

[1019]

PORSUK HAVZASINDA MİNİ HİDROELEKTRİK SANTRAL POTANSİYELİNE SAHİP YERLERİN CBS İLE BELİRLENMESİ

Recep BAKIŞ¹, Yıldırım BAYAZIT², Güngör GÜNEY³

¹Prof. Dr., Anadolu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26470, Eskişehir, rbakis@anadolu.edu.tr

²Arş.Gör., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 11000, Bilecik, yildirim.bayazit@bilecik.edu.tr

³Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 11000, Bilecik, g_guney2010@hotmail.com

ÖZET

Enerji, ekonomik gelişme için kaçınılmaz ihtiyaçlardan biridir. Sürdürülebilir enerji kaynakları, ülke ekonomisi için kritik öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Çünkü fosil enerji kaynakları tükenebilir ve çevresel zararı vardır. Hidroelektrik enerji, çevre ve enerji-politika hedeflerine hizmet veren temiz, yenilenebilir ve güvenilir bir enerji kaynağıdır. Çevre ve enerji politikalarında yenilenebilir, alternatif ve çevreyi kirletmeyen kaynak aramak gereklidir. Hidroelektrik potansiyelleri hesaplamak için CBS konumsal analizi kullanılarak metodlar geliştirildi. Bu bildiride, Porsuk Havzasında teorik yüzey hidroelektrik potansiyelinin hesaplanmasında CBS uygulamasından bahsedilmiştir. CBS tabanlı hidroelektrik modelleme topoğrafik ve meteorolojik veri setleri kullanılarak, equiareal raster hücreleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin, topoğrafik özellikleri, aylık buharlaşma ve yağış verilerini içeren CBS veri katmanları kullanılarak analiz edilmiş ve derlenmiştir. Bu bildiri, Porsuk Havzasındaki nehirlerin bir hidroelektrik potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, bölgesel planlamada iş birliği içinde olan karar verici makamlar açısından önemlidir. Bu araştırmada, yüksek miktarlarda su bırakan akarsuları ve hidroelektrik santraller için olası yer potansiyellerini sırasıyla belirlemeyi sağlar.

Anahtar Sözcükler: CBS, Hidroelektrik Potansiyel, Mini Hidroelektrik Santral, Porsuk Havzası

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE LOCATION OF MINI-HYDROELECTRIC POWER POTENTIAL WITH GIS IN THE PORSUK BASIN

Energy is one of the indispensable need for economical development. Sustainable energy sources is crucial to the country's economy. Evaluation of renewable energy resources is quite important because of fossil energy sources are exhaustible and have an environmental damage. Hydropower is a clean, renewable and reliable energy source that serves environmental and energy policy objectives. It is therefore necessary to search for this renewable, alternate and non-polluting source of energy. Geographic Information System (GIS) spatial analyses have allowed developing a number of methodologies to calculate hydropower potentials. This paper discusses the application of a GIS to calculate the theoretical surface hydropower potential of the Porsuk Basin. GIS based hydrological modeling is performed on equiareal raster cells using topographical and meteorological datasets. The input data was compiled and analyzed using GIS data layers, including topographic characteristics, monthly evaporation and precipitation data. The study has shown that Porsuk Basin rivers has a hydropower potential. The results of this research are important for the regional planning in collaboration with the decision-making authorities. In this study, it may lead to actions to explicitly designate streams with high amounts of water releases and respectively potentials showing possible locations for hydropower plants.

