

KONYA'DA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI MALZEME ÜRETİLEBİLİRLİK ARAŞTIRMASI

3. SU (HİDROLİK) ENERJİ

**Bu fizibilite çalışması,
KSO/MEVKA/DFD2011/Hizmet 1 projesi çerçevesinde
Yeryüzü Enerji Sistemleri Ltd. Şti. tarafından hazırlanmıştır.**

ŞUBAT 2012

Katkıda Bulunanlar

**Doç. Dr. Muammer Özgören, Yrd. Doç Dr. Faruk Köse,
Arş. Gör. Muharrem H. Aksoy, Arş. Gör. Eyüp Canlı,
Arş. Gör. Özgür Solmaz, Arş. Gör. Sercan Doğan, Sercan Yağmur.**

İÇİNDEKİLER

ÖZET	4
Kısaltmalar	5
3. SU ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN HİDROELEKTRİK SANTRALLER.....	6
3.1. Hidrolik (Su) ve Hidroelektrik Enerjiye Genel Bakış.....	6
3.1.2. Çevre Açısından Hidroelektrik Enerji ve ÇED Raporu ihtiyacı.....	11
3.2. Dünya Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu	13
3.3. Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu	15
3.3.1. Yeni Teknik ve Ekonomik Potansiyeller.....	18
3.3.2. Türkiye’nin Enerji İhtiyacı ve Hidroelektrik Enerji	20
3.3.3. Türkiye elektrik enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	22
3.3.4. Türkiye’nin Hidroelektrik potansiyelinin kriterler (kıstaslar) kullanılarak yeniden değerlendirilmesi	23
3.3.5. Türkiye’nin Toplam Ekonomik Hidroelektrik Potansiyeli ve Pazar Durumu.....	23
3.4. Konya H.E.S. Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu	27
3.4.1. Konya’da HES Tasarlanan Bazı Barajlar ve Toplam Potansiyel	30
3.5. Hidroelektrik Üretiminde Kullanım Sistemler (Santraller) ve Çeşitleri	34
3.5.1. Hidroelektrik Santral Tesisleri.....	36
3.5.2. Hidroelektrik Santrallerin Yapılış Çeşitleri.....	36
3.5.3. Mikro, mini ve küçük HES sistemleri ve kullanım potansiyeli.....	36
3.5.4. Türkiye’de Küçük HES (KHES)’ler	38
3.5.5. Küçük hidroelektrik santrallerin üstünlükleri.....	38
3.5.6. Depolamalı (Barajlı) HES ler	40
3.5.7. Nehir tipi (Regülâtör) HES ler.....	40
3.5.8. Küçük su türbinlerinin kullanıldığı Dünya’da nehir tipi HES’ler	41
3.5.9. Pompajlı rezervuarlı hidroelektrik santraller	43
3.6. HES Sistemlerinin Üretilmesi ve Üretilen Elektrğin Satılması İle İlgili Mevcut Standartlar, Kanun, Yönetmelik ve Tüzükler	47
3.7. HES Sistemleriyle İlgili Alınan “Patentler”, Yasal Teşvikler ve Diğer Ülkelerden Örnekler	51
3.7.1. Ulusal patent örnekleri	51
3.7.2. Uluslararası patent örnekleri.....	51
3.8. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES (Mikro, Mini ve Küçük) Sistem Elemanları	52
3.8.1. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarının (Parçalarının) İmalat Prosesleri, Konya ve Türkiye’de İmal Edilebilirlik Durumu	62
3.8.2. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarını (Parçalarını) Konya’da Üretebilecek Analizi.....	64
3.9. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanları ve Tasarımı	65
3.9.1. Türbin Tasarımı	65
3.9.2. Suyun yönlendirilmesi için borulama (cebri boru), vana, kapak ve regülasyonu...66	

3.9.3. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarının (Parçalarının) Konya ve Türkiye’de İmal Edilebilirlik Durumu	70
3.9.4. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarını (Parçalarını) Konya’da Üretebilecek Firma Bilgi ve Kapasiteleri	72
3.9.5. Konya Sanayisinde Üretilebilirlik Analizi	73
3.10. HES Sistemleri Test Onayları İle İlgili Mevzuat, Uluslararası Standartlar, Test İmkânları Sistem ve Parça İçin Değerlendirme.....	74
3.10.1. Hidrolik (Su) türbinlerinin son yıllar uluslararası pazar durumu	79
3.11. HES Enerji Sistemleri Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar	80
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	82

ÖZET

“Konya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Malzeme Üretilebilirlik Araştırması” projesinin 3. bölümü olarak değerlendirilen “Su Enerjisi (Hidrolik Enerji)” bölümünde, hidrolik (hidroelektrik) enerji ve bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılan su türbinlerinden bahsedilmiştir. Dünya (brüt 40,15 milyon GWh, teknik-ekonomik 8,9 milyon GWh), Türkiye (Brüt 0,43 milyon GWh, teknik-ekonomik 0,125 milyon GWh) ve Konya hidroelektrik enerji potansiyelleri ve mevcut kullanım düzeyleri (hazır ve planlanmış 3,062 bin GWh) ele alınmıştır. Konya bölgesi hidroelektrik enerjisi potansiyeli mevcut ve planlanan yaklaşık 950 MW gücün haricinde, yarısına yakın miktarda hidrolik güç, tarımsal sulama barajları ve küçük akarsulardan elde edilebilecektir. Ayrıca, hidroelektrik enerji ve dönüşüm sistemleri ile ilgili kanun, tüzük, yönetmelik ve mevzuatlar ile bu sistemler için Dünya ve Türkiye’de alınmış patentlerden örnekler verilmiştir. Konu ile ilgili kanun, tüzük ve yönetmeliklerin kapsam ve özellikleri verilerek listelenmiştir.

Küçük, orta ve büyük hidroelektrik enerji dönüşüm sistemlerinden olan su türbinlerinin en yaygın ve yerel olarak en ekonomik üretilebilir olanları Pelton, Francis, Kaplan, Boru ve Banki türbini tiplerinden örnekler verilmiştir.

Bu sistemlerin genel ana parçalarının imalat aşamaları ele alınarak bunların Konya’da üretilebilirliği üzerinde durulmuştur. Kullanılan türbinleri ve aksamlarını Konya’da imal edebilecek bazı firmalar ile görüşülerek, değerlendirmeler yapılmıştır. Son olarak da hidroelektrik enerji ile Dünya, Türkiye ve Konya için gelecek yıllara ait hedefler ve projeksiyonlar sunulmuştur.

Kısaltmalar

AB	:Avrupa Birliği
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
AC	Alternatif Akım
AG	:Alçak Gerilim (1000 V ve altı)
ÇED	:Çevresel Etki Değerlendirmesi
DC	:Doğru Akım
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
HES	:Hidroelektrik Santral
KHES	:Küçük Hidroelektrik Santral
IEA	:International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
kW	:Kilovat
MW	:Megavat
MWe	:Megavat Elektrik Gücü
MWm	:Megavat Mekanik Güç
TEİAŞ	:Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TM	:Trafo Merkezi
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YG	:Yüksek Gerilim (1000 V üzeri)
GW	:Gigavat

3. SU ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN HİDROELEKTRİK SANTRALLER

3.1. Hidrolik (Su) ve Hidroelektrik Enerjiye Genel Bakış

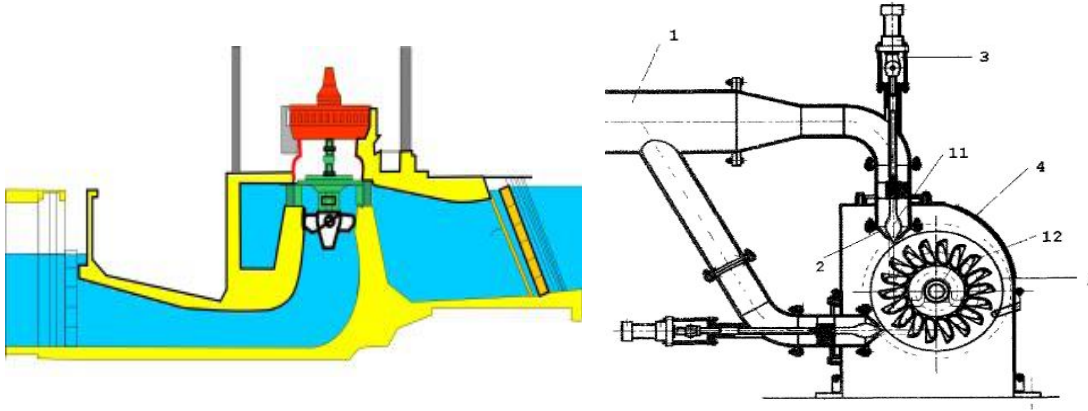
Hidrolik enerji suyun basınç ve hız etkisinden faydalanarak su türbinleri vasıtasıyla mekanik enerji elde edilmesidir. Hidrolik enerji tarih öncesi devirlerden bu yana insanlar tarafından su çarkları ve su değirmenlerinde kullanılmıştır. Günümüzde su türbinleri geliştirilerek, günümüzde modern su türbinleri ile suyun hidrolik gücü daha yüksek bir verimle mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Hidrolik enerji yeryüzü şekillerine ve akarsu debilerine bağlı yenilenebilir bir enerji türü olduğu için her yıl yenilenmektedir. Dağlık kesimlerde akarsuların debileri az, düşüleri büyük olduğundan bu bölgelerde suyun hız enerjisinden faydalanılan aksiyon (impuls, etki) türbinleri olan Pelton türbinleri kullanılır. Orta debi ve düşülerde reaksiyon (tepki) türbini olan Francis ve Deriaz türbinleri, büyük debi ve küçük düşü olan yerlerde ise eksenel akışlı reaksiyon türbinleri olan Uskur çark ve Kaplan türbinleri kullanılır (Köse, 2002).

Ülkemiz için hidroelektrik temiz, yenilenebilir enerji seçeneklerinin en önemlisi olarak kabul edilmektedir. Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan Sekizinci Beş yıllık Kalkınma Planı’nda “Doğanın korunması amacı dikkate alınarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve tüketimde daha büyük oranlarda yer alması için tedbirler alınacaktır. Böylece yerli fosil kaynakların yanına yenilenebilir enerji kaynakları da katılarak ülke enerji potansiyelinin en üst derecede kullanıma sokulması sağlanacaktır.” ilkesi yer almıştır (Anonim, 2010). Yenilenebilir enerji kaynaklarımızın en önemlilerinden olan hidroelektrik enerji kaynakları da bu kapsamda öncelikli olarak geliştirilmesi gereken kaynaklar arasında bulunmaktadır.

Hidroelektrik, yüzyıldan fazla bir deneyime sahip, kanıtlanmış ve gelişmiş bir teknolojiye sahiptir. Bugünkü santraller %80-95 dolayında oldukça yüksek bir verimle çalışmaktadır. Bu aynı zamanda önemli bir çevresel faydadır. En gelişmiş fosil kaynaklı santrallerin verimi %60, güneş enerjisinden elektrık üreten PV panellerinin ise %18 dolayındadır. Hidroelektrik diğer büyük ölçekli enerji üretim sistemi seçenekleriyle kıyaslandığında, en düşük işletme maliyetine ve en uzun işletme ömrüne sahiptir (Anonim, 2010).

Hidroelektrik santrallerin (HES) kısa sürede devreye alınabilmeleri, ani elektrik enerjisi taleplerinin anında karşılanabilmesi açısından önemli bir avantaj ve stratejik yarar sağlamaktadır. Özellikle depolamalı HES'ler en fazla 3-5 dakika içerisinde devreye alınabilmekte ve devreden çıkarılabilmektedir. Enerjiye ihtiyaç olmadığı zamanlarda, kaynak kullanarak üretime devam etme dezavantajını da ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, pik enerji talebinin hidroelektrik santrallerce karşılanması, optimum kurulu güç ile enerji talebinin karşılanmasına imkan sağlayacaktır.

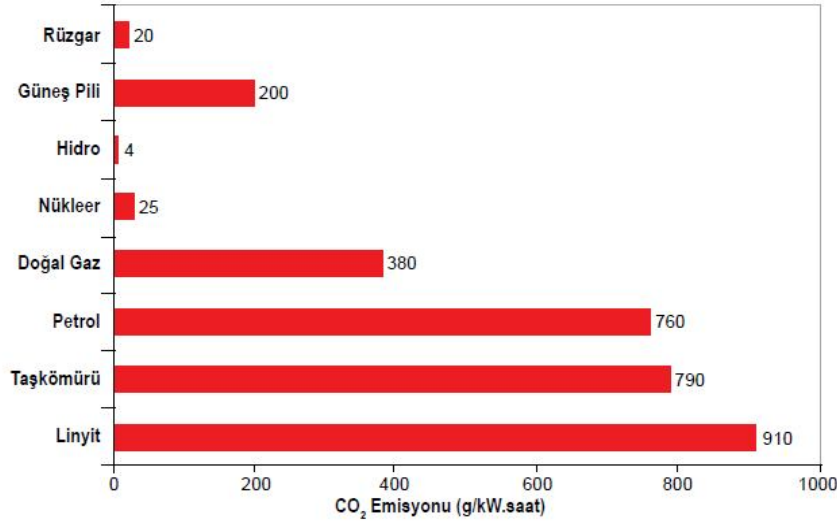


Şekil 3.1. Hidroelektrik santrallerde kullanılan Kaplan ve Pelton türbini sistemleri

Depolamalı Hidroelektrik santraller kullandıkları suyu biriktirerek suyun diğer amaçlar için (tarım, içme suyu vb.) kullanılabilirliğini artırır. Suyun akışını düzenleyerek taşkın zararlarını önler veya azaltır. Suyun enerji üretimi yanında diğer kullanımlar için de kullanılacak şekilde depolanabilmesi ve işletilebilmesi, suyun artan ve gelecekte daha da artacak olan önemi göz önüne alındığında; bu projelerin önemini daha da artıracaktır. Küresel ısınma, gelecekte düzensiz ve az yağış olacağını öngörmektedir. Suyun kullanım dönemi taleplerini de karşılayabilecek şekilde depolanabilmesi imkânını yaratması, enerji faydasına ek olarak proje rantabilitesini artıracaktır. Son yıllarda gündemde olan küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının enerji kaynaklarına göre salınımının değişimi Şekil 3.2'de gösterilmiştir (anonymous, 1998).

