



## Optimal Ranking of Compost Facilities that Can Be Established in Samsun Province by COCOSO and WASPAS Methods<sup>#</sup>

Sinan Dünder<sup>1,a,\*</sup>, Hüdaverdi Bircan<sup>2,b</sup>, Hasan Eleroğlu<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Central Anatolia Development Agency, Sivas Investment Support Office, 58040 Sivas, Turkey

<sup>2</sup>Business Administration, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Sivas Cumhuriyet University, 58140 Sivas, Turkey

<sup>3</sup>Plant and Animal Production, Sivas Technical Sciences Vocational School, Sivas Cumhuriyet University, 58140 Sivas, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><sup>#</sup>This study was presented as an online presentation at the 2<sup>nd</sup> International Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF 2021) Gazimağusa/Cyprus</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 30/11/2021 Accepted : 31/12/2021</p> <p>Keywords: COCOSO WASPAS Compost Multi-Criteria Decision MCDM</p>	<p>The compost product, which offers many benefits such as the evaluation of organic wastes, improvement of soil structure, neutralization of toxins and pH balance of the soil, has significant potential for the improvement of our country's lands. Considering the development of animal existence in our country, the production of compost product to be obtained from feces, which is the product of these animal beings, is an issue that needs to be emphasized. The choice of plant location, which must be determined for an investment to be made for the acquisition of this product emerges as a separate problem. For this reason, in this study, the order of optimality among the alternatives for compost plant installation is considered as a multi-criteria decision making problem. For this purpose, the criteria determined for 10 clusters with the potential of 35,829 animals that can produce compost in Samsun were weighted by the SWARA method. The optimal ranking of these 10 compost clusters was carried out using the COCOSO and WASPAS methods, by means of the criteria weights taken into consideration. According to the ranking results obtained from both methods, it was determined that the cluster number 27 was in the first rank, the cluster no 13 was in the second rank, and the cluster no 14 was in the third rank.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(sp): 2515-2522, 2021

## Samsun İlinde Kurulabilecek Kompost Tesislerinin COCOSO ve WASPAS Yöntemiyle Optimallik Sıralaması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 30/11/2021 Kabul : 31/12/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: COCOSO WASPAS Kompost Çok Kriterli Karar CKKV</p>	<p>Organik atıkların değerlendirilmesi, toprak yapısının iyileştirilmesi, topraktaki toksinlerin etkisiz hale getirilmesi, toprağın pH dengesinin sağlanması gibi çok sayıda faydalar sunan kompost ürünü, ülkemiz topraklarının ıslah edilmesine yönelik olarak önemli potansiyel barındırmaktadır. Ülkemizdeki hayvansal varlığın gelişimi göz önüne alındığında bu hayvansal varlıkların kullanılması olan dışkılardan elde edilecek kompost ürününün üretilmesi, üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu ürünün elde edilmesine yönelik yapılacak bir yatırım için tespit edilmesi gereken kuruluş yeri seçimi ise ayrı bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kompost tesis kurulumu için alternatifler arasında optimallik sıralaması, çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Bu amaçla, Samsun ilinde kompost üretebilecek, 35.829 hayvan potansiyeline sahip 10 küme için belirlenen kriterler SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen bu 10 kompost kümesinin optimal uygunluk sıralaması, değerlendirmeye alınan kriter ağırlıkları kullanılarak, COCOSO ve WASPAS yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntemden elde edilen sıralama sonuçlarına göre 27 numaralı kümenin ilk sırada, 13 numaralı kümenin ikinci sırada, 14 numaralı kümenin ise üçüncü sırada olduğu tespit edilmiştir.</p>

<sup>a</sup> [sinandunder@hotmail.com](mailto:sinandunder@hotmail.com)  
<sup>c</sup> [eleroglu@cumhuriyet.edu.tr](mailto:eleroglu@cumhuriyet.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8061-3322>  
<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1032-9833>

<sup>b</sup> [hbircan@gmail.com](mailto:hbircan@gmail.com) <sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1868-1161>



## Giriş

Kompost, organik maddelerin kontrollü koşullar altında mikrobiyal ayrışma sonucu ortaya çıkan, biyolojik olarak aktif maddedir. Kompostun tarımda üretimi ve kullanımı besin geri dönüşümü, toprağın iyileştirilmesi ve ürün gelişiminin iyileştirilmesi gibi birçok potansiyel faydaya sahiptir. Bununla birlikte, düşük kaliteli bazı kompostların mahsuller ve toprak üzerinde bir diğer yandan zararlı etkileri olabilir. Kompostlama sürecini ve çeşitli kompostların doğasını anlamaları, üreticilerin kompostun faydalarını en üst düzeye çıkaracak şekilde değerlendirmelerine ve kullanmalarına yardımcı olacaktır (Van Horn, 1995).

