

# Kızılcapınar İçmesuyu Barajında Hidroelektrik Potansiyeli Değerlendirilmesi

## Evaluation Of Hydroelectric Potential in Kızılcapınar Drinking Water Dam

(<sup>1\*</sup>)İsmail Hakkı ÖZÖLÇER, (<sup>2</sup>)Berna AKSOY, (<sup>3</sup>)Onur DÜNDAR

(<sup>1,2,3</sup>)Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Geliş Tarihi: 18.03.2020; Kabul Edildiği Tarih: 24.06.2020 Yayınlandığı Tarih: 28.06.2020

Türk Hid. Der. (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 4 Sayı (Number) : 1 Sayfa (Page) : 25-30 (2020)

e-ISSN: 2636-8382

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

\*İlgili yazar e-mail: [ozolcer@beun.edu.tr](mailto:ozolcer@beun.edu.tr)

**Özet:** Türkiye ve dünyada artan enerji ihtiyacı ve giderek azalan petrole dayalı enerji kaynakları ile beraber sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da büyük önem arz etmektedir. Hidroelektrik enerji, güneş enerjisi, dalga enerjisi ve rüzgâr enerjisi en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Hidroelektrik enerji; temiz ve yenilenebilir olması, çevreyi ve iklimi olumlu yönde etkilemesi, işletme ve bakım masraflarının az olması, uzun ömürlü olması ve en önemlisi ulusal olması sebebiyle ülkemize güvenli bir enerji arzı sağlamaktadır. Özellikle son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik üretiminin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki önemi giderek artmaktadır. 1950’de toplam elektrik üretiminin % 3.8’i hidrolik kaynaklardan sağlanmakta iken, 2018 yılında bu değer % 19.7’ye kadar ulaşmıştır.

Alternatif hidroelektrik santraller, temiz enerjiler içerisinde, günümüzde kurulumu en kolay, sürdürülebilirliği en fazla ve işletim maliyeti en düşük olanlardır. Bu çalışmada, öncelikle Türkiye’de özellikle belediyelerin işletiminde bulunan içme suyu barajlarının hidroelektrik potansiyelleri incelenmiştir. Türkiye’de 2018 yılı sonu itibarıyla işletmede olan 644 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 99.1 milyar kWh olup, bu değer toplam geliştirilen potansiyelin yaklaşık %55’ine denk gelmektedir. Hidroelektrik santrallerin tasarım düşüsü olarak baraj rezervuarının ortalama su seviyesi alınmış ve tesisin tasarım debisi ise barajın yıllık temin ettiği su miktarından hesaplanmıştır. Örnek bir çalışma olması açısından, Zonguldak Kızılcapınar Barajı ve su arıtma tesisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme Suyu Barajı; Hidroelektrik Santral; Türkiye

**Abstract:** There is an increasing demand of energy both in Turkey and the World while the petroleum resources are gradually diminishing. Meanwhile to ensure the sustainable development for all societies, the usage of renewable energy sources are becoming of importance. Hydroelectric energy, solar energy, wave energy and wind energy are among the most important renewable energy sources. Hydroelectric energy provides a safe energy supply to our country, because it is clean and renewable, and it positively affects the environment and climate, and it has low operating and maintenance costs, longevity and, most importantly, just because it is national. Especially in recent years, the importance of hydroelectricity generation, which is one of the renewable energy sources, in total electrical energy production is increasing. While 3.8% of total electricity production was provided from hydraulic sources in 1950, this value reached up to 19.7% in 2018.

Alternative hydro-electric power plants are among the easiest to install, the most sustainable and the lowest operating costs in clean energies. In this study, primarily hydroelectric potential of drinking water dam in the operation of particular municipalities in Turkey were examined. In 2018 there are 644 hydroelectric plants and the total installed capacity of them are 28 423 MW. The average annual production is 99.1 billion kWh, which corresponds to approximately 55% of this developed infrastructures. As available head of hydroelectric power plants, the average water level measurements of the dam reservoir was taken and the design flow of the facility was calculated from the amount of water supplied by the dam annually. As an exemplary case study, Zonguldak Kızılcapınar Dam and water treatment plant were examined in detail.

