

## ANALİTİK AĞ SÜRECİ YAKLAŞIMIYLA EN UYGUN KATI ATIK BERTARAF SİSTEMİNİN BELİRLENMESİ: TRABZON İLİ ÖRNEĞİ

Yasin BALABAN<sup>(\*)</sup>  
Birdoğan BAKI<sup>(\*\*)</sup>

**Özet:** Katı atık bertaraf etme problemi nitel ve nicel kriterleri bir arada barındırmaktadır. Bu nedenle seçeneklerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemi olan Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada Trabzon ili katı atık sorununun değerlendirilmesi için konusunda uzman karar vericilerle görüşülmüş ve en uygun bertaraf etme seçeneği belirlenmeye çalışılmıştır. Böylece gerçek bir ortamda AAS modelinin kullanılmasıyla ülke genelinde yapılacak çalışmalara ışık tutulacaktır. Bu amaçla belirlenen kriterler; finansal, çevresel olabilirlik, personel yönetimi, toplum algısı ve teknoloji olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Ayrıca, kriterler arası ilişkiler belirlenerek bir ağ modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak, “düzenli depolama, kompostlama ve yakma” seçeneği en uygun bertaraf etme seçeneği olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çok kriterli karar verme, katı atık yönetimi, Analitik Ağ Süreci.

**Abstract:** Disposal problem of solid waste has qualitative and quantitative criteria. For this reason, Analytic Network Process (ANP), being a multi criteria decision making method, was used in evaluation of alternatives. In the study, decision makers, being experts of the subject, were interviewed to evaluate the solid waste problem of the city of Trabzon and it was tried to determine the most appropriate disposal alternative. Thus, it lights the way for the next studies in entire country by using ANP model in a real environment. The criteria, determined for this reason, were classified into 5 groups: financial, environmental feasibility, personnel management, public perception and technology. Besides, a network model was developed by determining the relationships among criteria. Consequently, “landfilling, composting and incineration” alternative was found as the most appropriate disposal option.

**Key Words:** Multiple criteria decision making, solid waste management, Analytic Network Process.

### I. Giriş

Atıklar; hayatın her alanında var olan ve yapılan bütün faaliyetler sonucunda ortaya çıkan, somut ve tamamen ortadan kaldırılamayacak olan ancak çeşitli yöntem ve çabalarla en iyi şekilde bertaraf edilebilecek istenmeyen maddelerdir. Gerek nitelik gerekse nicelik olarak hızla artan atıkların çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler, nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme ve kentleşme gibi faktörlerin de etkisiyle ihmal edilemeyecek kadar önemli bir soruna dönüşmüştür (Aydın, 2007: 1-3). Katı atık yönetimi ise, atıkların, bölgedeki katı atık programından doğrudan etkilenen çevre halkı

<sup>(\*)</sup>Arş. Gör. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman End. Müh. Bölümü

<sup>(\*\*)</sup>Doç. Dr. Karadeniz Teknik Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

tarafından desteklenen, çevreye zarar vermeyen en iyi yaklaşımla uzaklaştırılması çabası olarak tanımlanabilir. Uygun olmayan bir katı atık yönetimi, çevre ve sağlık açısından ciddi sorunlar doğurabilir. Bu tür sorunlarla karşılaşmamak için katı atık yönetimi, katı atık bertaraf etme yöntemini ve çevresel etkilerini hassasiyetle ele almalıdır (Karagiannidis ve Moissipolous, 1997: 439-440; Khan ve Faisal, 2008: 1500; Turan vd. 2009: 465).

Çalışmanın yapıldığı Trabzon ilinde katı atık yönetimi, Trabzon Rize İli Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği (TRAB-Rİ KAB) ve Trabzon Belediyesi tarafından yürütülmektedir. Trabzon'da her gün 230 ton evsel atık toplanmaktadır. Bu atıkların yaklaşık % 57,8'ini organik maddeler, %3,5'ini kağıt-karton, %7,3'ünü plastik, %2,3'ünü metal, %1,2'sini cam, %10'unun kül ve süprüntü ve 17,9'unu da diğer maddeler oluşturmaktadır (Mazlum vd., 2008: 244). Türkiye gibi ekonomik olarak gelişmekte olan ülkelerde, sanayileşme ve artan yaşam standartları katı atık miktarının artmasına ve bunun sonucu olarak bertaraf etme problemine neden olmaktadır (Turan vd., 2009: 465). Katı atık bertaraf etme ve yönetimi sadece sosyal bir sorun değil, aynı zamanda politik, sosyo-kültürel, teknik, mali ve çevresel faktörleri de içinde barındıran çok kriterli bir karar verme sorundur (Hokkanen ve Salminen, 1997: 19; Ohman vd., 2007: 86; Vego vd., 2008: 2193). Bu nedenle yerel yönetimler çevre halkının da onaylayacağı ve çevreye zarar vermeyecek bir katı atık bertaraf etme yöntemi uygulayabilmek için nicel ve nitel özelliklerin dikkate alındığı yöntemler aracılığıyla konuyu değerlendirmelidirler. Analitik Ağ Süreci (AAS) söz konusu sorunu ele alırken; hem nicel hem de nitel özellikleri değerlendirebilmesi nedeniyle çalışmamızda kullanmak için uygun bir yöntemdir. AAS kriterler arası bağımlılık ve geri bildirimleri barındıran ve kriterler arası ikili ilişkileri ağ modeli kurarak çözümleyen bir yöntemdir.