Keywords: GIS, Hydropower Potential, Mini Hydropower Plant, Porsuk Basin

1.GİRİŞ

Türkiye’de sanayinin hızla büyümesi ve gelişen sosyo-ekonomik kalkınma ile beraber halkın hayat standardının hızla yükselmesi, elektrik enerjisine olan talebin giderek artmasına neden olmaktadır. Türkiye’de, enterkonnekte sistemin yaygınlaştırılması ve en küçük yerleşim birimine kadar uzatılması nedeniyle tüketiciye sağladığı kullanım kolaylığı, elektriğin toplam enerji tüketimi içindeki payının hızla artmasına neden olmuştur. Bu talebin sürekli artması sebebi ile elektrik enerjisi, sanayinin ve sosyal hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Enerji ihtiyacı, ülkenin öz kaynaklarından karşılanamadığı için yurt dışından fosil yakıt olarak (Doğalgaz, Kömür, Petrol ve Petrol Ürünleri şeklinde) ithal edilmektedir. Türkiye'nin enerji maddelerinin ithalatı için 2007’de 33.9 milyar dolar ve 2010’da 40 milyar dolar civarında döviz ödemiştir. 2013 yılında bu rakam 56 milyar dolar civarındadır. Bu da, toplam ithalatın yaklaşık beşte birini oluşturmuştur (TÜİK, 2011; Bakış, 2012; Altınbilek, 2000). Türkiye, bu ağır yükten kurtulmak, dışa bağımlılığı azaltmak ve sürdürülebilir, kesintisiz bir enerji arzı için, nükleer santrallere yönelmiştir. Bu amaçla, Mersin ve Sinop’ta iki adet nükleer santral kuracaktır. Ancak, dünyada, fosil yakıt rezervlerinin azalması ve yakılan fosil enerjinin çevreye yaydığı zararlı sera gazlarından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep son yıllarda bütün dünyada artmıştır. Oysa Türkiye’nin zengin yenilenebilir enerji kaynakları vardır. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından en zengin potansiyel, su kaynaklarıdır.

Sürdürülebilir bir kalkınma ve dışa bağımlılığı azaltmak için su kaynaklarının geliştirilmesi ve boşa akan suların ekonomiye kazandırılması, stratejik bir kaynak haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan hidroelektrik santraller (HES), dünyadaki elektrik gereksiniminin yaklaşık olarak %22'ni karşılamaktadır. Büyük HES'lerin alt grubu olan küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin (KHES) önemi, enerjinin değerli olması sebebi ile günümüzde daha değerli hale gelmiştir (Adıgüzel ve Tutuş, 2002; Bakış, 2012; Demirbaş ve Bakış 2003).

Bu bildiride, Porsuk havzasına ait su kaynaklarının geliştirilmesi ve sürdürülebilir bir kalkınma için mevcut havzadaki küçük akarsu potansiyellerinin yeniden değerlendirilmesi, su potansiyellerinin daha efektif kullanılması amacıyla, Porsuk çayı ve kolları üzerinde yeni planlaması yapılabilecek küçük ölçekli hidroelektrik santral (HES) noktalarının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) yardımıyla belirlenmesi hedeflenmiştir.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

