

# SWARA Ağırlıklı Bulanık COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi

(Araştırma Makalesi)

*Supplier Selection by SWARA Weighted Fuzzy COPRAS Method*

Doi: 10.29023/alanyaakademik.986700

**Mevhibe AY TÜRKMEN**

*Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi*

*mturkmen@pau.edu.tr*

*Orcid No: 0000-0003-2365-6726*

**Ayten DEMİREL**

*Öğr. Gör., Pamukkale Üniversitesi, Tavas Meslek Yüksekokulu*

*ademirel@pau.edu.tr*

*Orcid No:0000-0003-0252-5911*

**Bu makaleye atıfta bulunmak için:** Ay Türkmen, M. & Demirel, A. (2022). "SWARA Ağırlıklı Bulanık COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Alanya Akademik Bakış*, 6(1), Sayfa No. 1739-1756.

## ÖZET

### **Anahtar kelimeler:**

*Tedarikçi seçimi,  
SWARA, Bulanık  
COPRAS, Biyogaz  
Enerji Üretimi*

*Makale Geliş Tarihi:*

*24.08.2021*

*Kabul Tarihi:*

*21.01.2022*

*Dünya nüfusunun giderek artış gösterdiği günümüzde enerjiye olan ihtiyaç da her geçen gün artmaktadır. Geleneksel enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların azalması ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salınımının çok yüksek olması işletmeleri yeni enerji arayışına sokmuştur. Bu bağlamda biyogaz üretimi yenilenebilir enerji kaynağı olması ve çevreye zarar vermemesi açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada biyogaz enerji üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim süreci ÇKKV (Çok Kriterli Karar Verme) yöntemlerinden SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak tedarikçi seçimi sürecinde kullanılan kriterler belirlenmiş ve SWARA yöntemi kullanılarak bu kriterlerin önem dereceleri tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda gazlaşma oranı kriteri işletmenin tedarikçi seçim sürecinde en çok önem verdiği kriter, en az öneme sahip kriter ise vade kriteri olmuştur. Tedarikçi alternatiflerin değerlendirilmesinde Bulanık COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucuna göre en iyi tedarikçi alternatifi A3 olarak bulunmuştur.*

## ABSTRACT

### **Keywords:**

*Supplier selection,  
SWARA, Fuzzy  
COPRAS, Biogas  
Power Generation.*

*In today's world, where the world population is increasing, the need for energy is increasing day by day. The decrease in fossil fuels used as a traditional energy source and the very high emission of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) have led businesses to seek new energy. In this context, biogas production is important in terms of being a renewable energy source and not harming the environment. In this study, the supplier selection process of a business operating in the biogas energy generation sector was examined using SWARA and Fuzzy COPRAS methods, which are MCDM methods. In the study, firstly, the criteria used in the supplier selection process were determined and the importance levels of these criteria were determined by using the SWARA method. As a result of the analysis, the gasification rate criterion was the most*

*important criterion in the supplier selection process, and the least important criterion was the price criterion. Fuzzy COPRAS method was used in the evaluation of supplier alternatives. According to the results of the analysis, the best supplier alternative was found to be A3.*

---

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte rekabetin giderek arttığı günümüz koşullarında işletmelerin üretimlerini etkin bir şekilde devam ettirip rekabet avantajı sağlayabilmeleri için tedarikçi seçimine önem vermeleri gerekmektedir. Tedarikçi seçimi; işletmenin ihtiyaç duyduğu farklı miktar ve özelliklerdeki ürünlerin veya hizmetlerin, hangi tedarikçiden temin edileceğine yönelik bir süreçtir (Aytaç ve Işık, 2017: 57). Tedarikçi seçiminde amaç, işletmenin gereksinimlerini düşük bir maliyet ile devamlı bir şekilde karşılayan yüksek potansiyelli tedarikçilerin seçilmesidir (Yang vd., 2008: 1481).

İşletmeler için doğru tedarikçinin seçilmesi, işletmenin stratejilerine uygun olması ve işletmeyi hedeflerine ulaştırması bakımından önem taşımaktadır (Özel ve Özyörük, 2007: 415). Bu bağlamda tedarikçi seçimi, işletmeler için stratejik önemi olan çok kriterli bir karar problemidir (Seçme ve Özdemir, 2008: 175). Literatürde birçok araştırmacı tarafından çalışılan bu karar probleminde farklı yöntemler kullanılmıştır (Yıldırım ve Timor, 2019: 284).

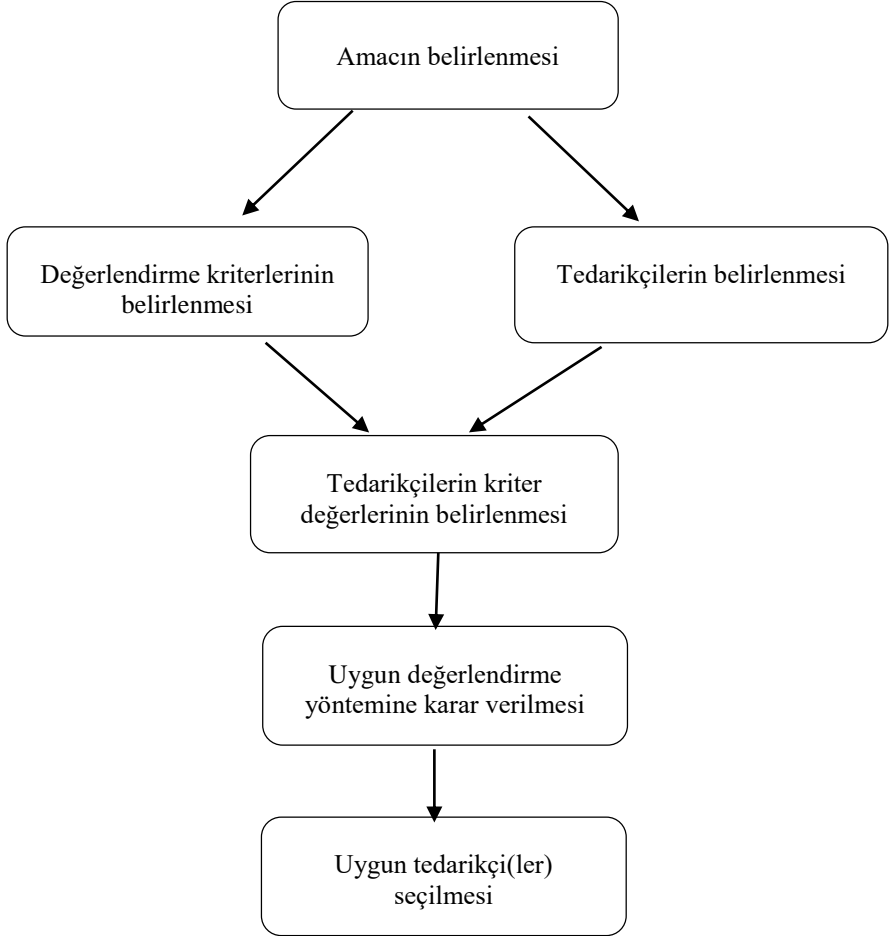
Bu çalışmada, biyogaz enerji üretimi yapan bir işletmenin tedarikçi seçim problemi Çok Kriterli Karar Verme Problemi olarak ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan kriterlerin önem düzeylerini belirlemek için, kriter ağırlıklandırma yöntemlerinden SWARA yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesinde ise bulanık mantığın COPRAS yöntemi ile birleştirilmesi sonucu elde edilen Bulanık COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada kriter ağırlıklandırmada SWARA yönteminin kullanılmasının nedeni yöntemin diğer yöntemlere göre hesaplama kolaylığı sunmasıdır. Ayrıca yöntem, karar vericilerin kendi önceliklerini belirlemelerine izin vermekte ve bunu yaparken de karmaşık ikili kıyaslamalara gerek duymadığı için tutarsızlık durumu da ortaya çıkmamaktadır. Çalışmada, alternatiflerin değerlendirilmesinde Bulanık COPRAS yönteminin kullanılmasının nedeni, hem yöntemin hesaplama kolaylığı sunması hem de bu alanda yapılan çalışma sayısının az olmasıdır. Ayrıca yöntemin son adımında, hesaplanan performans indeksi ile alternatiflerin almış oldukları değerler yüzde olarak ifade edilebilmekte, bu da alternatifler arasında karşılaştırma yaparak tercih yapmayı kolaylaştırmaktadır (Katrancı ve Kundakçı, 2020: 64).