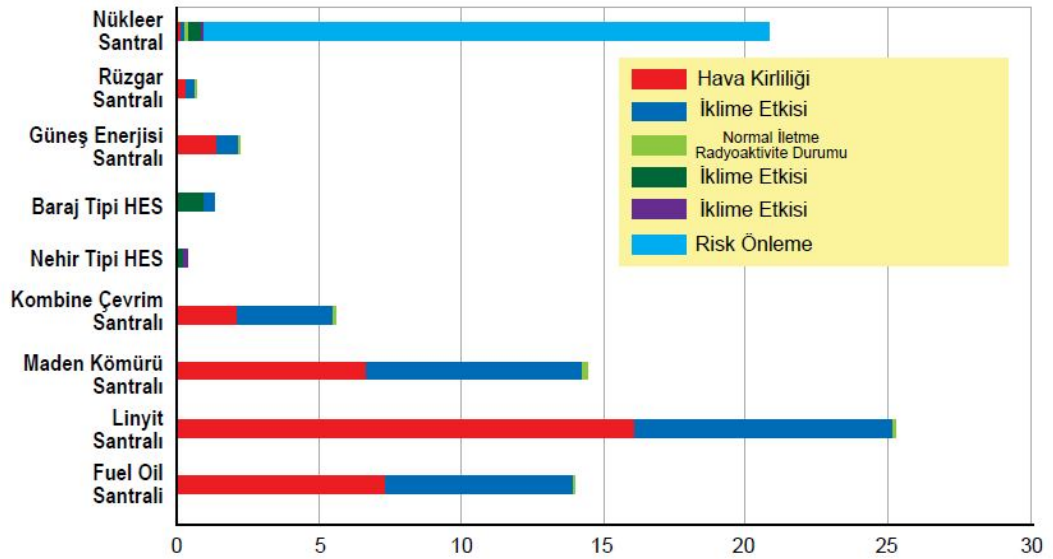
Şekil 3.2'ye göre hidrolik enerji 4 gr/kWh ile en düşük emisyon salınımına sahiptir. Bu değer enerjinin üretilmesi sırasında olmayıp, enerji sistem parçalarının imalatı aşamasında oluşmaktadır. Bundan dolayı ekolojik dengenin bozulması ve küresel ısınmanın durdurulması için hidroelektrik enerji kaynaklarının maksimum seviyede kullanılması gerekmektedir. Enerji santrallerinin hava kirlenmesine, iklime etkileri, radyoaktivite durumu ve risk önleme

etkileri Şekil 3.3'deki grafikte verilmiştir. Bilhassa nehir tipi HES'lerin çevreye ve iklime etkileri minimum, hava kirliliğine etkileri ise sıfır seviyesindedir.



Şekil 3.2. Enerji kaynaklarının meydana getirdiği karbondioksit emisyon miktarları

Hidroelektrik projeler, kendi ekonomikliklerine ilaveten, toplam elektrik üretim sektörünün daha düşük maliyet ile arzı karşılayacak kurulu güç kurulmasına imkan sağlarlar. Enerji Bakanlığı tarafından 2010–2014 yıllarını kapsayan Stratejik Plan hazırlanmış olup, bu plan çerçevesinde, yapımına başlanan yaklaşık 5.000 MW'lık hidroelektrik santrallerin 2013 yılı sonuna kadar tamamlanması sağlanacaktır (Anonim, 2010).



Şekil 3.3. Enerji santrallerinin çevresel bütün tesirlerinin birlikte gösterimi (Kaynak: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband)

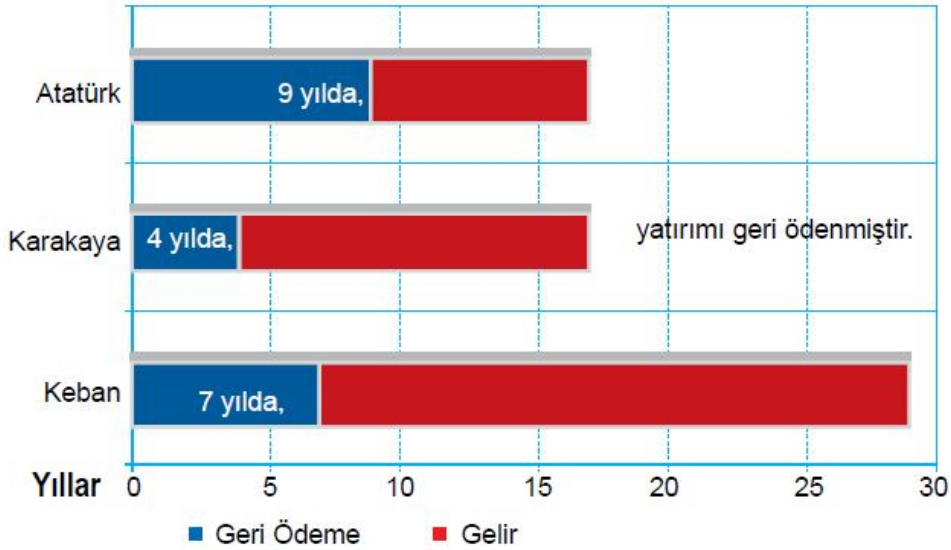
Dünyada 24 ülkede toplam ulusal elektrik üretiminin %90'ının ve 63 ülkede %50'sinin hidroelektrik santrallerden elde ediliyor olması bu yapıların enerji temininde önemini göstermektedir (World Commission on Dams Report, 2010). Hidroelektrik enerji, şebekelerin stabilitesinde hayati rol oynar. Şebekede sık sık görülebilecek olan yük değişiklikleri ve frekans değişikliklerine anında müdahale ederek şebekenin işleyişini düzenleyerek, tüketicilerin elektriksiz kalmalarını ve elektrikli cihazların bozulmalarını önler. Şebekedeki reaktif gücü kontrol eder ve böylece elektriğin üretim noktasından tüketim noktasına düzgün akışını sağlar. Hiçbir yabancı güç kaynağına ihtiyaç duymadan, sıfırdan üretime geçebilir ve böylece başlaması uzun zaman alan diğer enerji kaynaklarına yardımcı güç sağlayarak onların üretime geçmelerini sağlar.

Hidroelektrik enerji;

- Ekonomik ömrü uzun,
- Dünya genelinde yaygın (kolay temin edilebilirlik),
- Çevre dostu,
- İşletme ve bakım gideri düşük,
- Yakıt gideri olmayan,
- Geri ödeme süresi kısa (5–10 yıl),
- Yüksek verimli (% 90'ın üzerinde),
- İşletmede esneklik ve kolaylık sağlayarak pik talepleri karşılayabilen,
- Yöre halkına ekonomik ve sosyal katkılar sağlayan,
- Devreye alınma süresi kısa olması,
- Dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

Barajların ekonomik olmadığı ve hidroelektrik santrallerin pahalı olduğu yönünde bazı görüşler ileri sürülmektedir. Doğal gaz santralleri için ilk yatırım maliyeti yaklaşık olarak 800 \$/kW civarındadır. Kömür santralleri ve hidroelektrik santraller için bu değer 1500 \$/kW mertebesindedir. İlk yatırım maliyetleri açısından doğal gaz santralleri çok cazip görülmektedir. Ancak uzun süreli işletme maliyetleri göz önüne alındığında hidroelektrik enerji bu diğer alternatiflere göre çok daha avantajlı olmaktadır. Bugünkü piyasa fiyatlarıyla

bakıldığında geri ödeme süreleri daha da kısadır. Şekil 3.4 incelendiğinde Türkiye'nin en büyük üç barajının geri ödeme sürelerinin hafriyat, su tutma hacmi ve dolgu büyüklüklerine göre 4 ila 9 yıl arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.4. Türkiye'nin en büyük bazı HES Projelerinin Geri Ödeme Süresi

Barajlara yöneltilen bir diğer eleştiri ise ömürlerinin çok kısa olduğu, ekonomik ömür olarak kabul edilen 50 senenin çok uzun tutulduğu, gerçekte ise ömürlerinin çok daha kısa olduğu ve bu sebeple diğer alternatiflere karşı enerji maliyetlerinin düşük gösterildiğidir. Enerji üretmek için planlanan barajların rantabilite hesabı yapılırken barajın ekonomik ömrü pratik sebeplerden dolayı 50 yıl alınır. Zira fayda-masraf karşılaştırmasının bugüne taşınmış fiyatlar (bugün ki net değer - net present value) ile yapılması gerekir. Bu hesapta alınan %8-%10 gibi makul sosyal iskonto oranları (discount rate) sebebiyle, HES'in 60-70 yıl sonra üreteceği elektrik enerjisinin geliri bugüne taşındığında ihmal edilebilecek bir rakama tekabül eder. Barajların ekonomik ömrünün 50 sene alınmasının yegâne sebebi budur. Bu sadece rantabilite hesabı için geçerli olan bir kabul olup barajın fizikî ömrüyle bir alâkası yoktur. Aslında barajların tabii ömrü 100 yıldan fazladır. Tabiatıyla her baraj kendine özgü bir projedir. Nispeten küçük bazı barajların tabii ömrü, dünya barajlarının göl hacimleri siltlenme sonucu oluşan tortuların birikmesi her yıl %0,5-1 arasında azalıyor. gibi sebeplerle, 50-60 yıl gibi bir süreyle sınırlı olabilir. Diğer taraftan, Fırat üzerinde 1974 yılında işletmeye açılan Keban Barajı'nın rezervuar hacmi çok büyüktür. Bu rezervuarın Su Alma Yapısı eşiğine kadar çöküntü ve tortularla dolması 625 yıl alacaktır (Kocaman, 2003).

3.1.2. Çevre Açısından Hidroelektrik Enerji ve ÇED Raporu ihtiyacı

Hidroelektrik santraller diğer enerji alternatifleri ile karşılaştırıldıklarında en çevreci seçeneklerden biridir. Türkiye özellikle Küçük kapasiteli HES'ler açısından önemli bir potansiyele sahiptir. AB ülkelerinde HES tesislerine yönelik bazı çevresel eleştiriler getirilmektedir. Bu konuların başlıcaları görsel kirlilik, balıkçılığa etkileri, su paylaşımı ve diğer alanlardaki su ihtiyacı olarak sayılabilir. Ülkemiz açısından ise temel problem olarak suyun başta sulama olmak üzere diğer maksatlı kullanımları ile ilgili problemlerdir. Bazı çevrelerce öne sürülen havzanın tabii dengesinin, nem dengesinin ve yağış rejiminin bozulacağı iddiaları gerçek dışıdır. Zira havzadaki yağış ve nemin kaynağı dereler değildir. Örneğin ülkemizde Doğu Karadeniz Havzası'nda yıllık yağış miktarı çok yüksek olup 2.500 mm'ye kadar çıkmaktadır. Yılın neredeyse yarısı yağışlı olarak geçmektedir. Dolayısıyla yağışlar sebebiyle yüksek akıma sahip dereler, çok gür, sık, sağlıklı ormanlar ve bitki örtüsü meydana gelmekte, nem ve buna bağlı olarak havzaya özgü hidrometeorolojik özellikler ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) raporu olmayan baraj yapımı mümkün değildir. ÇED, belirli bir proje veya gelişmenin, çevre üzerindeki önemli etkilerinin belirlendiği bir süreçtir. Bu süreç, kendi başına bir karar verme süreci olmayıp, karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreçtir. ÇED'in temel işlevi karar vericilerin daha sağlıklı karar vermelerini sağlamak için, onlara, projelerin çevresel etkilerini göstermektir. ÇED'in projeye sağladığı en önemli katkılarında biri, ilgili taraflar ile halkın görüşlerinin ve kaygılarının dikkate alınabilmesi için sürece katılımların sağlanmasıdır. Gerekli şartlara haiz olmayan projeler için olumlu ÇED kararı verilmesi mümkün değildir. Daha önce kurulu gücü 10 MW'ın altında olan projeler ÇED sürecinden muaf tutulmuşken, 17 Temmuz 2008 tarihli yeni ÇED yönetmeliği ile bütün HES projeleri ÇED sürecine alınmıştır. Bu durum, çevreye verilecek olumsuz etkilerin asgari düzeyde tutulması açısından büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde çevre koruma, enerji ve kalkınmayı aynı anda sağlamak için hem mevzuat hem de altyapı yatırımlarında önemli çalışmalara imza atılmıştır. Türkiye, sürdürülebilir kalkınma ve sürekli enerji ihtiyacını çevre koruma ilkeleri ile uzlaştıran çağdaş yaklaşımlarla yerli kaynaklara ağırlık verilmektedir. Bu çerçevede, Çevre Kanunu, Enerji Verimliliği

Kanunu, Yenilenebilir Enerji Kanunu ve alt mevzuatları yürürlüğe girmiştir. Bu konudaki bir diğer önemli adım ise 26 Haziran 2003 tarihinde yürürlüğe konulan “**Su Kullanım Hakkı Anlaşması (SKHA) Yönetmeliği**’dir. Bu yönetmelik ile; elektrik enerjisi kırsal kesimlere daha kolay ve kesintisiz ulaştırılmakta, sanayi canlanmakta ve istihdam artmakta, yerinde üretimle hat kayıplarının en aza indirilmesine katkı sağlanmaktadır.

