

## BÜYÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLAR İLE KÜÇÜK HİDROELEKTRİK SANTRALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Muhsin Tunay GENÇOĞLU, Mehmet CEBECİ  
Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
23279 Elazığ, Türkiye  
Tel: 0090-424-2370000-6351  
E-mail: mtgencoglu@firat.edu.tr, mcebeci@firat.edu.tr

### ÖZET

Ülkemizde hızla büyüyen sanayi sektörüne paralel olarak gelişen sosyo-ekonomik kalkınmanın beraberinde getirdiği hayat standardının yükselmesi, elektrik enerjisine olan talebin giderek artmasına neden olmaktadır. Bu talebin, sürekli gelişen teknolojiye bağlı olarak hızla artması elektrik enerjisini sosyal hayatın kaçınılmaz bir unsuru haline getirmiştir. Ayrıca ülke geneline yayılan enterkonnekte sistemin sağladığı güvenilirlik ve süreklilik yanında, en küçük yerleşim birimine kadar uzanan dağıtım şebekesinin tüketiciye sağladığı kullanım kolaylığı, elektrik enerjisi tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur.

1970 'li yıllarda petrol fiyatlarının hızlı yükselişiyle birlikte gündeme gelen ve kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların çevreyi giderek daha fazla kirletmesi nedeniyle gündemdeki önemini artıran yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlileri su (hidrolik), biyomas, rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklardır.

Bugün dünyadaki ticari enerji tüketiminin %90 'ı fosil, %7 'si nükleer, %3 'ü de hidrolik ve diğer kaynaklara dayanmaktadır. Dünyada kullanılan elektrik enerjisinin %80 'i yenilenemeyen kaynaklardan (kömür, doğalgaz, petrol ve uranyum) üretilir. Bunlar kesintisiz olarak enerji üreten kaynaklardır. Geri kalan bölüm ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroenerji %19 'luk bir paya sahipken; güneş, rüzgar, biyomas ve jeotermal kaynaklardan elde edilen enerjinin toplam payı ise %1 'den azdır<sup>(1)</sup>.

Hidrolik enerjinin çevresel yönden en önemli avantajı yenilenebilir olmasıdır. Hidroelektrik enerjide yakıt giderinin olmaması nedeniyle, ithal yakıt kaynaklı termik santrallara göre işletme giderleri çok düşüktür. Ayrıca hidroelektrik santrallar her gün atmosfere tonlarca sülfür ve toz bırakan kömür yakıtlı termal projelerden de daha temizdir.

### I. GİRİŞ

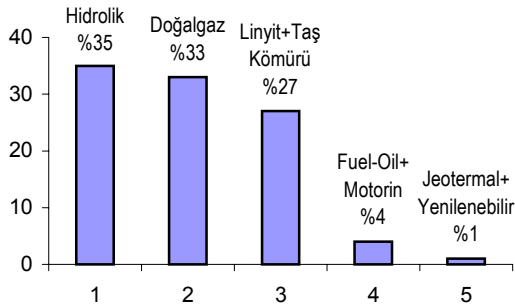
Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Mesela Türkiye, birçok ülkede bulunmayan jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8 'ine sahiptir. Ayrıca coğrafi konumu nedeniyle büyük oranda güneş enerjisi almaktadır. Potansiyel belirleme çalışmaları ile ülkemizin yıllık ortalama ışınım şiddeti 3.6 kWh/m<sup>2</sup>.gün olarak tespit edilmiştir. Rüzgar enerjisi potansiyeli yaklaşık 160 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Türkiye, hidrolik enerji potansiyeli açısından da dünyanın sayılı ülkelerindedir. Ülkemizde yıllık yağışlar 220-2500 mm arasında değişmekte olup, ortalama 642,6 mm 'dir. Bu değer yıllık ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> yağış miktarına tekabül eder. Bu miktarın takriben 186 milyar m<sup>3</sup> 'lük kısmı akış haline geçer<sup>(2)</sup>. Bunların dışında, kayda değer ölçüde biyogaz ve biyomas potansiyeli bulunmaktadır. Tüm bu enerji kaynaklarının hiçbir maliyeti yoktur, yenilenebilir olduklarından dolayı tükenmezler, çevre ve insan sağlığına hiçbir tehdit oluşturmazlar.

Elektrik enerjisi üretiminde, fosil ve nükleer yakıtlı termik, jeotermal ve doğalgazlı santrallarla kıyas edildiğinde, hidroelektrik santralların yenilenebilir olması yanında, puvant çalışma gibi önemli bir özelliği daha vardır. HES ilk yatırım maliyeti yönünden de, doğalgaz santralı dışında, diğer termik ve nükleer santrallarla rekabet edecek konumdadır.

