Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **16** (2016) 035501 (642-654) AKU J. Sci. Eng. **16** (2016) 035501 (642-654)
DOI: 10.5578/fmbd.36294

Araştırma Makalesi / Research Article

Çok Kriterli Karar Verme Modeli ve CBS Entegrasyonu ile Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesislerinin Yer Seçimi

Mevlüt Uyan[1], Şükran Yalpır[2]

[1] *Selçuk Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Konya. e-mail: muyan@selcuk.edu.tr*

[2]*Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya. e-mail:sarici@selcuk.edu.tr*

Geliş Tarihi: 12.05.2016 ; Kabul Tarihi: 22.11.2016

Anahtar kelimeler
Çok kriterli karar verme; AHP; Tıbbi atık; Yer seçimi; CBS.

Özet

Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin yer seçimi, ekoloji üzerindeki büyük etkisi ve bölgesel çevre sağlığı nedeniyle kritik bir konudur. Bu alanlar için yer seçimi; toprak bilimi, mühendislik, hidrojeoloji, jeoteknik, deprem, topografya, arazi kullanımı, sosyoloji ve ekonomi gibi çeşitli sosyal ve çevresel alanlarda önemli uzmanlık gerektiren karmaşık bir süreçtir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin, kentsel ve bölgesel planlama, arazi uygunluk haritalaması ve yer seçimi gibi uygulamalarda son derece geniş bir kullanım yelpazesi vardır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesiyle birlikte, çeşitli ÇKKV metotları mekansal boyutlarda uygulanmıştır. Bu çalışmada, Konya Büyükşehir Belediyesi sınırlarında tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin yer seçimi için ÇKKV metotları ile CBS' nin birleştirilmesine odaklanmıştır. Uygunluk haritası eşit aralık sınıflandırma yöntemi ile "az uygun", "uygun" ve "çok uygun" olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tıbbi atık sterilizasyon tesisleri için çalışma alanının % 62.50'si düşük uygun, % 10.93'ü uygun ve % 26.57'si çok uygun alanlar olarak belirlenmiştir.

Site Selection for Medical Waste Sterilization Plants by Integration of Multi Criteria Decision Making Model with GIS

Keywords
Multi criteria decision making; AHP;Medical waste; Site selection; GIS.

Abstract

Site selection of medical waste sterilization plants is a critical issue because of its enormous impact on the ecology, and the environmental health of the region. Site selection of these area is a complex process as it requires considerable expertise in diverse social and environmental fields, such as soil science, engineering, hydrogeology, geotechnics, earthquake, topography, land use, sociology, and economics. Multi criteria decision making (MCDM) methods have an extremely wide range of applications, such as urban and regional planning, land suitability mapping and site selection. With the development of Geographical Information System (GIS), various MCDM methods have been applied to spatial dimensions. In this paper is focused the combining MCDM with GIS for site selection of medical waste sterilization plants in metropolitan municipality area of Konya. Suitability map was grouped into three categories as "low suitable", "suitable" and "best suitable" with an equal interval classification method. Based on the obtained results, 62.50% of the study area has low suitable, 10.93% has suitable and 26.57% has best suitable for medical waste sterilization plants.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Tehlikeli tıbbi atıklar; kamu ve özel hastaneler, klinikler, diş uygulama merkezleri, kan bağışı merkezleri, veteriner hastaneleri/klinikleri, tıbbi araştırma tesisleri ve laboratuvarlar gibi tesislerde üretilen tüm atık malzemelerdir. Bu tehlikeli atıkların uygun bir şekilde toplanması, taşınması ve yönetilmesi gerekir (Kougemitros *ve ark.* 2011). Tehlikeli atık olarak kabul edilen tıbbi atıkların toplanması ve aynı zamanda biriktirilmesi insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. Tıbbi atıkların kontrol yöntemleri Çevre ve Orman Bakanlığı stratejileri ile verilmiştir. "Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" 22.07.2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Int Kyn. 1). Bu yönetmeliğe göre tıbbi atık yönetim hizmetleri için sorumluluk, dünyanın hemen hemen

her ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de belediyelere verilmiştir.

Konya, 2014 yılı verilerine göre yaklaşık 2,11 milyon nüfusu (Int Kyn. 2) ile Türkiye'nin en büyük şehirlerinden birisidir. Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilen tıbbi atık sterilizasyon tesislerinde Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği çerçevesinde günlük yaklaşık 6 ton tıbbi atığın bertarafını gerçekleştirmektedir. Konya geneli ve Karaman'daki yaklaşık 700 sağlık kuruluşundan toplanarak getirilen tıbbi atıklar, basınçlı buhar yöntemiyle sterilize edilerek evsel atık niteliği kazandırılıp, katı atık depolama sahasında bertaraf edilmektedir. 2008 yılında hizmete sunulan tesislerde 2014 yılında toplam 2 bin 160 ton tıbbi atık bertaraf edilirken, bugüne kadar toplam 10 bin 770 ton tıbbi atık bertaraf edilmiştir.

Yer seçimi, karar vericiler için çok sayıda alternatifler sunan ve farklı tercihler taşıyan karmaşık bir mekansal karar problemidir. Yani, bu seçim kolay ve tek taraflı tanımlanabilir değildir (Dapueto *ve ark.* 2015). Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin yer seçimi, bu atıkların çevrebilimi ve bölgenin çevre sağlığı üzerindeki büyük etkisi nedeniyle kritik bir konudur (Uyan, 2014). Yeni bir tıbbi atık bertaraf tesisinin seçimi; toprak bilimi, mühendislik, hidrojeoloji, jeoteknik, deprem, topografya, arazi kullanımı, sosyoloji ve ekonomi gibi çeşitli sosyal ve çevresel alanlarda önemli uzmanlık gerektiren karmaşık bir süreçtir (Sumathi *ve ark.* 2008).