**Keywords:** Drinking water dam; Hydropower plant; Turkey

## 1.GİRİŞ (Introduction)

Dünyaki enerji kaynakları; birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları; odun, kömür, ham petrol, doğalgaz, doğal uranyum, rüzgâr, hidrolik ve güneş ışığı gibi doğal enerji kaynaklarından oluşmaktadır. İkincil enerji kaynakları; birincil enerji kaynaklarından dönüştürülebilen elektrik ve petrol ürünleri gibi enerji kaynaklarıdır. Birincil enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenebilir olmayan enerji kaynakları olarak iki sınıfta toplanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş radyasyonu, rüzgâr, dalga enerjisi, biyokütle, jeotermal enerji ve hidrolik gücü kapsamaktadır. Yenilenebilir olmayan enerji kaynakları, bugün için enerji kaynaklarımızın % 80'ini oluşturan kömür, ham petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtları ve uranyumu içermektedir [1, 2, 3, 4, 5].

Günümüzde artan petrol, doğal gaz fiyatları ve "enerji güvenliğinin sağlanmasının gerekliliği" nedenleriyle "enerjinin çeşitlendirilmesi" enerji politikalarının vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Bu nedenler yenilenebilir enerji kaynaklarının da enerji yelpazesinde yer almasına yol açmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini destekleyen bir başka gelişme de 2000'li yıllarda çevre bilincinin ortaya çıkmasıdır. Bu bilinç, geleneksel enerji üretim ve tüketiminin çevre ve doğal kaynaklar üzerinde yerel, bölgesel ve küresel seviyede doğrudan olumsuz etkilere neden olduğunun anlaşılmasına ve kirlilik yaratıcı emisyon vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının "temiz enerjiler" olarak destek görmesine yol açmıştır [1].

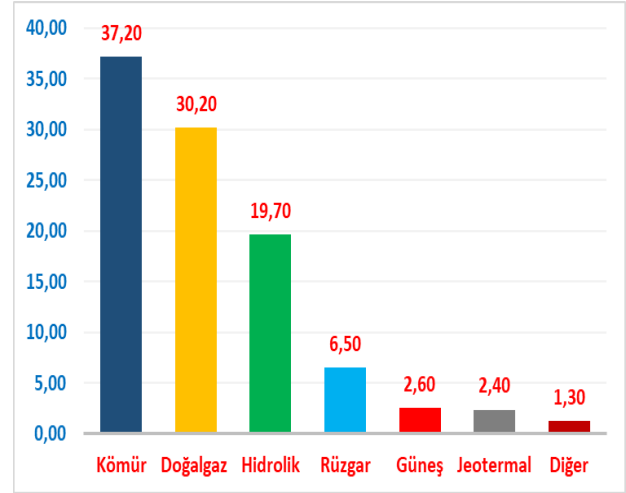
Elektrik enerjisi tüketimi ekonomik gelişmenin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden birisidir. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi ve/veya tüketimi o ülkedeki hayat standardını yansıtmaya bakımından büyük önem arz etmektedir [3]. Elektrik enerjisi üretiminde tüm birincil enerji kaynakları kullanılabilir. Ülkemizde elektrik enerjisi termik ve hidrolik kaynaklardan elde edilmektedir. Özellikle son yıllarda hidrolik üretiminin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki önemi giderek artış eğilimi göstermektedir.

1950 yılında toplam elektrik enerjisi üretiminin % 3.8'i hidrolik kaynaklardan sağlandığı halde, o yıldan sonra sürekli bir artış göstererek 2018 yılında % 19.7 değerine kadar ulaşmış bulunmaktadır [2, 3, 6]. Günümüzde, Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre dağılımı Şekil 1'de verilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde, küçük hidroelektrik santrallerin, içme suyu barajları üzerine kurulan santrallerin ve pompaj depolamalı hidroelektrik sistemlerin önemleri giderek artmaktadır. Bu sebeple, bu çalışmada, Bu çalışmada, öncelikle Türkiye'de özellikle belediyelerin işletiminde bulunan içme suyu barajlarının hidroelektrik potansiyelleri incelenmiştir.

Türkiye'de 2018 yılı sonu itibarıyla işletmede olan 644 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 99.1 milyar kWh olup,

bu değer toplam geliştirilen potansiyelin yaklaşık %55'ine denk gelmektedir [3]. Hidroelektrik santrallerin tasarım düşüsü olarak baraj rezervuarının ortalama su seviyesi alınmış ve tesisin tasarım debisi ise barajın yıllık temin ettiği su miktarından hesaplanmıştır. Örnek bir çalışma olması açısından, Zonguldak Kızılcapınar Barajı ve su arıtma tesisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 1. Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre dağılımı [3]

### 1.1. Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli (Turkey's Hydropower Potential)

Türkiye'de brüt teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik potansiyeli ise 150 milyar kWh/yıl olup yeni projelerle birlikte önümüzdeki yıllar daha da artış göstererek yaklaşık 180 milyar kWh/yıla ulaşacağı tahmin edilmektedir [2, 3, 6]. Türkiye'de 2015 yılı sonu itibarıyla işletmede olan 562 adet Hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 26,161 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 90,773 Milyar kWh olup, bu değer toplam teknik potansiyelin % 58'sine karşılık gelmektedir [6] (Tablo 1). Hidroelektrik potansiyelin enerjiye dönüştürülmesi sürecinde gerçekleştirilen 26,161 MW Kurulu gücün 14,702 MW'ı DSİ tarafından inşa edilen HES'lerden gerçekleştirilmiştir [3,11-13].

