelikli araştırma ve ürün geliştirme odakları arasındadır. Bu odaklar kaynaklardan en verimli şekilde faydalanmayı öngören döngüsel ekonomi kavramının özünü oluşturmaktadır (Cucciniello ve Cespi, 2018). Kıstasların değerlendirilmesinde çevresel etkiler kadar ekonomik unsurlar da ön plana çıkmaktadır. Geri dönüşüm bileşen kullanılması veya ürünlerin yaşam döngüsü sonrası kullanılabilirliği gibi özellikler bir maliyet avantajı da sunmaktadır (Kimya Sektörü Sürdürülebilirlik Eylem Planı Raporu, 2023). Kimya endüstrisi içindeki en öncelikli ve yüksek hacimli ürün gruplarından biri plastiktir. Tez kapsamında kimya sektöründe ele alınan tüm ürünler plastik ürün grubu içinde yer almaktadır.

Kar amacı gütmeyen ve döngüsel ekonomi prensiplerinin oluşturulması amacı ile kurulan Ellen MacArthur Vakfı (Ellen MacArthur Foundation- EMF) sektöre yönelik yeni ekonomik model öngörüsünde de geri dönüşüm, yeniden kullanılabilirlik gibi kavramları yoğun şekilde vurgulamaktadır (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Birleşmiş Milletlere ait sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden SDG 12- Sorumlu Üretim ve Tüketim amacının ikinci alt hedefi doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve etkin kullanımı ile ilgilidir. Kurumların sürdürülebilirlik planları özellikle SDG 12 ekseninde ele alınmakta olup, bu doğrultuda çalışmamızda C31- kriterinin de en önemli kriterler arasında yer almasını desteklemektedir.

Finansal kriterler içerisinde, C11- Ürün maliyeti ve C14- Karlılık ve satış gelirleri sırasıyla 3 ve 4. önemli kriter olarak hesaplanmıştır. Sürdürülebilirlik alanında ürünlerin değerlendirilmesinde en yaygın yaklaşımlardan biri teknik/ ekonomik değerlendirmelerdir, dolayısıyla ürün maliyetinin önceliklenmesi beklenen bir durumdur (Briassoulis vd. 2023, Buchner vd. 2018). Diğer taraftan yeni ürün geliştirme kavramının temelinde paydaşlar için gelir hedefi ve karlılık gibi unsurları barındırır. Cooper (2019) yeni ürünler ile ilgili temel başarı ölçütlerinden birini karlılık olarak ele almaktadır. Pienaar vd. (2019), Lahiri (2020) ve Fabo vd. (2023) çalışmalarında kimya alanında üretim yapan işletmelerde karlılığın ürünlerin başarısında önemli bir başarı ölçütü

olduğunu tespit etmiştir. Dolayısıyla bu kriterin önemli kriterler arasında yer alması literatürdeki çalışmalar ile benzer bir durumdur.

Değerlendirmelerde C41- Ürünün seri üretiminde, atık oluşturmaması en önemli kriterler arasında 2. sırada yer almıştır. Kimya sektöründe özellikle plastik alanında ekonomik ve çevresel perspektiften atık azaltma pek çok otoritenin öncelikli hedefleri arasında yer almaktadır. Bu alanda 2030 yılına kadar bazı hedeflerin sağlanması beklenmektedir (Kaur vd., 2018). Kurumlar ve uzmanlar sürdürülebilirlik çalışmalarında bu hedefleri sağlamak için kriteri önceliklendirmektedir.

### 6.1.3 Otomotiv ve Kimya Sektöründe Belirlenen Kriterlerin Kıyaslanması

Çalışmamızın konusu olan otomotiv ve kimya endüstrilerinde ana kriterlerin önceliklendirilmesinde, birbirine yakın sayılabilecek sonuçlar elde edilmiştir. Ürün ve üretim süreçlerinde çevresel kriterler her iki sektörde de oldukça yüksek ağırlıklara sahiptir. Ancak iki endüstri dalında kriter ağırlıklandırılmasında tespit edilen en önemli farklılık, otomotivde en baskın ana kriterin finansal kriterler olarak tespit edilirken kimya sektöründe çevresel kriterlerin finansal kriterlere göre daha yüksek önceliğe sahip olmasıdır.

Her iki sanayi kolu da sera gazı emisyonları açısından kapsam 1 statüsünde olsa da bu ayrışmanın temelinde otomotiv endüstrisindeki ürün gruplarının çok daha yüksek maliyetlere sahip olması ve küresel ekonomik krizler dolayısıyla ekonomik faktörlerden çok daha fazla etkilenmesi olarak değerlendirilmiştir. Bir diğer gerekçe ise yapılan çalışmadaki uzmanların daha çok otomotiv ana sanayinde yer alması ve bu sanayi dalında çok sıkı bir regülasyon baskısı olması sebebiyle bazı uygulamaların sadece regülasyon çerçevesinde ele alınabilmesi kaynaklı sınırlılıktır. Bu sebeple çevresel baskılar regülasyonun tanımladığı zaman ve çerçevede ele alınmakta, ürün geliştirme departmanları bu değişikliklere ayak uydurmada daha çok maliyet hedefini sağlama çabası ile hareket etmektedir.

Kimya sektörü ise son dönemde çevresel olumsuzlukların azaltılması noktasında gerek işletmelerin kendi iç düzenlemeleri gerekse regülasyonlar açısından katı koşullara tabidir. Yasaklanan hammaddelerde yapılan güncellemeler, üretim proseslerindeki olumsuzlukları iyileştirmeye yönelik sıklıkla değişen ve katılaşan regülasyonlar sektörün öncelikli hedefini olumsuz çevresel etkileri azaltma olarak şekillendirmiştir.

Her iki sektörün değerlendirilmesinde sosyal kriterler en düşük ağırlık katsayısına sahiptir. Araştırmamız kurumsal ölçekte firmalar ile yürütülmüştür. Bu ölçekteki firmalarda sosyal boyut altında ele alınan iş sağlığı güvenliği, fırsat eşitliği ve çalışan geliştirme gibi pek çok unsur belirli düzenlemelere tabidir. Bu doğrultuda araştırmamıza katkı sağlayan uzmanların bu kriterlere yönelik olumsuz etkiler ile karşılaşmamış olmaları ve bu alanların daha çok işletmelerde idari departmanların konusu olması gibi hususlar dolayısıyla sosyal kritelerin yeni ürünler ile ilgili bir değerlendirmede daha geri planda yer aldığı değerlendirilmektedir.

Alt kriterlerde ise C11- Ürün maliyetleri ve C14- Satış ve karlılık gelirleri gibi finansal kriterler her iki sektörde de yüksek bir önem derecesi ile ön plana çıkmıştır. Ürün geliştirme ve araştırma departmanları için yeni ürün geliştirmede maliyet hedefleri ve yüksek karlılık her zaman ilk sıralarda yer alan hedeflerdir. Ayrıca sürdürülebilirlik literatürü ülkemizde öncelikle mali bir odakla başlamıştır. Hali hazırda bu alanda kanunların getirdiği zorunlulukların pek çoğu mali bakış açısının esas alındığı uygulamalardır. Yakın zamanda yayınlanan Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları gibi raporlama uygulamaları bu duruma yönelik güncel örneklerden biridir. Bu bağlamda finansal kriterlerin yüksek önem derecesine sahip olması güncel durumun uzantısıdır.

### 6.2. Sürdürülebilir Yeni Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında otomotiv ve kimya olarak iki sanayi kolunda uygulama yapılmıştır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinde 2050'ye kadar net sıfır emisyon hedefi ve bu hedefe ulaşmak için 1,5 derece eylem planı açıklanmıştır. Eylem planında otomotiv ve kimya öncelikli hedef sektörler arasında yer almıştır (Li vd., 2023, s.5). Öncelikli sektörlerin ele alınması ile yapılan çalışmanın daha yüksek etki oluşturması ve sanayiye katkı sağlaması amaçlanmıştır. Ayrıca seçilen sektörlerde, üretim hacimleri doğrultusunda şirketlerin büyük ölçekli ve halka arz yapıları sürdürülebilirlik raporlaması gibi çalışmaları gerçekleştirmelerini zorunluluk haline getirmektedir. Çalışmamızın işletmelerin sürdürülebilirlik alanında veri üretmesi ve karar vermesine katkı sağlaması hedeflenmiştir. Her iki sektörde imalat başlığı altında değerlendirildiğinde doğrudan emisyonları temsil eden kapsam 1 ve dolaylı emisyonları temsil eden kapsam 2 ve 3 açısından son derece belirgin profillere sahiptir (Hertwich ve Wood, 2018, s.6). Araştırmamızda ürünlerin doğrudan ve dolaylı sürdürülebilirlik etkilerini içeren kriterlere

yer verilmiştir. Böylelikle işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarında ürünleri ile ilgili önemli bir görünürlük sağlamalarına yardımcı olunması planlanmıştır.

### 6.2.1. Otomotiv Sektöründe Sürdürülebilir Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Otomotiv sektöründe seçilen yeni ürün alternatiflerinin değerlendirilmesi sonucunda en sürdürülebilir yeni ürün alternatifi, şehir içi toplu taşımada kullanılan, elektrikli, yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip A3 ürünü olarak tespit edilmiştir. Ürünün özellikle yakıt tipi olarak elektrikli olması diğer ürün alternatifleri açısından ön plana çıkmasına neden olmuştur. Dulce vd., (2024) araştırmasında otobüsler için benzer sonuçlar paylaşmaktadır. Elektrikli araçlar sıfır emisyon kategorisindedir. Alternatif 3'ün özellikle diğer alternatiflere göre daha sürdürülebilir olmasının temelinde yakıt tipinin yanı sıra yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip olması da önemli bir etken olmuştur. Toplu taşıma araçlarının öncelikli müşterileri belediyeler ve yolcu taşımacılığı yapan işletmelerdir. Bu açıdan birim üründen maksimum faydanın sağlanabilmesi önemli bir tercih edilebilirlik sağlamaktadır. A3, pazar kriterleri açısından yüksek puanlı bir ürün alternatifidir, geliştirici firmanın yeni pazarlara açılmasına imkan sağlamış, ihracat potansiyeli yüksek bir üründür. Finansal kriterler açısından da maliyetlerde diğer ürün alternatifleri arasında kabul edilebilir bir konumda yer almaktadır. Ürünün yakıt tipi ve güçlü teknik özellikleri dolayısıyla devlet sübvansiyonları açısından da avantajlı bir konumu bulunmaktadır. Firma ürün geliştirme ve ihracata hazırlık için çeşitli kamu desteklerinden yararlanmıştır. Değerlendirmede ikinci sırayı yakıt tipi olarak doğal gazlı, yüksek yolcu taşıma kapasitesine sahip, şehir içi toplu taşımada kullanılan ve güncel güvenlik regülasyonlarına uygun elektronik donanımlar ile güçlendirilmiş bir ürün alternatifi olan A2 almıştır. Bu yakıt tipine sahip araçlar, toplam sahip olma maliyeti esas alındığında, toplu taşıma için oldukça iyi alternatiflerdir (Fabianová ve Janeková, 2022, s.104). Ayrıca aracın diğer alternatiflere göre güçlü elektronik donanımı, dizel araçlara göre daha düşük emisyonu ve yüksek yolcu taşıma kapasitesi pazar kriterleri açısından iyi bir konumlandırmaya sahip olmasını sağlamaktadır. Zhang vd. (2020), toplu taşımada yolcu konforuna etki eden unsurları değerlendirdiği araştırmasında konfora etki eden unsurların yolcular tarafından hizmette memnuniyet etkisi sağladığına yönelik bulgular paylaşmıştır. Araçta güvenlikle ilgili donanımlar sürüş konforu ile doğrudan ilişkili araçlardır.

Araştırmamızda diğer ürün alternatifleri olan A1, A4 ve A5 sürdürülebilirlik açısından eşit bir sıralamaya sahip olmuştur. Şüphesiz yakıt tipi açısından değerlendirildiğinde A1 ürünü dizel, A4 ürünü doğal gazlı ve A5 ürünü elektrikli araç olması ile beklenmeyen bir sonuca ulaşılmaktadır. Ancak sürdürülebilirliğin çok boyutlu yapısı, ilgili sektörde maliyet baskısı kaynaklı en düşük ürün ve işletme maliyetine erişme çabası ve üründe sağlanan farklı fonksiyonel özelliklerin emisyon unsurundan daha önemli etkilere sahip olduğu değerlendirildiğinde bu sonucun gerçekçi bir değerlendirme olduğu görülmektedir.

Araştırmamız sonucunda, otomotiv sektörü özelinde, ilk aşamada toplu taşıma alanında daha sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesine yönelik kullanılabilecek değerlendirme kriterleri ile ürün konseptlerinin ön sürdürülebilirlik analizlerinin yapılmasını mümkün kılacak bir kriter seti ve analiz modeli ortaya konmuştur. Böylelikle AR-GE ekipleri, ürün ve iş geliştirme faaliyetlerinde, erken aşamada daha sürdürülebilir ürünler geliştirebilmek adına bu araçlardan yararlanabilecektir. İlerleyen dönemlerde, izlenen yaklaşım farklı sürdürülebilirlik ekollerinin değerlendirme ölçütleriyle uyumlu hâle getirilerek güncellenebilir ve böylece yöntemin etki düzeyi artırılabilir. Ayrıca, farklı çok kriterli karar verme yöntemleri ve bulanık mantık yaklaşımları kullanılarak analizler yapılabilir; bu sayede sonuçların karşılaştırılması yoluyla güvenilirlik ve tutarlılığı artırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir. Araştırmanın daha geniş bir karar verici grubuyla zenginleştirilmesi, imalat sanayi genelinde sürdürülebilirlik odaklı ürün geliştirme süreçlerine rehberlik edecek kriterler ve değerlendirme modellerinin ortaya çıkarmasına yönelik potansiyele sahiptir.

### 6.2.2. Kimya Sektöründe Sürdürülebilir Ürün Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

Kimya sektöründe belirlenen ürün grubu içinde, en sürdürülebilir ürün alternatifi ambalaj sektörü için geliştirilen, %100 geri dönüştürülebilir özellikteki monopoliolefin yapılı A2 ürünü olarak değerlendirilmiştir. Bu ürünün öncelikli kullanım alanı körüklü torbalardır. Kimya sektörü odağında yapılan kriter ağırlıklıklandırma çalışmasında çevresel boyutta, geri dönüşüm hammadde bileşen kullanımı, ürün üretiminde atık oluşturmaması, ürünün yaşam döngüsü sonunda geri dönüşümü gibi kriterler çalışmada yüksek öncelik derecesine sahip kriterler arasında yer almıştır. Ceballos-Santos vd. (2024), plastik ürünlerin yaşam döngülerine yönelik gerçekleştirdikleri araştırmada, bu sektördeki çevresel etkileri azaltmada geri dönüştürülebilirliğin en önemli unsurlardan biri olduğunu

vurgulamaktadır. Bu bağlamda, A2 ürününün %100 geri dönüştürülebilir yapısı ve üretim sürecinde oluşan firelerin yeniden prosese beslenebilmesi gibi özellikleri, söz konusu ürünü yüksek sürdürülebilirliğe sahip bir konsept haline getirmektedir. Ayrıca, bu ürün firma bünyesinde, kamu destekli bir proje kapsamında geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, hem kamu destekleri açısından rakiplerine göre avantajlı bir konumda yer almakta hem de söz konusu desteklerin gerekliliklerine uygun olarak, üretim süreçlerinde enerji verimliliği ve temiz su kullanımında optimizasyon gibi çevresel faydaları da beraberinde sunmaktadır. Benzer şekilde, tarım sektörüne yönelik geliştirilen A1 alternatifi de yüksek sürdürülebilirliğe sahip bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Bu ürün, biyobozunur ve kitosan katkılı bir ürün reçetesine sahiptir. Bu özelliği sayesinde, kullanım sonrası faydalı ömrünü tamamladığında çevreye atık etkisi yaratmayan ve zararlı kimyasal içermeyen bir çözüm sunmaktadır. Kimya sektörü özelinde yapılan kriter ağırlıklandırma çalışmasında, "atık oluşturmama" ve "doğal kaynak kullanımını azaltma" gibi kriterler en öncelikli ilk beş kriter arasında yer almıştır. Bu çerçevede A1 ürünü, güçlü çevresel performans özellikleri ile öne çıkmaktadır. Rosenboom vd. (2022), biyoplastiklerin endüstrinin çevresel etkisini azaltmada en önemli çözümlerden biri olduğunu vurgulamaktadır. A1 alternatifi, A2 alternatifi gibi bir kamu destekli bir projenin ürünüdür. Bu doğrultuda diğer alternatiflere göre devlet sübvansiyonları gibi finansal kriterler açısından da avantajlı konumdadır.