## 2. TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Tedarikçi seçimi, tedarik zinciri yönetimi alanında en önemli karar verme konularından biridir (Taherdoost ve Brard, 2019: 1026). Uygun tedarikçinin seçilmesi satın alma maliyetlerini önemli ölçüde düşürür, pazardaki rekabet gücünü, tedarik zinciri performansını ve nihai müşteri memnuniyetini artırır (Cristea ve Cristea, 2017:2). En uygun tedarikçi seçimi yapabilmek için işletmelerin birden fazla kritere ihtiyacı vardır. Tedarikçi seçimi; kriterlerin tanımlanması, kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve en uygun tedarikçinin seçilmesi olmak üzere üç adımda gerçekleşmektedir.

Tedarikçi seçim süreci, tedarik zincirinin etkili bir şekilde yönetimi için birçok faktörün aynı anda ele alınmasını gerektiren kritik bir karar verme sürecidir (Türer vd., 2008: 31). Yanlış yapılan bir tedarikçi seçimi alıcı işletmeler için operasyonel olduğu kadar finansal kayıplara da

neden olacaktır (Kapar, 2013: 200). Dolayısıyla, işletme için stratejik bir karar niteliği taşıyan tedarikçi seçimi kararının sezgilere ve tecrübelere dayalı olarak değil daha bilimsel ve daha sistematik bir şekilde verilmesi gerekmektedir (Çakın ve Özdemir, 2013: 341). Tedarikçi seçim sürecinin aşamaları Şekil 1'deki akış ile gösterilebilir. Farklı amaçlar için yapılabilen tedarikçi seçiminin ilk aşamasında, bu amacın iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Sonraki aşamada tespit edilecek olan değerlendirme kriterleri belirlenen amaç ile ilgili olmalıdır. Sürecin diğer bir önemli aşaması da en uygun karar verme yönteminin belirlenmesidir. Çünkü doğru kullanılmayan bir değerlendirme yöntemi yanlış seçimler yapmaya neden olabilmektedir (Gökçalp ve Soylu, 2010: 6).



**Şekil 1. Tedarikçi Seçim Süreci**

Literatürde tedarikçi seçimiyle ilgili birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Son on bir yılın çalışmaları aşağıdaki tabloda özet olarak verilmiştir.

**Tablo 1: Tedarikçi Seçimi Literatür Taraması**

Yazar/Yazarlar	Uygulama Alanı
Özdemir (2010)	Otomotiv işletmesinde ürün gruplarına göre uygun tedarikçi seçimi
Özçakar ve Demir (2011)	Gıda işletmesinde belirsizlik ortamında tedarikçi seçimi
Akyüz (2012)	Bir firmanın ambalaj tedarikçisi seçim problemi
Kapar (2013)	Bir üretim işletmesinde AHS yöntemi ile tedarikçi seçimi
Davras ve Karaatlı (2014)	Otel işletmesinde tedarikçi seçimi
Şimşek vd., (2015)	Turizm sektöründe tedarikçi seçimi
Günay ve Ünal (2016)	Bir telekomünikasyon şirketi için tedarikçi seçimi
Arslan (2017)	Unlu mamuller işletmesinde tedarikçi seçimi
Supçiller ve Deligöz (2018)	Bir tekstil işletmesi için en uygun tedarikçi seçimi
Koç (2019)	Uluslararası tedarikçi seçim problemi
Wang vd., (2020)	Giysi ve tekstil tedarikçisi seçimi
Wang vd., (2021)	Elektrik kömürü tedarikinde tedarikçi seçimi

### 2.1. Tedarikçi Seçim Yöntemleri

Tedarikçi seçimi için geliştirilen yöntemler çözümde kullanılan teknik esas alınarak; çok kriterli karar verme modelleri, istatistiksel modeller, matematiksel programlama modelleri, maliyet tabanlı modeller, yapay zeka ve uzman sistemler ve tümeşik modeller olmak üzere altı başlık altında toplanmıştır (Özdemir, 2010: 57).

**Çok Kriterli Karar Verme Modelleri:** Bir karar probleminde, yönetim, matematik, psikoloji, enformatik, ekonomi ve sosyal bilimler gibi birçok disiplinin bir araya gelip karar vericiye çok sayıda nicel ve nitel kriter ile karar problemini değerlendirme ve karar almasına imkan sağlayan yöntemlerin bir araya getirildiği yapıdır (Yıldırım ve Önder, 2018: 15). Çok kriterli karar verme problemleri seçim, sınıflama ve sıralama olmak üzere üç önemli başlık altında ele alınmaktadır. Seçim aşamasında, birçok alternatifin bulunduğu ve kıyaslanmanın zor olduğu grup içerisinde en iyi olan alternatif seçilmektedir. Sınıflama aşamasında, benzer davranışları ve özellikleri taşıyan alternatifler belirli kriter veya tercihlere göre tekrar bir araya getirilerek sınıflandırılmaktadır. (Karabıçak vd., 2016: 109-110). Sıralama aşamasında ise, alternatifler iyiden kötüye doğru sıralanmaktadır.

**İstatistiksel Modeller:** İstatistiksel modeller sayesinde, işletmeler tedarikçilerini daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde değerlendirebilmektedir. Ayrıca bu modeller, tedarikçilerin sayı bakımından fazla olduğu durumlarda, karar vericiye bir ön analiz ile tedarikçileri gruplandırma olanağı sağlamaktadır (Özdemir, 2007: 55).

**Matematiksel Programlama Modelleri:** Matematiksel programlama modelleri, bir firmada çok sayıda tedarikçiyle çalışıldığı durumlarda, verilecek sipariş büyüklüğü ve hangi tedarikçilerle çalışılacağını belirlemede kullanılmaktadır. Bu modellerde, tedarikçi kriterlerinin belirlenmesi konusunda en kapsamlı çalışmalardan bir tanesi Dickson'un 1966 yılında yapmış olduğu "An Analysis Of Vendor Selection: Systems and Decisions" adlı çalışmasıdır. Bu modellerde, Dickson'un tespit ettiği en önemli ilk üç kriteri kalite, fiyat ve zamanında teslimatın en iyi olması amaçları iken bütçe, kapasite, kalite vb. de kısıt olarak kullanılmıştır (Güner, 2005: 14-15).