Enerji piyasasında ticareti yapılan emisyon kredilerine uluslar arası pazarda “Voluntary Emission Reduction Units (VER)” adı verilmektedir. Faaliyetleri çerçevesinde oluşturdukları sera gazlarını dengelemek isteyen firmalar emisyon miktarlarını hesaplayarak bu emisyonlarını azaltmak ve dengelemek için emisyon azaltımı sağlayan projelerin üretmiş oldukları karbon kredilerini sosyal sorumluluk prensibi çerçevesinde satın almaktadırlar. Türkiye’de gerçekleştirilen enerji projelerin tamamı Gönüllü Karbon Piyasasında işlem görmektedir.

Türk özel sektörü proje hazırlamada “yaparak öğrenme” yolunu seçmiş ve günümüzde bu konumunu uluslararası arenada da sürdürebilecek bir aşamaya getirmiştir. Projelerin çoğunluğu hidroelektrik, rüzgar ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji alanında olup, atıktan enerji üretimi ve biyokütle alanında projeler de mevcuttur. Şubat 2011 tarihli verilere göre Türkiye’de toplam 151 proje geliştirilmiş olup, bunların 84’ü hidroelektrik, 55’i rüzgâr, 4’ü jeotermal, 7’si atıktan enerji üretimi ve 1 tanesi de biyokütle enerjisi projeleridir (Çizelge 3.1).

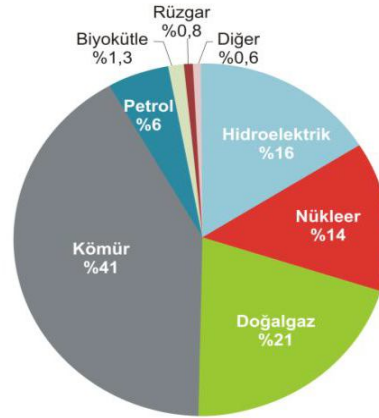
Çizelge 3.1. Türkiye’de gönüllü karbon piyasalarında geliştirilen projeler (Gold Standart, VCS, VER+ Şubat 2011)

	Proje Sayısı	Toplam Kurulu Güç (MW)	Yıllık Sera Gazı Azaltımı (ton CO ₂ eşdeğeri)
Hidroelektrik	84	1.195,9	3.112.155
Rüzgar	55	2.389,3	5.173.979
Çöp Gazı	7	63,2	2.209.559
Jeotermal	4	64,0	240.907
Biyokütle	1	3,6	75.000
TOPLAM	151	3.176,0	10.811.600

3.2. Dünya Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu

Dünyadaki teorik, teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli konusunda bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar toplam hidroelektrik enerji potansiyelinin yaklaşık 35.000 TWh/yıl olduğunu ortaya koymaktadır. Bu potansiyelin 14.37 TWh/yıl'lık bölümü teknik potansiyel, 8.082 TWh/yıllık bölümü teknik ve ekonomik olarak yapılabilir potansiyel olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2010). Dünya hidroelektrik enerji potansiyelinin yaklaşık yarısı Asya Kıtası'nda bulunmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika hidrolik enerji potansiyellerinin büyük bölümünü 20. yüzyılda geliştirmiş ve kullanmaktadırlar. Asya'da geliştirilen hidrolik enerji potansiyeli Çin sayesinde toplam kurulu güç bakımından Avrupa ve Kuzey Amerika'yı bugün itibariyle geçmiş durumdadır. Asya, Güney Amerika ve Afrika hala büyük oranda geliştirilmemiş hidrolik enerji potansiyeline sahiptir.

Dünya enerji üretiminin %16'sı hidroelektrik enerjiden üretilirken, en büyük paya %41 ile kömür sahiptir. Bunu %21 ile doğal gaz takip ederken, nükleer %14, petrol %6, biyokütle %1,3, rüzgar %0,8 ve diğerleri %0,8 paya sahiptir (Şekil 3.5) (Anonim, 2010). Dolayısıyla hidroelektrik dünya enerji ihtiyacını karşılamada 3. büyük paya sahip olarak önem arz etmektedir.



Şekil 3.5. Dünyada enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Aşağıdaki Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere Avrupa ve Kuzey Amerika hidrolik enerji potansiyellerinin %60'ından fazlasını geliştirmiştir. Buna karşın; Asya, Afrika ve Güney

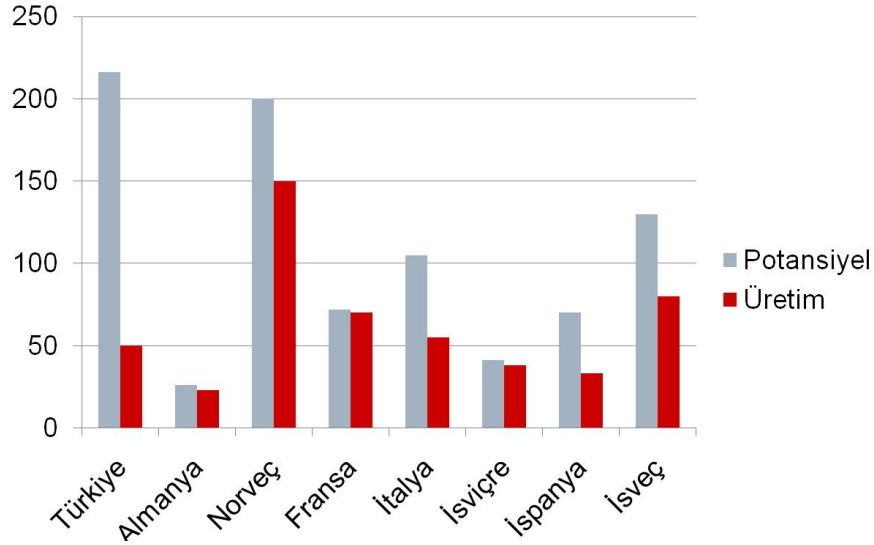
Amerika mevcut kullanılmaya hazır potansiyellerinin küçük bir bölümünü kullanmaktadır. Örneğin; Afrika kullanılabilir hidrolik enerji potansiyelinin ancak %7'sini geliştirebilmiştir.

Dünyadaki hidrolik enerji potansiyellerinin kıtalara göre gelişme oranları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Dünya hidroelektrik enerjisi potansiyeli

Kıta, Ülke / Tanımlama	Teorik Potansiyel (GWh)	Teknik Potansiyel (GWh)	Teknik ve Ekonomik Potansiyel (GWh)
Afrika	4.000.000	1.665.000	1.000.000
Asya	19.000.000	6.800.000	3.600.000
Avustralya/Okyanusya	600.000	270.000	105.000
Avrupa	3.150.000	1.225.000	800.000
Kuzey ve Orta Amerika	6.000.000	1.500.000	1.100.000
Güney Amerika	7.400.000	2.600.000	2.300.000
Dünya Toplamı	40.150.000	14.060.000	8.905.000
Türkiye	433.000	216.000	160.000

Dünya'da 11 bin santral ve 27 bin türbin ve jeneratör ile toplam 150 ülkede hidroelektrik enerji kullanılmaktadır. Dünyadaki toplam hidrolik kurulu gücünün 850 GW ile 960 GW arasında değiştiği tahmin edilmektedir. Avrupa yaklaşık 260 GW'lık hidrolik kurulu güç ile dünyada birinci sıradadır. Dünyanın bu toplam kurulu güç tahminleri içerisinde, toplam kurulu gücü 120 GW ile 150 GW arasında olduğu tahmin edilen pompaj depolamalı hidroelektrik santraller dâhil değildir. Türkiye hidroelektrik potansiyeli dünya potansiyeli içinde % 1, Avrupa potansiyeli içinde de % 15'lik paya sahiptir (Norveç ve Rusya'dan sonra en büyük 3. potansiyel) (Şekil 3.6). 2010 yılı sonu itibarıyla, büyük çoğunluğu hidroelektrik olmak üzere Türkiye, elektriğinin % 26,4'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından üretmektedir.



Şekil 3.6. Avrupa’da hidroelektrik potansiyeli büyük ülkelerin fiili üretimleri (TWh/yıl)

3.3. Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu

Türkiye’nin brüt hidrolik potansiyeli 430 milyar kWh/yıl, teknik potansiyeli 215 milyar kWh/yıl ve ekonomik olarak kullanılabilir hidrolik potansiyeli de 125 milyar kWh/yıl olarak verilmektedir. İşletmeye açılan 125 adet hidroelektrik santralin (HES) kurulu güç kapasitesi 11.600 MW, yıllık ortalama enerji üretim potansiyeli ise 42 milyar kWh’tir. Buna göre, ülkemizdeki teknik ve ekonomik değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelin ancak %34’ünün geliştirildiğini göstermektedir.

TEİAŞ tarafından hazırlanan Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonunda (2009–2018) yer alan Yüksek Talep Senaryosuna göre ülkemizdeki kurulu güç kapasitesinin, 2010 yılında 45.011 MW’a, 2018 yılında ise 56.382 MW’a çıkartılması öngörülmüştür. Aynı dönemde, hidroelektrik kurulu güç kapasitesinin ise, 2010 yılında 14.886 MW’a, 2018 yılında ise 21.077 MW’a çıkartılması öngörülmüştür (Anonim, 2009). Bu da, her yıl ortalama 750 MW’lık bir hidrolik kurulu güç kapasitesinin, mevcut sisteme ilavesini gerektirmektedir.

Türkiye’nin 2010 yılı sonundaki toplam üretim ve otoprodüktör lisanslarının enerji türlerine göre dağılımı Çizelge 3.3’de verilmiş olup toplam içinde en büyük kurulu güç 27.956 MW ile HES, ikinci 18.844 MW ile kömür, üçüncü 16.486 MW ile doğal gaz ve dördüncü 3.500 MW ile RES oluşturmaktadır (Anonim, 2011). Böylece diğer bütün lisanslarla birlikte toplam lisans sayısı 984 e, kurulu güç de 67.869 MW’a ulaşmıştır.

Çizelge 3.3. 2010 yılı ve toplam üretim ve otoproduktör lisanslarının enerji türlerine göre dağılımı

Tesis Türü	2010 Yılı Verilen		Toplam	
	Adet	Kurulu Güç, MW	Adet	Kurulu Güç, MW
HES	94	1.944	736	27.956
Kömür	1	100	36	18.844
Doğalgaz	7	420	78	16.486
RES	6	220	91	3.500
Diğer	0	-	14	510
Mobil	-	-	2	263
JES	4	63	11	227
Çöp Gazı	-	-	4	39
Biyokütle	3	15	4	20
Biyogaz	4	7	7	13
Fuel Oil	-	-	1	11
Toplam	119	2.769	984	67.869

Türkiye’nin hidroelektrik enerji projelerinin 2010 yılı başı itibariyle gelişme durumu, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’te verilmektedir. DSİ verilerine göre kurulu güç olarak ülkemizin hidroelektrik potansiyelinin yaklaşık %35’i kullanılırken %14’ü inşaat aşamasındadır. Kalan %51’lik bölüm ise değerlendirmeyi beklemektedir. Çizelge 3.4’te Hidroelektrik Santrallerin 2010 sonundaki işletmede, inşa halinde ve gelişmekte olan projeler DSİ ve diğerleri şeklinde 45.000 MW olarak verilmiştir (Anonim, 2010). Bu değerler çizelge 3.5’te Ekim 2011 itibarıyla DSİ, diğer ve özel sektör olarak toplam yeni geliştirilen HES’ler 29.460 MW olup toplam kullanılacak potansiyel 46.500 MW’a çıkmaktadır. Dolayısıyla Türkiye çapında inşaatı devam edenler harici 17.894 MW HES önümüzdeki yıllarda kurulacaktır. Bu da büyük bir potansiyel ve pazar oluşturmaktadır.

Çizelge 3.4. Ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik santral projelerinin durumu

Ekonomik olarak yapılabilir HES Projelerinin Durumu	HES Sayısı	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	172	13700	48.000	35
İnşa Halinde	148	8.600	20.000	14
İnşaatına Henüz Başlanmayan	1.418	22.700	72.000	51
Toplam Potansiyel	1.738	45.000	140.000	100

Kaynak: DSİ Genel Müdürlüğü, 2010

Çizelge 3.5. Hidroelektrik santrallerin mevcut durumu (Ekim 2011)

İŞLETMEDEKİLER	17 040 MW (%37)
DSİ	11 020 MW
4628* den Önce Diğer Kurumlar	2 310 MW
4628* den Sonra Özel Sektör	3 710 MW
DİĞER	29 460 MW (%63)
DSİ Yatırım Programında inşaatı devam eden ve planlanan	3 566 MW
4628 kapsamında inşaatı devam eden	8 000 MW
4628 kapsamında işlemleri devam eden	17 894 MW
GELİŞTİRİLEN TOPLAM	46 500 MW

*20.02.2001 tarihinde yürürlüğe giren “Elektrik Piyasası Kanunu”

Türkiye elektrik enerjisi üretiminin gelişimi 2001-2010 arası birincil enerji türlerine göre “kurulu güç, üretim ve toplamın %” değerleri TEİAŞ (2011) tarafından verilmiştir (Çizelge 3.6). Son 10 yılda toplam kurulu güç 28.332,4 MW tan 49.524,1 MW’a % 62,1’lik artışla ulaşmıştır. En büyük artış 2002 de %12,4 lük bir değerle sağlanmıştır.

