

Makalenin Geliş Tarihi : 02.08.2006  
Makalenin Kabul Tarihi : 10.11.2006

## **ZAP SUYU HAVZASI HİDROELEKTRİK POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

Recep BAKIŞ<sup>1</sup>, Handan TİP<sup>2</sup>

**ÖZET :** Bu makalede, Zap suyu havzası hidroelektrik potansiyeli (HEP) araştırılmıştır. Zap suyu havzası, Dicle havzasının bir alt havzasıdır. Bölgenin %96'sından fazlası dağlıktır. Zap suyunun drenaj alanı 6780 km<sup>2</sup> olup, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alır. Zap havzası hidroelektrik potansiyelini belirlemek için, öncelikle, akım gözlem istasyonlarının farklı yıllarına ait tarihi dataların aylık akım verileri incelenerek, Zap suyuna ait uzun süreli akım verileri kullanılmıştır. Yapılan hesaplar sonucu, bu potansiyelin kullanılması ile 176,5 megavat (MW) kurulu güç ve 1321,10 gigavat (GWh) elektrik enerjisi üretilebilecektir. Zap havzasının bütün hidroelektrik potansiyelini değerlendirmek için, küçük hidroelektrik potansiyel hariç, Zap nehri vadisi üzerinde 7 adet baraj inşa edilmesi gerekir. Ana akarsu üzerinde bu barajlar gerçekleştirildiği zaman, Zap suyunun kontrolü sağlanmış olacaktır. Yani, Zap suyu potansiyeli entegre bir proje halinde Zap havzasında gerçekleştirilmiş olur. Tahminen küçük hidroelektrik potansiyel miktarı, büyük barajlara ait miktarının en az %25'i kadardır. Barajların maliyetlerini azaltmak için, Ön Yüzü Beton Kaplı (CFRD) tip barajların planlanması gerekir. Bu hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesi ile Türk ekonomisine önemli bir parasal katkı sağlanacaktır.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Zap Suyu, Hidroelektrik potansiyel, Türkiye.

## **INVESTIGATION HYDROPOWER CAPACITY OF ZAB RIVER BASIN**

**ABSTRACT :** In this paper, hydropower potential of Zab river basin has been investigated. Zab basin is a sub basin of Tigris catchment. More than 96% of the area is mountainous. The total drainage area of Zab basin is 6780 km<sup>2</sup> and takes place in southeast of Anatolia. For the determination of Zab basin hydropower potential, initially, historical data of main flow of Zab river has been analyzed. Historical data have been used on a monthly basis for different years of gauging stations. It has been calculated that the electricity generation using this potential is 1321.10 gigawatt hour per year (GWh/year) with 176.50 megawatt (MW) installed capacity. It is required constructing seven new dams on the valley of Zab river except small hydropower potential for the evaluation of all the Zab river water potential. While realized these dams of the main river, the all of river potential will be tapped. Then Zab river potential will be turned as an integrated project in Zab basin. Additionally, it is assumed that total Small Hydropower Potential (SHP) of Zab basin is at least 25% of large hydropower potential. For reducing the cost of dams, they may be constructing by CFRDs types. The development of this potential will add an important monetary value to the Turkish economy.

**KEYWORDS :** Zab River, Hydropower Potential, Turkey.

<sup>1</sup>Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,  
İki Eylül Kampüsü, 26555 ESKİŞEHİR.

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ESKİŞEHİR.

## I. GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketimi kalkınmanın bir göstergesi sayılmaktadır. 2004 yılında Türkiye’de kişi başına yıllık elektrik enerjisi tüketimi 2100 kilovatsaat (kWh) iken, dünya ortalaması 2500 kWh, gelişmiş ülkelerde ortalama 8900 kWh (ABD’de, 12322 kWh; Çin’de 827 kWh) civarındadır. Türkiye’nin ekonomik-sosyal bakımdan kalkınması ve endüstrileşmesi bir hedef olduğuna göre endüstrinin ve diğer kullanıcı kesimlerin ihtiyacı olan enerjinin, yerinde, zamanında ve güvenilir bir şekilde karşılanması hayati bir önem taşımaktadır.

Türkiye’de 1950’lerde, yılda sadece 800 GWh enerji üretimi yapılırken, bugün bu oran yaklaşık 190 misli artarak yılda 152000 GWh’ e ulaşmıştır. 37500 MW’a ulaşan kurulu güç ile yılda ortalama olarak 220000 GWh enerji üretilmektedir. Ancak, arızalar, bakım-onarım, işletme hataları, kuraklık, randıman vb. sebeplerle ancak 152000 GWh enerji üretilmiştir. Yani kapasite kullanımı %69 olmuştur. Termik santrallerde kapasite kullanım oranı %59 iken hidroelektrik santralarda %105 olmuştur. Türkiye’de 2005 yılı itibari ile Kurulu güç (MW) ve üretim miktarı (GWh) Tablo 1’de verilmiştir [1].

**Tablo 1.** Türkiye’de Enerji Kurulu Kapasitesi (MW) ve Üretimi (GWh) 2005 sonu itibari ile [1].

Kurulu Kapasite ve Yıllık Üretim		2003				2004			
		Kapasite		Fili	Kapasite Kullanımı	Kapasite		Fili	Kapasite Kullanımı
		Kurulu Güç (MW)	Üretim (GWh)	Üretim (GWh)	Oran (%)	Kurulu Güç (MW)	Üretim (GWh)	Üretim (GWh)	Oran (%)
Termik Enerji	Kömür	8 239	53 940	32 253	60	8 923	58 391	34 558	59
	Akaryakıt	3 198	21 085	9 196	44	3 202	21 167	9 800	46
	Doğalgaz	11 510	86 154	63 536	74	12 640	94 867	59 098	62
	Diğer	28	207	116	56	27	207	76	37
	Toplam	22 974	161 387	105 101	65	24 792	174 632	103 532	59
Jeotermal ve Rüzgar Enerjisi		34	156	150	96	34	156	160	103
Hidroelektrik Enerji		12 579	45 152	35 329	78	12 654	45 435	47 614	105
Genel Toplam		<b>35 587</b>	<b>206 695</b>	<b>140 580</b>	<b>68</b>	<b>37 480</b>	<b>220 223</b>	<b>151 306</b>	<b>69</b>

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin yaklaşık %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin yaklaşık %17'sini oluşturmaktadır. Tablo 2'de, Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli ile Dünya ve Avrupa potansiyeli karşılaştırılmıştır [2].

**Tablo 2.** Dünya'da ve Türkiye'de hidroelektrik (HES) potansiyel miktarı [2].

Kapsam	Brüt HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Ekonomik HES Potansiyeli (GWh/yıl)
Dünya	40 500 000	14 300 000	8 100 000
Avrupa	3 220 000	1 225 000	775 000
Türkiye	433 000	216 000	129 907

Günümüz itibariyle Türkiye'de 142 adet hidroelektrik santral işletmede bulunmaktadır. Bu santraller 12788 MW'lık bir kurulu güce ve toplam potansiyelin %35'ine karşılık gelen 45930 GWh'lık yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir. 2006 yılı itibariyle Hidrolik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı Tablo 3'te verilmiştir [1-3].

**Tablo 3.** Türkiye hidroelektrik enerji potansiyelinin proje seviyelerine göre dağılımı 2006 yılı ortası itibari ile [3].

Hidroelektrik Santral Projelerinin Mevcut Durumu	Proje Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Yıllık Hidroelektrik Enerji Üretimi				
			Güvenilir Enerji (GWh)	Toplam Enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif Enerji (GWh)	Oran (%)
1- İşletmede	142	12 788	33 560	45 930	35,4	45 930	35,4
2- İnşa Halinde	40	3 197	6 358	10 518	8,1	56 448	43,5
3- Gelecekte İnşa Edilecek	565	20 667	40 006	73 459	56,5		
3.1 Kesin Projesi Hazır	14	3 556	7 089	10 752	8,3	67 200	51,8
3.2 Planlaması (Fizibilitesi) Hazır	175	7 306	13 305	26 562	20,4	93 762	72,2
3.3 Master Planı Hazır	96	5 120	10 582	17 819	13,7	111 581	85,9
3.4 İlk Etüdü Hazır	280	4 685	9 030	18 326	14,1	129 907	100,0
Toplam Potansiyel	747	36 652	79 924	129 907	100,0	129 907	100,0

Türkiye’de elektrik tüketimi her yıl yaklaşık %8-10 oranında artmaktadır. Bu talebi karşılamak amacıyla yeni enerji projeleri için her yıl 3-4 milyar ABD Doları civarında bir yatırım yapması gerekir [4-6]. Enerji, dolayısıyla elektrik enerjisi önemli bir konu olduğundan, kendine yeterli, sürekli, güvenilir ve ekonomik bir elektrik enerjisine sahip olunması yönünde başta dışa bağımlı olmayan ve yerli bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisi geliştirilmelidir. Bu anlamada, ülkedeki her türlü hidroelektrik potansiyelin değerlendirilmesi son derece önemli bir hale gelmiştir.

