

Araştırma Makalesi

**VIKOR VE TOPSIS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
PEYNİRALTI SUYU TOZU ÜRETİMİ YAPAN BİR İŞLETME
İÇİN TESİS YERİ SEÇİMİ: TRAKYA BÖLGESİNDE BİR
VAKA ÇALIŞMASI***

Bahadır GÜLSÜN¹, Gülbahar ŞAHİN²

^{1,2} Yıldız Teknik Üniv., Makine Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü 34349 Beşiktaş İstanbul, Turkey
bahadir@yildiz.edu.tr gulbaharsahin@yandex.com

Öz

Tesis yeri seçimi gibi stratejik kararlar çoğu durumda birbirleriyle çelişen, pek çok kriterin dikkate alınması gereken kararlardır. Bir gıda firmasının yeni bir tesis açma ihtiyacı sonucu tesis yeri seçimi problemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, Trakya Bölgesinde yeni bir tesis açılmasına karar verilmesi durumunda, olası tesis yerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Peyniraltı suyu ülkemizde atık olarak görülmektedir ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Peyniraltı suyu çabuk bozulabilir bir gıda maddesidir. Kurulacak tesis peyniraltı suyunu protein tozuna dönüştürecektir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden; Topsis ve Vikor yöntemleriyle, Trakya Bölgesinde tesis yeri seçimi için potansiyel bölgelerin değerlendirilmesi ve bunun sonucunda; en uygun yer seçimi belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulamada; karar verici olarak akademisyen, endüstri mühendisi ve sektörde çalışan yetkililerden oluşan bir grup belirlenmiştir. Karar vericiler tarafından, sekiz adet kriter ve üç adet alternatif belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trakya Bölgesi, Peyniraltı Suyu Tozu, Tesis Yeri Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, TOPSIS, VIKOR.

Research Article

**DETERMINATION OF FACILITY PLACE FOR AN ENTERPRISE WHICH
PRODUCES WHEY POWDER BY USING VIKOR AND TOPSIS
METHODS: A CASE STUDY IN TRAKIA REGION**

Abstract

The strategic decisions such as facility selection are the decisions that should consider several criteria contrasting with each other in most instances. The facility location problem we considered here has emerged due to the need to open a new facility of a food company. In this study, if a new facility was decided to be opened in Thrace Region, it was tried to determine the possible plant location. Whey is considered as waste in our country and causes environmental pollution. Whey is a perishable foodstuff. The facility which will be established will convert the whey to protein powder. In this study by using techniques of Topsis and Vikor, belonging to Multiple Criteria Decision Making (MCDM) techniques, it is tried to determine potential regions for the facility chose and selection of the most appropriate location for the new facility in Thrace Region. In practice, a group of academics, industrial engineers and officials working in the sector have been identified as decision makers. Eight criteria and three alternatives were determined by decision-makers.

Keywords: Thrace Region, Whey Powder, Facility Location Selection, Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS, VIKOR.

* Received / Geliş tarihi: 22/06/2016

Accepted / Kabul tarihi: 30/09/2016

¹Corresponding Author/ Sorumlu Yazar :

bahadir@yildiz.edu.tr

1. GİRİŞ

Çözüm aranan tesis yeri seçim problemleri ve bu kapsamda alınacak olan kararlarda, pek çok kriterin etkileşim halinde olması, yüksek miktarda sermayenin bağlanması ve etkilerinin uzun soluklu olmasından dolayı, stratejik kararlar arasında yer almaktadır. Pazara yakınlık, tedarikçilere ve hammadde kaynaklarına yakınlık, işgücü temin durumu ve maliyeti, altyapı olanakları, yasal düzenlemeler ve teşvikler tesis yeri seçim kararlarını şekillendiren başlıca kriterlerdir.

Bu çalışmada tesis yeri seçimiyle ilgili genel bilgilere ve tesis yeri seçiminde kullanılacak olan çok kriterli karar verme yöntemlerinden Topsis ve Vikor yöntemleri hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Online protein tozu satışı yapan ve daha çok spor yapan insanlara yönelik ürün satışı yapan bir gıda firması, hazır olarak tedarik ettiği protein tozunu üreteceği yeni bir işletme kurmak istemektedir. Firmanın Ar-Ge departmanında çalışan mühendis ile iletişime geçerek yeni kurulacak işletme için tercih edilen alternatif iller ve tesis yeri seçiminde yardımcı olacak öncelikli kriterler belirlenmiştir.

Peyniraltı suyu, peynir mayası kullanılarak peynir yapımı sırasında kazein ve yağın pıhtı olarak ayrılmasından sonra, geri kalan ve bileşimi peynir çeşidine ve yapım tekniğine bağlı olarak değişen sıvıdır. Peyniraltı suyu içeriğindeki süt şekeri laktoz ve serum proteinlerince zengin gıda değeri yüksek kıymetli bir sudur. Atıldığında çevre kirliliği yapan bu hammadde, pastörize edilir, gelişmiş teknoloji sayesinde saflaştırılır ve üretim aşamalarının sonunda peyniraltı suyu tozu olarak gıda sanayimizin hizmetine sunulur.

Peyniraltı suyu çabuk bozulabilir bir gıda maddesi olması sebebiyle seçilen tesis yerinin hammaddeye yakınlığı oldukça önemlidir. Peyniraltı suyunun el değiştirmeden taşınması üretimden daha fazla verim alınmasını sağlayacaktır. Hammadde taşınması motorlu taşıtla yapılmayacak olup tedarik edilecek işletmeden boru hatlarıyla taşınacaktır. Bu durum hammadde taşıma maliyetini ortadan kaldıracaktır. Dağıtım İstanbul üzerinden yapılacağı için yakın bölge olarak Trakya Bölgesi tercih edilmiştir. Mamulün dağıtım merkezine ulaşması için karayolundan faydalanılacaktır. Ulaşımın sağlanması için illerin motorlu taşıt sayısı önemli olmaktadır. Tesisin kurulacağı bölge seçilirken, arazi maliyeti en düşük olan ve kriterlere en uygun olan arazi tercih edilecektir. Yeni tesis kurmak isteyen işletme, üretim yapabilmek için minimum maliyetle gerekli enerjiyi sağlamak istemektedir. Bunun için güneş enerjisi veya rüzgar enerjisinden faydalanarak kendi enerjilerini üretebilecek en uygun sistemi de kurabileceklerini bildirmişlerdir. Enerji faktörü yeni tesisin kurulumunda önemli bir kriter olmaktadır.