Çizelge 3.6. Türkiye’nin 2001-2010 arası yakıt cinslerine göre “kurulu güç (MW), toplam ve % artış” değerleri, (* 2006-2007’de rüzgar ve jeotermal birlikte verilmiştir) (Anonim, 2011)

YILLAR	TERMİK	HİDROLİK	JEOTERMAL	RÜZGAR	TOPLAM	ARTIŞ, %
2001	16623.1	11672.9	17.5	18.9	28332.4	3.9
2002	19568.5	12240.9	17.5	18.9	31845.8	12.4
2003	22974.4	12578.7	15.0	18.9	35587.0	11.7
2004	24144.7	12645.4	15.0	18.9	36824.0	3.5
2005	25902.3	12906.1	15.0	20.1	38843.5	5.5
2006	27420.2	13062.7	-	81.9*	40564.8	4.4
2007	27271.6	13394.9	-	169.2*	40835.7	0.7
2008	27595.0	13828.7	29.8	363.7	41817.2	2.4
2009	29339.1	14553.3	77.2	791.6	44761.2	7.0
2010	32278.5	15831.2	94.2	1320.2	49524.1	10.6

Ülkemiz hızlı bir sosyal ve ekonomik gelişim göstermektedir. Bu gelişmeye paralel olarak ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini; öncelikle yerli enerji kaynaklarından elde etmek

üzere projeler geliştirmeli ve gerekli yatırımlar yapılmalıdır. Kesintisiz, kaliteli, güvenilir ve ekonomik enerji elde etmek üzere hazırlanan projelerin; çevreye olumsuz etkilerinin en az olmasına dikkat edilmelidir.

Elektrik enerjisi üretiminde; fosil ve nükleer yakıtlı termik ve doğalgazlı santraller yanında hidroelektrik santrallerin yenilenebilir ve puant çalışma gibi iki önemli özelliği mevcuttur. Ülkemiz 2010 yılında enerji ihtiyacının yaklaşık %75'ini petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan karşılanmıştır. Tüketilen petrolün % 92'si, doğal gazın ise %99'u ithal edilmektedir. Bu miktar ülkemiz toplam ithalatının % 22'sine karşılık gelmektedir.

- 30 milyar \$ (2010 yılı tahmini enerji hammaddeleri ithalat tutarı)
- 35 milyar \$ (2011 yılı tahmini)

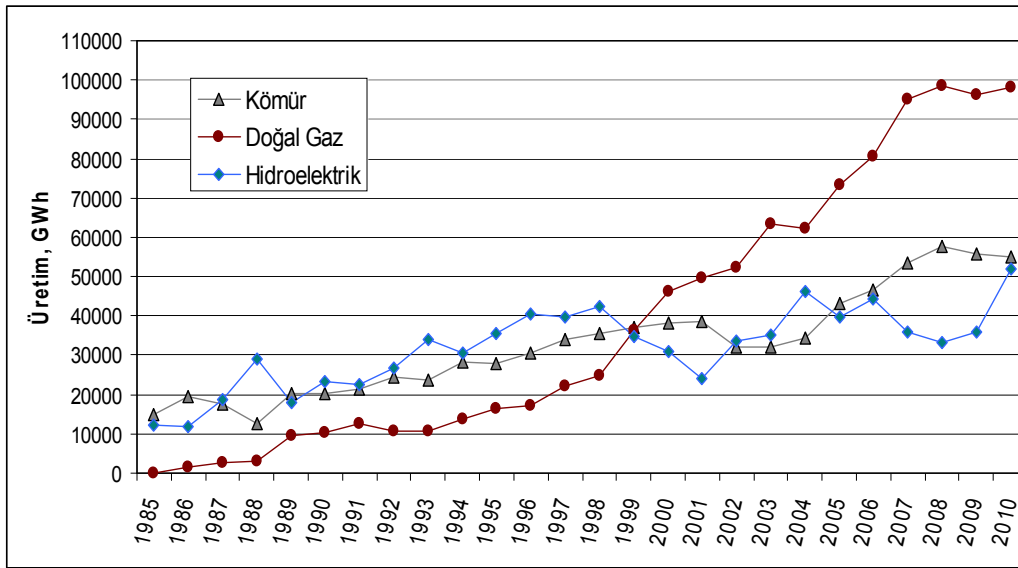
3.3.1. Yeni Teknik ve Ekonomik Potansiyeller

Ülkemizin 26 adet nehir havzasında yapılan hesaplamalarda net teknik potansiyelin üst sınırının 190 milyar kWh/yıl olacağı tahmin edilmektedir. Ancak, Türkiye'nin 190 milyar kWh/yıl olarak hesaplanan net teknik potansiyelinin içinden, ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik tesislerde üretilen yıllık elektrik üretimi miktarında farklılıklar bulunmaktadır.

Türkiye'de değerlendirilmesi gereken bir diğer önemli husus da kurulu gücü 10 MW'tan küçük HES potansiyelinin bugüne kadar kesin olarak hesaplanmamış olmasıdır. 130 milyar kWh/yıllık ekonomik olarak geliştirilebilir HES potansiyeli dışında özel sektörün 4.628 sayılı yasa kapsamında müracaat ettiği, çok büyük bir bölümü nehir ve kanal santrali olan 1.095 adet HES projesi bulunmaktadır. Toplam 14.000 MW kurulu güç kapasitesinde ve yılda yaklaşık 39 milyar kWh enerji üretebileceği tahmin edilen bu projelerin üretimi ile birlikte Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik potansiyelinin 170 milyar kWh/yıl'a ulaşabilecektir (Özkaldı, 2011). Ekonomik kriterlere göre yapılacak değişiklikler ile hidrolik potansiyelimizi de 125 milyar kWh'dan 196 milyar kWh'a yükseltmek mümkün görülmektedir.

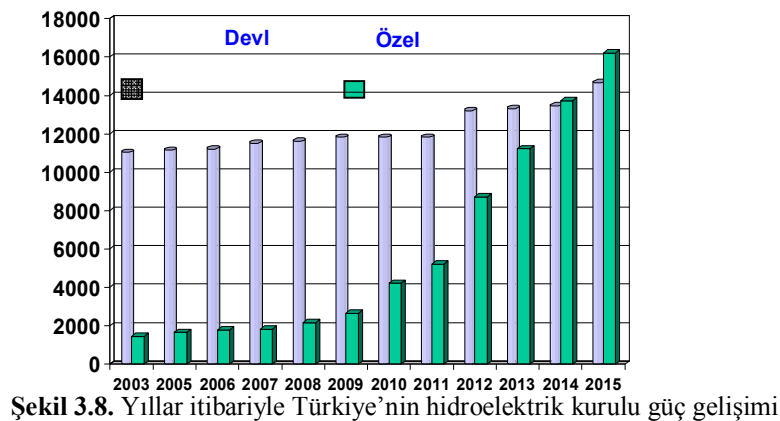
Yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları planlı bir şekilde ve hızla geliştirilmezse doğalgazla enerji üretimin aşağıdaki Şekil 3.7'deki grafikte görülen artış eğilimi ile bu kaynağa bağımlılık yakın bir gelecekte % 60-65 oranına ulaşacaktır. Hidroelektrik kurulu gücü ve hidroelektrik enerji üretimi arasındaki ilişki incelendiğinde (Şekil 3.8) kurulu güç

tedrici ve sürekli olarak artarken hidroelektrik enerji üretiminde belirtili dönemlerde önemli düşüşler görülmektedir. Bu düşüşlerin büyük bir bölümünün yağışlardaki azalmaya bağlı olduğu söylenebilir. Kömürden elektrik üretimi uzun yıllar hidroelektriğin altında olmasına rağmen 2005-2009 arasında daha yüksek seviyededir. Doğal gaz kurulu gücünün hızlı bir artışa geçtiği 1999 yılından bu yana, hidrolik kurulu güç artmasına rağmen hidroelektrik enerji üretiminde çarpıcı bir üretim düşüğü ortaya çıkmıştır. Bunda kısmen yaşanan kurak periyodun da etkisi olmasına rağmen ana sebebin “yapılan doğal gaz anlaşmaları nedeniyle üretimde doğal gaz santrallerine verilen öncelik olduğu” görüşü ağırlık kazanmıştır.



Şekil 3.7. Doğal gaz, kömür ve hidroelektrikten yıllık elektrik enerjisi üretimi (TEİAŞ, 2011)

Türkiye’de 2003-2015 arası devlet ve özel sektör hidroelektrik kurulu güç gelişimi Şekil 3.8’de gösterilmiştir. 2014 yılından itibaren toplam kurulu güç olarak özel sektörün devlet’i geçeceği görülmektedir.

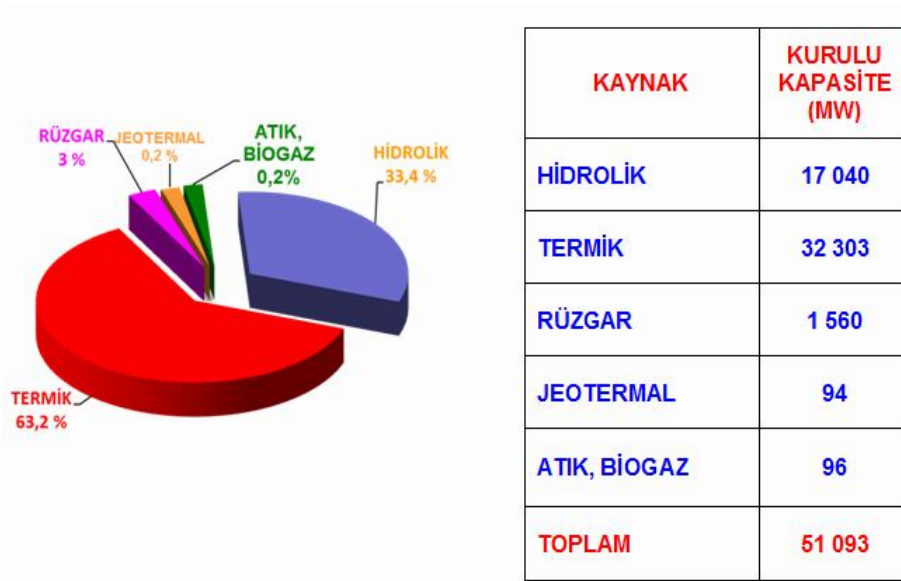


Şekil 3.8. Yıllar itibariyle Türkiye’nin hidroelektrik kurulu güç gelişimi

Türkiye’nin kaynaklara göre kurulu kapasitesi (Eylül 2011) 51.093 MW’a ulaşmış olup en büyük ikinci kurulu güç 17.040 MW ile hidroelektrik gelmektedir (Çizelge 3.7).

Özel sektör yatırımı HES’lerin işletmedekiler, inşa halindeki ve planlananlar dâhil sayısı 1479 adet, toplam gücü 30.170 MW ve 62 milyar \$ yatırım tutarına ulaşmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.7. Türkiye’nin kaynaklara göre kurulu kapasitesi (Eylül 2011)



Çizelge 3.8. Özel sektör yatırımlarının sayı, güç, oran ve yatırım tutarları

DURUM	Adet	Kurulu Güç (MW)	Oran (%)	Yatırım Tutarı (milyar \$)
İşletmedekiler	156	3 710	12,3	7
İnşaa halindeki	250	8 000	26,5	15
Planlananlar	1073	18 460	61,2	40
TOPLAM	1479	30 170	100	62

3.3.2. Türkiye’nin Enerji İhtiyacı ve Hidroelektrik Enerji

Dünya genelinde enerji talebi en çok artan 2. ülke olan Türkiye, dinamik gelişme sürecinde katlanarak artan şekilde enerjiye ihtiyaç duymaktadır. 1990-2010 döneminde ülkemizde birincil enerji talebi artış hızı %3,7 düzeyinde gerçekleşmiştir. Türkiye, OECD

ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Aynı şekilde ülkemiz, Dünya’da 2000 yılından bu yana elektrik ve doğal gazda Çin’den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumunda olmuştur. Ancak Türkiye, kişi başına yıllık elektrik sarfiyatları 10–12 bin kWh’e varan gelişmiş ülkelerin seviyesine henüz ulaşabilmiş değildir. Türkiye gibi büyüme sürecinde olan, tüketimi her geçen gün artan ülkeler için enerji daha da büyük bir önem arz etmektedir. Yıllık enerji artış hızı ortalama %8 civarında olan ülkemizin, 2020 yılında 450 milyar kWh enerjiye ihtiyacı olacağı tahmin edilmektedir. Kişi başına enerji ihtiyacı için ise yine 2020 için yıllık 5.200 kWh enerji öngörülmektedir (Altaş ve ark., 2003).

Türkiye enerjiye 2020 yılına kadar yaklaşık 40.000 MW’lık kurulu gücü sağlayacak bir yatırım yapmak, üretim maliyetlerini düşürmek ve enerji arzında dışa bağımlılığımızı azaltabilmek için toplam enerji üretimi içerisinde yerli enerji kaynaklarının payını artırmak ve maliyetleri düşürmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi geliştirmesi gerekir. 2010 yılı itibariyle yılda yaklaşık 53 milyar kWh hidroelektrik enerji üretim potansiyeli ile toplam teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelimizin sadece %37,85’idir. Dünyadaki duruma baktığımızda ise ABD hidroelektrik potansiyelin %86’sını, Japonya %78’ini, Norveç %68’ini, Kanada %56’sını geliştirmiştir.

