

NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME KRİTERLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Z.M. Başkurt^a, C.C. Aydın^{b,*},

^a Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, Ankara (mehmet.baskurt@metu.edu.tr)

^b Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara (ceaydin@hacettepe.edu.tr)

ANAHTAR KELİMELE: Yer Seçimi, Karar Destek Sistemleri, Çok Kriterli Karar Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri

ÖZET:

Nüfusun sürekli artış göstermesiyle, enerjide sadece belirli kaynaklara bağımlılığın giderilmesi, elektrik enerjisinin kullanımının karşılanması, ithal yakıtların kullanımının en aza indirilmesi gibi ülke ekonomisini yakından ilgilendiren konularda ihtiyaçların karşılanması noktasında Nükleer enerji Türkiye'nin enerji arzı kaynakları arasına dahil edilmiştir. Bu arzı karşılamak için son yıllarda Nükleer tesis kurulması çalışmalarına hız verilmiştir. Nükleer tesislerde kazaların önlenmesi ve sonuçlarının hafifletilmesi için yer seçiminde analitik çalışma yürütülmesi gereken diğer elektrik üretim santralleri ve endüstriyel tesislerden farklı olarak özel bir güvenlik yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sadece inşaat, işletme ve söküm aşamalarında değil yer seçimi aşamasında da bu güvenlik yaklaşımı ve buna dayalı kriterlerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurulacak bir nükleer santral için uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılacak kriter setinin oluşturulması ve bu kriterler ışığında Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) konuma dayalı analizler ile uygun alanların belirlenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için diri faylar, deprem etkisi, soğutma suyu mevcudiyeti başta olmak üzere pek çok kriter CBS'de konuma dayalı veriler ile ifade edilerek bu kriterlere göre çalışma bölgesi puanlanmıştır. Karar verme sürecinde uygun alanların tespiti için karar kuralı olarak Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurulumu için uygun olabilecek yedi adet saha tespit edilmiş ve ülkemizde nükleer santrallerin yer seçiminde CBS'nin etkin bir araç olarak kullanımı için bir yaklaşım geliştirilmiştir.

KEY WORDS: Site selection, Multi criteria decision making, GIS, Nuclear power plants project

ABSTRACT:

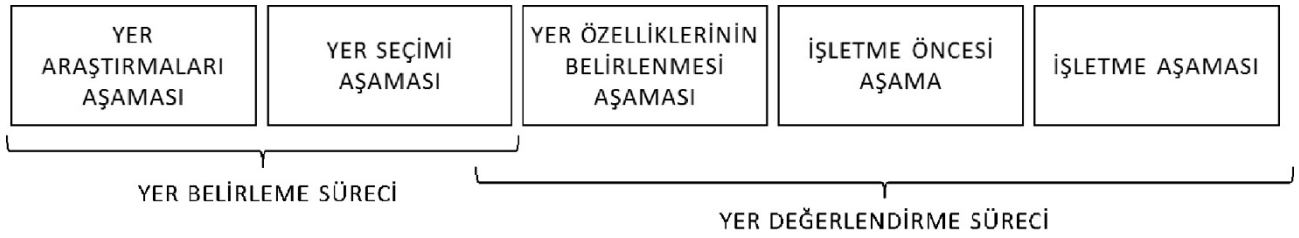
With the population increase, the energy consumption is also increasing in Turkey. In order to eliminate the dependence on certain energy sources, to meet the use of electric energy to reduce the use of imported fuels nuclear energy has been included among Turkey's energy supply sources. Therefore, to meet the need, efforts to establish nuclear power plant has been accelerated in recent years. Nuclear power plants need a special safety regime to prevent accidents and mitigate the consequences of accidents. These safety regimes have different approach from other power plants and industrial sites. One of the most important value of this approach is site selection and evaluation. The criteria related to site selection and evaluation are vital values both in the construction, decommission and operation stages. The aim of this study is to define a set of criteria to identify suitable sites for building a nuclear power plant with using geographical information systems (GIS) capabilities. In application stage the criteria such as; seismicity, presence of cooling water and capable faults are defined by spatial objects in GIS environment and the study area is scored according to these criteria. In the decision making process weighted linear combination method is used as decision rule for the determination of suitable areas. As a result of the study, seven sites which could be suitable for nuclear power plant installation in the Western Black Sea Region have been identified and an approach has been developed for the use of GIS as an effective tool in the field of site selection for nuclear power plants.

1. GİRİŞ

Enerji temini ve elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların iklim değişikliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, doğalgazın ise belirli sayıda büyük üretici ülkeye bağlı olması dünya enerji arz kaynaklarını çeşitlendirme ihtiyacı doğurmaktadır. Nükleer santraller yüksek ilk yatırım maliyetlerine rağmen düşük işletme ve yakıt giderleri ile diğer seçenekler arasında avantajlı durumdadır (Kaya, vd., 2015). Ayrıca nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan madenlerin diğer kaynaklara oranla dünya geneline daha dengeli dağılımı olması, düşük karbon salımı ve uzun işletme ömürleri sayesinde pek çok ülke elektrik üretiminde nükleer enerjiden faydalanmaktadır (Brook, vd., 2014).