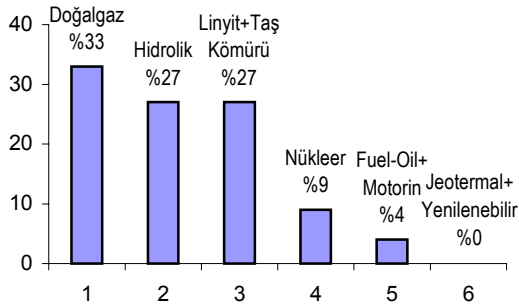
Elektrik üretim birim maliyeti yönünden HES 'ler, termik ve nükleer santrallara göre tartışmasız üstünlüğe sahiptirler. 1 kWh elektrik enerjisi sağlamak için 219 g fuel-oil, 0.193-0.217 g doğalgaz, 286 g motorin ve çeşitli ısıl değere haiz 650-1600 g linyit, 380 g ithal kömürün yakıt olarak tüketildiği dikkate alınmalıdır.

## II. TÜRKİYE 'NİN HİDROELEKTRİK POTANSİYELİ

TEAŞ tarafından iki aşamalı olarak yapılan Kısa Dönem (2000-2005) ve Uzun Dönem (2005-2020) Elektrik Enerjisi Üretim Planlama Çalışması 'na göre öngörülen Türkiye kurulu gücünün yakıt cinslerine göre dağılımı Şekil 1 ve Şekil 2 'de görülmektedir.



Şekil 1: Kurulu gücün yakıt cinslerine göre dağılımı (2005)



Şekil 2: Kurulu gücün yakıt cinslerine göre dağılımı (2020)

Bir ülkenin hidroelektrik potansiyeli söz konusu olunca; bu değer brüt teorik, teknik yapılabilir ve ekonomik yapılabilir olduğunun belirtilmesi gerekir. Brüt teorik potansiyel; o ülkedeki bütün doğal akışların, deniz seviyesine kadar %100 verimle türbinlenerek elde edilebileceği varsayılan yıllık enerji potansiyelidir. Teknik yapılabilir potansiyel; ekonomik veya diğer şartlar gözlemlenmeden, mevcut teknoloji ile değerlendirilebilecek toplam yıllık hidroelektrik potansiyeldir. Ekonomik yapılabilir

hidroelektrik potansiyel ise; teknik yapılabilir potansiyelin mevcut ve beklenen yerel ekonomik şartlar içinde geliştirilebilecek bölümü olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle, ekonomik hidroelektrik potansiyel diğer alternatif enerji kaynaklarıyla fiyat yönünden daha ekonomik olarak değerlendirilebilecek potansiyeldir<sup>(3)</sup>.

Herhangi bir hidroelektrik tesisin gelişimi için; ekonomik yapılabilir potansiyeli, belirli bir enerji talebi ve uygun bir elektrik üretim fiyatının olması gerekir. Bir akarsuyun ekonomik potansiyeli, nehir sistemine ve topografyaya göre belirlenmekle birlikte, aynı zamanda ekonomik şartlara bağlı olarak bir ülkeden diğerine değişiklik gösterebilir.

Ülkemizin brüt hidrolik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyeli ise 216 milyar kWh/yıl olarak öngörülmektedir. Geliştirilen projelere göre öngörülen ekonomik hidroelektrik potansiyel yaklaşık 35000 MW ve ekonomik yıllık ortalama enerji üretimi ise yaklaşık 125 milyar kWh/yıl 'dır. Bu potansiyelin 1999 yılı sonuna kadar ancak %32 'si (10820 MW kurulu güç, yıllık ortalama üretim 39145 GWh) değerlendirilebilmiştir. İnşa halindeki 37 adet santralin devreye alınmasıyla ekonomik potansiyelin %43 'ü değerlendirilmiş olacaktır. Potansiyelin henüz değerlendirilememiş %57 'lik bölümü, ön inceleme aşamasında etüdü tamamlanmış en az 332 adet hidroelektrik santralin yapımını öngörmektedir<sup>(3)</sup>.