Yapılan değerlendirmelerde, A5, A6 ve A7 ürünleri eşdeğer sürdürülebilir çözümler olarak üçüncü sırada yer almıştır. A5, hijyen grubuna ait olup bebek bezlerinde kullanılan polietilen bazlı bir üründür. A6, yine polietilen bazlı olup koruyucu giysilerin dış yüzey kaplamalarında kullanılmaktadır. A7 ise, A5 ile benzer kullanım alanına sahip olmasına rağmen biyobozunur özellik taşıyan yeni bir ürün alternatifidir. Bu ürünlerin tamamı aynı üretim teknolojisiyle üretilmekte olup, reçete farklılıkları nedeniyle sürdürülebilirlik seviyeleri değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte, ürünlerin tamamında "daha az malzeme kullanımı", "yasaklı hammadde içermeme" ve "biyobozunur bileşen tercih etme" gibi çevresel öncelikler dikkate alınmıştır. Söz konusu ürünler, geliştirici firmanın mevcut müşteri portföyüne hitap eden, daha yüksek segmentli çözümler olup pazar kriterleri açısından da orta ve üst segmentte rekabet avantajı sunmaktadır. Venkatesan vd. (2024), yeşil ve sürdürülebilir kimyanın çok boyutlu yapısına vurgu yapmaktadır. Benzer şekilde, bu çalışmada da yalnızca ürün reçetesinin biyobazlı ya da geri dönüştürülebilir

olmasının sürdürülebilirlik açısından tek başına yeterli bir ölçüt olmadığına dair bulgular ortaya konmuştur.

Analizler sonucunda, en düşük sürdürülebilirlik puanına sahip iki alternatif; polietilen reçeteli gıda ambalajı ürünü ve poliolefin reçeteli tek kullanımlık yüzey kaplama filmi olarak tespit edilmiştir Özellikle A4 çözümü, pazar kriterleri açısından en zayıf alternatiflerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu ürünler aynı zamanda finansal kriterler bakımından da diğer alternatiflere kıyasla daha düşük performans sergilemektedir.

Bu çalışma, emisyon etkisi oldukça yüksek olan kimya sanayiinde daha sürdürülebilir ürünlerin geliştirilmesine yönelik araştırmacılara yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Tanımlanan kriterler ve değerlendirme yöntemleri sayesinde, ürün tasarım sürecinde daha ideal çözümler öngörülebilecektir. Gelecek çalışmalarda bu yaklaşımın farklı sürdürülebilirlik indeksleri ile uyumlandırılması ve yöntemlerin zenginleştirilmesi mümkündür.

Kimya sektörü oldukça geniş kapsamlı bir alan olduğundan, bu çalışmada daha çok film üreticilerine odaklanılmıştır. Ancak etkinin yaygınlaştırılması adına, sektör genelinde farklı ürün üreticileriyle yapılacak değerlendirmeler yoluyla kriter setleri ve analiz yöntemleri güncellenebilir ve genellenebilir.

# KAYNAKÇA


Aguiar, M. F., Mesa, J. A., Jugend, D., Pinheiro, M. A. P., & Fiorini, P. D. C. (2022). Circular product design: Strategies, challenges and relationships with new product development. *Management of Environmental Quality: An International Journal, 33*(2), 300-329.

Ahmadi-Gh, Z., & Bello-Pintado, A. (2021). The effect of sustainability on new product development in manufacturing—internal and external practices. *Administrative Sciences, 11*(4), 115.

Ajmal, M. M., Khan, M., Hussain, M., & Helo, P. (2018). Conceptualizing and incorporating social sustainability in the business world. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 25*(4), 327-339.

Akbari, M., Meshram, S. G., Krishna, R. S., Pradhan, B., Shadeed, S., Khedher, K. M., & Darabi, F. (2021). Identification of the groundwater potential recharge zones using MCDM models: full consistency method (FUCOM), best worst method (BWM) and analytic hierarchy process (AHP). *Water Resources Management, 35*, 4727-4745.

Albitar, K., Borgi, H., Khan, M., & Zahra, A. (2022). Business environmental innovation and CO2 emissions: The moderating role of environmental governance. *Business strategy and the environment, 32*(4), 1996-2007.

Alblas, A. A., Peters, K., & Wortmann, J. C. (2014). Fuzzy sustainability incentives in new product development: An empirical exploration of sustainability challenges in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management, 34*(4), 513-545.

Alhaddi, H. (2015). Triple bottom line and sustainability: A literature review. *Business and Management Studies, 1*(2), 6-10

Ali, E. B., Anufriev, V. P., & Amfo, B. (2021). Green economy implementation in Ghana as a road map for a sustainable development drive: A review. *Scientific African, 12*, e00756.

Ali, Z., Badir, Y. F., & Dost, M. (2016). Sustainable New Product Development and Social Sustainability: The Impact of Stakeholder Support. *Sustainability: The Journal of Record, 9*(2), 88-98.

Alnajem, M., Mostafa, M. M., & ElMelegy, A. R. (2021). Mapping the first decade of circular economy research: A bibliometric network analysis. *Journal of Industrial and Production Engineering, 38*(1), 29–50

Altuğ, N. (2017). İşletmelerde yeni ürün geliştirme çalışmaları ve başarı faktörleri. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi, 3*(02), 20-28.

Andersen, R., Brunoe, T. D., & Nielsen, K. (2023). Platform-based product development in the process industry: a systematic literature review. *International Journal of Production Research, 61*(5), 1696-1719.

Anderson, A., McAllister, C., & Harris, E. (2024). Product Development and Management Body of Knowledge: *A Guidebook for Product Innovation Training and Certification.* John Wiley & Sons.

Asveld, L. (2019). Towards including social sustainability in green and sustainable chemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 19*, 61-65.

Atçı, S. H., & Atalay, K. (2022). Web Sitesi Tasarım Aşamasındaki Kriterlerin Önem Derecelerinin Bulanık Fucom ile Belirlenmesi. J*ournal of Turkish Operations Management, 6*(1), 1010-1027.

Ayadi, H., Hamani, N., Kermad, L., & Benaissa, M. (2021). Novel fuzzy composite indicators for locating a logistics platform under sustainability perspectives. *Sustainability, 13*(7), 3891.

Aytac, S., Bautista-Puig, N., Orduña-Malea, E., & Tran, C. Y. (2023). Contribution of carbon footprint research towards the triple bottom line of sustainability. *Environmental Science and Pollution Research,* 1-19.

Bączkiewicz, A., Kizielewicz, B., Shekhovtsov, A., Wątróbski, J., & Sałabun, W. (2021). Methodical aspects of MCDM based E-commerce recommender system. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 16*(6), 2192-2229.

Bao, H. P., & Bodapati, S. (2011, January). Development of Sustainable Indicators for Products and Processes. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 54792, pp. 977-983)

Baumgartner, R. J., & Rauter, R. (2017). Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. *Journal of Cleaner Production, 140*, 81-92.

Beheshtinia, M. A., & Omidi, S. (2017). A hybrid MCDM approach for performance evaluation in the banking industry. *Kybernetes, 46*(8), 1386-1407.

Bekoğlu, F. B., & Ergen, A. New product development and product launch strategies. *Sciences, 13*(1), 923-938.

Belliveau, P., Griffin, A., & Somermeyer, S. (Eds.). (2002). *The PDMA ToolBook 1 for new product development*. New York, NY: John Wiley & Sons..

Berchicci, L., & Bodewes, W. (2005). Bridging environmental issues with new product development. *Business Strategy and the Environment, 14*(5), 272–285.

Bertoni, A., Dasari, S. K., Hallstedt, S. I., & Andersson, P. (2018). Model-based decision support for value and sustainability assessment: Applying machine learning in aerospace product development. In *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (pp. 2585–2596).

Bhardwaj, S., Nair, K., Tariq, M. U., Ahmad, A., & Chitnis, A. (2023). The state of research in green marketing: A bibliometric review from 2005 to 2022. *Sustainability, 15*(4), 2988.

Bibaud-Alves, J., El-Haouzi, H. B., Thomas, P., & Boucinha, V. (2019). Toward a sustainable new product development approach based on industry 4.0 assets. In *Service orientation in holonic and multi-agent manufacturing: Proceedings of SOHOMA 2018* (pp. 156–167). Springer International Publishing.

Bibri, S. E. (2020). The eco-city and its core environmental dimension of sustainability: Green energy technologies and their integration with data-driven smart solutions. *Energy Informatics, 3*(1), 1–26.

Bilgili, M. Y. (2017). Ekonomik, ekolojik ve sosyal boyutlarıyla sürdürülebilir kalkınma. *Journal of International Social Research, 10*(49).

Binboğa, G. (2017). Sürdürülebilirlik kapsamında Kyoto Protokolü esneklik mekanizmaları ve Türkiye'nin durumunun incelenmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15*(4), 207–238.

Biswas, T. K., Chaki, S., & Bose, D. (2024). Determining process parameters for optimum weld quality in submerged arc welding process of mild steel using a hybrid fuzzy-MABAC approach. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 18*(6), 4295–4314.

Bond, A., Morrison-Saunders, A., & Pope, J. (2012). Sustainability assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal, 30*(1), 53–62.

Booz, A. (n.d.). *Hamilton's new product process*. Retrieved from http://samples.jbpub.com/9780763782610/82610_CH02_PASS02.pdf

Borah, P. S., Dogbe, C. S. K., Pomegbe, W. W. K., Bamfo, B. A., & Hornuvo, L. K. (2023). Green market orientation, green innovation capability, green knowledge acquisition and green brand positioning as determinants of new product success. *European Journal of Innovation Management, 26*(2), 364–385.

Božanić, D. I., Pamučar, D. S., & Karović, S. M. (2016). Use of the fuzzy AHP-MABAC hybrid model in ranking potential locations for preparing laying-up positions. *Vojnotehnički Glasnik / Military Technical Courier, 64*(3), 705–729.

Böyükaslan, A., & Ecer, F. (2021). Determination of drivers for investing in cryptocurrencies through a fuzzy full consistency method-Bonferroni (FUCOM-F'B) framework. *Technology in Society, 67*, 101745.

Bragança, L., Mateus, R., & Koukkari, H. (2010). Building sustainability assessment. *Sustainability, 2*(7), 2010–2023.

Briassoulis, D., Pikasi, A., Hiskakis, M., Arias, A., Moreira, M. T., Ioannidou, S. M., ... & Koutinas, A. (2023). Life-cycle sustainability assessment for the production of bio-based polymers and their post-consumer materials recirculation through industrial symbiosis. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 41*, 100818.

Buchert, T., Neugebauer, S., Schenker, S., Lindow, K., & Stark, R. (2015). Multi-criteria decision making as a tool for sustainable product development – Benefits and obstacles. *Procedia CIRP, 26*, 70–75.

Buchner, G. A., Zimmermann, A. W., Hohgräve, A. E., & Schomäcker, R. (2018). Techno-economic assessment framework for the chemical industry—Based on technology readiness levels. *Industrial & Engineering Chemistry Research, 57*(25), 8502–8517.

Bulğurcu, B., & Koçak, F. S. (2020). Yeni ürün geliştirme projelerinde risk ve başarı faktörlerinin Bulanık DEMATEL tekniği ile değerlendirilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 12*(1), 732–748.

Burford, G., Hoover, E., Velasco, I., Janoušková, S., Jimenez, A., Piggot, G., ... & Harder, M. K. (2013). Bringing the "missing pillar" into sustainable development goals: Towards intersubjective values-based indicators. *Sustainability, 5*(7), 3035–3059.

Büyüközkan, G., & Karabulut, Y. (2018). Sustainability performance evaluation: Literature review and future directions. *Journal of Environmental Management, 217*, 253–267.

Camilleri, M. A., Cricelli, L., Mauriello, R., & Strazzullo, S. (2023). Consumer perceptions of sustainable products: A systematic literature review. *Sustainability, 15*(11), 8923.

Can, G. F., & Toktaş, P. (2018). A novel fuzzy risk matrix based risk assessment approach. *Kybernetes, 47*(9), 1721–1751.

Candelaria, J. L., Sharifi, A., Simangan, D., & Tabosa, R. M. R. (2023). A critical analysis of selected global sustainability assessment frameworks: Toward integrated approaches to peace and sustainability. *World Development Perspectives, 32*, 100539.

Caradonna, J. L. (2014). *Sustainability: A history*. Oxford University Press.

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 38*(5), 360–387.

Ceballos-Santos, S., de Sousa, D. B., González García, P., Laso, J., Margallo, M., & Aldaco, R. (2024). Exploring the environmental impacts of plastic packaging: A comprehensive life cycle analysis for seafood distribution crates. *Science of the Total Environment, 951*, 175452.

Cecchin, A., Salomone, R., Deutz, P., Raggi, A., & Cutaia, L. (2021). What is in a name? The rising star of the circular economy as a resource-related concept for sustainable development. *Circular Economy and Sustainability, 1*(1), 83–97.

Chang, A. Y., & Cheng, Y. T. (2019). Analysis model of the sustainability development of manufacturing small and medium-sized enterprises in Taiwan. *Journal of Cleaner Production, 207*, 458–473.

Chang, D., Lee, C. K. M., & Chen, C. H. (2014). Review of life cycle assessment towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production, 83*, 48–60.

Chang, R. D., Zuo, J., Zhao, Z. Y., Zillante, G., Gan, X. L., & Soebarto, V. (2017). Evolving theories of sustainability and firms: History, future directions and implications for renewable energy research. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72*, 48–56.

Chen, L. H., & Chen, C. N. (2014). A QFD-based mathematical model for new product development considering the target market segment. *Journal of Applied Mathematics, 2014.*

Chen, L. H., & Ko, W. C. (2010). Fuzzy linear programming models for NPD using a four-phase QFD activity process based on the means-end chain concept. *European Journal of Operational Research, 201*(2), 619–632.

Chen, Y. S., Lin, S. H., Lin, C. Y., Hung, S. T., Chang, C. W., & Huang, C. W. (2020). Improving green product development performance from green vision and organizational culture perspectives. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 27*(1), 222–231.

Chen, Z. H., Wu, D. F., Luo, W., & Cheng, X. J. (2024). A hybrid heterogeneous framework for medical waste disposal evaluation by fusing group BWM and regret-rejoice MABAC. *Expert Systems with Applications, 249*, 123514.

Cheng, C., & Yang, M. (2019). Creative process engagement and new product performance: The role of new product development speed and leadership encouragement of creativity. *Journal of Business Research, 99*, 215–225.

Cimatti, B., & Campana, G. (2016). Modern industrial product development and organizational impact. *International Journal of Organizational Innovation (Online), 8*(3), 7.

Cinelli, M., Kadziński, M., Gonzalez, M., & Słowiński, R. (2020). How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. *Omega, 96*, 102261.

Cinelli, M., Kadziński, M., Gonzalez, M., & Słowiński, R. (2022). Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. *European Journal of Operational Research, 302*(2), 633–651.

Claudy, M. C., Peterson, M., & Pagell, M. (2016). The roles of sustainability orientation and market knowledge competence in new product development success. *Journal of Product Innovation Management, 33*, 72–85.

Clift, R., & Druckman, A. (2015). *Taking stock of industrial ecology*. Springer Nature.

Cooper, R. G. (2019). The drivers of success in new-product development. *Industrial Marketing Management, 76*, 36–47.

Cooper, R. G., & Kleinschmidt, E. J. (2010). Success factors for new-product development. In *Wiley international encyclopedia of marketing*. Wiley.

Cornwall, A. (2007). Buzzwords and fuzzwords: Deconstructing development discourse. *Development in Practice, 17*(4–5), 471–484.

Correia, M. S. (2019). Sustainability: An overview of the triple bottom line and sustainability implementation. *International Journal of Strategic Engineering (IJoSE), 2*(1), 29–38.

Corsini, L., & Moultrie, J. (2021). What is design for social sustainability? A systematic literature review for designers of product-service systems. *Sustainability, 13*(11), 5963.

Cucciniello, R., & Cespi, D. (2018). Recycling within the chemical industry: The circular economy era. *Recycling, 3*(2), 22.

Cullen, L., Meng, F., Lupton, R., & Cullen, J. M. (2024). Reducing uncertainties in greenhouse gas emissions from chemical production. *Nature Chemical Engineering, 1*(4), 311–322.

Daldır, İ., & Tosun, Ö. (2018). Bulanık WASPAS ile yeşil tedarikçi seçimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23*(4), 193–208.

de Marco, B. A., Rechelo, B. S., Tótoli, E. G., Kogawa, A. C., & Salgado, H. R. N. (2019). Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review. *Saudi Pharmaceutical Journal, 27*(1), 1–8.

Delaney, E., Liu, W., Zhu, Z., Xu, Y., & Dai, J. S. (2022). The investigation of environmental sustainability within product design: A critical review. *Design Science, 8*, e15.

Demirtaş, M. C. (2022). Üniversite rektörlerinin sosyal medya kullanımlarının MABAC yöntemi ile değerlendirilmesi. *Öneri Dergisi, 17*(57), 102–147.

Fidan, F. Ş. (2021). Denim sektöründe yaşam döngüsü analizi yaklaşımı ile bütünsel sürdürülebilirlik değerlendirmesi (Doktora tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Destatte, P. (2010). Foresight: A major tool in tackling sustainable development. *Technological Forecasting and Social Change, 77*(9), 1575–1587.

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, 29*, 117–128.

Dinçer, H., Uluer, G. S., & Lisin, A. (2022). The role of European Green Deal for carbon emission reduction. In *Clean energy investments for zero emission projects: An analysis on how to reduce the carbon footprint* (pp. 37–47). Cham: Springer International Publishing.

Ding, Q., Khattak, S. I., & Ahmad, M. (2021). Towards sustainable production and consumption: Assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions ($CCO_2$) in G-7 nations. *Sustainable Production and Consumption, 27*, 254–268.

