



## Aras ve Copras Yöntemleriyle Yozgat İlinde Kurulabilecek Biyogaz, Kompost, Vermikompost Tesislerinin Optimallik Sıralaması

Rahim Arslan<sup>1\*</sup>, Hüdaverdi Bircan<sup>1</sup>, Hasan Eleroğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 58140 Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Aşık Veysel Meslek Yüksekokulu, 58400 Şarkışla/Sivas, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

#### Araştırma Makalesi

Geliş 30 Ekim 2018  
Kabul 09 Aralık 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Çok Kriterli Karar Verme  
ARAS  
COPRAS  
Biyogaz  
Kompost

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: rrahim4258@gmail.com

### Ö Z

Nüfus ve insan ihtiyaçlarının en hızlı arttığı günümüzde doğal kaynakların verimli kullanımı önem kazanmış, kaynaklara ek olarak enerji dönüşüm sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Gelişmiş ülkeler de bu kapsamda atık maddelerin değerlendirilmesi teknolojilerine yönelmişlerdir. Atık maddelerden enerji elde edilmesi kıt kaynaklara önemli ölçüde destek sağlamış, ülkemizde de bu kapsamda önemli projeler hayata geçirilmeye başlamıştır. Bu önemli adıma katkı sağlamak amacıyla Yozgat ilinde kurulabilecek biyogaz, kompost ve vermikompost üretim tesislerinin yatırıma uygunluk sıralaması, çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Bu tesisler atıkların geri dönüşümüne yönelik yapılan ön fizibilite çalışması neticesinde belirlenmiştir. Bu çalışmada bu tesislere ait kriterler dikkate alınarak optimal uygunluk sıralaması yapılmıştır. Sıralamada ARAS ve COPRAS yöntemleri kullanılmıştır. Yatırımcılar için kurulabilecek tesis kümelerinin sıralamasında önerilen ilk üç sıralama şu şekilde elde edilmiştir; Biyogaz kümeleri: 8. Küme (Kaymakam Kemal Bey Mahallesi, Çayır Cd., 66400 Boğazlıyan/Yozgat), 11. Küme (Başalan, 66500 Başalan Köyü/Çekerek/Yozgat), 15. Küme (66700 İkikara Köyü/Sorgun/Yozgat); Kompost Optimal Kümeleri: 5. Küme (Sırçalı, 66400 Sırçalı Belediyesi/Boğazlıyan/Yozgat), 9. Küme (Sarıkent, 66800 Sarıkent Köyü/Şefaattli/Yozgat), 3. Küme (66700 Karalık Köyü/Sorgun/Yozgat); Vermikompost Optimal Kümeleri: 2. Küme (Sarınınören, 66000 Sarınınören Köyü/Yozgat Merkez/Yozgat), 3. Küme (Karlı, 66900 Karlı Köyü/Yerköy/Yozgat).

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(12): 1844-1852, 2018

### Optimally Rating of Biogas, Compost, Vermicompost Facilities to be Installed in Yozgat Province with ARAS and COPRAS Methods

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 30 October 2018  
Accepted 09 December 2018

#### Keywords:

Multi Criteria Decision Making  
ARAS  
COPRAS  
Biogas  
Compost

#### \*Corresponding Author:

E-mail: rrahim4258@gmail.com

### ABSTRACT

Population and human needs are the most rapidly increasing in the current time, efficient use of natural resources has gained importance, in addition to resources, energy conversion systems have begun to be developed. Developed countries have also turned to technologies for the evaluation of waste materials. Achieving energy from waste has provided significant support to scarce resources. In this context, important projects in our country have started to be implemented. The biogas, compost and vermikompost production facilities that can be established in Yozgat in order to contribute to this important step are considered as a multi-criteria decision making problem. These facilities were determined as a result of the pre-feasibility study for the recycling of waste. In this study, optimal conformity order was made by taking into consideration the criteria of these facilities. ARAS and COPRAS methods were used. The first three sequences proposed in the ranking of plant clusters that can be set up for investors are obtained as follows; Biogas clusters: 8th Cluster (Kaymakam Kemal Bey Neighborhood, Çayır Cd., 66400 Boğazlıyan / Yozgat), 11th Cluster (Başalan, 66500 Başalan Village / Çekerek / Yozgat), 15th Cluster (66700 İkikara Village / Sorgun / Yozgat); Optimal Clusters of the Compost: 5th Cluster (Sırçalı, 66400 Sırçalı Municipality / Boğazlıyan / Yozgat), 9th Cluster (Sarıkent, 66800 Sarıkent Village / Şefaattli / Yozgat), 3th Cluster (66700 Karalık Köyü / Sorgun / Yozgat); Vermikompost Optimal Clusters: 2th Cluster (Sarınınören, 66000 Sarınınören Village / Yozgat Center / Yozgat), 3th Cluster (Karlı, 66900 Karlı Village / Yerköy / Yozgat).

## Giriş

Hayvancılık endüstrisi, artan talep doğrultusunda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yüksek miktarlarda hayvansal atığın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu atıkların doğru şekilde bertaraf edilememesi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Son zamanlarda ülkemizde kümes ve çiftlik hayvanlarından elde edilen atıklar, en önemli ve en ciddi çevresel problemler arasında yer almaktadır. Dolayısıyla hayvancılık sektöründe atıkların oluşturduğu çevresel sorunlar ve bunların çözümü önemli bir problem haline gelmiştir (Eleroğlu ve Yıldırım, 2011; Koç, 2002).

Atıklar, bertaraf edilirken kurallarına dikkat edilmeden bu işlemin yapılması nedeniyle yer altı sularına karışmakta, hastalık yayan mikroorganizmaların ve diğer zararlı canlıların gelişeceği bir ortam oluşturmaktadır. Ayrıca çevreye ve insan sağlığına zarar veren sera gazlarının çıkışına neden olmaktadır. Birçok soruna neden olan bu atıklar bilinçli bir şekilde işlendiğinde kompost ya da biyogaz elde edilebilir. Böylece çöp olmak yerine ekonomiye ve çevreye katkı oluşturabilecek bir ham maddeye dönüştürülebilir. Atıkların usulüne uygun şekilde değerlendirilmesi, ülkemizdeki mevcut enerji açığının kapatılmasına, tarım arazilerinde kullanılan gübrede dışa bağımlılığın azalmasına, yoğun tarımsal faaliyetler neticesinde azalan toprak verimliliğinin artırılmasına ve en önemlisi yerleşim yerlerindeki çevre kirliliğinin azalmasına katkılar sağlayacaktır (TÜBİTAK-MAM, 2002).