Tüm bu veriler devletin resmi kurumlarına ait verilerdir. Ancak bir çok uzman bu verileri tartışılır bulmaktadır. 1970 'li yıllarda mevcut teknolojik imkanlarla ekonomik olarak değerlendirilemeyeceği düşünülen bir kısım potansiyelin, günümüzde ekonomik hale gelmiş olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca bu verilerin sadece barajlı HES 'leri kapsadığı, dünyada giderek yaygınlaşan ve nehirlerin akış gücünden yararlanan küçük HES 'leri kapsamadığı bir gerçektir. Baraj kurmadan elde edilebilecek bu enerjinin potansiyeli hakkında hiçbir veri ve çalışma mevcut değildir. Bazı uzmanlar bu potansiyelin 25 TWh/yıl civarında olabileceğini belirtmektedirler<sup>(4)</sup>.

Türkiye 'de 1999 yılı sonu itibarıyla teknik ve ekonomik fizibilitesi yapılmış 114 'ü işletmede, 37 'si inşa halinde ve 332 'si henüz inşaatına geçilememiş olan toplam 483 adet HES projesi bulunmaktadır. HES 'lerin proje durumlarına göre dağılımı Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1: Türkiye 'de hidrolik enerji potansiyeli ve 1999 yılı sonunda gelişme durumu

HES Proje Durumu	HES (Adet)	Top. Kurulu Güç (MW)	Ort. Yıllık Üretim (GWh/Yıl)	Oran (%)
1999 yılı itibarıyla işletmede olan	114	10820	39145	32
İnşaatı devam eden	37	4057	7897	11
Kesin projesi hazır	16	3637	7456	9
Kesin projesi yapılmakta	13	1208	792	3
Planlaması hazır	95	4794	9510	14
Planlaması yapılmakta	28	1635	3347	5
Master planı hazır	57	3503	7589	10
Ön incelemesi hazır	123	4935	11204	16
Toplam Potansiyel	483	34592	122322	100

Türkiye 'de 26 adet hidrolojik havza bulunmaktadır. Yıllık su potansiyeli bakımından en büyük 5 havzamız sırasıyla Fırat ( $31,61 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>), Dicle ( $21,33 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>), Doğu Karadeniz ( $14,9 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>), Doğu Akdeniz ( $11,07 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>) ve Antalya ( $11,06 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>) 'dır.

Türkiye 'nin yaklaşık 125 milyar kWh olan ortalama ekonomik üretim kapasitesi, HES 'lerin kurulu güçlerine bağlı olarak uzun yıllar üretecekleri enerjilerinin toplamı olan bir değerdir. Ancak HES 'ler akarsuların yıllık su verimlerine bağımlı olarak üretimleri değişen tesislerdir. Depolama tesislerinin yapımı bile akarsu akımlarının tam regülasyonuna olanak vermemektedir. Bu nedenle, orta ve uzun dönem enerji planlamalarında, HES 'lerin sisteme ancak %65 mertebesinde katkıda bulunabilecekleri gözönüne alınmalıdır.<sup>(5)</sup>

HES 'lerde birim yatırım maliyetinin büyük değişiklikler göstermesi; projenin yeri, yerel şartlar, santralin genel yerleşimi ve santral tipinden kaynaklandığı gibi, diğer faktörlerin de maliyete etkisi vardır. Mesela, yerel şartlara bağlı olsa da belirli ünite tipi ve sayısına sahip bir santralin kurulu gücü arttıkça birim maliyeti azalmaktadır.

Benzer şekilde düşüye bağlı olarak ünite hızı arttıkça, ünite boyutlarının küçülmesi nedeniyle birim maliyet azalmaktadır. Bugünkü teknolojik koşullarda düşünün olumlu etkisi 800 m ile sınırlıdır. Bu sınırın üstünde, santral genellikle yüksek dağlardaki bir rezervardan besleneceğinden, bu bölgelere ulaşmak için güçlülük yapılan yollar ve 15 km 'yi bulan uzun enerji tünelleri nedeniyle yapılan masraflar ve dolayısıyla birim maliyet artmaktadır. Ülkemiz topografyası nedeniyle sağlanan düşüer genellikle bu sınırın altındadır.

Bir santraldaki ünite sayısı da birim maliyeti etkiler. Aynı toplam kurulu gücü sağlayan ünite sayısı arttıkça birim maliyet artmaktadır. Ünite sayısı ve kurulu gücün tespiti, debi ve düşü şartlarına bağlı olduğu kadar, santralin puvant ve baz çalışma paternleri ile de yakından ilgilidir.

### III. BÜYÜK HES 'LER

Türkiye 'de akışa geçen suların mevsimler ve yıllar içinde büyük değişim göstermesi, taşkınlara neden olması sonucu suyun kontrol altına alınması ya da düzenlenerek gerektiğinde çeşitli amaçlara yönelik olarak kullanılabilmesini temin için depolama tesislerinin yapılması büyük önem taşımaktadır.