Doualle, B., Medini, K., Boucher, X., & Laforest, V. (2015). Investigating sustainability assessment methods of product-service systems. *Procedia CIRP, 30*, 161–166.

Doyle, P. (2008). *Değer temelli pazarlama*. İstanbul: Kapital Medya Hizmetleri.

Dresner, S. (2012). *The principles of sustainability* (2nd ed.). Routledge.

Driessen, P. H., Hillebrand, B., Kok, R. A., & Verhallen, T. M. (2013). Green new product development: The pivotal role of product greenness. *IEEE Transactions on Engineering Management, 60*(2), 315–326.

Dulce, F., Murillo-Hoyos, J., & Caicedo, E. (2024). Comparative analysis of the performance, environmental impact, and costs of electric, combustion, and gas buses in an operating context of a mid-sized city of an emerging country. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 25*, 101113.

Dwivedi, R., Jaffar Karim, F., & Starešinić, B. (2021). Critical success factors of new product development: Evidence from select cases. *Business Systems Research: International Journal of the Society for Advancing Innovation and Research in Economy, 12*(1), 34–44.

Dyllick, T., & Rost, Z. (2017). Towards true product sustainability. *Journal of Cleaner Production, 162*, 346–360.

Ecer, F. (2021). Sürdürülebilir tedarikçi seçimi: FUCOM sübjektif ağırlıklandırma yöntemi temelli MAIRCA yaklaşımı. *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty, 8*(1), 26–48.

Einızadeh, A., & Kasraei, A. (2021). Proposing a model of green supply chain management based on new product development (NPD) in auto industry. *Journal of Economics & Management Research, 10*, 6-21.

Ekins, P., & Zenghelis, D. (2021). The costs and benefits of environmental sustainability. *Sustainability Science, 16*, 949–965.

Elkington, J. (2013). Enter the triple bottom line. In A. Henriques & J. Richardson (Eds.), *The triple bottom line: Does it all add up?* (pp. 1–16). Routledge.

Elkington, J. (2018). 25 years ago I coined the phrase "triple bottom line." Here's why it's time to rethink it. *Harvard Business Review, 25*, 2–5.

Ercan, T., & Tatari, O. (2015). A hybrid life cycle assessment of public transportation buses with alternative fuel options. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 20*, 1213–1231.

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.

Ersöz, H. Ö., & Ersöz, F. G. (2022). BİST Aydın ve Denizli şehir endekslerinde yer alan şirketlerin çevresel sürdürülebilirlik kodları. *Business Economics and Management Research Journal, 5*(1), 34–49.

Ertan, Y. (2018). Türkiye'de sürdürülebilirlik raporlaması (2005–2017). *Journal of Accounting and Taxation Studies, 11*(3), 463–478.

Eslami, Y., Dassisti, M., Lezoche, M., & Panetto, H. (2019). A survey on sustainability in manufacturing organisations: Dimensions and future insights. *International Journal of Production Research, 57*(15–16), 5194–5214.

Fabianová, J., & Janeková, J. (2022). Economic assessment of investment in electric buses and CNG buses: A case study of a public transport company. *Advances in Science and Technology. Research Journal, 16*(4), 96–105.

Fabo, L., Supekova, S. C., Durda, L., & Gajdka, K. (2023). Success factors for product development and new product launch projects. *Marketing i Menedžment Innovacij, 14*(2), 196–207.

Farooq, Q., Fu, P., Liu, X., & Hao, Y. (2021). Basics of macro to microlevel corporate social responsibility and advancement in triple bottom line theory. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 28*(3), 969–979.

Farsi, M., Hosseinian-Far, A., Daneshkhah, A., & Sedighi, T. (2017). Mathematical and computational modelling frameworks for integrated sustainability assessment (ISA). In *Strategic engineering for cloud computing and big data analytics* (pp. 3–27). Springer.

Feil, A. A., & Schreiber, D. (2017). Sustainability and sustainable development: Unraveling overlays and scope of their meanings. *Cadernos Ebape.br, 15*, 667–681.

Feng, Y., Akram, R., Hieu, V. M., & Hoang Tien, N. (2022). The impact of corporate social responsibility on the sustainable financial performance of Italian firms: Mediating role of firm reputation. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 35*(1), 4740–4758.

Finkbeiner, M., Schau, E. M., Lehmann, A., & Traverso, M. (2010). Towards life cycle sustainability assessment. *Sustainability, 2*(10), 3309–3322.

Gani, A., Asjad, M., & Talib, F. (2021). Prioritization and ranking of indicators of sustainable manufacturing in Indian MSMEs using fuzzy AHP approach. *Materials Today: Proceedings, 46*, 6631–6637.

García-Muiña, F. E., Medina-Salgado, M. S., Ferrari, A. M., & Cucchi, M. (2020). Sustainability transition in Industry 4.0 and smart manufacturing with the triple-layered business model canvas. *Sustainability, 12*(6), 2364.

Ghoushchi, S. J., Bonab, S. R., Ghiaci, A. M., Haseli, G., Tomaskova, H., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2021). Landfill site selection for medical waste using an integrated SWARA-WASPAS framework based on spherical fuzzy set. *Sustainability, 13*(24), 13950.

Giovannoni, E., & Fabietti, G. (2013). What is sustainability? A review of the concept and its applications. In *Integrated reporting: Concepts and cases that redefine corporate accountability* (pp. 21–40).

Gleißner, W., Günther, T., & Walkshäusl, C. (2022). Financial sustainability: Measurement and empirical evidence. *Journal of Business Economics, 92*(3), 467–516.

Gmelin, H., & Seuring, S. (2014). Achieving sustainable new product development by integrating product life-cycle management capabilities. *International Journal of Production Economics, 154*, 166–177.

Goffin, K. (2017). Sustainability and new product development. In *Cranfield on corporate sustainability* (pp. 105–118). Routledge.

Gómez-Ortega, A., Flores-Ureba, S., Gelashvili, V., & Jalón, M. L. D. (2023). Users' perception for innovation and sustainability management: Evidence from public transport. *Review of Managerial Science*, 1–24.

Gong, J. W., Li, Q., Yin, L., & Liu, H. C. (2020). Undergraduate teaching audit and evaluation using an extended MABAC method under q-rung orthopair fuzzy environment. *International Journal of Intelligent Systems, 35*(12), 1912–1933.

Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi-criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production, 47*, 345–354.

Grönlund, J., Sjödin, D. R., & Frishammar, J. (2010). Open innovation and the stage-gate process: A revised model for new product development. *California Management Review, 52*(3), 106–131.

Guinée, J. (2016). Life cycle sustainability assessment: What is it and what are its challenges? In *Taking stock of industrial ecology* (pp. 45–68). Springer.

Gupta, A. K., & Gupta, N. (2020). Effect of corporate environmental sustainability on dimensions of firm performance – Towards sustainable development: Evidence from India. *Journal of Cleaner Production, 253*, 119948.

Hallin, A., Karrbom-Gustavsson, T., & Dobers, P. (2021). Transition towards and of sustainability—Understanding sustainability as performative. *Business Strategy and the Environment, 30*(4), 1948–1957.

Hallstedt, S. I. (2017). Sustainability criteria and sustainability compliance index for decision support in product development. *Journal of Cleaner Production, 140*, 251–266.

Hallstedt, S. I., & Isaksson, O. (2017). Material criticality assessment in early phases of sustainable product development. *Journal of Cleaner Production, 161*, 40–52.

Hallstedt, S. I., & Pigosso, D. C. (2017). Sustainability integration in a technology readiness assessment framework. In *21st International Conference on Engineering Design* (pp. 229–238). Design Society.

Hammer, J., & Pivo, G. (2017). The triple bottom line and sustainable economic development: Theory and practice. *Economic Development Quarterly, 31*(1), 25–36.

Harrington, L. M. B. (2016). Sustainability theory and conceptual considerations: A review of key ideas for sustainability, and the rural context. *Papers in Applied Geography, 2*(4), 365–382.

Hashemkhani Zolfani, S., Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2023). Evaluation of the special warehouse handling equipment (turret trucks) using integrated FUCOM and WASPAS techniques based on intuitionistic fuzzy Dombi aggregation operators. *Arabian Journal for Science and Engineering, 48*(11), 15561–15595.

Haug, A. (2022). Factors influencing knowledge sharing in new product development in high-tech manufacturing firms. *International Journal of Production Research*, 1–16.

Hedstrom, G. S. (2018). *Sustainability: What it is and how to measure it*. De Gruyter.

Heinberg, R., & Lerch, D. (2010). What is sustainability. In *The post carbon reader* (pp. 11–19).

Held, D., & Roger, C. (2018). Three models of global climate governance: From Kyoto to Paris and beyond. *Global Policy, 9*(4), 527–537.

Hertwich, E. G., & Wood, R. (2018). The growing importance of scope 3 greenhouse gas emissions from industry. *Environmental Research Letters, 13*(10), 104013.

Hong, Y., & Andersen, M. L. (2011). The relationship between corporate social responsibility and earnings management: An exploratory study. *Journal of Business Ethics, 104*, 461–471.

Hopwood, B., Mellor, M., & O'Brien, G. (2005). Sustainable development: Mapping different approaches. *Sustainable Development, 13*(1), 38–52.

Hu, Z., & Lin, J. (2022). An integrated multicriteria group decision making methodology for property concealment risk assessment under Z-number environment. *Expert Systems with Applications, 205*, 117369.

Huang, F. (2013, July). Technology innovation and new product development process integrating QFD and TRIZ. In *2013 Suzhou-Silicon Valley-Beijing International Innovation Conference* (pp. 127–131). IEEE.

Huang, S., Zhang, J., Yang, C., Gu, Q., Li, M., & Wang, W. (2022). The interval grey QFD method for new product development: Integrate with LDA topic model to analyze online reviews. *Engineering Applications of Artificial Intelligence, 114*, 105213.

Hull, C. E., Russell, J. D., & Kukar-Kinney, M. (2022). Making sustainability a core competency: Consumer response to sustainable innovative products. *Sustainability, 14*(18), 11688.

Husgafvel, R., Pajunen, N., Virtanen, K., Paavola, I. L., Päällysaho, M., Inkinen, V., ... & Ekroos, A. (2015). Social sustainability performance indicators – Experiences from process industry. *International Journal of Sustainable Engineering, 8*(1), 14–25.

Hynds, E. J., Brandt, V., Burek, S., Jager, W., Knox, P., Parker, J. P., ... & Zietlow, M. (2014). A maturity model for sustainability in new product development. *Research-Technology Management, 57*(1), 50–57.

Idrees, H., Xu, J., Haider, S. A., & Tehseen, S. (2023). A systematic review of knowledge management and new product development projects: Trends, issues, and challenges. *Journal of Innovation & Knowledge, 8*(2), 100350.

International Energy Agency. (2018). *The future of petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers*. https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals

International Energy Agency. (2022). *Global energy review: $CO_2$ emissions in 2022*. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2022

Jawahir, I. S., Dillon, O. W., Rouch, K. E., Joshi, K. J., Venkatachalam, A., & Jaafar, I. H. (2006, September). Total life-cycle considerations in product design for sustainability: A framework for comprehensive evaluation. In *Proceedings of the 10th International Research/Expert Conference* (Vol. 1, No. 10). Barcelona, Spain.

Jayakrishna, K., Vimal, K. E. K., & Vinodh, S. (2015). ANP based sustainable concept selection. *Journal of Modelling in Management, 10*(1), 118–136.

Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators, 24*, 148–157.

Jugend, D., Pinheiro, M. A. P., Luiz, J. V. R., Junior, A. V., & Cauchick-Miguel, P. A. (2020). Achieving environmental sustainability with ecodesign practices and tools for new product development. In *Innovation strategies in environmental science* (pp. 179–207). Elsevier.

Kaddoura, M., Kambanou, M., Tillman, A., & Sakao, T. (2019). Is prolonging the lifetime of passive durable products a low-hanging fruit of a circular economy? A multiple case study. *Sustainability, 11*, 481.

Kahn, K. B., Barczak, G., Nicholas, J., Ledwith, A., & Perks, H. (2012). An examination of new product development best practice. *Journal of Product Innovation Management, 29*(2), 180–192.

Kalish, D., Burek, S., Costello, A., Schwartz, L., & Taylor, J. (2018). Integrating sustainability into new product development: Available tools and frameworks can help companies ensure that sustainability is embedded as a fundamental building block of new product development. *Research-Technology Management, 61*(2), 37–46.

Kalluri, V., & Kodali, R. (2014). Analysis of new product development research: 1998–2009. *Benchmarking: An International Journal, 21*(4), 527–618.

Kamboj, S., & Rahman, Z. (2017). Market orientation, marketing capabilities and sustainable innovation: The mediating role of sustainable consumption and competitive advantage. *Management Research Review, 40*(6), 698–724.

Katrancı, A., & Kundakcı, N. (2020). Bulanık CODAS yöntemi ile kripto para yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22*(4), 958–973.

Kaur, G., Uisan, K., Ong, K. L., & Lin, C. S. K. (2018). Recent trends in green and sustainable chemistry & waste valorisation: Rethinking plastics in a circular economy. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 9*, 30–39.

Kazimierska, M., & Gręboszc-Krawczyk, M. (2017). New product development (NPD) process – An example of industrial sector. *Management Systems in Production Engineering, 25*(4), 246–250.

Keijer, T., Bakker, V., & Slootweg, J. C. (2019). Circular chemistry to enable a circular economy. *Nature Chemistry, 11*(3), 190–195.

Khannan, M. S. A., Tontowi, A. E., Herliansyah, M. K., & Sudiarso, A. (2021). New product development method trends and future research: A systematic literature review. *Jurnal Teknik Industri, 23*(1), 11–24.

Kidd, C. V. (1992). The evolution of sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 5*(1), 1–26.

Kim, J. (2022). Which is the most effective innovation protection method for different types of product innovation? Evidence from South Korean manufacturing firms. *Applied Economics Letters, 29*(7), 665–668.

Kim, J., & Kim, W. (2022). The intensity and diversity of R&D partner types and product development: Do product innovation types and industry sectors matter? *Technological Forecasting and Social Change, 184*, 121958.

Kivimaa, P., & Kautto, P. (2010). Making or breaking environmental innovation? Technological change and innovation markets in the pulp and paper industry. *Management Research Review*, *33*(4), 289-305.

Kleinschmidt, E. J., & Cooper, R. G. (1991). The impact of product innovativeness on performance. *Journal of Product Innovation Management, 8*(4), 240–251.

Koma, Ş., Kusakci, A. O., & Haji Amiri, M. (2025). A hybridized Pythagorean fuzzy AHP and WASPAS method for airline new route selection: Case study of Turkish Airline. *Journal of Modelling in Management*.

Kono, J., Ostermeyer, Y., & Wallbaum, H. (2018). Investigation of regional conditions and sustainability indicators for sustainable product development of building materials. *Journal of Cleaner Production, 196*, 1356–1364.

Koren, Y. (2010). *The global manufacturing revolution: Product-process-business integration and reconfigurable systems*. New York: John Wiley & Sons.

Krejčí, J., & Stoklasa, J. (2018). Aggregation in the analytic hierarchy process: Why weighted geometric mean should be used instead of weighted arithmetic mean. *Expert Systems with Applications, 114*, 97–106.

Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2001). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science, 47*(1), 1–21.

Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability? *Sustainability, 2*(11), 3436–3448.

Kurgan, L. A., & Musilek, P. (2006). A survey of knowledge discovery and data mining process models. *The Knowledge Engineering Review, 21*(1), 1–24.

Kurkin, A., Kryukov, E., Masleeva, O., Petukhov, Y., & Gusev, D. (2024). Comparative life cycle assessment of electric and internal combustion engine vehicles. *Energies, 17*(11), 2747.

Ladu, L., & Morone, P. (2021). Holistic approach in the evaluation of the sustainability of bio-based products: An integrated assessment tool. *Sustainable Production and Consumption, 28*, 911–924.

Lahiri, S. K. (2020). *Profit maximization techniques for operating chemical plants*. John Wiley & Sons.

Lau, W. W., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., ... & Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science, 369*(6510), 1455–1461.

Lavorata, L., & Soula, N. T. (2025). Understanding consumer perception of eco-designed products: Proposal of a conceptual framework – A study among French students. *Athens Journal of Business & Economics, 11*, 1–13

Lăzăroiu, G., Ionescu, L., Andronie, M., & Dijmărescu, I. (2020). Sustainability management and performance in the urban corporate economy: A systematic literature review. *Sustainability, 12*(18), 7705.

Leal, J. E. (2020). AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method. *MethodsX, 7*, 100748.

Lee, A. H., & Lin, C. Y. (2011). An integrated fuzzy QFD framework for new product development. *Flexible Services and Manufacturing Journal, 23*, 26–47.

Lee, C. K. M., Lui, L., & Tsang, Y. P. (2021). Formulation and prioritization of sustainable new product design in smart glasses development. *Sustainability, 13*(18), 10323.

Lee, J., Lee, T., Jeong, J., & Jeong, J. (2021). Sustainability and performance assessment of binary blended low-carbon concrete using supplementary cementitious materials. *Journal of Cleaner Production, 280*, 12437.

Lee, K. H., & Saen, R. F. (2012). Measuring corporate sustainability management: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Production Economics, 140*(1), 219–226.