Biyogaz, kompost ve vermikompost üretim merkezlerinin faaliyete geçmesi ile birlikte Yozgat bölgesinde yerleşim yerleri ve köylerinde hayvancılık yapan çiftçilerimizin hayvan gübrelerini depolama ve biriktirme sorunu ortadan kalkacak, böylece çevreye yayılan kötü koku ve çirkin görüntü de azalacaktır. Biyogaz merkezlerinin önerilmesinde temel amaç, Yozgat ilinin kırsal kalkınmasına, tarımsal gelişmesine ve üretimin artırılmasına katkı sağlamaktır. Bunun gerçekleşmesi için de, toprağın organik yapısını koruyan ve hatta gelişmesini sağlayan doğal gübrenin kullanılması bir zorunluluktur. Üretim maliyetlerinin kimyasal gübrelere göre çok düşük olması, çiftçilerimize çok düşük maliyetle toprağı gübreleme imkanı sunacaktır. Kurulabilecek tesislerin hepsini birden faaliyete geçirme yerine, en optimal tesise karar verip kurmak daha verimli bir adım oluşturacaktır. Bu çalışma sayesinde ilgili kurum ve yatırımcılar hem tesislerin kapasite ve kurulum koordinatlarına ulaşabilecek hem de bu tesisleri hangisinin öncelikli faaliyete geçirebileceği hakkında bilgi sahibi olacaklardır.

Ülkemiz, enerji temininde kullanılan fosil yakıt kaynakları açısından zengin değildir. Bu nedenle enerji temini için ülkemizde yerli olarak bulunabilir kaynaklar kullanılmalıdır. Biokütle ekonomik yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir ve biokütle dönüşüm sistemleri çevre kirliliğinin azaltılmasında büyük katkı sağlamaktadır. Ayrıca geri dönüşüm tesislerinde işlenecek ham maddenin yerel olarak bulunabilirliği ve sürekli temin edilebilirliği gibi avantajlara sahiptir. Ülkemiz atık üretimi bakımından oldukça zengin olup bu kaynağın işlenebilmesi için da yeterli olanaklara ve çevresel koşullara sahiptir. Ülkemizde enerji ormancılığı ve enerji

tarımına geçilmeli, bunlardan ve atıklardan biyolojik yakıt üretimi geliştirilmeli, gübrelere, atıklardan ve çöplerden elde edilecek biyogaza gerekli önem verilmelidir. Bu sayede enerji bakımından dışa bağımlılık önemli derecede azaltılabilir (Topal ve Arslan, 2008).

Koçer ve Ünlü (2007), yaptıkları çalışmada Doğu Anadolu Bölgesinin biokütle potansiyelini ve enerji üretimini incelemişlerdir. Bu bölgenin biokütle enerjisi açısından yatırıma uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Üstün ve Kurban (2011), ülkemizde il ve belediyeler bazında kentsel katı atık (KKA) miktarlarını analiz etmişlerdir. Bu analizde araştırmacılar KKA'ları atık tipine göre gruplamışlar ve miktarlarını belirlemişlerdir. Analiz sonrasında çıkan değerler bölgesel olarak toplanmıştır. Biyoenerji denklemleri yardımıyla toplanan değerlerin yaklaşık enerji değerleri hesaplanmıştır. Ardından bölgelere ait enerji potansiyelleri belirlenmiş, daha önceden elde edilen bazı biokütle enerji değerleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak kentsel atıklardan önemli derecede enerji elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Literatürde yapılan çalışmalarda genel olarak bölgelerin enerji potansiyelleri ortaya konulmuştur. Bu çalışmada Eleroğlu ve ark. (2018a) tarafından ortaya konulan potansiyel enerji dönüşüm sistemlerinin öncelik sıralaması yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Sıralamaya dahil edilen tesisler “TR72 Bölgesi Hayvansal Atıkların Geri Dönüşümüne Yönelik Ön Fizibilite ve Yatırım Uygunluk Çalışması Projesi” kapsamında belirlenmiştir.

Projede Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden elde edilen veriler ilk olarak işletme büyüklüklerine göre sıralanmıştır. Yozgat ilinde 50 ve üzeri büyükbaş içeren 543 adet işletmeye ait yerleşim yerlerinin koordinatları enlem ve boylam olarak belirlenmiştir. Enlem ve boylam değerleri uzaklık değerlerine dönüştürülerek K-Means kümeleme analizine tabi tutulmuş, en uygun atık değerlendirme tesisi belirlenmeye çalışılmıştır. K-Means kümeleme yöntemi sonuçları kullanılarak ilk adımda biyogaz tesisi ve elektrik üretim merkezi kurulum yerleri belirlenmiştir. Kurulabilecek tesislerin kapasiteleri, maliyetleri, ulaşım imkanları ve gelirleri farklı olduğundan yatırım öncelik sıralaması çok kriterli karar verme teknikleriyle yapılmıştır. Belirlenen bu tesislerinin optimal uygunluk sıralaması ise, bu çalışma kapsamında, çok kriterli karar yöntemlerinden olan ARAS ve COPRAS teknikleriyle belirlenmiştir.

### Çok Kriterli Karar Verme

Karar verme, karar vericinin farklı alternatiflerden oluşan bir problemde, çok sayıda alternatifler arasından kendi hedefine en uygun olan alternatife karar verme iken; karar süreci bu işlemlerin sırasıyla ve planlı bir şekilde yapılmasını içerir (Tekin, 2008). Çok kriterli karar verme (ÇKKV) ise çelişen somut ve soyut ölçütlere veya niteliklere göre karar seçeneklerinden en iyisini seçmek, seçenekleri sıralamak ya da sınıflandırmak için kullanılan yöntemlerdir (Guitouni ve Martel, 1998). Birden fazla alternatiften oluşan çoklu kritere sahip problemlerde karar

sürecini kolaylaştırmak amacıyla 70'ten fazla yöntem önerilmiştir. Bu çalışmada; alternatiflerin kriter üstünlüklerine göre orantısal olarak sıralanmak istenmesi ve kriterlerin nicel olması nedeniyle ARAS ve COPRAS yöntemleri uygulanmıştır.