## ***II. ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI***

Çalışma alanı, Zap Suyu Havzasıdır. Türkiye, hidrojeolojik bakımından, 26 adet havzaya ayrılmıştır. Zap Suyu havzası, 26 nolu Dicle havzasının bir alt havzasıdır. Dicle havzası, Türkiye’nin güneydoğusunda bulunmaktadır. Dicle havzası geniş bir bölge olup, %12’si Türkiye’de, %0.2’si Suriye’de, %54’ü Irak’ta ve %34’ü İran topraklarındadır. Nehir, 1850 km uzunluğunda olup, 400 km’si Türkiye’de, 32 km’si Suriye’de, 1418 km’si Irak’ta akmaktadır. Toplam olarak bu su hacminin %51’i Türkiye’den, %39’u Irak’tan ve %10’u İran’dan oluşur. Zap Havzası, 37<sup>0</sup>13’57”-38<sup>0</sup>23’12” enlemleri ve 43<sup>0</sup>17’59”-44<sup>0</sup>33’36” boylamları arasında bulunmaktadır [1, 3, 7-9]. Zap Suyu Havzasının toplam alanı 6780 km<sup>2</sup> olup, Türkiye yüzölçümünün %0.87’sini kapsamaktadır. Zap suyu, Van gölünün güneyini çevreleyen dağların eteklerinden doğar (+2000 m kottan) ve bu yüksek alanlara yağın kar yağışlarından bolca beslenir. Zap suyu, Türkiye’de, 200 km uzunluğunda olup ortalama km’de 6,18 m düşer ve sonra Irak topraklarına girer. Havza, Hakkâri ilinin çok büyük bir kısmı, Van ve Siirt illerinin küçük bir kısmını kapsamaktadır. Zap Suyu Havzası, Kuzeyde Van Batıda ise Şırnak illeri ile sınırlıdır. Zap Suyu’nun Nehil Çayı ile kavşak yerinin memba tarafındaki kısmı Yukarı Zap Havzası, mansap kısmı Aşağı Zap Havzası olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1’de, Dicle havzası ve Dicle havzası içindeki Zap Suyu havzası görülmektedir.



Şekil 1. Dicle ve Zap Suyu Havzası [3].

Zap Suyu Havzası'nın %96'sı dağlıktır. Düzlük alanlar çok azdır. Toros dağları en önemli bölümünü oluşturur. Dış doğu Toroslar, Bitlis sınırından sonra Hakkari dağları ismini alır. İran sınırına kadar devam eder. Dağlar burada Doğu-Batı doğrultulu uzanır. Ancak yer yer bu uzantılar, kuzey-güney doğrultulu derin vadilerle parçalanır. Ulaşım, akarsu yatakları durumundaki vadi yamaçlarında, yer yer ise dağların zirvelerindeki geçişlerden sağlanır. Yükseltinin 1500 ile 2000 metre arasında yoğunluk kazandığı havzada 30'un üzerinde doruk +3000 m.yi aşar. Havzanın Nehil Çayı bölümünde bulunan Yüksekova en önemli düzlük olup alanı 24909 Ha'dır. Yüksekova'da kotlar +1880+1970 m arasında olup, genişliği 15 km ve uzunluğu 40 km'dir. Kapalı bir havza durumunda olan ovanın sularını Nehil Çayı, Zap nehrine boşaltır [7-9]. Havzada, 4. zamandan sonra buzulların çekilmesi sonucu derin karstik vadiler açılmıştır. Zap Vadisi Hakkâri ile simgeleşmiş bir vadidir. Havril dağlarından başlayan vadi, geniş olarak devam eder ve Başkale yakınlarında oldukça geniş bir hal almaktadır. Hakkari il sınırına girmesi ile vadi tabanında 25 m'ye kadar daralma ve -250-300 m.ye varan derinleşme başlar. Çukurca ilçe sınırimızı terk edip Irak topraklarına girer. Bu vadi ülkemizin en dar ve derin vadilerindedir. Vadi yer yer yarma, bazı kesimlerinde ise U şeklindedir. Bu iki vadinin dışında

Yüksekova'da Zap'ın kolu olan Nehil Irmağı vadisi, Şemdinli'de Avarobaşın, Şemdinli Vadisi İran ve Irak'la sınıırımızın kesişim bölgesinde Hacıbey Vadisi vardır. Zap suyu, 763 m kotundan sonra Irak topraklarına geçer. Zap Suyuna Türkiye toprakları içinde katılan önemli yan kollar; Çınarcık, Şemdinli, Hacıbey, Uzundere, Rubarişin sularıdır [7-9].

### ***II. 1. Genel Jeoloji***

Zap Suyu Havzası, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alır. Jeolojik yönden bu bölgenin doğudaki devamı niteliğindedir. 1937 yılından beri daha çok petrol arama amacına yönelik çalışmalar yapan MTA ve TPAO jeologları bölgenin jeolojik yapısını çözmeye çalışmışlardır. Zap Suyu Havzası Kuzeydeki Anadolu Levhası ile Güneydeki Arabistan levhaları arasında uzanan Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı üzerinde yer alır. Havzada görülen jeolojik birimler otokton ve allokton birimler diye iki gruba ayrılmıştır. Otokton birimlerin oluşturduğu istif, Kambriyen yaşlı Sadan formasyonu ile başlar. Derik Grubunun bir üyesi olan formasyon, hafif metamorfizmaya uğramış kuvarsit ve silttaşından oluşur. Sadan formasyonu üzerine uyumlu olarak istiflenen Koruk Formasyonu, dolotaşı ve kireçtaşından oluşur. Habur Grubu Kuvarsit miltaşı bileşiminden oluşur. Bu formasyona uyumlu olarak istiflenen Köprülü Formasyonu kireçtaşı, kumtaşı, şeyl bileşiminden oluşur. Altta kumtaşı-çakıltası ile başlar. İnce tabakalı bol fosilli kireçtaşı, dolotaşı ve kalın tabakalı kireçtaşı ile devam eder [7-10]. Havzanın yapısal modeli, Afrika-Arabistan ve Avrasya Levhaları ile Anadolu Levhasının nisbi hareketleri sonucunda oluşmuştur. Üst Senoniyen, Orta Eosen ve Miyosen sonunda gelişen orojenez farzları ile tektonik çatı sağlanmıştır. Bu yapısal hareketler sonucu havza alanı genel olarak kuzey-güney yönlü kuvvetlerin etkisi altında kalmıştır. Havzada oluşan büyük ölçekli faylar, ters fay ve düşey atımlı normal fay şeklindedir [7-10].

### ***II. 2. Jeomorfoloji***

Zap Suyu Havzasının jeomorfolojik durumu, bölgede yer alan 25'den fazla jeolojik formasyonun litolojik özellikleri, jeolojik yapı, orojenik ve epirogenik hareketler ile akarsu aşındırmalarının sonucu bugünkü şeklini almıştır. Vadi

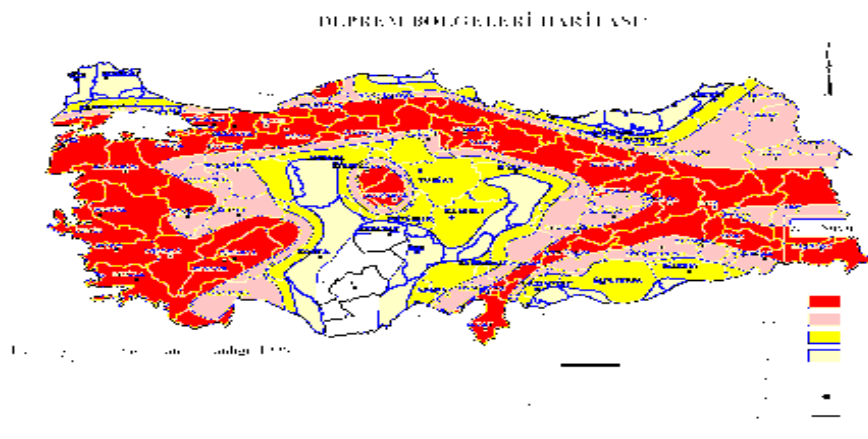
tabanıyla doruklar arasındaki yükselti farkları +200 ile +2000 m.yi aşan bir değişiklik göstermektedir [7-10].

### **II. 3. Hidrojeoloji**

Havzadaki kaya birimlerinin hidrojeolojik özellikleri genç birimlerden yaşlıya doğru şöyledir: Havzanın akış yukarısında yer alan, konglemera-kumtaşı aralanmasından oluşan Pliokuvaterner oluşumları, küçük debili pınarların çıkmasına elverişlidir. Fliş görümlü şeyl, marn arakatkılı kumtaşı, kireçtaşı bloklu, şist, metakumtaşı, serpantin içeren Durankaya karışığının kumtaşı tabakasından ve Çakıltaşı, kumtaşı, marn, karbonatlı kayaçlar içeren Gürpınar Grubundan çok seyrek ve çok küçük debili kaynaklar boşalmaktadır. Germav Formasyonunun Kumtaşı seviyeleri geçirimli olduğundan, oldukça yüksek debili kale pınarları çıkmaktadır [7-9].