Lee, Y., Hu, J., & Lim, M. K. (2021). Maximising the circular economy and sustainability outcomes: An end-of-life tyre recycling outlets selection model. *International Journal of Production Economics, 232*, 107965.

Leichter, M., Lerman, L., Maciel, V., & Passuello, A. (2022). Environmental assessment of urban public transport's shift from conventional to electric buses: A case study. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 10*(4), 1–18.

Lestari, S., Adji, T. B., & Permanasari, A. E. (2018, May). Performance comparison of rank aggregation using Borda and Copeland in recommender system. In *2018 International Workshop on Big Data and Information Security (IWBIS)* (pp. 69–74). IEEE.

Li, F. G., Bataille, C., & Vogt-Schilb, A. (2023). Net-Zero Industry: Options for Plastics, Textiles, Automobiles, and Fisheries in Colombia, Ecuador, and Peru.

Li, T., Hou, M., Yu, R., & Sha, Q. (2024). Research on the distribution of harmful substances in automotive products based on chemical quantitative. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 528, p. 03012). EDP Sciences.

Li, Y., Badulescu, A., & Badulescu, D. (2025). Modeling and analyzing critical policies for improving energy efficiency in manufacturing sector: An interpretive structural modeling (ISM) approach. *Energies, 18*(4), 893.

Ljungberg, L. Y. (2007). Materials selection and design for development of sustainable products. *Materials & Design, 28*(2), 466–479.

Loviscek, V. (2020). Triple bottom line toward a holistic framework for sustainability: A systematic review. *Revista de Administração Contemporânea, 25*(3), e200017.

Lozano, R., Carpenter, A., & Huisingh, D. (2015). A review of 'theories of the firm' and their contributions to corporate sustainability. *Journal of Cleaner Production, 106*, 430–442.

Madenoğlu, F. S. (2019). Bulanık çok kriterli karar verme ortamında yeşil tedarikçi seçimi. *Business & Management Studies: An International Journal, 7*(4), 1850–1869.

Mahadik, S., Pakanati, D., Cherukuri, H., Jain, S., & Jain, S. (2024). Cross-functional team management in product development. *Modern Dynamics: Mathematical Progressions, 1*(2), 24. https://doi.org/10.36676/mdmp.v1.i2.2

Maldonado-Guzmán, G., & Pinzón-Castro, S. Y. (2023). Effects of sustainable culture on CSR and financial performance in manufacturing industry. *Retos, 13*(26), 191–203.

Mandal, U., & Seikh, M. R. (2023). Interval-valued spherical fuzzy MABAC method based on Dombi aggregation operators with unknown attribute weights to select plastic waste management process. *Applied Soft Computing, 145*, 110516.

Martínez-Lage, I., Vázquez-Burgo, P., & Velay-Lizancos, M. (2020). Sustainability evaluation of concretes with mixed recycled aggregate based on holistic approach: Technical, economic and environmental analysis. *Waste Management, 104*, 9–19.

Martínez-Lobatón, J. I., & Seclen-Luna, J. P. (2023). Assessing the new product development process activities in Peruvian medium-sized manufacturing companies. *Estudios Gerenciales, 39*(166), 2–12.

Marzi, G., Ciampi, F., Dalli, D., & Dabic, M. (2020). New product development during the last ten years: The ongoing debate and future avenues. *IEEE Transactions on Engineering Management, 68*(1), 330–344.

Mealy, P., & Teytelboym, A. (2022). Economic complexity and the green economy. *Research Policy, 51*(8), 103948.

Mehan, A., & Soflaei, F. (2017). Social sustainability in urban context: Concepts, definitions, and principles. In *Architectural research addressing societal challenges* (Vol. 1, pp. 293–300). CRC Press.

Mendoza, J. M. F., Sharmina, M., Gallego-Schmid, A., Heyes, G., & Azapagic, A. (2017). Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: The BECE framework. *Journal of Industrial Ecology, 21*(3), 526–544.

Meng, F., Wagner, A., Kremer, A. B., Kanazawa, D., Leung, J. J., Goult, P., ... & Cullen, J. M. (2023). Planet-compatible pathways for transitioning the chemical industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 120*(8), e2218294120.

Mercan, T., & Can, A. (2023). İşgören seçiminde etkili olan faktörlerin FUCOM yöntemi ile değerlendirilmesi: Bir havayolu işletmesinde uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 14*(40), 1311–1329.

Merkepçi, H. (2024). Çok kriterli karar vermede Nötrosofik Critic ve Nötrosofik Waspas entegre yöntemi temelli mutluluk düzeyi belirleme üzerine bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28*(2), 137–147.

Meybodi, M. Z. (2013). The links between lean manufacturing practices and concurrent engineering method of new product development: An empirical study. *Benchmarking: An International Journal, 20*(3), 362–376.

Mızık, E. T., & Yiğit Avdan, Z. (2020). Sürdürülebilirliğin temel taşı: Ekolojik ayak izi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6*(2), 451–467.

Micheal, K., Rochford, L., & Wotruba, T. R. (2003). How new product introductions affect sales management strategy: The impact of type of "newness" of the new product. *Journal of Product Innovation Management, 20*(4), 270–283.

Mildenberger, U., & Khare, A. (2000). Planning for an environment-friendly car. *Technovation, 20*(4), 205–214.

Mohammadi, M., Tamburri, D. A., & Rezaei, J. (2023). Unveiling and unraveling aggregation and dispersion fallacies in group MCDM. *Group Decision and Negotiation, 32*(4), 779–806.

Moldavska, A., & Welo, T. (2019). A holistic approach to corporate sustainability assessment: Incorporating sustainable development goals into sustainable manufacturing performance evaluation. *Journal of Manufacturing Systems, 50*, 53–68.

Monteiro, J., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Fonseca, A. M. (2019). Eco-design and sustainability in packaging: A survey. *Procedia Manufacturing, 38*, 1741–1749.

Montemayor, H. M. V., & Chanda, R. H. (2023). Automotive industry's circularity applications and Industry 4.0. *Environmental Challenges, 12*, 100725.

Morelli, J. (2011). Environmental sustainability: A definition for environmental professionals. *Journal of Environmental Sustainability, 1*(1), 2.

Moreno, M., De los Rios, C., Rowe, Z., & Charnley, F. (2016). A conceptual framework for circular design. *Sustainability, 8*, 937.

Morris, M. (2012). Sustainability: An exercise in futility. *International Journal of Business and Management, 7*(2), 36.

Müller-Stewens, B., & Möller, K. (2017). Performance in new product development: A comprehensive framework, current trends, and research directions. *Journal of Management Control, 28*, 157–201.

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.

Namkung, S., & Mueller, S. C. (2017). A new venture's knowledge structure and its distinctive impact on the types of product innovation. In *Academy of Management Proceedings* (Vol. 2017, No. 1, p. 14693). Academy of Management.

Nasreen, T., Baker, R., & Rezania, D. (2025). Sustainability reporting–a systematic review of various dimensions, theoretical and methodological underpinnings. *Journal of Financial Reporting and Accounting*, *23*(3), 1057-1088.

Ncube, A., Mtetwa, S., Bukhari, M., Fiorentino, G., & Passaro, R. (2023). Circular economy and green chemistry: The need for radical innovative approaches in the design for new products. *Energies, 16*(4), 1752.

Nedeljković, M., Puška, A., Doljanica, S., Virijević Jovanović, S., Brzaković, P., Stević, Ž., & Marinkovic, D. (2021). Evaluation of rapeseed varieties using novel integrated fuzzy PIPRECIA–Fuzzy MABAC model. *PLoS ONE, 16*(2), e0246857.

Neri, A., Cagno, E., Lepri, M., & Trianni, A. (2021). A triple bottom line balanced set of key performance indicators to measure the sustainability performance of industrial supply chains. *Sustainable Production and Consumption, 26*, 648–691.

Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics, 60*(3), 498–508.

Nevado-Peña, D., López-Ruiz, V. R., & Alfaro-Navarro, J. L. (2015). The effects of environmental and social dimensions of sustainability in response to the economic crisis of European cities. *Sustainability, 7*(7), 8255–8269.

Nikou, K. D. (2017). *Exploring factors affecting on idea generation of new product development: A cross national study in high-tech industries* (Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi).

Niu, S., Park, B. I., & Jung, J. S. (2022). The effects of digital leadership and ESG management on organizational innovation and sustainability. *Sustainability, 14*(23), 15639.

Nogueira, E., Gomes, S., & Lopes, J. M. (2023). Triple bottom line, sustainability, and economic development: What binds them together? A bibliometric approach. *Sustainability, 15*(8), 6706.

O'Neil, J. (2018). 'People, planet, profits' and perception politics: A necessary fourth (and fifth) bottom line? Critiquing the current triple bottom line in the Australian context. In *The goals of sustainable development* (pp. 19–42). Springer, Singapore.

Oliveira, G. A., Tan, K. H., & Guedes, B. T. (2018). Lean and green approach: An evaluation tool for new product development focused on small and medium enterprises. *International Journal of Production Economics, 205*, 62–73.

Ones, D. S., & Dilchert, S. (2012). Environmental sustainability at work: A call to action. *Industrial and Organizational Psychology, 5*(4), 444–466.

OECD & Eurostat. (2006). *Oslo Kılavuzu: Yenilik verilerinin toplanması ve yorumlanması için ilkeler* (3. Baskı). ISBN 975-403-362-5.

Oufella, S. (2024). Hybrid use of Borda count and PROMETHEE method for maintenance strategy selection problem. *Foundations of Computing and Decision Sciences, 49*(2), 139–160.

Ozmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 3*(12), 1853–1876.

Önden, A., & Çallı, M. K. (2019). İnovatif ürün özelliklerinin tüketicilerin tutumları üzerindeki etkileri: Sosyal medya paylaşımları üzerine bir çalışma. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, *10*(36), 53–72.

Önder, Ş., & Ağca, A. (2018). İşletmelerin risk gruplarına göre çevresel sürdürülebilirlik uygulamaları: BIST 100 endeksinde bir uygulama. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, *7*(1), 77–89.

Özaşkın, A., & Görener, A. (2023). An integrated multi-criteria decision-making approach for overcoming barriers to green supply chain management and prioritizing alternative solutions. *Supply Chain Analytics*, *3*, 100027.

Palmer, M., & Truong, Y. (2017). The impact of technological green new product introductions on firm profitability. *Ecological Economics*, *136*, 86–93.

Pamucar, D., & Ecer, F. (2020). Prioritizing the weights of the evaluation criteria under fuzziness: The fuzzy full consistency method–FUCOM-F. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, *18*(3), 419–437.

Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in MCDM models: Full consistency method (FUCOM). *Symmetry*, *10*(9), 393.

Panizzon, M., Vidor, G., & Camargo, M. E. (2021). Cross-cutting best practices for new product development (NPD) in turbulent environments: The effects of integration and co-creation. *Innovation & Management Review*, *19*(2), 106–122.

Patel, H., & Chang, C. T. (2024). Beyond throughput: Evaluating maritime port competitiveness using MABAC and Bayesian methods. *Computers & Industrial Engineering*, *192*, 110248.

Pavón, S., Cortina, J. L., Michaelis, A., & Bertau, M. (2025). Re-thinking production cycles for enhancing circularity: A holistic perspective for bauxite valorisation. *Resources, Conservation and Recycling*, *220*, 108336.

Pezzey, J. (1992). Sustainability: An interdisciplinary guide. *Environmental Values*, *1*(4), 321–362.

Pienaar, C., Van der Lingen, E., & Preis, E. (2019). A framework for successful new product development. *South African Journal of Industrial Engineering*, *30*(3), 199–209.

Ellen MacArthur Foundation. (2023). *Plastics and the circular economy*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/plastics-and-the-circular-economy

Pope, J., Bond, A., Hugé, J., & Morrison-Saunders, A. (2016). Reconceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, *62*, 205–215.

Pope, J., Annandale, D., & Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, *24*(6), 595–616.

Popescu, I. S., Hitaj, C., & Benetto, E. (2021). Measuring the sustainability of investment funds: A critical review of methods and frameworks in sustainable finance. *Journal of Cleaner Production*, *314*, 128016.

Popovic, T., Barbosa-Póvoa, A., Kraslawski, A., & Carvalho, A. (2018). Quantitative indicators for social sustainability assessment of supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *180*, 748–768.

Pujari, D. (2006). Eco-innovation and new product development: Understanding the influences on market performance. *Technovation*, *26*(1), 76–85.

Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: In search of conceptual origins. *Sustainability Science*, *14*(3), 681–695.

Puška, A., Nedeljković, M., Stojanović, I., & Božanić, D. (2023). Application of fuzzy TRUST CRADIS method for selection of sustainable suppliers in agribusiness. *Sustainability*, *15*(3), 2578.

Radomska-Zalas, A. (2023). Application of the WASPAS method in a selected technological process. *Procedia Computer Science*, *225*, 177–187.

Rahardjo, H., Idrus, M. S., Hadiwidjojo, D., & Aisjah, S. (2013). Factors that determines the success of corporate sustainability management. *Journal of Management Research*, *5*(2), 1–10.

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53*, 49–57.

Rodrigues, V. P., Pigosso, D. C., & McAloone, T. C. (2016). Process-related key performance indicators for measuring sustainability performance of ecodesign

implementation into product development. *Journal of Cleaner Production*, *139*, 416–428.

Rosenboom, J.-G., Langer, R., & Traverso, G. (2022). Bioplastics for a circular economy. *Nature Reviews Materials*, *7*(2), 117–137.

Ruggerio, C. A. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, *786*, 147481.

Rusch, M., Schöggl, J. P., & Baumgartner, R. J. (2023). Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. *Business Strategy and the Environment*, *32*(3), 1159–1174.

Rutkowski, I. P. (2024). Methods for evaluating new product designs in the portfolio management process in the pre-market phases of product life cycle. *Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica*, *1*(366), 84–103.

Sahida, A. P., Surarso, B., & Gernowo, R. (2019, December). The combination of the MOORA method and the Copeland Score method as a Group Decision Support System (GDSS) vendor selection. In *2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)* (pp. 340–345). IEEE.

Sahoo, S. K., & Goswami, S. S. (2023). A comprehensive review of multiple criteria decision-making (MCDM) methods: Advancements, applications, and future directions. *Decision Making: Advances*, *1*(1), 25–48.

Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, *119*, 314–325.

Salari, M., & Bhuiyan, N. (2018). A new model of sustainable product development process for making trade-offs. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *94*, 1–11.

Salvadó, J. A., de Castro, G. M., Verde, M. D., & López, J. E. N. (2012). *Environmental innovation and firm performance: A natural resource-based view*. Springer.

Salvado, M. F., Azevedo, S. G., Matias, J. C., & Ferreira, L. M. (2015). Proposal of a sustainability index for the automotive industry. *Sustainability*, *7*(2), 2113–2144.

Sarkar, B., Ullah, M., & Sarkar, M. (2022). Environmental and economic sustainability through innovative green products by remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, *332*, 129813.

Schöggl, J. P., Baumgartner, R. J., & Hofer, D. (2017). Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 1602–1617.

Cato, M. S. (2012). *Green economics: an introduction to theory, policy and practice*. Routledge.

Sethi, R., & Iqbal, Z. (2008). Stage-gate controls, learning failure, and adverse effect on novel new products. *Journal of Marketing*, *72*(1), 118–134.

Sezegen, A., & Edis, E. (2020). Product innovation types: A discussion considering building facade products. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *27*(9), 2379–2408.

ShabbirHusain, R. V., & Varshney, S. (2019). Is current way of promoting sustainability, sustainable? *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, *31*(1), 84–113.

Shahadu, H. (2016). Towards an umbrella science of sustainability. *Sustainability Science*, *11*(5), 777–788.

Shahzad, U., Ferraz, D., Doğan, B., & do Nascimento Rebelatto, D. A. (2020). Export product diversification and CO2 emissions: Contextual evidences from developing and developed economies. *Journal of Cleaner Production*, *276*, 124146.

Sharma, H., & Sohani, N. (2025). Comparative analysis for selection of best methodology in determining the lean enabled supply chain agility: An AHP & fuzzy SWARA-WASPAS based approach. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *42*(4), 1132–1166.

Sheldon, R. A. (2017). The E factor 25 years on: The rise of green chemistry and sustainability. *Green Chemistry*, *19*(1), 18–43.

Singh, J., & Ordoñez, I. (2016). Resource recovery from post-consumer waste: Important lessons for the upcoming circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *134*, 342–353.

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, *15*(1), 281–299.

Sinha, A. K., & Anand, A. (2018). Development of sustainable supplier selection index for new product development using multi criteria decision making. *Journal of Cleaner Production*, *197*, 1587–1596.

Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work? *Indiana Business Review*, *86*(1), 4–8.

Smolnik, T., & Bergmann, T. (2020). Structuring and managing the new product development process—Review on the evolution of the Stage-Gate® process. *Journal of Business Chemistry*, *17*(1), 41–57.

Sofyalıoğlu, Ç., & Kaçmaz, E. (2020). Bütünleşik KFG yaklaşımı ile sürdürülebilir tedarik zinciri tasarımı: Otomotiv yan sanayinde bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, *27*(3), 445–477.

Söderholm, P. (2020). The green economy transition: The challenges of technological change for sustainability. *Sustainable Earth*, *3*(1), 6.