Çalışmamızın amacı; Trabzon Belediyesi yönetiminin etkili bir katı atık bertaraf etme yöntemini seçebilmesinde kılavuz olacak bir değerlendirme ortaya koymaktır. Çalışma, konunun önemini belirttiği giriş bölümüyle birlikte beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde; katı atık yönetimiyle ilgili bir literatür taraması yer almaktadır. Üçüncü bölümde; çalışmada seçenekleri değerlendirmek için kullandığımız AAS yönteminden kısaca bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise; Super Decisions yazılımı yardımıyla Trabzon Belediyesi için bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Son bölümde ise; çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve ileride yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

## II. Literatür İncelemesi

Katı atık yönetimiyle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde birçok farklı yöntemin kullanıldığı dikkat çekmektedir. Son dönemdeki çalışmalarda çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımı oldukça yaygın hale gelmiştir. Hokkanen ve Salminen (1997) çalışmalarında katı atık yönetim sisteminin seçilmesinde ELECTRE III yöntemini kullanmışlardır. Chambal vd. (2003) katı

atık yönetimlerinin değerlendirilmesinde Değer Odaklı Düşünme (VFT: Value-focused thinking) yönteminden faydalanmışlardır. Ohman vd. (2007) katı atık bertaraf etme seçeneklerinin değerlendirilmesinde AHS yöntemini kullanmışlardır. Atık bertaraf etme seçeneklerinin değerlendirilmesinde kullanılan temel kriterleri; finans, çevre, sağlık ve güvenlik, toplum algısı ve yasama olarak 5 grupta toplamışlardır. Chang vd. (2008) çalışmalarında belediye katı atık problemlerinden biri olan çöp depolama alanının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin birleşiminden faydalanmışlardır. Vego vd. (2008) açık ve kolay yapıları sebebiyle, belediye katı atık yönetimini değerlendirdikleri çalışmalarında PROMETHEE ve GAIA yöntemlerinden faydalanmışlardır. Khan ve Faisal (2008) belediye katı atık bertaraf etme seçeneklerini değerlendirmek için AAS yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmada; toplum desteği, sosyal kabul görme ve sağlık koruma birimi gibi kriterlerin bu tür atık bertaraf etme yöntemi seçimi problemlerinde önemli rol oynadıkları vurgulanmıştır. Katı atıkların bertaraf edilmesi seçeneklerinden düzenli depolama ve kompostlamanın birlikte kullanıldığı seçenek öne çıkmıştır. Tseng (2009) çalışmasında AAS ve DEMATEL (Decision Making Trial And Evaluation Laboratory) yöntemlerini birlikte kullanarak katı atık yönetim sorununa çözüm getirmeye çalışmıştır. Tseng ve Ling (2009) çalışmalarında bulanık DEMATEL yöntemini kullanmışlardır.

Katı atık yönetiminin modellenmesi için; bulanık amaç programlama (Chang ve Wang, 1997), karışık tam sayılı doğrusal programlama yöntemi (ITMILP: Interval-Parameter Two-Stage Mixed Integer Linear Programming) (Li ve Huang, 2006), fayda maliyet analizi yöntemlerinden WAMED (Waste Managements' Efficient Decision) ve COSTBUSTER (Company Statistical Business Tool For Environmental Recovery) (Moutavtch vd., 2008) gibi yöntemler de kullanılmıştır. Weitz vd. (1999) belediye katı atık probleminin tanımlanmasında Yaşam Döngüsü Yönetimi (LCM: Life Cycle Management) yaklaşımını kullanmışlardır. Liamsanguan ve Gheewala (2008) ve Banar vd. (2009) Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA: Life Cycle Assessment) yöntemini, belediye katı atık probleminin çevresel performansını incelemek amacıyla kullanmışlardır. Banar vd. (2009) ileriki çalışmalarda katı atık yönetimi probleminin farklı karar verme araçları kullanılarak ekonomik ve sosyal yönden de incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

