

ARASTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE

**NEHİL ÇAYI HAVZASININ ANALİZİ VE HİDROELEKTRİK ENERJİ
POTANSİYELİ**

Recep BAKIŞ¹, Serdar GÖNCÜ², Elif GÜMÜŞLÜOĞLU³

ÖZ

Türkiye’de enerji ihtiyacı, ülkenin öz kaynaklarından karşılanamadığı için yurt dışından ithal edilmektedir. Oysa Türkiye’nin zengin yenilenebilir su kaynakları vardır. Bu makalede, Nehil Çayının (Zap suyu alt havzası) sahip olduğu hidroelektrik enerji potansiyeli, bu kaynağın efektif kullanımına ve böylece ülkenin enerji açığını kısmen kapatmaya yönelik olarak araştırılmıştır. Araştırma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Uzaktan Algılama metotları kullanılarak yapılmıştır. Ön araştırmaya göre, Nehil Çayı havzasında bir adet barajın planlaması yapılmış ve bu barajın olası maliyetleri ve buradan temin edilebilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Barajın toplam maliyetleri ve kurulu gücü Simahpp yazılımı ile hesaplanmıştır. Simahpp yazılımına göre, Nehil Çayı havzasında planlanan barajın toplam maliyeti ve kurulu gücü, $41,3 \times 10^6$ US\$ ve 25,2 MW olarak elde edilmiştir. Yılda üretebileceği elektrik enerjisi miktarı ise 39,8 GWh olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Baraj planlama, Elektrik üretimi, Hidroelektrik santraller, Su potansiyeli, Nehil Çayı havzası

**THE ANALYSIS OF NEHIL CREEK BASIN AND ITS HYDROELECTRIC ENERGY
POTENTIAL**

ABSTRACT

The required energy of Turkey is being imported from foreign countries since it cannot be met by the country’s own resources. However, Turkey has rich renewable water resources. In this paper, the hydropower potential of Nehil Creek, which is a subbasin of Zap basin, is investigated considering the effective use of this source and covering the existing energy gap, partially. Here, Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) methods were used. According to preliminary research, one dam has been planned to be installed on the Nehil Creek basin. The possible costs of this dam and the amount of annual electric energy that can be obtained were calculated. The total costs and the total installed power capacity of the dam were solved by using the Simahpp software. According to the Simahpp, the total cost and installed power capacity of the dam were found as $41,3 \times 10^6$ US\$ and 25,2 MW, respectively. The total annual electricity to be produced by the dam was found as 39,8 GWh.

Keywords: Dam Planning, Electricity production, Hydropower plants, Water potential, Nehil Creek basin

¹ Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İki Eylül Kampüsü, 26470, Eskişehir
Tel:0222-3213550-6605 e-mail: rbakis@anadolu.edu.tr

² Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

³ Anadolu Üniversitesi, Uydü ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Eskişehir

Geliş: 13 Haziran 2012 ; **Düzeltilme:** 24 Temmuz 2012 ; **Kabul:** 22 Ağustos 2012

1. GİRİŞ

Türkiye’de sanayinin hızla büyümesi ve hayat standardının hızla yükselmesi sebebi ile enerjiye olan talep sürekli artırmaktadır (Oğulata, 2003; Ünal, 2003, Erkan ve ark., 2010; Önal ve Yarbay, 2010). Türkiye’de, enerjinin büyük bir kısmı elektrik enerjisi olarak tüketilmektedir. 2004 yılında, 150×10^9 kilovatsaat (kWh), 2008 yılında, 162×10^9 kWh ve 2010 yılı sonunda 200×10^9 kWh tüketim seviyesine ulaşmıştır (Bakış Ve ark., 2012). Elektrik tüketiminin, 2012 yılı başında 214×10^9 - 216×10^9 kWh seviyesi arasında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’nin elektrik enerjisindeki yıllık artışın, 2030 yılına kadar yapılmış projeksiyonlara göre %6-8 arasında olacağı ve kişi başına tüketimin 5200 kWh olacağı planlanmıştır (Erdoğan, 2011; DSİ, 2011; Yüksel, 2008).

Öte yandan, Türkiye’nin enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır (IEA, 2009). Enerji ihtiyacı, ülkenin öz kaynaklarından karşılanamadığı için, enerji açığı yurt dışından elektrik ve doğalgaz ithal edilerek giderilmektedir. Türkiye, enerji maddelerinin ithalatı için 2007’de 33,9 milyar dolar ve 2010’da 40 milyar dolar civarında döviz ödemiştir (TÜİK, 2011, 2010; Enerji Haber, 2009). Bu rakam toplam ithalatın yaklaşık beşte birini oluşturmuştur. Diğer yandan, dünyada, petrol, doğalgaz ve kömür rezervlerinin azalması ve yakılan fosil enerjinin çevreye yaydığı zararlı sera gazlarından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep son yıllarda bütün dünyada artmıştır (Denholm ve ark., 2010; Yüksel, 2008; Bakış, 2005).

Türkiye’nin zengin yenilenebilir su kaynakları, sürdürülebilir bir kalkınma ve dışa bağımlılığı azaltmak için mükemmel kaynaklardır. Bu bakımdan, su kaynaklarının geliştirilmesi ve boşa akan suların ekonomiye kazandırılması, stratejik bir hedef haline gelmiştir. Su kaynakları yenilenebilir, çevre kirliliği yaratmayan, temiz ve yerli bir enerjidir (Altınbilek, 2000; Bakış ve ark, 2008; Bayazit ve Avcı, 1997). Türkiye’de, yılda 86 milyar kWh hidroelektrik enerjisi yararlanılmadan denizlere akmaktadır (DSİ, 2011; EİE, 2009, 2007) ve bu enerjinin parasal değeri, vergiler hariç, yıllık 9,86 Milyar US\$’dır.

Bu araştırmanın amacı, Zap Suyu alt havzası olan Nehil Çayının hidroelektrik enerji potansiyelini araştırarak ülke enerji açığını kıs-

men kapatmak amaçlı kullanılabilirliğini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırmada, Nehil Çayı havzası ve havza civarındaki komşu havzaları kapsayacak şekilde 1/25.000 ölçekli 293 adet raster harita (Verisi taranmış ve rektifiye edilmiş / koordinatlandırılmış) ve 293 adet vektör harita (sayısal harita), UTM 38N zonunda European Datum 1950 (ED50) koordinat sisteminde, Harita Genel Komutanlığından (HGK) temin edilmiştir (HKG, 2010). Ayrıca, yine bölgeyi kapsayan ve arazi sınıflandırması ve jeolojik formasyonun belirlenmesi amacı ile 18 adet Aster 3A-01 uydu görüntüsü temin edilmiştir (NİK, 2010).

Araştırmada, Nehil Çayı havzasının mekânsal analizlerinin (spatial analysis) yapılması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)-Geographic Information System-GIS) yazılımı ArcGIS 9.3.1. (Anonim, 1992a; Anonim, 1992b; Aronoff, 1991) ve arazi kullanım sınıflandırması için Uzaktan algılama (UA-Remote sensing) yazılımı Erdas8.6 yazılımı kullanılmıştır (Garbrecht and Martz, 1999; ERSDAC, 2003; Pathak, 2008). Çalışma alanının tam olarak belirlenebilmesi için, öncelikle bütün Zap Suyu havzası bir bütün olarak analiz edilmiş ve daha sonra Nehil Çayı havzasına geçilmiştir.

Havzanın meteorolojik özelliklerinin (yağış, sıcaklık, buharlaşma, nispi nem, rüzgar, vb.) uzun dönemli büyüklüklerin belirlenmesi için gerekli veriler, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (DMİ) temin edilmiştir (DMİ, 2009). Nehil Çayı ve havzadaki diğer akarsular üzerinde halen ölçüm yapan veya kapatılmış olan Akım Gözlem İstasyonlarına (AGİ) ait veriler, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden (DSİ) elde edilmiştir (DSİ, 2009; EİE, 2009). Temin edilemeyen ve gerekli olan eksik yıllara ait debi değerleri, korelasyonla doldurulmuştur (Guenther ve ark., 1990; Elshorbagy ve ark., 2000).

Araştırmalar sonucu, Nehil Çayı üzerinde uygun bulunan noktada seçilen baraj aks yeri akım verileri (debiler), alan oranı metodu ile EİE 26-22 nolu Nehil Çayı-Konak Akım Gözlem İstasyonundan (AGİ) taşınmıştır. Drenaj-alan oranı metodu, bir akarsu üzerindeki Akım Gözlem İstasyonundan (AGİ) elde edilen akım verilerinden yola çıkılarak, AGİ’nun mansap veya membasındaki bir noktaya ait orantı kullanılarak, debi değerlerinin tahmin

edilmesine yönelik bir yöntemdir (Asquith ve ark., 2006; Anonim 1987a; Emerson ve ark., 2005). Bu yöntem, literatürde çeşitli araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Emerson and Dressler, 2002; Yanık ve Avcı, 2005). Metodun uygulanabilirliği, iki ölçüm istasyonu arasındaki havzanın hidrolojik karakteristikleri ile yakından ilişkilidir. Bu yöntem aşağıdaki (1) denklemi ile açıklanabilir,

$$Q_1 = \kappa \cdot \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^\phi \cdot Q_2 \quad (1)$$

Burada,

Q_1 : 1 noktasındaki (aranan) akım değeri, m³/s,

Q_2 : 2 noktasındaki (bilinen) akım değeri, m³/s

A_1 : 1 noktasının drenaj alanı, km² A_2 : 2 noktasının drenaj (bilinen) alanı, km²

ϕ : Üstel katsayı; K_{12} : 1- 2 istasyonları arasındaki düzeltme katsayılarıdır.

Düzeltilme katsayıları, bir arada ele alınarak tek bir düzeltme katsayısı, K 'ya çevrilmektedir (Wiche ve ark., 1989). Baraj aksına taşınan debiler, barajın seçilen düşüm yüksekliğine göre Simahpp-4 (Simulation to Evaluate the Feasibility of Hydropower Projects) programı kullanılarak barajın kurulu gücü ve üreteceği elektrik enerjisi miktar hesaplanmıştır.

3. ARAŞTIRMA ALANININ TANITILMASI

Araştırma alanı, Zap Suyu havzasının bir alt havzası olan Nehil Çayı havzasıdır. Aynı zamanda, Zap Suyu havzası, 26 nolu Dicle havzasının bir alt havzasıdır (Şekil 1) (DSİ, 2010; EİE, 2009). Dicle havzası, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi sınırları arasında bulunmaktadır. Zap Suyu havzasının koordinatları, 37°13'57" - 38°23'12" enlemleri ve 43°17'59" - 44°33'36" boylamları arasındadır. Zap Suyu hidrolojik havzasının Türkiye sınırları içindeki toplam alanı, 9447,2 km² olup, Türkiye yüzölçümünün %1,211'sini kapsamaktadır. Havza, Hakkâri ilinin çok büyük bir kısmını, Van ve Siirt illerinin ise küçük bir kısmını kapsamaktadır.

Havzanın en büyük akarsuyu, Zap Suyu'dur. Zap Suyu, Van Gölünü çevreleyen dağların güney yamaçlarından doğar. 2200 m kotlarından toplanarak bir akarsu halini alır. Türkiye topraklarında yaklaşık 200 km uzunlukta olan ana kol, 763 m kotunda Irak topraklarına geçer. Nehil Çayı, Zap Suyunun bir ana koludur. Nehil Çayı Havzasının toplam alanı 1165,856

km²'dir. Nehil Çayı 1550 kotlarında, Zap Ana koluna karışmaktadır. Bu havzanın en büyük yerleşim alanı, Yüksekova ilçesidir.

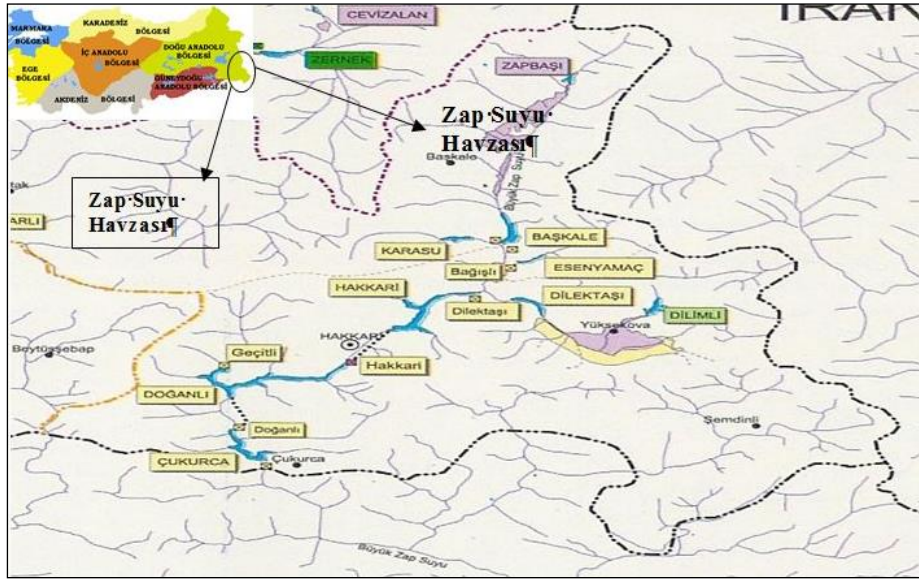
Nehil Çayı Havzasında, EİE tarafından, enerji amaçlı olarak Dilektaş barajı adı altında bir adet tesis planlaması öngörülmüştür. EİE'ye göre, toplam üretilecek elektrik enerjisi miktarı 21 GWh/yıl olarak hesaplanmıştır (EİE, 2009).