1999 yılı sonunda, Dünya Barajlar Kütüğü kayıtlarına göre Türkiye 'de ICOLD (Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu) standartlarında; temelden yüksekliği 15 m 'den fazla veya rezervuar hacmi 1 hm<sup>3</sup> 'den büyük, 465 adedi işletmede ve 216 adedi de inşa halinde olmak üzere 681 baraj bulunmaktadır.

Türkiye inşa halindeki barajlarının sayısı ile Dünya 'da Çin ve Hindistan 'dan sonra 3.sırayı, işletmedeki barajlarının sayısı ile de Çin, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve İspanya 'dan sonra 5.sırayı almaktadır. Türkiye Dünya sıralamasındaki bu özel yerini sadece inşa ettiği baraj sayısı ile değil aynı zamanda barajlarının büyüklüğü ile almıştır. Mesela; Atatürk Barajı 84,5 milyon m<sup>3</sup> dolgu hacmi ile Dünya 'nın 6.büyük barajıdır. Halen inşa halinde olan Deriner Barajı, gövdesi iki eğrilikli kemer baraj tipinde olup temelden yüksekliği 247 m, uzunluğu 720 m ve beton hacmi 3,5 milyon m<sup>3</sup> 'dür.

Türkiye 'deki büyük santrallardan Atatürk, Karakaya, Keban, Altinkaya, Oymapınar ve Hasan Uğurlu HES 'in toplam kurulu gücü ve yıllık ortalama üretimleri, işletmede olan 105 HES 'in toplam kurulu güç ve üretim kapasitesinin %73.5 'i mertebesinde (Tablo 2).

Tablo 2: 1999 yılı sonunda işletmede olan kurulu gücü 500 MW ve daha büyük HES 'ler

Baraj ve HES Adı	Kurulu Güç (MW)	Yüzde Oranı (%)	Yıllık Ort. Üretim (GWh)	Yüzde Oranı (%)
Atatürk	2400	24,1	8900	24,5
Karakaya	1800	18,1	7354	20,2
Keban	1330	13,4	6000	16,5
Altınkaya	700	7	1632	4,5
Oymapınar	540	5,4	1620	4,5
Hasan Uğurlu	500	5	1217	3,3
500 MW dan büyük HES ler	7270	67	26723	68
Diğer HES ler	3550	33	12422	32
Genel Toplam	10820	100	39145	100

HES 'lerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu konusunda yaygın bir kanı bulunmaktadır. Bugünkü koşullarda, HES 'lerin kurulu güç birim yatırım bedeli, bazı özel haller (küçük güçlü ve küçük kapasiteli) dışında, sadece yakıtı dışa bağımlı doğalgaz santrallerinden daha büyüktür. Tablo 3 'de çeşitli santrallerin birim yatırım maliyetleri verilmiştir<sup>(3)</sup>.

HES 'lerin inşa süreleri termik santrallara göre uzun olmakla birlikte, ekonomik ömürleri de daha uzundur. Kömür yakıtlı santraller ile kombine çevrimli gaz santrallerinin ekonomik ömürleri ortalama 25 yıl iken baraj ve HES 'lerin ekonomik hizmet süresi 40-50 yıldır. Fizibilite raporlarındaki bu esas değer, bazı rehabilitasyon çalışmaları ile 75-100 yıla çıkartılabilir. Başka bir faktör ise, termik santrallerin doğal kaynakların tüketici bir unsuru olduğudur. Hidrolik potansiyelin gelişimi ise kaynak artırıcı olarak işlev görmektedir. Çünkü, barajlarla meydana getirilen yapay göller vasıtasıyla ortamda oluşan buharlaşma, havzanın daha fazla yağış almasına neden olmaktadır.

HES 'ler mikroklimatik, hidrolojik, biyolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel etkilere sahiptir.

İklimsel etkiler; depolamalı bir HES 'in yüzey alanı itibarıyla nehre göre daha geniş olmasından ve bu nedenle buharlaşmanın artmasından kaynaklanmaktadır. Böylece nem oranı artmakta, hava kütleli hareketleri değişmekte, sıcaklık-yağış-rüzgar olayları farklılaşmaktadır. Bu durum doğal çevre parametreleri üzerinde dinamik ve zincirleme etkiler oluşturur. Yöredeki doğal bitki örtüsü, tarım bitkileri ve sucul-karasal hayvan varlığının bazı türleri değişebilir ve yeni türler ortaya çıkabilir.