Atıkların yakılması, düzenli depolanması ve geri dönüşümü atık bertaraf sorununu çözmeye yönelik üç ana yöntemi oluşturmaktadır olup bu yöntemler birlikte değerlendirilebilmektedirler. Bunun yanında, olası atık malzemeleri bir takım ürünlere dönüştürerek atıkların ortaya çıkmasını önleyen ve yukarıda ifade edilen bu üç uygulama arasında tek sürdürülebilir olanı, geri dönüşüm yöntemleridir. Organik gübrelerdeki potansiyel atıkların bir dönüşüm biçimi olarak kompostlama, sürdürülebilir tarıma uyum sağlayan ve teşvik edilmesi gereken bir uygulamadır. Tarımda kompost kullanımı, toprağın iyileştirilmesine yönelik bir takım uygulamaların öneminden çok daha fazlasına sahiptir. Sürdürülebilir tarım ve kompostun tarımda kullanımı, sürdürülebilir bir toplum için gerekli faaliyetler olarak kabul edilebilir (Sequi, 1996).

Tarımsal atıkların kompostlanması sığır, at ve diğer hayvan gübrelerinin katı kısımlarını aerobik olarak sindirme yöntemidir. Gübre organik madde ve nitrojen, fosfor ve potasyum gibi besinler içerir. Kompost iyi bir gübre kaynağı olarak değerlendirilebilir. Bu prosesteki temel hedefler çevreye yönelik tehditlerin azaltılması ve çiftlikte kullanılabilir veya topluma satılabilir stabil bir malzeme üretmektir (Mohee, 2007).

Bu yaklaşımlardan hareketle, hayvancılık sektörünün önemli ilerlemeler kaydedildiği Samsun ilinde, ortaya çıkan hayvansal atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak kurulması muhtemel bir kompost tesisi için en uygun kuruluş yerinin belirlenmesi konusu, bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri için geçmiş yıllarda yapılan bazı çalışmaları şu şekilde özetlemek mümkündür;

(Zavadskas ve ark., 2007), verimlilik düzeyi, uzun ömürlülük, yapım maliyeti, çevresel koruma faktörleri, ekonomik geçerlilik, inşaat süresi gibi çok sayıda faktöre bağlı olan yol inşaatı yapımında söz konusu alternatiflerin değerlendirilmesine yönelik olarak COPRAS metodundan yararlanmışlardır.

(Arslan ve ark., 2018), ARAS ve COPRAS yöntemleriyle hayvansal kaynaklı atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak Yozgat ilinde kurulabilecek biyogaz, kompost, vermikompost tesislerinin optimalite sıralamasını gerçekleştirmişlerdir.

(Bircan ve ark., 2018), büyükbaş ve kanatlı hayvan atıklarının değerlendirilmesi ve tarımsal alanda kullanılması amacıyla, Yozgat ilinde kurulması muhtemel on bir adet kompost kümesinin optimalite sıralamasını MOORA yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir.

Castro ve Silva Parreiras (2018), otomotiv mühendisliğinde enerji verimliliğine yönelik olarak çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine incelemeler gerçekleştirmiş ve incelenen çok sayıda yöntemden enerji verimliliği açısından uygun olanların derleme çalışması sağlanmıştır.

Salabun ve ark. (2020), çok kriterli karar verme yöntemlerinin birbirleri arasında kıyaslanabilir olup olmadığını ölçmeye yönelik olarak TOPSIS, VIKOR, COPRAS ve PROMETHEE II yöntemlerinden elde sonuçlara yönelik çalışma gerçekleştirmiştir.

Demir (2021), Covid-19 pandemisinin başladığı 2020 yılı için Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinin finansal performansını ölçmeye ve değerlendirmeye yönelik olarak Bulanık DEMATEL ve COCOSO yöntemlerini kullanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

10 adet kompost kümesi, Dündar (2021) tarafından hazırlanan “Kümeleme Yöntemi ile TR83 Bölgesinde Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesinde Optimal Tesis Yerlerinin Belirlenmesi” konulu tez çalışması kapsamında tespit edilmiştir.

Hayvansal atıkların kompost olarak değerlendirilmesine yönelik gerçekleştirilen bu çalışmada, kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesinde SWARA yöntemi kullanılmıştır. Değerlendirmeye alınan kriterler büyükbaş hayvan sayısı, küme merkezine ortalama uzaklık, kümeye dâhil olan işletme sayısı, bağlı olduğu ilçe merkezine uzaklık, ilçedeki 15-64 yaş arası nüfus ve bağlı olduğu il merkezine uzaklık olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin optimalite sıralaması için ise çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan COCOSO ve WASPAS yöntemleri kullanılmıştır.

Ayrıca Samsun Tarım ve Orman İl Müdürlüğü kanalıyla ildeki büyükbaş hayvancılık işletmelerinin listesi temin edilmiş olup listede yer alan işletmelerin coğrafi koordinatları köy/mahalle düzeyinde belirlenmiştir. Söz konusu koordinatlar ve büyükbaş hayvan sayıları referans alınarak K-Means Kümeleme Yöntemi ile kompost kümeleri tespit edilmiştir. Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan ve alternatifleri kriter değerine göre sıralamaya tabi tutan COCOSO ve WASPAS yöntemleri uygulanarak kompost işletmesine uygun kümelerin optimalite sıralaması gerçekleştirilmiştir.

## SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis)

Çoğu çok kriterli karar verme modelinde kriterlere ağırlık atanması, incelenmesi gereken önemli bir konudur ve kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi, çok kriterli karar vermede ortaya çıkan temel sorunlardan biridir. Literatürde önerilen ve farklı çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için uygulanan çeşitli ağırlıklandırma yöntemleri bulunmaktadır. Bu ağırlıklandırma yöntemleri farklı şekillerde sınıflandırılmakta olup ölçekleme, sıralama ağırlığı, puan atama prosedürleri gibi doğrudan kriter ağırlıklandırma yöntemleri ile çeşitli teorilerden ve matematiksel modelden türetilen ağırlık gibi dolaylı yöntemler bulunmaktadır (Odu, 2019).

Ağırlık değerlendirmesi, birçok çok kriterli karar verme probleminde önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde bilinen bazı ağırlık değerlendirme yaklaşımları arasında analitik hiyerarşi süreci (AHP), analitik ağ süreci (ANP), ENTROPY, FARE, SWARA, CILOS, IDOCRIW, DEMATEL, SIMOS, CRITIC, LBWA, SMART, SMARTS, SMARTER ve ROC gibi yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemler arasında SWARA yöntemi en yeni olanlardan birisidir (Bircan, 2020; Zolfani, Šaparauskas, 2013).

Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) yöntemi, 2010 yılında Kersulienė, Zavadskas ve Turskis tarafından ortaya konulmuştur. Ağırlıklandırma yöntemi ile yapılan bu analizde, her bir kriter için alternatiflerin göreceli önemi ve ilk önceliklendirilmesi, karar vericinin görüşü doğrultusunda belirlenir ve ardından her kriterin göreceli ağırlığı tespit edilir (Alinezhad ve Khalili, 2019).

SWARA yönteminde söz sahibi uzman, değerlendirmelerde ve ağırlıkların hesaplanmasında önemli bir role sahiptir. Ayrıca her uzman, her bir kriterin önem düzeyini belirlemektedir. Sonrasında ise her uzman, birinci kriterden sonuncusuna kadar tüm kriterleri sıralamaya tabi tutmaktadır. Bu yöntemde her bir uzman, kendi bilgi ve deneyimlerini kullanır. Yapılan değerlendirme sonucuna göre en önemli kritere birinci sırada, en az önemli kritere ise en sonuncu sırada verilir. Uzmanların ortaya koyduğu genel sıralamalar, sıraların ortalama değerine göre belirlenir (Zolfani ve Šaparauskas 2013: 410).

Yöntem 5 adımdan oluşmaktadır (Stanujkic ve ark. 2015: 182);

**Adım 1: Kriterlerin Önem Derecesine Göre Sınıflandırılması**

Kriterler önem sırası dikkate alınmak suretiyle en önemliden en önemsiz doğru sıralanır.

**Adım 2: Kriterlerin Göreceli Önem Düzeyinin Belirlenmesi**

İkinci kriterden başlamak suretiyle bir önceki kriter ile yüzdesel olarak önem derecesi kıyaslaması yapılır. Bu şekilde, ortalama değer karşılaştırmalı önemi olan  $S_j$  değeri elde edilir.

**Adım 3:  $k_j$  Katsayısının Hesaplanması**

$k_j$  katsayısının hesaplanmasına yönelik süreç (1) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

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

**Adım 4:  $q_j$  Değişkeninin Hesaplanması**

$q_j$  katsayısının hesaplanmasına yönelik süreç (2) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

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

**Adım 5: Göreceli Ağırlıkların Hesaplanması**

Göreceli ağırlıkların hesaplanmasına yönelik süreç (3) numaralı denklem ile ifade edilmiştir,

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

### **COCOSO (Combined Compromise Solution) Yöntemi**

Karma Uzlaşmacı Çözüm olarak önerilen bu yaklaşım, basit bir toplamsal ağırlıklandırmaya ve üssel olarak ağırlıklandırılmış çarpım modelinin birleştirilmesine dayanmaktadır. Bu model, diğer uzlaşma çözümlerinin bir özeti olarak değerlendirilebilir (Yazdani ve ark. 2018: 2507).

Combined Compromise Solution (COCOSO) yöntemi, karar vericilerin yargıları sonucu ortaya çıkan kriterlere göre alternatiflerin nihai puanlarını bulmayı amaçlayan, farklı toplama stratejilerinin bir kombinasyonudur. Bu yöntem, basit toplamsal ağırlıklandırmanın ve üstel ağırlıklı çarpım modelinin bir uzantısıdır (Karasan ve Bolturk 2019: 416).

Yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir (Yazdani ve ark. 2018: 2507);

**Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması**

COCOSO yönteminde karar matrisinin oluşturulmasına yönelik süreç (4) numaralı denklemle ifade edilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

**Adım 2: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi**

Kriterin fayda yönlü olması durumunda (5) numaralı denklemle, kriterin maliyet yönlü olması durumunda ise (6) numaralı denklemle normalizasyon işlemi gerçekleştirilerek (7) numaralı denklemde ifade edilen normalize karar matrisi elde edilir.

$$\bar{z}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{ij}^-}{x_{ij}^+ + x_{ij}^-} \quad (5)$$

$$\bar{z}_{ij} = \frac{x_{ij}^+ - x_{ij}}{x_{ij}^+ + x_{ij}^-} \quad (6)$$

$$Z = \begin{bmatrix} \bar{z}_{11} & \bar{z}_{12} & \dots & \bar{z}_{1n} \\ \bar{z}_{21} & \bar{z}_{22} & \dots & \bar{z}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \bar{z}_{m1} & \bar{z}_{m2} & \dots & \bar{z}_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

**Adım 3:  $S_i$  ve  $P_i$  Değerlerinin Hesaplanması**

Gri ilişkisel yaklaşıma dayanarak  $S_i$  ve WASPAS çarpımsal özelliğine dayanarak  $P_i$  değerleri sırasıyla (8) ve (9) numaralı denklemler yardımıyla elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot \bar{z}_{ij}) \quad (8)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n (\bar{z}_{ij})^{\omega_j} \quad (9)$$

**Adım 4: Alternatiflerin Göreceli Performans Puanlarının Hesaplanması**

Aynı zamanda, alternatiflerin göreceli performansı olarak ifade edilen üç değerlendirme stratejisi, sırasıyla (10), (11) ve (12) numaralı denklemler yardımıyla elde edilir.

$$\delta_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^n (P_i + S_i)} \quad (10)$$

$$\delta_{ib} = \frac{S_i}{\min_i S_i} + \frac{P_i}{\min_i P_i} \quad (11)$$

$$\delta_{ic} = \frac{\lambda \cdot (S_i) + (1 - \lambda) \cdot (P_i)}{\left( \lambda \cdot \max_i S_i + (1 - \lambda) \cdot \max_i P_i \right)} ; 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (12)$$

$\lambda$  değeri genellikle 0,5 seçilir ancak karar vericiler farklı değerler de belirleyebilirler.

**Adım 5:** Alternatiflerin Sıralanması

Alternatiflerin nihai sıralaması, (13) numaralı denklem yardımıyla gerçekleştirilir.

$$\delta_i = (\delta_{ia} \cdot \delta_{ib} \cdot \delta_{ic})^{1/3} + \frac{1}{3} \cdot (\delta_{ia} + \delta_{ib} + \delta_{ic}) \quad (13)$$

Hesaplanan  $\delta_i$  değeri, büyükten küçüğe doğru sıralamaya tabi tutulur.

### WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product ASsessment) Yöntemi

Weighted Aggregated Sum Product ASsessment (WASPAS) yöntemi, Zavadskas ve arkadaşları tarafından yakın bir dönem içerisinde geliştirilen ve çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yer alan bir yöntemdir. Ağırlıklı Çarpım Metoduna (WPM) göre 1,3 kat ve Ağırlıklı Toplam Modeline (WSM) göre 1,6 kat daha fazla doğruluk elde edilmiş olan yöntem bugüne kadar çeşitli endüstriyel uygulamalarda uygulanmıştır (Kumar ve ark. 2020: 2).

Yöntemde izlenen adımlar şu şekildedir (Zavadskas ve ark. 2012: 3-4);

**Adım 1:** Karar Matrisinin Oluşturulması

WASPAS yönteminde karar matrisinin oluşturulmasına yönelik süreç (14) numaralı denklemle ifade edilmiştir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

**Adım 2:** Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Kriterin fayda yönlü olması durumunda (15) numaralı denklemle, kriterin maliyet yönlü olması durumunda ise (16) numaralı denklemle normalizasyon işlemi gerçekleştirilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \quad (15)$$

$$x_{ij}^* = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (16)$$

**Adım 3:** Alternatiflerin Görelî Performansının WSM (Weighted Sum Model) İle Elde Edilmesi

Alternatiflerin görelî performansının WSM (Weighted Sum Model) ile elde edilmesi, (17) numaralı denklem yardımıyla gerçekleştirilir.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \cdot \omega_j \quad (17)$$

**Adım 4:** Alternatiflerin Görelî Performansının WPM (Weighted Product Model) İle İlde Edilmesi

Alternatiflerin görelî performansının WPM (Weighted Product Model) ile elde edilmesi, (18) numaralı denklem yardımıyla gerçekleştirilir.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (x_{ij}^*)^{\omega_j} \quad (18)$$

**Adım 5:** Alternatiflerin Nihai Görelî Performansının Elde Edilmesi

WSM ve WPM yöntemlerine eşit düzeyde önem atfedilerek, (19) numaralı eşitlik yardımıyla Alternatiflerin Nihai Görelî Performansı elde edilir.

$$Q_i = 0,5 \cdot Q_i^{(1)} + 0,5 \cdot Q_i^{(2)} \quad (19)$$

Karar vericinin tecrübesine göre  $\alpha$  değeri, (20) numaralı denklemde ifade edildiği üzere, [0,1] aralığında gerçekleşebilmekle birlikte, yöntemin geliştiricisi olan Zavadskas tarafından 0,5 olarak belirlenmiştir.

$$Q_i = \alpha \cdot Q_i^{(1)} + (1 - \alpha) \cdot Q_i^{(2)} \quad (20)$$

**Adım 6:** Alternatiflerin Sıralanması

Hesaplanan  $Q_i$  değeri, büyükten küçüğe doğru sıralamaya tabi tutulur.