Litvanya'da akıllı binalarda temizlik yapmak amacıyla, geliştirilen robotların seçiminde COPRAS yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde fiyat, yükseklik, garanti süresi, robotun batarya ömrü, tehlike ve engelleri algılama düzeyi, yaptığı temizliğin kalitesi, emiş gücü kriter olarak kullanılmıştır (Kaklauskas ve ark., 2010).

ARAS yöntemini sonuçlarına grup kararlarını da dahil etmeyi amaçlayan Shariati ve arkadaşları (2014), GARAS adımı verdikleri bir model kurmuşlardır. Bu modelle atık yeri belirleme probleminde çözüm üretmişlerdir.

#### ARAS Yöntemi

ARAS (Additive Ratio Assessment) yöntemi bulanık mantık ve gri teori ile entegre modellenebilmekte olup, Sliogeriene, Z. Turskis ve E. K. Zavadskas tarafından Çok Kriterli Karar Verme problemlerinin çözümünde yeni bir yaklaşım olarak ortaya konmuştur (Turskis ve Zavadskas, 2010).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) ve birçok karar analizi yöntemlerinde kullanılan klasik yaklaşımlarda amaç alternatifleri öznel tasnif (sıralama) yapmaktır. Literatürde yer alan birçok ÇKKV yöntemi, alternatiflerin ideal pozitif ve ideal negatif çözüme olan göreceli uzaklıklarını dikkate almakta ya da ideal alternatifin değerini çözümden elde ettiği fayda fonksiyonu değerleri ile karşılaştırarak sonuç önermektedir. ARAS yönteminde ise araştırılmaya çalışılan alternatiflerin fayda fonksiyon değerleri, karar problemine karar verici tarafından eklenebilmekte, optimal (minimumda en küçük, maksimumda en büyük) alternatife ait fayda fonksiyonu değeri ile karşılaştırılmaktadır. Bu yöntemde karar seçeneklerinin fayda fonksiyonu değer oranları karar seçeneklerindeki optimum değerler ile karşılaştırılır (Shariati ve ark., 2014). ARAS yönteminde seçeneklerin performansları, her bir kriterin ideal olarak kabul edilen alternatif kriterlerine kıyaslanarak belirlenir. Örnek vermek gerekirse, bir karar problemine ait bir kriterde ait optimal skorun 50, problemde yer alan tüm alternatiflerin bu değer altında ve alternatifler içinde en büyük skorun 40 olduğunu varsayalım. Diğer yöntemlerde optimal skorun 50 olması ihmal edilir ve alternatifler içinde en iyi 40 skoruna sahip olana %100 (1) değeri atanır. ARAS yönteminde ise bu 40 skoruna sahip alternatif %80 (0,80) olarak hesaplanır (Sliogeriene ve ark., 2013).

ARAS yöntemi aşamaları aşağıdaki gibidir (Zavadskas ve ark., 2010):

**Karar Matrisinin Oluşturulması:** ÇKKV yöntemlerinin genelinde olduğu gibi ARAS yönteminde de ilk olarak karar problemini oluşturan alternatifler ve bu alternatifleri kıyaslamada kullanılacak kriterler belirlenir. Daha sonra her bir alternatifin kriter değerlerinin gösterildiği karar matrisi oluşturulur. ARAS yönteminde diğer ÇKKV yöntemlerine ek olarak başlangıç karar matrisinin ilk satırına, optimal değerlerden oluşan bir satır, karar verici tarafından eklenir.

Alternatif sayısı  $m$ , kriter sayısı  $n$  olmak üzere  $X$  karar matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde gösterilebilir. Karar matrisi üzerine satır olarak  $x_{ij}$  i. alternatifin j. kriterde gösterdiği performans değerini ifade ederken,  $x_{0j}$  satırı karar verici tarafından karar matrisine il satır olarak eklenmektedir.

Karar probleminde kriterlere ait optimal değer bilinmiyorsa, kriterin fayda (daha yüksek daha iyi) ya da maliyet (daha düşük daha iyi) özelliği göstermesi durumuna göre optimal değer aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Fayda Durumu:} \quad x_{0j} = \max_i x_{ij}$$

$$\text{Maliyet Durumu:} \quad x_{0j} = \min_i x_{ij}$$

**Karar Matrisinin Normalize Edilmesi:** Karar problemlerinde kullanılan kriterlerin performans değerleri, farklı ölçek türlerinde ve farklı birimlerde ifade edilmektedir. Bu sorunun giderilebilmesi için kriterlere ait değerlerin ortak birimle ifade edilmesi alternatiflerin kıyaslanabilmesi için zorunludur. Bunun yanı sıra kriterler eğer çok geniş sayı aralıklarında değerler alıyorsa, normalize işlemi verilerin daha küçük aralıklara çekilmesine de olanak sağlar. Böylece hem birimler eşitlenir hem de sayılar istenilen aralıkta tanımlanmış olur (Yıldırım, 2014).

Elde edilen  $\bar{X}$  normalize karar matrisi aşağıda sunulan eşitlik yardımıyla hesaplanan  $\bar{x}_{ij}$  değerlerinden oluşmaktadır  $\bar{x}_{ij}$  Değerleri ise kriterin fayda ya da maliyet olmasına göre 2 farklı şekilde hesaplanmaktadır: Kriter performans değerlerinin yüksek olması pozitif anlama geliyorsa yani iyi kabul ediliyorsa (fayda durumu), normalize değerler aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}}$$

Kriter performans değerlerinin düşük olması pozitif anlama geliyorsa (maliyet durumu), normalizasyon işlemi iki adımda gerçekleştirilir. İlk olarak kriter değerlerinin çarpma işlemine göre tersi alınır. Böylece fayda durumuna dönüştürülmüş olur. Normalizasyon fonksiyonu kullanılarak normalize değer hesaplanır.

$$x_{ij}^* = \frac{1}{x_{ij}}$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=0}^m x_{ij}^*}$$

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \cdots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \cdots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki adımlar izlenerek hesaplanan değerler gösterilen matris formunda yazılarak  $\bar{x}$  normalize karar matrisine son hali verilir.