**Maliyet Tabanlı Modeller:** Maliyet tabanlı modellerde tedarikçilerin karşılaştırılması ve tedarikçi seçimi için maliyetler dikkate alınmaktadır (Ellram, 1995: 19).

**Yapay Zeka ve Uzman Sistemler:** Yapay zeka modelleri, tedarikçi seçiminde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Olay tabanlı çıkarsama ile geliştirilen uzman sistemler ve sinir ağları bu başlık altında yer almaktadır (Özdemir, 2010: 60). Uzman sistemler, belirli bir uzmanlık alanında, insan beyni temel alınarak geliştirilmiş ve zamanla probleme yönelik özelleştirilebilen yazılımlardır (Tahirov, 2009: 128). Uzman sistemler, farklı ürün gruplarına ait ürünler için tedarikçi seçimi yapmaya olanak sağlamaktadır. Tedarikçi seçimi yapılırken yararlanılan sinir ağları sayesinde belirsizliğin hakim olduğu durumlarda başarılı sonuçlara ulaşmaktadır (Özdemir, 2007:56).

**Tümleşik Modeller:** Birkaç tekniğin birlikte kullanılması ile oluşturulmuş olan tümleşik modeller tedarikçi seçiminde kullanılmaktadır. Bu modellerin amacı, çözüm için bir arada kullanılan tekniklerin tek başlarına kullanıldıklarında ortaya çıkabilecek eksikliklerin giderilmesidir (Özdemir, 2007: 59).

## 2.2. Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Kriterler

Tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçimi, hem nicel hem de nitel olabilen birden fazla kriteri içeren tipik birçok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi (Koblen vd., 2014: 27). Tedarikçi değerlendirme sürecinde kullanılan kriterler, işletmeler arasında farklılık gösterse de ortak amaç tedarik etme potansiyeli yüksek tedarikçileri belirlemek ve bunların arasından en iyi olanı seçebilmektir (Kahraman vd., 2003: 382).

Tedarikçi kriterlerinin belirlenmesiyle ilgili Dickson'un 1966 yılında yapmış olduğu çalışma yapılmış en kapsamlı çalışmalardan bir tanesidir. Bu çalışmada tedarikçi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken 23 temel kriter belirlenmiştir. Kalite, fiyat ve teslimat Dickson'un tespit ettiği en önemli üç kriterdir ve bu kriterler neredeyse her çalışmada önemini korumuştur (Akdeniz ve Turgutlu, 2007: 4). Ayrıca Weber vd., tedarikçi seçimi ile ilgili 1966'dan 1990'a kadar literatürde yapılmış olan çalışmaları incelemişler ve bu çalışmalarda, Dickson'un kriterlerinden fiyat, kalite ve teslim süresinin en çok kullanılan kriterler olduğunu tespit etmişlerdir (Özel ve Özyörük, 2007: 416).

Bu çalışmanın da uygulama kısmında Dickson'nun tespit ettiği en önemli üç kriter olan, fiyat, kalite ve teslim süresi ele alınmıştır. Bu kriterler aşağıda kısaca açıklanmıştır (Benyoucef vd., 2003: 4-5);

**Fiyat:** Firma için tedarik edilen hammaddenin satın alma ve lojistik maliyeti ile birlikte toplam maliyetidir.

**Kalite:** Hammaddenin firmanın belirlediği kalite standartlarında olması anlamına gelir.

**Teslim Süresi:** Siparişi verilen hammaddenin eksiksiz bir şekilde firmanın tam istediği zamanda teslim edilebilmesini anlamına gelir.

## 3. SWARA YÖNTEMİ

Son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanan ve "Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi" anlamına gelen SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) kriter ağırlıklandırma yöntemleri arasında yer almaktadır (Çakır, 2017: 81). 2010 yılında Zavadskas, Turskis ve Kersulienė tarafından geliştirilen yöntem, kriterlerin ağırlıklarının hesaplanmasında ve öneminin belirlenmesinde uzmanların görüşlerini tahmin edebilme yeteneğine sahiptir (Derse ve Yontar, 2020: 392). Bu nedenle literatürde uzman odaklı yöntem olarak da bilinmektedir (Adalı ve Işık, 2017: 63).

**Tablo 2: SWARA Yöntemi Literatür Taraması**

Yazar/Yazarlar	Uygulama Alanı
Kersuline vd., (2010)	Uyuşmazlık Çözümü
Kersuline ve Turskis (2011)	Mimar Seçimi
Zolfani vd., (2013)	Enerjide sürdürülebilirliği değerlendirme göstergeleri
Zolfani ve Bahrami (2014)	Yatırım önceliği
Karabesevic vd., (2015)	Personel seçimi
Tuş Işık ve Aytaç Adalı (2016)	Otel seçimi
Vekovic vd., (2017)	Demir yolu yönetim modelinin değerlendirilmesi
Dahooie (2018)	Personel seçimi
Perçin (2019)	Dış kaynak sağlayıcı seçimi
Singh (2020)	Tedarikçi seçimi
Khalili vd., (2021)	Performans değerleri

SWARA yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Ayçin, 2020: 260):

**Adım 1:** Öncelikle karar probleminde yer alacak kriterler ve karar vericiler belirlenir.

**Adım 2:** Bu adımda karar vericiler, kriterleri önem düzeyine göre sıralamaktadır.

**Adım 3:** Kriterler kendi aralarında kıyaslanarak görelî önem düzeyleri belirlenmektedir. (j) kriteri (j+1) kriteri karşılaştırılarak kriterlere; 0-1 aralığında olacak şekilde bir değer ( $s_j$ ) atanır. İkili karşılaştırmalarda önem değeri 5'in katları olacak şekilde atanır (Zolfani ve Bahrami, 2014: 541).

**Adım 4:** Her bir kriter için Eşitlik (1) yardımıyla " $k_j$ " katsayıları belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

**Adım 5:** Her bir kriter için Eşitlik (2) yardımıyla " $q_j$ " katsayıları belirlenir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

**Adım 6:** Bu adımda, " $w_j$ " tüm kriterlerin göreceli ağırlığını göstermek üzere Eşitlik (3) yardımıyla hesaplanır. Karar probleminde birden fazla karar vericinin olması durumunda, karar vericilerin değerlendirmeleri sonucu elde edilen sıralamaların geometrik ortalaması alınarak genel bir sıralama elde edilmelidir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

#### 4. BULANIK KÜME

Bulanık küme kavramı 1965 yılında Azeri bilim adamı Lotfi A. Zadeh tarafından literatüre kazandırılmıştır (Şengül ve Çağıl, 2020: 967). Bulanık sistemlerin en temel elemanı olan bulanık küme, ait olma derecelerine sahip elemanları olan bir küme türüdür. (Altaş, 1999: 84). Böyle bir küme, bir elemanın kümenin elemanı olma ile olmama arasında kesin bir ayrımın yapıldığı geleneksel küme teorisini genişleterek kısmi üyeliğe izin verir ve küme üyeliği için

[0,1] aralığında yer alan herhangi bir değeri kabul eder (Özkan, 2003: 126). Klasik kümede bir öğenin kümeye ait olmaması için üyelik derecesinin 0'a, ait olması için ise mutlaka 1'e eşit olması gerekir. Bulanık kümede ise değişik derecelerle bütün öğeler kümeye ait olabilir (Gürcanlı ve Müngen, 2006: 90).