4. ZAP HAVZASINA AİT HİDROLOJİK HAVZA SINIRLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE BELİRLENMESİ

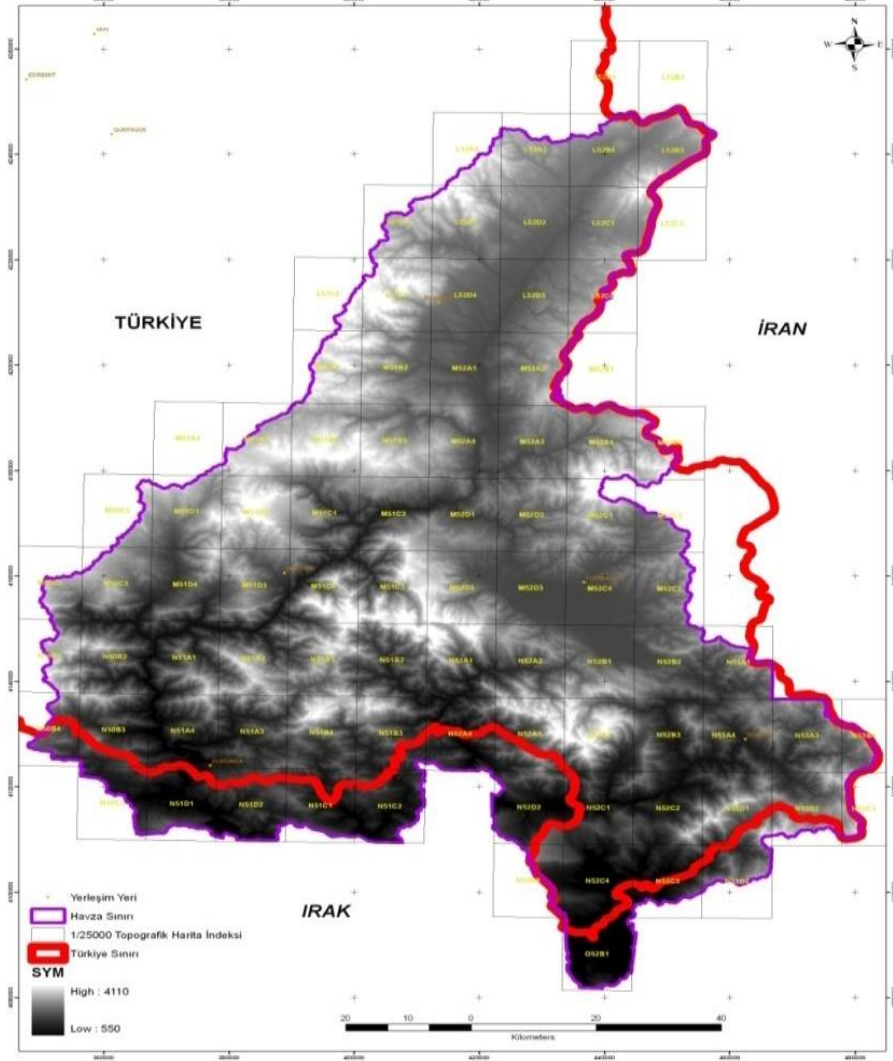
Nehil Çayı havzasına ait hidrolojik havza sınırlarının çıkarılması, havza yüzey analizlerinin yapılması ve hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi için havzaya ait hidrolojik, topoğrafik ve jeolojik analizlerin birlikte kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla, meteorolojik ve hidrolojik verilerin analizi ve yüzey özelliklerinin belirlenmesi halinde, havzaya ait hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi daha kolay olacaktır. Bunun için öncelikle bütün Zap Suyu havzasının analizi yapılmış ve daha sonra Nehil Çayı havza analizine geçilmiştir. Havzaya ait özellikler, sayısallaştırılmış haritalar ve uydu görüntüleri yardımı ile belirlenmiştir. Havzanın Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model-DEM), 1/25.000 ölçekli olarak sayısallaştırılmış vektör haritalar kullanılarak çıkarılmış ve hidrolojik havza sınırlarına göre kesilmiştir. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ArcInfo 9.3.1 versiyonu kullanılmıştır. Zap ve Nehil Çayı havzasına ait DEM Şekil 2, a ve b'de verilmiştir.

4.1. Zap Havzasının Alt Havzalarını Oluşturan Havza Sınırları ve Bu Havzaların Drenaj Alanlarının Belirlenmesi

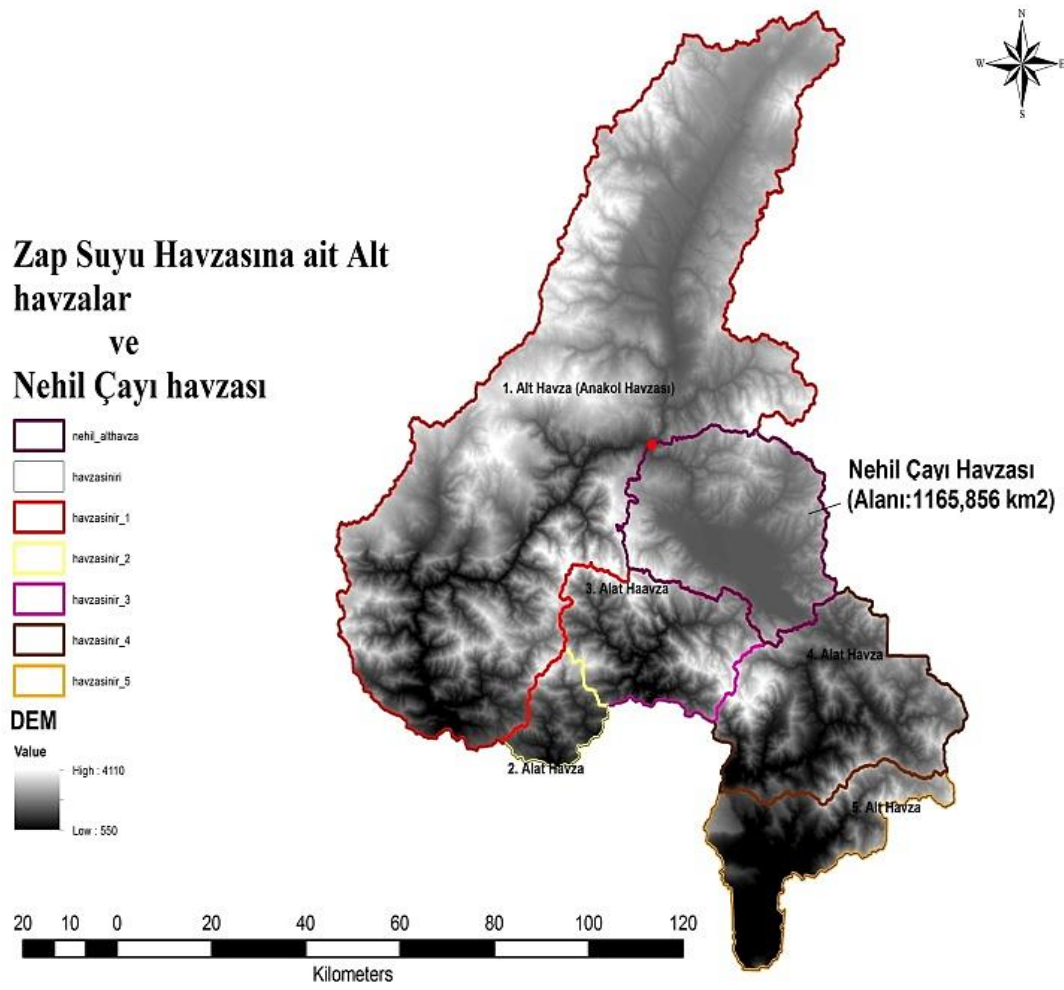
CBS yazılımı ile elde edilen DEM kullanılarak, ana havzayı oluşturan, alt havzalar otomatik olarak elde edilebilmektedir. x, y ve z koordinatları ile tanımlanan ve oluşturulan yüzey modelleri ile yapılan konumsal analizler, DEM'den yararlanarak, havzaya ait topografya, eğim, bakı, ve üç boyutlu haritaları CBS ortamında üretilmiştir. Yine havzaya ait DEM kullanılarak, havzanın drenaj alanı ve alt havzaların sınırları, ArcInfo'nun havza analizi arayüz programı "ArcHydro Tools 9" komutu ile akım yönü (flow direction) bulunmuştur. Böylece, her bir alt havzaya düşen yağışın oluşturduğu drenaj ağı ve alanı elde edilmiş ve Şekil 3'te verilmiştir. Ayrıca, her alt havzanın ana akarsuyu da belirlenmiştir.



Şekil 1. Zap Suyu havzasının yeri ve EİE tarafından havzada planlanan barajlar.



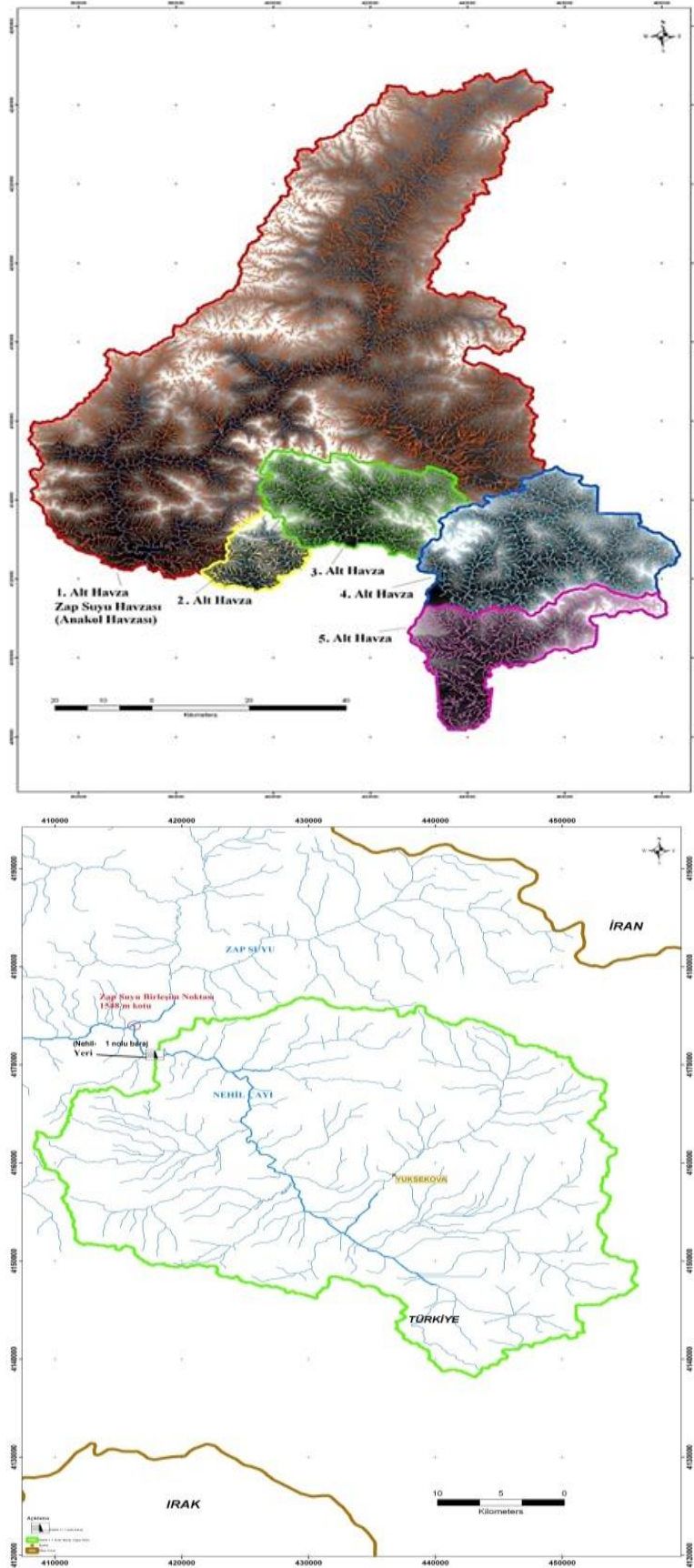
Şekil 2. a) Zap Suyu Havzasının tamamına ait DEM
Kırmızı çizgi, Türkiye sınırını, mor çizgi Zap havzası sınırı göstermektedir. 1/25.000 ölçekli haritaların isimleri ve konumları görülmektedir. Havza yüksekliği 550-4110 m arasında değişmektedir.



Şekil 2. b) Zap Suyu Havzası ve Nehil Çayı havzasına ait DEM

Mor çizgi Nehil Çayı Havza sınırını; Açık Mor çizgi, 3 nolu havza sınırını; Açık Kahverengi çizgi, 4 no'lu havza sınırını; Açık Sarı çizgi, 2 no'lu havza sınırını; Koyu Kırmızı çizgi, 1 no'lu alt havza sınırını göstermektedir. Yükseklik 550-4110 m arasında değişmektedir.

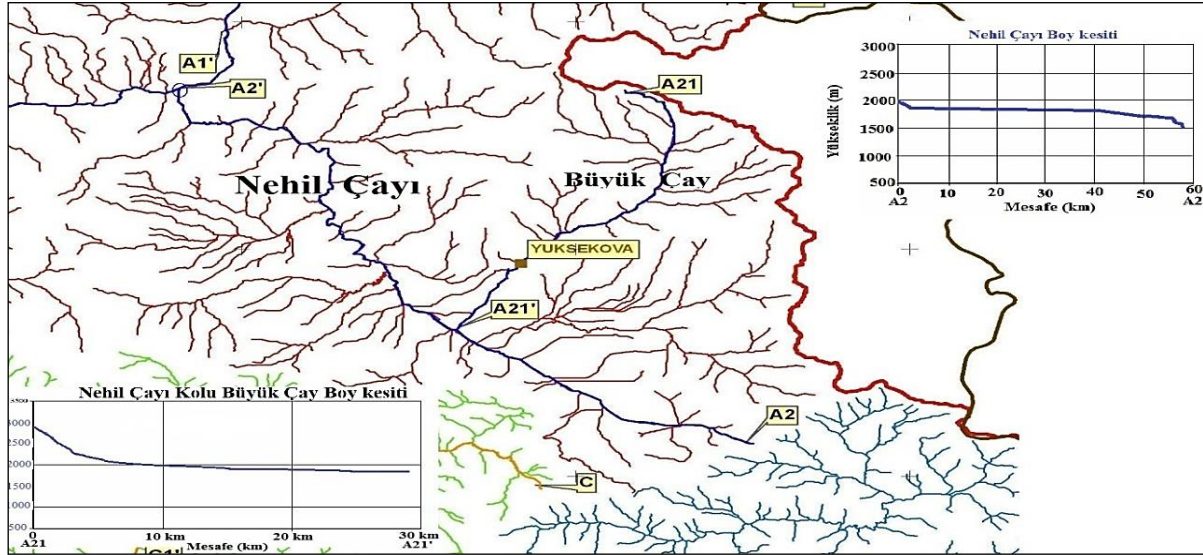
Şekil 2. a-b) Zap Suyu Havzasının tamamı ve Nehil Çayı havzası için Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) ve kullanılan 1/25.000'lik vektör haritaları gösterir indeks.



Şekil 3. Zap Suyu havzası ve alt havzaların drenaj ağı ile Nehil Çayı havzası

Bu araştırmada, her bir alt havzadaki ana akarsuyun ve diğer derelerin sayısı, toplam dere uzunlukları, her bir derenin eğimi gibi önemli veriler de elde edilmiştir. Şekil 4'te,

Nehil Çayı ve Büyük Çayın boyuna kesitleri çıkarılmıştır. Buna göre Büyük Çay 30 km ve Nehil Çayı 58 km uzunluğundadır.