### **II. 4. Deprem Durumu**

Havza alanındaki en yakın deprem kaynağı Güneydoğu Anadolu fayıdır. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu "Türkiye deprem bölgeleri haritası'na" göre, bölge, 1.derece deprem bölgesindedir [12, 13].



**Şekil 2.** Türkiye deprem haritası [13].

### **III. İKLİM VE SU KAYNAKLARI**

#### **III. 1. İklim**

Zap Suyu Havzası, karasal iklimin etkisi altındadır. Bölgede, kışlar sert ve karlı geçer. Karasal iklimin en belirgin özellikleri gece ile gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkıdır. Zap Suyu Havzası Basra alçak basınç merkezi ile Sibirya yüksek basınç merkezinin karşılaşma alanıdır. Güneyden Basra alçak basınç merkezinden gelen nemli hava kütleleri Hakkâri dağlarına çarpınca yükselir. Böylece yoğunlaşıp yağış bırakarak kuru hava olarak komşu illere ulaşır. Ancak alçak alanlar ve vadi tabanları Akdeniz'in yarı bozulmuş tipik iklim özelliğini gösterir [7-9]. Havzadaki meteoroloji istasyonlarından yağış, sıcaklık, buharlaşma, nispi nem, rüzgâr ve kar gibi parametreler ölçülür.

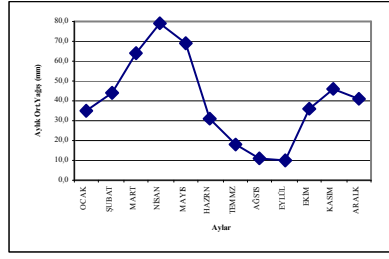
#### **III. 2. Yağış**

Zap Suyu Havzası ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarının tümünde yağış gözlemleri yapılmaktadır. Havzada yıllık ortalama yağışın değişimi Güneybatıdan Kuzeydoğu yönüne doğru azalmaktadır. Başkale (Şekil 3), Hakkâri (Şekil 4), Yüksekova (Şekil 5) ve Çukurca (Şekil 6) meteoroloji istasyonlarının aylık ve yıllık ortalama yağış değerleri ölçümü yapılmaktadır. Bu istasyonlara ait uzun süreli aylık ortalama yağış değerleri Şekil 3, 4, 5, ve 6'da sırası ile verilmiştir. Havzada en büyük ortalama yağış 1303 mm olup, ortalamaların ortalaması yağış 696.3 mm'dir [7-9].

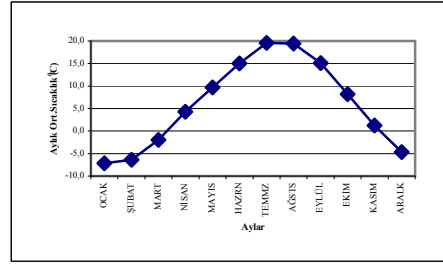
#### **III. 3. Sıcaklık**

Zap Suyu Havzası'ndaki meteoroloji istasyonlarından Başkale, Hakkari ve Yüksekova'da sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır [7-9, 11]. Bu istasyonlara ait uzun süreli ortalama sıcaklık değerleri Şekil 7, 8 ve 9'da sırası ile verilmiştir. Kış aylarında aylık ortalama sıcaklıklar sıfır santigrad derecenin altındadır.

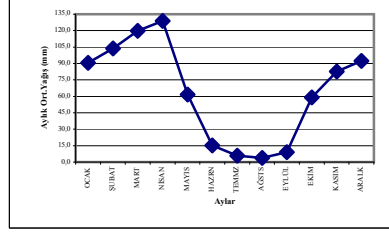




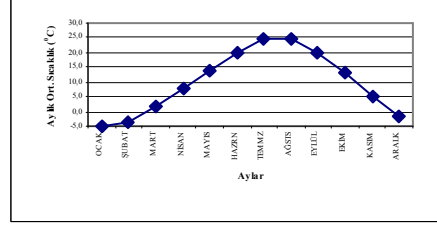
Şekil 3. Başkale Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış (mm) (53 Yıllık).



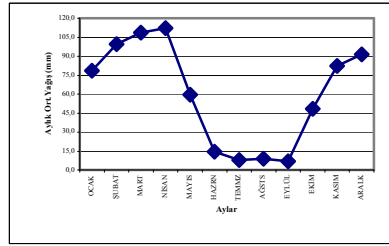
Şekil 7. Başkale Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) (43 Yıllık).



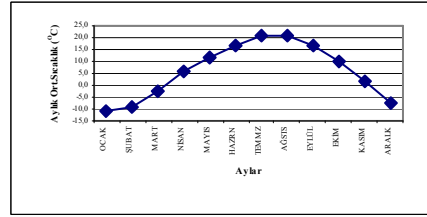
Şekil 4. Hakkâri Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış (mm) (50 Yıllık).



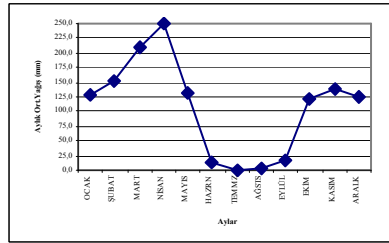
Şekil 8. Hakkâri Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) (45 Yıllık).



Şekil 5. Yüksekova Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış (mm) (52 Yıllık).



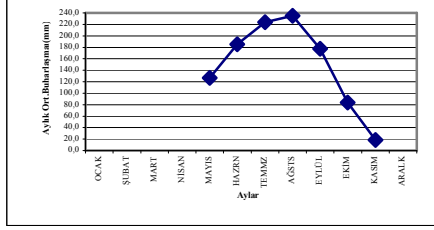
Şekil 9. Yüksekova Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Sıcaklık (°C) (42 Yıllık).



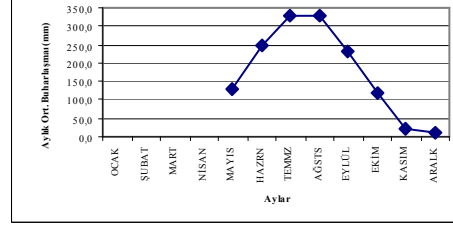
Şekil 6. Çukurca Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Yağış (mm) (26 Yıllık).

### III. 4. Buharlaşma

Zap Suyu Havzasında Başkale ve Hakkari Meteoroloji İstasyonlarında yuvarlak tava (ClasA Pan) ile buharlaşma ölçümleri yapılmıştır. Uzun yıllara ait aylık ortalama buharlaşma değerleri sırası ile Şekil 10 ve 11’de verilmiştir [7-9].



Şekil 10. Başkale Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Buharlaşma (mm) (20 Yıllık).



Şekil 11. Hakkâri Meteoroloji İstasyonu Aylık Ortalama Buharlaşma (mm)(20 Yıllık).

### III. 5. Kar Ölçümü

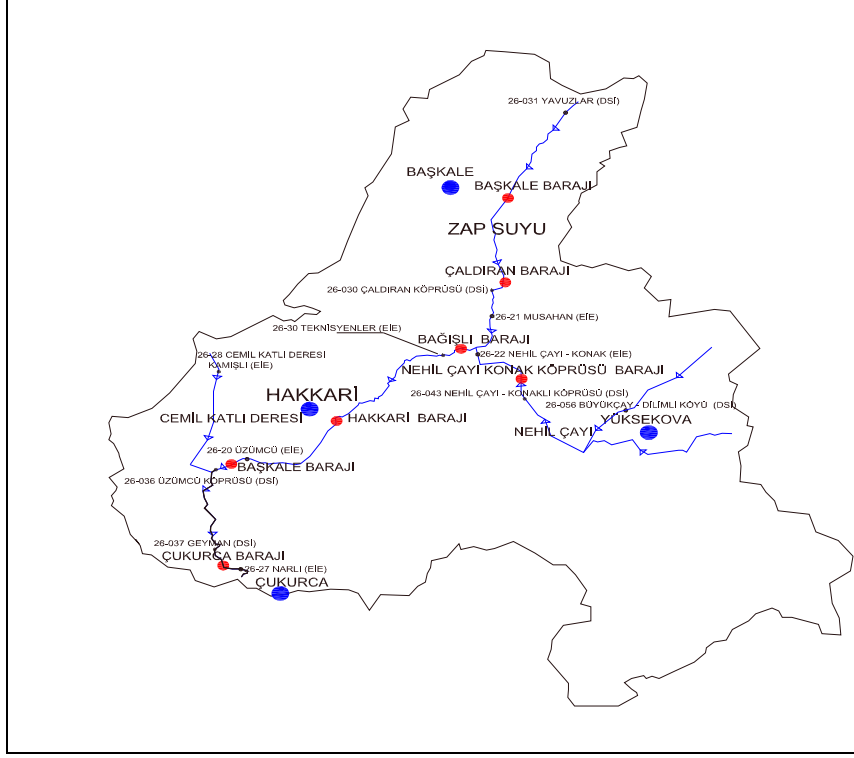
Başkale, Hakkari ve Yüksekova, Çukurca meteoroloji istasyonlarında kar gözlemleri yapılmaktadır [7-9] .