Bu doğrultuda tesis yeri seçimini yapabilmek için alternatifler ve kriterler çok kriterli karar verme yöntemlerinden Topsis ve Vikor yöntemleriyle en uygun yeri tespit etmek için bir uygulama yapılmıştır. Uygulama sonucu doğrultusunda; en uygun ilde tesis yeri kurulumuna karar verilmiştir.

2. YER SEÇİMİ YAPILACAK TESİS HAKKINDA BİLGİ

Gıda firması 2003 yılından günümüze gıdaları ve gıda takviye ürünlerini kendi tesislerinde üretmektedir. İşletmenin bu projeyi yapma hedefi; peyniraltı suyundan yüksek oranda protein içeren tozu üretmek ve çevre firmalardan peyniraltı sularını temin edip, çevresel atık olarak kabul edilen bu hammaddeyi en son teknolojiyle işleyerek hem çevreye hem Türk ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Üretilen tozdaki protein oranının artırılması gibi bir talebin bugüne kadar yapılmamış olması rakip firmaların bu konuda bir çaba göstermesini gerektirmemiştir. Kurulacak tesis ar-ge merkezi olarak kurulacaktır. Sistemin uygun işlemesi halinde endüstriyel işletmeye dönüştürülecektir. İşletmede filtrasyon, kurutma ve paketleme işlemi yapılacaktır. İşletme 1 üretim binası(1000 m²), 1 laboratuvar binası ve 1 ofisten oluşacaktır. Toplam işletme alanı 2000 m² kadar olacaktır. İşletme hammadde olarak kullanacağı peyniraltı suyunu tedarik edeceği firmanın yanına kurulmasını öngörmektedir. Peyniraltı suyunun boru taşıma sistemi ile tedarikçi firmadan direkt olarak işletmeye taşınması uygun bulunmaktadır. Peyniraltı suyunun el değiştirmeden taşınması üretimden daha fazla verim alınmasını sağlayacaktır. İşletmede kurulacak filtrasyon sistemi otomatik bir yapıya sahip olduğu için işçi gereksinimi pek bulunmamaktadır. İşletmede bu sistemi kontrol etmek için 3 çalışan bulunacaktır. Laboratuvarda kalite kontrol için 2 analist, ofiste 1 kişi bulunacaktır. İşletmenin ihtiyaç duyduğu çalışan sayısı 6 işçi civarında olacaktır. Ar-ge aşamasında yeterli olacak filtrasyon sisteminin fiyatı için 200 bin Euro olarak anlaşma yapılmıştır. Endüstriyel işletmeye geçildiğinde ise 700 bin Euro civarında bir sistem kurulumu gerekecektir. Mamul dağıtımı İstanbul üzerinden sağlanacaktır. İşletme ihracat da yapmaktadır. Taşıma olarak karayolu taşımacılığı tercih edilmektedir. Taşımada frigo filoları kullanılacaktır. Hedef daha çok Ortadoğu ülkelerine satış yapmaktır. Bu yüzden deniz yolu taşımacılığı pek tercih edilmemektedir. İşletmede üretilen protein tozunun depolanma süresi bulunmayacağı için depo maliyeti oluşmayacaktır. 1ton peyniraltı suyundan yaklaşık olarak 2 kg protein tozu eldesi sağlanmaktadır. İşletme günlük 480 ton peyniraltı suyundan 960 kg protein tozu üretimini hedeflemektedir. İşletmenin aylık üretim kapasitesi 28800 kg(28.8 ton) olmaktadır.

3. TOPSIS YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesi olan Topsis yöntemi, nitel bir çevrim yapılmaksızın, direkt veri üzerinde uygulanabilmektedir (Eleren ve Karagül, 2008). Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (TOPSIS) yöntemi Hwang ve Yoon referansı ile Chen ve Hwang tarafından sunulmuştur (Wei, 2010). Topsis yöntemi ideal çözüme en yakın uzaklıkta ve negatif ideal çözüme en uzak bir çözüm belirler fakat yöntem bu uzaklıkların göreceli önemini dikkate almaz (Cristóbal, 2012). Uzlaşılan çözüm, ideal çözümden en kısa öklit mesafesinde ve negatif ideal çözümden en uzak öklit mesafesinde tercih edilen çözüm olarak kabul edilebilir (Huang ve Tzeng, 2011). Topsis yöntemi rasyonelliği ve kolay kavranabilirliği, hesaplamadaki basitliği ve değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasına imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle

literatürde en çok kullanılan tekniklerden biridir (Çakır ve Perçin, 2013). Topsis yönteminin uygulama basamakları aşağıda anlatılmıştır.

C_a : Topsis yöntemi yakınlık katsayısı

S^* : Topsis yöntemi pozitif ideal ayırım ölçüsü

S^- : Topsis yöntemi negatif ideal ayırım ölçüsü

K_i : i. karar Verici

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Alternatifler ve değerlendirme faktörlerinden oluşan Karar Matrisi (A_{ij}), (1) numaralı matriste verilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Karar matrisinden (2) numaralı formül yardımıyla hesaplanan Standart Karar Matrisi (R_{ij}) (3) numaralı matriste gösterilmiştir.

r_{ij} : Standart karar değeri

i : 1,2,...,m; kriter sayısı

j : 1,2,...,n; alternatif sayısı

R_{ij} : Standart karar matrisi

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (2)$$

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Değerlendirme kriterlerine ilişkin belirlenen ağırlık değerleri (w_i) ile standart karar matrisi çarpılarak bulunan matris, Ağırlıklı Standart Karar (V) Matrisidir. Standart Karar Matrisi (R_{ij}) üzerinden (4) numaralı formül yardımıyla bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) (5) numaralı matriste gösterilmiştir.