*Normalize karar matrisine kriter ağırlıklarının atanması:* Karar verici ve uzmanlardan alınan görüşler neticesinde belirlenen kriter önem dereceleri ( $w_j$ ), normalize edilmiş matris elemanları ile çarpılır. Böylece ağırlıklandırılmış normalize  $x$  matrisi elde edilir. Kriterlere ait ağırlık değerleri  $0 < w_j < 1$  koşuluna uymak zorundadır ve ağırlıklar toplamı aşağıda sunulan eşitlikte gösterildiği gibi sınırlandırılmıştır.

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak ağırlıklı normalize değerleri elde edilmektedir.

$$\hat{x} = x_{ij} \cdot w_{ij}$$

Hesaplanan  $\hat{x}$  ağırlıklı normalize değerleri aşağıda gösterilen matris formunda yazılarak  $\hat{x}$  ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilmiş olur.

$$\hat{x} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \cdots & \hat{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \cdots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

*Alternatiflere ait en uygun fonksiyon değerlerinin hesaplanması:* ARAS yönteminin son adımında her bir alternatif için en uygun yani optimum fonksiyon değeri hesaplanır. Alternatiflerin değerlendirilmesi işlemi bu değerlere göre gerçekleştirilir.  $S_i$  i. alternatifin optimallik fonksiyon değerini göstermek üzere alternatiflere ait skorlar aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^m \hat{x}_{ij} \quad i=1, 2, \dots, n$$

*Sıralamanın elde edilmesi amacıyla fayda derecesinin hesaplanması:* Hesaplanan  $S_i$  değerlerinden büyük değerler alternatifin etkin olduğu anlamına gelmektedir. Alternatiflere ait  $S_i$  değerlerinin  $S_0$  optimal fonksiyon değerine oranı  $K_i$  fayda derecelerini vermekte ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}$$

$K_i$  oranları  $[0,1]$  aralığında değer almakta ve bu oran kullanılarak alternatiflerin fayda fonksiyonu değerlerinin etkinliği hesaplanmaktadır. Buradan elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmaktadır. En yüksek skora sahip alternatif en iyi olarak kabul edilir.

#### COPRAS Yöntemi

Complex Proportional Assesment (COPRAS-Karmaşık Nisbi Değerlendirme) yöntemi önem ve fayda dereceleri açısından alternatifleri adım adım sıralar ve değerlendirir. Yöntem diğer karar verme yöntemlerine göre daha basit işlemler içermektedir (Kaklauskas ve ark., 2010; Kaklauskas ve ark., 2007). COPRAS yönteminde fayda kriterlerini en üst düzeye çıkartma ve maliyet kriterlerini ise en aza indirme amacı vardır (Podvesko, 2011). COPRAS yöntemi maksimizasyon ve minimizasyon karar problemlerine kolaylıkla uygulanabilir. Çözüm

aşamasında her iki kriter ayrı ayrı değerlendirilir. COPRAS yönteminde negatif değerlerin değerlendirilmesi için dönüşüm gerekir ve bu işlem de karar verici için zaman alabilir (Aksoy ve ark., 2015). COPRAS yönteminin en önemli özelliği alternatiflerin fayda derecelerini gösteriyor olmasıdır. Değerlendirilen alternatifleri birbirleriyle karşılaştırır diğer alternatiflerden ne kadar iyi ya da ne kadar kötü olduğunu yüzde olarak ifade eder. COPRAS yöntemi aşamaları aşağıda verilmiştir (Zavadskas ve ark., 2008; Podvezko, 2011);

i; 1, 2, 3,...m alternatifleri, j=1, 2, 3, ...n değerlendirme kriterleri,  $x_{ij}$ = j. Değerlendirme kriteri açısından i. alternatifin değeri.

*Karar matrisinin oluşturulması:* Öncelikle  $x_{ij}$  'lerden oluşan karar matrisi oluşturulur.

m alternatif sayısını, n ise kriter sayısını göstermek üzere X karar matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & \cdots & x_1(n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n$$

şeklinde gösterilebilir.

*Normalize edilmiş matris oluşturma:*

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$$

eşitliği yardımıyla normalize edilmiş matris elde edilir. Eğer kriter ağırlıklandırılmış matris kullanılacaksa,  $w_j$ : j. Değerlendirme kriterinin ağırlığı olmak üzere ;  $D=d_{ij}=x_{ij}^*w_j$  eşitliği ile normalize matrisi ağırlıklandırılabilir.

*Kriterlerin oluşturulması:* Amaca ulaşmada yüksek değerler daha iyi durumu gösterdiği için faydalı kriterler, düşük değerler daha iyi durumu gösterdiği için faydasız kriterler olarak ifade edilir (Özdağoğlu, 2013a). Her iki durumu da ifade eden kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerler toplanır.  $S_{i+}$  fayda kriterleri için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını,  $S_{i-}$  faydasız kriterler için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamını ifade eder.  $S_{i+}$  ve  $S_{i-}$  hesaplanışı aşağıda gösterilmiştir.

$$S_{i+} = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j=1, \dots, k \text{ faydalı kriterler,}$$

$$S_{i-} = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j=k+1, k+2, \dots, n \text{ faydasız kriterler,}$$

*Alternatiflerin oluşturulması:* Her bir alternatif için  $Q_i$  olarak simgelenen göreceli önem değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} + \frac{\sum_{i=1}^m S_{i-}}{S_{i-} - \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_{i-}}}$$

En yüksek göreceli önem değeri en iyi alternatifi ifade etmektedir.

**Öncelik değerlerinin belirlenmesi:** En yüksek göreceli öncelik değeri aşağıdaki fonksiyon yardımıyla bulunur.

$$Q_{\max} = \text{En büyük } \{Q_i\} \quad \forall i=1, 2, \dots, m$$

**Performans değerlerinin hesaplanması:** Her bir alternatif için  $P_i$  olarak simgelenen performans indeksi aşağıdaki fonksiyon kullanılarak hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \cdot 100\%$$

$P_i$  olarak simgelenen performans indeksi 100, en iyi alternatifi ifade etmektedir. Alternatifler sahip oldukları performans indeks değerlerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanır (Sarıçalı ve Kundakçı, 2016).