DSİ yatırım programında olup 2015 yılı başı itibarıyla inşaatı devam eden kurulu gücü 2.000 MW, yıllık ortalama enerji üretimi 6,188 milyar kWh olan 4 adet santralin 2017 yılına kadar işletmeye alınması öngörülmektedir. Bu HES'ler tamamlandığında DSİ tarafından inşa edilip işletmeye alınan hidroelektrik potansiyelimiz 14.295 MW'a ulaşacak olup, bu tesisler ile yıllık 49.500 GWh enerji üretilmesi öngörülmektedir [3,11-13].

Dünya ve Türkiye Hidroelektrik potansiyeli karşılaştırılması Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre Türkiye'nin teorik potansiyeli dünyanın %1'i ve Avrupa'nın %16'sı kadardır. Türkiye'de Hidroelektrik potansiyelinin % 93'ü çoğunlukla dağlık bölgelerde yer alan 14 havzaya dağılmıştır (Tablo 3).

**Tablo 1.** Ülkemiz kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı [7]

Fuel Type	Kurulu Güç (MW)	Yüzde (%)	Santral Sayısı
Fuel Oil + Asfaltit + Nafta + Dizel	886,2	1,2	14
Bitümlü Kömür + Linyit	9023,4	12,3	26
İthal Kömür	6064,2	8,3	8
Doğal Gaz + LNG	21222,1	29	232
Yenilenebilir Atık + Atık + Proliz Petrol	344,7	0,5	69
Katı Yakıt	653,0	0,9	7
Sıvı Yakıt + Doğal Gaz	3673,9	5,0	36
Geotermal	623,9	0,9	21
Baraj Tipi Hidro	19690,2	26,1	116
Nehir Tipi Hidro	6471,6	9,3	446
Rüzgar	4498,4	6,1	113
Termal (Lisanssız)	56,5	0,1	24
Rüzgar (Lisanssız)	4,8	0,0	9
Güneş (Lisanssız)	248,8	0,3	362
<b>Toplam</b>	<b>73,1467</b>	<b>100</b>	<b>1514</b>

**Tablo 2.** Dünyada ve Türkiye’de hidroelektrik potansiyel [2]

	Brüt HES Potansiyeli (GWh/year)	TeKnik HES Potansiyeli (GWh/year)	Ekonomik HES Potansiyeli (GWh/year)
<b>Dünya</b>	40,150,000	14,060,000	8,905,000
<b>Avrupa</b>	3,150,000	1,225,000	800,000
<b>Türkiye</b>	433,000	216,000	127,381

**Tablo 3.** Türkiye havzalarının yıllık hidroelektrik potansiyelleri [3]

Havza İsmi	Brüt Potansiyel (GWh)	Ekonomik Potansiyel (GWh)	Kurulu Güç (Wh)
Fırat-Dicle	132,828	56,750	15,761
Doğu Karadeniz	48,478	11,474	3257
Doğu Akdeniz	27,455	5216	1490
Orta Akdeniz	23,079	5355	1537
Çoruh	22,601	10,933	3361
Ceyhan	22,163	4825	1515
Seyhan	20,875	7853	2146
Kızılırmak	19,552	6555	2245
Yeşilirmak	18,685	5494	1350
Batı Karadeniz	17,914	2257	669
Batı Akdeniz	13,595	2628	723
Aras	13,114	2372	631
Sakarya	11,335	2461	1175
Susurluk	10,573	1662	544
Others	30,744	1788	546
<b>Total</b>	<b>432,981</b>	<b>127,623</b>	<b>36,950</b>

## 1.2. Türkiye’de Küçük Hidroelektrik Potansiyel (Small Hydroelectric Potential in Turkey)

Ülkemizde mevcut 25 adet hidrolojik havzada bulunan irili ufaklı çok sayıda nehrin yıllık ortalama akımları toplamı olan 193 milyar m<sup>3</sup> yüzey suyunun hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinde teorik potansiyel, teknik yapılabilir potansiyel ve ekonomik yapılabilir potansiyel olmak üzere üç farklı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir [4].

Mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin, teknik ve ekonomik koşulları göz önüne alınmadan, teorik olarak tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanan potansiyeline brüt potansiyel denir. DSİ’nin 2018 yılında hazırlanmış olduğu faaliyet raporuna göre ülkemizde brüt potansiyel 433 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır [3].

Türkiye’de küçük ölçekli hidroelektrik santraller hidroelektrik enerji üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye’nin teorik olarak brüt küçük hidroelektrik potansiyeli 50000 GWh/yıl, ekonomik ve teknik olarak yapılabilir hidroelektrik potansiyelleri ise sırasıyla 20000 GWh/yıl ve 30000 GWh/yıl olarak belirlenmiştir.

Türkiye’de ilk hidroelektrik üretim 1902 yılında Tarsus’ta küçük ölçekli hidroelektrik santral ile başlamıştır. Bu tarihten itibaren, ülkemizin pek çok bölgesinde hükümet birimleri, yerel belediyeler ve özel sektör tarafından çok sayıda küçük ölçekli hidroelektrik santral inşa edilmiştir. Sonrasında enerji ihtiyacına ihtiyacın giderek artması sebebiyle büyük hidroelektrik santral inşasına daha çok yer verilmiştir. Son 30 yıl içerisinde küçük ölçekli hidroelektrik kapasitesindeki artış % 5 ile % 10 arasında değişmektedir.

Türkiye’de DSİ verilerine göre 2006 yılı itibarıyla küçük hidroelektrik santrallerdeki son durumu Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Küçük hidroelektrik santrallerde son durum [4]

		Tesis Sayısı	Toplam Kurulu Güç (MW)	Ortalama Yıllık Enerji (GWh)
Mikro HES	İşletmede	5	0.5	3
	İnşaat Halinde	-	-	-
	Planlama Aşamasında	-	-	-
Mini HES	İşletmede	31	14	54
	İnşaat Halinde	-	-	-
	Planlama Aşamasında	41	30	159
Küçük HES	İşletmede	38	179	669
	İnşaat Halinde	8	45	228
	Planlama Aşamasında	225	1032	4637

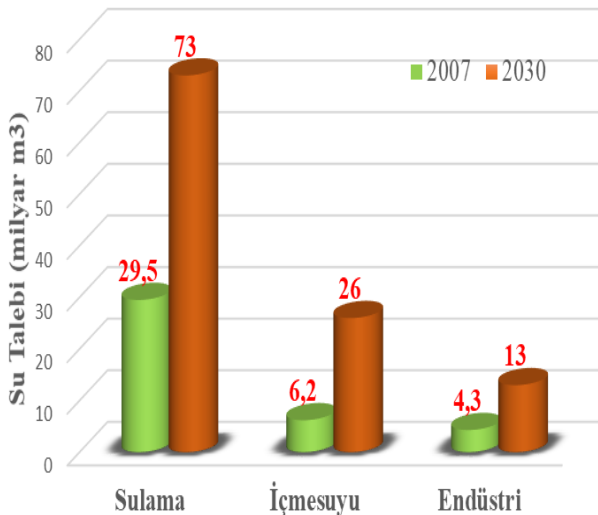
Sonraki yıllarda DSİ planlamalarına göre ülkemizde küçük hidroelektrik santral tanımlamasına giren 130 adet proje vardır. Bu projelerin toplam kurulu gücü 710 MW'a ulaşmaktadır. Bu kurulu güç toplam hidroelektrik santrallerin % 2'sine, işletmede olan hidroelektrik santrallerin ise yaklaşık % 6'sına denk gelmektedir.

Türkiye'de pek çok akarsu veya akarsu kollarının hidroelektrik potansiyeli henüz belirlenmemiş, bu sebeple küçük hidroelektrik potansiyelde ortaya konmamıştır. Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz gibi bölgelerde yüksek hidroelektrik potansiyel olmasına rağmen akarsuların çoğunda akım ölçme cihazı bulunmadığından mevcut potansiyelin bulunması konusunda çalışmalar fazla yapılmamaktadır. Hidroelektrik üretiminde su gücünü ekonomik olarak değerlendirebilmek oldukça önemlidir. Yani potansiyelin sağladığı gelirlerin giderlerden fazla olması gerekir.