#### 4.1. Bulanık Sayılar

Normal ve dışbükey olan bulanık kümeye bulanık sayı denir (Özçakar ve Demir, 2011: 29). Bulanık sayılar, bulanık kümelerde işlem kolaylığı sağlamak için kullanılır (Dağdeviren, 2007: 793). Uygulamalarda genelde üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır (Katrancı ve Kundakçı, 2020: 66). Bu çalışmada, bulanık COPRAS yönteminde üçgen bulanık sayılar ile uygulama yapılmıştır.

Üçgen üyelik fonksiyonları  $\tilde{A} = (l, m, u)$  olmak üzere üç parametre ile tanımlanır. Burada (m) fonksiyonun özünü oluştururken (l) ve (u) arasındaki değerler desteği oluşturur. Üçgen bulanık sayı  $\tilde{A}$ 'nın üyelik fonksiyonu Eşitlik (4)'te görüldüğü gibi ifade edilir (Katrancı ve Kundakçı, 2020: 67):

$$\mu(x/\tilde{A}) = \begin{cases} 0, & x < l \\ (x - l)/(m - l), & l \leq x \leq m, \\ (u - x)/(u - m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u \end{cases} \quad (4)$$

### 5. BULANIK COPRAS YÖNTEMİ

“Karmaşık Oransal Değerlendirme” anlamına gelen COPRAS (Complex Proportional Assesment) yöntemi 1996 yılında Kaklauskas ve Zavadskas tarafından geliştirilmiştir (Kabak ve Çınar, 2020: 185). COPRAS yöntemi alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan nicel ve nitel kriterleri değerlendirebilen ÇKKV yöntemidir (Özbek, 2017: 5). Yöntem kriter değerlerinin fayda kriteri ise üst düzeye çıkartılması, maliyet kriteri ise en aza indirilmesi için kullanılmaktadır (Podvezko, 2011: 137).

Geleneksel COPRAS yönteminde, kriterlerin ağırlıkları ve alternatiflerin derecelendirmeleri net sayısal veriler olarak dikkate alınmaktadır. Ancak, birçok koşulda gerçek dünyadaki karar problemlerini ele almak için net veriler yetersizdir (Yazdani vd., 2011: 30). Zavadskas ve Antucheviciene (2007) yılında bu belirsizliğin üstesinden gelmek için bulanık mantığı COPRAS yöntemi ile birleştirerek Bulanık COPRAS yöntemini ilk kez kullanmışlardır (Yıldırım ve Timor, 2019: 294).

**Tablo 3: Bulanık COPRAS Yöntemi Literatür Taraması**

Yazar/Yazarlar	Uygulama Alanı
Zavadskas ve Antucheviciene (2007)	Bina restorasyonu alternatiflerinin değerlendirilmesi
Yazdani vd., (2011)	Raylı ulaşım sistemlerinin altyapı çalışması için risk analizi
Nourianfar ve Montazer (2013)	Hammadde satın alımı için tedarikçi seçimi
Çakır ve Özdemir (2018)	Altı sigma projelerinin değerlendirilmesi
Yıldırım ve Timor (2019)	Tedarikçi seçim modeli geliştirilmesi
Katrancı ve Kundakçı (2020)	Soğuk hava deposu seçimi

Bulanık COPRAS Yönteminin çözüm adımları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Yazdani vd., 2011: 30):

**Adım 1:** Bu adımda karar vericiler tarafından kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra belirlenen bu kriterler ve alternatifler Tablo 4 ve Tablo 5'te yer alan sözel değişkenlerden faydalanarak karar vericiler tarafından değerlendirilir.

**Tablo 4: Kriterler İçin Sözel Değişkenler**

Sözel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0,25)
Düşük (D)	(0, 0,25, 0,50)
Orta (O)	(0,25, 0,50, 0,75)
Yüksek (Y)	(0,50, 0,75, 1,0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0,75, 1,0, 1,0)

(Kaynak: Yazdani vd., 2011: 30)

**Tablo 5: Alternatifler İçin Sözel Değişkenler**

Sözel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 2,5)
Düşük (D)	(0, 2,5, 5)
Orta (O)	(2,5, 5, 7,5)
Yüksek (Y)	(5, 7,5, 10)
Çok Yüksek (ÇY)	(7,5, 10, 10)

(Kaynak: Yazdani vd., 2011: 31)

**Adım 2:** K karar verici olmak üzere Eşitlik (5) yardımıyla birleştirilmiş karar matrisi oluşturulur (Nguyen vd., 2015: 19).

$$x_{ij} = (x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3})$$

$$x_{ij1} = \min\{x_{ijk1}\}, \quad x_{ij2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk2}, \quad x_{ij3} = \max\{x_{ijk2}\} \quad (5)$$

**Adım 3:** Bulanık karar matrisi ve her bir kriterin bulanık ağırlıkları durulaştırılarak, kesin değerlere dönüştürülür (Şahin 2016: 58). Bu şekilde Eşitlik (6) yardımı ile BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) değeri elde edilir (Hsieh vd., 2004: 578).

$$BNP = \frac{(u - l) + (m - l)}{3} + \iota \quad (6)$$

**Adım 4:** Eşitlik (7) yardımıyla normalize karar matrisi oluşturulur.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}; i = \bar{1}, n \text{ ve } j = \bar{1}, m. \quad (7)$$

**Adım 5:** Eşitlik (8) yardımıyla ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$x_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j; i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (8)$$



**Adım 6:** Eşitlik (9) yardımıyla fayda ve Eşitlik (10) yardımıyla maliyet kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş değerlerin toplamı hesaplanır.

$$P_i = \sum_{j=1}^q x_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, q \text{ faydalı kriterler} \quad (9)$$

$$R_i = \sum_{j=q+1}^n x_{ij} \quad j = q + 1, q + 2, \dots, n \text{ maliyet kriterleri} \quad (10)$$

**Adım 7:** Eşitlik (11) yardımıyla alternatiflerin göreceli önem değerleri ( $Q_i$ ) hesaplanır.

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}} \quad (11)$$

**Adım 8:** Eşitlik (12) yardımıyla en yüksek göreceli önem değeri hesaplanır.

$$K = \max Q_i; i = 1, \dots, m \quad (12)$$

**Adım 9:** Her alternatifin fayda derecesi Eşitlik (13) yardımıyla hesaplanır.

$$N_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \cdot 100\% ; \quad i = 1, \dots, m \quad (13)$$

## 6. UYGULAMA

Yenilenebilir enerji kaynakları teknolojik olarak 1900'lü yılların başından itibaren şirketlerin yatırım yaptığı bir alan olmuştur. Bu kaynaklar sırası ile güneş, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik, dalga ve biyogaz olarak sıralanabilir. Günümüzde yatırım maliyetleri çok yüksek olmamakla birlikte verimlilikleri de her geçen gün artmaktadır. Dünya'da olduğu gibi ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırım giderek artmaktadır.

Ege Bölgesi'nde tarım ve hayvancılığın gelişmiş olması işletmeleri biyogaz enerjisine yatırım yapmaya teşvik etmekle birlikte tedarikçi sayısının fazla olması, bu işletmeleri tedarikçi seçim problemiyle karşı karşıya getirmiştir. Bu çalışmada, Denizli ilinde faaliyet gösteren, bitki ve hayvan atıklarını hammadde olarak kullanan Biyogaz Enerji Üretim İşletmesi için en uygun tedarikçi alternatifinin seçilmesi problemi ele alınmıştır. İşletmenin yönetim kurulu ile birebir yapılan görüşmede satın alma sürecinden sorumlu olan çalışanlar öncelikle tespit edilmiştir. Bu süreçte aktif olarak görev alan 2 karar verici seçilmiştir. Bu karar vericiler hem yönetim kurulu üyesi hem de satın alma departmanında satın alma sorumlusu olarak görev yapmaktadırlar. Ayrıca tedarikçi seçim sürecinde aktif bir şekilde rol almaktadırlar.