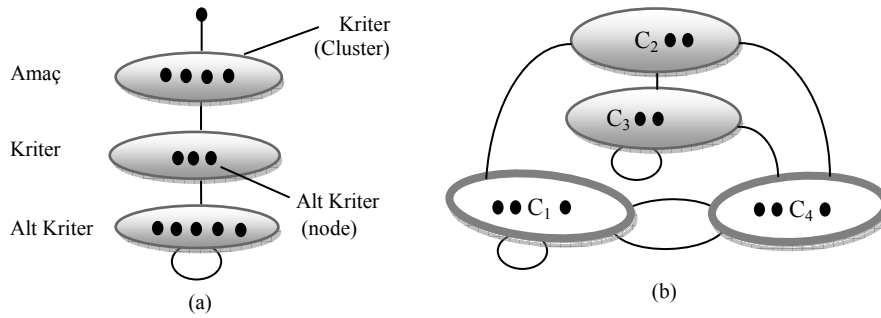
Literatür araştırması sonucunda karşılaşılan yöntemler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1: *Katı Atık Yönetiminin Değerlendirilmesinde Kullanılan Çeşitli Yöntemler*

Karar verme yöntemi	Yazarlar (Yıl)
Bulanık amaç programlama	Chang ve Wang (1997)
ELECTRE III	Hokkanen ve Salminen (1997)
LCA	Weitz vd. (1999) Liamsanguan ve Gheewala (2008) Banar vd. (2009)
Doğrusal programlama (MARKAL modeli)	Cosmi vd. (2000)
Bulanık stokastik programlama	Huang vd. (2001)
Değer odaklı düşünme (VFT)	Chambal vd. (2003)
Karışık tamsayı doğrusal programlama (ITMILP)	Li ve Huang (2006)
AHS	Ohman vd. (2007)
AAS	Khan ve Faisal (2008)
AAS ve DEMATEL	Tseng (2009)
Bulanık DEMATEL	Tseng ve Ling (2009)
CBS ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemi	Chang vd. (2008)
WAMED ve COSTBUSTER	Moutavtch vd. (2008)
PROMETHEE ve GAIA	Vego vd. (2008)

### III. Analitik Ağ Süreci

Analitik Ağ Süreci (AAS), Analitik Hiyerarşi Sürecinin (AHS) genel halidir. AAS kriterler arası çok yönlü ilişkileri, AHS ise tek yönlü ilişkileri incelemektedir. AHS kriterler arasında geri bildirim içermez. AAS kriterler arası bağımlılık ve geri bildirimleri barındıran ve kriterler arası ikili ilişkileri ağ modeli kurarak çözümleyen bir yöntemdir. AHS ise hiyerarşik bir yapıya sahiptir (Saaty ve Vargas, 2006: 1-3). Bu iki yapı arasındaki fark Şekil 1'de gösterilmektedir (Saaty ve Vargas, 2006: 8).



Şekil 1: *Bir Hiyerarşi (a) ve bir ağ (b) Arasındaki Yapısal Fark*

AAS modeli iki alt bölümden oluşmaktadır. Birincisi; modeldeki kriterler ve alt kriterler arasındaki karşılıklı ilişkileri kontrol eden bir kontrol hiyerarşisi ya da ağ içermektedir. İkinci bölüm ise; kriterler ve oluşturdukları kümeler arasındaki etkileri içeren bir ağ yapısıdır (Saaty, 1999: 1).

AAS üç aşamada gerçekleştirilmektedir: planlama, değerlendirme ve sentezleme (Saaty, 1999: 1). AAS modelinin planlama aşamasında; ilk olarak kriterler arası ikili ilişkiler belirlenmekte ve sonrasında bir ağ yapısı oluşturulmaktadır. Değerlendirme aşamasında; bu ağın barındırdığı ikili ilişkiler karar vericiler tarafından, Saaty'nin geliştirdiği AHS için de kullanılan önem skalası (Tablo 2) kullanılarak değerlendirilir (Saaty ve Vargas, 2006: 3). Son olarak, sentezleme aşamasında; kriterlerin önem dereceleri ve seçeneklerin öncelikleri belirlenir (Saaty ve Vargas, 2006: 3).