## 2. TÜRKİYE'DE İÇME SUYU BARAJLARINDA HİDROELEKTRİK ÜRETİMİNİN İNCELENMESİ (Investigation Of Hydroelectric Production in Drinking Water Dams in Trabzon)

### 2.1. Türkiye'nin İçme Suyu Barajları (Turkey's Drinking Water Dams)

Türkiye 2020 yılı itibarıyla 83 milyon 900 bin 373 kişi nüfusa sahiptir ve bu nüfusun 2023 yılında 86 milyon 907 bin 367 kişiye, 2040 yılında ise 100 milyon 331 bin 233 kişiye ulaşması beklenmektedir. Nüfusumuz 2069 yılına kadar artarak 107 milyon 664 bin 79 kişiyle en yüksek değerine ulaşacaktır. Bu yıldan itibaren azalışa geçmesi öngörülen ülke nüfusu 2080 yılında 107 milyon 100 bin 904 kişi olacaktır [9]. Dolayısıyla ekonomik büyüme ve nüfus artışının beraberinde daha fazla elektrik ve su ihtiyacını ortaya getirmesi doğaldır.



Şekil 2. Türkiye'de sektöre göre su talebinin yıllara göre değişimi [10]

Türkiye su azlığı yaşayan bir ülkedir ve kişi başına düşen yıllık su miktarı 1519 m<sup>3</sup>'tür. 2030 yılı sonrasında kişi başına düşen yıllık su miktarının 1120 m<sup>3</sup> olacağı tahmin

edilmektedir [10]. Ayrıca Şekil 2'de gösterildiği gibi su talebinin de 2030 yılında 26 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşması beklenmektedir. ICOLD (Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu) standartlarına göre, barajın talvegden itibaren ölçülen yüksekliği 15 metreden büyükse büyük baraj statüsündedir. Bu tanıma göre DSİ'nin 2018 yılı verilerine göre Türkiye'de bulunan 504 adet barajdan 203 tanesi büyük barajdır. Bu barajlardan 95 tanesi ise içme suyu maksatlı barajlardır [3].

Tablo 5. İçme suyu amaçlı barajların karakteristik özellikleri [3]

No	Baraj Adı	Bitiş Yılı	Rezervuar Hacmi (hm <sup>3</sup> /yıl)	Maksimum Düşü (m)	Debi (m <sup>3</sup> /s)	Kurulu Güç (kW)	Elektrik Üretimi (GWh/yıl)	Ekonomik Fayda (Euro/yıl)
1	Çubuk I	1936	3	23	0,11	13	0,098	13566
2	Çubuk II	1964	38	57	1,45	422	3,078	425845
3	Bayındır	1965	7	25	0,27	34	0,249	34406
4	Karlıoğan	1965	67	50	2,55	652	4,760	658624
5	Camlidere	1985	150	95	5,71	2774	20,249	2801609
6	Eğrişar	1992	90	65	3,42	1139	8,313	1150134
7	Aşkar	1999	60	69	2,28	806	5,883	813941
8	Çayırtın	1971	1	46	0,04	9	0,065	9044
9	İkiztepe	1990	72	45	2,74	631	4,604	638997
10	Değirne	1983	95	62	3,61	1147	8,370	1157998
11	Değirne II	2007	60	68	2,28	794	5,798	802145
12	Gökçeada	1983	1	29	0,04	6	0,041	5702
13	Yayır	1985	2	29	0,08	11	0,082	11403
14	Çorum	1977	2	44	0,08	17	0,125	17301
15	Yemhayan	1997	10	48	0,38	93	0,682	94370
16	Harap	2008	5	63	0,19	61	0,448	61930
17	Kadıköy	1972	2	30	0,08	12	0,085	11796
18	Palandıken	2001	34	39	1,29	258	1,884	260897
19	Porsuk	1972	206	46	7,84	1845	13,465	1863021
20	Yayladag	1998	1	40	0,04	8	0,057	7864
21	Ömerli	1972	180	47	6,85	1647	12,022	1663271
22	Alibey	1983	39	26	1,48	197	1,441	199357
23	Bekmece	1987	102	7	3,88	139	1,015	140375
24	Darılık II	1988	108	40	4,11	841	6,139	849330
25	Sağlıdere	1996	50	18	1,90	175	1,279	176944
26	Balıova	1980	12	60	0,46	140	1,023	141555
27	Güzelhisar	1981	126	75	4,79	1840	13,428	1857909
28	Tahatlı	1996	205	53	7,80	2115	15,439	2136104
29	Alaçatı	1994	3	12	0,11	7	0,051	7078
30	Katalkaya	1972	45	50	1,71	438	3,197	442359
31	Ayvabı	2008	19	71	0,72	263	1,917	265219
32	Karacömek	1974	6	43	0,23	50	0,367	50724
33	Küçükçarlık	1992	1	33	0,04	6	0,047	6488
34	Korkuteli	1995	4	56	0,15	44	0,318	44039
35	Seve	2005	5,8	34	0,22	38	0,280	38770
36	Kızıldereli	1999	142	99	5,40	2736	19,976	2763661
37	Alınası	1967	38	21	1,45	155	1,134	156890
38	Eme	1972	6	22	0,23	26	0,188	25952
39	Geyik	1988	38	24	1,45	251	1,836	254013
40	Münçular	1989	10	30	0,38	58	0,426	58881
41	Çakmak	1988	126	40	4,79	981	7,162	990885
42	Dört Eylül	2003	33	55	1,26	353	2,579	356836
43	Gökçe	1988	37	48	1,41	346	2,524	349169
44	Güdüç II	1966	6	13	0,23	15	0,111	15335
45	Uhtan	1986	24	56	0,23	153	1,114	154138