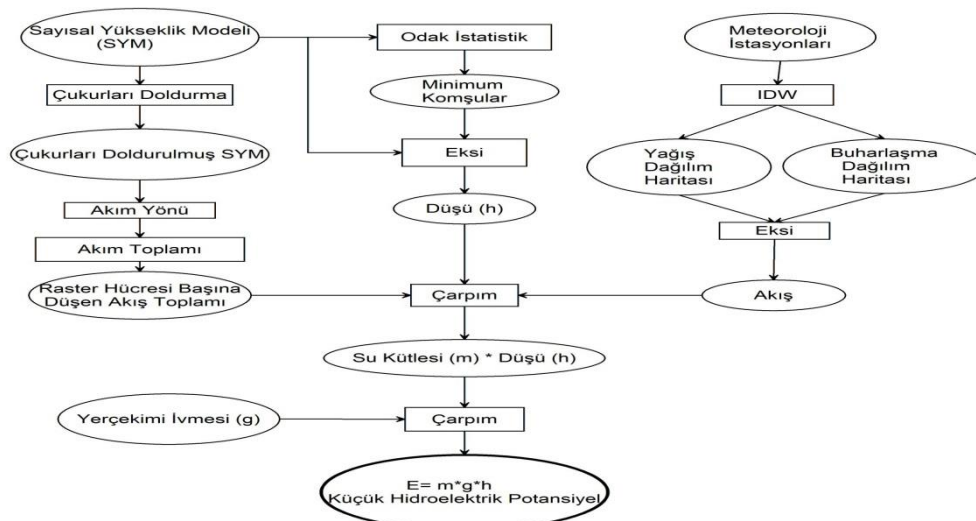
2.1.Materyal

Araştırmada, Porsuk havzası ve havza civarındaki komşu havzaları kapsayacak şekilde, Harita Genel Komutanlığından, temin edilen UTM 36N zonunda European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, 1/25.000 ölçekli 252 adet Vektör (sayısal harita) harita kullanılmıştır. Araştırmada, Porsuk havzasının mekânsal analizleri (spatial analysis), Coğrafi Bilgi Sistemleri (ArcGIS 10-CBS)-Geographic Information System-GIS) yazılımı (Anonim, 1992a; Anonim, 1992b; Aronoff, 1991) ile analiz edilmiştir (Garbrecht ve Martz, 1999; Pathak, 2008). Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİ) temin edilen, uzun yıllara dayanan veriler kullanılarak, havzanın meteorolojik özellikleri (yağış, sıcaklık ve buharlaşma) belirlenmiştir. (DMİ, 2016). Porsuk havzasındaki akarsular üzerinde halen ölçüm yapan veya kapatılmış olan Akım Gözlem İstasyonlarına (AGİ) ait akımlar, Devlet Su İşleri III Bölge Müdürlüğünden (DSİ) temin edilerek, gerekli akım analizleri yapılmıştır (DSİ, 2016).

2.2.Yöntem

Hidroelektrik enerji, özellikle son yıllarda çevresel etkileri ve sürdürülebilir özelliğinden dolayı tercih sebebi olmuştur. Pek çok ülke sahip olduğu hidroelektrik enerji potansiyelini kazanmak için gerekli yatırımları ivedilikle yapmaktadır. Türkiye, sahip olduğu topoğrafik özellikler ve su kaynakları göze alındığında, hidroelektrik enerji üretimi için oldukça avantajlı bir durumdadır.

Hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenebilmesi için düşüm yüksekliği ve akım (debi) büyüklüğü, en önemli parametrelerdir. Düşüm yüksekliği, sayısal topografi haritaları kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yazılımları yardımıyla hesaplanabilir bir parametredir. Akım miktarı, hidroelektrik enerji üretiminde kullanılacak net debiyi ifade etmektedir. Bu debi miktarı, düşen yağışlardan, kayıplar (sızma, tutma ve buharlaşma) çıkarıldıktan sonra yüzeyde kalan net su miktarıdır. Bu akım verisinin hesaplanabilmesi için, uzun yıllara dayanan, havzadaki akım gözlem istasyonlarının akım verileri, Meteoroloji Gözlem istasyonlarının, yağış ve buharlaşma verilerinin bilinmesi gerekmektedir. Potansiyel enerji, debi, yer çekim ivmesi ve topoğrafik yüksekliğe göre değişmektedir. Bu özellik kullanılarak, CBS programında, uygun veri şeması kullanılarak, baraj noktalarının yer seçimini yapılmıştır. Program'a girilen çalışmaya ait, akış diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.