Şekil 4. Nehil Çayı ve yan kolu olan Büyük Çay'ın boyuna kesitleri

Zap Havzası, bir bütün olarak incelendiğinde, havza, Türkiye ve Irak topraklarında bulunmaktadır. Zap havzasının toplam alanı 10671,84 km²'dir. Bu alanın yaklaşık 1224,64 km²'si Irak topraklarında, 9447,20 km²'side Türkiye topraklarında bulunmaktadır. Zap havzası, esas olarak beş alt havzadan oluşmaktadır. Bunun en büyük kısmını 1 no'lu

Zap suyu havzası/Zap Suyu anakol havzası (Türkiye'deki ismi ile Büyük Zap Suyu havzası, 6815,54 km²) oluşturmaktadır. Bu alanın 1165,856 km²'sini Nehil Çayı havzası oluşturmaktadır. Bütün Zap Suyu havzasının toplam alanı ve her bir alt havzanın alanı, Tablo 1'de toplu olarak verilmiştir.

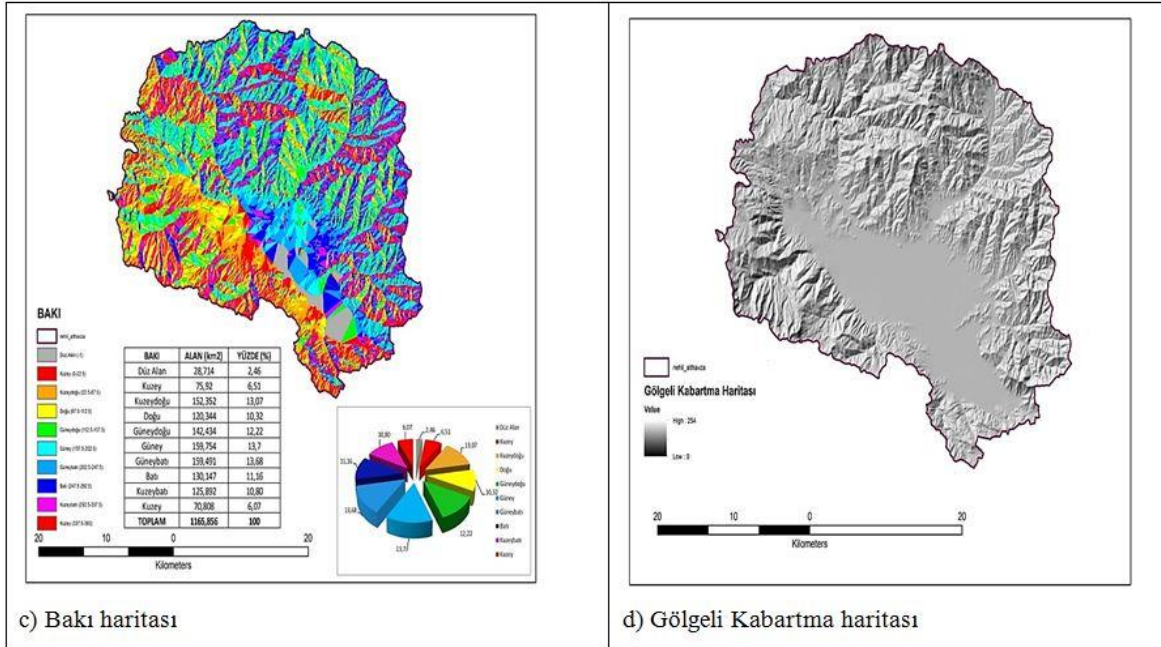
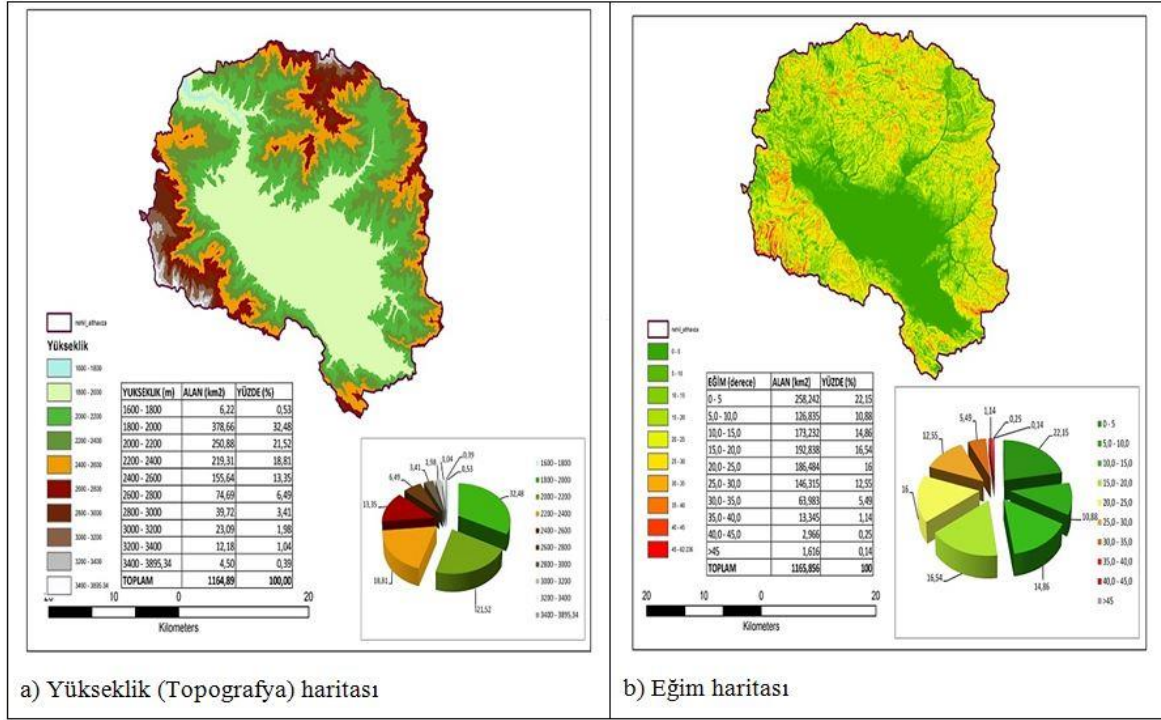
Tablo 1. Zap havzası ve alt havzalarının Türkiye ve Irak topraklarındaki alan miktarları

Havza no	Türkiye'deki toplam alan (km ²)	Iraktaki toplam alan (km ²)	Toplam Zap havzası alanı (km ²)
1-Ana kol havzası (Nehil Çayı havzası dahil)	6815,54	402,77	7218,31
2	220	216,65	436,65
3	754,35	147,75	902,10
4	1208,75	156,84	1365,59
5	448,56	300,63	749,19
Toplam	9447,20	1224,64	10671,84

4.2. Nehil Çayı Havzasına ait Mekânsal Özellikler

Zap havzasının DEM'i kullanılarak, Nehil Çayı havzasına ait Yükseklik, Eğim, Bakı, gölgeli kabartma haritası ve buna benzer daha

pek çok veri ve haritanın elde edilmesi ile havzaya ait mekânsal özellikler incelenmiştir. Her bir veri, baraj planlamasında önemli bir bilgidir. Nehil Çayı havzaya ait mekânsal özellikler, jeostatistik yöntemle sınıflandırılarak, Şekil 5 a-d'de verilmiştir.



Şekil 5. a-b-c-d: Nehil Çayı havzasına ait mekânsal haritalar.

4.3. Zap Suyu Havzasında, Uydu Görüntüleri ile Arazi Kullanımı ve Jeolojik Durumun Tespit Edilmesi

Bu araştırmada, arazi sınıflandırması ve jeolojik katman durumunu tespit etmek için Aster 3A-01 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Aster uydu görüntüleri, gelişmiş ve 14 bantlı, görünür bölgeden termal bölgeye kadar geniş spektral alana sahip olup ± 3 m hassasiyete sahiptir. Bu görüntüler, Erdas8.6 görüntü işleme programı ile analiz edilmiştir (ERSDAC, 2003). Bütün Zap havzasındaki jeolojik yapının yeri ve mevcut durumunun bilinmesi son derece önemlidir. Barajların, planlama safhasında jeolojik etütleri yapılmalıdır. Araştırmanın bu safhasında, baraj yerinin temel durumunun anlaşılması, jeolojik yapının (toprak ve kaya katmanlarının çeşidi, faylaşma durumu) göl alanının jeolojik özelliklerinin bilinmesi ve baraj inşaatında kullanılacak malzemenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Jeolojik etütler ile barajların inşa edileceği zeminlerin mühendislik karakteristiklerinin bilinmesi, baraj emniyet bakımından çok önemlidir. Zap havzasına ait jeolojik harita, MTA'nın 1/500,000 ölçekli sayısallaştırılmış Türkiye haritası (MTA, 2011) ve uydu görüntüleri ile oluşturulmuştur (Şekil 6-a). Böylece, MTA haritaları ve uzaktan algılama ile elde edilen jeolojik haritalar kullanılarak, daha uygun baraj yerleri seçilmiştir. Uydu görüntülerinden elde edilen zemin sınıflandırması, Şekil 6-b'de verilmiştir. Burada havza bir bütün olarak incelenmiştir.

Şekil 6-c'de, Nehil çayı havzasının jeolojik durumu ve seçilen baraj yerine ait jeolojik yapı verilmiştir. Buna göre baraj sahası, dar bir vadi ve jeolojik yapısı karbonatlı ve kırıntılı kayalık grubunda (açık yeşilimsi bölge (Filiş) ve turuncu bölge) görülmektedir. Yüksekova ilçesinin düzlük kısımları alüvyon tabakalardan oluşmaktadır.

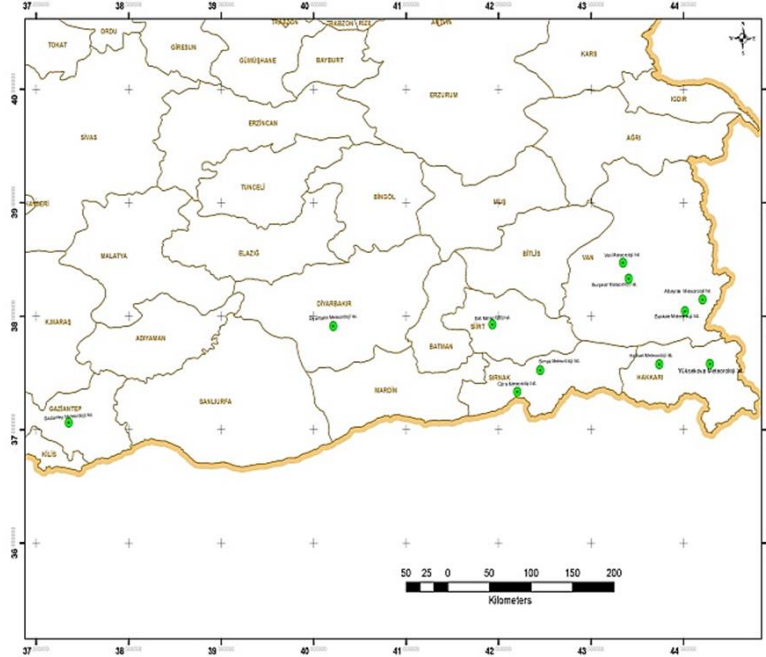
5. ARAŞTIRMA ALANIN METEOROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Araştırmada, Zap Suyu havzası ve civar illerde bulunan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına (MGİ) ait uzun yıllara dayanan ölçülmüş

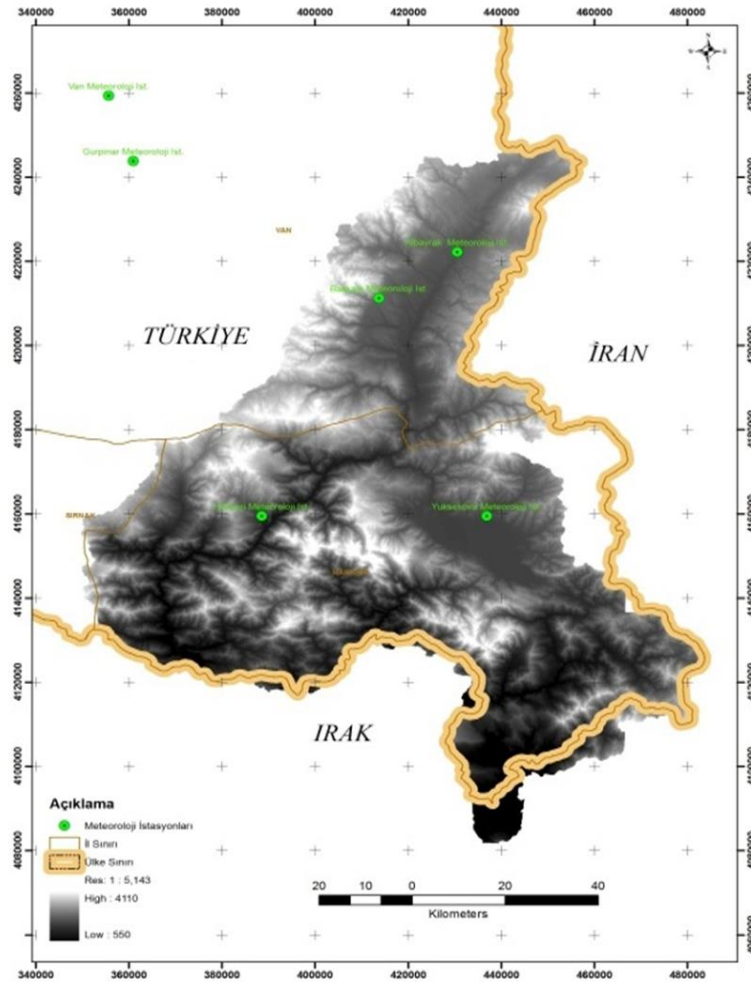
günlük ortalama meteorolojik özellikler (yağış (mm), sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), buharlaşma (mm), Nisbi nem (%), Kar kalınlığı (cm), Rüzgar hızları (ms^{-1}) vb. özelliklerin belirlenmesi için DMİ'den, Şekil 7'de gösterilen illerin meteorolojik verileri, MGİ kurulduğu günden 2008 tarihine kadar olan veriler, günlük olarak alınmıştır. Bu ham veriler, düzenlenerek aylık ortalamalara dönüştürülmüştür. Bu istasyonların verileri, Zap havzasının tamamındaki yağış sıcaklık ve buharlaşma dağılımlarının "Uzaklığın Tersine ile Ağırlıklandırma enterpolasyon metodu" (Inverse Distance Weighted-IDW interpolation) ile CBS yazılımında hesaplanmıştır (Esri.com, 2009). Ayrıca, korelasyonlarda kullanılmak üzere, civar illere ait meteorolojik veriler de alınmış ve düzenlenmiştir. Zap havzası civarındaki MGİ yerleri, Şekil 7.a'da ve sadece havza içindeki istasyon yerleri Şekil 7.b'de verilmiştir. Ayrıca, bu istasyonların, numarası, adı, ölçüm yılı ve kotu Tablo 2'de verilmiştir. Enterpolasyon işlemlerinde, G.Antep ve Diyarbakır MGİ'leri araştırma alanından çok uzak olmaları nedeniyle hesaba dâhil edilmemişlerdir.