2 kişinin karar verici olarak değerlendirmede bulunduğu bu çalışmada, Denizli'de yer alan bitki ve hayvan atıklarının tedarik edilebildiği ve firmanın belirlediği kriterleri karşılayabilecek nitelikte olan 4 tedarikçi alternatifi, literatür incelemesi ve karar vericiler tarafından belirlenen 7 kriter altında, ÇKKV yöntemlerinden SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemleri yardımıyla değerlendirilmiştir. SWARA yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra, Bulanık COPRAS yöntemi ile en uygun tedarikçi seçilmiştir.

### 6.1. SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

**Adım 1:** Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri olarak (Çelebi ve Bayraktar 2008, Özdemir 2010, Şengül 2104)'ün de çalışmalarında kullanmış oldukları fiyat, kalite ve teslim süresi Dickson'un 1966 yılında yapmış olduğu çalışmadan alınmış, vade, tonaj, kuru madde oranı ve gazlaşma oranı ise Biyogaz Enerji Üretim Şirketi'nin yönetim kurulu tarafından belirlenmiştir. Böylelikle toplamda 7 kriter ile tedarikçi seçimi yapılacaktır. Bu kriterler Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6: Değerlendirme Kriterleri**

Kriterler	
K <sub>1</sub>	Fiyat
K <sub>2</sub>	Kalite
K <sub>3</sub>	Teslim Süresi
K <sub>4</sub>	Vade
K <sub>5</sub>	Tonaj
K <sub>6</sub>	Kuru Madde Oranı
K <sub>7</sub>	Gazlaşma Oranı

**Adım 2:** Bu adımda ilk olarak karar vericiler tarafından kriterler en önemliden en önemsizye doğru sıralanmış ve sonuçlar Tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7: Karar Vericiler Tarafından Kriterlerin Önem Derecesine Göre Sıralanması**

	KV <sub>1</sub>	KV <sub>2</sub>
K <sub>1</sub>	6	4
K <sub>2</sub>	3	3
K <sub>3</sub>	5	5
K <sub>4</sub>	7	7
K <sub>5</sub>	4	6
K <sub>6</sub>	2	2
K <sub>7</sub>	1	1

Tablo 7 incelendiğinde her iki karar verici için de en önemli kriter gazlaşma oranı (K<sub>7</sub>) olarak belirlenmiştir. Bu kriteri kuru madde oranı kriteri (K<sub>6</sub>) takip etmektedir. Her iki karar vericiye göre en az öneme sahip kriter ise vade kriteri (K<sub>4</sub>) olarak belirlenmiştir.

**Adım 3:** Karar vericiler ikinci sıradaki kriterden başlayarak her bir kriterin göreceli önem düzeyini belirlemek üzere en önemli kritere 1,00 değerini vermektedir. Karar vericiler tarafından kriterlere verilen değerler Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 8: Karar Vericiler Tarafından Kriterlerin Önem Derecesine Göre Puanlanması**

	KV <sub>1</sub> (S <sub>j</sub> )	KV <sub>2</sub> (S <sub>j</sub> )
K <sub>1</sub>	0,65	0,70
K <sub>2</sub>	0,90	0,85
K <sub>3</sub>	0,70	0,60
K <sub>4</sub>	0,50	0,45
K <sub>5</sub>	0,80	0,55
K <sub>6</sub>	0,95	0,95
K <sub>7</sub>	1,00	1,00

Kriterlerin önem derecesine göre sıralanmasında (Tablo 7) olduğu gibi puanlanmasında da (Tablo 8) karar vericiler için en önemli kriter gazlaşma oranı kriteri ( $K_7$ ) olduğu görülmektedir. Bu kriteri kuru madde oranı kriteri ( $K_6$ ) takip etmektedir. Her iki karar verici için en az öneme sahip kriterin vade ( $K_4$ ) kriteri olduğu görülmektedir.

**Adım 4:** Her bir kriter için Eşitlik (1) yardımıyla “ $K_j$ ” katsayıları belirlenmiş ve Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 9: Kriterlerin Katsayı Değerleri**

	KV <sub>1</sub>		KV <sub>2</sub>	
	$S_j$	$K_j$	$S_j$	$K_j$
<b>K<sub>1</sub></b>	0,65	1,65	0,70	1,70
<b>K<sub>2</sub></b>	0,90	1,90	0,85	1,85
<b>K<sub>3</sub></b>	0,70	1,70	0,60	1,60
<b>K<sub>4</sub></b>	0,50	1,50	0,45	1,45
<b>K<sub>5</sub></b>	0,80	1,80	0,55	1,55
<b>K<sub>6</sub></b>	0,95	1,95	0,95	1,95
<b>K<sub>7</sub></b>	1,00	1,00	1,00	1,00

$K_j$  değeri; her bir kriter için  $S_j$  değerine +1 eklenerek elde edilmiştir. Tablo 9’da görüldüğü gibi Karar Verici (KV<sub>1</sub>) ve Karar Verici (KV<sub>2</sub>) için en yüksek  $K_j$  değerine sahip kriter kuru madde oranı kriteri ( $K_6$ ) olarak belirlenmekle birlikte, bu kriteri kalite kriteri ( $K_2$ ) takip etmektedir. Her iki karar vericiye göre en düşük  $K_j$  değerine sahip kriter ise vade kriteri ( $K_4$ ) olarak belirlenmiştir.

**Adım 5:** Eşitlik (2) yardımıyla her kriter için ağırlıkları gösterecek olan “ $Q_j$ ” katsayıları belirlenmiş ve Tablo 10’da gösterilmiştir.

**Tablo 10: “ $Q_j$ ” Kriterlerin Görelî Ağırlık Değerleri**

KV <sub>1</sub>					KV <sub>2</sub>			
Kriterler	Önem Sırası	$S_j$	$K_j$	$Q_j$	Önem Sırası	$S_j$	$K_j$	$Q_j$
<b>K<sub>1</sub></b>	6	0,650	1,650	0,053	4	0,700	1,700	0,163
<b>K<sub>2</sub></b>	3	0,900	1,900	0,270	3	0,850	1,850	0,277
<b>K<sub>3</sub></b>	5	0,700	1,700	0,088	5	0,600	1,600	0,102
<b>K<sub>4</sub></b>	7	0,500	1,500	0,036	7	0,450	1,450	0,045
<b>K<sub>5</sub></b>	4	0,800	1,800	0,150	6	0,550	1,550	0,066
<b>K<sub>6</sub></b>	2	0,950	1,950	0,513	2	0,950	1,950	0,513
<b>K<sub>7</sub></b>	1	1,00	1,00	1,00	1	1,00	1,00	1,00

Karar verici (KV<sub>1</sub>) ve Karar verici (KV<sub>2</sub>) için en yüksek görelî ağırlık değerine sahip kriter gazlaşma oranı ( $K_7$ ) olarak belirlenmekle birlikte, bu kriteri kuru madde oranı kriteri ( $K_6$ ) takip etmektedir. Her iki karar vericiye göre en düşük görelî ağırlık değerine sahip kriter ise vade kriteri ( $K_4$ ) olarak belirlenmiştir.