### III. 6. Su Kaynakları

Zap Suyu üzerindeki baraj yerlerinin su potansiyellerini hesaplayabilmek için akım gözlem istasyonlarının aylık akım gözlem değerlerinden yararlanılmıştır. Zap Suyu üzerindeki EIE ve DSI akım gözlem istasyonlarının yerleri Şekil 12’de gösterilmiştir [7-9, 14, 15].

### III. 7. Taşkınlar

Zap Suyu Havzasında, kış ayları soğuk ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçer. Soğuk aylarda yağan karlar Mart ayından itibaren sıcaklıkların da artmasıyla erimeye başlar. Mart-Haziran ayları arasında karlar erimeye devam ederken, aynı zamanda havzaya yağan yağmurlarla birleşir ve büyük taşkınlara neden olur. Havzada ön görülen baraj yerlerinde (Bağışlı, Hakkâri, Çukurca) ölçülen çeşitli tekerrürlü pik debi değerleri Tablo 4’te verilmiştir [7-9, 14, 15].



Şekil 12 . Zap Suyu üzerindeki EİE ve DSİ Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) [7-9].

Tablo 4. Baraj yerlerinde çeşitli tekerrürlü pik debiler [7-9, 11, 14, 15].

Tekerrür (Yıl)	Başkaale Barajı (m <sup>3</sup> /sn)	Hakkari Barajı (m <sup>3</sup> /sn)	Çukurca Barajı (m <sup>3</sup> /sn)
2.33	66.0	320.0	575.0
5	89.8	439.0	782.0
10	110.2	567.4	960.3
25	136.6	788.8	1190.3
50	155.1	1021.4	1151.3
100	173.6	1305.9	1512.3
Maksimum Pik	1694.4	2941.1	6049.2

#### ***IV. ZAP SUYU HAVZASI, HİDROELEKTRİK POTANSİYELİ***

Bu araştırmada, Zap Suyu havzasında yapımı ön görülebilecek barajların yerleri, genel olarak ana kol, Zap Suyu ve ana kola karışan çay büyüklüğündeki akarsular (Nehil Çayı) üzerinde düşünölmüştür.

##### ***IV. 1. Bölgedeki Mevcut Hidroelektrik Tesislerin Durumu***

Zap Suyunun ana kolu ve yan kolları üzerinde, hâlihazırda faaliyette olan herhangi bir hidroelektrik tesis (HES) bulunmamaktadır. Bölgedeki hidroelektrik potansiyelin durumu DSİ ve EİE tarafından çeşitli tarihlerde araştırılmış ve bu konuda İstikşaf ve Mastır raporları hazırlanmıştır. Bu çalışmalardan başlıcaları şunlardır:

###### **1-) Zap Suyu İstikşaf Raporu**

Bu rapora göre, Zap Suyu üzerinde kurulacak enerji amaçlı tesislerin kesin proje aşamasına kadar incelenmesi ve mühendislik hizmetlerinin EİE idaresince yapılması, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 1977 yılı, “Uzun vadeli planlama ve Kesin Proje Çalışmaları Programında”, öngörölmüştür. Ayrıca, Sulama ile ilgili tesisler DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yürütölecektir. Bu rapora göre, Zap Suyu üzerinde 12 kademede toplam 796 MW kurulu güçte ve yılda ortalama 2900 GWh (1541 GWh güvenilir enerji) elektrik üretilebileceğı hesaplanmıştır [7-9, 11, 15].

###### **2-) Zap Suyu Havzası, Master Plan Raporu**

Bu rapora göre, Zap suyu ve yan kolları üzerinde kurulacak tesislerin toplam kurulu güçleri 1065,9 MW (Başkale barajı ve HES 5,7 MW; Bağışlı regölatörü ve HES 23,9 MW; Hakkari barajı ve HES 321,79 MW; Geçitli regölatörü ve HES 80 MW; Doğanlı barajı ve HES 461,6 MW ile Çukurca barajı ve HES 244,92 MW) ve yıllık enerji üretimlerinin 3356,34 GWh olduğı hesaplanmıştır [7-9, 11, 15].

#### ***IV. 2. Araştırmada Yaşanan Zorluklar***

Herhangi bir bölgede hidroelektrik potansiyelin tam olarak belirlenmesi için o bölgeye ait çeşitli ölçeklerdeki topoğrafik haritaların (1/250.000, 1/100.000; 1/25.000, 1/5.000) olması gerekir. Böylece baraj yapımına uygun vadi yerleri ve okunacak arazi kotları tespit edildikten sonra, arazi gözlemleri de yerinde yapılarak alternatif baraj aks yerleri tespit edilir. Yapılacak sondaj çalışmalarını ile jeolojik veriler uygun bulunur ise söz konusu bölge baraj yapımına uygun bulunabilir. Böylece her alternatif çalışma için rezervuar alanı, rezervuar hacmi, jeolojik yapısı, malzeme durumu, ulaşım ve maliyetler tespit edilerek, en uygun yere karar verilir. Bu çalışmada da, Zap Suyu havzasına ait hidroelektrik potansiyelin tam olarak tespit edilmesi için gerekli olan 1/250.000'lik haritaların ve 1/25.000'lik haritaların incelemesi gerekiyordu. Ancak, bütün uğraşılara rağmen, DSİ'den ve EİE 'den herhangi bir ölçekte harita temin edilememiştir. Bu eksiklik nedeni ile bölgeye ait hidroelektrik potansiyel detaylı olarak tespit edilememiştir. Sadece özel bir firmadan temin edilebilen 1/25.000 ölçekli: Hakkari-N51-a1, N51-a4; Hakkari M-51-c4, M51-d3 ve 1/100.000 Ölçekli: Hakkari M1, N51 haritaları incelenebilmiştir. Ancak bu haritalardaki topoğrafik kotların silik olması nedeni ile çoğu okunamamıştır. Araştırma bölgesi, Van-Hakkari ve Hakkari-Yüksekova arası tarafımızdan yerinde incelenmiştir.

#### ***V. PROJELENDİRİLMEDE ANA DÜŐÜNCELER***

Bir hidroelektrik santralin yapımındaki amaç, tesisin minimum yatırımla, akarsuyun drenaj alanındaki potansiyel enerjisinden, maksimum enerji elde etmektir. Yani, hidroelektrik enerji elde etmek için; suyun en az masrafla getirilmesi; minimum düşü kaybı ile türbine kadar iletilmesi; tesisin, ömrü boyunca, arızasız ve kesintisiz çalışması için, hidrolik hesap ve sistem hataları minimuma düşürülecek şekilde projelendirilmesidir. Sudan elde edilecek enerji miktarını aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir [15-17].

$$N = \frac{\eta \cdot \gamma \cdot (H_b - \Delta H)}{75} \text{ (BuharBeygiri=BG) veya } N = \eta \cdot g \cdot Q \cdot H_N \text{ (kW)} \quad (1)$$

$$H_N = H_b - \Delta H \text{ (m) NetDüşüyükseklığı} \quad (2)$$

$$\Delta H = \Delta H_k + \Delta H'_k, \text{ ve bunun açılımı ise} \quad (3)$$

$$\Delta H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum \xi \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

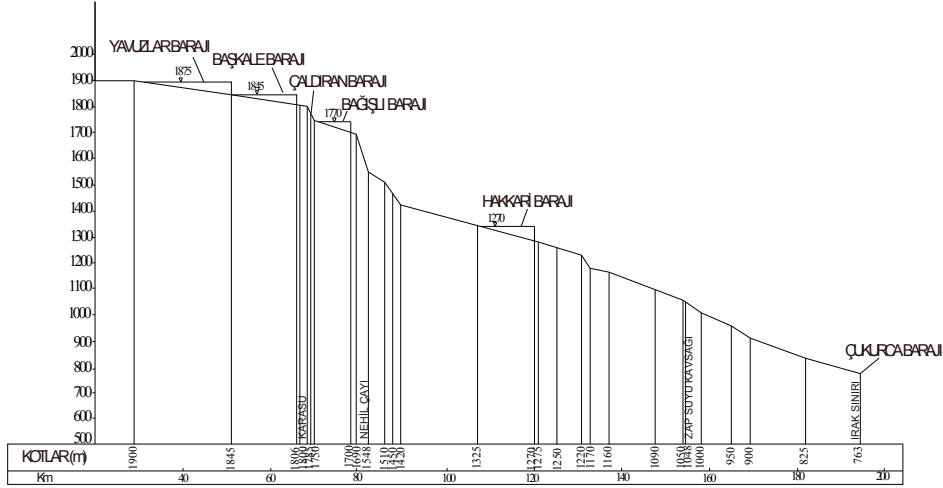
$$\eta = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \text{ Toplam verim katsayı} \quad (5)$$