5.1. Zap Havzasındaki Yağış, Sıcaklık ve Buharlaşma Dağılımının Modellenmesi

Nehil Çayı alt havzasının meteorolojik verilerinin tek başına değerlendirilmesi uygun olmayacaktır. Bu sebeple, Zap havzası ve civar illerdeki meteoroloji gözlem istasyonlarının tamamı (G.Antep ve D. Bakır hariç) (MGİ) dikkate alındığında, havzanın tamamındaki uzun süreli yıllık ortalama yağış yüksekliği 647,814 mm bulunmuştur. Sadece Zap havzası içindeki MGİ dikkate alınır ise ortalama yıllık yağış yüksekliği 606,5 mm hesaplanmıştır. Şekil 8'de verilen hidrolojik havza sınırı içindeki yağış ve sıcaklık dağılımları (Irak sınırları içinde kalan kısım dâhildir) verilmiştir. Sadece, Türkiye sınırları içindeki Zap havzasında, ortalama yağış 390-801 mm arasında değişmektedir (min. 390 ort. 647 maks. 801 mm) (Şekil 8-a). Havzanın yıllık ortalama sıcaklığı değeri 8°C 'dir (Şekil 8-b).



a-) Zap havzası ve civar illerde Meteorolojik verisi alınan Meteoroloji Gözlem istasyonlarının harita üzerindeki yerleri

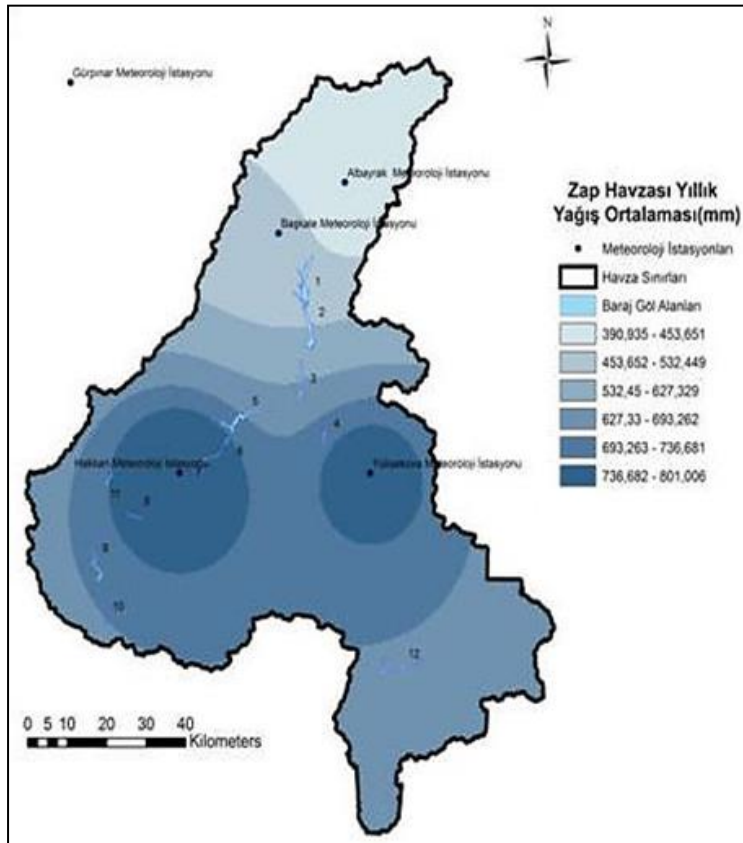


b-) Zap havzasında ölçüm yapan Meteoroloji İstasyonlarının isim ve koordinatları.

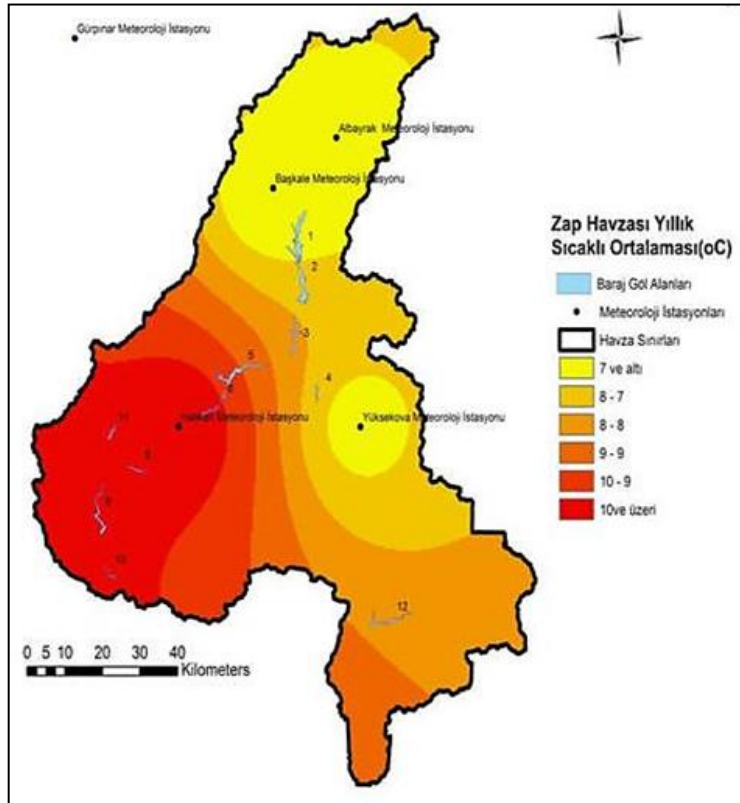
Şekil 7. a-b) Zap havzası ve civar illerdeki meteoroloji gözlem istasyonlarının konumları.

Tablo 2. Zap havzası ve civar illerdeki MGI'lerin numaraları, koordinatı, ölçüm yılı ve kotu

İstasyon No	İstasyon Adı	Mevcut Yükseklik (m)	Rasat yılı							CBS ile bulunan Yükseklik (m)
			Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Buharlaşma (mm)	Kar (cm)	X	Y		
6276	Gürpınar	1727	1985-2006 (21 yıl)	1985-2006 (21 yıl)	yok	yok	388638	4159530	1730	
6465	Albayrak	2300	1987-2004 (18 yıl)	1987-2004 (18 yıl)	yok	yok	413779	4211270	2288	
17172	Van	1877	1938-2008 (71 yıl)	1938-2008 (71 yıl)	1950-2008 (59 yıl)	1938-2008 (71 yıl)	436980	4159460	1879	
17210	Siirt	400	1938-2008 (71 yıl)	1938-2008 (71 yıl)	1959-2008 (38 yıl)	1938-2008 (71 yıl)	252175	4135610	388	
17261	G. Antep	1350	1939-2008 (70 yıl)	1939-2008 (70 yıl)	1962-2008 (47 yıl)	1939-2008 (70 yıl)	274858	4155880	1352	
17280	D. Bakır	1675	1929-2008 (80 yıl)	1929-2008 (80 yıl)	1962-2008 (47 yıl)	1929-2008 (80 yıl)	355716	4259360	1670	
17285	Hakkâri	0	1960-2008 (49 yıl)	1960-2008 (49 yıl)	1986-2008 (23 yıl)	1960-2008 (49 yıl)	361034	4243810	1750	
17880	Başkale	2061	1959-2008 (50 yıl)	1963-2008 (46 yıl)	1986-2008 (23 yıl)	1960-2008 (63 yıl)	430604	4222230	2061	
17918	Şırnak	895	1970-2008 (39 yıl)	1970-2008 (39 yıl)	yok	yok	757952	4201820	875	
17920	Yüksekova	854	1964-2008 (45 yıl)	1964-2008 (45 yıl)	yok	1964-2008 (45 yıl)	353406	4102810	854	
17950	Cizre	649	1959-2008 (50 yıl)	1963-2008 (46 yıl)	1972-2008 (37 yıl)	1963-1997 (35 yıl)	606592	4196620	675	



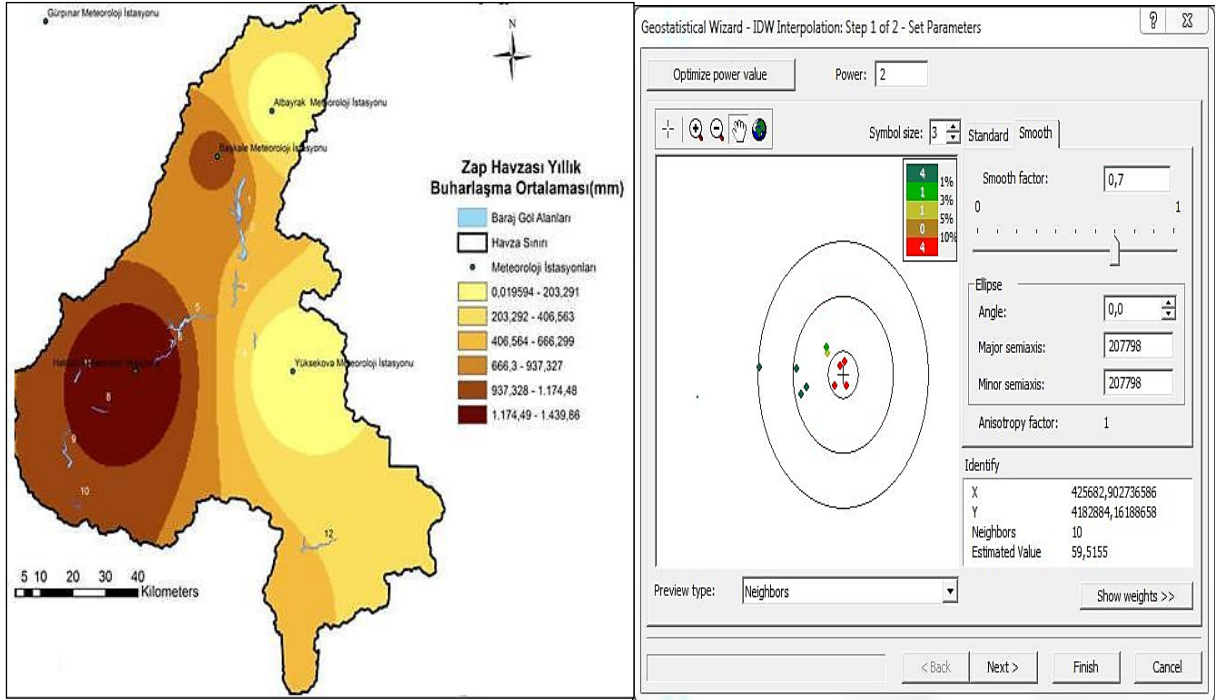
a) Yağış dağılımı (mm)



b) Sıcaklık (°C) dağılımı

Şekil 8. a-b Zap havzasında uzun süreli verilere göre yıllık ortalama Yağış (mm) ve Sıcaklık (°C) dağılımları.

Şekil 8’de görüldüğü gibi, seçilen barajların koordinatlarına göre %100 doğrulukla yerleştirilmiş ve havza üzerindeki göl alanlarının büyüklüğü, yağış, sıcaklık ve buharlaşmalardan etkilenme miktarları, bu haritalara göre hesaplanmıştır. İleride detayı verilecek olan, planlaması yapılan bu baraj gölleri üzerine düşecek yağış miktarı, oluşacak buharlaşma miktarı ve göl üzerindeki sıcaklık değişimleri net olarak hesaplanmıştır. Şekil 9-a’da, Zap havzasındaki ortalama buharlaşma dağılımları gösterilmiştir. Yıllık ortalama buharlaşma miktarı 646,3 mm (min. 0,019 ve maks. 1439,85 mm)’dir. Yine Şekil 9-b’de, CBS yazılımında, hesaplamada kullanılan IDW metodunun nasıl uygulandığı gösterilmiştir.



a) Buharlaşma (mm) dağılımı

b) IDW dağılım hesabında kullanılan MGİ

Şekil 9. a-b: Zap havzası üzerindeki ortalama Buharlaşmanın(mm) dağılımı ve MGİ, IDW metodunda seçilmesi

5.2.Nehil Çayı Havzasında Planlaması Yapılacak Baraj için Maksimum Taşkın Debilerinin Tekerrür Periyotları ve Birim Hidrografın Belirlenmesi

Bütün Zap havzası dikkate alındığında, havzadaki yağışlar genelde Ekim-Mayıs aylarında meydana gelmektedir. Mart ayından itibaren sıcaklıkların artması ile kar erimesi başlar. Mart-Haziran ayları arası kar erimesi ve yağmur ile birleşerek büyük taşkınlar meydana gelir. Maksimum pik debiler, ilkbahar aylarında oluşmaktadır. Bu aylar dışında havzaya düşen yağışların akışları küçük olup, taşkın meydana getirmezler. Nehil Çayı havzasında, EİE 26-22^a, DSİ26-56^b, DSİ26-43^c nolu AGİ'ler bulunmaktadır.