## 6.2. Bulanık COPRAS Yöntemi ile Alternatiflerin Değerlendirilmesi

SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra, Bulanık COPRAS yöntemi ile alternatifler değerlendirilerek en iyi tedarikçi seçimi aşağıdaki adımlar takip edilerek belirlenmiştir.

**Adım 1:** Bu adımda alternatifler Tablo 5'te yer alan sözel değişkenlerden faydalanarak karar vericiler tarafından değerlendirilmiş ve ilgili sözel değişkenlerin bulanık sayı karşılıklarından yararlanılarak bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur. Bu karar matrisleri sırasıyla Tablo 11 ve Tablo 12'de gösterilmiştir.

**Tablo 11: Birinci Karar Verici Tarafından Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi**

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	(0, 0, 2,5)	(0, 0, 2,5)	(7,5, 10, 10)	(0, 0, 2,5)	(7,5, 10, 10)	(0, 0, 2,5)	(0, 0, 2,5)
A <sub>2</sub>	(5, 7,5, 10)	(2,5, 5, 7,5)	(5, 7,5, 10)	(0, 0, 2,5)	(7,5, 10, 10)	(2,5, 5, 7,5)	(2,5, 5, 7,5)
A <sub>3</sub>	(7,5, 10, 10)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(0, 2,5, 5)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)
A <sub>4</sub>	(2,5, 5, 7,5)	(0, 2,5, 5)	(7,5, 10, 10)	(0, 0, 2,5)	(5, 7,5, 10)	(0, 2,5, 5)	(0, 2,5, 5)

Tablo 11'de Karar verici (KV<sub>1</sub>) tarafından oluşturulan bulanık karar matrisi incelendiğinde, Teslim Süresi (K<sub>3</sub>) kriteri ve Tonaj (K<sub>5</sub>) kriterlerinin diğer kriterlere göre daha fazla öneme sahip olduğu görülmektedir.

**Tablo 12: İkinci Karar Verici Tarafından Oluşturulan Bulanık Karar Matrisi**

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	(0, 0, 2,5)	(0, 0, 2,5)	(7,5, 10, 10)	(0, 0, 2,5)	(7,5, 10, 10)	(0, 0, 2,5)	(0, 0, 2,5)
A <sub>2</sub>	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(7,5, 10, 10)	(0, 2,5, 5)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)
A <sub>3</sub>	(7,5, 10, 10)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(0, 2,5, 5)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)	(5, 7,5, 10)
A <sub>4</sub>	(2,5, 5, 7,5)	(2,5, 5, 7,5)	(5, 7,5, 10)	(0, 2,5, 5)	(5, 7,5, 10)	(2,5, 5, 7,5)	(2,5, 5, 7,5)

Tablo 12'de Karar verici (KV<sub>2</sub>) tarafından oluşturulan bulanık karar matrisi incelendiğinde de, Tablo 11'de olduğu gibi Teslim Süresi (K<sub>3</sub>) kriteri ve Tonaj (K<sub>5</sub>) kriterlerinin diğer kriterlere göre daha fazla öneme sahip olduğu görülmektedir.

**Adım 2:** Eşitlik (5) yardımıyla birleştirilmiş karar matrisi oluşturulmuş ve Tablo 13'te gösterilmiştir.

**Tablo 13: Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi**

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
Alt.	l m u	l m u	l m u	l m u	l m u	l m u	l m u
A <sub>1</sub>	(0 0 2,5)	(0 0 2,5)	(7,5 10 10)	(0 0 2,5)	(7,5 10 10)	(0 0 2,5)	(0 0 2,5)
A <sub>2</sub>	(5 7,5 10)	(2,5 6,25 10)	(5 8,75 10)	(0 1,25 5)	(5 8,75 10)	(2,5 6,25 10)	(2,5 6,25 10)
A <sub>3</sub>	(7,5 10 10)	(5 7,5 10)	(5 7,5 10)	(0 2,5 5)	(5 7,5 10)	(5 7,5 10)	(5 7,5 10)
A <sub>4</sub>	(2,5 5 7,5)	(0 3,75 7,5)	(5 8,75 10)	(0 1,25 5)	(5 7,5 10)	(0 3,75 7,5)	(0 3,75 7,5)

Tablo 13'te görüldüğü gibi bulanık karar matrisini oluşturmak için karar vericiler tarafından her bir kritere göre yapılan alternatiflerin değerlendirmeleri grup kararına dönüştürülmüştür.

**Adım 3:** Tablo 14'te yer alan birleştirilmiş bulanık karar matrisi Eşitlik (6) yardımıyla durulaştırılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 14'te gösterilmiştir.

**Tablo 14: Durulaştırılmış Karar Matrisi**

Alternatifler	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	0,83	0,83	9,17	0,83	9,17	0,83	0,83
A <sub>2</sub>	7,5	6,25	7,92	2,08	7,92	6,25	6,25
A <sub>3</sub>	9,17	7,5	7,5	2,5	7,5	7,5	7,5
A <sub>4</sub>	5	3,75	7,92	2,08	7,5	3,75	3,75
<b>Toplam</b>	22,5	18,33	32,5	7,5	32,08	18,33	18,33

**Adım 4:** Durulaştırılan karar matrisi Eşitlik (7) yardımı ile normalize edilmiş ve normalize karar matrisi Tablo 15'te gösterilmiştir.

**Tablo 15: Normalize Karar Matrisi**

Alternatifler	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	0,037	0,045	0,282	0,111	0,286	0,045	0,045
A <sub>2</sub>	0,333	0,341	0,244	0,278	0,247	0,341	0,341
A <sub>3</sub>	0,407	0,409	0,231	0,333	0,234	0,409	0,409
A <sub>4</sub>	0,222	0,205	0,244	0,278	0,234	0,205	0,205

**Adım 5:** Tablo 10'da yer alan kriterlerin ağırlık değerleri kullanılarak Eşitlik (8) yardımıyla ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilmiş ve Tablo 16'da gösterilmiştir.

**Tablo 16: Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi**

Alternatifler	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	0,002	0,006	0,012	0,002	0,013	0,016	0,021
A <sub>2</sub>	0,014	0,044	0,011	0,005	0,011	0,119	0,160
A <sub>3</sub>	0,018	0,052	0,010	0,006	0,011	0,143	0,191
A <sub>4</sub>	0,010	0,026	0,011	0,005	0,011	0,071	0,096

**Adım 6:** Eşitlik (9) yardımıyla fayda kriterleri ( $P_i$ ) ve Eşitlik (10) yardımıyla maliyet kriterleri ( $R_i$ ) için ağırlıklı normalize edilmiş değerlerin toplam değerleri hesaplanmış Tablo 17'de verilmiştir.

**Tablo 17:  $P_i$  ve  $R_i$  Değerlerinin Hesaplanması**

Alternatifler	$P_i$	$R_i$	$1/R_i$
A <sub>1</sub>	0,058	0,014	71,41
A <sub>2</sub>	0,339	0,014	69,77
A <sub>3</sub>	0,404	0,018	57,08
A <sub>4</sub>	0,209	0,010	104,65

Tablo 17 incelendiğinde, Kalite ( $K_2$ ), Vade ( $K_4$ ), Tonaj ( $K_5$ ), Kuru Madde Oranı ( $K_6$ ) ve Gazlaşma Oranı ( $K_7$ ) kriterleri fayda kriterleri oldukları için maksimize edilmiştir. Fiyat ( $K_1$ ) ve Teslim Süresi ( $K_3$ ) kriterleri ise maliyet kriterleri oldukları için minimize edilmiştir.