Çizelge 3.9. Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretiminin Gelişimi (Öziş ve ark., 2009)

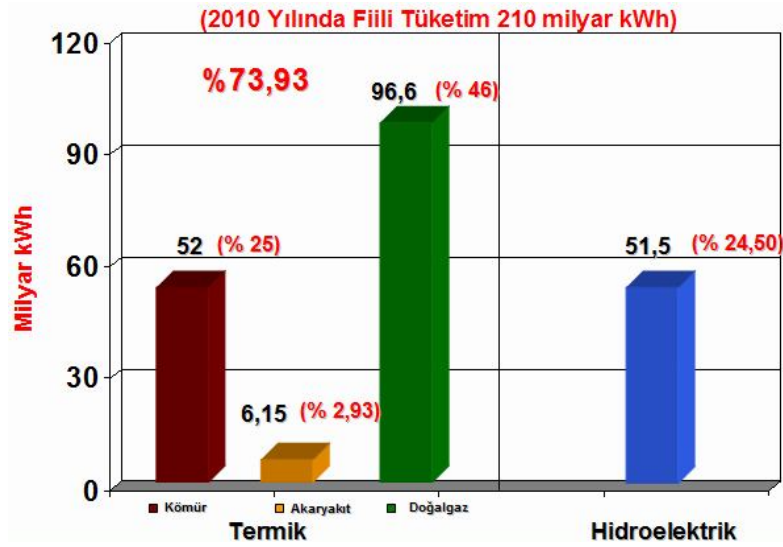
YILLAR	Hidroelektrik Üretimi (GWh/yıl)	Brüt Elektrik Enerjisi Tüketimi (GWh/yıl)	Hidroelektrik Üretimin Payı (%)
1950	30	790	4
1960	1.001	2.815	36
1970	3.033	8.623	35
1980	11.348	23.275	49
1990	23.148	57.543	40
2000	30.879	124.926	25
2010	51.796	211.208	25

Türkiye’de devam eden projeler tamamlandığında yılda takriben 80 milyar kWh’lık bir elektrik üretimi sağlanacak ve mevcut hidroelektrik potansiyelimizin kullanılma oranı takriben %90’a çıkarılması hedeflenmektedir. Türkiye’nin 1950-2010 arası hidroelektrik

üretimi karşılaştırıldığında, 1950’de yılda sadece 800 milyon kWh enerji üretimi yapılırken, bugün bu oran yaklaşık 275 misli artarak yılda 220 milyar kWh ulaşmıştır (Çizelge 3.9).

3.3.3. Türkiye elektrik enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Türkiye’nin 2010 yılındaki fiili elektrik enerjisi tüketimi olan 210 milyar kWh’in en büyük dört kaynağa dağılımına bakıldığında 96,6 milyar kWh ve %46 lık oranla doğalgaz birinci sırada, 52 milyar kWh ve %52 lik oranla kömür ikinci sırada ve 51,5 milyar kWh ve %24,5 ile hidroelektrik üçüncü sıradadır (Şekil 3.9). Termik oran %73,93 ile hala yüksek seviyededir. Hidroelektrik enerjinin toplam enerji tüketimi içindeki payının 2004-2010 yılları arasındaki miktar ve oranına bakıldığında, 2004-2008 arasında %32 den %16,7 ye kadar düştüğü ve 2009 da tekrar yükselmeye başlayarak 2010 da %24,5’e yükseldiği görülmektedir (Çizelge 3.10). Bu durum son yıllarda yerli ve yenilenebilir enerji olan hidroelektriğe yeniden önem verildiğini göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 3.9. 2010 yılı fiili enerji tüketiminin dağılımı

Çizelge 3.10. Hidroelektrik enerji üretiminin toplam enerji içindeki payı (Milyar kWh)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Toplam elektrik enerjisi tüketimi	151.3	161	174	191	198,50	194	210
Hidroelektrik enerji üretimi	47.6	42	44	35,8	33,2	35,96	51,52

Hidroelektrik enerjinin toplam enerji içindeki payı	% 32	% 27	%25	% 19	% 16,7	%18,5	%24,5
---	------	------	-----	------	--------	-------	-------

3.3.4. Türkiye'nin Hidroelektrik potansiyelinin kriterler (kıstaslar) kullanılarak yeniden değerlendirilmesi

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde “brüt potansiyel”, “teknik potansiyel” ve “ekonomik potansiyel” kavramları önem taşımaktadır. Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brüt su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topoğrafya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt (teorik) hidroelektrik enerji potansiyeli, daha önce de belirtildiği gibi Türkiye için 433 milyar kWh mertebesindedir.

Türkiye büyük akarsularına, ovalarına ve iklimsel özelliklerine göre 26 hidrolojik havzaya ayrılmış olup Konya “16. Konya kapalı havzası” içerisinde (Şekil 3.10). Aşağıda Çizelge 3.11’de havzalar bazında Türkiye’nin ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik kapasitesi yeniden hesaplanmıştır. Burada yapılan tahmini hesabın Türkiye’nin gerçek kapasitesine daha yakın olduğu da bir gerçektir. Çizelge 3.11’den görüldüğü üzere Türkiye’nin hidroelektrik kapasitesinin ekonomik olarak yapılabilir kısmı 48.000 MW ve yıllık üretimin 192 milyar kWh’in üzerindedir. Bu rakamlar brüt kapasitenin % 44,5’ine karşılık gelmektedir. Ekonomik HES potansiyeli içindeki tüm projeler; termik santrallere göre rantabiliteleri daha yüksek projelerdir.

3.3.5. Türkiye'nin Toplam Ekonomik Hidroelektrik Potansiyeli ve Pazar Durumu

Türkiye’nin en az ilk etüt seviyesindeki hidroelektrik projelerle, ön inceleme, master plan, fizibilite, kesin proje, inşa ve işletme aşamalarından oluşan 747 adet hidroelektrik projenin toplam enerji üretim kapasitesini ifade eden 2006 yılı başı itibarıyla tespit edilen teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 129,9 milyar kWh’tir. Bunlara karşılık, su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİE ve DSİ gibi kuruluşların yapmış oldukları, yeni enerji kaynaklarının belirlenmesine yönelik ilk etüt çalışmalarıyla bu potansiyele her yıl ilaveler olabilmektedir.



Şekil 3.10. Türkiye Haritası Üzerinde Havzalarının Görünümü

Türkiye nehir ve göllerine göre oluşturulmuş havzaların görünümleri Şekil 3.10’da ve havzalara göre yıllık akım, brüt potansiyel, ekonomik üretim potansiyeli, yeni kriterlere göre tahmini ekonomik yapılabilir potansiyel güç ve brüt potansiyel % değerleri Çizelge 3.11’de görülmektedir. Bu çizelgeye göre 26 havzanın tahmini kurulu gücü 48.768 MW ve üretilebilecek elektrik değeri de 192.552 GWh olabilecektir.

Ayrıca DSI tarafından da Türkiye toplam 26 bölge müdürlüğüne ayrılmıştır. Bölgelere ait su kaynakları içerisinde bölge müdürlüğünün kapsam alanında planlanan, projelendirme aşamasında, yatırım programı aşamasında, inşa halinde ve mevcut işletmede olan HES projelerinin güçleri ve üretilebilecek elektrik enerjisi değerleri ve havza potansiyelinin yüzdelik kısmı Çizelge 3.12, 3.13 ve 3.14’de verilmiştir. Belirlenen bu kapasitelerin toplamı havzaların çoğunda toplam potansiyelini göstermektedir. Ayrıca bu çizelgede havzaların önümüzdeki yıllarda kurulabilecek yani pazar oluşturacak HES potansiyelleri ve bölgeleri de görülebilir.

Çizelge 3.11. Havzalara göre yıllık akım, brüt potansiyel, ekonomik üretim potansiyeli, yeni kriterlere göre tahmini ekonomik yapılabilir potansiyel güç ve brüt potansiyel % değerleri

Havza	Ortalama Yıllık Akım (milyar m ³)	DSİ'ce hesaplanan Brüt Üretim Potns. (GWh)	Tahmini Ekon. Üret. Potns. (GWh)	Tahmini Kurulu Güç (MW)	Brüt Potans. Yüzdesi
Fırat	31.61	84 122	46 267	11 713	% 55.00
Dicle	21.33	48 706	24 353	6 165	% 50.00
Doğu Karadeniz	14.90	48 478	24 239	6 136	% 50.00
Doğu Akdeniz	11.07	27 445	12 350	3 127	% 45.00
Antalya	11.06	23 079	9 231	2 337	% 40.00
Batı Karadeniz	9.93	17 914	7 166	1 814	% 40.00
Batı Akdeniz	8.93	13 595	6 118	1 550	% 45.00
Marmara	8.33	5 177	-	-	-
Seyhan	8.01	20 875	9 394	2 378	% 45.00
Ceyhan	7.18	22 163	9 973	2 525	% 45.00
Kızılırmak	6.48	19 552	7 821	1 980	% 40.00
Sakarya	6.40	11 335	4 534	1 133	% 40.00
Çoruh	6.30	22 601	12 431	3 108	% 55.00
Yeşilırmak	5.80	18 685	8 408	2 129	% 45.00
Susurluk	5.43	10 573	2 643	669	% 25.00
Aras	4.63	13 114	5 901	1 494	% 45.00
Konya-kapalı	4.53	1 218	104	32	% 8.54
Büyük Menderes	3.03	6 263	831	221	% 13.27
Van Gölü-kapalı	2.39	2 593	257	62	% 9.91
Kuzey Ege	2.09	2 882	42	16	% 1.46
Gediz	1.95	3 916	243	94	% 6.20
Meriç-Ergene	1.33	1 000	-	-	-
Küçük Menderes	1.19	1 375	143	48	% 10.40
Asi	1.17	4 897	102	37	% 2.08
Burdur-Göller	0.50	885	-	-	-
Akarçay	0.49	543	-	-	-
Toplam	186.05	432 981	192 551	48 768	% 44.47

Çizelge 3.12. DSİ 1.-9. Bölge müdürlükleri hidroelektrik potansiyel durumları (www.dsi.gov.tr)

	1.Bölge Bursa	2.Bölge İzmir	3.Bölge Eskişehir	4.Bölge Konya	5.Bölge Ankara	6.Bölge Adana	7.Bölge Samsun	8.Böl. Erzurum	9.Bölge Elazığ
Planlama - Projelendirme Aşaması	328,72 MW %74,93 - 1017,58 GWh/yıl % 69,72	4 MW % 5 - 8 GWh/yıl % 4	92 MW, %4 ; 254 GWh/yıl, %3	189,10	251,2 MW % 31 - 1044,3 GWh/yıl % 40	1 006 MW % 28 - 3 535 GWh/yıl % 27	31,00 MW; % 1,11 400Gwh/yıl ; % 1	654,36 MW - 1 836,29 GWh/yıl	1360,78 MW 5 997,86 GWh/yıl
Yatırım Programı Aşaması	110 MW % 25,07 - 442 GWh/yıl % 30,28	---	105,36 MW, %4,6 ; 486,57 GWh/yıl, %5,5	167,00	282,8 MW % 36 - 676,4 GWh/yıl % 26	1 251,8 MW % 35 - 4 384 GWh/yıl % 34	75 MW; % 2, 249 Gwh/yıl; % 2	902,35 MW - 3 182,09 GWh/yıl	359 MW 1249,2 GWh/yıl
İnşa Halinde - Özel Sektör	---	---	464,50 MW, %20,1 ; 650,59 GWh/yıl, %7,3	419,22	258,0 MW % 32 840 GWh/yıl % 32	56,6 MW % 2 - 224 GWh/yıl % 2	2190MW; % 58, 8 544Gwh/yıl ; % 65	---	---
Mevcut İşletmede Olan	---	70 MW % 94 - 199 GWh/yıl % 96	500,59 MW, %21,7 ; 1 226 GWh/yıl, %13,9	172,94	9,4 MW % 1 40 GWh/yıl % 2	1 253,4 MW % 35 4 801 GWh/yıl %37	1 458 MW; % 39, 4 151 GWh/yıl; % 32	130,68 MW - 396,16 GWh/yıl	1 580,3 MW 6 715 GWh/yıl
BÖLGE HİDROELEKTRİK ENERJİ TOPLAMI	432,72 MW % 100 - 1 459,58 GWh/yıl % 100	74 MW % 100 207 GWh/yıl % 100	1 057,09 MW, %45,8 ; 2 130,59 GWh/yıl, %24,20	948,26 3 062,57	801,4 MW % 100 - 2600,7 GWh/yıl % 100	3 567,8 MW % 100 - 12 944 GWh/yıl % 100	3 754,00 MW; % 100, 13 058 GWh; % 100	3 124,06 MW - 9 710,97 GWh/yıl	33 00,58 MW 13 962,06 GWh/yıl

Çizelge 3.13. DSİ 10.-17. Bölge müdürlükleri hidroelektrik potansiyel durumları (www.dsi.gov.tr)

	10.Bölge Diyarbakır	11.Bölge Edirne	12.Bölge Kayseri	13.Bölge Antalya	14.Bölge İstanbul	15.Bölge Ş.Urfa	17.Bölge Van
Planlama - Projelendirme Aşaması	949 MW, %18, 3683Gwh/yıl, %19	---	27 MW, Üretim 140 GWh / yıl	---	136,70 GWH/Yıl	---	3 474,46 MW – 11 421,42 GWh/yıl
Yatırım Programı Aşaması	925 MW, %17, 4 060 Gwh/yıl; %20	---	162,14 MW, Üretim 645,54 GWh / yıl	---	--	---	---
İnşa Halinde - Özel Sektör	1 200 MW, %23, 3 833 Gwh/yıl, %19	---	88,13 MW, Üretim 379,23 GWh / yıl	3	---	---	160,0 MW – 488,3 GWh/yıl
Mevcut İşletmede Olan	2 218 MW, %42, 8 329 Gwh/yıl, %42	---	194,31 MW, Üretim 927,72 GWh / yıl	578,25 MW, 1742 GWh	4 500,00 GWH/Yıl	3 124 MW % 100 – 11 542 GWh/yıl % 100	19,8 MW – 58,7 GWh/yıl
BÖLGE HİDROEL EKTRİK ENERJİ TOPLAMI	5 292 MW, %100, 19 905 Gwh/yıl, %100	11,68 MW 36,80 GWh/yıl	467,17 MW, Üretim 2072,43 GWh / yıl	581,25 MW, 1755 GWh	4 636,70 GWH/Yıl	3 124 MW % 100 11 542 GWh/yıl % 100	3 654,26 MW – 11 968,42 GWh/yıl