AGİ'lerdeki akım ölçümleri sürekli olmayıp, kesiklidir. Bu yıllarda meydana gelen maksimum akım değerleri dikkate alınarak, gelecekte bu havzada oluşması muhtemel maksimum akım

debilerinin oluşma olasılığı incelenmiştir. Araştırmada, tekerrür periyotlarına göre oluşması muhtemel maksimum taşkın değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Zap havzasında, DSİ ve EİE tarafından işletilen toplam 14 adet akım gözlem istasyonuna ait 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık maksimum taşkın tekerrür periyotlarında beklenen taşkın debileri bulunmuştur. Bu tekerrür periyotlarında muhtemel görülecek maksimum akım değerleri, baraj dolu savaklarının projelendirilmesinde, baraj emniyeti bakımından çok önemlidir. Bu çalışmada, emniyet bakımından, dolu savak proje debileri için anakol havzası ve diğer alt havzalardaki maksimum taşkın pik debileri belli bir katsayı ile çarpılmıştır (Tablo 4). Nehil Çayı üzerinde (EİE26-22^a, DSİ26-43^c) ve Büyük çay üzerinde (DSİ26-56^b) dolusavak proje debileri aynı tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Tekerrür periyotlarında beklenen muhtemel maksimum taşkın debileri

Tekerrür periyodu	EİE-2620	EİE-2621	EİE-2627	EİE-2630	EİE-2636	EİE-2639	DSİ-2630	DSİ-2631	DSİ-2634	DSİ-2636	DSİ-2637	DSİ-2643 ^c	DSİ-2656 ^b
2	262,4	52,2	483,34	181,00	47,59	35,14	19,12	2,27	365,56	406,64	440,19	144,27	20,13
5	402,6	75,4	731,86	297,49	75,84	50,42	26,75	3,97	657,30	715,52	674,43	262,74	42,55
10	517,2	92,7	932,47	393,93	101,02	62,43	33,27	5,23	936,97	972,65	847,17	357,60	62,51
25	687,5	116,4	1227,05	537,47	141,58	79,69	43,48	6,93	1414,46	1353,32	1079,61	491,93	93,06
50	834,3	135,4	1478,53	661,28	179,18	94,17	52,69	8,25	1880,46	1679,14	1263,04	602,05	119,72
100	999,4	155,6	1759,08	800,32	224,09	110,09	63,44	9,62	2460,12	2041,83	1454,79	720,14	149,69
200	1191,8	178,0	2083,72	961,93	279,40	128,27	76,31	11,02	3203,85	2457,09	1661,01	848,23	183,59
1000	1462,0	218,3	2555,16	1188,56	342,25	156,46	91,84	13,98	3867,20	3062,14	2063,74	1070,70	244,69

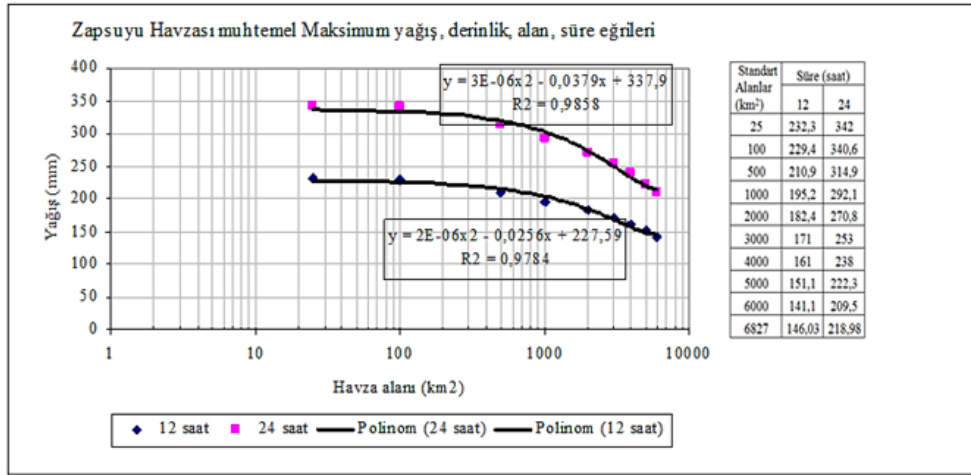
Zap havzasında, DSİ ve EİE tarafından işletilen toplam 14 adet akım gözlem istasyonuna ait 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ve 1000 yıllık maksimum taşkın tekerrür periyotlarında beklenen taşkın debileri bulunmuştur. Bu tekerrür periyotlarında muhtemel görülecek maksimum akım değerleri, baraj dolu savakların projelendirilmesinde, baraj emniyeti bakımından çok önemlidir. Bu çalışmada, emniyet bakımından, dolu savak proje debileri için anakol havzası ve diğer alt havzalardaki maksimum taşkın pik debileri belli bir katsayı ile çarpılmıştır (Tablo 4). Nehil Çayı üzerinde (EİE26-22^a, DSİ26-43^c) ve Büyük çay üzerinde (DSİ26-56^b) dolusavak proje debileri aynı tabloda verilmiştir.

Tablo 4. Barajlarda esas alınması gereken, dolu savak proje debileri

Tekerrür Periyot	eie-620	eie-208,93	eie-2621	eie-2627	eie-2630	eie-2636	eie-2639	dsi-2630	dsi-2631	dsi-2634	dsi-2636	dsi-2637	dsi-2643 ^c	dsi-2656 ^b
2	1049,42	208,93	2621	2627	2630	2636	2639	2630	2631	2634	2636	2637	2643 ^c	2656 ^b
5	1610,22	301,52	301,52	2927,43	1189,98	303,37	201,69	106,98	15,86	2629,20	2862,09	2697,73	1050,97	170,19
10	2068,92	370,64	370,64	3729,89	1575,73	404,10	249,70	133,09	20,93	3747,88	3890,61	3388,67	1430,39	250,03
25	2750,02	465,42	465,42	4908,19	2149,88	566,31	318,77	173,93	27,72	5657,84	5413,29	4318,46	1967,73	372,23
50	3337,22	541,59	541,59	5914,10	2645,13	716,71	376,67	210,75	33,01	7521,85	6716,55	5052,18	2408,19	478,90
100	3997,49	622,54	622,54	7036,32	3201,26	896,34	440,38	253,77	38,47	9840,48	8167,33	5819,17	2880,55	598,77
200	4767,28	711,83	711,83	8334,87	3847,73	1117,61	513,10	305,25	44,09	12815,41	9828,34	6644,03	3392,90	734,37
1000	5847,86	873,32	873,32	10220,63	4754,25	1385,00	625,85	367,35	55,92	15468,80	12248,57	8254,96	4282,80	1031,98

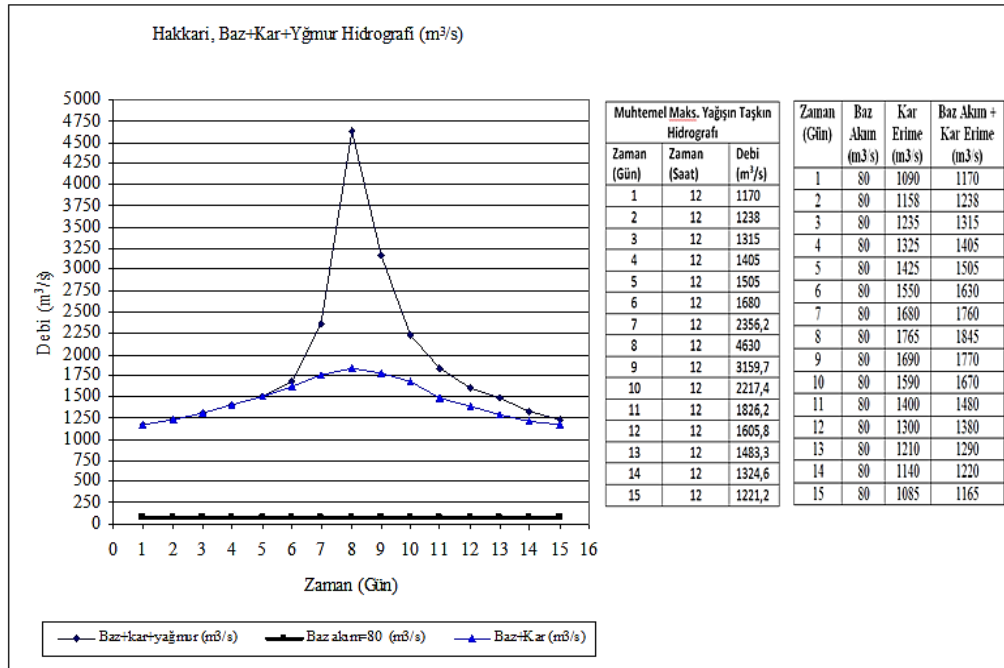
Nehil çayı havzasında planlanan barajın toplam yağış alanı 992 km² dir. Bu yağış alanının taşkın hidrografları uzun süreli yağışlardan oluşur. Bu yağışların tespit edilmesi için havzada oluşmuş tarihi fırtınalara ait EİE'nin 1996 tarihli Hakkâri barajı ve Hidroelektrik Santrali Raporundan faydalanılmıştır (EİE, 1996; EİE, 1987a; EİE, 1987b). EİE2620, EİE2621 ve EİE2627 nolu AGİ'de gözlenmiş taşkın debi hidrograflarının 12-48 saat süreli efektif yağışlardan oluştuğu saptanmıştır. Zap Suyu havzasında oluşmuş 13 adet tarihi fırtınanın, yağış-derinlik-süre analizlerine göre,

yağış süreleri 12-48 saat arasındadır. Buna göre, Zap Suyu üzerindeki baraj sahalarının kritik yağış süresi 12 saattir ve toplam efektif yağış süreleri 48 saate kadar ulaşabilmektedir. Zap havzasında, 1-2 Nisan 1969 tarihli fırtınanın maksime edilmesinden 24 saat süreli maksimum yağış değeri (P_{max}) 200,9 mm/24 saat bulunmuştur. 200,9 mm/24 saat değeri, havzanın muhtemel maksimum fırtına değeri olarak alınmıştır (EİE, 1996; EİE, 1987a; EİE, 1987b). Bu fırtınaya ait muhtemel maksimum yağış-derinlik-alan süre bağıntısı Şekil 10'da verilmiştir.

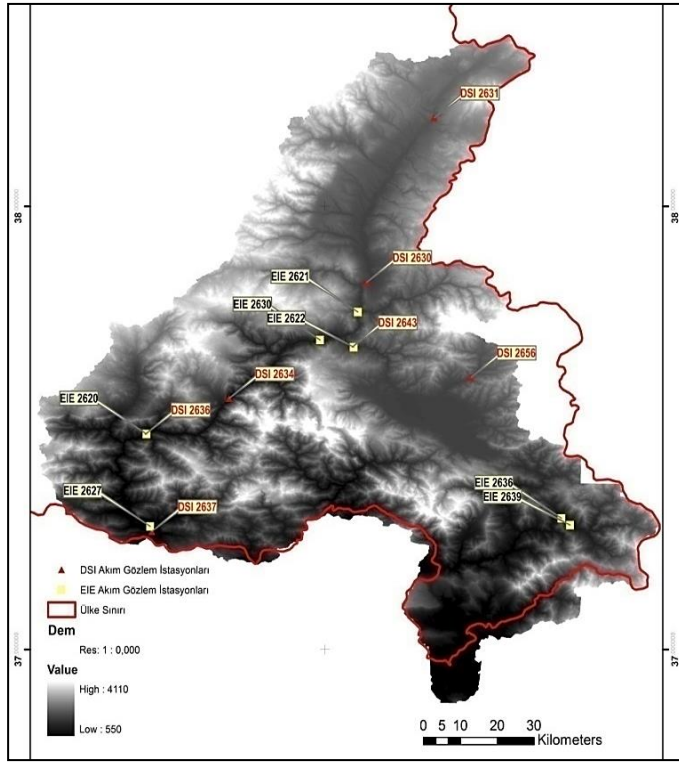


Şekil 10. Zap Suyu havzasının muhtemel maksimum yağış derinlik alan süre eğrisi (EİE, 1996; EİE, 1987a; EİE, 1987b).

Zap Suyu veya yan kolları üzerindeki muhtemel baraj yerlerinin birim hidrografları, sentetik birim hidrograf (Sneyder Yöntemi) ile 12 saat 1 cm'lik birim hidrograflar, EİE raporlarından alınmış olup, Şekil 11'de verilmiştir (EİE, 1987b).



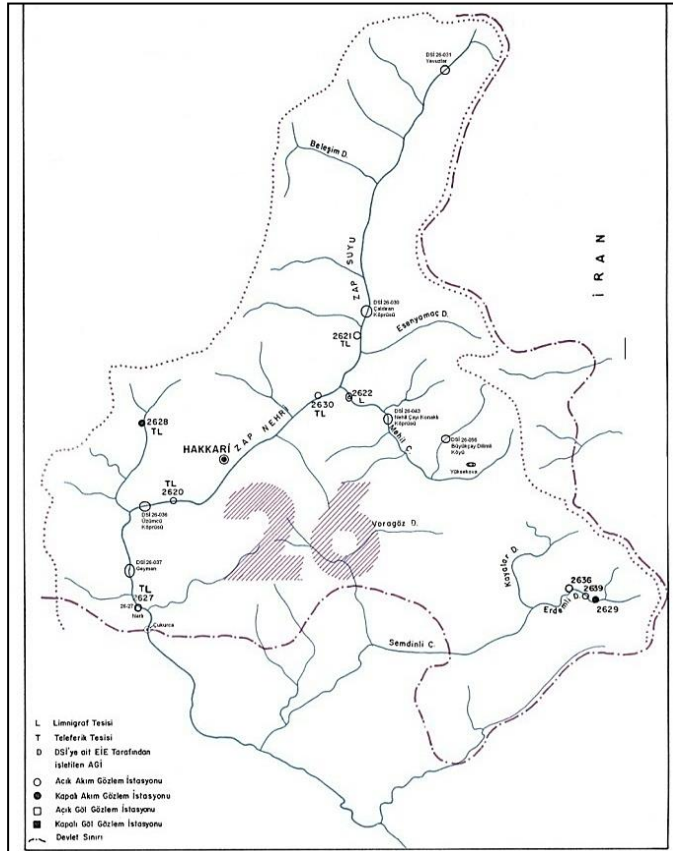
Şekil 11. 12 saat, 1cm'lik birim hidrograf ve muhtemel maksimum yağmurdan + kar erime +baz akım'dan oluşan muhtemel maksimum taşkın hidrografi (EİE, 1987b).



5.3. Nehil Çayı Havzasındaki Akım Gözlem Verilerinin Analizi

Nehil Çayı ve bir kolu olan Büyük Çay üzerinde, EİE ve DSİ'nin, AGİ'leri bulunmaktadır. Bu istasyonlara ait aylık ve günlük ortalama su temin Tabloları, DSİ ve EİE'den temin edilmiştir. Ancak bütün yıllara ait veriler elde edilememiştir. Nehil Çayı ve diğer AGİ'lerine ait 1968-2006 su yıllarına ait akımların bazı yıllarına ait verilerin alımı söz konusu olabilmıştır. Alınamayan yıllara ait veriler, korelasyonla doldurulmuştur. Bu yöntem pek çok çalışmada kullanılmıştır (Guenther ve ark., 1990; Elshorbagy ve ark., 2000).

a) AGİ'lerin DEM üzerindeki konumları



b) EİE ve DSİ ait AGİ'lerin akarsu üzerindeki konumları.
Şekil 12. a-b: Zapp havzasında bulunan EİE ve DSİ'ye ait AGİ'ler.

Bu istasyonların yerleri, CBS programı ile koordinatlı olarak Şekil 12- a)'da ve kroki olarak Şekil 12- b)'de verilmiştir. AGİ'lerin adı, numarası, koordinatları ve ölçüm tarihleri Tablo 5'te verilmiştir.

Konumu seçilen 1 no'lu barajın drenaj alanı 992 km² ve baraj aksına taşınan debilerin ortalaması, 14,8 m³/s hesaplanmıştır. Buna göre bu noktadaki yıllık ortalama su potansiyeli 0,47x10⁹ m³ olarak bulunmuştur.