Türkiye'de elektrik üretiminin yaklaşık yarısı doğalgaza dayalı santraller tarafından gerçekleştirilmektedir. Doğalgaz temininin neredeyse tamamının ithalata dayanması diğer baz yük santrallerinin yanı sıra nükleer santralleri de Türkiye için önemli bir seçenek haline getirmektedir. Ülkemizin enerji talebi ve elektrik üretiminde mevcut kurulu gücü dikkate alınarak, arz güvenliğinin sağlanmasına ilişkin politikalar çerçevesinde, nükleer enerjinin elektrik üretim kaynakları arasına eklenmesine yönelik çalışmalar sürmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

* Corresponding author. This is useful to know for communication with the appropriate person in cases with more than one author.



Şekil 1. Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Süreçleri

Nükleer santraller diğer elektrik üretim tesisleri veya büyük endüstriyel tesislerden farklı olarak özel bir güvenlik yaklaşımına tabidir. Türkiye'nin de üyesi olduğu Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) yayınladığı SF-1 kodlu Temel Güvenlik İlkeleri dokümanına göre güvenlik; insanların ve çevrenin radyasyondan kaynaklanan risklere karşı korunması ve radyasyondan kaynaklı risk oluşturabilecek tesis ve aktivitelerin güvenliği olarak tanımlanmıştır. Yine aynı dokümana göre güvenlik kavramı hem normal işletme durumunu hem de olası bir kaza durumunu kapsar (International Atomic Energy Agency, 2006).

Nükleer güvenlik ise uygun işletme koşullarının sağlanması, kazaların önlenmesi, kaza sonuçlarının hafifletilmesi ve radyasyon riski oluşturabilecek tesis çalışanlarının, halkın ve çevrenin radyasyonun zararlarından korunması olarak tanımlanmıştır. Nükleer güvenliğin amacı radyoaktivitenin her koşulda tesis içerisinde kalmasını ve ayrıca bir kaza durumunda radyoaktivite salımının, yönetmeliklerce verilen sınır değerlerinin üzerine çıkmadan hayata geçmesini sağlamaktır (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2010).

Nükleer güvenliğin temini için ülkelerde nükleer tesislerin yer seçimi, kurulumu ve işletilmesine yönelik düzenleme ve denetimleri gerçekleştiren düzenleyici kurumlar bulunmaktadır. Türkiye'de nükleer alanda düzenleme yetkisi 1982 yılında çıkarılan 2690 sayılı kanun ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'na (TAEK) verilmiştir. Ertesi yıl yayınlanan "Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük" ile lisanslama süreci yer lisansı, inşaat lisansı ve işletme lisansı olarak üç aşamada tanımlanmıştır. Bu çerçevede bahsi geçen tüzük uyarınca nükleer tesisler nükleer güvenliğin temini için TAEK tarafından lisanslamaya tabi tutulur (Int Kyn. 1, 2017).

Türkiye'de nükleer santral kurulacak yerin lisanslanması yetkisi TAEK'e ait olmakla birlikte yer seçimi işi herhangi bir kurumun görev alanında değildir. Ancak nükleer güç santrali kurulması öngörülen sahalarda ve bu sahalarda yapılması gereken çalışmalarda nükleer güvenliğe ilişkin uyulması gereken esaslar Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik ile belirlenmiştir.

Nükleer santral kurulumu için seçilen yer ve nükleer santral birbiri ile etkileşim içerisinde. Yerin kendisinin, çevresinin ve insan kaynaklı dış olayların santrale doğrudan etkisi olduğu gibi bölgede bir nükleer santral bulunmasının da benzer şekilde tüm bu unsurlara etkisi vardır.

Seçilen yerin özellikleri, nükleer santral tasarımı, kurulum maliyeti ve süresi üzerinde de doğrudan etkilidir. Santralin güvenli olarak kurulup işletilmesi için yer seçimi ve değerlendirilmesi oldukça önemlidir, bu nedenle nükleer santralin kurulacağı yerin lisanslanması, nükleer lisanslama sürecinin ilk aşamasıdır.