## Bulgular

### Kriterlerin ve Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Samsun ilinde kompost tesisi kurulumuna yönelik optimal yer seçiminin belirlenmesi amacıyla kullanılacak olan çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriterlerin sıralanması ve ağırlıklandırılması, konusunda yetkin akademisyenlerin katkısıyla gerçekleştirilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde karar vericinin görüşü doğrultusunda bir yaklaşım sergileyebilmesi ve uzmanların veya paydaşların ağırlıkların belirlenmesi sürecinde kriterlerin önem oranı hakkında fikirlerini ortaya koyabilmesi ve dolayısıyla her bir uzmanın kendi bilgi ve deneyimlerini kullanmasına imkân vermesi nedeniyle SWARA yöntemi tercih edilmiştir.

SWARA yöntemine göre birinci karar verici (KV<sub>1</sub>), ikinci karar verici (KV<sub>2</sub>) ve üçüncü karar vericinin (KV<sub>3</sub>) değerlendirmesi sonucunda ortaya çıkan kriterlerle birlikte (1) ve (2) numaralı formüllerin uygulanmasıyla ortaya çıkan hesaplama adımları Tablo 1'deki gibi gerçekleşmiştir. (3) numaralı formülün uygulanmasıyla bu kriterlerin nihai ağırlıkları ve sıralamaları ise Tablo 2'deki gibi ortaya çıkmıştır.

Tablo 1. Kompost tesisi kriterleri ve ağırlık belirleme adımları  
Table 1. Compost Plant Criteria and Weight Determination Steps

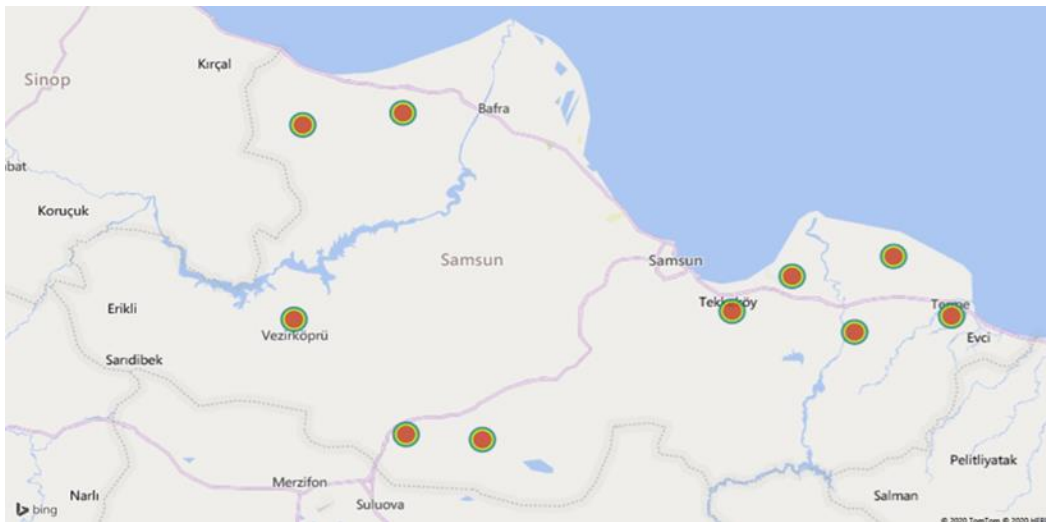
Ölçüt Adı	KV <sub>1</sub>	S <sub>j</sub>	k <sub>j</sub>	q <sub>j</sub>	ω <sub>j</sub>
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,369
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,80	1,800	0,556	0,205
K1-İşletme Sayısı	3	0,70	1,700	0,327	0,121
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,10	1,100	0,297	0,110
K6-İlçe Nüfusu	5	0,10	1,100	0,270	0,100
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,05	1,050	0,257	0,095
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,370
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,75	1,750	0,571	0,212
K1-İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,327	0,121
K6-İlçe Nüfusu	4	0,10	1,100	0,297	0,110
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	5	0,10	1,100	0,270	0,100
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,15	1,150	0,235	0,087
K2-Hayvan Sayısı	1		1,000	1,000	0,387
K3-Küme Merkezine Uzaklık	2	0,85	1,850	0,541	0,209
K1-İşletme Sayısı	3	0,75	1,750	0,309	0,120
K4-İlçe Merkezine Uzaklık	4	0,15	1,150	0,269	0,104
K6-İlçe Nüfusu	5	0,10	1,100	0,244	0,094
K5-İl Merkezine Uzaklık	6	0,10	1,100	0,222	0,086

Tablo 2. SWARA Yöntemi ile Belirlenen Kriter Ağırlıkları ve Sıralamaları  
Table 2. Criterion Weights and Rankings Determined by SWARA Method

Kriter	Puan	Sıralama
K01 - Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı (adet)	0,120	3
K02 - Büyükbaş Hayvan Sayısı (adet)	0,376	1
K03 - Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	0,209	2
K04 - Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	0,105	4
K05 - Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	0,089	6
K06 - İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus	0,101	5