W_{ij} : 1,2,...,N ; ağırlık değerleri

V_{ij} : Ağırlıklı standart karar matrisi

$$V_{ij} = w_{ij} X \quad (4)$$

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} w_2 r_{12} \cdots w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} w_2 r_{22} \cdots w_n r_{2n} \\ \vdots \\ w_1 r_{m1} w_2 r_{m2} \cdots w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Adım 4: Pozitif İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözüm Kümelerinin Oluşturulması
 Pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyüklüğü (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. Negatif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki (6) ve (7) numaralı formüllerde gösterilmiştir (Yaralıoğlu, 2010).

- J: Fayda (maksimizasyon) değeri
- J': Maliyet (minimizasyon) değeri
- v_{ij} : Ağırlıklı standart karar (V) matrisinden elde edilen değerler
- A : Pozitif ideal çözüm kümesi
- A⁻ : Negatif ideal çözüm kümesi

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\} \quad (6)$$

$$A^- = \left\{ v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^- \right\} \quad (7)$$

(6) numaralı denklemden elde edilen değerler $A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$, (7) numaralı denklemden elde edilen değerler $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Pozitif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken ve negatif ideal çözüm kümesinden sapma değerleri hesaplanırken (8) ve (9) numaralı formüllerden yararlanır.

- S*:Pozitif ideal ayırım ölçüsü
- S⁻: Negatif ideal ayırım ölçüsü

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=i}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (8)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (9)$$

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Negatif ideal ayırım ölçüsünün, toplam ayırım ölçüsü içindeki payı yakınlık katsayısı değerini verir. Yakınlık katsayısı değerinin hesaplanmasını gösteren (10) numaralı formül aşağıda gösterilmiştir. Alternatifler ideal çözüme göre yakınlık (C_i^*) değerine göre sıralanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (10)$$

4. VIKOR YÖNTEMİ

Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yöntemi çok kriterli kompleks sistemlerin optimizasyonu için geliştirilmiştir (Tzeng and Huang, 2011). Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından temelleri atılan uzlaşık çözüm (compromise solution), birbiriyle çelişen kriterlerin yer aldığı bir karar verme probleminde ortak bir uzlaşma ile anlaşmaya varmak anlamına gelmekte ve ideale en yakın uygun alternatif çözümü vermektedir (Çakır ve Perçin, 2013). Vikor yöntemi 1997 yılında Trajkovic, Amakumovic ve Opricovic tarafından ortaya koyuldu (Trajković, 1997). Bu yöntem bir dizi alternatifi sıralama ve seçmeye odaklanır ve çelişkili kriterli bir problem için karar vericinin nihai karara ulaşmasına yardımcı uzlaşmacı çözümler belirler (Demirel ve Yücenur, 2011). Uzlaşmacı sıralama Vikor yöntemi çoğunluk için maksimum 'grup faydası' ve aleyhinde minimum bireysel pişmanlık sağlayan, ideale yakın, uzlaşılan bir çözüm, belirler (Cristóbal, 2012). Alternatiflerin her bir kriterine göre değerlendirildiği varsayıldığında, uzlaşma sıralaması ideal çözüm yakınlık ölçüsü karşılaştırılarak gerçekleştirilir (Arslan ve Tayyar, 2013). Son on yılda, Vikor çok kriterli ve alternatifli gerçek hayat problemlerini ele almada daha popüler bir karar destek aracı haline gelmiştir (Lin, 2013). Vikor yönteminin uygulama aşamaları aşağıda gösterilmiştir.

Vikor yönteminde kullanılan kısaltmalar ve simgeler:

- C_1 : Vikor yönteminde kabul edilebilir avantaj
- C_2 : Vikor yönteminde kabul edilebilir istikrar
- S_j : Vikor yöntemi ortalama grup değeri
- Q_j : Vikor yöntemi grup faydası
- R_j : Vikor yöntemi en kötü grup değeri
- f_i^* : En iyi değer
- f_i^- : En kötü değer

Adım 1: En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerinin Bulunması

Vikor yönteminin ilk basamağı olarak en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri belirlenir. Aşağıda gösterilen formüllerde; i karşılaştırma kriterlerini ($i=1,2,3,\dots,n$) ve j alternatifleri ($j=1,2,3,\dots,m$) göstermektedir. (11) ve (12) numaralı formüller yardımıyla her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerler belirlenir.

- i : karşılaştırma kriterleri ($i=1,2,3,\dots,n$)
- j : alternatifler ($j=1,2,3,\dots,m$)
- f_{ij} : j alternatifinin i kriterindeki değeri

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (11)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (12)$$

Adım 2: S_j ve R_j Değerleri'nin Hesaplanması

Her bir kriter için en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri hesaplandıktan sonra her bir alternatif için S_j ve R_j değerleri hesaplanır.(13) ve (14) numaralı formüllerle hesaplanan S_j değeri ortalama grup, R_j ise en kötü grup değerini gösterir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (13)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (14)$$

Adım 3: Q_j Değerlerinin Hesaplanması

Her bir alternatif için (15) numaralı formül yardımıyla değerlendirme kriterlerine göre belirlenen Q_j değerleri, maksimum grup faydasını gösterir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{S^- - S^*} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{R^- - R^*} \quad (15)$$

Yukarıdaki formülde gösterilen S^* ve R^* minimum S_j ve R_j değerlerini, S ve R maksimum S_j ve R_j değerlerini göstermektedir. Kullanılan formüldeki v değeri maksimum grup faydasını yaratacak strateji için ağırlık değerini, fakat $(1-v)$ değeri ise karşıt görüşteki karar vericilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir. Vikor yönteminde maksimum grup faydası için $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v=0,5$ konsensüsü (uyuşma) ve $v < 0,5$ vetoyu temsil etmektedir ve bu v değeri grup kararı ile belirlenmektedir (Yarahoğlu, 2010).