Büyük barajların çoğunluğu Ankara, İstanbul ve İzmir gibi büyük şehirlerde bulunmaktadır. Türkiye Cumhuriyeti tarihinde ilk kurulan baraj, Ankara'ya içme suyu temini yapan Çubuk I barajıdır. Türkiye'de işletmede olan içme suyu barajlarının hepsinde küçük ölçekli hidroelektrik santral kurulum ve elektrik üretim potansiyeli vardır. Bu tesislere küçük ölçekli hidroelektrik santral kurulmasını avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Bu tesislerde su alma yapısı ve iletim hattı kurulu haldedir. Tesise ait kesin projeler mevcuttur. Küçük HES kurulumu için sadece santral binası ve elektromekanik donanıma gerek vardır ve bu faktör normal bir küçük HES'e göre maliyeti yaklaşık % 50-60 oranında düşürecektir.
- 2) Sürekli su geçişi olduğundan tesislerin kapasite faktörü oldukça fazladır. Yıllık üretilen enerji miktarı aynı kurulu güçteki küçük ölçekli bir hidroelektrik santrale göre yaklaşık olarak iki kat daha fazladır.
- 3) Bu tesislerde kamulaştırma yapılmasına gerek yoktur.
- 4) Çevreye olumsuz etkileri son derece azdır.
- 5) Tesislerde görevli personel mevcut olduğundan işletim maliyeti çok azdır.

- 6) Tesisten üretilen elektrik arıtma tesislerinde kullanılabilir.  
7) Tesis 2 yıl gibi bir sürede kurulum masraflarını karşılar ve sonrasında işleten kuruma ekonomik fayda sağlamaya başlar.

İçme suyu barajlarında yaklaşık hidroelektrik potansiyel, tesiste verilen yıllık su miktarının yıldaki toplam saniyeye bölünmesiyle hesaplanır. Bu durumda tesisten geçen debi  $m^3/s$  olarak bulunur ve enerji kaybı % 10'dur. Tablo 5'te verilen düşüm yükseklikleri, baraj rezervuarının tam dolu olduğu duruma göre hesaplanmıştır. Kurulu güç hesabında ise işletim şartları göz önünde bulundurulmuş, bu sebeple düşüm yüksekliğinin yarısı alınmıştır. Böylece içme suyu arıtma tesislerinde tasarlanan küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin kurulum güçleri yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ancak hidroelektrik potansiyelin kesin olarak hesaplanabilmesi için, ilgili barajın ziyaret edilmesi ve tesisle ilgili verilerin ve çizimlerin bölgedeki DSİ Müdürlüğü'nden temin edilmesi gerekmektedir. Böyle bir hesaplama Zonguldak'ta bulunan Kızılcapınar Barajı için ayrıntılı olarak yapılmıştır.

### 3. ÖRNEK BİR UYGULAMA ZONGULDAK KIZILCAPINAR BARAJI

(A Sample Implementation Zonguldak Kızılcapınar Dam)

#### 3.1. Baraj Hakkında Genel Bilgiler (General Information About Dam)

Kızılcapınar Barajı Zonguldak'ta Kızlar Deresi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3 ve 4). 1991-1994 yılları arasında, endüstri, sulama, içme suyu ve enerji amaçlarıyla planlanıp projelendirilerek inşa edilmiştir.



Şekil 3. Zonguldak Kızılcapınar Barajı görünüşü

Barajın toplam drenaj alanı  $360 km^2$ 'dir. Baraja yıllık gelen su miktarı  $200.77 hm^3$  iken yıllık regüle edilen su miktarı  $131.81 hm^3$ 'tür. Bu regüle edilen su miktarından, yıllık olarak, içme suyuna  $25.56 hm^3$ , sulamaya  $2.91 hm^3$ , endüstriye ise  $103.34 hm^3$  su verilmektedir. Barajın temelden itibaren yüksekliği 60.75 metre, talvegten yüksekliği ise 54.75 metredir. Barajın kret kotu ise 117.75 metredir. Kret genişliği 10 metre ve kret genişliği 261.78 metredir.