### Uygulama

Biyogaz tesisine hayvan sayısı 4000 büyükbaş ve üzerinde, odak noktasına mesafe değeri 15 km'nin aşığında olan işletmeler dahil edilmiştir. Planlanan kompost merkezlerine ise, odak merkezine mesafesi 15 km ve daha yakın, 1000-4000 arasında büyükbaş hayvan sayısına erişen işletmeler dahil edilmiştir. Odak

merkezine uzaklığı en fazla 30 km olan, fakat hayvan sayısı 1000 baş ve üzerinde kalan işletmeler ise verimikompost tesisine dahil edilmiştir. En optimal tesis yeri belirlenirken işletme koordinatları K-Means Kümeleme Yönteminde analiz edilmiştir (Tablo 1).

Hayvan sayısı 1.000 ve altında olan, uzaklığı 30 km'den fazla olan dolayısıyla herhangi bir atık değerlendirme tesisine dahil edilemeyen işletme sahiplerine ise çevreye en az zarar verme yöntemleri tavsiye edilmiştir. Bu şekilde atıkların en verimli şekilde kullanılması amaçlanmıştır.

Sıralama yapılırken Tablo 2' de belirtilen, kompost ve verimikompost tesis kümelerine ait 7 kriter, biyogaz tesis kümelerine ait 6 kriter kullanılmıştır. Ancak kompost tesisi kriterlerinden en yakın köy mesafesi bütün alternatiflerde 0 olduğundan sıralamaya dahil edilmemiştir.

Analiz sonucunda elde edilen tesiste farklı atıkların da işlenebilmesi, belediyeler tarafından toplanan atıkların geri dönüşüme kazandırılması açısından en yakın belediye uzaklığı da kriterlere dahil edilmiştir.

Kümeleme analizi neticesinde elde edilen 15 biyogaz, 11 kompost ve 3 verimikompost alternatif tesisin optimal uygunluk sıralamasında ARAS ve COPRAS yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 1 Büyükbaş Hayvan Sayısı ve Uzaklığa Göre Kurulması Planlanan Tesisler  
Table 1 Planned establishments by number of cattle and establishment by distance

Büyükbaş hayvan sayısı	Odak merkezine uzaklık	Kurulması uygun tesisi
$\geq 4.000$	15 km ve daha az	Biyogaz
1.000-4.000	15 km ve daha az	Kompost
$\geq 1.000$ (biyogaz ve kompost kümesine dahil olmayan)	15 km-30 km arası	Vermikompost

Tablo 2 Biyogaz, Kompost ve Vermikompost Kümelerinin Sıralanmasında Kullanılan Kriterler  
Table 2 Criteria used in sequencing biomass, compost and vermicompost sets

	Biyogaz Tesisi	Kompost Ve Vermikompost Tesisi
K1	Kurulması planlanan tesislerin mesafe ortalamaları	Kurulması planlanan tesislerin mesafe ortalamaları
K2	Her bir kümede yer alan toplam büyükbaş hayvan sayısı	Her bir kümede yer alan toplam büyükbaş hayvan sayısı
K3	Kurulması planlanan tesisinin yatırım maliyeti	İşlenmesi planlanan kompost ve verimikompost miktarı
K4	Her bir kümede yer alan toplam büyükbaş işletme sayısı	Tesisten elde edilecek tahmini gelir
K5	Kümeleme analizi neticesinde belirlenen koordinatların en yakın yerleşim yerine olan uzaklığı	Her bir kümede yer alan toplam büyükbaş işletme sayısı
K6	Kümeye en yakın belediye uzaklığı	Kümenin en yakın yerleşim yerine olan uzaklığı
K7		Kümeye en yakın belediye uzaklığı alınmıştır.

### Biyogaz Kümelerinin Optimallik Sıralaması

Tablo 3'te biyogaz kümelerine ait veriler sunulmuştur. Biyogaz tesislerinin optimallik sıralamasında başlangıç matrisi için Tablo 3'te yer alan koordinatlar uzaklığa dönüştürülmüş, yatırım maliyeti ise hayvan sayısı ile doğru orantılı olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiş ve hesaplamalarda Tablo 4 kullanılmıştır.

COPRAS ve ARAS yöntem basamakları başlangıç matrisine M Excel programı kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Biyogaz tesislerinin ARAS yönteminde yatırıma uygunluk sıralamasında 8 nolu küme 1. sırada, 15 nolu küme 2. sırada, 11 nolu küme 3. sırada, 13 nolu küme 15. Sırada; COPRAS yönteminde yatırıma uygunluk

sıralamasında 8 nolu küme 1. sırada, 11 nolu küme 2. sırada, 15 nolu küme 3. sırada, 3 nolu küme 15. sırada yer almıştır. Görüldüğü üzere her iki yöntemde de elde edilen il üç sıralama sonuçları benzerdir.

Bu kapsamda, Yozgat ilinde kurulması planlanan biyogaz tesisi yatırıma başlamak için en uygun kümelerin sıralanması Tablo 5'te sunulmuştur. İlk üçte yer alan kümelerin adresleri koordinatlar doğrultusunda şu şekildedir:

8. Küme: Kaymakam Kemal Bey Mahallesi, Çayır Cd., 66400 Boğazlıyan/Yozgat

11. Küme: Başalan, 66500 Başalan Köyü/Çekerek/Yozgat

15. Küme: 66700 İkikara Köyü/Sorgun/Yozgat

Tablo 3 Biyogaz tesisleri verileri\*

Table 3 Biogas plants data

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Enlem	Boylam	Elektrik MW/Saat	Kapasite MW	Yatırım (Dolar)	Gelir Dolar/Yıl	İşletme Sayısı
1	8,89	10.263	39,97704	35,72232	7,01	7	24,94	14,93	16
2	9,28	5.500	39,560944	35,888885	3,76	4	14,59	8,00	10
3	8,7	6.228	40,061241	35,942108	4,26	4	14,59	9,06	9
4	10,92	4.617	39,720749	34,404179	3,16	3	11,14	6,72	14
5	9,21	11.308	39,762161	35,032059	7,73	8	28,39	16,45	21
6	12,91	6.436	39,949257	34,725311	4,4	4	14,59	9,37	15
7	7,24	4.682	39,84623	35,591099	3,2	3	11,14	6,81	8
8	5,68	5.449	39,19088	35,257256	3,72	4	14,59	7,93	14
9	8,25	4.741	39,427425	35,42527	3,24	3	11,14	6,90	14
10	8,33	6.360	39,63295	35,427261	4,35	4	14,59	9,25	16
11	9,02	10.804	40,155308	35,450562	7,38	7	24,94	15,72	15
12	9,02	7.744	39,737797	35,769699	5,29	5	18,04	11,27	14
13	11,37	6.504	39,594624	34,686314	4,45	4	14,59	9,46	18
14	14,49	4.007	39,894459	34,554207	2,74	3	11,14	5,83	9
15	5,54	8.299	39,824486	35,226349	5,67	6	21,49	12,08	24
Toplam		102.942			70,36	69	249,90	149,78	217

\*Eleroğlu ve ark., 2018a

Tablo 4. Biyogaz tesisi başlangıç matrisi

Table 4 Biogas plant starting matrix

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Kapasite MW	Gelir (Dolar)	İşletme Sayısı	En Yakın Köy Mesafe (km)	En Yakın Merkez Belediye (km)
1	8,89	10.263	7	14,93	16	2	10
2	9,28	5.500	4	8,00	10	1	20
3	8,7	6.228	4	9,06	9	16	60
4	10,92	4.617	3	6,72	14	1	20
5	9,21	11.308	8	16,45	21	1	20
6	12,91	6.436	4	9,37	15	1	24
7	7,24	4.682	3	6,81	8	1	20
8	5,68	5.449	4	7,93	14	1	1
9	8,25	4.741	3	6,90	14	1	11
10	8,33	6.360	4	9,25	16	1	8
11	9,02	10.804	7	15,72	15	1	12
12	9,02	7.744	5	11,27	14	1	16
13	11,37	6.504	4	9,46	18	10	22
14	14,49	4.007	3	5,83	9	1	28
15	5,54	8.299	6	12,08	24	1	3

Tablo 5 Kurulması planlanan biyogaz tesislerinin optimallik sıralaması

Table 5 Optimality of biogas plants to be established

Küme	COPRAS Yöntemi Sıralama	ARAS Yöntemi Sıralama
1	4	5
2	10	9
3	15	12
4	12	14
5	5	4
6	11	11
7	8	8
8	1	1
9	9	10
10	7	7
11	2	3
12	6	6
13	14	15
14	13	13
15	3	2

*Kompost Kümelerinin Optimallik Sıralaması*

Hayvan sayısı 1.000-4.000 arasında olup biyogaz tesisine dahil edilmeyen işletmeler kompost tesisine dahil edilmiştir. Aynı şekilde 11 kompost kümesine dahil edilen işletmelerin odak noktasına uzaklığı maksimum 15 km'dir.

Kümeleme analizi neticesinde kurulabilecek kompost tesislerinin koordinatları Tablo 6'da sunulmuştur. Kurulabilecek tesislerin kapasiteleri, maliyetleri, ulaşım imkanları ve gelirleri farklı olduğundan yatırım öncelik sıralaması çok kriterli karar verme teknikleriyle yapılmıştır.

Kompost tesislerinin optimallik sıralamasında başlangıç matrisi için Tablo 6'da yer alan koordinatlar uzaklığa dönüştürülmüş, yatırım maliyeti ise hayvan sayısı ile doğru orantılı ve en yakın köy mesafesi bütün alternatiflerde 0 olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiş ve hesaplamalarda aşağıdaki Tablo 7 kullanılmıştır.

Tablo 7'de verilen başlangıç matrisine COPRAS ve ARAS yöntem basamakları M Excel programı kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur.

Kurulması planlanan kompost tesislerinin COPRAS yöntemiyle yatırıma uygunluk sıralamasında 5 nolu küme 1. sırada, 9 nolu küme 2. sırada, 3 nolu küme 3. Sırada; ARAS yöntemine göre ise 9 nolu küme 1. sırada, 3 nolu küme 2. sırada ve 5 nolu küme 3. sırada yer almıştır.

Görüldüğü üzere her iki yöntemde de elde edilen il üç sıralama sonuçları benzerdir.

Yozgat ilinde elde edilen kompost yatırımına başlamak için en uygun kümelerin sıralaması Tablo 8'de sunulmuştur. İlk üçte yer alan kümelerin koordinatlar doğrultusunda adresleri şu şekildedir:

5. Küme: Sırçalı, 66400 Sırçalı Belediyesi/Boğazlıyan/Yozgat

9. Küme: Sarıkent, 66800 Sarıkent Köyü/Şefaati/Yozgat

3. Küme: 66700 Karalık Köyü/Sorgun/Yozgat

*Vermikompost Kümelerinin Optimallik Sıralaması*

Büyükbaş hayvan sayısı 1000 ve üzeri olan ancak odak merkezine uzaklığı 15 km'den fazla olup biyogaz ve kompost kümelerine dahil edilmeyen işletmeler vermikompost kümesine dahil edilmiştir. Vermikompost kümesine ait veriler Tablo 9'da sunulmuştur.

Kümeleme analizi sonucu elde edilen vermikompost tesislerinin optimallik sıralamasında başlangıç matrisi için Tablo 9'da yer alan koordinatlar uzaklığa dönüştürülmüş, yatırım maliyeti ise hayvan sayısı ile doğru orantılı olduğundan hesaplamalara dahil edilmemiş ve hesaplamalarda aşağıdaki Tablo 10 kullanılmıştır.