Ulusal mevzuatımıza ek olarak Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren, Türkiye'nin de üyesi olduğu IAEA'nın SSG-35 kodlu güvenlik kılavuzuna göre nükleer tesislerin kurulacağı yere ilişkin değerlendirme işi iki ana süreç kapsamında tanımlanmıştır. Bunlar; yer belirleme süreci ve yer değerlendirmesi sürecidir. Bu iki süreç beş alt aşamaya bölünmüştür. Bunlar yer araştırmaları aşaması, yer seçimi aşaması, yer özelliklerinin belirlenmesi aşaması, işletme öncesi aşama ve işletme aşaması olarak belirlenmiştir. Bu aşamaların ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015)

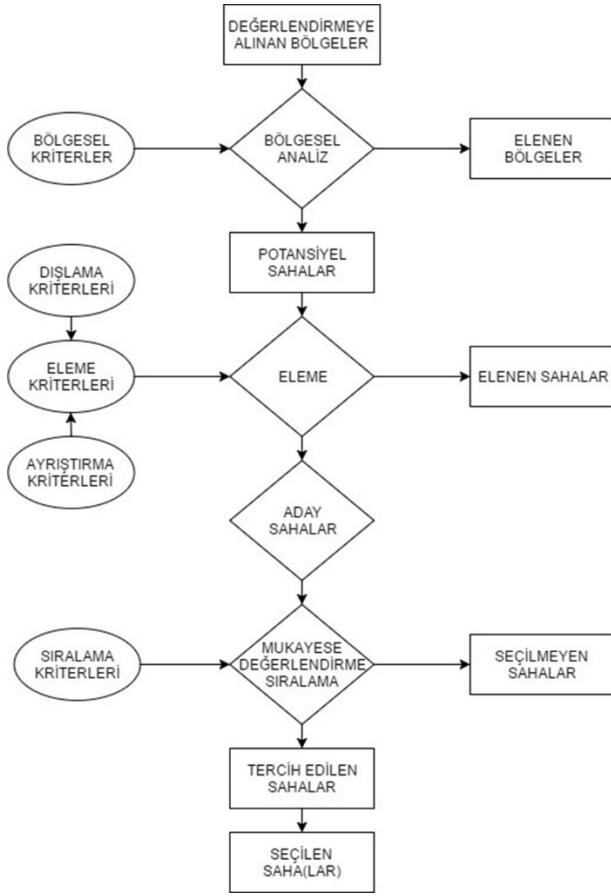
Bu çalışmada ise yer araştırmaları kapsamında çalışma bölgesinin belirlenmesi ve seçilen bölgede yer seçimi konuları işlenmiştir. Nükleer santrallerin kurulumu için aday sahalardan belirlenmesi sürecince pek çok kriterin birlikte değerlendirilmesi, izlenmesi, yorumlanması ve bu kriterleri ifade eden verilerin yönetilmesi için CBS kullanımı denenmiştir. Dünya genelinde birçok tesis ve hizmet için yürütülen yer seçimi çalışmalarında CBS tabanlı çok kriterli karar analizleri uygulanmaktadır (Rikalovic, vd., 2014). Nükleer santraller için de özellikle yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarında konuma dayalı analizler ile uygun yerlerin belirlenmesi için bir model geliştirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu sayede Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurmak için uygun yerleri belirlemek ve bu yolla nükleer santrallerin yer seçimi için CBS destekli bir karar destek süreci oluşturmak hedeflenmiştir.

2. NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME ÇALIŞMALARI VE TEMEL KRİTERLER

Yer belirleme süreci yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarını içerir. Yer araştırmaları aşamasında geniş bölgeler incelenerek ileri bir değerlendirme yapılmadan potansiyel yerler belirlenir. Yer seçimi aşamasında ise uygun olmayan yerler, bölgesel analizlere oranla daha detaylı ilave kriterler kullanılarak elenir ve yer değerlendirmesine tabi olacak, uygun olduğu varsayılan alanlar belirlenir. Bu aşamada nükleer güvenliğe ilişkin kriterler ile projenin zaman ve maliyet açısından uygulanabilirliğine etki edecek diğer kriterler kullanılarak uygun görülen yerler mukayese edilir ve öne çıkan yer veya yerler (tercih edilen saha ve yedek sahalardan) belirlenir. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı Şekil 2'de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015).

Yer değerlendirme süreci ise yer belirleme sürecindeki yer seçimi aşamasının bir bölümünü de kapsamakla birlikte esas olarak belirlenen sahalardan uygunluğunun teyidi için yer özelliklerinin belirlenmesi aşamasından oluşur. Yer seçimi çalışmalarının son bölümünde yer alan değerlendirme, mukayese ve sıralama işlemleri yer özelliklerinin belirlenmesinin ön aşaması kabul edildiğinden burada yer belirleme ve yer değerlendirme süreçlerinin üst üste bindiği ifade edilmiştir. Ayrıca yer değerlendirme süreci, işletme öncesi aşamada tasarım, inşaat ve kurulum dönemlerinde arazide yapılacak doğrulama çalışmaları, sahaya ilişkin kestirimlerin doğrulanması ve işletme aşamasında

güvenlik denetimlerini içerir (International Atomic Energy Agency, 2015).