Tablo 3. Samsun İli Kompost Tesisi Kurmaya Uygun Kümeler  
Table 3. Clusters Suitable for Establishing a Compost Facility in Samsun

İlçe	Küme No	Küme Merkezi (X <sub>c</sub> )	Küme Merkezi (Y <sub>c</sub> )
Alaçam	2	41,53998	35,46996
Terme	5	41,29670	36,84123
Çarşamba	6	41,15614	36,75087
Alaçam	7	41,56214	35,70253
Havza	11	40,96565	35,70974
Vezirköprü	13	41,17974	35,44968
Çarşamba	14	41,25970	36,60577
Terme	15	41,18584	36,97580
Lâdik	24	40,95590	35,88688
Tekkeköy	27	41,19482	36,46641



Şekil 1. Samsun İli Kompost Tesisi Kurmaya Uygun Kümeler  
Figure 1. Clusters Suitable for Establishing a Compost Facility in Samsun

Elde edilen sonuçlara göre, kriterlerin önem sırası; büyükbaş hayvan sayısı, küme merkezine ortalama uzaklık, kümeye dâhil olan işletme sayısı, bağlı olduğu ilçe merkezine uzaklık, ilçedeki 15-64 yaş arası nüfus ve bağlı olduğu il merkezine uzaklık şeklinde gerçekleşmiştir.

#### **Kümelerin Optimallik Sıralaması**

K-Means kümeleme yöntemiyle Samsun ili için tespit edilmiş olan on adet kompost tesisi kümesi Tablo 3'te yer almaktadır.

Bu küme merkezlerinin harita üzerindeki gösterimi ise Şekil 1'deki gibidir.

Samsun ili için kümeleme yöntemiyle tespit edilen on adet kompost tesisi kümesinin sıralanmasına yönelik her bir yöntemin ilk adımında kullanılacak olan başlangıç matrisi Tablo 4'teki gibi şekillenmiştir.

COCOSO yöntemine göre ilgili adımlarda yer alan (4) – (13) numaralı formüllerin uygulanmasıyla ortaya çıkan

hesaplama sonuçları Tablo 5 ve Tablo 6'da, optimallik sıralaması ise Tablo 7'de ifade edilmiştir. Buna göre, COCOSO yöntemine göre optimallik sıralamasında ilk üç sırayı 27, 13 ve 14 numaralı kümeler almaktadır.

WASPAS yöntemine göre (14) – (20) numaralı formüllerin ilgili adımlarda belirtildiği şekilde uygulanmasıyla ortaya çıkan değerler Tablo 8'de ve optimallik sıralaması ise Tablo 9'daki biçimde ortaya çıkmıştır.

WASPAS yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçları COCOSO yöntemiyle elde edilen sıralama sonuçlarıyla aynı şekilde gerçekleşmiş olup bu yöntemde de optimallik açısından ilk sırayı 27 nolu küme almıştır.

İlk sırada yer alan küme merkezinin coğrafi koordinatları ise Samsun ili, Tekkeköy ilçesi, Yavuzlar mahallesine tekabül etmekte olup kompost tesisi kuruluşuna yönelik en ideal konum Şekil 2'de gösterilmektedir.

Tablo 4. Kompost Tesisi Kümeleri İçin Başlangıç Matrisi

Table 4. Initial Matrix for Compost Plant Clusters

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
2	45	2.318	6,11	18,4	99,0	16.249
5	39	2.564	5,61	30,3	53,2	46.852
6	34	2.415	5,69	6,1	41,9	92.613
7	83	5.231	7,00	21,6	72,5	16.249
11	43	3.720	6,89	5,4	83,1	25.851
13	91	5.515	5,07	4,6	115,0	61.129
14	74	4.818	5,83	19,5	29,0	92.613
15	34	2.088	5,96	3,2	60,6	46.852
24	31	2.080	6,16	7,4	75,6	10.090
27	72	4.921	3,87	2,9	16,9	36.131

Tablo 5. COCOSO Yöntemine Göre Normalize Matris

Table 5. Normalized Matrix According to the COCOSO Method

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	En Yakın Trafo Merkezine Uzaklık (km)
2	0,2333	0,0693	0,2843	0,4343	0,1631	0,0746
5	0,1333	0,1409	0,4441	0,0000	0,6300	0,4455
6	0,0500	0,0975	0,4185	0,8832	0,7452	1,0000
7	0,8667	0,9173	0,0000	0,3175	0,4332	0,0746
11	0,2000	0,4774	0,0351	0,9088	0,3252	0,1910
13	1,0000	1,0000	0,6166	0,9380	0,0000	0,6185
14	0,7167	0,7971	0,3738	0,3942	0,8767	1,0000
15	0,0500	0,0023	0,3323	0,9891	0,5545	0,4455
24	0,0000	0,0000	0,2684	0,8358	0,4016	0,0000
27	0,6833	0,8271	1,0000	1,0000	1,0000	0,3156