Burada:  $\gamma$ : Suyun birim hacim ağırlığı (1000 kg/m<sup>3</sup>); Q: Debi (m<sup>3</sup>/sn); H<sub>b</sub>: Brüt düşü (m);  $\Delta H$ : Toplam kayıplar (m); DSİ' deki kabullere göre,  $\eta_t$ : Türbin verimi (%92);  $\eta_g$ : Jeneratör verimi (%95);  $\eta_{tr}$ : Trafo verimi (%98)'dir. Toplam verim katsayısı= $\eta=\eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr}=0,92 \cdot 0,95 \cdot 0,98=0,87$  ve (1) denkleminde kullanılan  $\eta_g \approx 8,0$  alınmıştır. L=(m) cebri boru uzunluğu (barajının mansabında, türbinlerin yerleştirileceği uygun bir yere göre, alınan mesafe) geçeceği varsayılan debilere göre, meydana gelecek  $\Delta H$  kayıpları, (3 veya 4) denkleminde göre hesaplanmıştır. (3) denklemindeki yersel kayıpların hesaplanmasında, boru, dirsek, vana vs. meydana gelen kayıpların toplam katsayısı,  $\xi=3,5$  alınmıştır. Bu çalışmada, Zap suyu havzası, menbadan mansaba doğru iki ana kısımda (Yukarı zap havzası ve Aşağı zap Havzası) incelenmiştir.

### ***V.1.Yukarı Zap Havzası Ana kolu Üzerinde Öngörülen Baraj Planlamaları***

Zap Suyunun Yüksekova tarafından gelen Nehil Çayı yan kolu ile kavşak (birleşim) yerinin memba tarafında kalan kısmı Yukarı Zap Havzası olarak isimlendirilir. Zap Suyunun kuzey tarafında su miktarı azdır. Ayrıca baraj tasarlanacak bölgelerde, çok dik yamaçlar nedeni ile heyelan riskleri mevcuttur. Bu da, bölgede öngörülecek barajların ekonomik yapılabilirliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla burada ön görülecek baraj yükseklikleri, debi azlığı ve topoğrafik şartlar nedeni ile daha ufak düşünülmüştür. Yukarı Zap Havzası Ana kolu Üzerinde Öngörülen Baraj Planlamaları: 1. Yavuzlar Barajı, 2. Başkale Barajı, 3. Çaldıran Barajı, 4. Bağışlı Barajı, 5. Nehil Çayı Konak

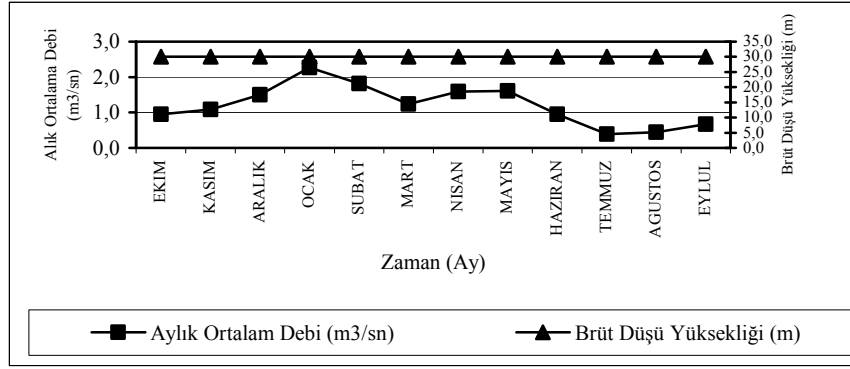
Köprüsü Barajı (Şekil 12). Aşağıda (Şekil 13) zap suyuna ait boy kesit verilmiştir. Bu şekil üzerinde, tasarlanan barajların isimleri ve kotları bulunmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan barajlardan, sadece Hakkari barajına ait detaylı çözüm bilgileri verilmiştir. Diğer tasarlanan barajlara ait çözümlerin sadece özet bilgileri ve Tablo 7’de sonuçları verilmiştir.



Şekil 13. Zap Suyu ana koluna ait boy kesit [7-9]

### V.1.1. Yavuzlar Barajı

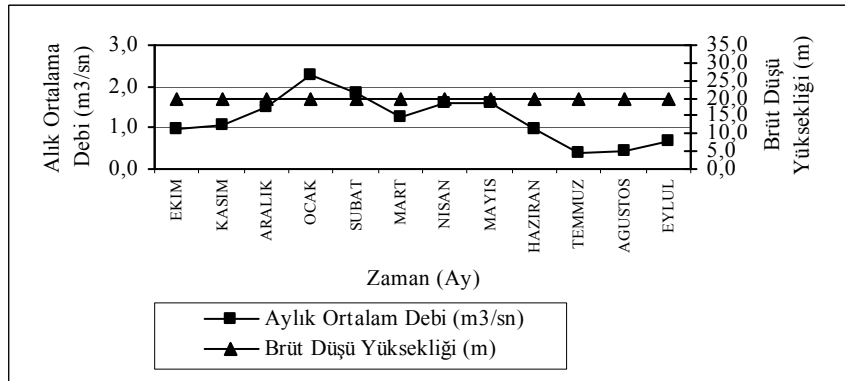
Van Başkale yolu üzerinde 1900 kotları civarında ön görülen ve yaklaşık 35 m civarında inşa edilebilecek bir barajdır. Yaklaşık drenaj alanı 400 km<sup>2</sup> olup, aylara göre ortalama akım değerleri aşağıdaki Şekil 14’te verilmiştir. Burada, akış değerleri son derece ufak olduğu için, küçük bir bağlama gibi düşünülmüştür. Suyu ortalama 30 m’lik bir düşü ile alacaktır. Baraj kret uzunluğu 250 m civarındadır. Bu baraj, suyu haznelemek amaçlı olmayıp, daha ziyade nehir tipi bir santral olarak dizayn edilebilir. Dolayısıyla gelen suların tamamının geldiği anda kullanılması gerekir.



Şekil 14. Yavuzlar barajına ait aylık ortalama debi (m³/sn), debilerin ortalaması (m³/sn) ve brüt düşü yüksekliği (m).

### V.1.2. Başkale Barajı

Başkale barajı, Zap Suyu ana kolu üzerinde, 1845 m talveg kotlarında takriben 25 m yüksekliğinde CFRD tip bir küçük baraj veya bağlama şeklinde öngörülmüştür. Baraj kret kotu 1870 m ve maksimum rezervuar su kotu 1865 m'dir. Barajın talvegden yüksekliği 25 m'dir. Baraj kret uzunluğu 300 m civarındadır. Şekil 15'te verilen aylık ortalama akım değerleri kullanılmıştır. Debiler ufak olduğu için, nehir tipi bir santral olarak düşünülmüştür. Debinin en fazla geldiği Ocak, Nisan ve Mayıs aylarında 2x0,25 MW türbinlerle çalışacaktır. Türbin yerleri baraj mansabında takriben 300 m aşağıda olup, 1500 mm çaplı çelik cebri boru kullanılacağı varsayılmıştır.

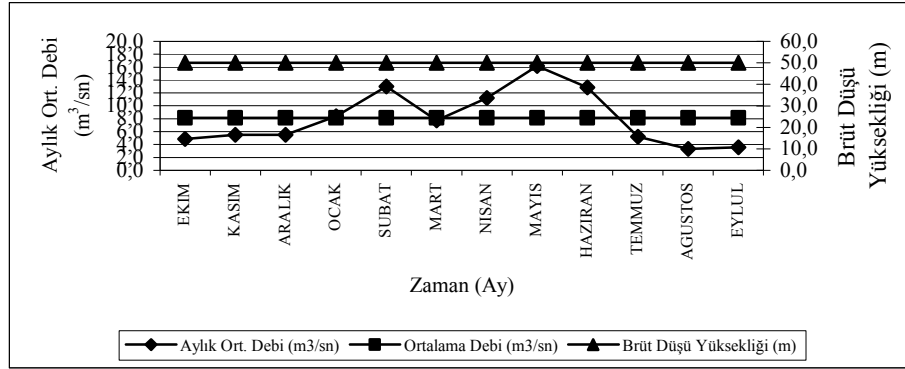


Şekil 15. Başkale barajına ait aylık ortalama debi (m³/sn), debilerin ortalaması (m³/sn) ve brüt düşü yüksekliği (m).