Tablo 10'da verilen başlangıç matrisine COPRAS ve ARAS yöntem basamakları M Excel programı kullanılarak uygulanmıştır. Elde edilen sıralama sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 6 Kompost tesisleri verileri\*

Table 6 Composting facilities data

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Enlem	Boylam	Kapasite Ton/Yıl	Yatırım (Dolar)	Gelir (Dolar)	İşletme Sayısı
1	3,64	1.774	39,212	35,0031	3.081	579.517	314.296	4
2	8,63	2.205	39,5678	35,646	3.830	579.517	390.656	7
3	7,64	3.981	39,9244	35,4005	6.915	1.019.221	705.307	8
4	7,98	1.303	40,1364	35,2119	2.263	359.665	230.850	7
5	2,08	1.550	39,3264	35,1393	2.692	579.517	274.611	3
6	9,50	3.433	39,9867	34,9397	5.963	799.369	608.219	7
7	10,68	2.104	39,8349	36,026	3.655	579.517	372.762	6
8	8,49	1.990	39,1967	35,5569	3.457	579.517	352.565	6
9	8,55	3.862	39,3731	34,766	6.708	1.019.221	684.224	9
10	6,85	1.249	39,4992	34,526	2.169	359.665	221.283	3
11	8,23	1.526	39,5512	35,1982	2.651	579.517	270.359	3
Toplam		24.977		Toplam	43.384	7.034.243	4.425.132	63

\*Eleroğlu ve ark., 2018b

Tablo 7 Kompost tesisi başlangıç matrisi

Table 7 Starting matrix for composting

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Kapasite Ton/Yıl	Gelir (Dolar)	İşletme Sayısı	En Yakın Köy Mesafe (km)	En Yakın Merkez Belediye (km)
1	3,64	1.774	3.081	314.296	4	0	22
2	8,63	2.205	3.830	390.656	7	0	30
3	7,64	3.981	6.915	705.307	8	0	21
4	7,98	1.303	2.263	230.850	7	0	7
5	2,08	1.550	2.692	274.611	3	0	18
6	9,5	3.433	5.963	608.219	7	0	18
7	10,68	2.104	3.655	372.762	6	0	24
8	8,49	1.990	3.457	352.565	6	0	15
9	8,55	3.862	6.708	684.224	9	0	1
10	6,85	1.249	2.169	221.283	3	0	18
11	8,23	1.526	2.651	270.359	3	0	18

Tablo 8 Kurulması planlanan kompost tesislerinin optimallik sıralaması

Table 8 Optimality ranking of the composting facilities

Küme	COPRAS Yöntemi Sıralama	ARAS Yöntemi Sıralama
1	4	5
2	11	8
3	3	2
4	8	11
5	1	3
6	6	4
7	10	10
8	9	7
9	2	1
10	5	9
11	7	6

Tablo 9 Vermikompost tesisleri verileri\*

Table 9 Vermicompost facility data

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Enlem	Boylam	Kapasite Ton/Yıl	Yatırım (Dolar)	Gelir (Dolar)	İşletme Sayısı
1	0,16	583	39,355492	35,819096	794	545.007	555.515	3
2	0,24	402	39,571182	35,017258	547	545.007	383.048	2
3	0,13	1.032	39,90966	34,160744	1.405	695.007	983.347	7
Toplam		3.049			2.746	1.785.021	1.921.910	12

\*Eleroğlu ve ark., 2018b

Tablo 10 Vermikompost tesisi başlangıç matrisi

Table 10 Vermicompost facility starting matrix

Küme	Ort.Mes. Km	Hayvan Sayısı	Kapasite Ton/Yıl	Gelir (Dolar)	İşletme Sayısı	En Yakın Köy Mesafe (km)	En Yakın Merkez Belediye (km)
1	6,15	583	794	555.515	3	6	18
2	4,01	402	547	383.048	2	1	30
3	7,5	1.032	1.405	983.347	7	5	16

Tablo 11 Kurulması planlanan vermikompost tesislerinin optimallik sıralaması

Table 11 Optimality ranking of the planned vermicompost facilities to be established

Küme	COPRAS Yöntemi Sıralama	ARASYöntemi Sıralama
1	3	3
2	1	2
3	2	1

Kurulması planlanan vermikompost tesislerinin ARAS ve COPRAS yöntemiyle yatırıma uygunluk sıralamasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu kapsamda yatırıma uygunlukta 2 ve 3. Kümeler ilk iki sırada yer almıştır.

Yozgat ilinde elde edilen kompost yatırımına başlamak için en uygun kümelerin sıralaması Tablo 11’de sunulmuştur. İlk ikide yer alan kümelerin koordinatlar doğrultusunda adresleri şu şekildedir:

2. Küme: Sarınnören, 66000 Sarınnören Köyü/Yozgat Merkez/ Yozgat
3. Küme: Karlı, 66900 Karlı Köyü/Yerköy/Yozgat

### Sonuç ve Öneriler

Biyogaz, kompostlama ve vermikompost gibi teknolojiler, dünyanın birçok yerinde evsel katı atık, hayvan gübrelerinin bertarafı ve tarımsal alanlarda tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalarda bu tesisler için atık potansiyelleri hesaplanmış, değerlendirmek için alternatifler tavsiye edilmiştir. Elbette tavsiye edilen tesislerin kurulabilmesi için de birden fazla kriter dikkate

alınmalıdır. Ancak, bunlar arasında toplam atık miktarı ve atıkların kurulabilecek tesise uzaklığı en önemli kriterlerdendir. Bu ve birçok nedenden dolayı bütün atıkları kapsayacak tesis kurmak ya da farklı bölgelerde birden fazla tesis kurmak oldukça zor olacaktır. Girişimciler birden fazla tesis alternatifini arasından en optimal yatırım için, seçim yapmak durumundadırlar. Böyle bir durumda planlanan biyogaz, kompost ve vermikompost tesisi kümelerine karar verilmesi ve bu planlanan tesislerin uygunluk sıralaması, çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Sıralamada kullanılan tesis verileri “TR72 Bölgesi Hayvansal Atıkların Geri Dönüşümüne Yönelik Ön Fizibilite ve Yatırım Uygunluk Çalışması Projesi” nden elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında Yozgat ili ve çevresinde kurulması planlanan biyogaz, kompost ve vermikompost tesislerinin yatırıma uygunluk sıralaması ARAS ve COPRAS yöntemleriyle yapılmıştır. Böylece açığa çıkan atıklar da en verimli şekilde değerlendirilecektir. Bu çalışma ile ilgili kurumlar yatırım önceliği konusunda bilgilendirilmiş olacaktır.