Tablo 6. S<sub>i</sub> ve P<sub>i</sub> Değerleri

Table 6. S<sub>i</sub> and P<sub>i</sub> Values

Küme No	S <sub>i</sub>	P <sub>i</sub>
2	0,1810	4,5109
5	0,2631	3,9886
6	0,3903	4,9093
7	0,5284	4,5346
11	0,3542	4,8186
13	0,7855	4,8498
14	0,6846	5,5889
15	0,2743	4,4632
24	0,1793	2,6631
27	0,8275	5,7760
Toplam	4,4682	46,1029

Tablo 7. COCOSO Yöntemine Göre Optimallik Sıralaması

Table 7. Optimality Ranking by COCOSO Method

Küme No	$\delta_{ia}$	$\delta_{ib}$	$\delta_{ic}$	$\delta_i$	Sıralama
2	0,0928	2,7036	0,7105	1,7317	9
5	0,0841	2,9654	0,6439	1,7746	8
6	0,1048	4,0207	0,8025	2,3394	5
7	0,1001	4,6504	0,7667	2,5484	4
11	0,1023	3,7852	0,7833	2,2288	6
13	0,1114	6,2032	0,8534	3,2280	2
14	0,1241	5,9179	0,9500	3,2175	3
15	0,0937	3,2064	0,7174	1,9387	7
24	0,0562	2,0000	0,4304	1,1933	10
27	0,1306	6,7852	1,0000	3,5990	1

Tablo 8. WASPAS Yöntemine Göre Normalize Matris

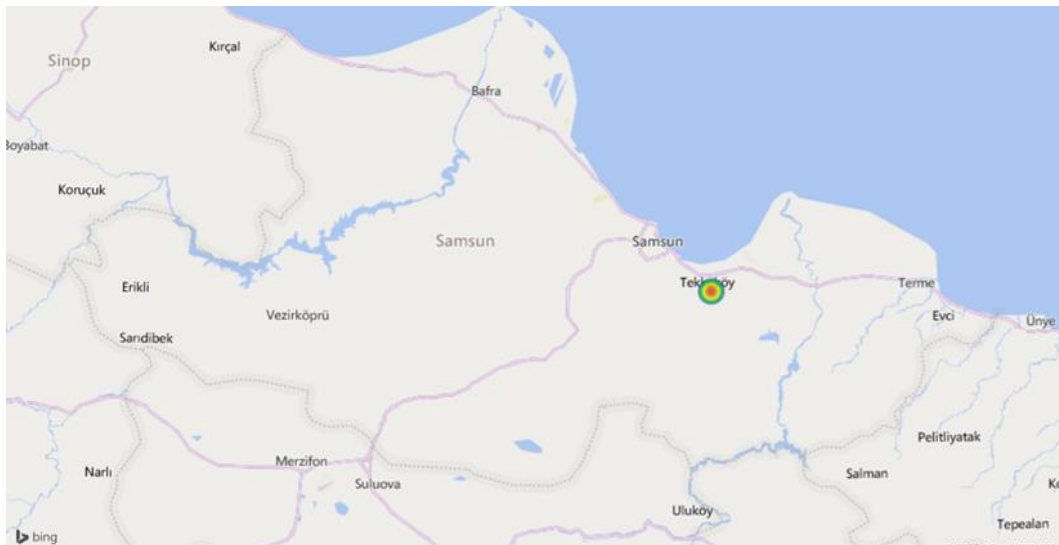
Table 8. Normalized Matrix According to WASPAS Method

Küme No	Kümeye Dâhil Olan İşletme Sayısı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Küme Merkezine Ortalama Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İlçe Merkezine Uzaklık (km)	Bağlı Olduğu İl Merkezine Uzaklık (km)	İlçedeki 15-64 Yaş Arası Nüfus
w	0,120	0,376	0,209	0,105	0,089	0,101
2	0,4945	0,4203	0,6334	0,1576	0,1707	0,1755
5	0,4286	0,4649	0,6898	0,0957	0,3177	0,5059
6	0,3736	0,4379	0,6801	0,4754	0,4033	1,0000
7	0,9121	0,9485	0,5529	0,1343	0,2331	0,1755
11	0,4725	0,6745	0,5617	0,5370	0,2034	0,2791
13	1,0000	1,0000	0,7633	0,6304	0,1470	0,6600
14	0,8132	0,8736	0,6638	0,1487	0,5828	1,0000
15	0,3736	0,3786	0,6493	0,9063	0,2789	0,5059
24	0,3407	0,3772	0,6282	0,3919	0,2235	0,1089
27	0,7912	0,8923	1,0000	1,0000	1,0000	0,3901

Tablo 9. WASPAS Yöntemine Göre Optimallik Sıralaması

Table 9. Optimality Ranking by WASPAS Method

Küme No	$Q_i^{(1)}$	$Q_i^{(2)}$	$Q_i$	Sıralama
2	0,3991	0,3559	0,3775	9
5	0,4599	0,4131	0,4365	8
6	0,5386	0,5127	0,5256	5
7	0,6341	0,5111	0,5726	4
11	0,5301	0,4990	0,5145	6
13	0,8013	0,7276	0,7645	2
14	0,7336	0,6646	0,6991	3
15	0,4937	0,4644	0,4791	7
24	0,3858	0,3501	0,3680	10
27	0,8726	0,8467	0,8596	1