Tablo 2: Önem Skalası

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listeden yargılar arasına düşen değerler
	Karşılık Değerler	Tersi karşılaştırma için

#### IV. Uygulama

Çalışmada katı atık bertaraf etme seçeneklerinin değerlendirilmesi için AAS yöntemi kullanılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi planlama, değerlendirme ve sentezleme olmak üzere üç aşamadan oluşan sürecin her bir aşamasının nasıl yapıldığı aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

Planlama aşamasında, en uygun seçeneği belirlemek için bir ağ modeli geliştirilmiştir. Kriterler arası ilişkileri ve problemin genel yapısını ifade eden bu model, katı atık bertaraf etme sorununu çözmek için AAS yöntemini kullanılan Khan ve Faisal (2008) ve AHS yöntemini kullanan Ohman vd.'nin (2007) çalışmalarından faydalanılarak geliştirilmiştir. Ayrıca, konuyla ilgili olarak çalışmanın yazarları (2 kişi) ve Trabzon Belediyesi'nden, TRAB-RI KAB'tan, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nden birer uzmanın yer aldığı toplam 5 kişiden oluşan karar vericilerle de görüşülmüştür. Böylece literatürden elde edilen kriter ve seçenekler, 5 kişiden oluşan karar vericilerin görüşleriyle birleştirilerek yeniden düzenlenmiştir. Çalışmada kullanılan bu kriterler, seçenekler ve açıklamaları Tablo 3'de verilmiştir.

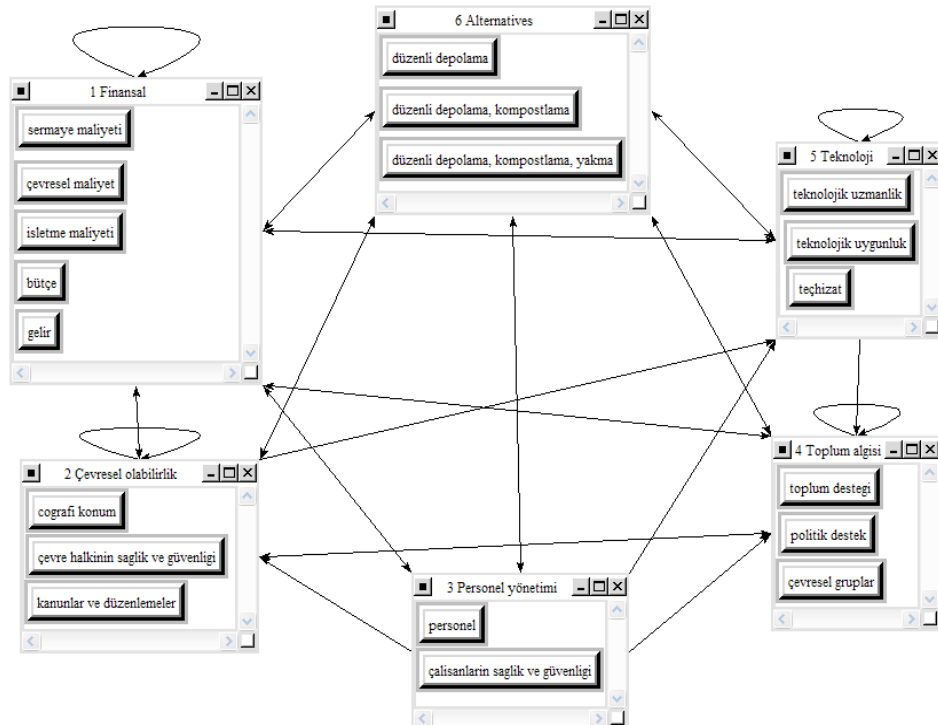
Tablo 3: Kriterler, Seçenekler Ve Açıklamaları

Kriterler	Açıklama
<b>1. Finansal (FN)</b>	
Sermaye maliyeti (SM)	Tesisin kurulması için gereken ve kapatılma sonrası oluşan maliyet
Çevresel maliyet (ÇM)	Çevresel kanun ve düzenlemelerden kaynaklanan maliyetler
İşletme maliyeti (İM)	Atıkların bertaraf edilmesi için gerekli işletme maliyeti
Bütçe (BT)	Seçenek için ayrılan bütçe miktarı
Gelir (G)	Kompostlama ve yakma gibi işlemlerden elde edilen gelir
<b>2. Çevresel olabirlik (ÇO)</b>	
Coğrafi konum (CK)	Tesisin kurulacağı yerin yasalara uygunluk ve tesisin inşası açısından sorunsuz olması
Çevre halkının sağlık ve güvenliği (ÇH)	Çevrede yaşayan insanların ve canlıların katı atıklardan etkilenmesi
Kanunlar ve düzenlemeler (K&D)	Seçeneğin kanunlar ve düzenlemeler açısından uygun ve uygulanabilir olması
<b>3. Personel yönetimi (PY)</b>	
Personel (P)	Yeterli düzeyde eğitilmiş personel
Çalışanların sağlık ve güvenliği (S&G)	Tesiste çalışanların sağlığı ve güvenliği
<b>4. Toplum algısı (TA)</b>	
Toplum desteği (TD)	Seçilen seçeneğin toplum tarafından doğru olarak algılanması ve desteklenmesi
Politik destek (PD)	Katı atık yönetimi için politik destek
Çevresel gruplar (ÇG)	Seçilen seçeneğin çevresel gruplarca kabul ve destek görmesi
<b>5. Teknoloji (TK)</b>	
Teknolojik uzmanlık (TZ)	Atık tesisinin kurulması için gerekli bilgi seviyesi, deneyim
Teknolojik uygunluk (TY)	Benimsenen teknolojinin atık özelliklerine uygun olması
Teçhizat (TÇ)	Tesiste çalışacak personelin uygun teçhizatla donatılması
<b>6. Seçenekler</b>	
Düzenli depolama (A)	Katı atıkların çevre sağlığına uygun bir şekilde önceden bu amaçla hazırlanmış sızdırmazlığı sağlanmış olan araziye dökülerek sıkıştırılması; günlük olarak üzerinin toprakla örtülmesi; arazi dolumu tamamlanınca üzerinin toprakla kapatılması ve çürümeye terk edilmesi; bu alanların yeşil alan yapmak gibi yollarla kullanıma açılması yöntemidir.
Düzenli depolama, kompostlama (B)	Düzenli depolama ile birlikte uygulanan kompostlama; katı atıkların içinde bulunan organik ayrışabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından, ideal koşullarda (yeterli su, hava sıcaklık, tane yapısı, pH) biyokimyasal ayrıştırılması esasına dayanan bir yöntemdir.
Düzenli depolama, kompostlama ve yakma (C)	Düzenli depolama ve kompostlama ile birlikte uygulanan yakma; katı atık teknolojisi bakımından kalorifik değeri yüksek, su ve organik madde oranı düşük atıkların yakma ünitelerinde yakılması sonucunda gerçekleşen bir hacim küçültme yöntemidir.