Tablo 3: Santrallerin birim yatırım maliyetleri

Santral Tipi	Birim Yatırım Maliyeti (\$/kW)
Doğalgaz	454
Hidroelektrik	800-1600
İthal Kömür	1190
Linyit	1600
Nükleer	2500

Hidrolojik etkiler akarsuyun akış rejimi ve fiziko-kimyasal parametrelerinin değişmesiyle ortaya çıkar. Akarsudan göle geçişte su hızı, difüzyon ve oksijen alma kapasitesinin düşmesine bağlı olarak doğal temizleme kapasitesi düşer. Gölün su kalitesinde meydana gelen değişimler, hem göldeki hem de mansaptaki sucul canlı yaşamını ve su kullanım alışkanlıklarını değiştirebilir.

Ekolojik etkiler depolamalı bir HES 'in fiziksel yapısının su ve kara ortamında göç yollarını kesmesi, yaşama alanlarının su altında kalması ve bazı önemli türlerin azalması neticesinde ortaya çıkar. İlk bakışta balık ve bitki türlerinin azalması ve yeni türlerin ortaya çıkması enerji üretiminin ekonomiye sağlayacağı faydalar ile dengelenmeye çalışılsa da uzun vadede bu durumun, doğal yaşam potansiyeli üzerinde oluşabilecek etkileri irdelenmeli ve bu etkileri minimuma indirecek önlemler alınmalıdır.

Sosyo-ekonomik ve kültürel etkiler ise HES 'in inşaat aşamasından itibaren ortaya çıkmakta HES 'in ömrü boyunca olumlu veya olumsuz olarak hissedilmektedir. Yapım aşamasında su altında kalan arazinin niteliği ve büyüklüğüne bağlı olarak yapılan kamulaştırma işlemleri neticesinde, iç-dış göç olayları yaşanmakta ve ekonomi canlanmakta, alt yapı hizmetleri ile sosyal hizmetler olumlu etki yapmaktadır. Ayrıca HES 'in depolama kısmı rekreasyon ve su ürünleri üretimi için de bir kaynak teşkil etmektedir. Ancak, yöredeki tabiat ve tarih varlıklarının korunamaması neticesinde kültürel değerlerin kaybı söz konusu olmaktadır<sup>(5)</sup>.

#### IV. KÜÇÜK HES 'LER

Küçük HES, Birleşmiş Milletler Sanayi ve Kalkınma Organizasyonu (UNIDO) sınıflamasına göre 1 MW ile 10 MW arası kurulu güçlere sahip santralleri kapsamaktadır. 1 MW 'dan daha küçük kapasiteli HES 'lere mini HES, 10 MW-100 MW kapasiteli HES 'lere ise orta büyüklükte HES denilmektedir.

Küçük bölgelerin kalkınmasına önemli etkisi olan küçük güçte santral yapımına başlanabilmesi için, 1977 yılında TEMSAN 'ın (Türkiye Elektromekanik Sanayii A.Ş.) kurulması, su türbinleri ve generatörlerin yurt içinde yapılabilmesi için çok önemli bir adım olmuştur. Ancak daha sonra gereken ilginin gösterilmemesi sonucu bu kuruluş, tasarım ve projelendirme konusunda tamamen dışa bağımlı olarak bugünlere gelmiştir. TEMSAN 'ın kurulduğu yıllarda 500 'den fazla HES kurulması planlanan ülkemizde, böylesine isabetli bir yatırımın devlet eliyle yapılması ne kadar doğru ise, geçen zaman içerisinde yatırımın desteklenmemesi, teşvik edilmemesi ve yapılacak santrallarda yerli üretim oranının artırılmaması da o kadar yanlış olmuştur.

Ülkemiz küçük HES potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. DSİ planlamalarına göre ülkemizde küçük HES tanımlamasına giren 130 adet proje mevcuttur. Bu projelerin toplam kurulu gücü 710 MW 'a ulaşmakta ve bu potansiyel toplam HES potansiyelinin %2 'sine, işletmedeki HES 'lerin ise yaklaşık %6 'sına tekabül etmektedir. Ülkemizdeki küçük HES potansiyelinden bugüne kadar inşaatı tamamlanarak işletmeye açılan santralların toplam gücü 135,7 MW ile potansiyelin %19 'luk bir bölümünü oluşturmaktadır. Küçük HES 'lerin bugüne kadar yeterince değerlendirilemeyişinin sebebi; bu tip projeleri geliştirmekle görevli devlet kuruluşlarının önceliklerini sulama, içme suyu ve taşkın kontrol amaçlı yüksek biriktirmeli (barajlı) projelere, hidroelektrik enerji potansiyelini geliştirmekle görevli diğer devlet kuruluşlarının ise, önceliklerini kurulu gücü yüksek HES 'lere vermesidir. Özel sektörün katkısını sağlamak maksadıyla yap-işlet-devret (YİD) modelinin ülkemizde uygulanmaya başlamasından sonra küçük HES projelerine de yatırım yapılmaya başlanmış, ancak özel sektörün bu yatırımları da istenen hızda ve ölçekte gerçekleştirilememiştir<sup>(6)</sup>.