Literatürde, çok kriterli karar verme (ÇKKV) modelleri birçok farklı yer seçimi çalışmaları için başarıyla uygulanmıştır (Borzoni *ve ark.* 2014; Cebi ve Otay 2015; Hu *ve ark.* 2015; Khan ve Samadder 2015; Tahri *ve ark.* 2015; Guo ve Zhao 2015; Aliniai *ve ark.* 2015). ÇKKV, bağımlı farklı kriterler arasından en uygun seçimi yapan bir araçtır (Uyan 2014). Bu yöntemler kentsel ve bölgesel planlama, arazi uygunluk haritalaması ve yer seçimi gibi uygulamalarda son derece geniş bir yelpaze sunar. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) gelişmesiyle birlikte, çeşitli ÇKKV metotları mekansal boyutlarda uygulama alanı bulmuştur. Karar verme bağlamında, bir mekansal ÇKKV/CBS yaklaşımı karar vericilere, karar problemlerine derinlemesine nüfuz edilmesinde, rasyonel ve sistematik bir şekilde farklı risk seviyelerinin belirlenmesinde ve olayların yorumlanmasında yardımcı olabilir (Chen *ve ark*. 2001). ÇKKV/ CBS yöntemleri literatürde çok sayıda yer seçimi uygulamasında kullanılmıştır (Koc-San *ve ark.* 2013; Uyan 2013; Yal ve Akgun 2014; Beskese *ve ark.* 2015; Latinopoulos ve Kechagia 2015; El Baba *ve ark.* 2015; Qaddah ve Abdelwahed 2015; Khan ve Samadder 2015). Ülkemizde de, CBS ve farklı ÇKKV modelleri kullanılarak yapılmış yer seçimi çalışmaları mevcuttur (Aslan *ve ark.* 2015; Balca 2015; Demirarslan *ve ark.* 2013; Erden ve Coşkun 2011; Küçükönder ve Karabulut 2007).

Bu makalede Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre Konya şehrinde tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin yer seçiminde ÇKKV modelleri ile CBS'nin birlikte kullanımına odaklanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

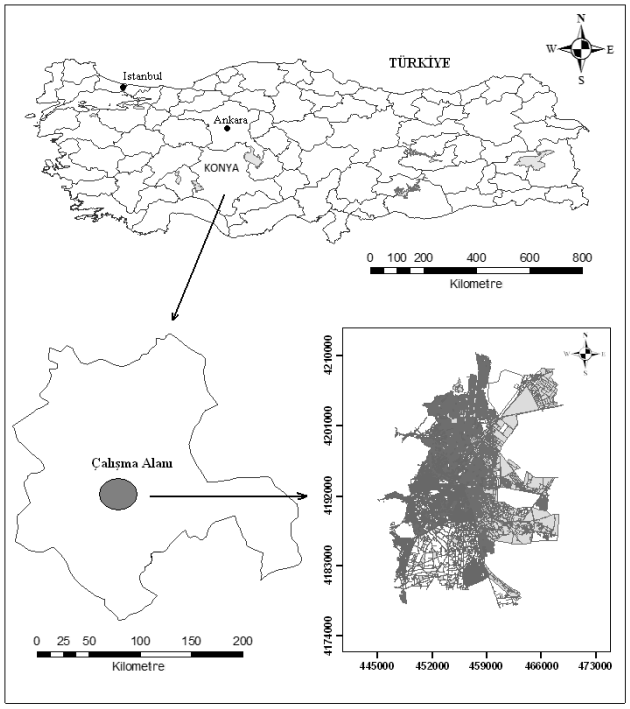
2.1. Çalışma Alanı

Şekil 1'de gösterildiği gibi, Konya şehri Orta Anadolu'da 36.5^{o}-39.5^{o} kuzey enlemleri ve 31.5^{o}-34.5^{o} doğu boylamları arasında yer almaktadır. Konya şehrinin alanı 40814 km^{2}'dir. Her gün Konya'da ortalama 6 ton tıbbi atık üretilmektedir. 2014 yılında, Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan tıbbi atık sterilizasyon tesisinde, 700 sağlık kuruluşlarından toplanan 2160 ton tıbbi atık Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre elimine edilmiştir. Konya'da şu anda bir adet tıbbi atık sterilizasyon tesisi vardır.

2.2. Tıbbi atık sterilizasyon tesisi yer seçimi için kullanılan ÇKKV modeli

Anlam olarak ÇKKV, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinden en iyi tercihin seçilmesine imkan sağlayan bir araçtır. ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç alternatif ve kriter sayılarının fazla olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol altında tutabilmek ve karar sonucunu mümkün olduğu kadar kolay ve çabuk elde etmektir. Kullanılan pek çok ÇKKV yöntemleri vardır. Bu modellerden hangi modelin

seçiminin en uygun olacağı ve hangi modelin karar verici için en rahat olduğu eldeki soruna bağlıdır (Uyan 2011).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi durumu.

Bu çalışmanın amacı Konya'da tıbbi atık sterilizasyon tesisi kurulumu için en iyi yerleri tespit etmektir. Bu amaçla, bir ÇKKV modeli geliştirilmiştir. Bu çalışmada, tesis için en iyi yeri tespit etmede ÇKKV tekniklerinden olan ve literatürde de sıkça kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) tekniği kullanılacak ve kriterler bu yönteme göre ağırlıklandırılacaktır. AHP karar alma süreci için etkili bir yaklaşım ve kesinlikle en popüler ÇKKV yöntemidir (Dehe ve Bamford 2015). Bir karar analiz aracı olarak kullanılan AHP (Saaty, 1980), çoklu kriterler ile karmaşık karar problemlerini analiz etmek için 1977 yılında Saaty tarafından bir model olarak geliştirilen matematiksel bir yöntemdir. AHP tekniği kapsamında uygulanan ikili karşılaştırmalar süreci, karar analizine dahil olan elemanların kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılması ile bu elemanların her birisi için ağırlık değerlerinin belirlenmesini sağlamaktadır (Boutkhoum *ve ark.* 2015).

AHP tekniğinde, kriterler arasında gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalara dayalı olarak ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilmekte ve bu matris üzerinde gerçekleştirilen özvektör hesapları sonucunda toplam değeri 1 olan kriter ağırlıklarına ulaşılmaktadır. Ayrıca "Tutarlılık Oranı" olarak adlandırılan bir değerin hesaplanması ile AHP tekniğindeki ikili karşılaştırmalarda verilen hükümlerin tutarlılık derecesini belirlemek de mümkündür. Kriterlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında, (Saaty 2000) tarafından verilen bir önem skalası kullanılır. Bu değerler ve tanımları Tablo 1'de verilmiştir.