Stević, Ž., & Brković, N. (2020). A novel integrated FUCOM MARCOS model for evaluation of human resources in a transport company. *Logistics*, *4*(1), 1–14.

Stone, M. A., & Desmond, J. (2007). *Fundamentals of marketing*. New York: Routledge Taylor and Francis Group.

Stone, J. A. (2019). A sustainability theme for introductory programming courses. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, *12*(2), 1.

Swarnakar, V., Singh, A. R., Antony, J., Tiwari, A. K., & Cudney, E. (2021). Development of a conceptual method for sustainability assessment in manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, *158*, 107403.

Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, *3*(1), 77–87.

Tavana, M., Shaabani, A., Di Caprio, D., & Bonyani, A. (2022). A novel interval Type-2 fuzzy best-worst method and combined compromise solution for evaluating eco-friendly packaging alternatives. *Expert Systems with Applications*, *200*, 117188.

Thies, C., Kieckhäfer, K., Spengler, T. S., & Sodhi, M. S. (2019). Operations research for sustainability assessment of products: A review. *European Journal of Operational Research*, *274*(1), 1–21.

Thomas, A., Francis, M., John, E., & Davies, A. (2012). Identifying the characteristics for achieving sustainable manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management, 23*(4), 426–440.

Thomé, A. M. T., Scavarda, A., Ceryno, P. S., & Remmen, A. (2016). Sustainable new product development: A longitudinal review. *Clean Technologies and Environmental Policy, 18*, 2195–2208.

Torkayesh, A. E., Tirkolaee, E. B., Bahrini, A., Pamucar, D., & Khakbaz, A. (2023). A systematic literature review of MABAC method and applications: An outlook for sustainability and circularity. *Informatica, 34*(2), 415–448.

Torlak, Ö., & Altunışık, R. (2012). *Pazarlama stratejileri: Yönetsel bir yaklaşım* (2. baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım.

Tremblay, D., Fortier, F., Boucher, J. F., Riffon, O., & Villeneuve, C. (2020). Sustainable development goal interactions: An analysis based on the five pillars of the 2030 agenda. *Sustainable Development, 28*(6), 1584–1596.

Tseng, M. L. (2013). Modeling sustainable production indicators with linguistic preferences. *Journal of Cleaner Production, 40*, 46–56.

Tseng, M. L., Chang, C. H., Lin, C. W. R., Wu, K. J., Chen, Q., Xia, L., & Xue, B. (2020). Future trends and guidance for the triple bottom line and sustainability: A data driven bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(27), 33543–33567.

Tseng, M. L., Divinagracia, L., & Divinagracia, R. (2009). Evaluating firm's sustainable production indicators in uncertainty. *Computers & Industrial Engineering, 57*(4), 1393–1403.

Tu, N., Zhang, T., He, Q., Zhang, H., & Li, Y. (2011, January). Applying combined AHP-QFD method in new product development: A case study in developing new sports earphone. In *2011 International Conference on Management Science and Industrial Engineering (MSIE)* (pp. 80–85). IEEE.

Turan, F. M., Johan, K., Lanang, W. N. S. W., & Nor, N. H. M. (2016, November). Development of Systematic Sustainability Assessment (SSA) for the Malaysian Industry. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 160*(1), 012047. IOP Publishing.

United Nations Sustainable Development Solutions Network. (2013). *An action agenda for sustainable development*. Retrieved from http://www.unsdsn.org/files/2013/06/130613-SDSN-An-Action-Agenda-for-Sustainable-Development-FINAL.pdf

United Nations. (2002). *Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa*. New York: United Nations.

Valdivia, S., Backes, J. G., Traverso, M., Sonnemann, G., Cucurachi, S., Guinée, J. B., ... & Goedkoop, M. (2021). Principles for the application of life cycle sustainability assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 26*(9), 1900–1905.

Venkatesan, K., Sundarababu, J., & Anandan, S. S. (2024). The recent developments of green and sustainable chemistry in multidimensional way: Current trends and challenges. *Green Chemistry Letters and Reviews, 17*(1), 2312848.

Villamil, C., & Hallstedt, S. (2021). Sustainability integration in product portfolio for sustainable development: Findings from the industry. *Business Strategy and the Environment, 30*(1), 388–403.

Villamil, C., Schulte, J., & Hallstedt, S. (2022). Sustainability risk and portfolio management—A strategic scenario method for sustainable product development. *Business Strategy and the Environment, 31*(3), 1042–1057.

Visnjic, I., Wiengarten, F., & Neely, A. (2016). Only the brave: Product innovation, service business model innovation, and their impact on performance. *Journal of Product Innovation Management, 33*(1), 36–52.

Wang, J., & Azam, W. (2024). Natural resource scarcity, fossil fuel energy consumption, and total greenhouse gas emissions in top emitting countries. *Geoscience Frontiers, 15*(2), 101757.

Wang, J., & Lin, Y. I. (2009). An overlapping process model to assess schedule risk for new product development. *Computers & Industrial Engineering, 57*(2), 460–474.

Wang, J., Darwis, D., Setiawansyah, S., & Rahmanto, Y. (2024). Implementation of MABAC method and entropy weighting in determining the best e-commerce platform for online business. *JiTEKH, 12*(2), 58–68.

Wang, T., & Yang, L. (2023). Combining GRA with a fuzzy QFD model for the new product design and development of wickerwork lamps. *Sustainability, 15*(5), 4208.

Wang, Y., Hao, Y., Hou, Y., Quan, Q., & Li, Y. (2024). Optimizing scope 3 emissions in the automotive manufacturing industry: A multidisciplinary approach. *Carbon Research, 3*(1), 49.

Wang, Y., Zhang, H., & Song, M. (2020). Does big data–embedded new product development influence project success? *Research-Technology Management, 63*(4), 35–42.

Watz, M., & Hallstedt, S. I. (2022). Towards sustainable product development–Insights from testing and evaluating a profile model for management of sustainability integration into design requirements. *Journal of Cleaner Production, 346*, 131000.

Weitz, N., Carlsen, H., Nilsson, M., & Skånberg, K. (2018). Towards systemic and contextual priority setting for implementing the 2030 Agenda. *Sustainability Science, 13*, 531–548.

Więckowski, J., Wątróbski, J., & Sałabun, W. (2024). Toward robust decision-making under multiple evaluation scenarios with a novel fuzzy ranking approach: Green supplier selection study case. *Artificial Intelligence Review, 58*(1), 3.

Wienclaw, R. A. (2021). New product management. *Salem Press Encyclopedia*.

Wijewardhana, G. E. H., Weerabahu, S. K., Nanayakkara, J. L. D., & Samaranayake, P. (2021). New product development process in apparel industry using Industry 4.0 technologies. *International Journal of Productivity and Performance Management, 70*(8), 2352–2373.

Williams, A., Kennedy, S., Philipp, F., & Whiteman, G. (2017). Systems thinking: A review of sustainability management research. *Journal of Cleaner Production, 148*, 866–881.

Wilson, J. P. (2015). The triple bottom line: Undertaking an economic, social, and environmental retail sustainability strategy. *International Journal of Retail & Distribution Management*.

Woodhouse, A., Davis, J., Pénicaud, C., & Östergren, K. (2018). Sustainability checklist in support of the design of food processing. *Sustainable Production and Consumption, 16*, 110–120.

Xiao, Y., & Bharadwaj, N. (2023). The 2022 PDMA Doctoral Consortium: Emerging research priorities in new product development and innovation and insights into community building. *Journal of Product Innovation Management*, *40*(5), 582-592.

Xie, X., Huo, J., & Zou, H. (2019). Green process innovation, green product innovation, and corporate financial performance: A content analysis method. *Journal of Business Research, 101*, 697–706.

Xu, S. (2015). A study on knowledge management capabilities towards new product innovation type and development performance of Chinese businesses. *Acta Oeconomica, 65*(s2), 145–157.

Yang, C. L., & Hsu, H. K. (2019). Optimized new product development process. *International Journal of Organizational Innovation (Online), 12*(2), 320–332.

Yang, C. L., & Hsu, H. K. (2019). Optimized new product development strategy. *International Journal of Organizational Innovation (Online), 12*(1), 110–121.

Yin, C., & Zhang, W. (2021, September). New product development process models. In *2021 International Conference on E-Commerce and E-Management (ICECEM)* (pp. 240–243). IEEE.

Yüksel, S., & Mikhaylov, A. (2022). The effect of the carbon tax to minimize emission. In *Clean Energy Investments for Zero Emission Projects: An Analysis on How to Reduce the Carbon Footprint* (pp. 1–11). Cham: Springer International Publishing.

Zabolotnyy, S., & Wasilewski, M. (2019). The concept of financial sustainability measurement: A case of food companies from Northern Europe. *Sustainability, 11*(18), 5139.

Zamagni, A., Pesonen, H. L., & Swarr, T. (2013). From LCA to life cycle sustainability assessment: Concept, practice and future directions. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 18*, 1637–1641.

Zavadskas, E. K., Chakraborty, S., Bhattacharyya, O., & Antucheviciene, J. (2015). Application of WASPAS method as an optimization tool in non-traditional machining processes. *Information Technology and Control, 44*(1), 77–88.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir Elektrotechnika, 122*(6), 3–6.

Zetterlund, H., Hallstedt, S., & Broman, G. (2016). Implementation potential of sustainability-oriented decision support in product development. *Procedia CIRP, 50*, 287–292.

Zhang, X., Liu, H., Xu, M., Mao, C., Shi, J., Meng, G., & Wu, J. (2020). Evaluation of passenger satisfaction of urban multi-mode public transport. *PLoS ONE, 15*(10), e0241004.

Zhang, Y., Sun, J., Yang, Z., & Wang, Y. (2020). Critical success factors of green innovation: Technology, organization and environment readiness. *Journal of Cleaner Production, 264*, 121701.

Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (2020). Designing for a green chemistry future. *Science, 367*(6476), 397–400.

# EKLER

## Ek-1: Alt Kriterlerin Sıralanması (Otomotiv Sektörü)

| | ANA KRİTERLER | C1 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C2 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ |
|---|---|---|---|
| KV1 | C1 > C2 > C4 > C3 > C5<br>EI WI FI VI AI | C11 = C14 > C13 > C15 > C12<br>EI EI WI FI VI | C25 > C21 > C22 > C23 > C24<br>EI WI FI VI AI |
| KV2 | C3 = C4 > C1 > C2 > C5<br>EI EI WI FI VI | C14 > C11 > C12 > C13 > C15<br>EI FI VI VI AI | C23 > C21 > C22 > C25 > C24<br>EI FI FI VI VI |
| KV3 | C3 = C4 > C1 = C2 > C5<br>EI EI WI WI VI | C11 > C12 > C13 = C14 > C15<br>EI WI FI FI AI | C21 = C22 > C24 > C23 = C25<br>EI EI WI FI FI |
| KV4 | C3 > C4 > C1 = C2 > C5<br>EI WI FI FI VI | C11 = C14 > C12 > C13 > C15<br>EI EI WI FI AI | C22 > C23 > C21 = C25 > C24<br>EI WI FI FI VI |
| KV5 | C1 > C3 = C4 > C2 > C5<br>EI WI WI FI VI | C14 > C11 > C12 = C13 > C15<br>EI WI FI FI AI | C25 = C22 > C23 > C21 > C24<br>EI EI WI FI AI |
| KV6 | C3 = C4 > C5 > C1 > C2<br>EI WI FI FI VI | C14 > C11 = C12 > C13 > C15<br>EI FI FI VI AI | C25 > C22 = C23 > C21 > C24<br>EI WI WI FI VI |
| KV7 | C3 = C2 > C1 = C5 > C4<br>EI EI WI WI VI | C11 = C12 > C14 > C13 > C15<br>EI EI WI FI AI | C24 = C21 > C22 > C25 > C23<br>EI EI WI FI AI |
| KV8 | C2 > C1 > C3 = C4 > C5<br>EI WI FI FI AI | C14 > C11 > C12 = C13 > C15<br>EI WI FI FI AI | C22 > C23 > C24 > C25 > C21<br>EI WI FI VI AI |
| KV9 | C1 > C3 > C2 > C4 > C5<br>EI WI FI VI AI | C14 = C11 > C15 > C12 > C13<br>EI EI FI VI AI | C22 = C21 > C23 > C24 > C25<br>EI EI WI FI VI |
| KV10 | C2 > C1 > C3 = C4 > C5 | C11 = C13 > C12 > C14 > C15 | C22 > C24 = C25 > C21 > C23 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | WI | | FI | | AI |
| KV11 | C2 | > | C1 | > | C3 | = | C4 | > | C5 | C11 | = | C13 | > | C12 | > | C14 | > | C15 | C22 | > | C24 | = | C25 | > | C23 | > | C21 |
| | EI | | FI | | VI | | VI | | AI | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | WI | | FI | | AI |
| KV12 | C3 | > | C4 | > | C5 | > | C1 | > | C2 | C14 | > | C11 | = | C12 | > | C13 | > | C15 | C22 | > | C21 | > | C23 | > | C25 | > | C24 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV13 | C1 | = | C2 | > | C3 | > | C5 | > | C4 | C11 | > | C12 | > | C13 | = | C14 | > | C15 | C21 | = | C22 | > | C25 | = | C23 | > | C24 |
| | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | EI | | EI | | FI | | FI | | AI |
| KV14 | C3 | > | C4 | > | C1 | = | C2 | > | C5 | C11 | = | C14 | > | C13 | > | C12 | > | C15 | C22 | > | C25 | > | C21 | = | C23 | > | C24 |
| | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | EI | | EI | | WI | | FI | | AI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI |
| KV15 | C1 | > | C4 | > | C3 | > | C2 | > | C5 | C14 | > | C11 | > | C12 | > | C13 | > | C15 | C22 | > | C23 | > | C21 | > | C25 | > | C24 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | WI | | FI | | AI | EI | | WI | | WI | | FI | | VI |
| KV16 | C3 | > | C1 | > | C2 | > | C4 | > | C5 | C11 | > | C14 | > | C15 | > | C12 | > | C13 | C22 | > | C21 | > | C25 | > | C24 | > | C23 |
| | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | EI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV17 | C2 | > | C1 | > | C3 | > | C4 | > | C5 | C11 | > | C14 | > | C13 | > | C15 | > | C12 | C22 | > | C21 | > | C23 | > | C24 | > | C25 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV18 | C1 | > | C2 | > | C4 | > | C3 | > | C5 | C11 | > | C14 | > | C15 | > | C13 | > | C12 | C22 | > | C21 | > | C23 | > | C25 | > | C24 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI |

**Ek-2: Alt Kriterlerin Sıralanması (Otomotiv Sektörü)**

| | C3 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C4 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C5 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ |
|---|---|---|---|
| KV1 | C3 1 = C3 6 > C3 2 > C3 4 > C3 3 > C3 5<br>EI EI WI FI VI AI | C4 5 = C4 1 > C4 3 > C4 4 = C4 7 > C4 2 > C4 6<br>EI EI WI FI FI VI AI | C5 2 = C5 1 > C5 5 = C5 6 > C5 4 > C5 3<br>EI EI WI WI FI VI |
| KV2 | C3 6 = C3 3 > C3 4 = C3 2 > C3 1 > C3 5<br>EI EI WI WI FI VI | C4 1 = C4 5 > C4 3 = C4 4 > C4 2 > C4 7 > C4 6<br>EI EI WI WI FI VI AI | C5 4 > C5 2 > C5 3 > C5 6 = C5 1 > C5 5<br>EI WI FI VI VI AI |
| KV3 | C3 3 > C3 5 = C3 6 > C3 1 = C3 2 > C3 4<br>EI WI WI FI FI VI | C4 3 = C4 5 > C4 1 > C4 4 > C4 2 = C4 7 > C4 6<br>EI EI WI WI FI FI VI | C5 2 = C5 4 > C5 3 > C5 1 > C5 6 > C5 5<br>EI WI FI FI VI AI |
| KV4 | C3 2 > C3 3 = C3 6 > C3 5 > C3 4 > C3 1<br>EI WI WI FI FI VI | C4 5 > C4 4 = C4 6 > C4 1 = C4 3 > C4 7 > C4 2<br>EI WI WI FI FI VI AI | C5 2 > C5 5 > C5 1 = C5 3 > C5 4 > C5 6<br>EI WI FI FI VI VI |
| KV5 | C3 2 > C3 3 > C3 5 = C3 6 > C3 1 > C3 4<br>EI WI FI FI VI VI | C4 7 > C4 5 = C4 1 > C4 3 > C4 6 > C4 2 = C4 4<br>EI WI WI FI VI AI AI | C5 2 > C5 5 = C5 1 > C5 3 = C5 4 > C5 6<br>EI WI WI FI FI VI |
| KV6 | C3 6 > C3 3 > C3 2 = C3 5 > C3 1 > C3 4<br>EI WI FI FI VI AI | C4 1 > C4 4 > C4 3 = C4 5 = C4 7 > C4 2 > C4 6<br>EI WI FI FI FI VI VI | C5 2 > C5 4 > C5 3 = C5 5 > C5 1 > C5 6<br>EI WI WI WI FI VI |
| KV7 | C3 6 = C3 4 > C3 2 > C3 1 > C3 5 > C3 3<br>EI EI WI FI VI AI | C4 5 > C4 1 = C4 3 > C4 4 > C4 2 = C4 7 > C4 6<br>EI WI WI FI VI VI AI | C5 2 > C5 5 = C5 1 > C5 3 = C5 4 > C5 6<br>EI WI WI FI FI VI |
| KV8 | C3 6 = C3 3 > C3 5 > C3 4 > C3 1 > C3 2<br>EI EI WI FI VI AI | C4 1 = C4 3 > C4 4 > C4 5 > C4 6 > C4 2 = C4 7<br>EI EI WI FI VI AI AI | C5 5 = C5 6 > C5 4 > C5 3 > C5 2 > C5 1<br>EI EI WI FI VI AI |
| KV9 | C3 6 = C3 2 > C3 3 > C3 4 > C3 5 > C3 1<br>EI EI WI WI FI VI | C4 1 = C4 7 > C4 2 > C4 3 = C4 5 > C4 4 > C4 6<br>EI EI WI FI FI VI AI | C5 3 = C5 4 > C5 2 > C5 1 > C5 5 > C5 6<br>EI EI WI FI VI AI |
| KV10 | C3 6 = C3 5 > C3 1 = C3 2 > C3 4 > C3 3<br>EI EI WI WI VI AI | C4 5 = C4 4 > C4 1 = C4 2 > C4 3 > C4 6 = C4 7<br>EI EI WI WI FI VI VI | C5 2 > C5 4 = C5 1 > C5 6 > C5 3 = C5 5<br>EI WI WI FI VI VI |
| KV11 | C3 6 > C3 1 = C3 2 > C3 5 > C3 4 > C3 3 | C4 4 = C4 5 > C4 1 = C4 2 > C4 3 > C4 6 > C4 7 | C5 2 > C5 1 = C5 4 > C5 6 > C5 3 = C5 5 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV1<br>2 | C3<br>6<br>EI | = | C3<br>4<br>EI | > | C3<br>2<br>WI | = | C3<br>5<br>WI | > | C3<br>1<br>FI | > | C3<br>3<br>VI |
| KV1<br>3 | C3<br>6<br>EI | > | C3<br>2<br>WI | = | C3<br>3<br>WI | > | C3<br>1<br>FI | = | C3<br>5<br>FI | > | C3<br>4<br>VI |
| KV1<br>4 | C3<br>3<br>EI | > | C3<br>2<br>WI | > | C3<br>4<br>FI | = | C3<br>6<br>FI | > | C3<br>1<br>VI | = | C3<br>5<br>VI |
| KV1<br>5 | C3<br>6<br>EI | > | C3<br>1<br>WI | = | C3<br>5<br>WI | > | C3<br>4<br>FI | > | C3<br>2<br>VI | = | C3<br>3<br>VI |
| KV1<br>6 | C3<br>2<br>EI | > | C3<br>1<br>WI | > | C3<br>6<br>FI | > | C3<br>3<br>VI | > | C3<br>4<br>AI | = | C3<br>5<br>AI |
| KV1<br>7 | C3<br>5<br>EI | > | C3<br>6<br>WI | = | C3<br>2<br>WI | > | C3<br>3<br>FI | > | C3<br>1<br>VI | > | C3<br>4<br>AI |
| KV1<br>8 | C3<br>2<br>EI | = | C3<br>6<br>EI | > | C3<br>4<br>WI | = | C3<br>1<br>WI | > | C3<br>5<br>FI | > | C3<br>3<br>VI |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV1<br>2 | C4<br>4<br>EI | = | C4<br>5<br>EI | > | C4<br>1<br>WI | = | C4<br>2<br>WI | > | C4<br>3<br>FI | > | C4<br>6<br>VI | > | C4<br>7<br>AI |
| KV1<br>3 | C4<br>1<br>EI | > | C4<br>3<br>WI | = | C4<br>5<br>WI | > | C4<br>4<br>FI | > | C4<br>2<br>VI | > | C4<br>6<br>AI | = | C4<br>7<br>AI |
| KV1<br>4 | C4<br>1<br>EI | > | C4<br>4<br>WI | > | C4<br>5<br>FI | > | C4<br>2<br>VI | = | C4<br>3<br>VI | > | C4<br>6<br>AI | = | C4<br>7<br>AI |
| KV1<br>5 | C4<br>1<br>EI | > | C4<br>4<br>WI | > | C4<br>3<br>WI | > | C4<br>2<br>FI | = | C4<br>5<br>FI | > | C4<br>6<br>VI | = | C4<br>7<br>VI |
| KV1<br>6 | C4<br>1<br>EI | > | C4<br>3<br>WI | > | C4<br>4<br>FI | = | C4<br>5<br>FI | > | C4<br>6<br>VI | > | C4<br>2<br>AI | = | C4<br>7<br>AI |
| KV1<br>7 | C4<br>4<br>EI | > | C4<br>3<br>WI | > | C4<br>5<br>FI | = | C4<br>7<br>FI | > | C4<br>2<br>VI | = | C4<br>6<br>VI | > | C4<br>1<br>AI |
| KV1<br>8 | C4<br>5<br>EI | > | C4<br>1<br>WI | = | C4<br>7<br>WI | > | C4<br>3<br>FI | = | C4<br>4<br>FI | > | C4<br>2<br>VI | > | C4<br>6<br>AI |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | VI |
| KV1<br>2 | C5<br>5<br>EI | > | C5<br>4<br>WI | = | C5<br>2<br>WI | > | C5<br>3<br>FI | > | C5<br>1<br>VI | > | C5<br>6<br>AI |
| KV1<br>3 | C5<br>2<br>EI | = | C5<br>4<br>EI | > | C5<br>3<br>WI | = | C5<br>6<br>WI | > | C5<br>1<br>FI | > | C5<br>5<br>VI |
| KV1<br>4 | C5<br>2<br>EI | > | C5<br>4<br>WI | > | C5<br>1<br>FI | = | C5<br>3<br>FI | > | C5<br>5<br>VI | > | C5<br>6<br>AI |
| KV1<br>5 | C5<br>2<br>EI | > | C5<br>3<br>WI | > | C5<br>1<br>FI | = | C5<br>4<br>FI | > | C5<br>5<br>VI | > | C5<br>6<br>AI |
| KV1<br>6 | C5<br>2<br>EI | = | C5<br>3<br>EI | > | C5<br>4<br>WI | > | C5<br>1<br>FI | > | C5<br>6<br>VI | > | C5<br>5<br>AI |
| KV1<br>7 | C5<br>2<br>EI | = | C5<br>4<br>EI | > | C5<br>6<br>WI | > | C5<br>1<br>FI | > | C5<br>3<br>VI | > | C5<br>5<br>AI |
| KV1<br>8 | C5<br>5<br>EI | = | C5<br>6<br>EI | > | C5<br>1<br>WI | > | C5<br>2<br>FI | > | C5<br>3<br>VI | > | C5<br>4<br>AI |

**Ek-3: Alt Kriterlerin Sıralanması (Kimya Sektörü)**

| | ANA KRİTERLER | C1 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C2 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ |
|---|---|---|---|
| KV1 | C3 > C1 > C2 > C4 = C5<br>EI WI FI AI AI | C14 > C11 > C15 > C13 > C12<br>EI WI FI VI AI | C21 = C22 > C23 > C24 = C25<br>EI EI WI FI FI |
| KV2 | C3 > C4 > C1 > C2 = C5<br>EI WI FI VI VI | C14 > C11 = C15 > C12 = C13<br>EI WI WI FI FI | C22 > C23 = C21 > C24 > C25<br>EI WI WI FI VI |
| KV3 | C3 = C4 > C5 > C2 > C1<br>EI EI WI FI VI | C11 > C14 > C12 > C15 > C13<br>EI WI FI VI AI | C22 > C21 = C23 > C25 > C24<br>EI FI FI VI AI |
| KV4 | C4 > C3 > C1 = C2 > C5<br>EI WI FI FI VI | C11 > C14 > C13 = C15 > C12<br>EI WI VI VI AI | C25 > C22 = C24 > C23 > C21<br>EI WI WI FI VI |
| KV5 | C3 > C4 > C1 = C2 > C5<br>EI WI FI FI AI | C11 > C14 = C15 > C12 = C13<br>EI WI WI FI FI | C23 > C22 > C21 C25 > C24<br>EI WI FI FI AI |
| KV6 | C3 = C4 > C5 > C1 = C2<br>EI EI WI FI FI | C14 > C11 > C15 > C12 = C13<br>EI WI FI VI VI | C25 > C24 > C23 C22 > C21<br>EI WI FI FI AI |
| KV7 | C1 > C4 > C3 > C2 > C5<br>EI WI FI VI AI | C14 > C15 > C11 > C12 = C13<br>EI WI FI AI AI | C22 > C24 > C25 > C23 > C21<br>EI WI FI VI AI |
| KV8 | C3 > C4 > C5 > C1 > C2<br>EI WI FI VI AI | C11 = C14 > C15 > C12 = C13<br>EI EI WI AI AI | C22 > C23 > C24 > C25 > C21<br>EI WI FI VI AI |
| KV9 | C3 = C4 > C1 > C2 > C5<br>EI EI WI FI VI | C14 > C11 > C12 C13 > C15<br>EI FI VI VI AI | C23 > C21 = C22 > C25 = C24<br>EI FI FI VI VI |
| KV10 | C3 = C4 > C1 > C2 > C5<br>EI EI WI FI VI | C11 = C12 = C13 > C14 > C15<br>EI EI EI WI VI | C22 = C23 > C25 > C24 > C21<br>EI EI WI FI VI |
| KV11 | C2 > C1 = C3 > C4 > C5<br>EI WI WI FI VI | C14 > C11 = C15 > C12 = C13<br>EI WI WI FI FI | C22 = C23 > C21 > C24 > C25<br>EI EI WI FI VI |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KV12 | C3 | = | C4 | > | C2 | > | C5 | > | C1 | C14 | > | C11 | = | C12 | > | C13 | > | C15 | C23 | > | C24 | C25 | > | C22 | = | C21 |
| | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | WI | | FI | | FI |
| KV13 | C3 | = | C4 | > | C5 | > | C2 | > | C1 | C14 | > | C11 | = | C12 | = | C13 | > | C15 | C22 | = | C23 | > | C24 | > | C25 | > | C21 |
| | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | WI | | WI | | VI | EI | | EI | | WI | | FI | | VI |
| KV14 | C3 | = | C4 | > | C1 | = | C2 | > | C5 | C11 | > | C12 | > | C13 | = | C14 | > | C15 | C21 | = | C22 | > | C24 | > | C23 | = | C25 |
| | EI | | EI | | WI | | WI | | VI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | EI | | EI | | WI | | FI | | FI |
| KV15 | C3 | = | C4 | > | C2 | > | C1 | = | C5 | C11 | > | C14 | > | C15 | > | C12 | = | C13 | C22 | = | C25 | > | C24 | > | C23 | > | C21 |
| | EI | | EI | | WI | | FI | | FI | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | EI | | EI | | WI | | FI | | VI |
| KV16 | C3 | = | C4 | > | C2 | > | C1 | > | C5 | C14 | > | C11 | > | C12 | = | C13 | > | C15 | C23 | = | C24 | > | C25 | > | C22 | = | C21 |
| | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | EI | | EI | | WI | | FI | | FI |
| KV17 | C3 | > | C4 | > | C2 | > | C5 | > | C1 | C14 | > | C11 | > | C12 | = | C13 | > | C15 | C22 | > | C23 | > | C24 | | C25 | > | C21 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI |

**Ek-4: Alt Kriterlerin Sıralanması (Kimya Sektörü)**

| | C3 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C4 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ | C5 ANA KRİTERİNİN ALT KRİTERLERİ |
|---|---|---|---|
| KV1 | C3 3 = C3 1 > C3 2 > C3 4 = C3 5 > C3 6<br>EI EI WI FI FI AI | C4 1 > C4 3 > C4 4 > C4 2 = C4 5 > C4 6 = C4 7<br>EI WI FI VI VI AI AI | C5 2 > C5 4 > C5 1 = C5 3 > C5 5 > C5 6<br>EI WI FI FI VI AI |
| KV2 | C3 1 > C3 3 = C3 4 > C3 2 = C3 5 > C3 6<br>EI WI WI FI FI AI | C4 3 > C4 1 > C4 4 = C4 5 > C4 2 > C4 6 = C4 7<br>EI WI FI FI VI AI AI | C5 4 > C5 5 = C5 3 > C5 6 > C5 2 > C5 1<br>EI WI WI FI VI AI |
| KV3 | C3 3 = C3 2 > C3 4 C3 5 > C3 1 > C3 6<br>EI EI WI WI FI VI | C4 1 = C4 3 > C4 4 > C4 5 = C4 2 > C4 7 > C4 6<br>EI EI WI FI FI VI AI | C5 4 > C5 2 > C5 1 = C5 5 = C5 6 > C5 3<br>EI WI FI FI FI VI |
| KV4 | C3 2 > C3 3 = C3 5 > C3 1 = C3 4 > C3 6<br>EI WI WI FI FI VI | C4 4 > C4 1 = C4 7 > C4 3 = C4 5 > C4 2 > C4 6<br>EI WI WI FI FI VI AI | C5 4 = C5 5 > C5 2 > C5 1 > C5 6 > C5 3<br>EI EI WI FI VI AI |
| KV5 | C3 3 = C3 2 > C3 1 > C3 4 > C3 5 = C3 6<br>EI EI WI FI VI VI | C4 3 > C4 1 = C4 4 > C4 5 = C4 7 > C4 2 > C4 6<br>EI WI WI FI FI VI AI | C5 4 > C5 2 > C5 1 > C5 5 > C5 3 = C5 6<br>EI WI FI VI AI AI |
| KV6 | C3 1 = C3 2 > C3 3 = C3 5 > C3 4 > C3 6<br>EI EI WI WI FI VI | C4 1 > C4 3 = C4 4 > C4 7 > C4 5 > C4 2 = C4 6<br>EI WI WI FI VI AI AI | C5 2 = C5 3 > C5 5 > C5 4 > C5 6 > C5 1<br>EI EI WI FI VI AI |
| KV7 | C3 3 > C3 5 > C3 1 > C3 2 = C3 6 > C3 4<br>EI WI FI VI VI AI | C4 4 > C4 5 = C4 3 > C4 1 > C4 2 > C4 6 = C4 7<br>EI WI WI FI VI AI AI | C5 2 > C5 3 = C5 4 > C5 5 > C5 1 > C5 6<br>EI WI WI FI VI AI |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KV8 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 1 | = | 5 | > | 4 | > | 3 | > | 6 | | 1 | = | 3 | > | 4 | > | 7 | > | 2 | = | 5 | > | 6 | | 2 | > | 3 | > | 5 | > | 4 | = | 6 | > | 1 |
| | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI | | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI | | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI |
| KV9 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 6 | = | 3 | > | 4 | = | 2 | > | 1 | > | 5 | | 1 | = | 5 | > | 3 | | 4 | > | 2 | > | 7 | > | 6 | | 4 | > | 2 | > | 3 | > | 6 | = | 1 | > | 5 |
| | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI | | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI |
| KV10 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 3 | > | 1 | = | 5 | > | 4 | = | 6 | | 1 | > | 3 | = | 4 | > | 5 | > | 2 | = | 7 | > | 6 | | 2 | = | 4 | > | 3 | = | 5 | > | 1 | > | 6 |
| | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | | VI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI | | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI |
| KV11 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 3 | = | 5 | > | 1 | > | 4 | = | 6 | | 1 | > | 4 | > | 3 | > | 5 | = | 6 | > | 2 | = | 7 | | 2 | = | 4 | > | 3 | > | 5 | > | 1 | > | 6 |
| | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | VI | | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI | | AI | | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV12 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 1 | > | 3 | = | 4 | > | 5 | = | 6 | | 1 | > | 3 | = | 4 | > | 5 | > | 7 | > | 2 | = | 6 | | 2 | > | 4 | > | 5 | = | 6 | > | 3 | > | 1 |
| | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | | VI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI | | AI | | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | | AI |
| KV13 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 3 | > | 4 | > | 1 | = | 5 | > | 6 | | 1 | > | 7 | > | 3 | = | 4 | = | 5 | > | 2 | > | 6 | | 2 | > | 3 | = | 4 | > | 5 | > | 1 | > | 6 |
| | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI | | EI | | WI | | FI | | FI | | FI | | VI | | AI | | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI |
| KV14 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 3 | > | 5 | = | 6 | > | 1 | | 2 | > | 4 | | 3 | = | 5 | > | 1 | | 4 | > | 2 | = | 7 | > | 6 | | 2 | > | 4 | > | 3 | = | 1 | > | 6 | > | 5 |
| | EI | | WI | | WI | | FI | | FI | | VI | | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | FI | | VI | | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | | AI |
| KV15 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 3 | > | 1 | = | 5 | > | 4 | = | 6 | | 1 | > | 3 | = | 4 | > | 5 | = | 7 | > | 2 | > | 6 | | 2 | = | 4 | > | 3 | > | 5 | > | 1 | > | 6 |
| | EI | | WI | | FI | | FI | | VI | | VI | | EI | | WI | | WI | | FI | | FI | | VI | | AI | | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | | AI |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KV16 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 1 | > | 2 | = | 3 | > | 6 | = | 4 | > | 5 | | 1 | > | 3 | = | 4 | > | 4 | 7 | > | 2 | > | 6 | 2 | = | 4 | > | 5 | > | 3 | > | 6 | > | 1 | |
| | EI | | EI | | WI | | WI | | FI | | FI | | EI | | WI | | WI | | FI | FI | | VI | | AI | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | | AI | |
| KV17 | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C3 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C4 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | | C5 | |
| | 2 | > | 3 | = | 1 | > | 5 | > | 4 | > | 6 | | 1 | = | 3 | > | 4 | > | 5 | > | 2 | = | 6 | > | 7 | 2 | > | 3 | > | 4 | = | 5 | > | 1 | = | 6 |
| | EI | | WI | | WI | | FI | | VI | | AI | | EI | | EI | | WI | | FI | | VI | | VI | | AI | EI | | WI | | FI | | FI | | AI | | AI | |