Yapı cinsi filtre, kil ve kaya dolgudan oluşmaktadır. Maksimum işletme su seviyesi 109 metre, maksimum

taşkın su seviyesi 114 metre, minimum su seviyesi 86 metre olarak ölçülmüştür. Baraja ait maksimum işletme hacmi  $36 hm^3$ , minimum işletme hacmi ise  $5 hm^3$ 'tür. Barajın  $31 hm^3$  aktif,  $3.80 hm^3$  ölü hacmi vardır.



Şekil 4. Zonguldak Kızılcapınar Barajı fotoğrafı

Su alma yapısının yeri sol sahil memba açık tünel üstündedir. Su alma yapısının tipi karasel çan ağızlıdır ve 2.50 metre shaft çapına sahiptir. Betonarme yapıda olan su alma yapısının kotu 83 metredir. Su alma yapısının ağız kısmı daireseldir ve dıştan dışa çap 5.35 metredir. Yapı yatay ve düşey ızgaralarla donatılmıştır. Izgara kotu 85.35 metredir. Baraja ait derivasyon ve su alma tünelinin yeri sol sahil tarafındadır. Tipi daireseldir ve 206.30 metre uzunluğa sahiptir. Betonlaşmış net çapı ise 7.40 metredir.

Tablo 6. Zonguldak Kızılcapınar Barajı karakteristik özellikleri [3]

Koordinat	41° 15'-41° 25' kuzey, 31° 20'-31° 40' doğu
Amacı	İçme suyu, endüstri, enerji, sulama
Tipi	Zonlu Dolgu
Havza Alanı	$360 km^2$
Göl Hacmi	$36 hm^3$
Göl Alanı	$2.45 km^2$
Ölü Hacim	$3.80 hm^3$
Aktif Hacim	$31 hm^3$
Yüksekliği	60.75 m
Kret Kotu	117.75 m
Talveg Kotu	54.75 m
Kret Genişliği	10 m
Kret Uzunluğu	261.78 m
Su Alma Yapısı Konumu	Sol sahil memba
Su Alma Yapısı Tipi	Açık tünel üstü
İletim	2.35 m çaplı tünel % 0.7 eğimle, çelik boru
Taşkın Kotu	114 m
Boru Çapı	1 m
Boru Uzunluğu	147.75 m

Derivasyon ve su alma tünelinin içinde cebri boru bulunmaktadır. Cebri boru uzunluğu 147.75 metre, çapı

2.35 metredir. Cebri borunun başlangıç kısmında 1.00×0.60 m çapında bir adet, çıkış kısmında 1.00×0.60 metre çapında bir adet menhol bulunmaktadır. 1 adet sabit, 18 adet hareketli mesnet üzerine oturtulmuştur. Et kalınlığı 16 mm olan borunun eğimi 0.007 olarak hesaplanmıştır. Zonguldak Kızılcapınar Barajı'na ait karakteristik bilgiler Tablo 6'da gösterilmiştir.

### 3.2. Kızılcapınar Barajı Küçük Hes Tasarımı (Kızılcapınar Dam Small Hes Design)

Arıtma tesisi girişindeki suyun faydalı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinin uygun olacağı düşünülmüş ve bir hidroelektrik santralin inşası tasarlanmıştır. Tasarlanan küçük ölçekli hidroelektrik santral ile ilgili parametreler şunlardır:

Suyun debisi 2360 m<sup>3</sup>/saat (0.65 m<sup>3</sup>/s) ve ortalama rezervuar yüksekliği  $H_{ort}=109$  metredir. Tasarlanacak hidroelektrik santralının kotu talveg kotuna eşit olduğundan buradan; ( $H_{net}=109-54.75=54.25$  m) olarak bulunmuştur. Küçük ölçekli hidroelektrik santralin kurulu gücü ise:

$$P = \gamma \times H \times \eta \times Q = 9.81 \times 54.25 \times 0.58 \times 0.65 \times 0.87 = 301 \text{ kW} \quad (1)$$

olarak hesaplanır. Tesisin bu kurulu güçte 20 saat ve yılda 365 gün yani toplamda (20×365) 7300 saat çalışacağı kabul edilecek olursa, tesisin yıllık üreteceği enerji:

$$E = 301 \times 7300 = 2197300 \text{ kWh} \quad (2)$$

olarak hesaplanır.