HES 'lerin özellikle küçük düşülü ve küçük kapasiteli olanlarının ilk yatırım maliyetlerinin izafi olarak yüksek çıkması; oldukça uzun işletme sürecinde yeterli elektrik satış fiyatıyla elde edilen gelir, düşük işletme ve bakım giderleri, taşkın koruma, su depolama, konutlara ve sanayiye içme ve kullanma suyu temini, balıkçılık ve yörenin ekonomik gelişiminin sağlanması gibi çok çeşitli faydalar ile dengelenebilir.

Bir YİD küçük HES projesini ülkemizde gerçekleştirebilmek için, inşaatı başlamadan önce yapılması gereken bürokratik işlemler en az 2-3 yıl

sürmekte ve müteşebbis firmaların enerjisini işe başlamadan önce büyük ölçüde tüketmektedir. Hatta bu bürokratik işlemler çoğunlukla tesisin fiili yapım süresinden daha uzun sürmektedir.

Nehir tipi santralların işletme aşamasındaki en önemli etkisi sucul yaşam üzerinde olmaktadır. Derive edilen dere akımları nedeniyle nehrin belirli kısımlarında su azalması ve hatta nehir yatağının tamamen kuruması görülebilir. Buna bağlı olarak, nehrin bu kesimlerini kullanan türlerin ekolojisinde farklılaşmalar olabilir. Nehrin belirli kısımlarında su azalmasına bağlı habitat kayıpları olabileceği gibi bu kısımların balıklar tarafından kullanılmaması da söz konusu olabilir. Bu tip santrallarda balık türlerinin korunması amacıyla gerekli tüm teknik tedbirlerin alınması gerekir. Bu tedbirlerin zamanında ve doğru bir şekilde alınmaması halinde, balık türlerinin yaşamı olumsuz yönde etkilenebilir. Bu durumda alınması gereken tedbirlerin başında, nehir yatağına doğal yaşam suyu bırakılması ve balık geçitlerinin yapılması gelmektedir. Ayrıca uygun bir lokasyonda tehlike altındaki balık türleri üretme istasyonlarının tesis edilmesi ve muhtemel kaçak avlanmaların kontrol altına alınması gerekir<sup>(5)</sup>.

HES 'lerin özel sektöre yapımını engelleyen en önemli husus projenin ekonomisidir. HES 'lerin karakteristiği birbirinden farklı olduğu için türbin, generatör ve elektrik teçhizatı da farklı olmaktadır. Bu nedenle, HES üniteleri (türbin+generatör) seri üretime uygun değildir. Seri üretim imkanı olmayan, her ünite için farklı bir proje ve tasarım gerektiren, yatırım maliyeti çok yüksek olan ve imalatı uzun süre alan bu iş için özel sektörün yatırım yapmaya yanaşmaması normaldir.

Büyüklik ekonomisi olarak ifade edilen kriter nedeniyle küçük HES 'ler, orta büyüklükteki HES 'lere göre daha yüksek birim yatırım ve işletme maliyetine sahiptirler. Bu sebeple küçük HES 'lerle ilgili yer seçimi yapılırken, proje sahasının çok dikkatli bir şekilde incelenmesi ve projenin yatırım tutarının asgari seviyede tutulması önem kazanmaktadır.

Küçük HES 'ler genellikle nehir veya kanal santrali olarak tasarlandıklarında ekonomik olmaktadır. Barajlı bir küçük HES 'in ekonomik olabilmesi için projenin çok maksatlı olması, yani enerji faydasının yanısıra sulama, içme suyu ve taşkından koruma faydalarının da bulunması gerekir. Sadece enerji faydası olan bir küçük HES 'in nehir santrali olarak tasarlanmasında fayda vardır.

Küçük HES 'lerin birim yatırım maliyeti projenin özelliklerine göre farklılık göstermekle birlikte, yaklaşık bir değer olarak 1500-2000 \$/KW aralığında alınabilir. Yıllık işletme ve bakım gideri ise yaklaşık 50 \$/KW olarak kabul edilebilir.