Bu metodolojinin temel adımları aşağıda verilmiştir (Uyan 2011);

• İlk olarak problemin tanımlanması için olayı etkileyen kriterler belirlenir. Her bir kriterin ikili karşılaştırma çiftleri şeklinde karşılaştırılması ve sayısal değerlerinin atanması yapılır. Karşılaştırma çifti sayısı, n kriter sayısını göstermek üzere (1) ile belirlenir.

$$n(n-1)/2 \quad (1)$$

Tablo 1. AHP değerlendirme ölçeği.

Sayısal Değer (a_{ij})	Tanım
1	Her iki faktörün eşit önemde olması durumu
3	*i*. faktörün *j*. faktörden biraz daha önemli olması durumu
5	*i*. faktörün *j*. faktörden fazla önemli olması durumu
7	*i*. faktörün *j*. faktöre göre çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	*i*. faktörün *j*. faktöre göre aşırı derecede önemli olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

• Eğer karşılaştırma için n adet kriter tanımlanmışsa AHP ile, bu kriterlerin ağırlıklandırılması için aşağıdaki işlemler sırası ile gerçekleştirilir;

Kriterler arası (nxn) boyutlu ikili karşılaştırmalar matrisi (A) oluşturulur.

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

a_{ij} değeri i. faktörün j. faktörden ne kadar fazla önemli olduğunu işaret eder. Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani *i=j* olduğunda, 1 değerini alır. Bu durumda ilgili kriter kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Kriterlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı olarak Tablo 1'deki değerlere göre yapılır. Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır.

Köşegenin altıda kalan değerler için (3) formülünü kullanmak yeterlidir.

$$a_{ji}=\frac{1}{a_{ij}} \quad (3)$$

A matrisinde j sütunundaki her bir değer, *j* sütunundaki değerlerin toplamına bölünür. Yeni oluşacak *Aw* matrisinde her bir sütundaki değerlerin toplamı 1 olacaktır. Bu şekilde normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi bulunur.

$$Aw=\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{in}}{\sum a_{in}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & .... \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Aw matrisinin i sütunundaki girişlerinin ortalaması olarak c_i değerleri hesaplanır ve *C* sütun vektörü (öncelik vektörü) elde edilir.

$$C=\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ . \\ . \\ . \\ . \\ . \\ c_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}}+\frac{a_{12}}{\sum a_{i2}}+\dots+\frac{a_{in}}{\sum a_{in}} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}}+\frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}}+\dots+\frac{a_{in}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

c_i değerleri *i.* kriterin öneminin relatif derecesini yani ağırlığını verir. Bu değerler ağırlıkların yüzde cinsinden değerleridir ve sütun toplamları 1 değerini vermelidir.

Kriterlerin karşılaştırılması ile belirlenen ağırlık değerlerinin tutarlılığının kontrol edilmesi gerekir. AHP kendi içinde tutarlı bir sisteme sahiptir ancak sonuçların doğruluğu karar vericilerin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Tutarlılığın belirlenebilmesi için takip edilecek süreç şöyledir.

Öncelikli olarak tutarlılık vektörü olarak anılan *AXC* matrisi hesaplanır.

$$A\times C=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ . \\ . \\ . \\ c_n \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ . \\ . \\ x_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

İkinci olarak $\lambda_{\max}$ değeri hesaplanır.

$$\lambda_{\max}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{x_i}{c_i} \quad (7)$$

Burada $\lambda_{\max}$ karşılaştırma çiftleri matrisinin öz değeridir. Daha sonra Tutarlılık İndeksi (consistency index (CI)) hesaplanır.

$$CI=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \quad (8)$$

Sonuçta elde edilen Tutarlılık İndeksi (CI) ile bulunan öncelik vektörünün tutarlılığın test edilebilmesi imkânını sağlamaktadır. AHP' de, CI hesaplamasının özü, kriter sayısı ile $\lambda_{\max}$ katsayısının karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

Son olarak *n* değerlerinin tutarlılık derecesinin yeterli olup olmadığının belirlenmesi için CI ile Rastgele İndeks (RI) (Random Index) oranlanır ve Tutarlılık Oranı (CR) (Consistency Ratio) belirlenir. Rastgele İndeks Saaty tarafından belirlenmiş

standart değerlere sahiptir. Kriter sayısına göre değişen bu değerler Tablo 2'de verilmiştir.

$$CR = CI / RI \quad (9)$$

Eğer CR ≤ 0.10 ise yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenir. CR > 0.10 ise sonuç tutarsızdır. Bu durumda AHP anlamlı sonuçlar veremeyebilir.

Tablo 2. RI çizelge değerleri.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

2.3. Kriter Tanımlaması

Bu çalışmanın amacı Konya'da tıbbi atık sterilizasyon tesisi için en uygun yerleri belirlemektir. Bu amaçla, bir ÇKKV modeli geliştirilmiştir. Öncelikle, tıbbi atık sterilizasyon tesisi için uygun alanları seçmek için, veri setleri belirlenmiştir. Çalışma için belirlenen veri setleri aşağıda verilmiştir;

a. Konut ve sanayi alanlarına uzaklık (m)
b. Jeoloji
c. Arazi kullanımı
d. Eğim (%)
e. Yollar ve demiryollarına uzaklık
f. Nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı bölgesi ve baraj alanlarından uzaklık (m)