Tablo 5. Araştırma alanındaki EİE ve DSİ'ye ait akım gözlem istasyonları (AGİ)

EİE (AGİ) İstasyonları						
İstasyon No	İstasyon Adı	Koordinatı	Yağış Alanı, km ² (EİE)	ArcGIS Yeni yağış alanı, km ²	ArcGIS Yükseklik kotu (m)	Mevcut Verilerin alındığı yıllar Günlük veri durumu
2620	Zap Suyu-Üzümcü	43°19'56"D 37°28'40"K	5016,0	5317,38	1085	1970-1989, 1993, 1995-2006
2621	Zap Suyu - Musahan	44°04'50"D 37°45'42"K	2504,4	2512,08	1748	1969, 1971-1989, 1993, 2004-2006
2622	Nehil Çayı-Konak	44°40'02"D 37°40'53"K	1136,0	1160,47	1703	1989, 1993-1994, 2004-2006
2627	Zap Suyu - Narlı	43°34'36"D 37°16'36"K	6771,9	6755,64	800	1979-1989, 2004-2006
2630	Zap Suyu-Teknisyenler	43°59'15"D 37°41'51"K	4153,2	4188,35	1466	1986-1989, 1991-2006
2636	Şemdinli Çayı-Şemdinli	44°34'24"D 37°17'57"K	312,5	304,55	1392	2004
2639	Şemdinli Çayı-Olgunlar	44°35'52"D 37°16'52"K	297,0	290,31	1340	2006
DSİ (AGİ) İstasyonları						
2630	Zap Suyu - Çaldıran Köprüsü	44°06'D 37°49'K	2070,20	2073,43	1810	1976-1983, 1985,
2631	Zap Suyu - Yavuzlar	44°16'D 38°12'K	371,20	375,92	2090	1979-1983
2634	Zap Suyu - Debin Köprüsü	43°46'D 37°34'K	4810	4841,87	1251	1984
2636	Zap Suyu - Üzümcü Köprüsü	43°34'D 37°29'K	5394,30	5397,92	1076	1977-1979, 1981-1988, 1991
2637	Zap Suyu - Geyman Köprüsü	43°35'D 37°16'K	6314,50	6804,17	780	1977-1978, 1980-1985, 1999-2000
2643	Yüksekova Çayı-Konaklı Köprüsü	44°04'D 37°41'K	116,20	1161,46	1706	1978-1983, 1983-1986, 1999
2656	Büyük Çay -Dilimliköy	44°25'D 37°37'K	129,70	127,45	1934	1981-1986,

6. UYGUN BARAJ YERİ SEÇİMİ VE HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Burada, 1 no'lu baraj için en uygun yer seçimi ve üreteceği elektrik enerjisi miktarı özetlenerek verilmiştir. Baraj yeri seçiminde, farklı alternatifler karşılaştırıldıktan sonra, nihai baraj yerine karar verilerek seçilmiştir. Baraj yeri seçimi ve alternatiflerinin değerlendirilmesi ve yetersiz olanların elenmesinde teknik ve ekonomik kriterler öneli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle, topoğrafik, hidrolojik ve jeolojik karakteristiklerin iyi analiz edilmesi ve karşılaştırılması gerekir. Planlaması yapılacak barajların karlı olması ve ülkeye önemli bir katkı sunması gerekir.

Alternatif değerlendirmelerde:

1. Hidrolik açıdan, su potansiyeline göre Nehil Çayı üzerinde, depolamalı veya Nehir tipi santral planlamasında hangi tip tesisin daha karlı olacağı araştırılmıştır. Nehir tipi santrallerin karlı olması için, akarsuda, zamanın %90'ındaki mevcut olan debinin büyük ve düşümlerin küçük olduğu yerlerde tercih edilmesi uygundur. Nehil Çayında düşümler büyük ancak debiler küçüktür. Zamanın %90'ındaki debi yaklaşık 2,2 m³/s'dir. Bu nedenle Nehir tipi santral elenmiştir.

2. Depolamalı baraj yapılmasına karar verilmiştir.

Bu araştırmada, baraj planlaması açısından ideal olan ve topoğrafik açıdan dar ve derin vadiler ve hazne oluşturabilecek yerler tercih edilmiştir. Baraj kret uzunluğunun kısa olması, baraj maliyetini aşağı çekeceği için vadi st açıklığı en kısa olan bölgeler seçilmiştir. Diğer taraftan, projenin emniyeti, başarısı ve ekonomikliği seçilen baraj yeri ve rezervuarın jeolojik yapısına çok bağlıdır. Akarsu vadisi üzerinde seçilen 5 farklı noktada, jeolojik formasyonun uygun olmaması (sağlamlığı, geçirgenliği, heyelan durumu v.b.) nedeni ile 4 tanesi elenmiştir.

3. Baraj yüksekliğinin seçilmesinde, baraja ait fayda ve maliyet kriterleri dikkate alınmıştır. Ancak bu kriterleri, çoğu zaman jeolojik yapı sınırlandırmaktadır.

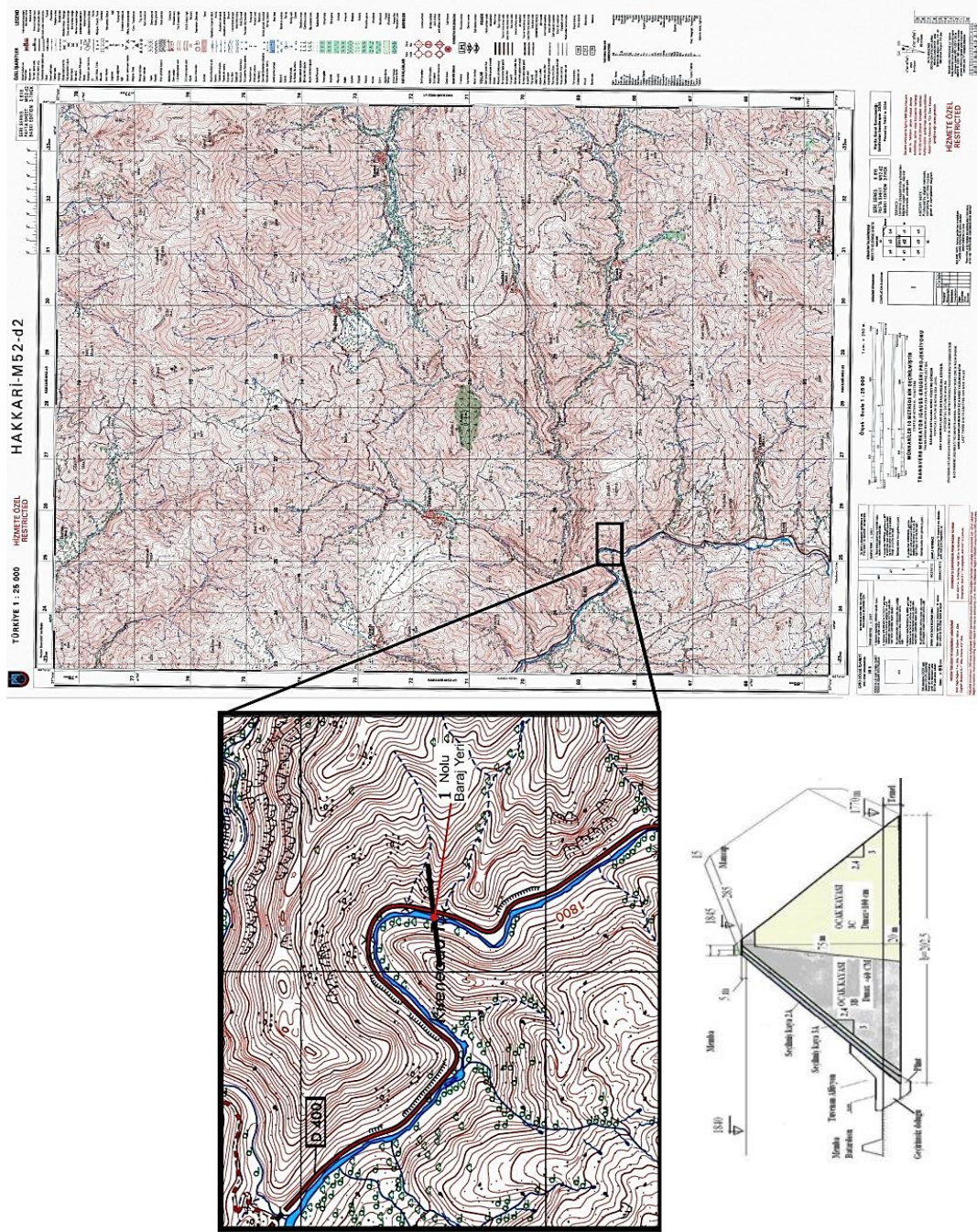
4. Seçilen bölgedeki mevcut malzeme miktar ve kalitesinin projeye etkisi araştırılmış ve mesafeler dikkate alınmıştır. Malzemenin, seçilen bazı alternatif baraj aks noktalarına uzak olduğu grlmştir.

5. Rezervuar gl nedeni ile yolların st kotlara taşınması gerekmektedir. Ancak, farklı noktalarda seçilmiş baraj aksları, projeyi çok pahalı hale getirmektedir. Bu tip projeler de elenmiştir.

6. Santralin, barajın hemen mansabında kurulması veya bir tünel ile daha büyük düşümler elde edilmesi ve maliyetleri analiz edilmiştir. Buna göre, Nehil ayı üzerinde sadece bir adet baraj yeri bu şartlara daha uygun bulunmuştur.

6.1. 1 Nolu Baraj Yeri Seçiminde Ana Kriterler (Nehil ayı zerinde)

Arazi alışması amacıyla, araştırma alanı, 2005 yılında yerinde gezilmiş ve gözlemlenmiştir. Ofis çalışmalarında, araştırmalara, Zap Suyu havzasının alt havzası olan Nehil ayı havzasına ait 1/25.000'lik haritalardan başlanmıştır. İncelemeler, Hakkâri M52-d2 paftasından (1/25.000) görülebilir. Bu paftada, 25-26/68-69 karesi ve Koordinat: 44°9'7,534"D-37°39'40,349"K st kotları 1845 m ve daha aşağısı olabilecek bir baraj yeri tespit edilmiştir. 1770 m kotlarında baraj yapımına uygun olduğu düşünülen bu noktada, dar bir vadi mevcuttur (şekil 13). Barajın kret kotu 1845 m ve kret uzunluğu, 285 m civarındadır. Bu noktada akarsu talveg kotu 1770 m olup, yaklaşık 20 m alüvyon tabakası olduğu kabul edilmiştir. Burada, 1770 m kotlarında bir baraj planlanır ise 75 m yüksekliğinde bir baraj yapılabilir. Bu baraja ait öngörülen genel zellikler Tablo 6'da özetlenmiştir. Baraj yüksekliği seçiminde, barajın maliyeti ve sağlayacağı faydalar dikkate alınarak seçilmiştir.



Şekil 13. Nehil Çayı, 1 Nolu baraj yeri planlaması (Hakkari M52-d2 paftası) için uygun görülen yerin 1/25.000'lik haritadaki yeri.

Tablo 6. 1 Nolu baraj yeri ve özellikleri

Baraj Adı (Nosu)	Bulunduğu Pafta	Mevki	Koordinatlar	Düşünülen Kret kotu (m)	Akarsu talveg kotu (m)	Yaklaşık Baraj Yüksekliği (m)	Kret Uzunluğu (m)	Yağış alanı (Drenaj Alanı) km ²
1 Nolu Baraj	Hakkâri M52-d2 (25-26/68-69 Karesi)	sağ yamaçta, Kirenada tepesi alt yamaçlarıdır	44°97'534"D 37°39'4034K	Kret kotu 1845 Max. Hazne Kotu:1840	1770	Talvegden,75m Temelden,95m Membra.Su Yüksekliği 70m Temel derinliği 20 m	Kret Uzunluk: 285 m Kret Genişlik: 15 m Taban genişliği: 202,5 m Membra: Düşey:2,4;/yay 3 Masap: 2,4/3	992
Baraj Yeri	Baraj yeri, Hakkâri M52-d2 (25-26/68-69) Karesi içindedir. Sağ yamaçta kirenada tepesi alt yamaçlarıdır. Baraj, Hakkâri-Yüksekova karayolu (D400 nolu karayolu) üzerindedir. Membada, Gülenk, Pılan dereleri, mansapta ise Süahihane, Manis, Puziravk, Mangil dereleri bulunmaktadır. Nehil Çayı, Zap Suyu ana kolunun en büyük yan kollarından birisidir. Yüksekova platosu (1850 m) ile Zap Suyu birleşim noktası (1550 m) arasındaki dar vadiden akar. Bu vadiden, İran'a giden D400 nolu devlet karayolu ulaşımı sağlamaktadır. Nehil Çayı vadisinin yamaçları dik ve çoğu yerde heyelanlı bir yapıya sahiptir. Bu vadi üzerinde bir baraj yapılması halinde, karayolunun üst kotlara taşınması gerekir. Yol için tünel açılması, jeolojik yapı nedeniyle zorluklar oluşturacaktır.							
Baraj Yeri ve Göl Alanının Jeolojisi	Baraj, Hakkâri Melanjı denilen ve serpantinleşmiş kayalardan (EİE, 1987b), karbonatlı ve kırıntılı kayalar grubundan oluşan formasyon üzerindedir. Burada tünel açmak ve suyu başka yöne çevirmek çok pahalı olacaktır. Rezervuar alanında da heyelanlar olacaktır. Bu olumsuzluklara rağmen Nehil Çayı üzerinde baraj inşası için en uygun mevkii bu koordinatlardır. Çünkü jeolojik ve heyelan bakımından, vadinin en sağlam yeridir. Baraj yeri ve rezervuar, Hakkâri melanjının daha sağlam ultrabazik kayaları içindedir. Buna rağmen rezervuar alanında heyelan ve toprak kaymaları olabilir. Gölalanı altında yolun 7 km'si su altında kalacaktır. Barajın uygulama projesi için detaylı jeolojik ve deprem araştırmaları yapılmalıdır.							
Baraj tipi	Burada, ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj önerilmektedir. Bu tip barajların maliyetleri düşük ve hızlı inşaat süreleri ile diğer baraj tiplerine üstünlük sağlamaktadır.							
Malzeme Durumu	Baraj inşaatı için gerekli malzeme Yüksekova taraflarından 15~20 km'den temin edilebilir. Baraj haznesi içinde bulunan kireçtaşı kayalar ve agrega da kullanılabilir. Topografya ve temel durumu, bu tip barajlar için daha uygun olduğu düşünülmektedir.							
Santral yeri	Barajın mansabında olacaktır.							
Hidrolojisi	Seçilen baraj noktası, EİE26-22-DSİ26-043 nolu AGİ'ler (bunlar birbirine çok yakındır) ve DSİ26-056 nolu AGİ (üst kotlarda kalmaktadır) arasında bulunmaktadır. Yine EİE26-30 nolu AGİ mansapta, Zap Suyu üzerinde bulunmaktadır. Bu AGİ'lere ait akım değerleri ve tekrerr periyotlarına ait akım büyüklükleri daha önce her bir Akım Gözlem İstasyonu için ayrı ayrı hesaplanmış ve sonuçlar bulunmuştur. Bu 4 AGİ'nin, yıllar itibari ile en fazla akım gözlem değeri bulunan (ölçülen) ve seçilen baraj yerine en yakın olan EİE26-22 nolu AGİ verileri kullanılarak, alan oranı metodu ile baraj yerine ait akımlar taşınmıştır. 1 nolu baraj yerinde, barajın drenaj alanı 992 km ² ve EİE 26-22 nolu AGİ'nin yağış alanı 1160,47 km ² 'dir. Alanlar, ArcGIS programı ile hesaplanmıştır. 1 Nolu Barajın Debileri, Alan Oranı Metoduna göre; Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları EİE26-30; EİE26-22, Elde Edilen Katsayılar K=1,0303 φ=0,7542 Alan Oranı Metodunda Kullanılan Denklem 1(1) nolu denklem, (2) denkleminde yazılabilir: $\frac{Q_{1 \text{ nolu baraj}}}{Q_{EİE2622}} = 1,0303 \left(\frac{A_{1 \text{ nolu baraj}}}{A_{EİE2622}} \right)^{0,7542} \quad (2)$							

(Tablo 6 diğer sayfada devam etmektedir. . .)