Her bir alternatif için hesaplanan S_j , R_j ve Q_j değerleri küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır.

Adım 5: Kabul Edilebilir Avantaj (C_1) ve Kabul Edilebilir İstikrar (C_2) Kümelerinin Belirlenmesi

S_j , R_j ve Q_j değerlerinin sıralamasına göre karar vericiler için kabul edilebilir avantaj (C_1) ve kabul edilebilir istikrar (C_2) kümeleri belirlenir. Herhangi bir alternatifi C_1 (Kabul Edilebilir Avantaj) kümesinde yer alabilmesi için (16) numaralı formülde gösterilen koşulu sağlaması gerekir.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$$

$$DQ = 1/m - 1 \quad (16)$$

m: Toplam alternatif sayısı

Gösterilen formüldeki DQ değeri, m alternatif sayısı olmak üzere $(1/(1-m))$ ile hesaplanır. Q_j sıralamasına göre A_2 alternatifi A_1 alternatifinden sonraki sırada yer alıyorsa ve (13) numaralı formülde gösterilen koşul sağlanıyorsa A_1 karar noktası C_1 grubunda yer alır. Bu hesaplama yöntemi tüm Q_j değerlerine uygulanıp alternatiflerin hangilerinin C_1 kümesinde olup olmadığı tespit edilir. Kabul edilebilir istikrar (C_2) kümesi ise S_j , R_j ve Q_j sıralamalarının tamamında aynı sırada yer alan alternatiflerden oluşur. C_1 ve C_2 kümelerinin her ikisinde yer alan alternatifler sıralama mantığına göre istikrarlı karar noktalarını gösterir.

5. YÖNTEMLERİN UYGULAMASI

5.1 Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Gıda firması tesis yeri seçiminde, bölge için Trakya Bölgesini uygun bulmaktadır ve onların öncelik verdiği kriterler de şu şekilde sıralanmıştır:

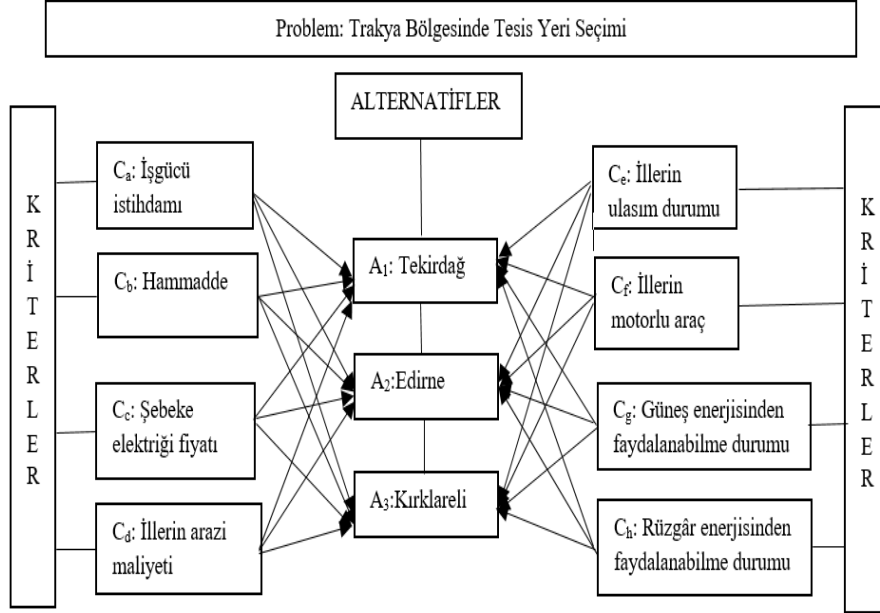
- C_a : İşgücü istihdam durumu
- C_b : Hammadde(peynir altı suyu) üretimi yapan firmaların kapasitesi il bazında
- C_c : Şebeke elektriği fiyatları
- C_d : İllerin arazi maliyetleri
- C_e : İllerin ulaşım durumu
- C_f : İllerin motorlu taşıt sayısı
- C_g : İllerin güneş enerjisinden faydalanabilme durumu
- C_h : İllerin rüzgar enerjisinden faydalanabilme durumu

Alternatifler ise Trakya Bölgesi illerinden oluşmaktadır.

- A_1 : Edirne
- A_2 : Kırklareli
- A_3 : Tekirdağ

Topsis yönteminde kullanılan kısaltmalar ve simgeler:

- A_i : i. alternatif
- C_j : j. kriter



Şekil 5.1. Uygulama Problemine İlişkin Karar Hiyerarşisi

5.1.1 Trakya Bölgesi İşgücü İstihdam Durumu

İllerin iş gücü istihdam durumu belirlenirken ilin nüfus yoğunluğu ve illerin işgücü istihdam durumu önemli bir etkidir. Bu yüzden tek tek tüm illerin nüfus bilgileri ve işgücü istihdam durumları verileri kullanılmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) web sitesinden sağlanan veriler ile Beşiktaş TÜİK şubesinden alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.1. Trakya Bölgesi İllerinin Nüfus Sayısı (<http://www.tuik.gov.tr/>)

Yıl	İl	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Toplam Nüfus
2014	Tekirdağ	466.956	439.776	906.732
2014	Edirne	203.001	197.279	400.280
2014	Kırkkale	135.797	135.295	271.092

Tablo 5.2. Trakya Bölgesi İllerinin İş Gücü İstihdam Nüfusu
(<http://www.tuik.gov.tr/>)