Ocak 2019 itibariyle yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesisi tipinde HES'le için uygulanacak fiyat 7.3 (ABD doları cent/kWh) olarak belirlenmiştir. Buradan tesisin yıllık ürettiği elektrik parasal olarak 160.403 \$/yıl'a karşılık gelir. Buradan: Tesise yıllık olarak 946408 TL kazanç sağlanır (Tablo 7).

**Tablo 7.** Kızılcapınar Barajı HES ekonomik analiz

Tasarım debisi (m <sup>3</sup> /s)	0.65
Tasarım düşüsü (m)	54.25
Hidroelektrik aksamın verimliliği	0,87
Kurulu güç (kW)	301
Yıllık çalışma süresi (saat)	7300
Yıllık elektrik üretimi (kWh/saat)	2.194.745
Yatırım maliyeti (\$)	99.032
Yıllık gelir (\$)	160.403
Kredi Ödemesi (i=%8 ve N=20 yıl)	10.303
İşletim ve Bakım Giderleri (%1)	990
Yıllık net kâr (\$)	56.383

## 4. SONUÇLAR (Conclusion)

Türkiye'de 2018 yılı sonu itibariyle işletmede olan 644 adet hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW ve ortalama yıllık üretimi ise 99.1 milyar kWh olup, bu değer toplam geliştirilen potansiyelin yaklaşık %55'ine denk gelmektedir. Hidroelektrik santrallerin tasarım düşüsü olarak baraj rezervuarının ortalama su seviyesi alınmış ve tesisin tasarım debisi ise barajın yıllık temin ettiği su miktarından hesaplanmıştır. Örnek bir çalışma olması açısından, Zonguldak Kızılcapınar Barajı ve Ereğli-Kızılcapınar Su Arıtma Tesisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ereğli İçme Suyu Arıtma Tesisi. Kızılcapınar Barajı'ndan alınan 70000 m<sup>3</sup>/gün suyu arıtmaktadır. Yerleşim bölgesine aylık 2.1 milyon m<sup>3</sup> su sağlanmaktadır. Bu tesise küçük bir hidroelektrik santral kurulması durumunda tesisin yıllık üreteceği elektrik miktarı 2706840 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu tür projelerin hayata geçmesi ulusal enerji ve su kaynaklarımızı iyi bir şekilde değerlendirilmesi katkı sağlayacaktır. Zonguldak için önerilen bu proje, ileride diğer iller içinde uygulanabilir niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., Kankal, M., Özölçer, İ.H. and Kaygusuz, K. (2008), Energy Situation and Renewables in Turkey and Environmental Effects of Energy Use, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12 (8), 2013-2039.
- [2] Kankal M., Bayram, A., Uzlu, E. and Satılmış, U. (2014), Assessment of Hydropower and Multi-Dam Power Projects in Turkey, *Renewable Energy*, 68 (2014) 118-133.
- [3] DSİ (2018), 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- [4] Yüksel, İ., Arman, H., Serencam, U., Songur, M. and Demirel, İ.H. (2016), Renewable Energy Status and Hydropower in Some Developing Countries and Focus on Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 25 (2), 409-418.
- [5] Özölçer, İ.H. (2017), Sustainable Hydroelectric Energy Methods: A Proposal West Black Sea, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (8), 5363-5371.
- [6] Bobat, A. (2017), Environmental Impact assessment of Hydropower Projects in Turkey: Applications and Problems, *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (2), 1192-1200.
- [7] TEİAŞ (2018), Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- [8] DSİ (2006), 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- [9] TÜİK (2018), <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>

- [10]DSİ (2014), 2018 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, Türkiye.
- [11]Süme, V., Türüt, R., (2018), Türk Hidrolik Dergisi, Aşağı Çoruh ta Bulunan Barajların Hidroelektrik Potansiyeli ve Çevresel Etkileri, Tur. J. Hyd. Vol: 2 No: 1 Page: 12-18, <http://www.dergipark.gov.tr>
- [12]Süme, V., Özener, A.Y., Mete, B., (2017), Çoruh Nehri Yan Kolları Üzerinde Bulunan Hidroelektrik Santrallerin Hidroelektrik Potansiyeli, Vol: 1, No: 1, Page: 1-6, <https://www.dergipark.gov.tr>
- [13]Süme, V., Mete, B., Özener, A.Y., (2017), Yukarı Çoruh Havzasındaki Su Yapılarının Enerji Potansiyeli ve Çevresel Etkileşimi, Vol: 1, No: 1, Page: 7-12. <https://www.dergipark.gov.tr>