Bir küçük HES 'in ekonomisini etkileyen önemli faktörler şunlardır:

a) Pınarlar veya yeraltı suları ile beslenen, böylece minimum akımı ortalama akımına yakın değerlerde olan akarsular üzerindeki santraller diğerlerine göre daha ekonomik olurlar. Bu durumda santralin kapasite kullanım oranı artar, minimum akıma tekabül eden ünite sayısı azalır ve işletme esnasında türbinlerin daha yüksek verimle çalıştırılmaları mümkün olur.

b) Proje düşüşünün fazla olması, elektromekanik teçhizatın fiziki ebatlarını küçülterek birim teçhizat bedelinin azalmasını sağlar. Ayrıca, düşüşü 25 m 'nin altında olan HES 'lerde kullanılan kaplan türbinleri, daha yüksek düşüşlerde kullanılan francis türbinlerine göre yüksek birim yatırım maliyetine sahiptir.

c) Enerji tüneli yerine iletim kanalı yardımıyla düşü kazanan projelerin birim yatırım maliyeti genelde daha az olur.

d) Ulaşım ve yaklaşım imkanları iyi olan projelerin ilk yatırım maliyetleri azalır.

Bir nehir santralının işletilmesinde barajlı HES 'lere göre bir çok dezavantaj ile karşılaşmaktadır. Bunların en önemlileri;

1) Taşma dönemlerinde, erozyona bağlı olarak akarsu tarafından taşınan kum, kil ve çakıl gibi malzemeler regülatörde birikerek kısa zamanda regülatörün dolmasına sebep olur. Bunu önlemek için, regülatörün biriken malzemeleri yıkayıp atabilecek tarzda (radyal kapaklı vb) tasarlanması gerekir.

2) Akarsu tarafından taşınan askılı yüzer maddelerin (ağaç dalları, kütükler, otlar ve sazlar) su alma yapısı ızgaralarını tıkamak suretiyle işletmeye sekte vurması söz konusudur. Bunu önlemek için, su alma yapısına otomatik olarak kendini temizleyen taraklı ızgaraların konulması gerekir. Aksi takdirde, işletmeye sık sık ara verip ızgara temizlemek gerekir.

3) Akarsu tarafından taşınan kum ve kilin yükleme havuzunda birikerek işletmeyi aksatması ve türbin kanatlarına zarar verme tehlikesi vardır. Bunu önlemek için regülatör mahallinde uygun ebatlı bir çökeltme havuzu yapılarak kum ve kilin çökeltmesi önem kazanmaktadır.

## V. SONUÇLAR

Ulusal politikamızın temel hedefi; rekabete dayalı enerji pazarı ortamında kaliteli, güvenilir, ucuz elektrik enerjisinin yeterli düzeyde ve zamanında temin edilmesi olmalıdır.

Türkiye 'nin brüt, teknik ve ekonomik hidrolik potansiyeli gerçekçi bir şekilde yeni teknolojiler gözönünde bulundurularak yeniden belirlenmelidir. Ülkemizin başlıca ulusal ve yenilenebilir enerji kaynağı olması, yakıt maliyeti içermemesi, dolayısıyla işletme maliyetinin çok düşük olması, yük taleplerine kolaylıkla uyum göstermesi, alternatif enerji kaynaklarına göre çevresel etkilerinin en az olması ve enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltması açısından hidrolik güç potansiyelinden daha etkin yararlanma yollarına gidilmesi gerekmektedir. Ayrıca Türkiye 'nin çok zengin küçük su kaynakları potansiyelinin doğru bir şekilde tespit edilerek, küçük hidroelektrik santraller yardımıyla değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizdeki hidrolik potansiyelin tamamının devreye alınması durumunda dahi, 2020 yılındaki elektrik enerjisi talebinin yalnızca %23 'ünün hidrolik potansiyelden karşılanması mümkün olabilecektir. Bu nedenle ülkemizdeki akarsuların sahip olduğu hidroelektrik enerji potansiyelinin sürdürülebilir bir yaklaşımla, yani sürekli ve dengeli kalkınma prensipleri doğrultusunda, çevresel etkiler dikkate alınarak geliştirilmesi, sosyo-ekonomik kalkınmada sürekliliğin sağlanması açısından önemlidir. Akarsuların hidrolik potansiyelinin değerlendirilmesi amacı ile geliştirilecek projelerde, akarsuyun doğal akış rejimine ve dolayısıyla ekonomisine müdahale edilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Ancak, çevre ile uyumlu projelerin geliştirilmesine özen gösterilmelidir.