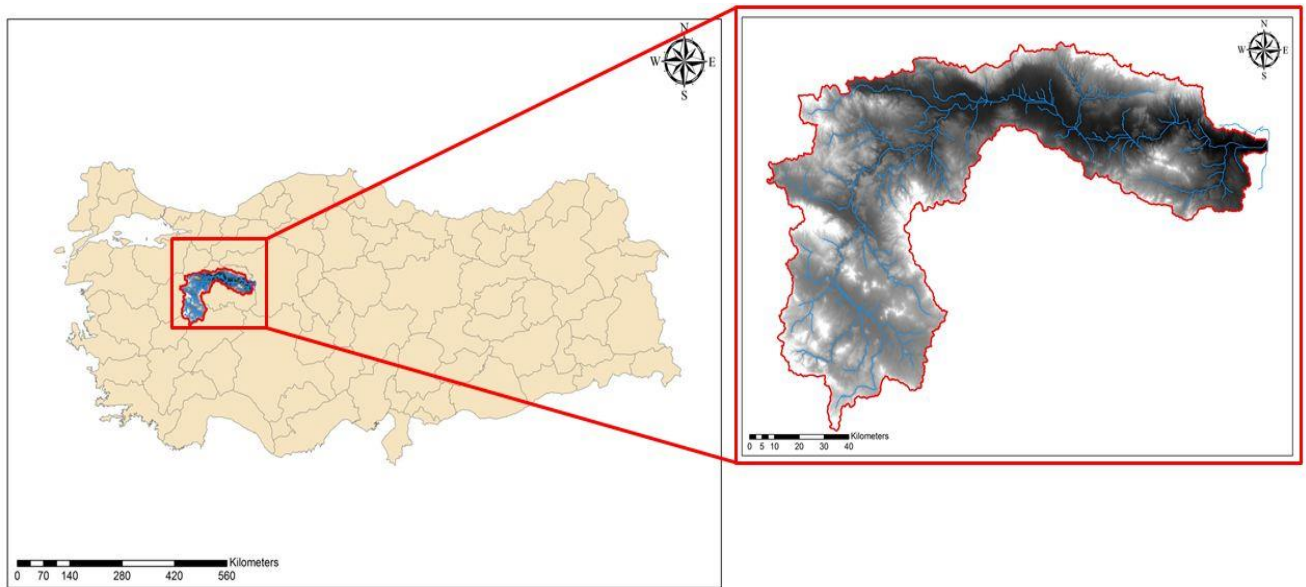


Şekil 1. Çalışma Metodolojisi (akış diyagramı)

Enerjiye duyulan ihtiyaç nedeniyle, çalışma çok önemlidir. Çünkü su kaynaklarının en iyi şekilde değerlendirilmesi noktasında oldukça önem arz etmektedir. Araştırmada, bir Hidroelektrik Santralin (HES) yerine karar vermede, CBS programı yardımıyla hızlı ve pratik bir şekilde ön fizibilitenin yapılması ve buna hızla karar verilmesi noktasında açısından önemli olduğu kanısındayız.

3.ARAŞTIRMA ALANI

Araştırma alanı, Porsuk Havzasıdır. Porsuk Havzası, Sakarya Havzasının bir alt havzası olup, kuzeybatı Anadolu'da 11113,66 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Havza, 29° 38'-31° 59' doğu boylamları ile 38° 44'-39° 99' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Doğu-Batı yönünde 202 km, kuzey-güney yönünde 135 km uzunluğundadır. Porsuk Havzası, Eskişehir ve Kütahya il merkezleri ile bu illere bağlı 7 ilçe merkezini, Ankara, Uşak ve Afyon il sınırları içinde kalan bazı kısımları da ihtiva etmektedir (Şekil 1). Havzanın %60'ından fazlası dağlıktır. Porsuk Havzasının yüzey suları, Porsuk Çayı ve yan kolları tarafından toplanır ve havza içinde 436 km yol kat ettikten sonra, Sazılar mevkiinde, 660 m kotunda, Sakarya nehrine dökülür. Porsuk Havzasının uzun süreli yıllık ortalama yağış yüksekliğinin 451 mm olması nedeniyle, su potansiyeli azdır. Havzanın toplam yıllık su potansiyeli 481 hm³'tür (DSİ, 1986; DSİ, 1983). Yani, kurulu gücü büyük olan santrallerin çalışması için yeterli hidrolik potansiyel mevcut değildir. Ancak, küçük hidrolik santrallerin kurulması bakımından uygun bulunmuştur.



Şekil 2. Porsuk Havzası

4.PORSUK HAVZASINDAKİ HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ

Porsuk havzasındaki hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktalar, CBS programı kullanılarak ve Şekil 1'de gösterilen akış şemasına göre, veriler girilerek yapılmıştır. Çalışmada ilk olarak havzanın yağış ve buharlaşma gibi meteorolojik özelliklerinin değerlendirilmesiyle başlanmıştır. Havza içi ve civarındaki meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan veriler alansal bazda interpolasyona tabi tutularak, havzanın yağış ve buharlaşma dağılım haritaları oluşturulmuştur (haritalar burada verilmemiştir). Çalışmada kullanılan CBS yazılımı (ArcGIS Inverse Distance Weighted, IDW- Uzaklığın Ters Ağırlıklandırma) metodu kullanılmıştır. Bu metod, örneklem nokta verilerinden enterpolasyonla grid üretmede çoğunlukla tercih edilen ortak bir yöntemdir (Bakış R., ve Arkadaşları, 2012, 2013). IDW enterpolasyon tekniği, enterpole edilecek yüzeyde, yakındaki noktaların uzaktaki noktalarda daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayandırılır. Bu teknik enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasına göre bir yüzey enterpolasyonu yapar. Dolayısıyla bu çalışma için porsuk havzasında kalan veya ona en yakın meteoroloji istasyonlarındaki yağış ve buharlaşma değerlerinin enterpolasyonu etkilme katsayısı büyükken, havzaya uzakta kalan noktaların değerleri daha az etkililir.

Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma (IDW), yakın noktalara, uzak noktalardan daha yüksek ağırlık değeri atayan ve mümkün olan tüm örnek noktalarını dikkate alan bir tahminleme yöntemidir. Her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına göre ters oranda ağırlık değeri alır. x_0 noktasındaki tahmini değer, denklem 2'de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$W_i = \frac{1}{d_i^p(x_i)} \quad (1)$$

$$Z^*(x_0) = \sum W_i \cdot Z(x_i) \quad (2)$$

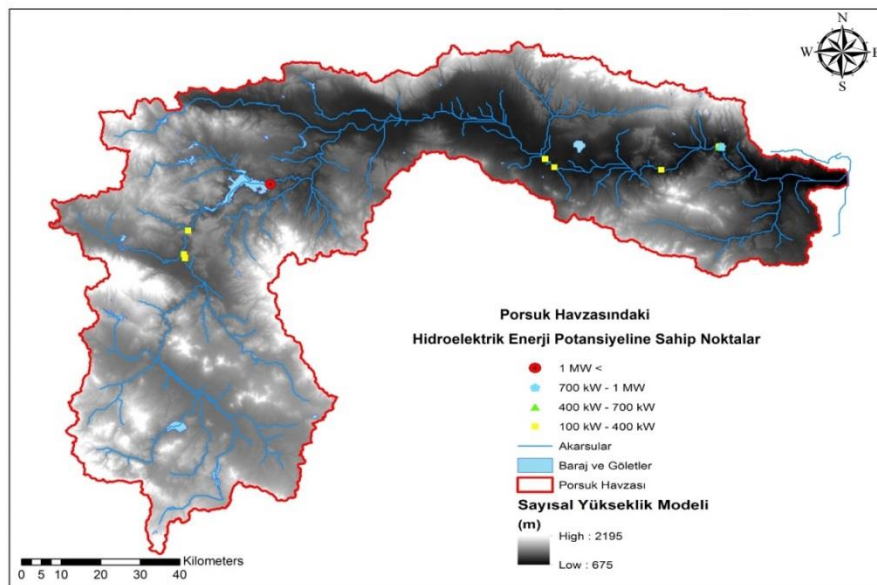
Burada; $Z^*(x_0)$: x_0 noktasındaki tahminin değerini, $Z(x_i)$: x_i noktasındaki örnek noktasının değerini, W_i : x_i noktasındaki örneğin x_0 noktasına göre ters uzaklık ağırlığını, d : örnek noktası ile tahmini yapılacak nokta arasındaki uzaklığı, p : üssel değeri, n : örnek nokta sayısını ifade etmektedir.

IDW metodu kullanılarak oluşturulan yağış ve buharlaşma dağılım haritaları birbirinden piksel bazında çıkarılarak yeni bir net akış raster haritası oluşturulmuştur. Bu harita oluşturulurken piksel hesaplamaları yapabilmek için yağış ve buharlaşma dağılım haritalarının 10x10 m boyutlarında, aynı piksel boyutlarına sahip olmasına dikkat edilmiştir. Eğer bu raster haritalar birbirinden farklı piksel boyutuna sahip olurlarsa, yazılım üzerinde işlem yapmak mümkün olmayacaktır.