**Adım 7:** Eşitlik (11) yardımıyla alternatiflerin göreceli önem değerleri ( $Q_i$ ) hesaplanmış ve Tablo 18'de verilmiştir.

**Tablo 18: Alternatiflerin Göreceli Önem Değerleri**

Alternatifler	$Q_i$
A <sub>1</sub>	0,071
A <sub>2</sub>	0,352
A <sub>3</sub>	0,414
A <sub>4</sub>	0,228

Tablo 18'de görüldüğü gibi en yüksek göreceli önem değerine ( $Q_i$ ) sahip tedarikçi alternatifi A<sub>3</sub> tedarikçisi olmakla birlikte bu tedarikçiyi sırasıyla A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub> ve A<sub>1</sub> tedarikçileri takip etmektedir.

**Adım 8:** Eşitlik (12) yardımıyla en yüksek göreceli önem değeri hesaplanmış ve en yüksek göreceli öneme sahip olan alternatif 0,414 değeri ile A<sub>3</sub> alternatifi olarak bulunmuştur.

**Adım 9:** Eşitlik (13) yardımıyla her alternatifin performans indeks değeri ( $N_i$ ) hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 19'da verilmiştir.

**Tablo 19: Alternatiflerin Performans İndeks Değerleri**

Alternatifler	N	Sıralama
A <sub>1</sub>	17,210	4
A <sub>2</sub>	84,891	2
A <sub>3</sub>	100	1
A <sub>4</sub>	55,170	3

Tablo 19’da Bulanık COPRAS yöntemi ile yapılan hesaplama sonucunda alternatiflerin;  $A_3 > A_2 > A_4 > A_1$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. İşletmenin beklentilerini karşılayabilecek en uygun tedarikçi alternatifi A<sub>3</sub> tedarikçisi olmuştur. A<sub>3</sub> tedarikçisini sırasıyla A<sub>2</sub>, A<sub>4</sub> ve A<sub>1</sub> tedarikçileri takip etmektedir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Organik atıklardan geri kazanılabilecek enerji potansiyelinin oldukça yüksek olduğu ülkemizde özellikle bitki ve hayvan atıklarından biyogaz elde eden işletmelerin kurulması ile önemli miktarda enerji geri kazanımı sağlanabilmektedir. Bu nedenle yapılacak tedarikçi seçimi biyogaz enerji üretimi için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Denizli ilinde biyogaz enerji üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim süreci SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bu çalışma biyogaz enerji üretimi gibi farklı bir sektöre uygulanarak tedarikçi seçim sürecinde işletmeye yol göstermeyi amaçlaması açısından çalışmayı literatürdeki diğer çalışmalardan farklı kılmaktadır.

Çalışmada tedarikçi seçiminde dikkate alınan kriterlerden; ilk üç kriter (fiyat, kalite ve teslim süresi) literatür incelemesi sonucunda, son dört kriter (vade, tonaj, kuru madde oranı ve gazlaşma oranı) ve dört tedarikçi alternatifi ise işletmenin yönetim kurulu ile birebir yapılan görüşme sonucunda belirlenmiştir. Bu amaçla SWARA yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve daha sonra Bulanık COPRAS yöntemi yardımıyla tedarikçi alternatifleri değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda işletmenin tedarikçi seçim sürecinde en çok önem verdiği kriter gazlaşma oranı kriteri olmuştur. Biyogaz enerji üretiminde gazlaşma oranı ne kadar yüksekse üretim verimliliği de yükselmektedir. Bu kriter işletmenin üretim kapasitesini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda çalışmada uygulanan yöntemlerle elde edilen sonucun sektör uygulamasıyla da örtüştüğü görülmüştür. Bu kriteri sırasıyla kuru madde oranı ve kalite kriterleri takip etmektedir. Kuru madde miktarı biyogaz verimini direk olarak etkileyen bir unsurdur. Biyogaz verimi kullanılan organik maddenin kuruluk oranına göre değişiklik göstermektedir. Tesisin hacmi ve kullanılacak olan su miktarı kuru madde oranına göre belirlenmektedir. Bu bağlamda bu kriter işletme üretim maliyetlerini de doğrudan etkilemektedir. Hammaddenin firmanın belirlediği kalite standartlarında olmasını ifade eden kalite kriterinin tedarikçi seçiminde üçüncü sırada önem verilen kriter olduğu tespit edilmiştir. İşletmenin tedarikçi seçiminde önem verdiği ilk üç kriterin fiyat kriterinden daha çok önem taşıdığı önemli tespitlerden biridir. Geleneksel alıcı tedarikçi ilişkilerinde, tedarikçiler arasındaki temel farklılığın fiyata dayandığı görüşünün; bu durumda işletme için geçerli olmadığı görülmektedir. Bu sonuca dayalı olarak işletmenin tedarikçileriyle iş birliğine dayalı alıcı-tedarikçi ilişkisi yapılandırıldığı söylenebilir.

Çalışmada uygulanan SWARA ve Bulanık COPRAS yöntemlerle elde edilen sonuca göre işletmenin tedarikçi seçiminde en az önem verdiği kriterin işletmenin ödeme planındaki opsiyonları ifade eden vade kriteri olduğu tespit edilmiştir. Vade kriteri, işletme üretim

maliyetlerini etkilemekle birlikte elde edilen sonuçlara bakıldığında; doğrudan nihai çıktının kalitesini etkileyen kriterlere nazaran önem sıralamasının düşük olması işletmenin kendisi de bir tedarikçi olarak müşterilerine sunduğu ürünün kalitesine daha çok odaklandığını göstermektedir. Bu sonucun elde edilen diğer sonuçlarla paralel olarak iş birliğine dayalı alıcı-tedarikçi ilişkisi özelliğini desteklediği görülmektedir. Buradan işletmenin maliyet odaklı olmak yerine kalite bakımından yüksek olan ürünleri tedarik etme stratejisine sahip olduğu söylenebilir.

İşletmenin tedarikçi seçiminde önem verdiği kriterler dikkate alınarak değerlendirildiğinde en iyi tedarikçi alternatifi  $A_3$  tedarikçisi olarak bulunmuştur. Dolayısıyla işletmenin belirlediği kriterleri karşılayacak en uygun tedarikçi alternatifinin  $A_3$  tedarikçisi olduğu söylenebilir. Bu tedarikçiyi sırasıyla  $A_2$ ,  $A_4$  ve  $A_1$  tedarikçileri takip etmektedir.

Gelecek çalışmalar için bu çalışmada ele alınan yedi kritere farklı kriterler eklenebilir, bu kriterler daha alt kriterlere ayrıştırılabilir. Ayrıca kriterlerin ağırlıklandırılması farklı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak yapılabilir. Yapılan analizler aynı sektörde faaliyet gösteren farklı işletmelerde tekrarlanarak kriter önem düzeylerindeki değişimler incelenebilir. Ayrıca tedarikçi alternatiflerinin değerlendirilmesinde Bulanık COPRAS yöntemi yerine başka çok kriterli karar verme yöntemlerinden de yararlanılabilir.