İl	İşgücüne katılma oranı(%)	İşsizlik oranı(%)	İstihdam oranı(%)	İşgücüne katılma nüfusu	İşsizlik nüfusu	İstihdam nüfusu
Tekirdağ	56,7	7,2	52,6	514117	65284	476941
Edirne	54,3	7,8	50,1	217352	31221	200540
Kırkkale	53,8	8	49,5	145847	21687	134190

5.1.2 Trakya Bölgesi Hammadde Durumu

Trakya bölgesi birçok çeşit peynir üretimiyle Türkiye'de güçlü bir yere sahiptir. Firma yeni kurulacak tesisin tedarikçi işletmeye yakın olmasını istemektedir. Bu yüzden tesis kurulacak ilde maksimum kapasitede üretim yapan bir firmaya ihtiyaç vardır. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği veri tabanından Trakya bölgesi illerindeki peynir üreten firmaların illere göre toplam üretim kapasiteleri aşağıdaki tablo verilmiştir.

Tablo 5.3. Trakya Bölgesi İllerinin Peynir Üretim Kapasitesi
(<https://www.tobb.org.tr/>)

İller	Peynir Üretici Firma Sayısı	Mühendis	Teknisyen	Usta	İşçi	İdari	Toplam
Tekirdağ	17	10	9	31	184	21	256
Edirne	26	29	18	40	386	38	511
Kırklareli	19	33	52	44	804	53	986

5.1.3 Trakya Bölgesi Şebeke Elektrik Fiyatları

İllerdeki elektrik fiyatları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu(EPDK) web sitesinden veriler sağlanmıştır ve alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.4. Trakya Bölgesi İllerinin Elektrik Enerjisi Kullanım Fiyatları
(<http://www.epdk.org.tr>)

Energy Cost (Enerji Fiyatı) (kr/kWh)	Single-Timed (Perakende Tek Zamanlı)	Day(Perakende Gündüz)	Puant(Perakende Puant)	Night(Perakende Gece)
İller				
Tekirdağ	24,31	24,19	39,14	13,4
Edirne	18,29	18,16	33,11	7,38
Kırklareli	18,29	18,16	33,11	7,38

5.1.4 Trakya Bölgesi Arazi Maliyetleri

İllerin arazi maliyetlerini araştırırken, organize sanayi bölgeleri arazi fiyatlarını ve peynir üreticilerine yakın imarlı sanayi arazisi fiyatlarını göz önüne aldım.

Alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Tekirdağ ilinde peynir üreticilerine yakın bölgelerde ve organize sanayi bölgelerinde imarlı sanayi arazileri yüksek fiyata sahiptir diğer bölgelere göre. Edirne ise en uygun arazi fiyatına sahip ildir. Kırklareli orta seviyede uygunluk göstermektedir. Maliyet karşılaştırması aşağıdaki şekildedir:

Tablo 5.5. Trakya Bölgesi İllerinin Arazi Maliyetleri Değerlendirme Çizelgesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Çok yüksek	9
Edirne	Orta	5
Kırklareli	Yüksek	7

5.1.5 Trakya Bölgesi Ulaşım Durumu

İllerin hava, kara ve deniz yolu ulaşımı ile illerin karayollarının lojistiğe uygunluğu gibi verileri internet yardımıyla tespit ederek alanında uzman kişiler ile aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır.

Tablo 5.6. Trakya Bölgesi İllerinin Ulaşım Açısından Değerlendirilmesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Çok yüksek	9
Edirne	Orta	5
Kırklareli	Yüksek	7

5.1.6 Trakya Bölgesi Karayolu Taşımacılığı İçin Motorlu Taşıt Sayısı Durumu

Tesiste üretilen ürün karayolu taşımacılığı ile İstanbul'a aktarılıp oradan bölgelere dağıtım yapılacaktır. Bu yüzden illerin taşımada kullanılacak motorlu taşıt sayılarına bakıldı.

Tablo 5.7. Trakya Bölgesi İllerinin Karayolu Taşımacılığı İçin Motorlu Taşıt Sayısı (<http://www.tuik.gov.tr>)

İller	Toplam Araç Sayısı	Kamyon Sayısı	Özel Amaçlı Araç	Toplam Taşıt
Tekirdağ	135173	4038	255	4293
Edirne	217791	8748	465	9213
Kırklareli	108254	3782	228	4010

5.1.7 Trakya Bölgesi Güneş Enerjisinden Faydalanabilme Durumu

Enerji Atlası veri tabanından edinilen bilgiler doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. (<http://www.enerjiatlası.com>) Trakya bölgesi Türkiye'de güneş enerjisi açısından pek faydalanılamamaktadır. Çünkü bölgenin güneşlenme süresi oldukça düşüktür. Güneş santrali kurulabilmesi için güneş radyasyonunun 1650KWH m² üstünde olması gerekmektedir.

Alanında uzman kişilere danışarak aşağıdaki gibi bir ağırlıklandırma yapılmıştır. Güneşlenme süreleri ve global radyasyon değerlerine bakıldığında illerin güneş enerjisinden faydalanma sıralaması şu şekilde olur:

Tablo 5.8. Trakya Bölgesi Güneş Enerjisinden Faydalanabilme Durumu Değerlendirmesi

İller	Sözel Derecelendirme	Sayısal Derecelendirme
Tekirdağ	Orta	9
Edirne	Düşük	8
Kırklareli	Çok düşük	7

5.1.8 Trakya Bölgesi Ekonomik RES Yatırımı Değerlendirilmesi

İncelediğim ilgili gıda firması, kurulacak yeni işletmenin, üretim yapabilmek için minimum maliyetle gerekli enerjiyi sağlamak istemektedir. Bunun için güneş enerjisi veya rüzgar enerjisinden faydalanarak kendi enerjilerini üretebilecek en uygun sistemi de kurabileceklerini bildirmişlerdir. Enerji faktörü yeni işletmenin kurulumunda önemli bir kriter olmaktadır. Seçtiğim bölgelerde yaptığım araştırmalar sonucunda ulaştığım bilgileri literatür araştırması kısmında belirttim ve eklerle destekledim. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü(YEGM) veri tabanından ulaştığım bilgi aşağıdaki gibidir:

Tablo 5.9. Trakya Bölgesi Rüzgar Enerjisinden Faydalanabilme Durumu (<http://www.eie.gov.tr>)

İller	RES Yatırımı İçin Alan(km ²)	RES Yatırımı İçin Kurulu Güç (MW)
Tekirdağ	925,33	4.626,08
Edirne	694,02	3.470,08
Kırklareli	615,87	3.079,36

5.2 Topsis Uygulaması

Tesis yeri seçim tercihi için alternatiflerin karşılaştırıldığı Topsis yöntemi uygulama aşamaları aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Kriterler ve alternatifler ilgili firmanın isteği doğrultusunda oluşturulmuştur. Kriterlerin ağırlık değerleri; ilgili firmadan bir uzman K1, Üniversiteden iki akademisyen K1, K2 karar verici grup tarafından yapılan değerlendirmenin aritmetik ortalamasına göre hesaplanmıştır. Alternatif olarak belirlenen iller, Trakya Bölgesinden tercih edilmiştir. Her kriter için 1/10 fayda skalasında karar vericiler puanlama yapmıştır. Yüzde olarak hesaplanmış değerler, kriterlerin ağırlıklarını oluşturmuştur.

Tablo 5.10. Karar Vericilerin Kriterleri Değerlendirmesi ve Kriter Ağırlıklarının Oluşturulması

Karar Verici	Değerlendirme Kriterleri							
	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
K ₁	6	10	6	9	8	7	3	3
K ₂	5	9	5	8	6	6	3	3
K ₃	5	10	4	8	7	5	4	4
Ortalama	5,33	9,66	5	8,33	7	6	3,33	3,33
Yüzde	0,11	0,20	0,10	0,17	0,15	0,12	0,07	0,07

Tablo 5.11. Uygulama Alternatifleri

İller	Alternatifler
Tekirdağ	A ₁
Edirne	A ₂
Kırklareli	A ₃

Tablo 5.12. Uygulama Kriterleri ve Ağırlık Değerleri

Değerlendirme Kriterleri	Değerlendirme Kriterleri Gösterimi	Ağırlık Değerleri
İşgücü İstihdamı	C _a	0,1
Hammadde	C _b	0,2
Şebeke Elektrik Fiyatları	C _c	0,1
Arazi Maliyeti	C _d	0,17
Ulaşım	C _e	0,15
Motorlu Taşıt Sayısı	C _f	0,12
Güneş Enerjisinden Faydalanabilme	C _g	0,07
RES Yatırım Değerlendirmesi	C _h	0,07

Topsis yönteminin adımları sonucu hesaplanan değerler sırayla tablolarda belirlenmiştir.

Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

(1) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.13.'te yer alan karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 5.13. Topsis Karar Matrisi

Alternatifler	Değerlendirme Kriterleri							
	C _a (Adet)	C _b (Kg)	C _c (kr/kWh)	C _d	C _e	C _f (Adet)	C _g	C _h (MW)
A1	476941	52278385	33	9	9	9213	8	4626,08
A2	200540	26013432	33,11	5	5	4293	7	3470,08
A3	134190	35933140	39,14	7	7	4010	9	3079,36

Adım 2: Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

(2) numaralı formül ve (3) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.14.'te yer alan standart karar matrisi hesaplanmıştır.

Tablo 5.14. Standart Karar Matrisi

	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
A1	0,892	0,762	0,542	0,722	0,722	0,843	0,574	0,706
A2	0,375	0,379	0,542	0,401	0,401	0,393	0,502	0,529
A3	0,251	0,524	0,641	0,562	0,562	0,3667	0,646	0,470

Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi (R_{ij}) üzerinden (4) numaralı formül ile bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (V_{ij}) (5) numaralı matris yardımıyla Tablo 5.15'de yer alan ağırlıklı standart karar matrisi hesaplanmıştır.

Tablo 5.15. Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	C _a	C _b	C _c	C _d	C _e	C _f	C _g	C _h
A ₁	0,08	0,15	0,05	0,12	0,10	0,1	0,04	0,05
A ₂	0,03	0,07	0,05	0,07	0,06	0,05	0,03	0,04
A ₃	0,02	0,10	0,06	0,09	0,08	0,04	0,04	0,03

Adım 4: İdeal (A^{*}) ve Negatif İdeal (A⁻) Çözümlerin Oluşturulması

İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki (6) ve (7) numaralı formüller yardımıyla hesaplanarak Tablo 5.16'da gösterilmiştir.

Tablo 5.16. İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Kümesi

A [*]	0,09	0,15	0,05	0,07	0,1	0,1	0,04	0,05
A ⁻	0,02	0,08	0,06	0,12	0,06	0,05	0,03	0,03

Adım 5: Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

(8), (9) ve (10) numaralı formüller yardımıyla ayırım ölçüleri ve yakınlık katsayısı hesaplanarak Tablo 5.17'de gösterilmiştir.

Tablo 5.17. Ayrım Ölçüleri

	S [*]	S ⁻	C(i)
A ₁	0,05	0,13	0,7
A ₂	0,12	0,06	0,32
A ₃	0,1	0,05	0,3

Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması(C_i)

(10) numaralı formül yardımıyla hesaplanan yakınlık katsayıları Tablo 5.17’de gösterilmiştir. Yakınlık sayılarına ve maksimum fayda analizine göre yapılması gereken tercih sıralaması; Tekirdağ- Edirne- Kırklareli (A_1 - A_2 - A_3) şeklinde bulunmuştur. Formül yardımıyla hesaplanan yakınlık katsayıları, Tablo 5.17’de gösterilmiştir. Yakınlık katsayılarına ve maksimum fayda analizine göre yapılması gereken tercih sıralaması; Tekirdağ- Edirne- Kırklareli (A_1 - A_2 - A_3) şeklinde bulunmuştur.