Çizelge 3.14. DSİ 18.-26. Bölge müdürlükleri hidroelektrik potansiyel durumları (www.dsi.gov.tr)

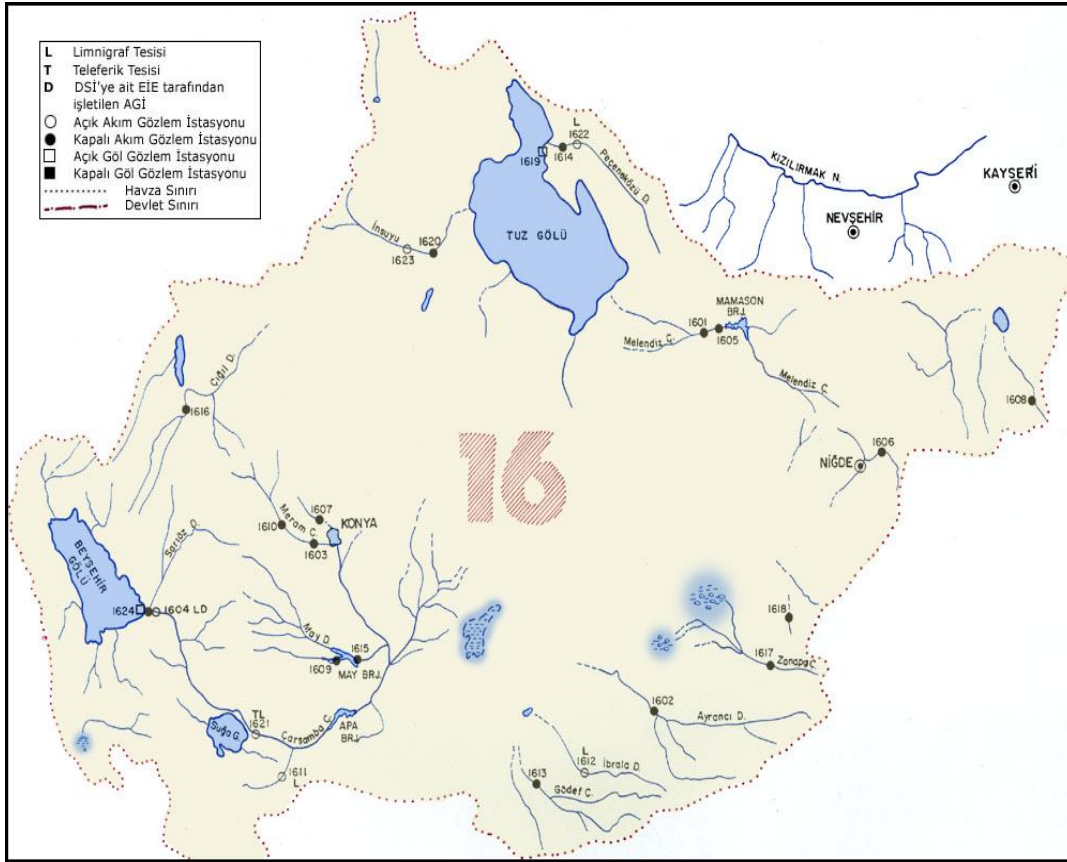
	18.Bölge Isparta	19.Bölge Sivas	20.Bölge K.Maraş	21.Bölge Aydın	22.Böl. Trabzon	23.Bölge Kastamonu	24.Bölge Kars	25.Bölge Balıkesir	26.Bölge Artvin
Planlama - Projelendirme Aşaması	134,70 MW % 49 463,43 GWh/yıl % 45	356,59 Mw – 1.137,58 GWh/yıl	462 MW % 24 1 603 GWh/yıl % 24	0 MW % 0 – 0 GWh/yıl % 0	12.858 GWh/yıl	412,7 MW % 97 – 1392,17 GWh/yıl % 97	574,578 MW – 1 566,66 GWh/yıl	32 MW % 28 – 93 GWh/yıl % 22	573,00 MW – 1.903,00 GWh/yıl
Yatırım Programı Aşaması	23,69 MW % 9 89,85 GWh/yıl % 9	---	---	151,5 MW % 15 – 461 GWh/yıl % 12	472,80 GWh/yıl	---	326,20 MW – 995,28 GWh/yıl	20 MW % 17 – 47 GWh/yıl % 11	688,00 MW – 2.208,00 GWh/yıl
İnşa Halinde - Özel Sektör-YİD	---	---	466 MW % 25 – 1 802 GWh/yıl % 27	802,9 MW % 74 – 3096 GWh/yıl % 77	---	12,3 MW % 3 – 41,2 GWh/yıl % 3	43,16 MW – 144,16 GWh/yıl 330,56 MW – 1111 GWh/yıl	47 MW % 42 – 227 GWh/yıl % 52	---
Mevcut İşletmede Olan	115,65 MW % 42 468,91 GWh/yıl % 46	247,83 Mw – 1.010,08 GWh/yıl	960 MW % 51 – 3 204 GWh/yıl % 49	110 MW % 11 – 423 GWh/yıl % 11	622,0 GWh/yıl	---	28,73 MW – 89,1 GWh/yıl	15 MW % 13 – 67 GWh/yıl % 15	1.085,00 MW – 3.601,00 GWh/yıl
BÖLGE HİDROEL EKTRİK ENERJİ TOPLAMI	274,04 MW % 100 1 022,19 GWh/yıl %100	604,42 Mw – 2.147,66 GWh/yıl	1 888 MW % 100 – 6 611 GWh/yıl % 100	1064,4 MW % 100 – 3980 GWh/yıl % 100	13.952 GWh/yıl	425 MW % 100 -- 1433,37 GWh/yıl % 100	1 233,20 MW– 3 583,74 GWh/yıl	114 MW % 100 – 434 GWh/yıl % 100	2.72,00 MW – 10.600,0 0 GWh/yıl

Türkiye’nin ekonomik hidroelektrik potansiyeli içerisinde mevcut kullanımlar ve inşaat aşamasındakiler çıkarılarak lisans alma, planlama ve master plan aşamasındakiler türbin bulma ve santral kurma çalışmalarını önümüzdeki yıllarda yapacaklardır. Dolayısıyla Konya’da veya Türkiye’de üretilebilecek bu HES hizmetleri için Pazar oluşturacaklardır. Yukarıda da belirtilen Çizelge 3.11’de belirlenen toplam ekonomik hidroelektrik potansiyel olan 48.768 MW tan (Çizelge 3.4 ve 3.5’e göre) işletmede olan 17.040 MW ve inşa halindeki yaklaşık 10.000 MW çıkarılır ise Türkiye’de yeni kurulacak potansiyel 22.000 MW olup, (Çizelge 3.4) yaklaşık 1500 HES daha kurulabileceği potansiyele ortaya çıkmaktadır. Bu miktardaki HES’in Pazar değeri ise 40 Milyar (\$) dolardır. Bu HES’lerdeki türbin, jeneratör ve diğer mekanik aksamaların maliyeti yaklaşık 25 Milyar \$ olabilecektir. Bu aksamaların Türkiye’de ve Konya’da üretilme imkânları kullanılarak yerli iş sahaları açılması ve istihdamın sağlanması ülkemiz kalkınması açısından önemlidir.

3.4. Konya H.E.S. Potansiyeli ve Mevcut Kullanım Durumu

Bu çalışma kapsamında Konya ve bölgesinin hidroelektrik enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde Konya ile birçok yönden irtibatları olması dolayısıyla DSİ 4. bölge müdürlüğü içerisindeki Aksaray, Niğde, Karaman illeri ve Konya kapalı havzası (Şekil 3.11) da değerlendirmeye dâhil edilecektir.

Konya kapalı havzası içerisinde büyük herhangi bir akarsu bulunmayıp, sadece Beyşehir gölü civarındaki küçük dereler ve Beyşehir gölü-Suğla tahliye kanalı ile Göksu nehrinin küçük kolları bulunmaktadır. Çizelge 3.15 ve 3.16’da DSİ 4. bölge müdürlüğü bölgesi için genel bilgiler, mevcut işletmede, inşa aşamasında, yatırım programında, su kullanım anlaşması yapılan ve planlama aşamasındaki hidroelektrik santraller ve sulama potansiyelleri verilmiştir. Buradaki değerlere göre, işletmede 172,94 MW, inşa halinde 419,22 MW, su kullanım anlaşması yapılan 167 MW ve planlama aşamasında 189,1 MW olmak üzere toplam kullanılabilecek mevcut potansiyel 948,26 MW olarak görünmektedir.



Şekil 3.11. Konya Kapalı havzasının genel görünüşü (Arık, 2011)

Çizelge 3.15. DSI 4. bölge müdürlüğü yağış, su ve hidroelektrik potansiyelleri (www.dsi.gov.tr)

GENEL BİLGİLER					
	BÖLGE	KONYA	NİĞDE	AKSARAY	KARAMAN
Yüzölçümü (km ²)	63 19	38 970	7 00	7 997	8 924
Rakım (m)	-	1016	1208	980	1025
Yıllık ortalama yağış (mm)	398,4	397,9	356,7	336,6	449 6
Ortalama akış verimi (l/s/km ²)	3,1	2,5	3,3	1,6	6 8
Ortalama akış/yagış oranı	0,24	0,20	0,29	0,1	0,47
Yerüstü suyu potansiyeli	5 49	2 939	764	432	1 814
Yer altı suyu potansiyeli	2 404	1 508	394	258	244
Toplam Su Potansiyeli	8 353	4 447	1 158	690	2 058

HİDROLİK POTANSİYEL		
HİDROELEKTRİK ENERJİ		
İşletmede	MW	GWh/yıl
	172,94	601,40

İnşa Halinde	419,22	1 383,52
Yatırım Programında	-	-
Planlama Aşamasında	189,10	569,36
Su Kullanımı Anlaşması Yapılan	167,00	508,29
BÖLGE HİDROELEKTRİK ENERJİ TOPLAMI	948,26	3 062,57

Çizelge 3.16. DSI 4. bölge müdürlüğü HES projelerinin mevcut durumları (www.dsi.gov.tr)

HES ENERJİ PROJELERİ			
Projenin Adı	Kurulu Güç, MW	Enerji Üretimi, GWh/Yıl	Proje Aşaması
Yerköprü HES	10,56	65,00	İşletmede
İvriz HES	1,10	,00	"
Dere HES	0,40	2,00	"
Bozkır	0,08	0 40	"
Gezende Barajı ve HES	159,30	528,00	"
Ermenek HES	1,40	1,00	"
Çamardı HES	0,10	1,00	"
Ermenek Barajı ve HES	306,50	1 047,80	İnşa halinde
Damlapınar HES	17,1	60,36	" "
Kepezkaya HES	29 40	81,29	" "
Günder HES	28,22	73 57	" "
Balkusan HES	38,00	120,50	" "
Mavi HES	25,00	82,50	Planlama aşamasında
Bozkır HES	15 00	35,30	" "
Dineksaray HES	10,60	29,70	" "
Akça HES	3,86	13,39	" "
Üçpınar HES	4,21	12,78	" "
Yiğit HES	0,30	3,0	" "
Apa HES	5, 0	-	" "
Taşkent HES	5,00	7,00	" "
Alara ES	2,04	4,13	" "
Y lman HES	1,09	5,20	" "
Ketir HES	29,29	71,67	" "
Efsun HES	8,78	9,31	" "
İncekaya HES	20,76	64,01	" "
Ballık HES	33,00	103,44	"
Güneyyaka	2,65	7,21	Su Kullanım Anlaşması Yapılan
Yalman II HES	1,90	16,35	" " "
Daran-1 HES	50,98	135,77	" " "
Daran-2 HES	2 ,33	54,46	" " "
Zeyve HES	3,72	14,18	" " "
Bucakışla HES	34,70	111,90	" " "
Gökdere HES	30,53	8 ,27	" " "
Yalnızardıç HES	17,00	53,54	" " "
TOPLAM	948,26	3 062,57	

3.4.1. Konya'da HES Tasarlanan Bazı Barajlar ve Toplam Potansiyel

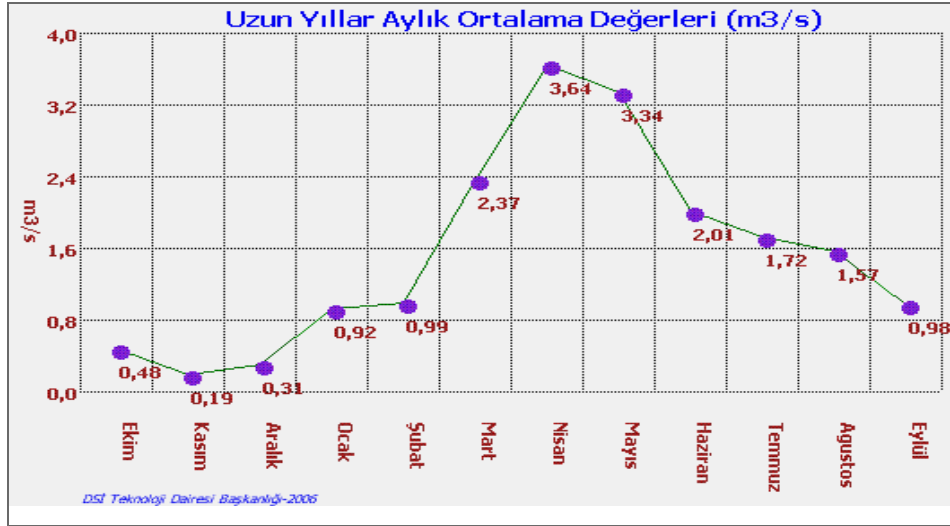
Konya bölgesinde HES veya Depolamalı HES kurulabilecek bazı taşkın ve tarımsal sulama amaçlı barajların (Şekil 3.12) DSİ tarafından uzun yıllar yapılmış baraj çıkış debilerinden ve yaklaşık baraj düşülerinden Santral güçleri hesaplanabilir. Bunlardan önemli olanlar Çizelge 3.17-3.19'da listelenmiştir.