### V.1.3. Çaldıran Barajı

Çaldıran barajı, Zap Suyu ana kolu üzerinde, Çaldıran köprüsü civarlarında, 1785 m talveg kotlarında takriben 55 m yüksekliğinde CFRD tipinde öngörülen orta yükseklikte bir barajdır. Ortalama drenaj alanı, 2075 km<sup>2</sup> civarındadır. Baraj kret uzunluğu 200 m civarındadır. Bu baraj, debiyi regüle etmekte ve her ay eşit debilerin savaklandığı kabul edilmektedir. Aşağıdaki şekilde, Çaldıran köprüsü için ön görülen debi, net düşü yüksekliği ve aylık ortalama debiler verilmiştir. Baraj kret kotu 1840 m ve maksimum rezervuar su kotu 1835 m'dir. Barajın talvegden yüksekliği 55 m'dir. Şekil 16'da, ortalama akım değerleri kullanılmıştır. Debinin en fazla geldiği Şubat, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında 2x0,25 MW türbinlerle çalışacaktır. Türbin yerleri baraj mansabında takriben 300 m aşağıda olup, 1500 mm çaplı çelik cebri boru kullanılacağı varsayılmıştır.

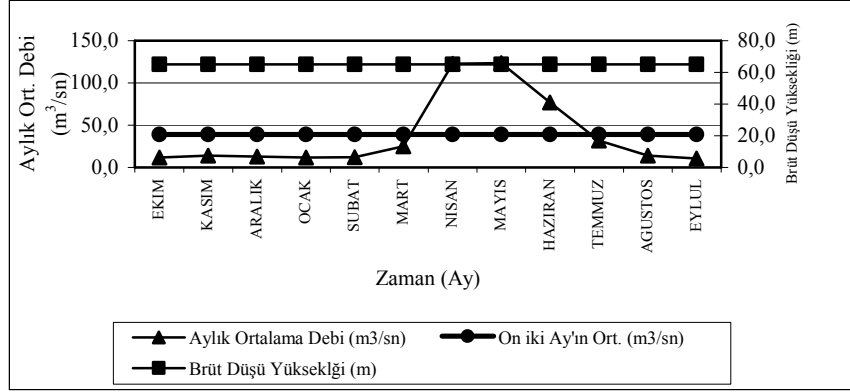


Şekil 16. Çaldıran barajına ait aylık ortalama debi (m<sup>3</sup>/sn), debilerin ortalaması (m<sup>3</sup>/sn) ve brüt düşü yüksekliği (m).

### V.1.4. Bağışlı Barajı

Bağışlı barajı, Zap Suyu ana kolu üzerinde, Nehil Çayı ile Zap ana kolunun birleştiği yerin mansabında, 1700 m talveg kotlarında takriben 70 m yüksekliğinde CFRD tipinde ön görülen orta yükseklikte bir barajdır. Baraj kret uzunluğu 300 m civarındadır. Toplam drenaj alanı, 4100 km<sup>2</sup> civarındadır. Toplam debi Zap Suyu ana kolu debisi ile Nehil çayı debisinin esas birleşiminden oluşmaktadır. Bu barajla, debinin regüle edileceği ve her ay eşit debilerin

savaklanacağı öngörülmüştür. Şekil 17’de, Bağışlı civarında öngörülen debi, net düşü yüksekliği ve aylık ortalama debiler verilmiştir. Baraj kret kotu 1770 m ve maksimum rezervuar su kotu 1765 m’dir. Barajın talvegden yüksekliği 70 m’dir. Şekil 17’deki ortalama akım değerleri kullanılmıştır. Debinin en fazla geldiği Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında 5x5,2 MW türbinlerle çalışacaktır. Buradan elde edilecek enerji miktarı yılda 173,90 GWh olacaktır. Türbin yerleri baraj mansabında takriben 300 m aşağıda olup, 1500 mm çaplı çelik cebri boru kullanılacağı varsayılmıştır.

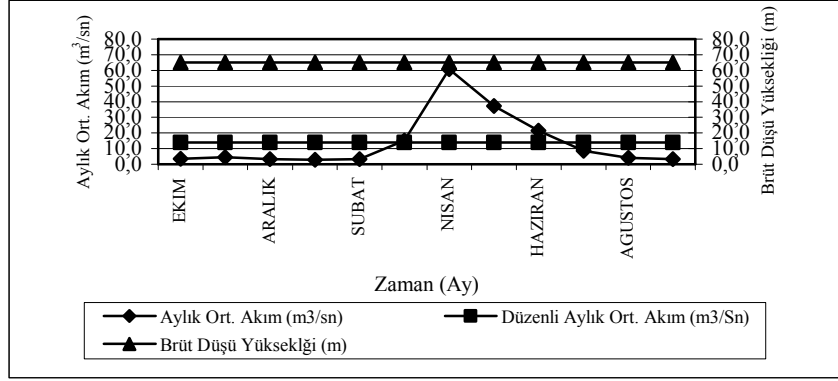


Şekil 17. Bağışlı barajına ait aylık ortalama debi (m<sup>3</sup>/sn), debilerin ortalaması (m<sup>3</sup>/sn) ve brüt düşü yüksekliği (m).

#### V.1.5. Nehil Çayı Konak Köprüsü Barajı

Nehil Çayı, Zap Suyunun en önemli yan kollarından biridir. Nehil çayı, Yüksekova platosu ile Zap Suyu kavşağı arasında çoğu yerde heyelanlı bir vadi içinde akar. Bu vadinin içinden aynı zamanda D400 karayolu ile Yüksekova ve İran a (Urumiye) geçit sağlar. Bu vadi içinde bir baraj planlanması halinde, transit karayolunun üst kotlara alınması gerekmektedir. Vadinin yamaçları çok dik olduğundan, heyelan durumunun da dikkate alınması gerekir. Jeolojik formasyon bakımından Hakkâri melanjının serpantinleşmiş ultrabazik yeşil kayaçları hakim olduğundan, tünel alternatiflerinin düşünülmesi halinde yapılacak iş ekonomik bakımdan pahalı olacaktır. Bütün bunlara rağmen, Nehil çayı üzerinde belli bölgelerde Nehir tipi santraller ve Dilektaş civarında bir baraj

yapımı söz konusu olabilir. Baraj yapımı için gerekli olan malzeme civarda mevcuttur. Nehil Çayı üzerinde planlanacak barajın, Yüksekova topraklarını basmaması gerekir. 1850 m kotlarından sonra taşkın durumunda, ovanın sular altında kalması mümkündür. Bu nedenle planlanacak barajın maksimum göl seviyesi 1840 kotlarında olmalıdır. Nehil barajı kret kotu 1840 m ve talveg kotu 1770 m olup, baraj yüksekliği temelden 70 m düşünülmüştür. Aylık ortalama akım değerleri Şekil 18’de verilmiştir. Barajın ortalama drenaj alanı 1162 km<sup>2</sup>, olup baraj kret uzunluğu yaklaşık 200 m olarak düşünülmüştür.



**Şekil 18.** Nehil Çayı Konak Köprüsü barajına ait aylık ortalama debi (m<sup>3</sup>/sn), debilerin ortalaması (m<sup>3</sup>/sn) ve brüt düşü yüksekliği (m).

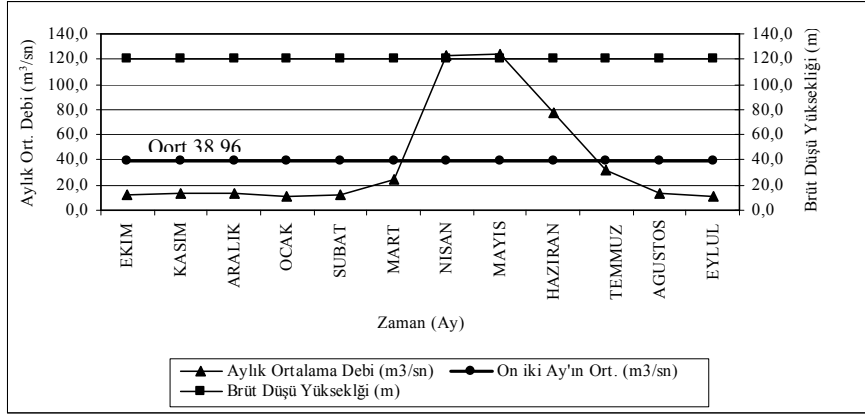
## V. 2. Aşağı Zap Suyu Havzası

Yüksekova tarafından gelen Nehil Çayı yan kolu ile kavşak yerinin mansap tarafında kalan kısmı, Aşağı Zap Havzası ismini alır. Aşağı Zap Havzasında, Hakkâri il merkezinin güneyine kadar devam eden jeolojik formasyonlar, benzer karakterde olup, geçirimsizlik ve mekanik özellikleri bakımından baraj inşasına çok elverişlidir [11]. Aşağı Zap havzası ana kolu üzerinde planlanan barajlar: 1. Hakkâri Barajı, 2. Çukurca Barajı (Şekil 12).