Şekil 2. Yer Belirleme Çalışmalarına İlişkin İş Akışı

3. YÖNTEM

3.1 Çok Kriterli Karar Analizi ve Karar Kuralları

Çok kriterli karar problemlerinin bileşenleri üç başlıkta tanımlanabilir bunlar; karar verici, karar alternatifleri ve kriterlerdir (Zarghami, vd., 2011). Çok kriterli karar problemleri genellikle geniş bir uygulanabilir seçenek yelpazesi ile çoklu ve birbiriyle çatışan değerlendirme kriterleri içerir. Seçenekler genelde karar vericiler, yöneticiler ve paydaşlar gibi pek çok katılımcı tarafından değerlendirilir. Bu katılımcıların her biri değerlendirme kriterlerine farklı derecede önem verir. Bu sebeplerden çoğu konuma dayalı karar probleminin çözümünde CBS tabanlı çok kriterli karar analizi uygulanır (Malczewski, vd., 2006).

Ölçülebilir ve değerlendirilebilir kriterler karar analizinin temelini oluşturur. Konuma dayalı karar problemlerinde coğrafi varlıklara dair nicel ve nitel öznitelikler veya coğrafi varlıkların ilişkileri önemlidir. Bu sebeple çok kriterli karar analizi veri odaklıdır (Drobne, vd., 2009). Problemlerin çözüm süreçleri üç yaklaşım içerir. Bunlar; değer ölçeklendirme, kriterleri ağırlıklandırma ve karar kuralını belirlemedir (Malczewski, 1999). Karar kuralının belirlenmesi en temel seviyede seçeneklerin değerlendirilmesi ve karar verilmesi için süreç ve yöntemlerin belirlenmesini sağlar. CBS literatüründe karar kuralları birleştirme yöntemleri olarak da tanımlanır. Birleştirme yöntemleri seçenekler hakkındaki verilerin ve karar vericinin tercihlerinin birleştirilmesini sağlar (Yoon, vd., 1995).

Literatürde pek çok karar kuralı veya birleştirme yöntemi bulunmakla birlikte yaygın olarak; Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme, TOPSIS yöntemi, ELECTRE yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar uygulama alanı bulmaktadır. Bu kurallardan hangisinin kullanılmasının en uygun ve karar verici için en kullanışlı olduğu eldeki soruna bağlıdır. CBS destekli çok kriterli karar analizi uygulamalarında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemidir (Malczewski, vd., 2006).

Bu çalışmada da, UAEA'nın SSG-35 dokümanında tavsiye edilen metodoloji gözetilerek ve kriterlerin birbirleri ile etkileşiminin düşüklüğü sebebiyle, sıkça kullanılan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi seçilmiştir.

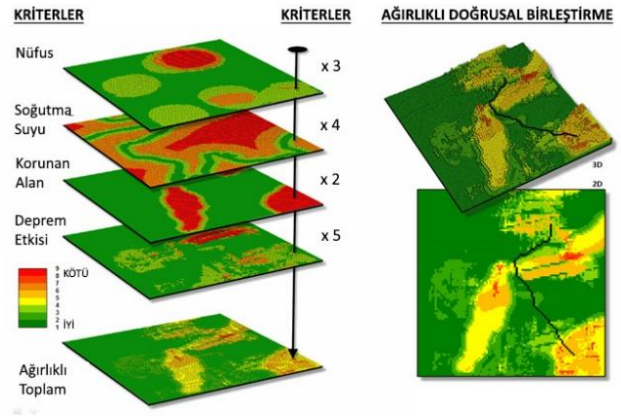
3.2 Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi

Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi sıklıkla arazi kullanımı, yer seçimi ve kaynak değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Sık başvuru alan bir yöntem olmasının temel sebebi harita uygulamaları ve kartografik modellerle CBS ortamında kolay uygulanabilir olmasıdır (Yoon, vd., 1995; Berry, 1993).

Karar seçenekleri $A(i)$, her bir (i) seçeneğinin j kriterine göre puanı $a(i,j)$, her bir (j) kriterinin ağırlığı $w(j)$ ile ifade edilirse Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme aşağıdaki matematiksel ifade ile açıklanabilir (Malczewski 2000).

$$A(i) = \sum_{j=1}^N a(i,j)w(j) \quad i = 1,2,3, \dots$$

Çalışma alanının her bir kritere göre puanlanması sonucu puan haritalarının oluşması, bunların ağırlıklarla çarpılarak birleştirilmesine dayanan yöntemin uygulanmasına ilişkin örnek Şekil 3' de sunulmuştur. (Int Kyn. 2, 2017)