Çalışmada kriterler arası ilişkilerin belirlenmesinde karar vericilerle görüşülmüş ve bunun sonucunda Tablo 4'teki ikili ilişkiler matrisi oluşturulmuştur. Bu matrisin içindeki hücreler i kriteri ile j kriteri arasındaki doğrudan ilişkiyi göstermektedir. Eğer i kriteri j kriterini etkiliyorsa, matristeki  $a_{ij}$  hücresine bir (\*) konulur. İlişki olmaması durumunda hücre boş bırakılır. Sonuçta; ikili ilişkiler matrisinden faydalanılarak ve Super Decisions Version 1.6.0 yazılımı (<http://www.superdecisions.com>) kullanılarak Şekil 2'deki ağ modeli oluşturulmuştur.

Tablo 4: İkili İlişkiler Matrisi

		1.Finansal					2.Çevresel olabilirlik			3.Personel yönetimi		4.Toplum algısı			5.Teknoloji		
		SM	ÇM	İM	BT	G	CK	ÇH	K&D	P	S&G	TD	PD	ÇG	TZ	TY	TÇ
1.Finansal	SM		*	*	*		*	*		*					*	*	*
	ÇM	*		*	*	*		*		*			*			*	
	İM				*	*										*	*
	BT	*	*					*		*					*	*	
	G	*															
2.Çevresel olabilirlik	CK	*	*	*	*			*									
	ÇH		*	*	*		*				*						
	K&D	*	*	*	*	*	*			*							
3.Personel yönetimi	P			*	*	*											
	S&G	*	*			*											
4.Toplum algısı	TD	*	*									*	*				
	PD		*					*									
	ÇG	*		*	*		*	*		*	*	*			*	*	
5.Teknoloji	TZ	*		*	*					*					*	*	
	TY	*	*	*	*	*		*		*							
	TÇ	*	*	*		*				*				*			



Şekil 2: Analitik Ağ Modeli

Değerlendirme aşamasında; bir örneği Şekil 3’de görülen ikili karşılaştırma anketi karar vericiler (5 kişi) tarafından doldurulmuştur. İkili karşılaştırmaların önem skalası değeri; anketlerdeki her bir soruya verilen cevapların geometrik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Sentezleme aşamasında; Super Decisions yazılımı yardımıyla ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra, kriterler, alt kriterler ve seçenekler ile ilgili gereken hesaplamalar yapılmıştır. Bütün kriterlerin ve alt kriterlerin karar sürecinin tümüne yaptığı etkiyi gösteren ve ayrıca alt kriterlerin kriter içerisinde ne kadar etkin olduğunu belirten limit matris Ek 1’de verilmiştir.

Aşağıdaki faktörlerden hangisinin “sermaye maliyeti” üzerindeki etkisi daha fazladır?

1: Eşit 3: Biraz daha fazla 5: Fazla 7: Çok fazla 9: Aşırı derecede fazla

Bütçe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gelir
Bütçe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel maliyet
Gelir	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çevresel maliyet

Şekil 3: İkili Karşılaştırma Anketinin Bir Örneği

Tablo 5’te görüldüğü üzere belediye katı atık bertaraf etme probleminin değerlendirildiği çalışmamızda C seçeneği %58,94’lük öncelik değeriyle, A ve B seçeneklerine göre daha fazla tercih edilmiştir.