Tablo 6 devamı ...

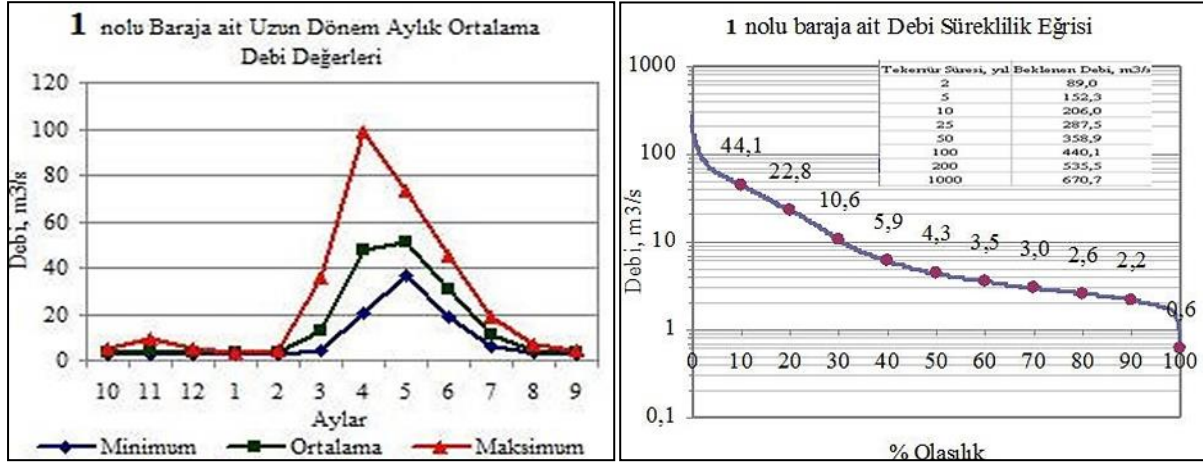
İst No	EİE-2630	EİE-2622	ϕ_t	$_{12}Ki$	$_{21}Ki$	Top Ki	1 nolu baraj
Yağış Alanı km ²	4188,35	1160,47	ϕ_{tt}			K	
Ortalama			0,75417			1,030331	991,62 km ²

Şekil 14'te, Baraj yerinde min debilerin ortalaması 8,8 m³/s, ort. debilerin ortalaması 14,8 m³/s ve maksimum debilerin ortalaması 25,8 m³/s bulunmuştur. Ayrıca baraj yerine ait debi süreklilik eğrisi de verilmiştir.

Şekil 15 (a, b, c, d)'de, 1 nolu baraja ait 3 boyutlu görünüş, arazide göl alanının kapladığı alan ve bu baraja ait hacim-alan eğrisi verilmiştir. Bu şekle göre, 1840 kotunda barajın su hacmi 24,65x10⁶ m³, baraj gölalanı 1,043x10⁶ m² olacaktır.

1 nolu barajın inşaatında kullanılacak çevirme tüneli için, 25 yıl tekerrürlü debi 2x287,5=575 m³/s alınmıştır. Dolu savak debisi 4x670,7= 2683 m³/s, kabul edilmiştir.

Burada rezervuar sahasındaki jeolojik sorunlar, karayolunun üst kotlara taşınması ve çok arızalı arazide (viyadük, tünel ile geçilmesi) yapılacak olması nedeniyle projeyi pahalı hale getirecektir. Santral hemen topuk noktasında olabilir.

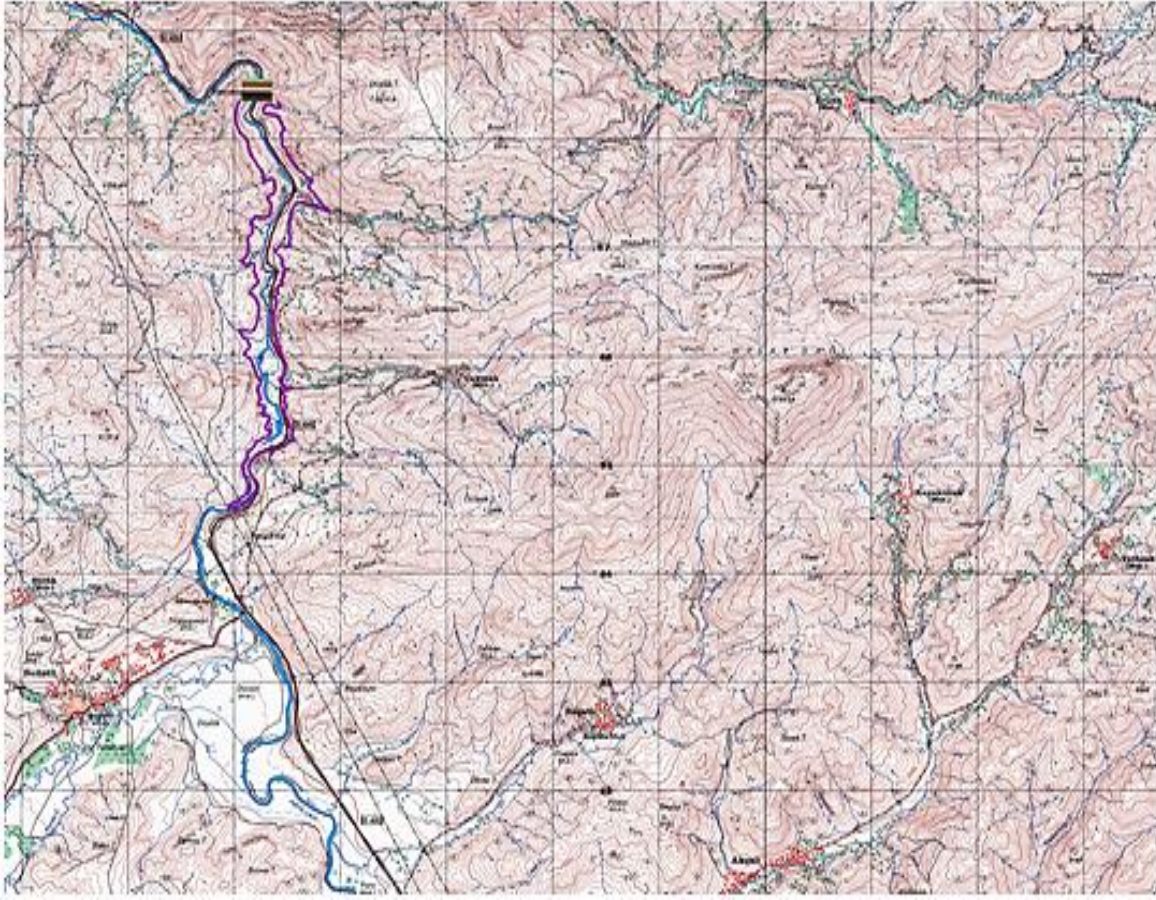
Şekil 14. 1 Nolu baraja ait, taşınmış Min, Ort. ve Mak. Debiler (m³/s) ve debi süreklilik eğrisi

a) 1 nolu baraj gölünün 3 boyutlu görünüşü



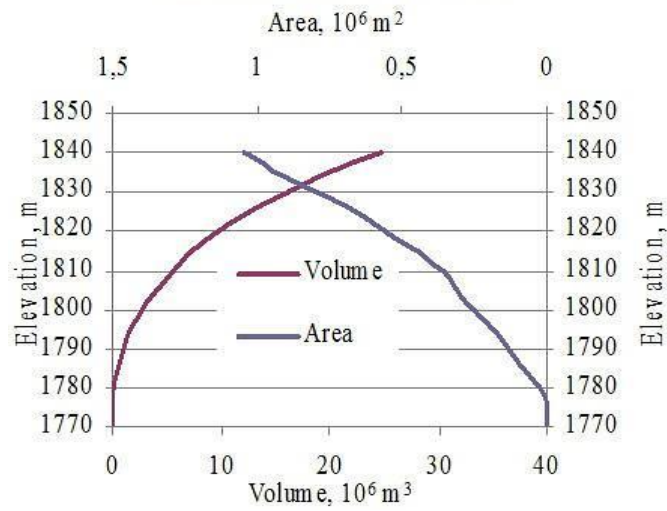
b) 1 nolu baraj gölünün 3 boyutlu görünüşü ve eş yükseklik ile değişimi

Şekil 15.a-b



Şekil 15. c) 1 nolu baraj gölünün su altında bıraktığı alanın haritadaki yeri

1 Nolu Baraja ait Hacim-Alan Eğrisi



Şekil 15. d) 1 nolu baraja ait Hacim-Alan eğrileri

Şekil 15.a-b-c-d: 1 Nolu Baraja ait rezervuarın Hacim-Alan değişimi ve 3 boyutlu görünüşü

Project(s) Characteristics :	
Project Characteristics	Baraj-1-Nehil Çayı
Net Head (m)	70.000
Design Flow (m ³ /s)	36.750
Design Time of Operation (%)	18
Power Production(kW)	25236.225
Energy Production (kWh/Year)	39792479.580
Energy Revenue (EUR/Year)	4155767.397
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Coal	23875.488
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-Gas	7958.496
Emission Reduction (tCo ₂ /Year)-fuel	12733.593
Carbon Market (EUR/Year)-Average of A	148558.590
Investment Cost (EUR)	29056086.113
Investment Cost/kW (EUR/kW)	1151.364
Investment Cost/kWh (EUR/kWh)	0.730
O&M Cost (EUR/Year)	290560.861
NVP: Net Present Value (EUR)	83650061.000
IRR: Internal Rate of Return (%)	13
Payback Period (Years)	7.517
Amortization Plan (Yearly)	1034764.000
Suggested Turbine Type	Pelton/Turgo
Exchange Rate (23.04.2011): 1 EUR =	1.000000 EUR

1 nolu-Nehil Çayı barajı:

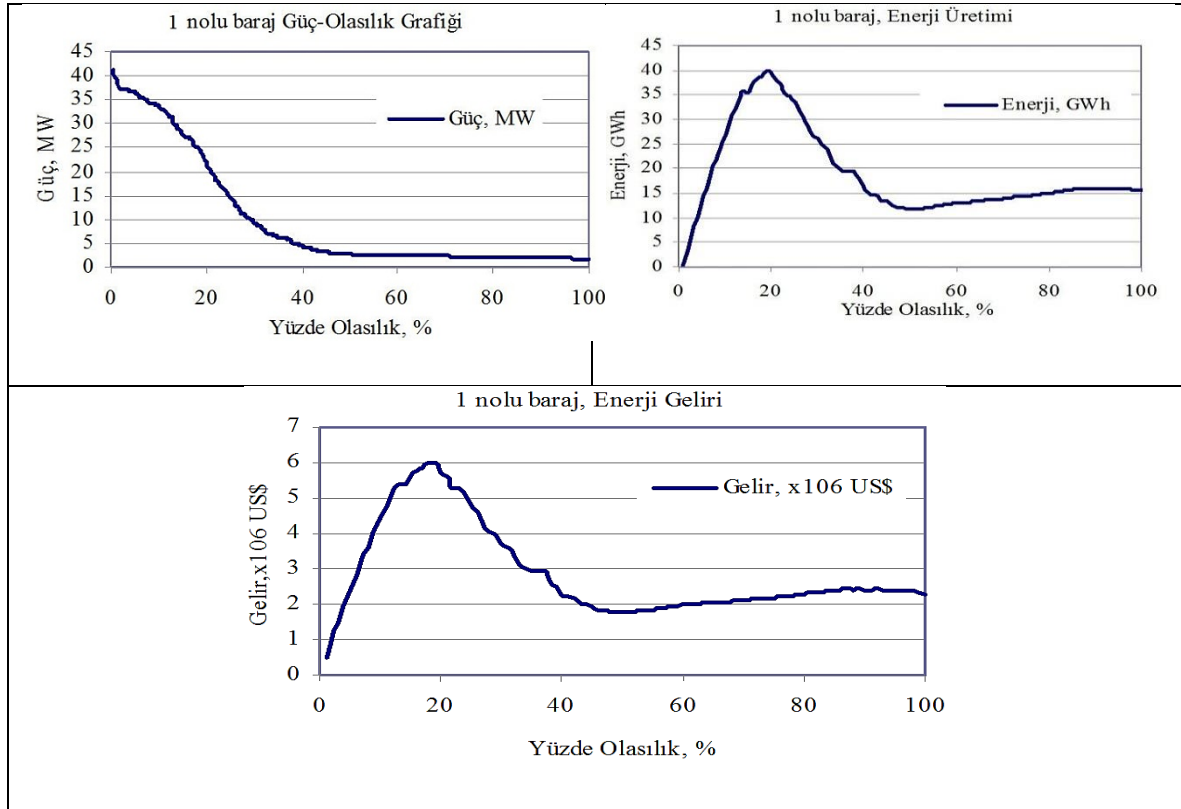
Dizayn debisi 36,75 m³/s
kurulu gücü, 25,236 MW
Yıllık enerji üretimi 39,792 GWh/Yıl
Yıllık enerji parasal getirisi 5,90x10⁶ US\$
Yatırım bedeli 41,265x10⁶ US\$
kW başına yatırım bedeli 1635 US\$
Kendini ödeme süresi 7,517 yıl

Dizayn debisi 36,75 m³/s olup, program tarafından seçilmektedir.

Euro olan değerler, Dolar a çevrilmiştir. Yaklaşık olarak: 1 US\$=1,55 TL; 1 Euro=2,2 TL; 1 Euro/1 US\$≈1,42; TC, Merkez Bankası döviz kurları: Efektif Satış Kuru üzerinden, 24 Mart, 2011, Perşembe günü)

6. 2. 1 Nolu Barajdan Hidroelektrik Enerji Üretiminin Belirlenmesi

1 nolu barajın, Simahpp Programı ile hidroelektrik enerji hesabı için 6.1. bölümde verilmiş olan baraj yüksekliği ve baraj yerine taşınan debiler, program'a veri olarak girilmiştir. Proje karakteristikleri, Tablo 7'de ve enerji hesapları Şekil 16'da topluca verilmiştir. (1US\$=1,55TL; 1Euro=2,2TL; 1Euro/1US\$≈1,42 (TC, Merkez Bankası, Efektif Satış Kuru, 24 Mart 2011).