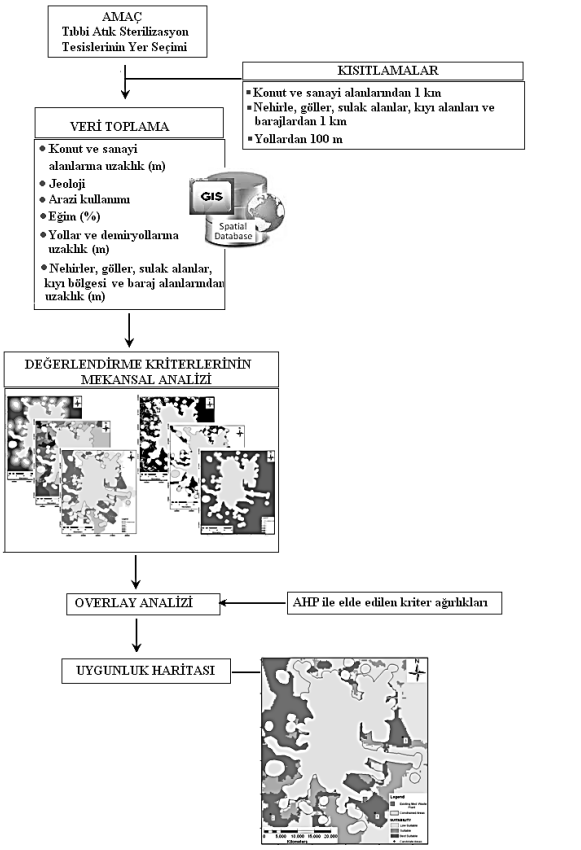
Jeolojik ve hidrojeolojik koşullar, yerleşim alanlarına yakınlık, yüzey suları, deprem, gibi kriterler Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre (Int Kyn. 1), tıbbi atık tesisleri yer seçimi için hesaba katılması gereken faktörlerdir. Bu çalışmada, deprem, yeraltı suları gibi bazı kriterler bölgenin durumu itibarıyla çok düşük ağırlıkta bulunacağı için dikkate alınmamıştır.

Veri setleri, Konya Büyükşehir Belediyesi, Devlet Su İşleri Müdürlüğü gibi farklı kaynaklardan toplanmıştır. Konut alanları, jeoloji, yollar ve demiryolları, nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı bölgesi ve baraj haritaları 1:25000 ölçekli haritalardan sayısallaştırma yoluyla elde edilmiştir. Arazi kullanım haritaları 1:100000 ölçekli Çevre Düzeni Planı paftalarından sayısallaştırma yoluyla elde edilmiştir. Eğim haritaları SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verileri baz alınarak hazırlanmıştır.

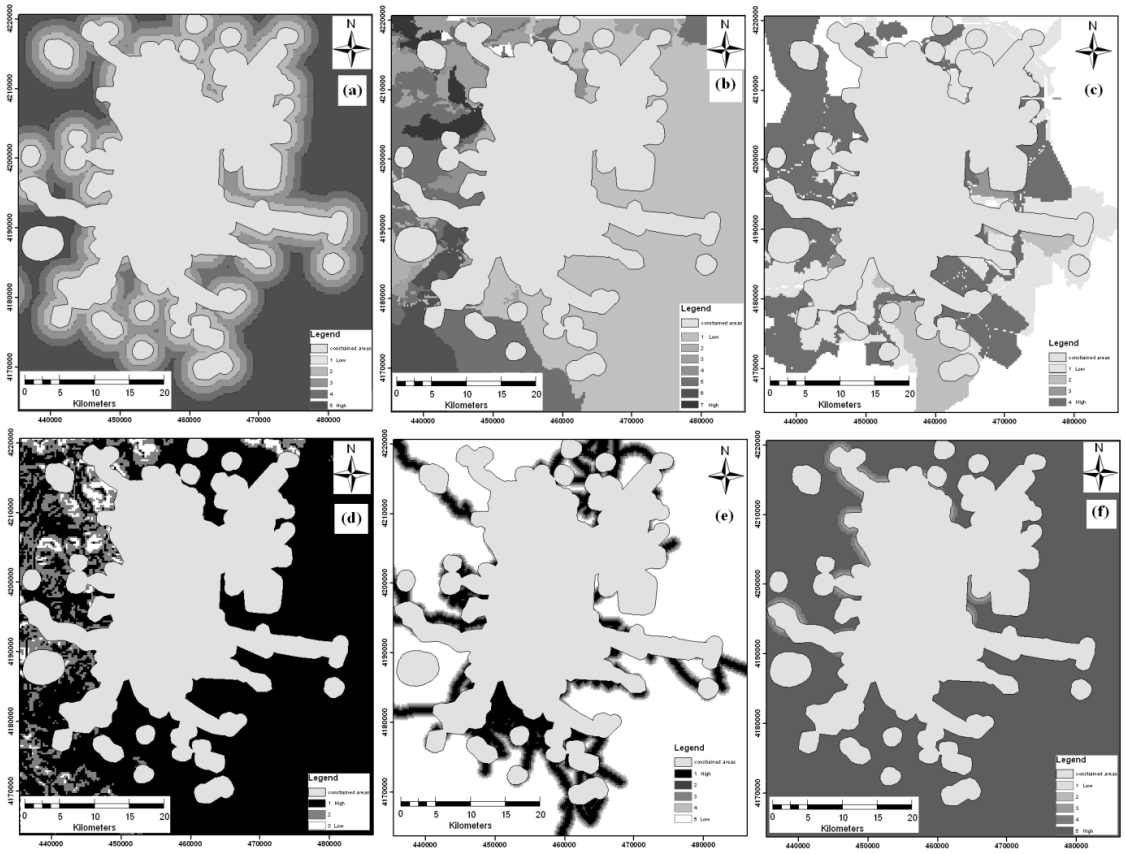
Uygun alanların seçilmesi için gerekli kriterleri tanımlamadan önce, çevresel olarak uygun olmayan alanlar için maskeleme yapılarak bu alanlar çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Kısıtlanmış alanlar aşağıda tanımlanmıştır (Uyan 2013; Uyan 2014);

• Konut ve sanayi alanlarından tampon mesafesi = 1000 m,
• Nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı alanı ve baraj alanlarından tampon mesafesi = 1000 m,
• Yollardan tampon mesafesi = 100 m.

Bu çalışmada takip edilen genel metedoloji Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan genel metodoloji.



Şekil 3. Uygunluk indeksleri: (a) Konut ve sanayi alanlarına uzaklık, (b) Jeoloji, (c) Arazi kullanımı, (d) Eğim (%), (e) Yollar ve demiryollarından uzaklık, (f) Nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı alanları ve baraj alanlarından uzaklık.