5.3 Vikor Uygulaması

Topsis yöntemine ek olarak, tesis yeri seçim tercihi için alternatiflerin karşılaştırıldığı Vikor yöntemi adımları sonucu hesaplanan değerler sırası ile tablolarda belirlenmiştir.

Adım 1: En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerlerinin Bulunması

(11) ve (12) numaralı formüller ve Tablo 5.13.’te yer alan karar matrisi yardımıyla hesaplanan en iyi (f_i^*) ve en kötü (f_i^-) değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.17. En İyi (f_i^*) ve En Kötü (f_i^-) Değerleri

Değerlendirme Kriterleri	f^*	f^-
C_a	476941	134190
C_b	52278385	26013432
C_c	39,14	33,11
C_d	9	5
C_e	9	5
C_f	9213	4010

Adım 2: S_j ve R_j Değerleri’nin Hesaplanması

Her bir karar noktası için (13) numaralı formül yardımıyla S_j ve (14) numaralı formül yardımıyla da R_j değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 5.18’ de gösterilmiştir.

Adım 3: Q_j Değerleri'nin Hesaplanması

S_j ve R_j değerlerinin hesaplanmasından sonra (15) numaralı formül yardımıyla hesaplanan Q_j değerleri Tablo 5.18' de gösterilmiştir.

Q_j hesaplanırken; $v=0,5$ olarak alınmıştır.

Tablo 5.18. S_j, R_j, Q_j Değerleri Kriterler Arası Sıralaması

	S_i	R_i	Q_i
A_1	0,13	0,01	0
A_3	0,57	0,12	0,39
A_2	0,93	0,2	1

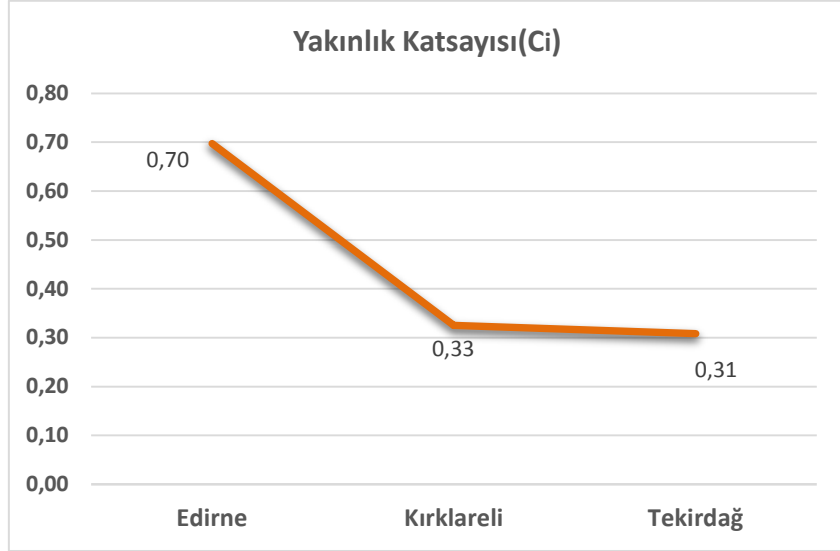
Kabul edilebilir istikrar grubu için DQ değeri (14) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır. DQ değeri 3 alternatif için 0.5 olarak $(1/(3-1))$ hesaplanmış ve hesaplamalar sonucunda kabul edilebilir avantaj kümesi, $C_1=\{A_2\}$ şeklinde oluşturulmuştur. A_2 karar noktası Q_j sıralamasının son elemanı olduğundan dolayı C_1 grubunun bir elemanıdır. Kabul edilebilir istikrar (C_2) grubu her üç sıralamada da aynı sırada yer alan karar noktalarından oluşur. Diğer alternatifler Q_j sıralamasına göre diğer noktalar değerlendirildiğinde tercih sıralaması; Tekirdağ- Kırklareli-Edirne ($A_1-A_3-A_2$) şeklinde oluşturulur ancak A_2 noktası hariç diğer noktalar istikrarlı karar noktası olarak kabul edilmez.

5.4 Yöntem Uygulaması Sonuçları

Uygulamamızda ÇKKV tekniklerinden Topsis ve Vikor kullanılarak probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Topsis uygulaması sonucunda alternatifler arası en uygun tercih sırası Tekirdağ- Edirne- Kırklareli ($A_1-A_2-A_3$) bulunmuştur. Vikor uygulaması sonucunda alternatifler arası en uygun tercih sırası Tekirdağ- Kırklareli-Edirne ($A_1-A_3-A_2$) bulunmuştur. Her iki yöntemle yapılan uygulama sonucunda ilk tercih aynı elde edilmiştir. En uygun tesis yerinin, Tekirdağ ili olduğu saptanmıştır.