Konya'da mevcut bazı büyük baraj, göl, akarsu ve depolamalar Şekil 3.11'de gösterilmiş olup, bunlardan Konya sınırlarındaki ilk büyük HES, Bağbaşı barajından Konya ovasına su verilmesi sırasında enerji üretecek olan 25 MW HES inşaat aşamasındadır. DSİ 4. bölge içerisinde İvriz ve Apa barajı gibi bazı barajların da yer aldığı toplam 314.4 MW 22 adet HES planlaması yapıldığı Çizelge 3.16'da görülmektedir. Çizelgede planlama aşamasında dahi görülmeyen Altınapa ve Silles barajı gibi bazı baraj ve göletlerden de mini ve mikro HES'ler ile elektrik üretme potansiyelleri bu çalışma kapsamında aşağıda ele alınmıştır.



Şekil 3.12. Konya'nın hidrolik kaynaklarının (göl, baraj, vb.) genel görünüşü (Arık, 2011)

Altınapa barajı yıllık ortalama debisi 1,5 m³/s (Şekil 3.13) ve düşü 40 m için ortalama güç 500 kW olacak olup, yıllık üretilebilecek elektrik enerjisi değeri; 4.200.000 kWh/yıl'dır. Sille barajı için DSİ kayıtlarından yıllık ortalama debi 0,05 m³/s (Çizelge 3.17) ve düşü 40 m için ortalama güç 17,0 kW olacak olup, yıllık üretilebilecek elektrik enerjisi değeri; 142.800 kWh/yıl'dır.



Şekil 3.13. Altınapa barajı çıkışı uzun yıllar aylık ortalama debi değerleri (DSİ, 2011)

Çizelge 3.17. Sille barajı çıkışı uzun yıllar aylık ortalama debi değerleri (DSİ, 2011)

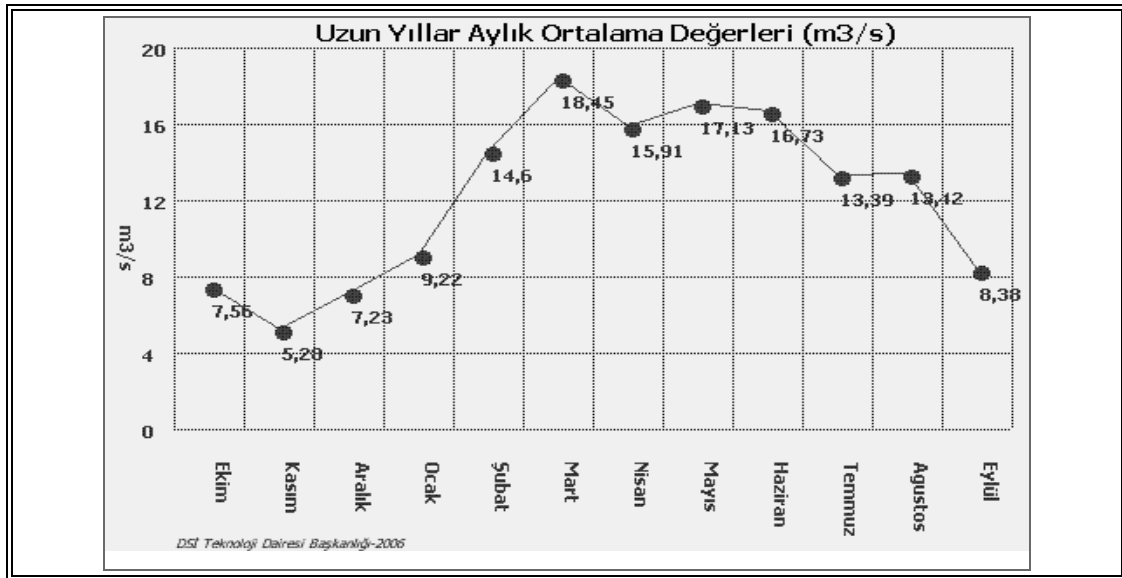
DSİ AKIM GÖZLEM İSTASYONU GENEL BİLGİLERİ	16-51 SİLLE BRJ.-ÇİKİS		UZUN YILLAR AYLIK ORTALAMA DEĞERLERİ (m ³ /s)	ORTALAMA
	İstasyonun Bağlı Bulunduğu Bölge:	IV.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KONYA		
Pafta:	M 28	Koordinat:	37°56'N-32°24'E	
Yaklaşık Kot (m):	1230	Yağış Alanı (km ²):	32,30	
Açılış Tarihi:	03.04.1964	Kapanış Tarihi:		
Gözlem Süresi Anlık Maksimum Değeri (m ³ /s) ve Tarihi:	0			
Açıklama:				
			EKİM	0
			KASIM	0
			ARALIK	0
			OCAK	0,01
			ŞUBAT	0,01
			MART	0,04
			NİSAN	0,13
			MAYIS	0,14
			HAZİRAN	0,09
			TEMMUZ	0,12
			AĞUSTOS	0,04
			EYLÜL	0,01
			ORTALAMA	0,05

Orta Anadolu Kapalı Havzasında bulunan akım ölçüm istasyonlarının isimleri ve değerleri DSİ genel müdürlüğü internet sayfasında detaylı olarak verilmiştir (DSİ, 2011).

Çizelge 3.18. Beyşehir kanalı Suğla tahliyesi çıkışı uzun yıllar aylık ortalama debi değerleri (DSİ, 2011)

DSİ AKIM GÖZLEM İSTASYONU GENEL BİLGİLERİ	16-83 BEYŞEHİR KAN.-SUGLA TAH.				UZUN YILLAR AYLIK ORTALAMA DEĞERLERİ (m³/s)	EKİM	7,56
	İstasyonun Bağlı Bulunduğu Bölge:		IV.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KONYA			KASIM	5,28
	Pafta:	N 28	Koordinat:	37°16'N-32°16'E		ARALIK	7,23
	Yaklaşık Kot (m):	1072	Yağış Alanı (km²):	6104		OCAK	9,22
	Açılış Tarihi:	10.01.1968	Kapanış Tarihi:	02.03.2000		ŞUBAT	14,60
	Gözlem Süresi Anlık Maksimum Değeri (m³/s) ve Tarihi:		0			MART	18,45
	Açıklama:					NİSAN	15,91
						MAYIS	17,13
				HAZİRAN	16,73		
				TEMMUZ	13,39		
				AĞUSTOS	13,42		
				EYLÜL	8,38		
				ORTALAMA	12,27		

Beyşehir gölü Suğla tahliyesi için DSİ kayıtlarından yıllık ortalama debi 12 m³/s ve düşü yaklaşık 20 m için ortalama güç 2.117 kW olacak olup, yıllık üretililecek elektrik enerjisi değeri; 17.780.000 kWh/yıl'dır. Burada incelenen 2 adet baraj ve tahliye kanalı için 2.634 kW=2,63 MW civarında bir potansiyel belirlenmiştir. Buna benzer olarak benzeri baraj ve göletlerden direkt veya depolamalı olarak HES ler kurulabilecektir.



Şekil 3.14. Beyşehir kanalı-Suğla tahliyesi uzun yıllar aylık ortalama debi grafiği (DSİ, 2011)

Çizelge 3.19. DSI 4 bölgede işletmedeki (20 adet) ve inşaa halindeki (Çizelgenin son 4 adedi) göletlerin değerleri, hidroelektrik kapasiteleri

Sıra No	Göletin Adı	Yeri	Aktif hacim, hm ³	Talvegden yükseklik, m	Teorik Güç Kapasitesi, kW
1	Mecidiye Göleti	Ilgın	1,98	14,9	22,33
2	Aydoğmuş Göleti	G.sınır	3,8	21	60,40
3	May Göleti	Akören	1,6	21,8	23,01
4	Osmancık Göleti	Kadınhanı	1,38	21,2	22,15
5	Akviran Göleti	Akören	2,38	20,5	36,93
6	Cihanbeyli Göleti	C.beyli	7,8	14,8	87,38
7	Bulcuk Göleti	Ilgın	1	22,5	17,03
8	Evliyatekke Göleti	Meram	0,8	18	10,90
9	Doğanhisar Göleti	D.hisar	1,7	29,2	37,57
10	Çayhan Göleti	Ereğli	3,4	23,5	60,48
11	Ladik Göleti	Sarayönü	1,3	19,8	19,48
12	Deşdiğin Göleti	Doğanhisar	1,1	22	18,32
13	Derbent Göleti	Derbent	1,3	24	23,62
14	Karaağa Göleti	Karaağa	1,8	26	35,43
15	Çiftliközü Göleti	Derbent	2,5	36,5	69,07
16	Aşağıçiğil Göleti	Ilgın	1,625	21	25,83
17	Beykavağı Göleti	Kadınhanı	1,6	38	46,02
18	Çavuş Göleti	Hüyük	0,846	20	12,81
19	Ayaslar Göleti	Doğanhisar	2	37	56,01
20	Taraşçı Göleti	Seydişehir	0,795	24	14,44
1	<u>Malas Göleti</u>	Selçuklu	2,06	26	40,54
2	<u>İnönü Yaylası Göleti</u>	Hadim	0,88	23,5	15,65
3	<u>Çağlayan Göleti</u>	Bozkır	3,528	31	82,79
4	<u>Akşahan Göleti</u>	Meram	4,27	38	122,82
Toplam Üretililecek enerji, kWh		2.546.331,82	Toplam Kurulabilecek Güç, kW		976,91

Konya, Orta Anadolu Kapalı Havzası veya Türkiye'de başka bölgelerdeki akarsulardan ölçüm istasyonu verileri DSI genel müdürlüğü internet sayfasından veya yayınlanan yayınlardan akım ölçüm istasyonlarının verileri elde edilerek HES planlamasında kullanılabilir.

Konya bölgesinin hidroelektrik potansiyeli (DSİ 4.Bölge dâhilinde), 7 adet işletmede, 5 adet inşaa halinde, 14 adet planlama aşamasında ve 8 adet su kullanım anlaşması

yapılan olmak üzere toplam 34 HES, gücü 948,26 MW ve enerji miktarı da 3.062,57 GWh/yıl kapasitesindedir (Çizelge 3.19). Konya bölgesi hidroelektrik enerjisi potansiyeli mevcut ve planlanan yaklaşık 950 MW güç ten 314,4 MW'ı planlama ve su kullanım anlaşması yapılmış olan 22 adet HES mevcuttur. Mevcut HES'lere ilave ve kapasite artırımı ile taşkın, kullanma ve tarımsal sulama barajları (Altınapa, May vb.) ve küçük akarsulardan elde edilebilecektir. DSİ 4 bölgede gücü 10 kW'ın üzerinde hesaplanan göletlerin işletmedeki 25 adedin 20 adedi ve inşaa halindeki 8 adedin 4 adedi (Çizelge 3.19'un son kısmında) verilerek aktif hacimleri, talvegden yükseklikleri ve hidroelektrik kapasiteleri verilmiştir. Teorik güç kapasitesi hesabında göletlerin aktif hacminin sulama mevsimi olan ortalama 4 ayda göletten bırakıldığı, talveg yüksekliği brüt düşü ve toplam verimlilik %80 alınmıştır. Buna göre toplam olarak 976,9 kW hidroelektrik potansiyel hesaplanmış olup bunların 10 kW'ın altında olanlar kurulamaz kabul edilerek kurulabilir potansiyel 961 kW, 20 kW'ın üzerindeki 852 kW ve 50 kW'ın üzerindeki 538 kW tır. 10 kW gücün üzerindeki hidroelektrik potansiyelden %92 jeneratör verimi ile yılda yaklaşık 2.546.331,8 kWh elektrik enerjisi üretilebilecektir (Çizelge 3.19). Çizelge 3.19'a ilave olarak yukarıda hesaplanmış olan Altınapa barajı, Sille barajı ve Beyşehir gölü Suğla tahliyesi üzerinde kurulabilecek HES kapasitesi 2,63 MW elde edilmiştir.

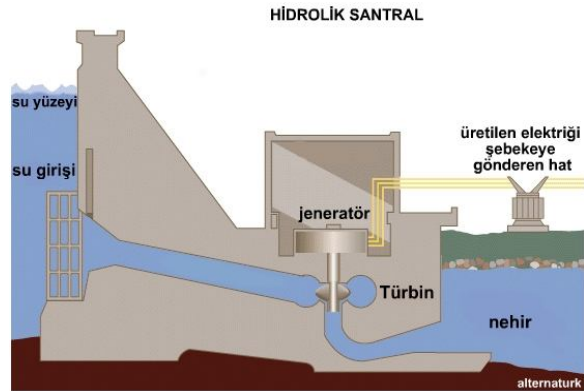
Konya ve civarı için bütün bu planlanmış, su anlaşması imzalanmış ve bu çalışma kapsamında tasarlanmış HES'lerin potansiyelleri toplanacaktır. İlk iki durum potansiyelinin 314,4 MW ve 22 adet HES, bu çalışmada tasarlanan da 33 adet HES kapasitesi 3,6 MW olmak üzere toplam Konya potansiyel gücü 318~320 MW ve 55 adet HES önümüzdeki yıllarda potansiyel pazar oluşturacaktır.