Çalışma için altı ana kriter ve yirmi dokuz alt kriter seçilmiştir. Her bir kriter aşağıda açıklanmıştır;

(a) Konut ve sanayi alanlarına uzaklık

Tıbbi atık tesislerinin yerleşim alanlarına çok yakın olması olumsuz etkilerinden dolayı arzu edilir bir durum değildir. Bu nedenle, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 37. Maddesinin (c) bendinde "Düzenli depolama tesislerinin en yakın yerleşme alanına uzaklığı 1000 metreden az olamaz." ibaresi vardır. Bu çalışmada, kırsal-kentsel yerleşim ve sanayi alanları için 1000 m'lik bir tampon bölge maskelenmiştir. Yerleşim ve sanayi alanları için <1000 m tampon bölgeleri 1 olarak, 1000-2000 m tampon bölgeleri 2 olarak, 2000-3000 m tampon bölgeleri 3 olarak, 3000-4000 m tampon bölgeleri 4 olarak ve > 4000 m tampon bölgeleri 5 olarak puanlanmıştır (Şekil 3a). Ayrı ayrı tüm tampon bölgeler AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

(b) Jeoloji

Alüvyon, dolomit, kireçtaşı, volkanik, kumkaya, ofiyolit ve metamorfik olarak çalışma alanındaki yedi jeolojik oluşum vardır. Alüvyon, dolomit ve kireçtaşı su adsorpsiyonu için yüksek potansiyele sahip olduğu için tıbbi atık tesisi için uygun yerler değildir. Ancak, bu alanlar çalışma alanının büyük bir kısmını kaplamaktadır. Bu çalışmada, alüvyon 1 olarak, dolomit 2 olarak, kireçtaşı 3 olarak, volkanik 4 olarak, kumkaya 5 olarak, ofiyolit 6 olarak ve metamorfik 7 olarak puanlanmıştır (Şekil 3b). Ayrı ayrı tüm alanlar AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

(c) Arazi kullanımı

Tıbbi atık tesisi yer seçimi için arazi kullanımı çevresel bir faktör olarak en kritik faktörlerden biridir. Bu çalışmada, arazi kullanımı sulu tarım alanları, kuru tarım alanları, orman alanları ve kıraç alanlar olarak dört kriterle değerlendirilmiştir. Sulu tarım alanları 1 olarak, kuru tarım alanları 2 olarak, orman alanları 3 olarak ve kıraç alanlar 4 olarak puanlanmıştır (Şekil 3c). Ayrı ayrı tüm alanlar AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

(d) Eğim

Arazi yüzeyinin eğimi % 0-10, % 10-20 ve > % 20 olarak değerlendirilmiştir. % 0-10 eğim olan alanlar 1 olarak, % 10-20 eğim olan alanlar 2 olarak ve > % 20 eğim olan alanlar 3 olarak puanlanmıştır (Şekil 3d). Ayrı ayrı tüm bölgeler AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

(e) Yollar ve demiryollarından uzaklık

Yollara yakınlık taşıma maliyetleri açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada, < 250 m tampon bölge 1 olarak, 250-500 m tampon bölge 2 olarak, 500-750 m tampon bölge 3 olarak, 750-1000 m tampon bölge 4 olarak ve > 1000 m tampon bölge 5 olarak puanlanmıştır (Şekil 3e). Ayrı ayrı tüm tampon bölgeler AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

(f) Nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı alanları ve baraj alanlarından uzaklık

Bu çalışmada tampon bölgeler tüm yüzey sularından 500 metre aralıklarla seçilmiştir. <500 m tampon bölge 1 olarak, 500-1000 m tampon bölge 2 olarak, 1000-1500 m tampon bölge 3 olarak, 1500-2000 m tampon bölge 4 olarak ve >2000 m tampon bölge 5 olarak puanlanmıştır (Şekil 3f). Ayrı tüm tampon bölgeler AHP ile ağırlıklandırılmıştır.

3. Analiz ve Tartışma

Tıbbi atık tesisi yer seçimi için belirlenen kriterlere ait ArcGIS yazılımı ile hazırlanmış mekansal analiz haritaları Şekil 3'te gösterilmiştir. Her bir kriter ve alt kriterlerin ağırlıkları Microsoft Excel programı kullanılarak AHP ile hesaplanmıştır. Hesaplama işlemi için için altı ana kriter ve yirmi dokuz alt kriter kullanılmıştır. Ana kriterler için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucu tutarlılık oranı (CR) 0.054 olarak hesaplanmıştır. Bu değer formül (9)'a göre hesaplanan ağırlıkların güvenilir olduğunun kanıtıdır. Ana kriterler için ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 3'te verilmiştir. Bu matris tıbbi atık tesisleri için yer seçimi konusunda uzman kişilerle yapılan görüşme ile oluşturulmuştur. Ayrı ayrı tüm kriter ve alt kriterler AHP ile ağırlıklandırılmış ve Tablo 4'te özetlenmiştir. Tabloya göre toplam ağırlığın yaklaşık % 70'i arazi kullanımı ve konut-sanayi alanlarından uzaklık kriterlerine tahsis

edilmiştir. Bu iki kriter tıbbi atık tesisi yer seçiminde belirleyici bir role sahiptir.Belirlenen ağırlıklar uygunluk puanı ile kombine edilmiştir. Toplam uygunluk puanı (Si) aşağıdaki gibi gösterilmiştir:

$$S_i=\sum(ac_{wi}\times asc_{wi})+(bc_{wi}\times bsc_{wi})+(cc_{wi}\times csc_{wi})+(dc_{wi}\times dsc_{wi})+(ec_{wi}\times esc_{wi}))+(fc_{wi}\times fsc_{wi})] \quad (10)$$

Burada, ac_{wi}; Konut ve sanayi alanlarına uzaklık kriterinin ağırlık indeksi, asc_{wi}; Konut ve sanayi alanlarına uzaklık alt-kriterinin ağırlık indeksi, bc_{wi}; jeoloji kriterinin ağırlık indeksi, bsc_{wi}; jeoloji alt-kriterinin ağırlık indeksi, cc_{wi}; arazi kullanımı kriterinin ağırlık indeksi, csc_{wi}; arazi kullanımı alt-kriterinin ağırlık indeksi, dc_{wi}; eğim kriterinin ağırlık indeksi, dsc_{wi}; eğim alt-kriterinin ağırlık indeksi, ec_{wi} ;yol ve demiryollarına uzaklık kriterinin ağırlık indeksi, esc_{wi}; yol ve demiryollarına uzaklık alt-kriterinin ağırlık indeksi, fc_{wi}; nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı alanları ve baraj alanlarından uzaklık kriterinin ağırlık indeksi, fsc_{wi}; nehirler, göller, sulak alanlar, kıyı alanları ve baraj alanlarından uzaklık alt-kriterinin ağırlık indeksidir.