Tablo 5: Seçeneklerin Öncelikleri

Seçenekler	Öncelik Değeri
Düzenli depolama	12,50
Düzenli depolama, kompostlama	28,56
Düzenli depolama, kompostlama, yakma	58,94

Tablo 6’da ise; alt kriterlerin öncelik değerleri verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi; sınırlandırılmış önceliklere göre çevresel gruplar (%9) en önemli kriter olarak göze çarpmaktadır. Kanunlar ve düzenlemeler (%8,7) ve çevre halkının sağlık ve güvenliği (%7,5) öncelik açısından onu takip etmektedirler. Gelir (%1,4) ise en son sırada yer almaktadır. Finansal kriterler değerlendirildiğinde; sermaye maliyetinin (%32,79) çevresel maliyetten (%25,15) daha önemli olduğu gözlenmektedir. Çevresel olabilirlik açısından bakıldığında; kanunlar ve düzenlemelerin (%38,91) çevre halkının sağlığı ve güvenliğine (%33,64) oranla etkisinin daha önemli olduğu görülmektedir. Toplum algısı kriterleri içinde; çevresel gruplar (%45,07) toplum desteğinden (%36,90) daha önemlidir. Politik destek (%18,03) ise en düşük önceliğe sahiptir.



Tablo 6: Kriterlerin Göreli Önem Dereceleri

Kriterler	Alt kriterler	Sınırlanmış öncelikler	Normalleştirilmiş öncelikler (%)
Finansal	Sermaye maliyeti	0,059	32,79
	Çevresel maliyet	0,045	25,15
	İşletme maliyeti	0,018	9,77
	Bütçe	0,044	24,58
	Gelir	0,014	7,71
Çevresel olabilirlik	Coğrafik konum	0,061	27,45
	Çevre halkının sağlık ve güvenliği	0,075	33,64
	Kanunlar ve düzenlemeler	0,087	38,91
Personel yönetimi	Personel	0,02	57,4
	Çalışanların sağlık ve güvenliği	0,015	42,6
Toplum algısı	Toplum desteği	0,074	36,9
	Politik destek	0,036	18,03
	Çevresel gruplar	0,09	45,07
Teknoloji	Teknolojik uzmanlık	0,049	36,47
	Teknolojik uygunluk	0,042	31,28
	Teçhizat	0,043	32,25

Diğer taraftan, Super Decisions yazılımı yardımıyla yapılan analizler sonucunda, bütün karşılaştırmalar için %10 tutarsızlık sınırının aşılmadığı görülmüştür. Seçenekler ve kriterler için yapılan karşılaştırmalar sonucunda elde edilen öncelik değerleri ve tutarsızlık indekslerinden bazıları Ek 2’de gösterilmiştir.

## V. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, bölgesel nitelikte bir belediye katı atık bertaraf etme problemini ve seçeneklerini (A: Düzenli depolama; B: Düzenli depolama, kompostlama; C: Düzenli depolama, kompostlama ve yakma) ele almaktadır. Çalışmada belirlenen kriterler doğrultusunda yapılan değerlendirmeler ve bu değerlendirilmelerin AAS yazılımıyla çözümlenmesiyle sonuçlar elde edilmiş ve irdelenmiştir.

Çalışma; karar vericilerle yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen ikili karşılaştırmalar matrisinden faydalanılarak ağ modelinin oluşturulması, ikili karşılaştırmalar anketinin karar vericilerle yüz yüze görüşülerek doldurulması ve Super Decisions yazılımı yardımıyla hesaplamaların yapılması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. AAS, istekli karar vericilerin bulunması açısından oldukça zorlu bir yöntemdir. Ancak, çalışmamızda görüşlerinden faydalandığımız karar vericiler problemi değerlendirmede istekli ve zamanlarını ayırmada gönüllü olmuşlardır.

Çalışma sonucunda, en uygun seçenek olarak C (Düzenli depolama, kompostlama ve yakma) seçeneği belirlenmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı (2008: 54) raporuna göre; Türkiye için Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlaması AB Projesinde Trabzon için yakma uygulaması proje kapsamı dışında tutulmakla birlikte yakma tesisi önerilen illerden birinin de Trabzon olarak ifade edilmesi çalışmanın sonucunun geçerliliğini arttırmaktadır. Diğer taraftan, “çevresel gruplar”, “kanunlar ve düzenlemeler” ve “çevre halkının sağlık ve güvenliği” en önemli kriterler olarak belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan önemli kriterlerin farkında olmak ve bunların üzerinde vurgu yapmak bertaraf etme seçeneklerinin değerlendirilmesi süreci boyunca karar vericilerin etkili karar verebilmesi için bir rehber olarak rekabet avantajı sağlayabilecektir. Ayrıca, daha sonraki çalışmalar için birer değerlendirme kriteri olarak ele alınabilirler.