**Ek-5: Otomotiv Sektörü Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralaması (Tüm Karar Vericiler)**

| | KV1 | KV2 | KV3 | KV4 | KV5 | KV6 | KV7 | KV8 | KV9 | KV10 | KV11 | KV12 | KV13 | KV14 | KV15 | KV16 | KV17 | KV18 | Geo. Ort. | Genel Sıra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **W11** | 0,073 | 0,053 | 0,071 | 0,033 | 0,079 | 0,030 | 0,060 | 0,089 | 0,105 | 0,065 | 0,044 | 0,034 | 0,034 | 0,034 | 0,094 | 0,091 | 0,104 | 0,085 | 0,060 | 2 |
| **W12** | 0,034 | 0,037 | 0,069 | 0,040 | 0,039 | 0,031 | 0,070 | 0,044 | 0,038 | 0,078 | 0,053 | 0,026 | 0,021 | 0,021 | 0,073 | 0,051 | 0,031 | 0,031 | 0,041 | 5 |
| **W13** | 0,087 | 0,041 | 0,034 | 0,021 | 0,045 | 0,024 | 0,037 | 0,051 | 0,031 | 0,077 | 0,052 | 0,017 | 0,041 | 0,041 | 0,046 | 0,024 | 0,048 | 0,045 | 0,039 | 7 |
| **W14** | 0,086 | 0,113 | 0,040 | 0,039 | 0,081 | 0,065 | 0,071 | 0,091 | 0,096 | 0,040 | 0,027 | 0,031 | 0,040 | 0,040 | 0,087 | 0,089 | 0,100 | 0,092 | 0,062 | 1 |
| **W15** | 0,045 | 0,030 | 0,019 | 0,012 | 0,021 | 0,018 | 0,021 | 0,024 | 0,054 | 0,030 | 0,020 | 0,011 | 0,012 | 0,012 | 0,024 | 0,044 | 0,038 | 0,072 | 0,024 | 20 |
| **W21** | 0,098 | 0,025 | 0,043 | 0,024 | 0,020 | 0,015 | 0,069 | 0,030 | 0,040 | 0,042 | 0,030 | 0,031 | 0,028 | 0,028 | 0,026 | 0,047 | 0,104 | 0,094 | 0,038 | 9 |
| **W22** | 0,047 | 0,025 | 0,051 | 0,049 | 0,038 | 0,031 | 0,070 | 0,098 | 0,034 | 0,080 | 0,112 | 0,032 | 0,052 | 0,052 | 0,031 | 0,048 | 0,107 | 0,095 | 0,053 | 3 |
| **W23** | 0,037 | 0,052 | 0,027 | 0,048 | 0,039 | 0,024 | 0,020 | 0,095 | 0,041 | 0,022 | 0,059 | 0,015 | 0,032 | 0,032 | 0,034 | 0,016 | 0,050 | 0,047 | 0,034 | 10 |
| **W24** | 0,031 | 0,020 | 0,052 | 0,018 | 0,011 | 0,011 | 0,059 | 0,046 | 0,021 | 0,086 | 0,121 | 0,010 | 0,018 | 0,018 | 0,011 | 0,016 | 0,039 | 0,025 | 0,026 | 19 |
| **W25** | 0,101 | 0,019 | 0,030 | 0,028 | 0,032 | 0,029 | 0,036 | 0,036 | 0,016 | 0,067 | 0,094 | 0,012 | 0,042 | 0,039 | 0,016 | 0,023 | 0,032 | 0,054 | 0,033 | 11 |
| **W31** | 0,024 | 0,026 | 0,026 | 0,029 | 0,027 | 0,029 | 0,026 | 0,014 | 0,025 | 0,034 | 0,035 | 0,038 | 0,036 | 0,029 | 0,038 | 0,085 | 0,014 | 0,022 | 0,029 | 16 |
| **W32** | 0,029 | 0,042 | 0,028 | 0,067 | 0,073 | 0,039 | 0,051 | 0,013 | 0,068 | 0,028 | 0,027 | 0,073 | 0,074 | 0,077 | 0,013 | 0,087 | 0,031 | 0,022 | 0,040 | 6 |
| **W33** | 0,011 | 0,049 | 0,049 | 0,072 | 0,072 | 0,078 | 0,018 | 0,036 | 0,070 | 0,010 | 0,012 | 0,026 | 0,058 | 0,078 | 0,019 | 0,032 | 0,020 | 0,009 | 0,031 | 14 |
| **W34** | 0,015 | 0,051 | 0,021 | 0,037 | 0,037 | 0,029 | 0,050 | 0,019 | 0,058 | 0,012 | 0,012 | 0,071 | 0,030 | 0,038 | 0,018 | 0,026 | 0,014 | 0,027 | 0,027 | 18 |
| **W35** | 0,010 | 0,018 | 0,053 | 0,035 | 0,036 | 0,045 | 0,020 | 0,037 | 0,036 | 0,034 | 0,017 | 0,060 | 0,038 | 0,039 | 0,029 | 0,034 | 0,037 | 0,014 | 0,030 | 15 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **W36** | 0,029 | 0,041 | 0,042 | 0,056 | 0,041 | 0,079 | 0,043 | 0,031 | 0,057 | 0,028 | 0,032 | 0,059 | 0,069 | 0,044 | 0,035 | 0,041 | 0,040 | 0,026 | 0,042 | 4 |
| **W41** | 0,032 | 0,052 | 0,053 | 0,032 | 0,040 | 0,064 | 0,020 | 0,032 | 0,021 | 0,034 | 0,031 | 0,066 | 0,074 | 0,074 | 0,063 | 0,041 | 0,012 | 0,034 | 0,039 | 8 |
| **W42** | 0,013 | 0,028 | 0,027 | 0,025 | 0,018 | 0,027 | 0,007 | 0,013 | 0,025 | 0,027 | 0,025 | 0,054 | 0,027 | 0,027 | 0,033 | 0,015 | 0,010 | 0,013 | 0,021 | 23 |
| **W43** | 0,032 | 0,047 | 0,043 | 0,034 | 0,025 | 0,031 | 0,016 | 0,038 | 0,013 | 0,017 | 0,016 | 0,034 | 0,031 | 0,031 | 0,053 | 0,040 | 0,028 | 0,017 | 0,028 | 17 |
| **W44** | 0,017 | 0,042 | 0,044 | 0,065 | 0,023 | 0,063 | 0,010 | 0,038 | 0,010 | 0,033 | 0,025 | 0,053 | 0,072 | 0,072 | 0,068 | 0,020 | 0,028 | 0,018 | 0,032 | 12 |
| **W45** | 0,027 | 0,058 | 0,052 | 0,060 | 0,052 | 0,036 | 0,019 | 0,020 | 0,015 | 0,027 | 0,030 | 0,064 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,023 | 0,014 | 0,031 | 0,032 | 13 |
| **W46** | 0,013 | 0,022 | 0,022 | 0,051 | 0,017 | 0,034 | 0,009 | 0,015 | 0,014 | 0,012 | 0,011 | 0,052 | 0,028 | 0,028 | 0,027 | 0,015 | 0,014 | 0,013 | 0,019 | 24 |
| **W47** | 0,019 | 0,020 | 0,029 | 0,026 | 0,048 | 0,039 | 0,010 | 0,016 | 0,014 | 0,017 | 0,011 | 0,024 | 0,034 | 0,034 | 0,035 | 0,018 | 0,016 | 0,026 | 0,022 | 21 |
| **W51** | 0,021 | 0,012 | 0,013 | 0,014 | 0,020 | 0,017 | 0,040 | 0,007 | 0,012 | 0,021 | 0,027 | 0,015 | 0,011 | 0,011 | 0,013 | 0,010 | 0,009 | 0,024 | 0,015 | 26 |
| **W52** | 0,018 | 0,028 | 0,024 | 0,028 | 0,021 | 0,028 | 0,048 | 0,008 | 0,024 | 0,025 | 0,025 | 0,032 | 0,022 | 0,022 | 0,026 | 0,017 | 0,015 | 0,012 | 0,022 | 22 |
| **W53** | 0,008 | 0,014 | 0,012 | 0,016 | 0,011 | 0,028 | 0,025 | 0,010 | 0,020 | 0,009 | 0,009 | 0,020 | 0,012 | 0,012 | 0,026 | 0,020 | 0,007 | 0,009 | 0,014 | 28 |
| **W54** | 0,011 | 0,029 | 0,023 | 0,010 | 0,012 | 0,034 | 0,027 | 0,020 | 0,024 | 0,027 | 0,021 | 0,027 | 0,021 | 0,021 | 0,015 | 0,020 | 0,018 | 0,008 | 0,019 | 25 |
| **W55** | 0,022 | 0,011 | 0,009 | 0,028 | 0,023 | 0,025 | 0,051 | 0,017 | 0,009 | 0,013 | 0,013 | 0,042 | 0,008 | 0,008 | 0,010 | 0,007 | 0,006 | 0,020 | 0,015 | 27 |
| **W56** | 0,018 | 0,011 | 0,009 | 0,014 | 0,009 | 0,012 | 0,020 | 0,020 | 0,008 | 0,013 | 0,013 | 0,017 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,018 | 0,024 | 0,012 | 29 |

**Ek-6: Kimya Sektörü Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralaması (Tüm Karar Vericiler)**

| | KV1 | KV2 | KV3 | KV4 | KV5 | KV6 | KV7 | KV8 | KV9 | KV10 | KV11 | KV12 | KV13 | KV14 | KV15 | KV16 | KV17 | Geo. Ort. | Genel Sıra |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **W11** | 0,101 | 0,040 | 0,034 | 0,051 | 0,040 | 0,078 | 0,049 | 0,044 | 0,053 | 0,062 | 0,060 | 0,077 | 0,073 | 0,071 | 0,052 | 0,079 | 0,044 | 0,057 | 3 |
| **W12** | 0,031 | 0,019 | 0,016 | 0,014 | 0,021 | 0,029 | 0,013 | 0,012 | 0,037 | 0,060 | 0,029 | 0,038 | 0,053 | 0,069 | 0,020 | 0,045 | 0,025 | 0,027 | 18 |
| **W13** | 0,039 | 0,020 | 0,010 | 0,016 | 0,022 | 0,034 | 0,016 | 0,013 | 0,041 | 0,024 | 0,031 | 0,026 | 0,022 | 0,034 | 0,023 | 0,030 | 0,017 | 0,023 | 21 |
| **W14** | 0,104 | 0,037 | 0,033 | 0,046 | 0,043 | 0,080 | 0,050 | 0,041 | 0,113 | 0,064 | 0,056 | 0,072 | 0,065 | 0,040 | 0,053 | 0,080 | 0,045 | 0,056 | 4 |
| **W15** | 0,049 | 0,031 | 0,012 | 0,017 | 0,033 | 0,038 | 0,023 | 0,043 | 0,030 | 0,062 | 0,047 | 0,060 | 0,060 | 0,019 | 0,025 | 0,039 | 0,022 | 0,033 | 12 |
| **W21** | 0,033 | 0,025 | 0,026 | 0,016 | 0,025 | 0,020 | 0,018 | 0,018 | 0,025 | 0,038 | 0,038 | 0,030 | 0,038 | 0,043 | 0,057 | 0,036 | 0,018 | 0,028 | 17 |
| **W22** | 0,039 | 0,030 | 0,055 | 0,047 | 0,051 | 0,041 | 0,038 | 0,039 | 0,025 | 0,032 | 0,031 | 0,035 | 0,032 | 0,051 | 0,048 | 0,030 | 0,036 | 0,038 | 10 |
| **W23** | 0,040 | 0,033 | 0,026 | 0,023 | 0,051 | 0,040 | 0,037 | 0,037 | 0,052 | 0,037 | 0,037 | 0,038 | 0,037 | 0,027 | 0,056 | 0,035 | 0,036 | 0,037 | 11 |
| **W24** | 0,021 | 0,016 | 0,015 | 0,037 | 0,014 | 0,023 | 0,014 | 0,014 | 0,020 | 0,019 | 0,019 | 0,019 | 0,020 | 0,052 | 0,030 | 0,018 | 0,020 | 0,020 | 24 |
| **W25** | 0,023 | 0,011 | 0,020 | 0,044 | 0,029 | 0,011 | 0,012 | 0,012 | 0,019 | 0,015 | 0,015 | 0,020 | 0,015 | 0,030 | 0,022 | 0,021 | 0,010 | 0,018 | 26 |
| **W31** | 0,078 | 0,073 | 0,026 | 0,035 | 0,072 | 0,039 | 0,090 | 0,078 | 0,026 | 0,058 | 0,061 | 0,058 | 0,063 | 0,026 | 0,070 | 0,040 | 0,078 | 0,053 | 5 |
| **W32** | 0,079 | 0,038 | 0,050 | 0,066 | 0,071 | 0,040 | 0,033 | 0,041 | 0,042 | 0,033 | 0,032 | 0,033 | 0,023 | 0,028 | 0,040 | 0,040 | 0,041 | 0,041 | 9 |
| **W33** | 0,066 | 0,079 | 0,041 | 0,071 | 0,060 | 0,047 | 0,087 | 0,084 | 0,049 | 0,057 | 0,066 | 0,057 | 0,061 | 0,049 | 0,069 | 0,047 | 0,084 | 0,062 | 1 |
| **W34** | 0,041 | 0,061 | 0,051 | 0,037 | 0,037 | 0,048 | 0,042 | 0,066 | 0,051 | 0,028 | 0,051 | 0,028 | 0,030 | 0,021 | 0,034 | 0,049 | 0,066 | 0,042 | 8 |
| **W35** | 0,046 | 0,041 | 0,042 | 0,055 | 0,028 | 0,025 | 0,038 | 0,029 | 0,018 | 0,021 | 0,022 | 0,022 | 0,027 | 0,053 | 0,026 | 0,025 | 0,029 | 0,030 | 14 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **W36** | 0,023 | 0,023 | 0,018 | 0,028 | 0,034 | 0,017 | 0,034 | 0,030 | 0,041 | 0,029 | 0,033 | 0,029 | 0,024 | 0,042 | 0,035 | 0,027 | 0,030 | 0,028 | 15 |
| **W41** | 0,022 | 0,071 | 0,048 | 0,066 | 0,073 | 0,059 | 0,073 | 0,067 | 0,052 | 0,061 | 0,068 | 0,062 | 0,059 | 0,053 | 0,040 | 0,060 | 0,067 | 0,057 | 2 |
| **W42** | 0,008 | 0,027 | 0,033 | 0,026 | 0,032 | 0,020 | 0,025 | 0,026 | 0,028 | 0,023 | 0,030 | 0,021 | 0,037 | 0,027 | 0,021 | 0,031 | 0,026 | 0,025 | 20 |
| **W43** | 0,021 | 0,073 | 0,056 | 0,032 | 0,061 | 0,055 | 0,067 | 0,057 | 0,047 | 0,057 | 0,071 | 0,057 | 0,061 | 0,043 | 0,037 | 0,055 | 0,057 | 0,051 | 6 |
| **W44** | 0,010 | 0,035 | 0,057 | 0,061 | 0,052 | 0,046 | 0,057 | 0,068 | 0,042 | 0,047 | 0,033 | 0,048 | 0,030 | 0,044 | 0,031 | 0,047 | 0,068 | 0,042 | 7 |
| **W45** | 0,009 | 0,041 | 0,030 | 0,034 | 0,032 | 0,029 | 0,036 | 0,035 | 0,058 | 0,030 | 0,026 | 0,030 | 0,034 | 0,052 | 0,020 | 0,029 | 0,035 | 0,031 | 13 |
| **W46** | 0,008 | 0,026 | 0,023 | 0,025 | 0,022 | 0,021 | 0,026 | 0,033 | 0,022 | 0,022 | 0,027 | 0,022 | 0,026 | 0,022 | 0,016 | 0,024 | 0,033 | 0,022 | 23 |
| **W47** | 0,010 | 0,031 | 0,023 | 0,052 | 0,026 | 0,026 | 0,032 | 0,030 | 0,020 | 0,027 | 0,032 | 0,028 | 0,023 | 0,029 | 0,015 | 0,023 | 0,030 | 0,026 | 19 |
| **W51** | 0,014 | 0,012 | 0,033 | 0,014 | 0,011 | 0,013 | 0,009 | 0,010 | 0,012 | 0,008 | 0,008 | 0,010 | 0,010 | 0,013 | 0,018 | 0,009 | 0,009 | 0,012 | 29 |
| **W52** | 0,029 | 0,012 | 0,067 | 0,027 | 0,024 | 0,013 | 0,009 | 0,012 | 0,028 | 0,012 | 0,009 | 0,010 | 0,009 | 0,024 | 0,020 | 0,010 | 0,007 | 0,016 | 27 |
| **W53** | 0,016 | 0,027 | 0,029 | 0,009 | 0,007 | 0,031 | 0,020 | 0,013 | 0,014 | 0,024 | 0,023 | 0,014 | 0,021 | 0,012 | 0,053 | 0,026 | 0,013 | 0,018 | 25 |
| **W54** | 0,028 | 0,032 | 0,069 | 0,022 | 0,024 | 0,036 | 0,023 | 0,027 | 0,029 | 0,019 | 0,020 | 0,028 | 0,025 | 0,023 | 0,044 | 0,022 | 0,027 | 0,028 | 16 |
| **W55** | 0,011 | 0,034 | 0,039 | 0,027 | 0,009 | 0,042 | 0,025 | 0,027 | 0,011 | 0,023 | 0,023 | 0,028 | 0,027 | 0,009 | 0,052 | 0,025 | 0,027 | 0,023 | 22 |
| **W56** | 0,010 | 0,017 | 0,036 | 0,010 | 0,010 | 0,018 | 0,012 | 0,010 | 0,011 | 0,019 | 0,012 | 0,016 | 0,013 | 0,009 | 0,027 | 0,013 | 0,015 | 0,014 | 28 |

Tarih:11/10/2023 16:58
Sayı: E-65836846-044-300449
REKTÖRLÜK
300449

İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

Sayı : E-65836846-044-300449 11.10.2023
Konu : Etik Onayı

**Sayın Cansu GÜLER**

İlgi : 25.09.2023 tarihli dilekçeniz.