Şekil 2. Samsun Kompost Tesisi Optimal Kurulum Noktası  
Figure 2. Compost Plant Optimal Establishment Point in Samsun

## Sonuç

Kompost tesisi kuruluş yeri seçimine yönelik gerçekleştirilen bu çalışma, tespit edilebilen kriterler üzerinden yürütülmüş olup, detaylı bir fizibilite etüdü yapılması durumunda hammaddeye ve tedarikçilere yakınlık, pazara yakınlık, işgücü temini, elektrik, yakıt, su, malzeme gibi girdi olanakları ve maliyetleri, ulaşım-taşıma ve haberleşme olanakları ve maliyetleri, devletin özendirici ve caydırıcı politikaları, yörenin iklim koşulları, yörenin gelişme potansiyeli ve güvenlik, ekonomik, sosyal ve kültürel yapısı, çevresel etki değerlendirme düzenlemeleri ve subjektif yaklaşımlar gibi parametreler bütünsel olarak ele alınmalıdır.

Bununla birlikte evsel organik katı atıklar, sebze ve meyve kabukları, odun talaşı, atık kâğıtlar, yün ve pamuk kumaş parçaları, sap ve saman artıkları, yumurta kabukları gibi kompost üretimi için uygun atıklarla da daha geniş bir hammadde çeşitliliği sağlama yoluna gidilebilecektir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında veri temini yönünden katkılarını sunan Samsun Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'ne, danışmanlık sürecinde desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Hüdaverdi Bircan'a ve Prof. Dr. Hasan Eleroğlu'na, emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

## Bilgi

Bu çalışma Prof. Dr. Hüdaverdi BİRCAN danışmanlığında hazırlanan “Kümeleme Yöntemi ile TR83 Bölgesinde Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesinde Optimal Tesis Yerlerinin Belirlenmesi” adlı doktora tezinden üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Alinezhad A, Khalili J. 2019. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM) (C. 277). Springer.
- Arslan R, Bircan H, Eleroğlu H. 2018. ARAS ve COPRAS Yöntemleriyle Yozgat İlinde Kurulabilecek Biyogaz, Kompost, Vermikompost Tesislerinin Optimallik Sıralaması. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(12), 1844-1852. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1844-1852.2319>
- Bircan H. 2020. Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri (1. bs). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- Bircan H, Eleroğlu H, Arslan R. 2018. Yozgat İlinde Kurulabilecek Kompost Tesislerinin MOORA Yöntemiyle Optimallik Sıralaması. Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 5(12), 83-90.
- Castro D, Silva Parreiras F. 2018. A Review on Multi-Criteria Decision-Making for Energy Efficiency in Automotive Engineering. Applied Computing and Informatics, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2018.04.004>

- Demir G. 2021. Orta ve Doğu Avrupa Ülkelerinin Finansal Performanslarının Bulanık DEMATEL ve Cocoso Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. 225-226.
- Dündar S. 2021. Kümeleme Yöntemi ile TR83 Bölgesinde Hayvansal Atıkların Değerlendirilmesinde Optimal Tesis Yerlerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karasan A, Bolturk E. 2019. Solid Waste Disposal Site Selection by Using Neutrosophic Combined Compromise Solution Method. 11th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019). <https://doi.org/10.2991/eusflat-19.2019.58>
- Kumar R, Bhattacharjee A, Singh A, Singh S, Pruncu C. 2020. Selection of portable hard disk drive based upon weighted aggregated sum product assessment method: A case of Indian market. Measurement and Control, 53, 1-13. <https://doi.org/10.1177/0020294020925841>
- Mohee R. 2007. Waste Management Opportunities For Rural Communities—Composting As An Effective Waste Management Strategy For Farm Households And Others. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/k1455e/k1455e.pdf>
- Odu G. 2019. Weighting Methods For Multi-Criteria Decision Making Technique. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 23, 1449-1457. <https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7>
- Salabun W, Watrobski J, Shekhovtsov A. 2020. Are MCDA Methods Benchmarkable? A Comparative Study of TOPSIS, VIKOR, COPRAS, and PROMETHEE II Methods. Symmetry, 12(9), 1-55. <https://doi.org/10.3390/sym12091549>
- Sequi P. 1996. The Role of Composting in Sustainable Agriculture. The Science of Composting, 23-29. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1569-5>
- Stanujkic D, Karabasevic D, Zavadskas EK. 2015. A framework for the Selection of a packaging design based on the SWARA method. The Engineering Economics, 26(2), 181-187. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1350.9603>
- Van Horn M. 1995. Compost Production And Utilization—A Growers' Guide. University of California Division of Agriculture and Natural Resources and California Department of Food and Agriculture. <https://www.cdafa.ca.gov/is/docs/Compost%20Production%20and%20Utilization2.pdf>
- Yazdani M, Zarate P, Zavadskas EK, Turskis Z. 2018. A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. Management Decision, 57(3). <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458>
- Zavadskas EK, Kaklauskas A, Peldschus F, Turskis Z. 2007. Multi-Attribute Assessment of Road Design Solutions By Using The COPRAS Method. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2(4), 195-203.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Antucheviciene J, Zakarevičius A. 2012. Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. Electronics and Electrical Engineering, 122. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810>