Şekil 16. Simahpp Programı ile 1 nolu baraja ait Güç-Olasılık, Enerji Üretimi ve Enerji gelirleri hesabının % olasılık ile değişimi.

Güç-Olasılık grafiği incelendiği zaman, bu eğrinin, debi süreklilik grafiğine paralel olduğu görülecektir. Debi büyüdükçe, elde edilecek güç artmakta ve debi küçüldükçe güç azalmaktadır. Enerji üretimi grafiği incelendiğinde debi büyüdükçe elde edilecek enerjinin de arttığı görülmektedir. Çünkü elde edilen güç büyüktür. Enerji miktarı arttıkça elde edilen gelir de artmaktadır.

Diğer taraftan, Simahpp yazılım sonuçlarında görünen emisyon azaltımı [(CO₂/yıl)-Kömür, (CO₂/yıl)-Gaz, (CO₂/yıl)-yakıt (veya petrol)] karbon pazarı ile yakından ilişkilidir.

Karbon piyasası kısaca: Ülkelerin ve şirketlerin sera gazları hedeflerine ulaşabilmeleri için emisyon payları almaları ve satmaları sonucunda oluşan bir piyasadır. Bu piyasa 1997'de, Kyoto'da yapılan toplantı ile gündeme gelmiş ve 39 gelişmiş ülke, atmosferdeki karbon miktarını 1990 yılı emisyon seviyelerinin %5 daha altına çekmeyi kabul etmişlerdir. Kyoto protokolü, her ülke ve endüstriyi somut karbon emisyonları kotaları ile sınırlandırmaktadır. Bu protokole göre, her üye ülkeye belli bir karbon kotası tahsis edilmiştir. Her ülke, bu kotasını kendi sanayicileri arasında paylaşacaktır. Eğer herhangi bir üretici yada ülke kendi kotasını aşarsa, daha az karbon üreten karbon kotası satın alarak, hatasını telafi edecektir. Yani, Hava kirliliğine neden olan firmalar ve devletler (atmosfere fazla karbon salanlar), az karbon salanlara para vererek dengeyi sağlanacaklardır. Diğer bir değişle sera gazı salınımı bütün dünyada sabit tutulacaktır. Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (2003/87/EC sayılı Direktif, European Union Emission Trading Scheme-EU ETS) 2005'ten beri 25 ülke ve 13000 kuruluşu kapsamaktadır. 2005'ten beri 362 milyon ton CO₂ işlem görmüş ve bunun parasal değeri 7,2 milyar Euro'ya ulaşmıştır. 2012 tarihi itibarı ile bu ticaret hacminin, dünyada trilyon doları geçtiği bildirilmektedir (Taşdan, 2009; Yorkan 2009). Buna göre, 39,8 GWh/yıl elektrik üretmek için kömür kullanılması halinde, yılda, atmosfere 23875,4 ton CO₂; Gaz kullanılması halinde 7958,4 ton CO₂ ve Petrol kullanılması halinde 12733,5 ton CO₂ havaya salınacaktır. Karbon piyasasına göre bu salınımın parasal değeri, yılda 148558,5 Euro (239610,4 US\$) olacaktır. Bu nedenle, hidroelektrik enerji çevreci bir özelliğe sahip ve küresel ısınmayı azaltan bir katkı sunmaktadır.

7. SONUÇLAR

Bu makalede, Zap Suyu havzasının bir alt havzası olan Nehil çayı havzasının hidroelektrik enerji potansiyeli araştırılmış ve bir adet

rezervuarlı barajın planlaması yapılmıştır. Planlaması yapılan 1 adet barajın, maliyeti ve buradan temin edilebilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplara göre, Nehil Çayı üzerinde, su potansiyeli, topoğrafik şartları ve jeolojik yapısı uygun 1 adet baraj aks yeri tespit edilmiştir. 1 no'lu baraj olarak isimlendirilen bu barajın toplam maliyetleri ve faydaları Simahpp programı ile hesaplanmıştır. Buna göre, baraj maliyetleri toplamı 41,3x10⁶ US\$ ve toplam kurulu gücü, 25,2 MW olarak hesaplanmıştır. Yılda üreteceği elektrik enerjisi miktarı, 39,8 GWh bulunmuştur.

Nehil Çayı üzerinde, EİE tarafından, enerji amaçlı Dilektaş barajının planlaması öngörülmüştür. EİE'ye göre, bu barajdan toplam üretilecek elektrik enerjisi miktarı 21 GWh/yıl olarak verilmiştir (EİE, 2009). Oysa bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre, Nehil Çayı üzerinde planlanacak bir barajdan yılda 39,8 GWh elektrik üretilebileceği hesaplanmıştır. Aradaki 18,8 GWh'lik enerji farkının neden kaynaklandığını anlamak için EİE tarafından yapılan analizlerin nasıl yapıldığını ve hesapların nasıl yürütüldüğünü incelemek gerekir. Böylece, aradaki farkın nerelerden geldiği anlaşılacaktır. Makalede seçilen baraj yeri ile EİE tarafından planlanan baraj yeri veya bölgesi yakın olmalıdır. Çünkü bu bölgedeki heyelanların az, jeolojik yapının nispeten sağlam ve az geçirimli olduğunu, EİE raporlarından ve jeolojik haritalardan öğrenmekteyiz. Mevcut raporlardan anlaşılmaktadır ki, EİE tarafından planlanan bu barajlar hakkındaki çalışmalar, 1987 yılına dayanmaktadır. O yıllarda, bu akarsulardan yeterli akım verisinin okunmadığı, az data ile çalışıldığı bildirilmiştir (EİE, 1996). Öte yandan, EİE tarafından "Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu, Cilt 1, Tablo 2, Sayfa 15'te, aynı akarsu üzerinde kayadolu bir baraj planlamasına ait sonuçlar, tablo şeklinde vermiştir. Bu tabloya göre barajın yüksekliği 78 m, yılda üreteceği elektrik enerjisi miktarı 328 GWh ve kurulu gücü 124,8 MW, tünel boyu 14 km verilmiştir (EİE, 1987b). Tablodan anlaşıldığı kadarı ile Nehil Çayına ait su, bir tünel ile alınacak ve daha sonra büyük bir düşüm noktasından, türbine verilerek, 328 GWh elektrik üretilecektir.

Burada, çelişkili bir durum söz konusudur. EİE web sayfasına göre Nehil Çayından, 21 GWh/yıl hidroelektrik enerji üretileceği bildirilirken, Zap suyu Master Plan raporuna göre ise bu rakam 328 GWh verilmiştir. Her iki durumda da, hesapların nasıl yürütüldüğüne dair elde mevcut bilgiler ve dokümanlar olmadığından net bir yorum yapmak mümkün değildir.

Ancak, hidroelektrik enerji miktarı genel olarak, debi büyüklüğüne ($Q\text{-m}^3/\text{s}$), Net düşüm yüksekliğine (m), Türbi, Jeneratör ve Transformatorün randıman katsayılarına göre değişiklik gösterecektir.

Sonuç olarak bu araştırmanın sonunda, barajın bir kWh başına yatırım bedeli ortalama, 1635 US\$ olarak hesaplanmıştır. Türkiye’de, ortalama bir hane’nin (veya ev’in) aylık elektrik tüketimi 250-300 KW arasında değişmektedir. Dolayısıyla, bu barajdan üretilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 11055 adet ev’in ($39,8 \times 10^6$ kWh/300x12), 1 yıllık elektrik enerjisini karşılayabilecektir. Bu enerjinin yıllık parasal getirisi, $5,9 \times 10^6$ US\$ olacaktır. Baraj için toplamda yapılacak yatırım, yaklaşık 7,517 yıl’da kendini ödeyecektir. Yatırım bedeli çıkarıldıktan sonra, üretilecek enerji maliyeti sadece işletme, bakım ve tamirat giderlerini kapsayacağından, kWh enerji maliyeti bedeli, 1~2 cent’e düşecektir. Enerji maliyetleri, sürdürülebilirlik ve yerli enerji olması düşünüldüğünde, bu potansiyelin acil olarak ülke hizmetine kazandırılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 090234/2012 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca, bu çalışmaya destek verdikleri için DMİ’ye, AÜ.Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü’ne teşekkür ederiz (Proje Yürütücüsü: R.Bakış).

KAYNAKLAR

- 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 Modeling with Grid, Arc/Info User’s Guide”, Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc., USA.
- Anonim. (1987). “Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi, Gizbili Mühendislik Firması, Ankara.

- Aronoff, S. (1991). “*Geographic Information Systems: A Management Perspective*”, WDL Publ., Canada.
- Asquith, W.H., Roussel M.C., Vrabel, J. (2006). “State wide analysis of the drainage-area ratio method for 34 streamflow percentile ranges in Texas”, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006–5286, 34, 1 appendix.
- Bakış, R., Göncü, S., Gümüşlüoğlu, E. (2012). Zap Suyu Havzası Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Araştırılması, Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: AÜBAP 090234, Proje Yürütücüsü: R Bakis), Eskişehir.
- Bakış, R., Altan, M., Gümüşlüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy, H., Olgun, K. (2008). “Porsuk Havzası Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi”, *Eskisehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* C.XXI, S.2., 125-162.
- Bakış, R. (2005). “Electricity Generation from Existing Multipurpose Dams in Turkey”, *Energy Exploration & Exploitation*, Volume 23, Number 6, 495-516.
- Bayazıt, M., Avcı, I. (1997). “Water Resources of Turkey: Potential, Planning Development and Management, *Water Resources Development*, Vol. 13, No. 4, 443-452.
- Denholm, P., Ela, E., Kirby, B., Milligan, M. (2010). The Role of Energy Storage with Renewable Electricity Generation, Technical Report (Prepared under Task No. WER8.5005) of National Renewable Energy Laboratory (NREL), NREL/TP-6A2-47187, U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC Contract No. DE-AC36-08-GO28308, 51.
- DMİ. (2009). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (www.dmi.gov.tr).
- DSİ. (2010, 2009, 2008). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (dsi.gov.tr).
- EİE. (2009, 2007). Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE, 2007, eie.gov.tr)

- EİE. (1996). “*Hakkari Barajı ve Hidroelektrik Santrali Yapılabilirlik Raporu*”, EİE Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Proje Dairesi Başkanlığı, 250.
- EİE (1987a). “*Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu*”, Gizbili Mühendislik Firması, Ankara, 251.
- EİE. (1987b). “*Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu, Cilt 1 (1-1, 14-6 s.), Cilt 2(15-1,18-9 s.), Cilt 3 (1-1, 3.2.6 s.), Jeoloji (1-1, 6-1s.)*”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü”, Gizbili Mühendislik Firması, Ankara.
- Elshorbagy, A.A., Panu, U.S., Simonovic, S.P. (2000). “Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology”, *Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques*, 45(6), 849-866.
- Enerji Haber
(<http://www.enerjihaber.com/haberdetay>)
(30 Nisan 2009).
- Emerson, D.G., Vecchia, A.V., Dahl, A.L. (2005). “Evaluation of Drainage-Area Ratio Method Used to Estimate Streamflow for the Red River of the North Basin, North Dakota and Minnesota”, USGS Scientific Investigations Report 2005-5017, *U.S. Geological Survey, Reston, Virginia*.
- Emerson, D.G., Dressler, V.M. (2002). “Historic and unregulated monthly stream flow for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota, Minnesota, and South Dakota, 1931-99”, *U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 02-4095*, 271.
- Erdogdu, E. (2011). An analysis of Turkish hydropower policy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2011) 689–696.
- Erkan, C., Mucuk, M., Uysal D. (2010). The Impact of Energy Consumption on Exports: The Turkish Case, *Asian Journal of Business Management* 2(1): 17-23, 2010.
- ERSDAC. (2003). “*ASTER Reference Guide (Version 1.0)*”, Japan.
- Esri com. “Implementing Inverse Distance Weighted (IDW)”, (<http://webhelp.esri.com/arcgis/desktop/9.3>) (15 May 2009).
- Garbrecht, j. (1999). Martz, L.W., “Digital Elevation Model Issues In Water Resources Modelling”, 19th ESRI International User Conference, Environmental Systems Research Institute, San Diego, California, July 26-30.
- Guenther, R.S., Weigel, J.F., Emerson, D.G. (1990). “Gaged and estimated monthly streamflow during 1931-84 for selected sites in the Red River of the North Basin in North Dakota and Minnesota”, *U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 90-4167*, 230.
- HKG. (2010). Harita Genel Komutanlığı web sayfası (<http://www.hgk.mil.tr/>).
- IEA. (2009). Turkey 2009 Review, Energy Policy of IEA Countries, Publication of International Energy Agency (IEA) (www.iea.org/about/copyright.asp, Printed July 2010), p.108.
- MTA. (2011). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Sayısal jeoloji haritaları” (<http://www.mta.gov.tr>).
- NİK. (2010). Nik Sistem Uzaktan Algılama Ürünleri (İstanbulyucel@nik.com.tr).
- Oğulata, R.T. (2003). Energy sector and wind energy potential in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7 (2003) 469–484.
- Önal, E., Yarbay, R.Z. (2010). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Yıl: 9 Sayı: 18 Güz 2010 s. 77-96.
- Pathak, M. (2008). “Application of GIS and Remote Sensing for Hydropower Development in Nepal”, *Hydro Nepal*, Issue No. 3, 1-4.
- Taşdan F., Karbon Piyasası, *Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı, Enerji Bülteni*, Yıl 1, Sayı 7, Kasım, 2009.
- TÜİK. (2011, 2010). Türkiye İstatistik Kurumu (www.tuik.gov.tr).

- Ünalın, G. (2003). Türkiye Enerji Kaynaklarının Genel Değerlendirmesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 17-44, 27 (1) 2003.
- Wiche, G.J., Benson, R.D., Emerson, D.G. (1989). "Streamflow at Selected Gaging Stations on The James River in North Dakota and South Dakota, 1953-82, with a section on climatology", *U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report* 89-4039, 99.
- Yanık, B., Avcı, İ. (2005). Bölgesel Debi Süreklilik Eğrilerinin Elde Edilmesi, *İTÜ Dergisi /d Mühendislik*, Cilt:4, Sayı:5, 19-30.
- Yorkan A., 2009. Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası Ve Türkiye'ye Etkileri, *Bilge Strateji*, Cilt 1, Sayı 1, 24-39, Güz 2009.
- Yüksel, İ. (2008). Hydropower in Turkey for a clean and sustainable energy future, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (2008) 1622-1640.