Geliştirilen model, katı atık bertaraf etme sorununa çözüm ararken kullanılacak genel bir model sunmasına karşın, tüm çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmanın da bazı sınırlamaları vardır. İlk olarak, modeldeki kriterler ve alt kriterler literatürde yer alan tüm değişkenleri kapsamamış olabilir. Karar vericilere bağlı olarak, ilave kriterler ve bunların aralarındaki etkileşimlerin eklenmesi söz konusu olabilir. Ancak, ilave kriterler ve bunlar arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi için daha fazla zaman ve çabaya ihtiyaç olduğu da unutulmamalıdır. İkinci olarak, hem nicel hem de nitel özelliklerin karşılaştırıldıkları bu modelin sonuçları karar vericilerin yargularına bağlıdır.

Gelecek çalışmalarda bu model ülkedeki diğer bölgelerde belediye katı atık bertaraf etme problemlerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Öte yandan, farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar bu modelin sonuçlarıyla karşılaştırılabilir.

#### **Kaynaklar**

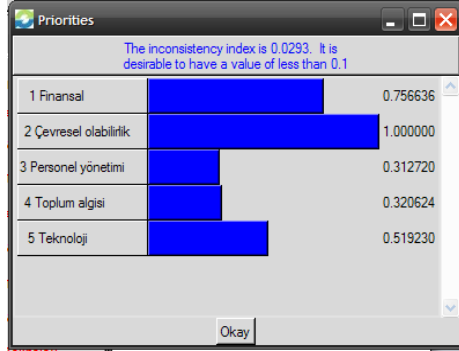
- Aydın, N. (2007), Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama İçin Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Banar, M. Cokaygil, Z. ve Ozkan A. (2009), Life Cycle Assessment of Solid Waste Management Options for Eskisehir, Turkey, Waste Management, 29, ss.54-62.
- Chambal, S., Shoviak M. ve Thal, A. E. (2003), Decision Analysis Methodology to Evaluate Integrated Solid Waste Management Alternatives, Environmental Modeling and Assessment, 8, ss.25-34.
- Chang, N. B. ve Wang, S.F. (1997), A Fuzzy Goal Programming Approach for The Optimal Planning of Metropolitan Solid Waste Management Systems. European Journal of Operational Research, 99, ss.303-321.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G. ve Breeden, J. B. (2008), Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-Making for Landfill Siting in A Fast-

- Growing Urban Region. *Journal of Environmental Management*, 87, ss.139-153.
- Cosmi, C., Cuomo, V., Macchiato, M., Mangiamele, L., Masi S. ve Salvia M. (2000), Waste Management Modeling by MARKAL Model: A Case Study for Basilicata Region. *Environmental Modeling and Assessment*, 5, ss.19-27.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2008), Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hokkanen, J. ve Salminen, P. (1997), Choosing a Solid Waste Management System Using Multicriteria Decision Analysis, *European Journal of Operational Research*, 98, ss.19-36.
- Huang, G.H., Sae-Lim, N., Liu, L. ve Chen, Z. (2001), An Interval-Parameter Fuzzy-Stochastic Programming Approach for Municipal Solid Waste Management and Planning, *Environmental Modeling and Assessment*, 6, ss.271-283.
- Karagiannidis, A. ve Moissiopolous, N. (1997), Application of ELECTRE III for the Integrated Management of Municipal Waste in the Greater Athens Area, *European Journal of Operational Research*, 97, ss.439-449.
- Khan, S. ve Faisal, M. N. (2008), An Analytic Network Process Model for Municipal Solid Waste Disposal Options, *Waste Management*, 28, ss.1500-1508.
- Li, Y.P. ve Huang, G.H. (2006), An Inexact Two-Stage Mixed Integer Linear Programming Method for Solid Waste Management in The City of Regina, *Journal of Environmental Management*, 81, ss.188-209.
- Liamsanguan, C. ve Gheewala S. H. (2008), LCA: A Decision Support Tool for Environmental Assessment of MSW Management Systems, *Journal of Environmental Management*, 87, ss.132-138.
- Mazlum, M., Kalemci, A., Yılmaz, F., Ayaz, F., Kurak, G., Sağır, B., Hatinoğlu, D., Hatinoğlu, A. B., Terzioğlu, H., Aslan, H., Bulut, P. ve Semercioğlu, A. (2008), Trabzon İl Çevre Durum Raporu, T.C. Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Trabzon.
- Moutavtchi, V., Stenis, J., Hogland, W., Shepeleva, A. ve Andersson, H. (2008), Application of The WAMED Model to Landfilling, *Journal Material Cycles and Waste Management*, 10, ss.62-70.
- Ohman, K. V. H., A Hettiaratchi, J. P., Ruwanpura, J., Balakrishnan, J. ve Achari, G. (2007), Development of A Landfill Model To Prioritize Design and Operating Objectives, *Environmental Monitoring and Assessment*, 135, ss.85-97.
- Saaty, T. L. (1999), *Fundamentals of Analytic Network Process*, ISAHP 1999, Kobe, Japan.