TR72 Bölgesinde yatırım ve hibe desteği alan Yozgat ilinin bu yatırımların yapılmasında öncelikli olduğu görülmektedir. Çok kriterli karar verme teknikleriyle kurulabilecek ilk üç tesis kümeleri Tablo 12'de sunulmuştur.

Elbette yatırımcılar farklı kriterleri kurulması planlanan tesislere dahil edip alternatifleri yeniden değerlendirebilirler. Kendi bölgelerine yakın olan kümelerin koordinatlarını kullanarak en yakın tesis konumuna erişebilirler. Optimallik sıralamasını farklı yöntemlerle yapıp değerlendirme yapabilirler.

Tablo 12 Kurulabilecek tesis kümelerinin optimal sıralaması  
Table 12 Optimal ranking of facility clusters

Biyogaz Optimal Kümeleri	
8. Küme:	Kaymakam Kemal Bey Mahallesi, Çayır Cd., 66400 Boğazlıyan/Yozgat
11. Küme:	Başalan, 66500 Başalan Köyü/Çekerek/Yozgat
15. Küme:	66700 İkikara Köyü/Sorgun/Yozgat
Kompost Optimal Kümeleri	
5. Küme:	Sırçalı, 66400 Sırçalı Belediyesi/Boğazlıyan/Yozgat
9. Küme:	Sarıkent, 66800 Sarıkent Köyü/Şefaati/Yozgat
3. Küme:	66700 Karalık Köyü/Sorgun/Yozgat
Vermikompost Optimal Kümeleri	
2. Küme:	Sarınınören, 66000 Sarınınören Köyü/Yozgat Merkez/Yozgat
3. Küme:	Karlı, 66900 Karlı Köyü/Yerköy/Yozgat

## Kaynaklar

- Aksoy E, Ömürbek N, Karaatlı M. 2015. AHP Temelli Multimoora ve COPRAS Yöntemi İle Türkiye Kömür İşletmeleri'nin Performans Değerlendirmesi, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 33, Sayı 4, s. 1-28.
- Eleroğlu H, Bircan H, Arslan R. 2018a. Yozgat İlinin Hayvansal Atık Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, Uluslararası Politik, Ekonomik Ve Sosyal Araştırmalar Kongresi, 26-29 Ekim, Nigde.
- Eleroğlu H, Bircan H, Arslan R. 2018b. Yozgat İlinin Hayvansal Kaynaklı Kompost Potansiyeli ve K-Means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi, Al Farabi 3. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi, Ankara
- Eleroğlu H, Yıldırım A. 2011. Tavukçuluk Katı Atıklarının Tavuk Gübresine İşlenerek Çevre Kirliliğinin Azaltılması, 3. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, Girne, KKTC 494-503.
- Guitouni A, Martel JM. 1998. Tentative Guidelines To Help Choosing An Appropriate MCDA Method, European Journal of Operational Research, 109(2), s. (501-521).
- Kaklauskas Arturas, Edmundas Kazimieras Zavadskas ve V. Trınkunus, 2007. A multiple criteria decision support on-line system for construction", Engineering Applications of Artificial Intelligence, 20 (2), pp. (163-175).
- Kaklauskas A, Zavadskas EK, Naimavicienė J, Krutinis M, Plakys V, Venskus D. 2010. Model for a complex analysis of intelligent built environment. Automation in Construction, 19: 326-340
- Koç T. 2002. Bandırma İlçesinde Tavukçuluğun Çevresel Etkisi, Ekoloji Dergisi, 11(43): 11-16.
- Koçer N, Ünlü A. 2007. Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Özdağoğlu A. 2013A. İmalat İşletmeleri İçin Eksantrik Pres Alternatiflerinin Copras Yöntemi İle Karşılaştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi, 4(8): 1-22.
- Podvezko V. 2011. The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS, Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics, 22(2), 134-146.
- Sarıçalı G, Kundakçı N. 2016. Ahp ve Copras Yöntemleri İle Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi, International Review Of Ecnomics And Management, 4 (1), 2016, 45-66.
- Shariati S, Yazdani-Chamzini, A, Salsani A, Tamosaitiene J, Propasing. 2014. A New Model For Waste Dump Site Selection: Case Study Of Ayerma Phosphate Mine, Inzinerine Ekonomika Engineering Economics, 25(4), S. (410-419).
- Shariati S, Yazdani-Chamzini, A, Salsani A, Tamošaitienė J. 2014. Proposing a New Model for Waste Dump Site Selection: Case Study of Ayerma Phosphate Mine. Engineering Economics, 25(4), 410-419.
- Sliogeriene J, Turskis Z, Streimikiene D. 2013. Analysis And Choice Of Energy Generation Technologies: The Multiple Criteria Assessment On The Case Study Of Lithuania, Energy Procedia, 32, s. (11-20).
- Tekin M. 2008. Sayısal Yöntemler, Nobel Kitap, Ankara.
- Topal M, Arslan I. 2008. Biyokütle Enerjisi ve Türkiye, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
- Turskis Z, Zavadskas EK. 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, Technological and Economic Development of Economy, (2): 159-172
- TÜBİTAK-MAM. 2002. Kümes ve Ahrır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi.
- Üstün AK, Kurban M. 2011. Elektrik Enerjisi Üretiminde Kentsel Katı Atık Potansiyel Analizi ve Uygulaması, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Türkiye.
- Yıldırım FB, Önder E. 2014. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Dora Yayıncılık, 227-242
- Zavadskas EK, Turskis Z, Vilutiene T. 2010. Multiple Criteria Analysis Of Foundation Instalment Alternatives By Applying Additive Ratio Assessment (ARAS) Method. Archives Of Cıvıl And Mechanical Engineering, No:3i.
- Zavadskas EK, Kaklauskas A, Turskis Z, Tamosaitiene J. 2008. Contractor Selection Multi-Attribute Model Applynig COPRAS Method With Grey Interval Numbers, International Conference 20th EURO Mini Conference Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies, 20-23 May 2008, Neringa, Lithuania, s. (241-247).