İlgi yazınız ile "Sürdürülebilir Yeni Ürün Geliştirme: Bulanık Karar Ortamında Çok Kriterli Hibrit Bir Yaklaşım" isimli çalışmanın anket sorularına Etik Kurul onayı talep edilmektedir.

Adı geçen ve ekte yer alan anket soruları, Üniversitemiz Etik Kurulunca incelenerek etik tanım, değer ve ilkelere aykırı bir düzenleme tespit edilmediği, önerilen anket sorularının etik kurallara uygun olduğu ve etik onayının verildiği ifade edilmiştir.

Konuya ilişkin bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Muammer KALYON
Rektör Yardımcısı V.

Ek: Etik Onaylı Anket Soruları

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu:
69967866-31EE-4C08-935B-79543249D6BE
Adres: Örnektepe Mah. İmrahor Cad. No: 88/2 Beyoğlu/İstanbul
Telefon No: 444 04 13 / 4583 Faks No: 0212 320 70 11
E-Posta: boz@ticaret.edu.tr İnternet Adresi: www.ticaret.edu.tr
KEP Adresi: ticaretuniversitesi@hs02.kep.tr

Belge Doğrulama Adresi:
https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-ticaret-universitesi-ebys
Ayrıntılı Bilgi İçin: Bahadır ÖZ
Büro Personeli
Telefon No:

# BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

Değerli Katılımcı,

Bu çalışma, Prof. Dr. Ali Görener danışmanlığında İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Doktora programı öğrencisi, **Cansu Güler** tarafından yürütülen **"Sürdürülebilir Yeni Ürün Geliştirme: Bulanık Karar Ortamında Çok Kriterli Hibrit Bir Yaklaşım"** isimli bir tez ve makale çalışmasıdır.

Araştırmaya katılımınız tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Araştırma sırasında sizden kimlik belirleyici bilgiler istenmeyecektir. Sizlere çeşitli sürdürülebilirlik kriterleri sunularak, anket formunda belirtilen kriterler kapsamında yeni ürün geliştirme açısından bu kriterlerin önem derecelerinin değerlendirmeniz istenecektir. Bu çalışma 18 yaş ve üzeri katılımcılarla sınırlandırılmıştır.

Cevaplarınız gizli tutulacak ve sadece araştırmacı tarafından bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır. Bu anlamda, araştırma sonuçlarından sağlıklı bilgiler edinilebilmesi için soruların samimi bir şekilde doldurulması ve soruların boş bırakılmaması oldukça önemlidir. Bu çalışma genel olarak kişisel rahatsızlık teşkil edecek soruları içermemektedir. Ancak araştırma sırasında herhangi bir nedenden dolayı rahatsızlık hissederseniz, katılımınızı sonlandırabilirsiniz. Çalışma sırasında sizden istenilen, çalışmada yer alan maddeleri ve/veya soruları boş bırakmamaya özen göstererek samimi bir şekilde doldurmanızdır. Çalışmaya katılım yaklaşık 10 dakika sürecektir. Çalışma hakkında daha fazla bilgi almak için **Cansu Güler'e** ulaşabilirsiniz. Katılımınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Bu çalışmaya tamamen gönüllü olarak katılıyorum ve istediğim zaman katılımımı sonlandırabileceğimi biliyorum. Verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlı kullanımını kabul ediyorum.

Evet ( )  Hayır ( )

Araştırmacının Adı Soyadı
**Cansu Güler**

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

## DEMOGRAFİK BİLGİ FORMU

**1**-Yaşınız:
18-24 ( )  25-34 ( )  35-44 ( )  45-54 ( )  55-64 ( )  65 ve üstü ( )

**2**- Eğitim Durumunuz:
( ) İlköğretim
( ) Lise
( ) Ön lisans
( ) Lisans
( ) Yüksek Lisans
( ) Doktora

**3**- Mesleğiniz:

**4**- Uzmanlık alanınız:

**5**- İş hayatı tecrübeniz: …… yıl

**6**- Çalıştığınız iş yerindeki mevcut pozisyonunuz:

**7**- Şu anki pozisyonunuzdaki tecrübeniz: …… yıl

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | ANA KRİTERLER | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama**<br><br>Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi ana kriter** daha önemlidir? | **C1** | **C2** | **C3** | **C4** | **C5** |
| | **Finansal Kriterler (ekonomik unsurlar)** | **Pazar Kriterleri** | **Ürüne ait Çevresel Kriterler** | **Üretim Sürecine ait Çevresel Kriterler** | **Sosyal Kriterler** |
| **Kriterlerin tanımları** | Ürün ile ilgili doğrudan veya dolaylı maliyetler, ulaştırma, paketle gibi maliyetler, gelirler ve devlet süspansiyonları gibi finansal unsurları içermektedir. | Pazarda konumlanma, yeni pazarlara giriş, marka imajı, çeviklik, müşteri memnuniyeti gibi unsurları içermektedir. | Ürüne ait hammadde, enerji, emisyon gibi unsurların çevresel etkisi ile ilgili kriterleri içerimektedir. (Son ürün) | Ürünün üretim sürecine ait ait atık,doğal kaynak kullanımı, enerji kullanımı, emisyonlar ve canlı yaşamı ile ilgili çevresel etkinin değerlendirilmesine yönelik kriterleri içermektedir. | Çalışan ve tedarikçi gelişimi, Çeşitlilik, fırsat eşitliği ve ayrımcılığın engellenmesi, istihdam etkisi, genel ve çalışan açısından iş sağlığı ve güvenliği gibi kriterlerin değerlendirmesini içerimektedir. |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 5- En az önemli)- Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sılama yapılmalıdır. | | | | | |
| | | | | | |
| **İkinci aşama**<br>Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | Finansal Kriterler | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama**<br>Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi finasal kriter** daha önemlidir? | **C11** | **C12** | **C13** | **C14** | **C15** |
| | **Ürün maliyeti** | **Ürünle ilgili dolaylı maliyetler** | **Ulaştırma, paketleme, tamir, bakım maliyetleri** | **Karlılık ve satış gelirleri** | **Vergiler ve devlet suspansiyonları** |
| **Kriter tanımları** | Ürüne ait üretim maliyeti (malzeme, işçilik gibi doğrudan maliyetler toplamı) | Risk maliyeti, çevre sağlığı ve güvenliği ile ilgili uyum maliyetleri, ürünün geliştirilmesi, üretimi ve kontrolü ile ilgili dolaylı maliyet toplamı (Kalite standartlarına ait maliyetler) | Üretim sürecindeki dağıtım, taşıma gibi lojistik maliyetler | Üründen ölçülen kar göstergesi (Varlıklar-Nakit akışı, çalıştırılan sermaye geri dönüşü, duran varlık geri dönüşü, ROI, vb) | Ürün üretimi ve pazara arzında uygulanan vergi ve harçlar, devletin çevre dostu ürünlere yönelik destekleri |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 5- En az önemli)- Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sıralama yapılmalıdır. | | | | | |
| | | | | | |
| **İkinci aşama**<br>Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | Pazar Kriterleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama**<br>Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi Pazar kriteri** daha önemlidir? | **C21** | **C22** | **C23** | **C24** | **C25** |
| | **Çeviklik - Talep dalgalanmaların a cevap verme kabiliyeti- aşağı ve yukarı tedarik zinciri adaptasyonu** | **Güvenilirlik- Pazardaki ihtiyacı karşılama** | **Ticaret Fırsatları- Yeni müşteri ve pazarlar** | **Şirket imajına katkı** | **Müşteri şikayetlerini azaltma** |
| **Kriter tanımları** | Farklı talep durumlarına yönelik üretimden, dağıtıma kolay adaptasyon sağlanması, müşterinin değişen taleplerini karşılayabilme | Müşterilerin üründen beklentisini anlama ve en iyi şekilde cevap verme | Yeni müşteri ve pazara erişim fırsatları | Şirketin müşteriler ve diğer kurumlar tarafından değerlendirilen çevre dostu imajına olan katkı ve markanın farklılaşması | Müşteri şikayeti ve ürün iadelerini azaltma |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 5- En az önemli)- Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sıralama yapılmalıdır. | | | | | |
| | | | | | |
| **İkinci aşama**<br>Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | Ürüne ait Çevresel Kriterler | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama**<br>Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi ürüne ait çevresel etki kriteri** daha önemlidir? | **C31** | **C32** | **C33** | **C34** | **C35** | **C36** |
| | **Hammadde ve malzemeler - Üründe doğal kaynak kullanımını azaltma** | **Hammadde ve malzemeler - Üründe tehlikeli madde kullanımının azaltılması** | **Hammadde ve malzemeler - Geri dönüşüm hammadde, bileşen, malzeme kullanımı** | **Hammadde ve malzemeler- Ürünün yaşan döngüsü sonunda geri dönüşü veya yeniden kullanılabilirliği** | **Üründe enerji verimliliği ve yeşil enerji kullanımı** | **Emisyonlar - Zararlı Gaz Emisyonlarının Azaltılması** |
| **Kriter tanımları** | Üründe ve üretim süreçlerinde kısıtlı kaynak olarak değerlendirilebilece k malzemelerin azaltılması; Tedarikinde ve elde edilmesinde hava, su ve toprağa olumsuz etki oluşturan kaynakların kullanımını azaltma kullanma | Üründe ve operasyonlarda tehlikeli malzemelerin kullanımını azaltma veya ortadan kaldırma (çevreye zararlı kimyasallar, REACH gibi standartlarda tanımlı yasaklı ürünler) | Üründe geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı | Ürünün belirlenen kullanım senaryosu sonrasında atık oluşturmayacak çekilde geri dönüştürülebilme oranı veya belirli bir tamir faaliyeti sonrası farklı bir amaç için yeniden kullanılanıbilirliği | Ürünün tasarımında enerji verimli bir yapı sağlanması, yeşil enerji kaynaklarının tercih edilmesi | Ürünün kullanımında CO: Karbonmonoksit, NOx: Nitrojen Oksitler, SO2: Sülfür dioksit, HC: Hidrokarbonlar, PM: Partikül (is-kurum) miktarı |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 6- En az önemli) Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sıralama yapılmalıdır. | | | | | | |
| | | | | | | |
| **İkinci aşama**<br>Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | Üretim Sürecine ait Çevresel Kriterler | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama** | **C41** | **C42** | **C43** | **C44** | **C45** | **C46** | **C47** |
| Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi üretim sürecine ait çevresel etki kriteri** daha önemlidir? | **Atık Azaltma - Ürünün üretiminde, geri dönüşümünde, dağıtımı ve kullanımında atık oluşturmaması** | **Atık Azaltma - Tedarikçilerin süreçlerindeki atığın azaltılması** | **Temiz su kullanımında verimlilik** | **Enerji - Enerji kullanımını azaltma ve yeşil enerji kullanımı** | **Emisyonlar - Zararlı Gaz Emisyonlarının Azaltılması** | **Emisyonlar - Gürültü emisyonlarının azaltılması** | **Biyoçeşitliliğin korunması** |
| **Kriter tanımları** | Ürün yaşam döngüsünde (geliştirme, üretim, dağıtım, kullanım ve yeniden dönüştürme gibi aşamaların tamamı) sıfır atık veya atığı en aza indirecek uygulamalar | Ürün ve üretim süreçleri tasarımında tedarikçilerin de süreçlerinde atığı azaltacak uygulamalar | Ürünün tüm yaşam döngüsünde ve üretim süreçlerinde suyun verimli kullanımına yönelik sistemler, su arıtma uygulamaları | Ürün üretiminde enerjinin verimli kullanılacağı yapısal uygulamalar, süreç tasarımları ve enerjinin geri dönüştürüldüğü uygulamalar, üretiminde güneş ışığı, rüzgar, yağmur, gelgitler, bitkiler, algler ve jeotermal ısı gibi doğal kaynaklardan elde edilen enerjilerin kullanımı | Ürünün üretiminde zararlı gaz emisyonları oluşturma miktarı - CO: Karbonmonoksit, NOx: Nitrojen Oksitler, SO2: Sülfür dioksit, HC: Hidrokarbonlar, PM: Partikül (is- kurum) miktarı | Ürünün kullanımında çevreye gürültü kirliliği oluşturmamasına yönelik tasarım ve uygulamalar | Üretim süreçlerinde canlı çeşitliliğine olumsuz etki edecek uygulamaların kullanılmaması (Böcek ilacı kullanımı, toprak-su- hava kirliliği oluşturarak canlı yaşamını olumsuz etkileyecek uygulamalar) |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 7- En az önemli) Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sıralama yapılmalıdır. | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| **İkinci aşama** Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19

**Anket**

| | Sosyal Kriterler | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **İlk aşama**<br>Sizce sürdürülebilir yeni ürün geliştirmede **hangi sosyal kriter** daha önemlidir? | **C51**<br>**İstihdam Etkisi Kabul Edilebilirlik** | **C52**<br>**İş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması** | **C53**<br>**Çeşitlilik, fırsat eşitliği ve ayrımcılığın engellenmesi** | **C54**<br>**Yakın ve genel çevrenin sağlığı ve güvenliği** | **C55**<br>**Çalışan geliştirme** | **C56**<br>**Tedarikçi geliştirme** |
| **Kriter tanımları** | Bölgesel ve genel olarak istihdamı arttırma, çocuk istihdamını engelleme | İş sağlığı ve güvenliği açısından uygun süreçler, iş kazası riskini elemine edecek ürün geliştirme ve üretim proseslerinin ortaya konması | Ürünlerin her gelir düzeyi ve her koşuldaki kullanıcı tarafından erişilebilir olması, Ürün tasarımı ve geliştirmede ayrımcılığa neden olmayacak uygulamalar ortaya konması, ürünlerin farklı gruplara fayda sağlaması veyaayrımcılığa uğrayan gruplar için fayda oluşturması | Ürünün yakın çevre ve genel toplum için fayda oluşturması, genelin sağlığı ve güvenliği açısından olumsuz bir unsur barındırmaması | Çalışanlara yeni yetenek ve beceriler kazandıracak uygulamalar | Ürün geliştirme kararlarında tedarikçinin motivasyonu ve gelişimini sağlayacak, tedarikçinin çevre ve sosyal duyarlılığı yüksek uygulamalara yönlendirecek uygulamalar |
| **Uygun seçeneği yazınız** (1- En önemli, 6- En az önemli) Aynı önem derecesine sahip kriterler için aynı puanlama kullanılabilmektedir. Kriterlerin değerlendirmesinde en önemli esas alınarak en önemsiz kritere doğru sıralama yapılmalıdır. | | | | | | |
| | | | | | | |
| **İkinci aşama**<br>Yukarıda yaptığınız tercihler kapsamında en önemli kriter esas alınarak kriterler sıralanmalıdır. | | | | | | |
| **Üçüncü aşama** : Kriterler dilsel karşılıkları esas alınarak karşılaştırılmalıdır. Bu aşamada aşağıdaki tablo esas alınacaktır. | | | | | | |

| Dilsel Terimler | **Kısaltmalar** | Bulanık Sayı Değeri | | |
|---|---|---|---|---|
| Eşit derecede önemli | **EI** | 1 | 1 | 1 |
| Zayıf derecede önemli | **WI** | 2/3 | 1 | 3/2 |
| Oldukça önemli | **FI** | 3/2 | 2 | 5/2 |
| Çok önemli | **VI** | 5/2 | 3 | 7/2 |
| Kesinlikle önemli | **AI** | 7/2 | 4 | 9/2 |

Bulanık FUCOM Ölçeği (Pamucar ve Ecer, 2020, s.424)

**İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ**
**ETİK KURUL ONAYI ALMIŞTIR**
Kurul Tarihi: 04.10.2023
Kurul Karar No: 10-19