## KAYNAKÇA

- ADALI, E. A., & IŞIK A. T. (2017). “Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı”, *International Review Of Economics And Management*, 5(4): 56-77.
- AKDENİZ, A. H., & TURGUTLU, T. (2007). “Türkiye’de Perakende Sektöründe Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımıyla Tedarikçi Performans Değerlendirilmesi”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1): 1-17.
- ALTAŞ, İ. H. (1999). “Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı”, *Bilesim Yayıncılık*, 62, 80-85.
- AYÇİN, E. (2020). *Çok Kriterli Karar Verme*. 2. Baskı, Nobel, Ankara.
- BENYOUCEF, L., DING, H., & XIE, X. (2003). “Supplier Selection: Criteria and Methods”, *Unité de recherche INRIA Lorraine*, 3-38.
- CRİSTEA, C., & CRİSTEA, M. (2017). “A Multi-criteria Decision Making Approach For Supplier Selection In The Flexible Packaging Industry”, *Matec Web Of Conferences*, (EDP Sciences) 94(16): 1-9.
- ÇAKIN, E., & ÖZDEMİR, A. (2013). “Tedarikçi Seçim Kararında Analitik Ağ Süreci (Anp) ve Electre Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulaması”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi*, 15(2): 339-364.
- ÇAKIR, E. (2017). “Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit Firmasının SWARA – Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Seçilmesi”, *The Journal of International Scientific Researches*, 2(6): 79-95.

- ÇELEBİ, D., & BAYRAKTAR, D. (2008). "An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis for Supplier Evaluation Under Incomplete Information", *Expert Systems with Applications*, 35(4): 1698-1710.
- DAĞDEVİREN, M. (2007). "Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi Ve Bir Uygulama", *Gazi Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4): 791-799.
- DERSE, O., & YONTAR, E. (2020). "SWARA-TOPSIS Yöntemi ile En Uygun Yenilenebilir Enerji Kaynağının Belirlenmesi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 31(3): 389-410.
- ELLRAM, L. M. (1,195). "Total cost of ownership An analysis approach for purchasing", *Internatioanal Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(8): 4-23.
- GÖKALP, B., & SOYLU B. (2010). "Tedarikçinin Süreçlerini İyileştirme Amaçlı Tedarikçi Seçim Problemi", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 23(1): 4-15.
- GÜNER, H. (2005). "Bulanık AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulanması", *Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli*.
- GÜRCANLI, G. E., & MÜNGEN, U. (2006). "Bulanık Kümeler İle İnşaatlarda Yeni Bir İş Güvenliği Risk Analizi Yöntemi", *İTÜ Dergisi*, 5(4): 83-94.
- HESIEH, T. Y., LU, S. T., & TZENG, G. H. (2004). "Fuzzy MCDM Approach For Planning And Design Tenders Selection In Public Office Buildings", *International Journal of Project Management*, 22(7): 573-584.
- KAHRAMAN, C., CEBECİ, U., & ULUKAN, Z. (2003). "Multi-criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP", *Lojistics İnformation Management*, 16(6): 382-394.
- KATRANCI, A., & KUNDAKÇI, N. (2020). "SWARA Temelli Bulanık COPRAS Yöntemi ile Soğuk Hava Deposu Seçimi", *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 7(1): 63-80.
- KAPAR, K. (2013). "Bir Üretim İşletmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci ile Tedarikçi Seçimi", *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1): 197-231.
- KARABIÇAK, Ç., BOYACI, A. İ., AKAY, M. K., & ÖZCAN, B. (2016). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Karayolu Şantiye Yeri Seçimine İlişkin Bir Uygulama", *Kastamonu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13: 106-121.
- KOBLEN, I., BALOG K., & SKURKOVA, L. K. (2014). "Supply Selection and Supply Chain Maturity - İmportant Areas Of The Quality Production Assurance", *Production Engineering Archives*, 5(4): 26-30.
- NACAR, E. N. (2020). "COPRAS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi", *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, (Ed: M. Kabak ve Y. Çınar), 1. Baskı, Nobel, Ankara.
- NGUYEN, H. T., DAWAL, S. Z. M., NUKMAN, Y., AOYAMA, H., & CASE, K. (2015). "An Integrated Approach of Fuzzy Linguistic Preference Based AHP and Fuzzy COPRAS for Machine Tool Evaluation", *Plos One Journal*, 10(9): 1-24.



- ÖZBEK, A. (2017). “İlkokul Öğretmenleri Sağlık ve Sosyal Yardım Sandığı’nın Finansal Performans Analizi”, Çankırı Kara Tekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(1): 1-31.
- ÖZÇAKAR, N., & DEMİR, H. H. (2011). “Bulanık TOPSİS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi”, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, 22(69): 25-44.
- ÖZDEMİR, A. (2007). “Tedarikçi Seçiminde Karar Modelleri ve Bir Uygulama Denemesi”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- ÖZDEMİR, A. (2010). “Ürün Grupları Temelinde Tedarikçi Seçim Probleminin Ele Alınması ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Çözümlemesi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 2(1): 55-84.
- ÖZKAN, M. M., (2003). Bulanık Hedef Programlama. 1. Baskı, Ekin, Bursa.
- ÖZEL, B., & ÖZYÖRÜK, B. (2007). “Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Firma Seçimi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(3): 415-423.
- PODVEZKO, V. (2011). “The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS”, Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, 22(2): 134-146.
- SEÇME, N. Y., & ÖZDEMİR, A. İ. (2008). “Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye Örneği”, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22(2): 175-191.
- ŞAHİN, A. (2016). “Tip-2 Bulanık Kümelere Dayalı Çok Kriterli Karar Verme”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- ŞENGÜL, Ü. (2014). “Tedarikçi Kriterlerinin Ve Tedarikçinin Seçiminde Bütünleşik Bulanık Topsis - Bulanık VZA Yaklaşımı”, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- ŞENGÜL, D., & ÇAĞIL, G. (2020). “Bulanık SWARA ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemi ile İş Değerlemesi”, DÜMF Mühendislik Dergisi, 11(3): 965-976.
- TAHERDOOST, H., & BRARD, A. (2019). “Analyzing The Process Of Supplier Selection Criteria And Methods”, Procedia Manufacturing, 32: 1024-1034.
- TAHIROV, A. (2009). “Bilgisayar Destekli Bilgi Sistemleri”, Journal of Qafqaz University, 27: 123-133.
- TÜRER, S., AYVAZ, B., BAYRAKTAR, D., & BOLAT, B. (2008). “Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yapılan Sinir Ağı Yaklaşımı: Gıda Sektöründe Bir Uygulama”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 20(2): 31-40.
- YANG, B., WU, Y., & YIN, M. (2008). “Supplier Selection Modeling and Analysis Based on Polychromatic Sets”, IFIP International Federation for Information Processing, Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems II, 2(1): 1481-1485.
- YAZDANI, M., ALIDOODSTI, A., & ZAVADSKAS, K. (2011). “Risk Analysis of Critical Infrastructures Using Fuzzy Copras”. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 24(4): 27-40.

- YILDIRIM, B. F., & ÖNDER, B. (2018). İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Dora Yayıncılık, 3. Baskı, Bursa.
- YILDIRIM, B. F., & TİMOR, M. (2019). “Bulanık ve Gri COPRAS Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Seçim Modeli Geliştirilmesi”. Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi, 6(2): 283-310.
- ZOLFANI, S. H., & BAHRAMI, M. (2014). “Investment Prioritizing In Hightech Industries Based On SWARA-COPRAS Approach”. Technological and Economic Development of Economy, 20(3): 534-553.