Hidrolik potansiyelin ulusal ve yenilenebilir bir kaynak olması, HES 'lerin ekonomiye faydaları ve yerli yapım oranının diğer santrallara oranla daha yüksek olması gibi sebepler dikkate alınarak, hidroelektrik potansiyelini değerlendirme oranının önümüzdeki 20 yıl içerisinde asgari %90 düzeyine getirilmesi ülkemizin yararına olacaktır. Bu hedefe ulaşmak için kurulu güçleri 100 ile 1000 MW

arasında değişen ve sayıları çok fazla olmayan büyük kapasiteli HES 'lerin inşaatına bir an önce başlanmalıdır. Yıllara göre artan enerji talebinin karşılanabilmesi için, projelerin yatırım planlamaları 5-7 yıllık inşaat süreleri gözönüne alınarak yapılmalıdır.

Proje aşamasında olan büyük HES 'lerin bir an önce bitirilip işletmeye alınmasının gerekliliği kadar, yapımı daha kısa süren ve enterkonnekte sisteme bağlanma zorunluluğu olmayan küçük HES 'lerin çoğaltılmasına da önem verilmelidir. Bu amaçla Türk Elektromekanik Sanayiinin lokomotif olabilecek TEMSAN gibi kuruluşlara destek verilmelidir.

Küçük suların değerlendirilmesi, buldukları yöreye enterkonnekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Ülkemizin her köşesine yayılmış olan akarsular üzerinde kurulacak küçük HES 'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilitesini artırıcı bir rol oynayacaktır. Bunun yanısıra küçük HES 'ler uzun ömürlü olması, yakıt masrafı gerektirmemesi ve yapımının büyük ölçüde yerli kaynaklara dayanması nedeniyle ülkemiz için faydalıdır ve teşvik edilmeleri gerekir. Özel sektörü YİD projelerine yatırım yapmaya teşvik etmek için, bürokratik engellerin azaltılması ve küçük HES 'lerden üretilecek enerjiye daha yüksek fiyat ödenmesi düşünölmelidir.

Ülkemizde bugün komple bir işin teklifinde, devlet tarafından yayımlanan birim fiyatlar, mühendislerce tasarlanan ve projelendirilen işin malzeme ve işçiliğini tarif edip fiyatlandırmakta, ancak bu işi tasarlayan ve projelendiren insanların emeğinden hiç bahsedilmemektedir. Dışa bağımlılıktan kurtulabilmek için, uzun yıllardır pek değeri anlaşılmayan veya ilave harcama gerektireceği için anlaşılmaması istenmeyen araştırma ve geliştirme çalışmaları ile mühendislik projelerine artık önem verilmelidir. Tutarlı ve gerçekçi bir istihdam politikası uygulanarak bu sahada çalışan insanlara sahip çıkılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- 1- Gençoğlu, M.T., Cebeci, M., "Türkiye 'nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi", Türkiye 8.Enerji Kongresi, cilt 2, s.63-73, Ankara, 2000.
- 2- *Türkiye 'deki Barajlar ve Hidroelektrik Santraller*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Daire Başkanlığı, Ankara, 1999.
- 3- Altun, İ.H., "Türkiye 'de Büyük Hidroelektrik Santrallerin Bugünü, Yarını", Türkiye 8.Enerji Kongresi Çağrılı Bildiri, s.239-264, Ankara, 2000.
- 4- Boztepe, M., "Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ülkemiz", *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Bülteni*, sayı 122, s.20-23, İzmir, 2000.
- 5- Hidrolik Enerjinin Geliştirilmesi, *Türkiye 1.Enerji Şurası Alt Komisyon Raporları*, cilt 1, 5.Alt Komisyon Raporu, İstanbul, 1998.
- 6- Günay, T., "Küçük Hidroelektrik Santraller ve Ekonomisi", Türkiye 8.Enerji Kongresi Çağrılı Bildiri, s.265-272, Ankara, 2000.
- 7- Horneman, S., "Hydro Control Experience", *Modern Power Systems*, vol.10 Issue 7 ISSN 0260-7840, p.25-29, Buxton Press Ltd, Buxton, UK, 1990.
- 8- 1998 Enerji İstatistikleri, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, 2000.
- 9- Small Hydropower Systems, <http://solstice.crest.org/renewables/re-kiosk/hydro/index.shtml>
- 10- Türkiye 'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri, Kullanımı ve Geliştirme Olanakları, <http://www.tusiad.org.tr/turkish/rapor/enerji/html/sec7.html#Heading1>