Net akış raster verisi elde edildikten sonra, UTM 36N zonunda European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, 1/25.000 ölçekli 252 adet Vektör (sayısal harita) harita kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeli (SYM veya DEM) oluşturulmuştur. SYM coğrafi bir bölgenin yükseklik bilgisini veren bir modeldir. Piksellerde oluşan raster veridir. Her bir piksel bir yükseklik değerini içerir. ArcGIS yazılımında bir SYM oluşturulurken bazen piksellerde çukur kusurları meydana gelir bu da akışı engelleyen faktörlerden birisidir. Bunun önüne geçebilmek için ilk olarak SYM'nin çukurları "Fill" işlemiyle doldurulur. Daha sonra oluşan çukurları doldurulmuş SYM verisinden "Akış Yönleri" veri katmanı oluşturulur. Bu akış katmanından sonra ise suyun akış toplamını veren "Akış toplamı" katmanı meydana getirilir. Bu akış toplamı katmanı ve daha önce oluşturulan, net akış veri katmanı birbirleriyle piksel bazında çarpılarak "m" (toplam su kütlesi) verisi hesaplanmış olur. Potansiyel enerjinin bir diğer bileşeni de net düşüdür. Net düşü SYM'nin odak istatistik yöntemiyle birbirine minimum komşuluk yapan piksellerin birbirinden çıkarılmasıyla elde edilen veri katmanıdır. Bu veri katmanı da potansiyel enerji denklemi içerisinde "h (Net Düşü)" olarak ifade edilmektedir. Potansiyel enerji denklemine (3) ifdesi ile verilmiştir. Buna göre;

$$E \text{ (hidroelektrik enerji potansiyeli)} = m \text{ (su kütlesi)} \times g \text{ (yer çekimi ivmesi)} \times h \text{ (net düşü)} \quad (3)$$

Denklem 3'e göre, potansiyel enerjinin bir diğer bileşeni de yer çekimi ivmesidir. Bu değer 9.81 m/s^2 olarak alınmıştır. Potansiyel enerjiyi veren tüm değerler hesaplandıktan sonra, tüm bu veriler birbirleriyle çarpılarak sonuç (potansiyel enerji) harita katmanı oluşturulmuştur. Porsuk havzasında muhtemel hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktalar Şekil 3'de, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3. Porsuk havzasındaki hidroelektrik enerji potansiyeline sahip muhtemel noktalar.

Şekil 3. İncelediğinde, CBS programına ve program içinde tanımlanan akış şemasına göre, Porsuk Havzasında, 1 MW kurulu gücün üzerindeki hidroelektrik enerji potansiyeline sahip nokta, hâlihazırda mevcut Porsuk barajının olduğu yerde çıkmıştır. Bu durum bize sulama ve içme suyu olarak kullanılan Porsuk barajının hidroelektrik enerji potansiyelinin de mevcut olduğunu göstermektedir. İlk yatırım maliyetleri çok yüksek olmadan bu baraja bir santral kurulum 1 MW ve üzerinde elektrik enerjisi üretmek mümkün olacaktır. Yine, Şekil 3'teki harita incelendiğinde 100 kW–400 kW; 400 kW–700 kW; 700kW- 1 MW, 1 MW ve üzerinde hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktalar gözükmektedir.

Tablo 1. Porsuk havzasındaki olası hidroelektrik enerji potansiyeline sahip noktaların sayısı ve konumları.

Hidroelektrik Enerji Potansiyeli	Yer (nokta) Sayısı
100 kW- 400 kW	72
400 kW-700 kW	8
700 kW- 1 MW	2
>1 MW	1

Tablo 1'e göre, Hidroelektrik enerji potansiyelleri 100 kW–400 kW arasında olan HES nokta sayısı 72; 400 kW–700 kW arasında 8; 700 kW–1 MW arasında 2; 1 MW ve üzerinde ise 1 adet HES yeri belirlenmiştir.

(1)