### V.2.1. Hakkâri Barajı

Hakkâri barajı, Hakkâri'ye 10 km kala, Hakkâri vadisinde planlanan bir barajdır. Barajın talveg kotu 1270 m ve Kret kotu, 1400 m olarak tasarlanmıştır. Baraj yüksekliği (kret kotu) yaklaşık 130 m'dir. Kret uzunluğu 250 m civarındadır.

Maksimum su seviyesi 125 m ve minimum su seviyesi 115 olup, ortalama 120 m'den suyun alınacağı varsayılmıştır. Şekil 19'da, aylık ortalama akım verileri ( $m^3/sn$ ) kullanılmıştır.



Şekil 19. Hakkâri barajına ait aylık ortalama debi ( $m^3/sn$ ), debilerin ortalaması ( $m^3/sn$ ) ve brüt düşü yüksekliği (m).

Hakkâri barajından sular kontrollü olarak mansaba verilecektir. Enerji üretimi ile ilgili çalışmalarda, düzenli bir rejim altında, sular tek bir üniteden türbinlenerek, enerji elde edilebilir. Ancak, bu durumda, randımanı düşük olur. Oysa türbin sayısı artırılır ise hem türbinlerin yüksek randımanla çalışması sağlanır hem de mansap şartlarını sağlayacak sular temin edilmiş olur. Bu baraj, Zap Suyunun akışını düzenleyeceği için gelen debiler, düzenli bir rejimle türbinlenerek mansaba verilecektir. Yıllık gelen toplam debi miktarı  $467,51 m^3/sn$  olduğundan, aylık ortalamaları  $467,52/12=38,96 m^3/sn$  olacaktır. Bu ortalama debiyi türbinlemek için, seçilecek boru çapları da dikkate alındığında (Boru et kalınlığının 1" i (2,5 cm) geçmemesi, imalat bakımından daha uygun olacaktır) ortalama, her bir cebri borudan  $10 m^3/sn$  (veya  $8 m^3/sn$ ) geçmesi hali için düşünülür ise, 4 veya 5 adet türbinin kullanılması daha uygun olacaktır. Tablo 5'te, Q aylık ortalama debiler ( $m^3/sn$ ), türbin dâhil, meydana gelecek toplam kayıplar ( $\Delta H$ ) değerleri hesaplanmış ve sonuçlar aynı tabloda verilmiştir. Hakkari barajında cebri boru uzunluğu 300 m ve güvenli tarafta kalmak için boru izafi pürüzlülüğü  $k_s=1 mm$ , cebri boru çapı 2,5 m ve kaynaklı çelik boru alınarak, toplam kayıplar hesaplanmıştır (Tablo 5).  $H_b$  brüt düşü yüksekliği ve meydana gelecek enerji kayıpları ( $\Delta H$ ) değerlerinden,  $H_N$  (net düşü yüksekliği)

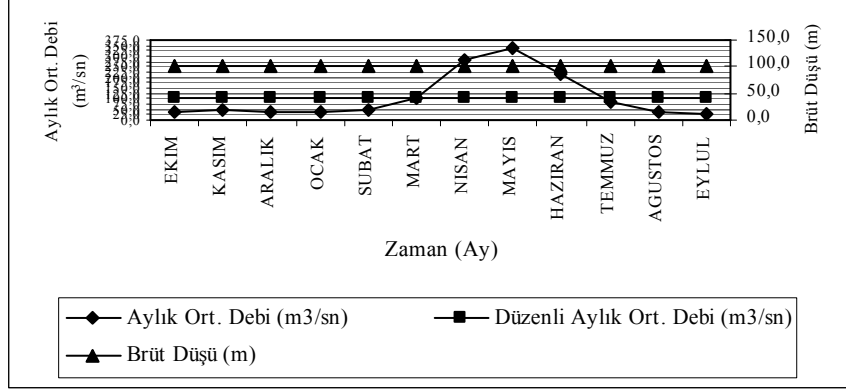
hesaplanmıştır. Hakkâri barajından elektrik üretimi amacıyla yapılan bu çalışmanın sonunda, takriben  $5 \times 10 = 50$  MW kurulu gücündeki türbinlerle, en yüksek verimde (301,18 GWh) elektrik üretilbileceği hesaplanmıştır. Türbin üniteleri 12 ay ve 1 ayda ortalama 30 gün çalıştığı kabul edilecektir. DSİ'de bu rakam ortalama yaklaşık yılda 4000 saat'tir. Çalıştırılabildiği takdirde, üretebilecekleri potansiyel elektrik enerjisi miktarı, E(GWh), aylara göre hesaplanmıştır (Tablo 6).

Kurulu güç hesabında,  $\eta_t$ : Türbin verimi (%88);  $\eta_g$ : jeneratör verimi (%95);  $\eta_{tr}$ : Trafo verimi (%98) alınmıştır. Toplam verim katsayısı ise,  $\eta = \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} = 0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,819 \approx 0,82$  alınarak, (1) denklemine göre, her ayda üretilen enerji miktarı hesaplanmıştır. Ancak, kullanılacak Francis Türbinlerinin verimleri her ne kadar  $\eta_t = 0,92$  değerine kadar çıkabiliyorsa da, türbine gelecek esas debilerin proje debisinden daha az olması durumunda,  $\eta_t$  değerleri, daha aşağı düşmektedir. Bu nedenle, hesaplarda ortalama  $\eta_t = 0,88$  alınması daha uygun görülmüştür.

### ***V.2.2. Çukurca Barajı***

Zap Suyu ana kolunu Türkiye-Irak sınırındaki kotu 763 m'de bulunmaktadır. Van-Hakkari-Çukurca karayolu (D975 karayolu) ile bağlantısı sağlanmaktadır. Barajın Kret kotu 880 m ve talveg kotu 770 m olup, baraj yüksekliği takriben 110 m düşünülmüştür. Baraj kret uzunluğu 250 m civarındadır. Bu rakamlar, sadece bu baraj çalışması için, direkt olarak ölçekli haritadan alınmamıştır. Sadece fizibilite raporları ve diğer kaynaklara dayanarak, böyle bir barajın tasarlanabileceği düşünülmüştür. Buna göre türbinlenecek suyun ortalama brüt düşü yüksekliği 100 m olacaktır. Bu noktadaki debiler, Zap ana kolu memba suları ve Cemil Katlı deresi sularını ihtiva eder. Toplam drenaj alanı yaklaşık 6715 km<sup>2</sup> olup ortalama aylık akım değeri 107,23 m<sup>3</sup>/sn civarındadır (Şekil 20). Burada dolusavak taşkın pik debisi 6100 m<sup>3</sup>/sn'dir [7-9, 11, 15]. Üzümcü ve Geyman civarlarında planlanacak başkaca barajların olması halinde, bu barajın maksimum su seviyesi ile öndeki barajların talveg kotları dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yapılmış olan alternatif çalışmalarda, bu bölgede kuvvet tünelleri ile daha

büyük düşülerin elde edildiği görülmektedir. Barajın ortalama kret kotu uzunluğu 300 m'dir. Dolusavak barajın yan tarafında olup, takriben 7 m yüksekliğinde ve 150 m genişliğinde düşünülebilir. Ancak dolu savak kapasitesinin tam olarak boyutlandırılması gerekir.



Şekil 20. Çukurca barajına ait aylık ortalama debi ( $m^3/sn$ ), debilerin ortalaması ( $m^3/sn$ ) ve brüt düşü yüksekliği (m).

**Tablo 5.** Hakkâri Barajından çeşitli debiler geçmesi halinde meydana gelen ( $\Delta H$ ) toplam enerji kayıpları.

Debi Q (m <sup>3</sup> /sn)	Seçilen boru çapı $\varnothing$ (mm)	Hız V m/sn)	Reynold's Sayısı Re (x10 <sup>6</sup> ) (-)	Boru İzafi Pürüzlülüğü $k_s/D \times 10^{-4}$ (-)	Moody Sürtünme katsayısı, f (-)	L/D (-)	Hız Yüksekliği $V^2/2g$ (m)	Sürekli Enerji kaybı, $H_k$ (m)	Yersel Enerji kaybı, $H'_k$ (m)	Toplam kayıp $\Delta H = H_k + H'_k$ (m)
10	2500	2.038	5.095	4.00	0.0169	120	0.211	0.428	0.738	1.166
20										2.332
30										3.495
40										4.664
50										5.830