Tablo 3. Ana kriterler için oluşturulmuş ikili karşılaştırmalar matrisi ve ağırlık değerleri

Ana Kriterler	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*Ağırlık*
a	1.000	5.000	0.333	7.000	7.000	3.000	**0.275**
b	0.200	1.000	0.143	3.000	3.000	1.000	**0.091**
c	3.000	7.000	1.000	7.000	7.000	3.000	**0.420**
d	0.143	0.333	0.143	1.000	1.000	0.200	**0.038**
e	0.143	0.333	0.143	1.000	1.000	0.200	**0.038**
f	0.333	1.000	0.333	5.000	5.000	1.000	**0.139**
Tutarlılık Oranı (CR) = 0.054							

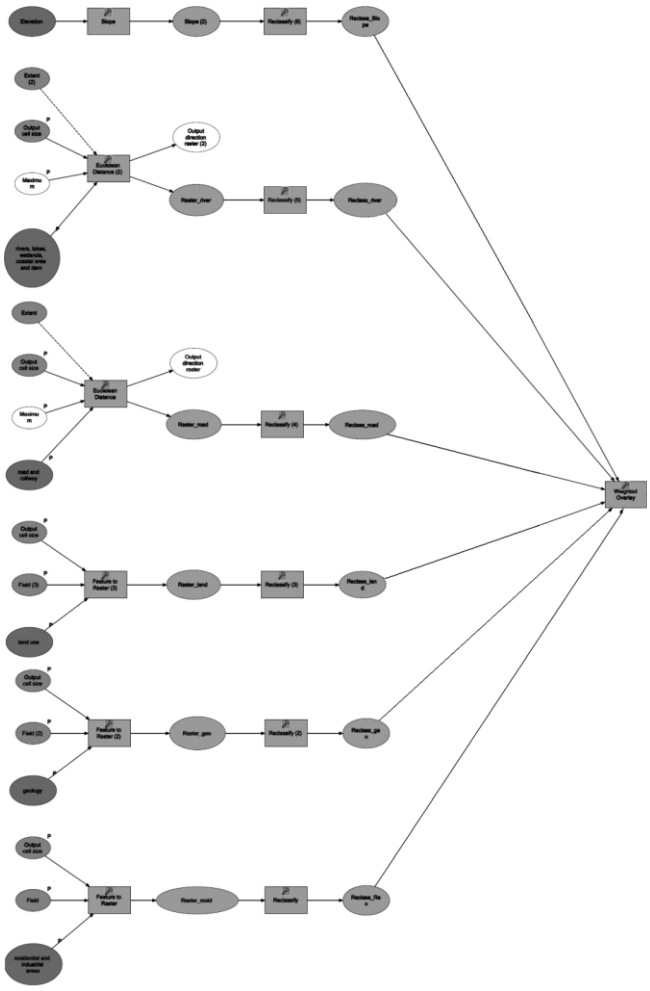
Tablo 4. Yer seçimi için tüm kriterlerin ağırlık değerleri.

	Kriter	Ağırlık	CR	Alt-kriter	Ağırlık	CR	∑Ağırlık
ARAZİ UYGUNLUĞU	a	0.275	0.054	1000>	0.033	0.055	0.009
				1000-2000	0.148		0.041
				2000-3000	0.187		0.051
				3000-4000	0.283		0.078
				4000<	0.348		0.096
	b	0.091		Alüvyon	0.022	0.074	0.002
				Dolomit	0.044		0.004
				Kireç taşı	0.069		0.006
				Volkanik	0.129		0.012
				Kumkaya	0.135		0.012
				Ofiyolit	0.283		0.026
				Metamorfik	0.317		0.029
	c	0.420		Sulu tarım	0.039	0.069	0.016
				Kuru tarım	0.128		0.054
				Orman	0.282		0.118
				Kıraç	0.550		0.231
	d	0.038		0-10	0.669	0.025	0.025
				10-20	0.267		0.010
				20<	0.064		0.002
	e	0.038		250>	0.360	0.031	0.014
				250-500	0.360		0.014
				500-750	0.162		0.006
				750-1000	0.079		0.003
				1000<	0.040		0.002
	f	0.139		500>	0.027	0.045	0.004
				500-1000	0.146		0.020
				1000-1500	0.146		0.020
				1500-2000	0.341		0.047
				2000<	0.341		0.047