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfusun ve kentleşmenin hızla büyümesi, yaşam standardının artması ve sanayileşmenin de hızlı gelişimine bağlı olarak, yeni teknolojilerin kullanıma soktuğu makina ve araç çeşitlenmesi gibi faktörler nedeniyle enerjiye duyulan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Bu kapsamda, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan hidroelektrik enerjinin önemi ortaya çıkmaktadır. Hidroelektrik enerji, su kaynaklarının en verimli şekilde değerlendirilmesiyle geliştirilebilir. Ülkemiz, su kaynakları açısından çok zengin bir ülke değildir. Ancak, topoğrafik şartlar, mevcut su kaynaklarından elektrik üretimini avantajlı hale getirmektedir. Bu nedenle, su akışları az olan akarsulardan faydalanmak için, bu akarsular üzerinde küçük HES'lerin geliştirilmesi çok önemlidir. Böylece hem suyun enerjisinden faydalanma, hem ülke ekonomisinin kalkınmasına yol açacaktır. Tüm bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda, mini hidroelektrik santrallerin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu araştırmada, Porsuk Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Buna göre, Porsuk Havzasındaki su kaynakları araştırılarak mini hidroelektrik enerji potansiyeline sahip yerler, Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) faydalanılarak belirlenmiştir. Literatüre göre, mini HES'ler, genelde, 1MW'tan küçük kurulu güce sahip olduğu kabul edilmektedir. Çalışmada, ayrıca, 1MW'tan büyük enerji noktaları da tespit edilmiştir. CBS analizleri sonucunda, havzada toplam, 83 adet HES yeri bulunmuştur. Bu çalışmanın bir ön araştırma çalışması olduğu unutulmamalıdır. Bu analiz sonucunda bulunan santral yerleri, bölgenin topoğrafik ve jeolojik durumu dikkate alınarak, arazi keşifleri yerinde yapılarak, planlamacılar tarafından, en uygun baraj yerine karar verilmelidir. Bu çalışmada, CBS'nin, su kaynaklarının değerlendirilmesinde hızlı ve doğru karar vermede ne kadar önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Son yıllarda CBS'nin su kaynakları entegrasyonu konusunda birçok çalışmada kullanıldığı bilinmelidir. Bu araştırma, literatüre yeni bir bakış açısı getirerek, Türkiye'de, büyük ve küçük pek çok havzada, hidroelektrik enerjinin, CBS yazılımları kullanılarak hesaplanmasında, araştırmacılara kolaylık sağlayacağı ve bu çalışmanın rehber olacağı ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR

Adıgüzel, F., Tutuş A., 2002, Small hydroelectric Power Plants in Turkey, *Hydro 2002, Development, Management Performance, Kiriş, Turkey, Proceedings*, 283-292.

Altınbilek, D., 2000, Hydroelectric Development Plans in Turkey, *DSI, The General, Directorate of State Hydraulic Works of Turkey*, (<http://www.dsi.gov.tr>).

Anonim, 1992a., Grid Commands References, Arc/Info User's Guide, *Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA*.

Anonim, 1992b., Cell-based Modelling with Grid, Arc/Info User's Guide, *Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA*.

Aronoff, S., 1991, Geographic Information Systems: A Management Perspective, *WDL Publ., Canada*.

Bakış, R., 2012, Zap Suyu Havzası Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması, Proje No.: 090234 (06.10.2009-01.10.2012), (BAP), Proje Yürütücüsü, Eskişehir.

Bakış, R., Bayazıt, Y., Uyguçgil, H., 2012, Seydisuyu Havzasındaki Yağış, Sıcaklık ve Buharlaştırma Dağılımlarının

Uzaklığa Bağlı Tahminleme Yöntemleri İle Haritalanması, *4.Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 16-19 Ekim, Zonguldak.

Bakış, R., Bayazıt, Y., Uyguçgil, H., 2013, Porsuk Havzasındaki Yağış, Sıcaklık ve Buharlaşma Dağılımlarının Uzaklığa Bağlı Tahminleme Yöntemleri ile Haritalanması, *İnşaat Mühendisleri Odası Taşkın ve Heyelan Sempozyumu*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 24-26 Ekim.

Demirbaş, A., Bakış, R., 2003, Turkey's Water Resources and Hydropower Potential, *Energy Exploration & Exploitation*, Vol. 21, Number 5&6, 405414.

DMİ, 2016, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, (www.dmi.gov.tr).

DSİ, 1986, Porsuk-Eskişehir Darıdere Barajı İlave Sahalar Planlama Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, III. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir.

DSİ, 1983, Porsuk Eskişehir Projesi Beylikova Depolama Tesisi ve Sulaması Projesi Planlama Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, III. Bölge Müdürlüğü, Eskişehir.

DSİ, 2016, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, (www.dsi.gov.tr).

Garbrecht, J., Martz, L.W., 1999, Digital Elevation Model Issues In Water Resources Modelling, *19th ESRI International User Conference*, Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, July 26-30.

Pathak, M., 2008, Application of GIS and Remote Sensing for Hydropower Development in Nepal, *Hydro Nepal*, Issue No. 3, 1-4.

TUİK, 2011, Türkiye İstatistik Kurumu, (www.tuik.gov.tr).