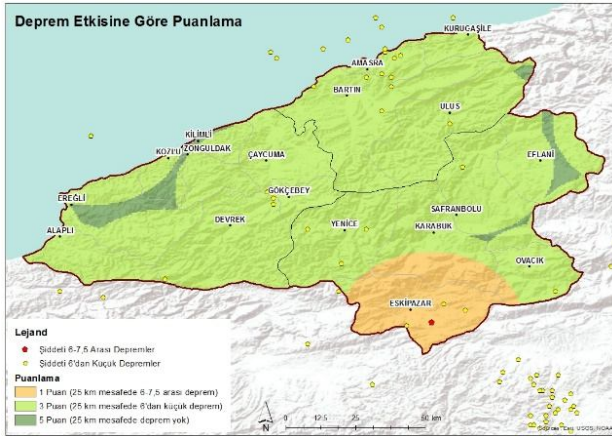


Şekil 3. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yönteminde Örnek Uygulama

İlk adımda hedefler, değerlendirme kriterleri ve bunlara ek olarak öznitelikler belirlenmelidir. Örneğin hedef olarak “nükleer santral kurulumu için uygun sahalı bulmak” seçildikten sonra buna yönelik değerlendirme kriterleri seçilmeli ve bu kriterlerin CBS ortamında ifade edilmesini sağlayacak öznitelik bilgileri tanımlanmalıdır. Öncelikle her tanımlanan her öznitelik kapsayıcı ve ölçülebilir olmalıdır. Aynı zamanda öznitelik bilgilerinin tam, işlevsel, ayrıştırılabilir, artıksız ve asgari seviyede olması önemlidir.

Tablo 1. Kriterlerin ağırlıkları

Puanlama esas alınarak nokta ile ifade edilen deprem verileri şiddet verilerine göre kategorilere ayrılmıştır. Ayrıştırılan verilerden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri 25 km mesafeye göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Bu puanlama doğrultusunda oluşan tematik harita Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. Deprem Etkisine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

4.5 Soğutma Suyu Mevcudiyetine Göre İnceleme

Nükleer santraller normal işletme koşullarında yoğunlaştırıcıda oluşan ısıyı atılması için su kaynaklarına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca suyun mevcudiyeti sadece normal işletme koşullarında değil aynı zamanda olası kaza durumlarında oluşacak ısıyı soğutulması için de gereklidir. Soğutma suyu mevcudiyeti için Avrupa Çevre Ajansı, Euro Geographics ve Geo Community açık kaynaklı verileri kullanılmıştır.

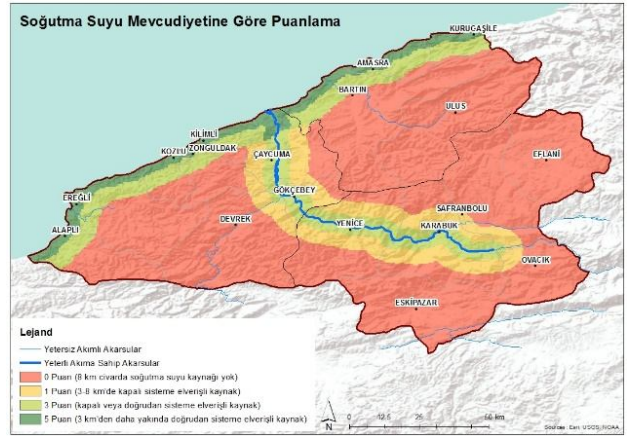
Çalışmada 1000MW üstü güce sahip, 4 veya daha fazla reaktörlü, tercihen doğrudan soğutma sistemi kullanılacak bir basıncı su reaktörü (PWR) kurulması kabulüne göre kurgulanmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına 75 m³/sn, dört reaktörlü bir santral için 300 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kapalı devre soğutmaya elverişli durumlarda 5 puan verilmemiş en yüksek 3 puan üzerinden puanlama yapılmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına 5 m³/sn, dört reaktörlü bir santral için 25m³/sn olarak hesaplanmıştır. Veri setinde soğutma suyu kaynağı olarak Karadeniz kıyı çizgisi ile ifade edilmiştir.

Akarsular da benzer şekilde çizgi nesneleri ile ifade edilmiş, öznetelik bilgisi olarak akım, derinlik ve ortalama ısı alınmıştır. Bu çerçevede, puanlama Tablo 4' deki gibi yapılmıştır.

Puan	Açıklama
5	0-3 km yakında doğrudan soğutma yapılabilecek güçlü kaynakların bulunması
3	3-8 km yakında doğrudan soğutma yapılabilecek güçlü kaynakların bulunması veya 0-3 km yakında kapalı devre soğutma yapılabilecek kaynakların bulunması
1	3-8 km yakında kapalı devre soğutma yapılabilecek kaynakların bulunması
0	8 km'den yakında soğutmaya elverişli kaynak bulunmaması

Tablo 4. Soğutma suyu mevcudiyetine göre puanlama

Bu puanlama doğrultusunda, doğrudan soğutma kaynağı olarak Karadeniz ve Filyos Çayı'nın çıkış ağzı, kapalı devre soğutma kaynağı olarak Filyos Çayı seçilmiştir. Kıyı kenar çizgisi ve akarsu verilerinden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 4'teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Soğutma Suyu Mevcudiyetine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