X eksen: Alternatifler(1: Tekirdağ, 2:Edirne, 3: Kırklareli)

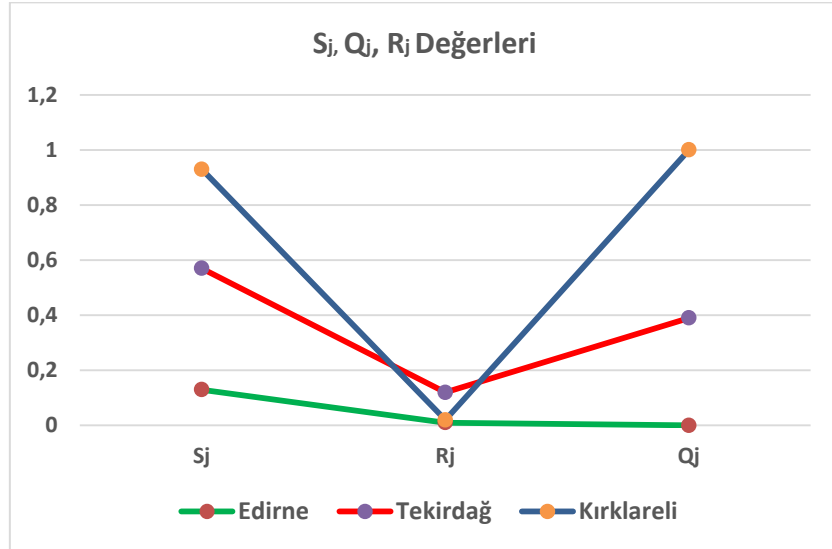
Y eksen: Yakınlık katsayısı değeri(C_i)



Şekil 5.2 Topsis Uygulaması İçin Yakınlık Katsayısı(Ci)

X eksen: Alternatifler(1: Tekirdağ, 2:Edirne, 3: Kırklareli)

Y eksen: Yakınlık katsayısı değeri(C_i)



Şekil 5.3 Vikor Uygulaması İçin Sj,Qj ve Rj Değerleri

6. SONUÇ

İşletmeler için oldukça önemli olan problemlerden biri; tesis yeri seçimi problemidir. Bu çalışmada, bir gıda firmasının Trakya Bölgesinde, peyniraltı suyundan protein tozu üretecek yeni gıda tesisi yeri seçimi problemine çözüm üretmeye çalışılmıştır. Yeni bir tesis kurulmasının gerçekleşmesi; işletmenin amaçladığı üretimi yapabilmesini sağlayacaktır ve bir sosyal sorumluluk içeren proje niteliği taşıyacaktır. Ülkemizde atık olarak görülen ve çevre kirliliğine sebep olan peyniraltı suyunu, toz haline dönüştürerek, protein tozu elde edilmesi ile geri dönüşüme katkıda bulunmuş olunacaktır ve çevre kirliliği bir miktar azaltılmış olacaktır. Alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi olanın seçimi için; birden fazla kriter ve karar vericiye dayalı değerlendirmeleri gerektiren durumlar ile son yıllarda sıklıkla kullanılan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden; Vikor ve Topsis yöntemleri kullanılarak çözüm için farklı bir yaklaşım sergilenmeye çalışılmıştır. Alternatifler Trakya Bölgesinden; Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ olarak üç adet alternatif belirlenmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için; işgücü istihdam durumu, hammadde(peyniraltı suyu) üretimi yapan firmaların kapasitesi il bazında, su ve elektrik fiyatları, illerin arazi maliyetleri, illerin ulaşım durumu, illerin motorlu taşıt sayısı, illerin güneş enerjisinden faydalanabilme durumu, illerin rüzgâr enerjisinden faydalanabilme durumu olmak üzere toplam sekiz adet kriter belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda söz konusu kriterler arasından; hammadde, arazi maliyetleri, ulaşım, motorlu taşıt sayısı karar vericiler tarafından tesis yeri seçiminde en önemli değerlendirme kriterleri olarak kabul gördüğü belirlenmiştir.

Uygulamalar sonucunda alternatifler arası tercih için en uygun yerin Tekirdağ ili olduğu kararına varılmıştır.

İşletmenin uzun dönemli bir yatırım fikrinin olması, ilerleyen zamanlarda kendi enerjisini üretmesi ile tasarruf sağlayacağı yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkmıştır. Üretimin enerji ihtiyacının karşılanması için Tekirdağ ilinde rüzgâr enerjisinden faydalanabilme imkânı, bölgenin hava koşullarınca uygundur. Bu çalışmam sonucunda gıda firması bu öneriyi uygun bulmuştur.

KAYNAKLAR

Cheng, E.W.L., Li, H., Yu, L., (2005), “The Analytic Network Process (ANP) Approach to Location Selection: A Shopping Mall Illustration”, *Construction Innovation*, 5, 83-97.

Cristóbal, J.R.S., (2012), “Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods”, *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 751-758.

Çakır, S., Perçin, S., (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.

Demirel, N.Ç., Yücenur, G.N., (2011), “The Cruise Port Place Selection Problem with Extended VIKOR and ANP Methodologies under Fuzzy Environment”, World Congress on Engineering, International Association of Engineers, 6–8 July 2011, London, 1128-1133.

Eleren, A., Karagül, M., (2008), “1986-2006 Türkiye Ekonomisinin Performans Değerlendirmesi”, Celal Bayar Üniversitesi İİBF Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1), 1-14.

Huang, J.J., Tzeng, G.H., (2011), “Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications”, United States of America: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, 69-71.

Lin, Q., Li, D.D., Yang, Y.B., (2013), “VIKOR Method with Enhanced Accuracy for Multiple Criteria Decision Making in Healthcare Management”, Journal of Medical Systems, 37, 9908-9908.

Trajković, S., Avakumović, D. Opricović, S., (1997), “Multicriteria Optimization of An Irrigation System”, University Of Niš The Scientific Journal Facta Universitatis, Series: Architecture And Civil Engineering, 1(4), 547–552.

Wei, J., (2010), “TOPSIS Method for Multiple Attribute Decision Making with Incomplete Weight Information in Linguistic Setting”, Journal of Convergence Information Technology, 5(10), 181-187.

Yaraloğlu, K., (2010), “Karar Verme Yöntemleri”, Ankara, Detay Yay., 24-39.

<http://www.eie.gov.tr/> [24.02.2015, web].

<http://www.epdk.org.tr/> / [27.03.2015, web].

<http://www.enerjiatlasi.com/sehir> [11.03.2015, web].

<https://www.tobb.org.tr/> [10.03.2015, web].

<http://www.tuik.gov.tr/> [20.05.2015, web].