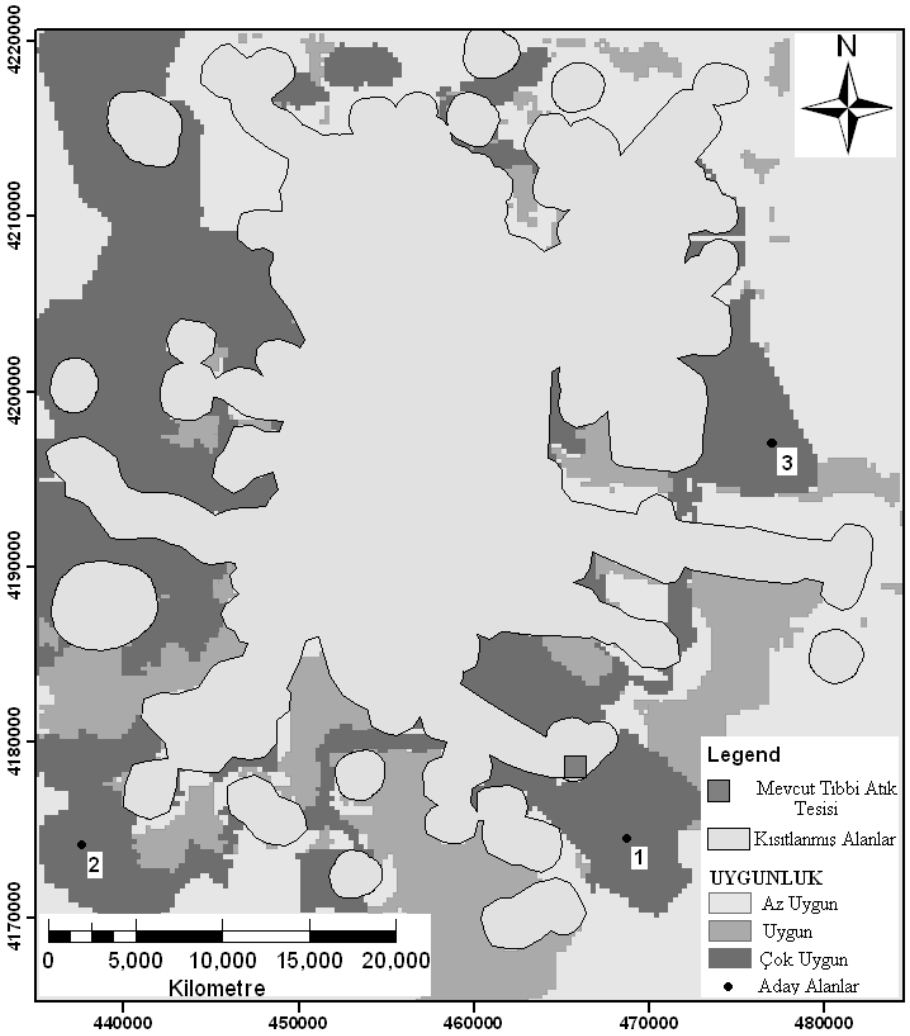
AHP metodu CBS uygulamalarında en sık kullanılan ÇKKV modellerindendir. Bu çalışma için ArcGIS yazılımı ile model builder fonksiyonu kullanılarak bir uygunluk modeli oluşturulmuştur (Şekil 4).

Uygunluk haritası altı harita katmanı ile hazırlanmıştır. Tıbbi atık sterilizasyon tesislerinin yer seçiminde uygunluk haritası CBS ile AHP metodu birleştirilerek oluşturulmuştur (Şekil 5). Altı kriter çalışma alanının özelliklerine göre seçilmiştir. Her bir kriter haritası AHP ile elde edilmiş ağırlık değerleri kullanılarak ArcGIS yazılımı ile birleştirilmiş ve uygun alanlar tespit edilmiştir. Uygunluk haritası eşit aralıklı sınıflandırma yöntemi ile "az uygun" "uygun" ve "çok uygun" olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanının %62.50'si tıbbi atık tesisi kurulumu için az uygundur, % 10.93'ü uygundur ve % 26.57'si çok uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında pek çok alan oldukça uygun alanlar olarak tespit edilmiştir. Konya şehrinde hakim rüzgar yönü kuzey ve kuzeydoğu yönlerindedir (Uyan, 2014). Bu nedenle, tıbbi atık tesisi için belirlenen en uygun

alanlar güney bölgeleri seçilebilir. Tıbbi atık tesis yer seçimi için Şekil 5'te üç adet aday alan önerilmiştir. Şu anda mevcut olan tıbbi atık depolama tesisi çalışmada kısıtlanmış alanlar içinde kalmaktadır ve yerleşim alanlarına çok yakındır. Bu durum Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Tıbbi atık alanları yer seçimi akış diagram.



Şekil 5. Tıbbi atık tesisi yer seçimi için uygunluk haritası.

4. Sonuçlar

ÇKKV teknikleri birçok alternatif seçenek ve/veya kriterler arasından en iyi tercihin seçilmesine imkan sağlayan bir araçtır. ÇKKV problemlerini çözmek için birçok yöntem vardır. AHP bunların arasında en çok kullanılan ve tercih edilen yöntemdir. Farklı ya da benzer çalışmalar için kullanılan birbirinden farklı TOPSIS , ELECTRE, ANP, MACBETH gibi pek çok ÇKKV metotları vardır. Bu metotlardan hiçbirisi için AHP'den daha kötüdür diyemeyiz. Aksine, farklı yöntemler için elde edilen sonuçlar çoğu vakada benzer sayılabilir. Eğer bir çalışmada ÇKKV metodu kullanılacaksa hangi metodun kullanılacağı, karar vermede sonuca götürecek olan kriterlerin durumuna göre belirlenmelidir. Eğer bir çalışmada karar vermek uzun bir zaman alacaksa, dokuzdan daha az kriter varsa (bu durum ikili karşılaştırmalarda karışıklık yaratabilir) ve bu kriterler birbirinden bağımsızsa, iyi sonuçlar almak için AHP'nin kullanılması önerilmektedir (Salomon ve Montevechi 2001). Bu çalışmanın amacı Konya şehrinde tıbbi atık sterilizasyon tesisi için en uygun yerleri belirlemektir. Bu amaçla, bir ÇKKV modeli geliştirilmiştir. CBS ile entegre AHP yöntemi yer seçimi çalışmalarında etkin ve hızlı değerlendirme için son derece önemlidir. Bu çalışmanın sonuçları seçilen kriterler ile ilişkilidir. Kriterler değişirse, sonuçta değişir. Bu nedenle, yer seçim çalışmalarında kullanılacak kriterler son derece dikkatli bir şekilde ve uzman kişilerce belirlenmelidir. Çalışmada, tıbbi atık tesislerinin yer seçimi için uygunluk haritası, CBS ile AHP'nin entegrasyonu ile oluşturulmuştur. Çalışma alanının özelliklerine göre altı kriter seçilmiştir. Her bir kriter haritası ağırlık değerleri kullanılarak ArcGIS yazılımı yardımıyla hazırlanmış ve arazi uygunluk haritasının

belirlenmesi için overlay analizi ile birleştirilmiştir. Bölgede birçok uygun alan belirlenmiştir. Ancak şehirdeki hakim rüzgar yönü kuzey ve kuzeydoğu olduğu için en uygun alanlar güney bölgeleri seçilmiştir.