4.6 Nüfusa Göre İnceleme

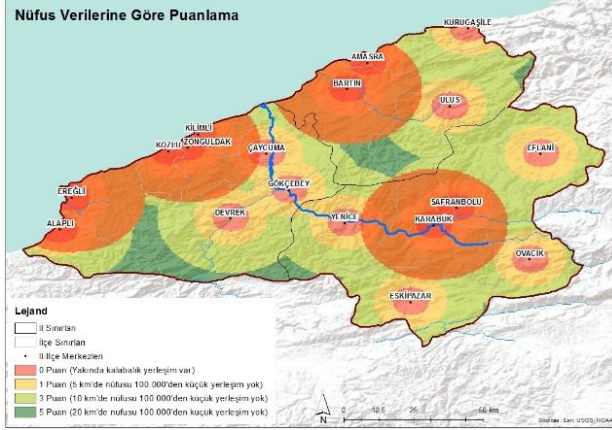
TAEK'in çıkardığı "Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik"e göre: "Acil durum planlama bölgesi içinde, mümkünse, santralin ömrü boyunca nüfustaki değişikliklere ilişkin öngörüler çerçevesinde acil durum önlemlerinin uygulanabilirliği gösterilir. Aksi takdirde, önerilen santral için sahanın uygun olmadığına karar verilir." Dolayısıyla bölgedeki nüfus ve santral sahasının nüfus merkezine uzaklığı acil durum planlaması ve planların uygulanabilirliği açısından önemlidir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve TAEK işbirliğinde hazırlanan ve Afet ve Acil durum Yüksek Kurulu onayı beklenen Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı'nda (URAP) radyasyon acil durumlarına hazırlık kapsamında tesisler kategorilere ayrılmıştır. Nükleer santraller 1. Kategoride değerlendirilmektedir. 1. Kategorideki tesisler için olası bir acil durumda derhal tahliye edilmesi gereken İhtiyati Eylem Bölgesi 5km olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde İhtiyati Eylem Bölgesi öncelikli olmak kaydıyla tahliye edilmesi, güvenli tahliye mümkün değilse tahliye mümkün oluncaya kadar sığınılması gereken (sığınma bir gün ile sınırlandırılmalıdır) Acil Koruyucu Planlama Mesafesi 20 km olarak tanımlanmıştır. Kaza sonrası yapılacak radyasyon izlemesi sonuçlarına ve yapılacak değerlendirmelere göre koruyucu eylemlerin uygulanacağı Genişletilmiş Planlama Mesafesi 100 km olarak tanımlanmıştır. Ayrıca meyve, sebze, süt ve yağmur suyu tüketiminin ve bölgedeki ticari malların dağıtımının kısıtlanması öngörülen Gıda Maddesi ve Ticari mal Kısıtlama Mesafesi 300 km olarak belirlenmiştir. URAP, UAEA'nın radyoaktif maddelerin dağılımı ve nüfus dağılımına ilişkin tavsiyelerin bulunduğu NS-G-3.2 kodlu güvenlik kılavuzu ışığında puanlama Tablo 5 'deki gibi yapılmıştır (International Atomic Energy Agency, 2002).

Puan	Açıklama
5	20 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
3	10 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
1	5 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
0	5km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunması veya 20 km'den yakında nüfusu 100.000'den fazla yerleşim bulunmaması

Tablo 5. Nüfus verilerine göre planlama

Veri setinde il sınırları ve ilçe sınırları alan, merkezleri ise nokta nesneleri ile ifade edilmiştir. Öznitelik bilgisi olarak şehir nüfusu, köy nüfusu, toplam nüfus bilgileri kullanılmıştır. İdari sınırların ve yerleşim merkezlerinin verisi Harita Genel Komutanlığı web sitesinden (Int Kyn. 3, 2017), nüfus verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu'nun Resmi İstatistik Portalından temin edilmiştir (Int Kyn. 4, 2017). Yerleşim merkezlerinin merkez nüfusları dikkate alınarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 5'teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8. Nüfus Verilerine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

Bölgenin nüfusu yaklaşık 1 Milyon civarındadır. Zonguldak bölgedeki iller içinde en fazla nüfus yoğunluğuna sahip il iken, Bartın en az nüfus yoğunluğuna sahip olan ildir. Zonguldak ve Bartın göç verirken Karabük ili göç almaktadır. Ancak bölgede genel eğilim göç verme yönündedir bölgedir. 2007-2012 yılları arasında üç ilde toplam net göç 25.000 dolaylarındadır. Özellikle 15-34 yaş grubu en fazla göç verilen yaş grubudur. Bölgede açılan yeni üniversiteler bölgeye alınan göçü artırarak bu oranı biraz olsun dengeleme eğilimindedir (Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2013).