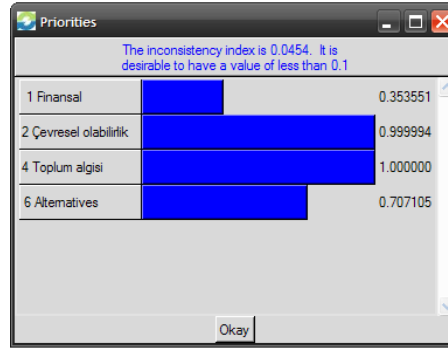
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (2006), *Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*, Springer Science+Business Media, LLC, New York, USA.
- Tseng, M. L. (2009), *Application of ANP and DEMATEL to Evaluate the Decision-Making of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila*, *Environmental Monitoring and Assessment*, 156, ss.181-197.
- Tseng, M. L. ve Lin, Y. H. (2009), *Application of Fuzzy DEMATEL to Develop A Cause and Effect Model of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila*, *Environmental Monitoring and Assessment*, 158, ss.519-533.
- Turan, N. G., Çoruh, S., Akdemir, A. ve Ergun, O. N. (2009), *Municipal Solid Waste Management Strategies in Turkey*, *Waste Management*, 29, ss. 465-469.
- Vego, G., Kučar-Dragičević, S. ve Koprivanac, N. (2008), *Application of Multi-Criteria Decision-Making on Strategic Municipal Solid Waste Management in Dalmatia, Croatia*, *Waste Management*, 28, ss.2192-2201.
- Weitz, K., Barlaz, M., Ranjithan, R., Brill, D., Thorneloe, S. ve Ham, R. (1999), *Life Cycle Management of Municipal Solid Waste*, *International Journal of LCA*, 4(4), ss.195-201.
- <http://www.superdecisions.com/>, erişim tarihi: 07.10.2008.



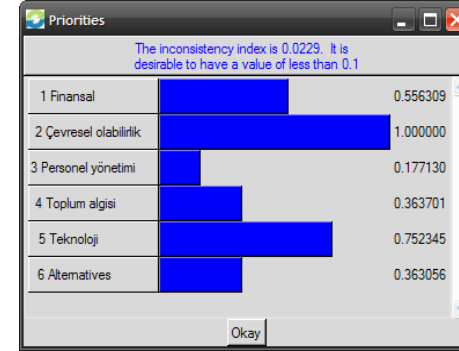
## Ek 2. Tutarsızlık indeksleri



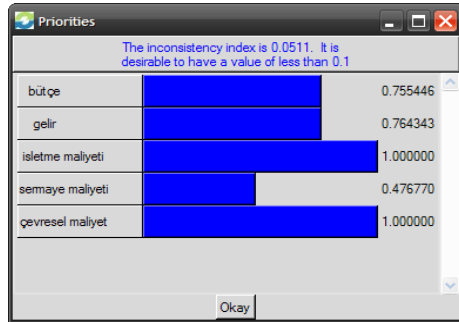
Seçenekler kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0293)



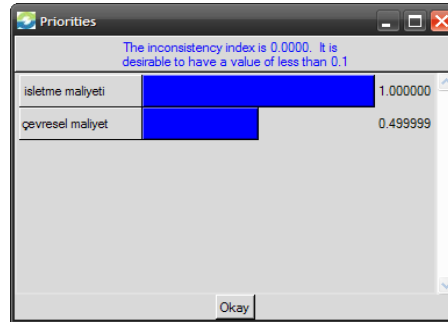
Toplum algısı kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0454)



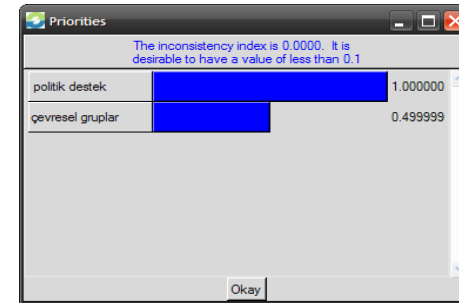
Finansal kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0229)



Finansal kriteri için C seçeneği alt kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0511)



Finansal kriteri için Gelir alt kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0000)



Toplum algısı Kriteri için Kanunlar ve Düzenlemeler alt kriterine göre ideal öncelikler  
(Tutarsızlık indeksi: 0,0000)