Kaynaklar

Aliniai, A., Yarahmadi, A., Zarin, J. Z., Yarahmadi, H., Lak, S. B., 2015. Parking Lot Site Selection: An Opening Gate Towards Sustainable GIS-based Urban Traffic Management. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, **43 (4)**, 801-813.

Aslan, H. M., Yıldız, M. S., Uysal, H. T., 2015. Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması: Düzce'de Bir Lokasyon Analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi,* **3(2)**, 111-128

Balca, Y., 2015. Düzenli Depolama Alanı Belirlemede Karar Destek Sistemi Kullanımı. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Beskese, A., Demir, H. H., Ozcan, H. K., Okten, H. E., 2015. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences,* **73 (7)**, 3513-3521.

Borzoni, M., Rizzi, F., Frey, M., 2014. Geothermal power in Italy: A social multi-criteria evaluation. *Renewable Energy,* **69**, 60-73.

Boutkhoum, O., Hanine, M, Agouti, T., Tikniouine, A., 2015. An improved hybrid multi-criteria/multidimensional model for strategic industrial location selection: Casablanca industrial zones as a case study. *Springerplus*, **4**, Article Number: 628, doi:10.1186/s40064-015-1404-x.

Cebi, F., Otay, I., 2015. Multi-Criteria and Multi-Stage Facility Location Selection under Interval Type-2 Fuzzy Environment: A Case Study for a Cement Factory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, **8 (2)**, 330-344.

Chen, K., Blong, R., Jacobson, C., 2001. MCE-RISK: integrating multicriteria evaluation and GIS for risk decision-making in natural hazards. *Environmental Modelling & Software*, **16(4)**, 387–397.

Dapueto, G., Massa, F., Costa, S., Cimoli, L., Olivari, E., Chiantore, M., Federici, B., Povero, P., 2015. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. *Ocean & Coastal Management*, **116**, 64–77.

Dehe, B., Bamford, D., 2015. Development, test and comparison of two Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA) models: A case of healthcare infrastructure location. *Expert Systems with Applications*, **42(19)**, 6717–6727.

Demirarslan, K. O., Korucu, M. K., Karademir, A., 2013. Katı atık depolama alanlarının nihai yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri ve kirlilik dağılım modellerinin birlikte kullanımı. *V.HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ SEMPOZYUMU (HKK2013),* 18-20 Eylül, Eskişehir.

El Baba, M., Kayastha, P., De Smedt, F., 2015. Landfill site selection using multi-criteria evaluation in the GIS interface: a case study from the Gaza Strip, Palestine. *Arabian Journal of Geosciences*, **8(9)**, 7499-7513.

Erden, T., Coşkun, M. Z., 2011. Acil durum servislerinin yer seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS entegrasyonu. *İTÜDERGİSİ/d*, **9(6),** 37-50.

Guo, S., Zhao, H., 2015. Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. *Applied Energy*, **158**, 390-402.

Hu, H., Li, X., Nguyen, A.D., Kavan, P., 2015. A Critical Evaluation of Waste Incineration Plants in Wuhan (China) Based on Site Selection, Environmental Influence, Public Health and Public Participation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **12 (7)**, 7593-7614.

Khan, D., Samadder, S. R., 2015. A Simplified Multi-Criteria Evaluation Model for Landfill Site Ranking and Selection Based on AHP and GIS. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **23 (4)**, 267-278.

Koc-San, D., San, B. T., Bakis, V., Helvaci, M., Eker, Z., 2013. Multi-Criteria Decision Analysis integrated with GIS and remote sensing for astronomical observatory site selection in Antalya province, Turkey. *Advances in Space Research,* **52 (1)**, 39-51.

Kougemitrou, I., Godelitsas, A., Tsabaris, C., Stathopoulos, V., Papandreou, A., Gamaletsos, P., Economou, G., Papadopoulos, D., 2011. Characterisation and management of ash produced in the hospital waste incinerator of Athens, Greece. *Journal of Hazardous Materials*, **187(1-3)**, 421-432.

Küçükönder, M., Karabulut, M., 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **5(2),** 55-76.

Latinopoulos, D., Kechagia, K., 2015. A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection: A regional scale application in Greece. *Renewable Energy,* **78**, 550-560.

Qaddah, A. A., Abdelwahed, M. F., 2015. GIS-based site-suitability modeling for seismic stations: Case study of the northern Rahat volcanic field, Saudi Arabia. *Computers & Geosciences*, **83**, 193-208.

Saaty, T. L., 1980. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York.

Saaty, T. L., 2000. Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process, RWS Publications.

Salomon, V. A., Montevechi, J. A. B., 2001. A compilation of comparisons on the analytic hierarchy process and others multiple criteria decision making methods: some cases developed in Brazil. *6th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 6th ISAHP*, 2-4 Ağustos, Bern.

Sumathi, V.R., Natesan, U., Sarkar, C., 2008. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management*, **28**, 2146–2160.

Tahri, M., Hakdaoui, M., Maanan, M., 2015. The evaluation of solar farm locations applying Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making methods: Case study in southern Morocco. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **51**, pp. 1354-1362.

Uyan, M., 2011. Arazi Düzenlemesi Çalışmalarında Mekansal Karar Destek Sistemleri Kurulumu Ve Uygulaması. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Uyan, M., 2013. GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **28**, 11-17.

Uyan, M., 2014. MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. *Environmental Earth Sciences,* **71(4),** 1629-1639.

Yal, G. P., Akgun, H., 2014. Landfill site selection utilizing TOPSIS methodology and clay liner geotechnical characterization: a case study for Ankara, Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **73 (2),** 369-388.

İnternet kaynakları

1.http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/07/20050722-16.htm, (25.03.2015)

2.http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist, (08.01.2016)