**Tablo 6.** Planlanan Hakkâri Barajındaki aylara göre çalışacak kurulu güç (MW) elektrik üretimi (GWh).

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
Zap Aylık Ort. Debi: Q (m <sup>3</sup> /sn)	11,90	14,12	13,02	11,63	12,22	24,94	122,78	123,54	76,86	31,89	14,12	10,50	467,52/12 =38,96
Aylık Düzenli Ort. Debi (m <sup>3</sup> /sn) (yaklaşık)	30	40	40	30	40	40	50	50	50	40	40	30	480
Tek Türbinin Debisi (m <sup>3</sup> /sn)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Brüt su yüksekliği: H <sub>b</sub> (m)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
Tek Ünite Enerji kaybı: ΔH (m)	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	1.166	
Net Düşü Yüksekliği: H <sub>N</sub> =H <sub>b</sub> -ΔH (m)	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	118.834	
Tek Ünitelerden Elde edilebilecek Güç (kW cinsinden)	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	9507	114084
(MW cinsinden)	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	
Toplam Elde edilebilecek Güç (kW cinsinden)	28521	38028	38028	28521	38028	38028	47537	47537	47537	38028	38028	28521	
(MW cinsinden)	28.52	38.028	38.028	28.52	38.028	38.028	47.535	47.535	47.535	38.028	38.028	28.52	
Kurulu Güç: N (MW)	(3x10)	(4x10)	(4x10)	(3x10)	(4x10)	(4x10)	(5x10)	(5x10)	(5x10)	(4x10)	(4x10)	(3x10)	50
Ayda Üretilen Enerji: E (GWh)	20.535	27.380	27.380	20.535	27.380	27.380	34.225	34.225	34.225	34.225	27.380	20.535	301.18



## ***VI. TAKRİBİ MALİYETLER***

Hidroelektrik santrallerin maliyetleri genel olarak, 1200-1500 US\$/kW şeklinde bir ilk yatırım maliyetleri vardır. Bu maliyetler, barajın tipine, temel durumuna, bölgenin ulaşım durumuna, kullanılacak malzeme çeşidine, temin edilecek paranın faiz durumu ve sigorta miktarlarına göre değişebilir. CFRD tip baraj yapılması halinde, bu maliyetler çok aşağı inecektir [15]. Toplam kurulu güç, 1 MW başına  $1.5 \times 10^6$  US\$ kabulü ile toplam yatırım bedeli  $168.3 \times 1.5 \times 10^6 = 252.45 \times 10^6$  US\$ olacaktır.

## ***VII. SONUÇLAR***

Bu çalışmada, 26 No'lu Dicle Havzasının bir alt havzası olan Zap Suyu Havzasının hidroelektrik potansiyeli araştırılmıştır. Araştırma alanında, EİE ve DSİ kuruluşlarının yapmış oldukları istikşaf raporları ve master çalışması dışında, bölgede şu ana kadar yapılmış başka bir çalışma yoktur. Bu nedenle, bölge hakkındaki çalışmalarda, bu kuruluşların kütüphaneleri dışında temin edilen birkaç kaynak dışında, literatüre rastlanmamıştır. Bölgeye yapılan teknik gezi, bölgenin hem topoğrafik olarak tanınmasına hem de çalışmaların hangi bölgelerde daha uygun yapılacağı noktasında ayrıntılı bir fikir vermiştir. Bu gezinin sonunda bölgenin üst kısmı yeterince tanınmasına karşın, alt kısmı, güvenlik nedeni ile gezilememiştir. Yine bölgenin özelliği gereği, bölgeye ait topoğrafik haritalar bütün çabalara rağmen temin edilmemiştir. Sadece özel bir firmadan temin edilebilen 1/25.000 ölçekli: Hakkari-N51-a1, N51-a4; Hakkari M-51-c4, M51-d3 ve 1/100.000 Ölçekli: Hakkari M1, N51 haritaları incelenebilmiştir. Ancak bu haritalardaki topoğrafik kotların silik olması nedeni ile kotlar tam olarak okunamamıştır. Dolayısıyla çalışmalar, arzu edilen seviyede gerçekleştirilememiştir. Burada hesaplanan ve yaklaşık olarak elde edilen sonuçlar, bölgenin gerçek hidroelektrik potansiyelinin çok altındadır. Bu maktelede, eldeki bütün datalar değerlendirilmiştir.

Baraj Adı	Kret Kotu (m)	Talveg kotu (m)	Yüksekliği (m)	Kret Uzunluğu (m)	Kurulu Gücü (MW)	Üreteceği Yıllık Ort. Enerji (GWh)
Yavuzlar Barajı	1910	1875	35	250	1	2,34
Başkale Barajı	1870	1845	25	300	0,5	1,64
Çaldıran Barajı	1840	1785	55	200	3	24,00
Bağışlı Barajı	1770	1700	70	300	26	173,90
Nehil Barajı	1840	1770	70	200	7.8	66,57
Hakkâri Barajı	1400	1270	130	250	50	301,18
Çukurca Barajı	880	770	110	300	80	751,44
Toplam					168..3	1321,07

**Tablo 6.1** Zap suyu üzerinde planlanan barajların kurulu güçleri ve üretimleri.

Mevcut verilerin ışığı altında yapılan bu çalışmaya göre, Zap suyu havzasında yaklaşık 168.3 MW kurulu güçte bir hidroelektrik potansiyel tespit edilmiştir. Bu kurulu güçten yılda yaklaşık olarak 1321.07 GWh elektrik üretilebileceği hesaplanmıştır. Beklenilmeyen sebepler nedeniyle bu enerjinin %70 oranında gerçekleşeceği düşünülse dahi, yılda 924,75 GWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır. 1 kWh'lik enerjinin trafo çıkışında satış değeri 0,05 US\$ olduğu kabul edilirse, yıllık enerji üretim bedeli,  $924,75 \times 10^6 \times 0,05 = 46,23 \times 10^6$  US\$'dir. Bu barajlarda, masraflar hariç,  $252.45 \times 10^6 / 46.23 \times 10^6 = 5.46$  yılda kendini amorti edecek ve daha sonra kara geçecektir. Yatırım bedeli çıkarıldıktan sonra, üretilecek enerji maliyeti sadece işletme ve bakım giderlerini kapsayacağından, kWh enerji maliyet bedeli, 0,01~0,02 US\$'a düşecektir. Zap suyu bölgesinde ciddi bir hidroelektrik potansiyel mevcuttur. Bu bağlamda, büyük ve küçük hidroelektrik potansiyelin detaylı tespiti ve ülkeye kazandırılması ciddi bir katkı sağlayacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (<http://www.dsi.gov.tr>), Ankara, 2006.
- [2] Mine, O., "Challenge of Turkey in Dam Construction and Hydroelectric Energy Potential Development in the 21st Century", World Energy Council 18<sup>th</sup> Congress, Buenos Aires, pp 1-8, 2001.

- [3] EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (<http://www.eie.gov.tr>), Ankara, 2006.
- [4] Bakis, R. and Demirbaş, A., “Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs)”, *Energy Sources*, Volume 26, Number 12, pp. 1105-1118, 2004.
- [5] Unsal, İ., “Turkey’s Hydroelectric Potential and Energy Policy”, *E-Journal of Strategy and Analysis*, Issue 6, pp. 1/19, 2003.
- [6] Adıgüzel, F., “Türkiye’de Enerji Sektöründe Hidroelektrik Enerjinin Önemi”, *Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı*, 420-421-422 /2002/ 4-5-6, 176 s., 2003.
- [7] EİE, “Zap Suyu İstikşaf Raporu”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), 162 s., Ankara, 1978.
- [8] EİE, “Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu 1”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE), Gizbili Mühendislik Firması, 181 s., Ankara, 1987.
- [9] EİE, “Zap Suyu Havzası Master Plan Raporu 2”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Raporu (EİE), Gizbili Mühendislik Firması, 251 s. , Ankara, 1987.
- [10] Hull, A., Augello, A., Erdik M., Turfan, M., Pavone, M. and Atay, E. “Seismic hazard assessment for the Hakkari project”, *Hydropower & Dams*, Five Issue, pp. 66-70, 2002.
- [11] EİE, “Hakkâri Barajı ve Hidroelektrik Santrali Yapılabilirlik Raporu”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Proje Dairesi Başkanlığı, 425 s., Ankara, 1996.
- [12] BİB, “İndeks Yerleşim Birimleri ve Deprem Bölgeleri”, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı (BİB) Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, 28 s. , Ankara, 1996.
- [13] <http://www.deprem.gov.tr>
- [14] EİE, “Su Akımları Aylık Ortalamaları (1935-2000)”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı, Ankara, 671 s., 2003.

- [15] Tip, H., “Zap Suyu Havzasında Mevcut ve İlave Hidroelektrik Potansiyelin Araştırılması”,  
Yüksek Lisans Tezi, T.C. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
69 s., 2006.
- [16] Yıldız, K., “Hidroelektrik Santraller, Hesap Esasları ve Projelendirilmesi”,  
DSİ Barajlar ve HES Dairesi-HES Şube Müdürü, Ankara, 1992.
- [17] ESHA, Layman’s Guidebook, on how to develop a small hydro site, second  
edition, European Small Hydropower Association (ESHA) (Author, Celso  
Penche), p. 204, DG XVII-97/010, European Commission, Belgica, 1998.