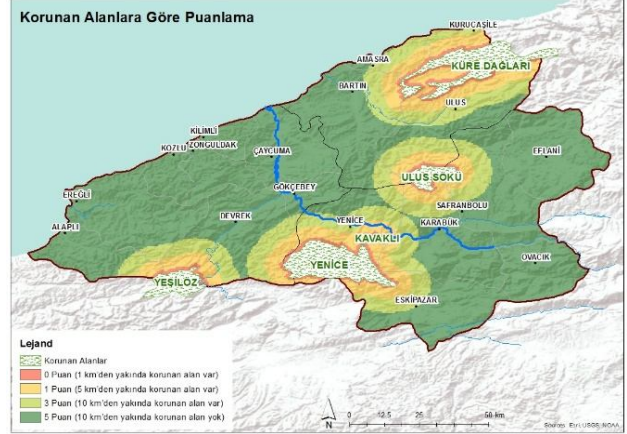
4.7 Çevresel Hassasiyete Göre İnceleme

UAEA'nın SSG-9 dokümanında saha civarının (site vicinity) 5 km olarak tanımlanması ve benzer şekilde TAEK'in "Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik"inde jeolojik olaylar ve jeoteknik tehlikelerin belirlenmesine yönelik saha çevresi araştırmalarının en az 5 km yarıçaplı alan dahilinde, saha araştırmalarının ise tesis merkezli 1 kilometrekarelik alanda yapılacağına ilişkin hüküm uyarınca saha etütlerinde bir engel ile karşılaşılması adına korunan alanlardan 1 km uzaklıktaki bölgeler elenmiş, 1-5 km arasındaki bölgelere ise düşük puan verilmesi değerlendirilmiştir. Ayrıca nükleer santral inşaatı esnasında korunan alanlarda bir tahribat meydana gelmemesi için bu mesafelerin uygun olduğu değerlendirilmiştir. Ek olarak korunan alanlarda etüt yapılması kesin olarak yasak değildir. Tabii zemine zarar verilmeden bazı etütler yapılabilme, özellikle gözlem nitelikli etütler ilgili kurumun nezareti veya izni ile yapılabilir. Veri setinde korunan alanlar alan nesneleri ile ifade edilmiştir. Veriler Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü web sitesinden temin edilmiştir (Int Kyn. 5, 2018). Öznitelik bilgisi olarak korunan alanların adları ve nitelikleri alınmıştır. Bu çerçevede, puanlama Tablo 6' daki gibi yapılmıştır.

Puan	Açıklama
5	10 km'den daha yakında korunan alan bulunmaması
3	10 km'den yakında korunan alan bulunması
1	5 km'den yakında korunan alan bulunması
0	1 km'den daha yakında korunan alan bulunması

Tablo 6. Korunan alanlara göre puanlama

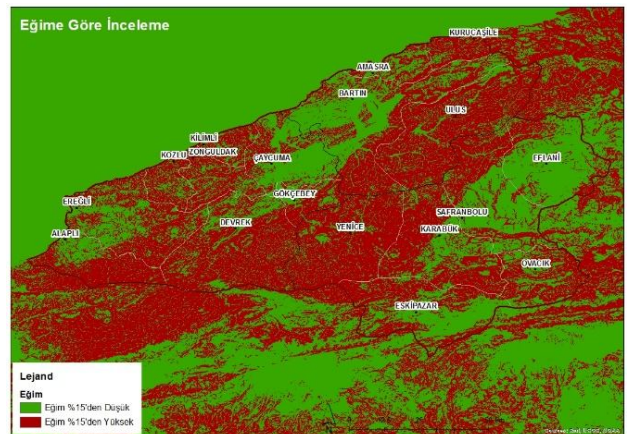
Korunan alan verilerinden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 6'daki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 9' da verilmiştir.



Şekil 9. Korunan Alanlara Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

4.8 Topografyaya Göre İnceleme

İncelemede yükseklik verisi olarak Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'nun (U.S. Geological Survey's - USGS) uydu ile elde ettiği Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sonucu elde edilen veriler kullanılmıştır (USGS, 2004). Eleme kriteri olarak topografik yapının reaktör güvenliğine etkileri göz önünde bulundurularak, Batı Karadeniz bölgesi 1 km²'lik gridlere bölünmüş ve her bir grid hücrelerinde ortalama eğim araştırılmıştır. Bu amaçla raster formatında indirilen yükseklik verileri ile Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemi ile enterpolasyon yapılarak önce bölgenin sayısal yükseklik modeli çıkartılmıştır. Ardından her bir grid hücreleri için ortalama eğim hesaplanmış ve tematik olarak haritalanmıştır. Haritalar Şekil 10'da verilmiştir. Değerlendirme sonucunda grid hücreleri içerisinde %15 ve üzeri eğime sahip bölgeler elenmiştir.



Şekil 10. Eğim Verilerine Göre Değerlendirme

Özetle; çalışmada tespit edilen 7 saha arasından hangisinin nihai olarak seçileceği, mukayesede kullanılacak sıralama kriterlerinin belirlenmesi ve her sahanın bu kriterlere göre değerlendirilmesi

sonucu belirlenmelidir. Bu değerlendirmeye uygun verilerin elde edilebilmesi için sahada etütlerin yapılması ve saha civarında çalışma yürütülmesi gerekmektedir. Benzer şekilde kapsamlı bir değerlendirme için yukarıda sıralanan disiplinlerde uzmanlardan oluşan bir ekibin çalışma yürütmesi önerilmektedir. Herhangi bir sahada karar kılınabilmesi ancak bu şekilde mümkün olacaktır.

6. KAYNAKÇA

- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2013. 2014-2023 Batı Karadeniz Bölge Planı Cilt 1: Mevcut Durum Analizi.
- Berry, J. K. 1993. Cartographic Modeling: The analytical capabilities of GIS, Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press.
- Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Blees, T., & van Erp, J. B. 2014. Why Nuclear Energy is Sustainable and Has to Be Part of The Energy Mix, Sustainable Materials and Technologies, 1: 8-16.
- Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation. 2002. Study of Potential Sites for the Development of New Nuclear Plants in the United States, U.S. Department of Energy.
- Drobne, S., & Lisec, A. 2009. Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging, Informatica, (33), 459 – 474.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016. 2017 Yılı Bütçe Sunumu.
- Giardini, D., Woessner, J., Danciu, L., Crowley, H., Cotton, F., Gruenthal, G., Pinho, R., Valensise, G., Akkar, S., Arvidsson, R., Basili, R., Cameelbeeck, T., Campos-Costa, A., Douglas, J., Demircioglu, M. B., Erdik, M., Fonseca, J., Glavatovic, B., Lindholm, C., Makropoulos, K., Meletti, F., Musson, R., Pitilakis, K., Sesetyan, K., Stromeyer, D., Stucchi, M., & Rovida, A. 2013. Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource, doi:10.12686/SED-00000001-SHARE.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. 2012. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-Of-The-Art Survey, Springer Science & Business Media, 186.
- International Atomic Energy Agency. 2002. Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, Safety Guide, NS-G-3.2.
- International Atomic Energy Agency. 2006. Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals, SF-1.
- International Atomic Energy Agency 2010. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No. SSG-9.
- International Atomic Energy Agency 2015. Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No. SSG-35.
- Kassim, M., Heo, G., & Kessel, D. S. 2016. A systematic methodology approach for selecting preferable and alternative sites for the first NPP project in Yemen. Progress in Nuclear Energy, 91, 325-338.
- Kaya, K., & Koç, E. 2015. Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi, Mühendis ve Makine Dergisi, 660, 61-68.
- Kim, I. Y., & de Weck, O. L. 2006. Adaptive weighted sum method for multiobjective optimization: a new method for Pareto front generation. Structural and Multidisciplinary Optimization, 31(2), 105-116.
- Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley & Sons, New York
- Malczewski, J. 2000. On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches, Transactions in GIS, (4), 5-22.
- Malczewski, J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, International Journal of Geographical Information Science, 20, 7, 703-726,
- Mays, G. T., Belles, R. J., Blevins, B. R., Hadley, S. W., Harrison, T. J., Jochem, W. C., Neish, B. S., Omitaomu, O. A., & Rose, A. N. 2012. Application of spatial data modeling and geographical information systems (GIS) for identification of potential siting options for various electrical generation sources, Oak Ridge National Laboratory.
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. 2014. GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection, Procedia Engineering, 1054-1063.
- Rizzo, P., Dubinsky, M., Tastan, E. O., & Miano, S. 2015. Site Selection for Nuclear Power Plants, International Nuclear Atlantic Conference – INAC, Sao Paulo.
- Stanimirovic, I. P., Zlatanovic, M. L., & Petkovic, M. D. 2011. On the linear weighted sum method for multi-objective optimization, Facta Universitatis, 26, 49-63.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu 2010. Günümüzde Nükleer Enerji.
- USGS 2004. Shuttle Radar Topography Mission. Maryland: Global Land Cover Facility, University of Maryland.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. 1995. Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, 104, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Zarghami, M., & Szidarovszky, F. 2011. Multicriteria analysis applications to water and environment management, Springer.

İnternet Kaynakları

- 1-<http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/478-nukleer-santrallara-lisans-verilmesi.html> (12.12.2017)
- 2-<http://www.innovativegis.com/basis-mapanalysis/topic19/topic19.htm>, (10.07.2017)
- 3-<https://www.hgk.msb.gov.tr/> (12.12.2017)
- 4-<http://www.resmiiistatistik.gov.tr/> (12.12.2017)
- 5-<http://geodata.ormansu.gov.tr/> (12.12.2017)