3.5. Hidroelektrik Üretiminde Kullanım Sistemler (Santraller) ve Çeşitleri

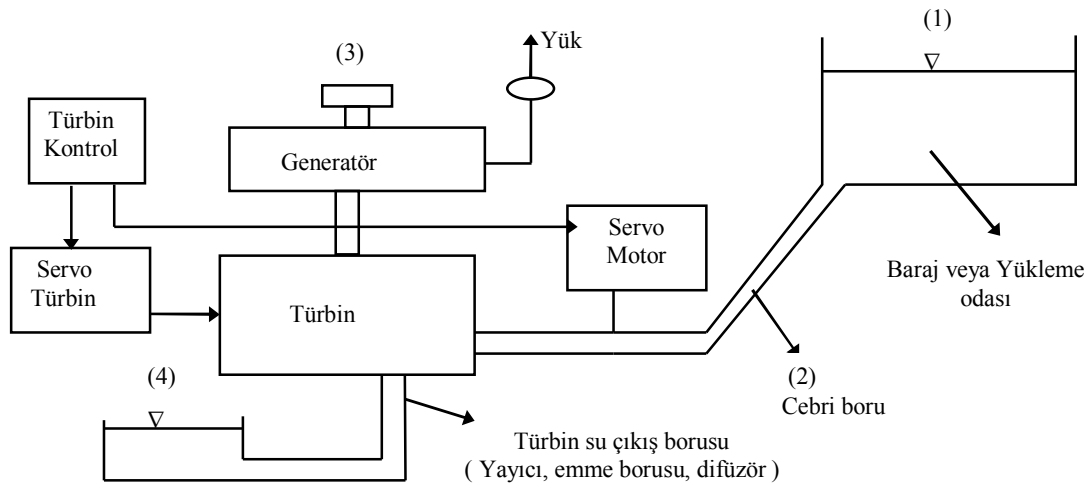
Hidroelektrik santraller kuruldukları yerlere göre nehir, baraj, depolamalı, depolamasız, büyüklüklerine göre; mikro, mini, küçük, büyük olarak sınıflandırılırlar. Türkiye'deki uygulamalara göre de büyüklükleri lisans alınmaksızın yerel elektrik dağıtım firmasından izin alınarak 500 kW güce kadar kurulabilecek ve bunun üzerindeki güçlerde de Enerji piyasası Düzenleme Kurumundan (EPDK) Lisans (Üretim/Otoprodüktör) alınarak kurulabilecekler olarak sınıflandırılmaktadır.

Hidroelektrik santraller güçlerine göre de sınıflandırılmaktadır (Köse, 2002). Birleşmiş Milletler Sanayi ve Kalkınma Organizasyonu UNIDO tarafından belirlenen ve dünyada birçok ülke tarafından kabul gören kurulu gücü göre sınıflandırma çizelgesi aşağıdaki gibidir.

Hidroelektrik Santral	Gücü (kW)
Büyük H.E.S.	> 10.000
Küçük H.E.S.	1001 – 10.000
Mini H.E.S.	101 – 1000
Mikro H.E.S.	≤ 100



Şekil 3.15. İki adet hidroelektrik santralin kısımlarının görünüşleri



Şekil 3.16. Bir hidroelektrik santralde elektrik enerjisi üretim sistemi (Köse, 2002)

3.5.1. Hidroelektrik Santral Tesisleri

- a-) Depolamalı, yani yapay göllü (barajlı) veya tabii göllü santraller,
- b-) Depolamasız, kanal veya nehir üzerine inşa edilmiş santraller şeklindedir.

Bu santraller aşağıdaki kısımlardan meydana gelir (Şekil 3.15-16-17);

- 1-) Baraj gövdesi ve su alma tesisleri
- 2-) Su iletim tesisleri (kanal, tünel, cebri boru gibi)
- 3-) Santral binası ve tesisleri (türbin, jeneratör, kontrol ünitesi)
- 4-) Santral akış suyu tesisleri ile boşaltma su tesisleri

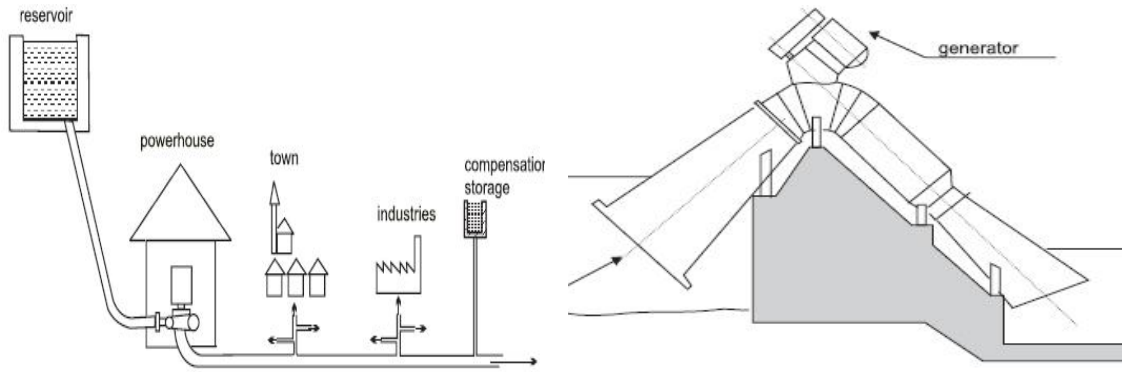
3.5.2. Hidroelektrik Santrallerin Yapılış Çeşitleri

- 1- Düşük (Alçak) Düşülü Hidrolik Santraller ($H < 10$ m). Bunlar genellikle nehir veya kanal tipi santrallerdir. Bunlar nehrin tek tarafına, iki tarafına, koy içine ve kanal içine inşa edilen tipleri olarak dört şekilde yapılmaktadırlar.
- 2- Orta Düşülü Hidrolik Santraller ($H < 50$ m): Bunlar baraj ve kanal tipi olarak iki şekilde yapılırlar.
- 3- Yüksek Düşülü Hidrolik Santraller ($H > 50$ m): Bunlar barajlı, tabii göllü ve türbin pompa şeklinde çalışan (depolamalı) santraller olarak üç tipte yapılırlar (Köse, 2002).

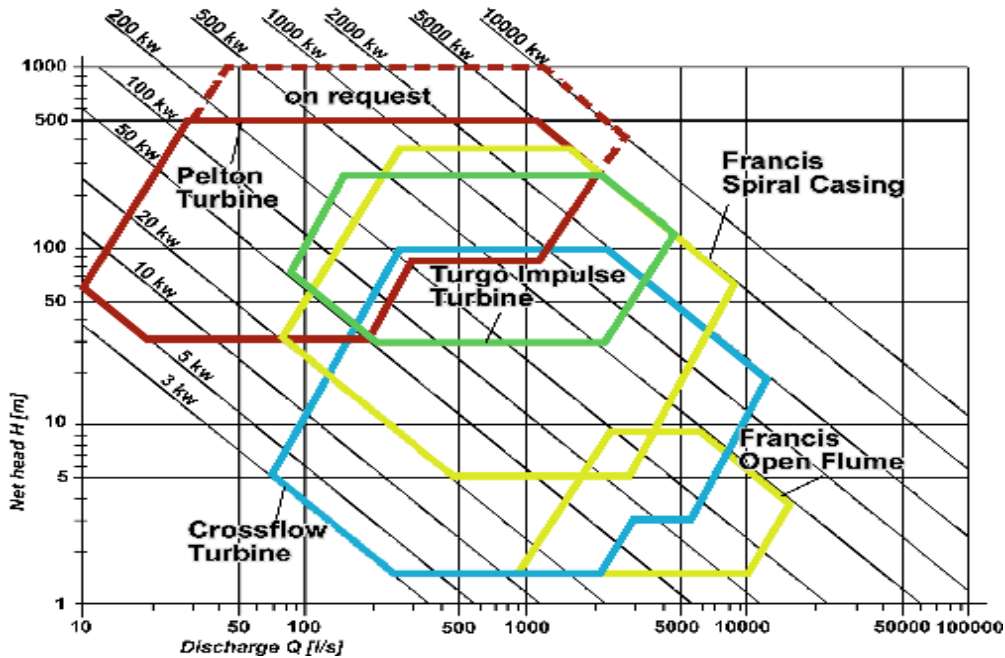
3.5.3. Mikro, mini ve küçük HES sistemleri ve kullanım potansiyeli

Bu hidroelektrik santraller ve türbinleri yukarıda da tanımlandığı gibi yapılabilir 0,1 kW gibi en küçük güçten 10.000 kW güce kadar olanlardır. Dolayısıyla geniş bir türbin büyüklüğü sahasını içine almaktadır. Son yıllarda HES’lerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için genellikle Nehir tipi yapılmaları ve büyüklüklerinin de 10.000 kW (10 MW)’ı geçmemesi istenmektedir. 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’un 29.12.2010 tarihinde yeniden düzenlenen Madde 3.11’de yenilenebilir enerji kaynakları sıralanırken “kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını” ifade eder denilmiştir (Anonim-5346, 2005). Dolayısıyla barajlı olanların baraj alanının 15 km²’yi geçmemesi istenmektedir.

Hidroelektrik santraller, temel olarak depolamalı, doğal akışlı (nehir tipi) ve pompajlı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilebilir. Aşağıda yükleme havuzlu nehir tipi ve sulama amaçlı küçük barajlarda kullanılan Sifon tipi mikro boyutlara kadar olabilen HES görülmektedir (Şekil 3.17). Şekil 3.18 de HES'lerde kullanılan türbinlerin genel düşü-debi ve güç aralıkları verilmiştir. Grafiğe göre küçük türbin büyüklüğüne giren Pelton, Francis, Kaplan, Uskur ve Banki türbinlerinin imalat aralıkları debi: 10 l/s-100 m³/s, düşü: 1,5-1000 m güç de 3-10.000 kW yapılmaktadırlar.



Şekil 3.17. Mikro, mini ve küçük hidroelektrik santral tipleri



Şekil 3.18. Mikro, Mini ve Küçük HES'ler için türbin çeşitleri seçim grafiği (3 kW-10.000 kW)

3.5.4. Türkiye’de Küçük HES (KHES)’ler

Ülkemizde 264 adet işletmede, 236 adet inşaatı devam eden (12 adedi DSİ tarafından), 1.200 adedi de 4628 sayılı Kanun kapsamında planlama düzeyinde işlemleri devam eden toplam 1.700 adet HES bulunmaktadır. İşletme ve inşaat aşamasındaki toplam 500 adet projenin 225 adedi KHES’tir. 500 projenin 100 adedi ise barajlı olup geri kalan 400 adedi ise nehir tipi HES’tir (Oğuz, 2008). Planlama düzeyinde işlemleri devam eden 1.200 adet projenin 730 adedi KHES’tir ki bunlar potansiyel pazar durumundadır.

Türkiye’de küçük hidroelektrik santraller 1926 yılından itibaren kullanılmaktadır. 1950–1960 yılları arasında büyük bir kısmı inşa edilen bu tip santrallerin yapımına 1972 yılına kadar değişik kuruluşlarca devam edilmiştir. Önceleri enerji üretimi için yaygın bir biçimde kullanılan küçük hidroelektrik santraller, 1960’lı yıllardan sonra yerlerini büyük boyutlu baraj ve hidroelektrik santrallere bırakmışlardır.

Geçmiş yıllarda büyük kapasiteli hidroelektrik santrallerin inşa edilerek biran önce ekonomiye kazandırılmasına önem verildiği için üzerinde çok fazla durulmayan nehir tipi HES’ler, ülkemizin topoğrafik ve hidrolojik şartları dikkate alındığında geliştirilmesi gereken bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim dünyada da kolay inşa edilmeleri, çevreye olumsuz tesirlerinin ihmal edilebilir düzeyde olması ve kırsal kesimde sosyoekonomik yapının iyileştirilmesine katkıda bulunmaları sebebiyle, küçük hidroelektrik santrallerin geliştirilmesine yönelik artan bir eğilim gözlenmektedir.

Türkiye genelinde henüz etüdü yapılmamış 1-30 MW arası küçük tesislerden minimum 10-15 milyar kWh/yıl, kanal ve barajlara konulacak türbinler yoluyla da 3-5 milyar kWh/yıl elektrik üretilbileceği tahmin edilmektedir. Örnek olarak iyidere alt havzasında geliştirilen hidroelektrik santral projelerine göz atılabilir. Bu havzada 2 si işletmede, 7 si lisans almış ve diğerleri lisans alma ve planlama aşamasında olmak üzere 21 adet projede 674 MW kurulu güç ve 2509 GWh/yıl elektrik enerjisi üretim kapasitelidir (Oğuz, 2008).

3.5.5. Küçük hidroelektrik santrallerin üstünlükleri

1. Ulaşımı güç olan ve ulusal sistemden beslenemeyen kırsal bölgelerdeki köy ve diğer yerleşim birimlerinin enerji ihtiyacının karşılanmasında küçük hidroelektrik santraller önemli

rol oynamaktadır. Bu tesisler, söz konusu bölgelerin sosyoekonomik ve kültürel gelişimlerinin hızlanmasına da destek olmaktadır.

2. Küçük hidroelektrik santrallerin türbin-jeneratör gruplarının standartlaştırılmaları kolaydır. Böylece ilgili teçhizatın yapımı çok ekonomik hale gelir ve işletme - bakım problemleri asgari düzeye iner. Türbin-jeneratör ve transformatörün bir blok halinde ve otomatik işler şekilde yapılmasıyla, aynı bölgedeki çok sayıda santral bir tek teknisyen tarafından kontrol edilebilir. Bunun neticesi olarak işletme maliyeti azalır.

3. Ülkemizde su türbinleri imalatı ile ilgili sanayi kurma çalışmaları günümüzde son aşamaya ulaşmıştır. Mini, mikro ve hatta küçük hidroelektrik tesislerin makinelerinin tümünün ülkemiz imkânlarıyla, döviz sarf etmeden imal edilebileceği ispatlanmıştır. Küçük kapasiteli ünitelerin imal edilmesiyle bu konuda bilgi birikimi artacak ve yakın bir gelecekte daha büyük kapasiteli ünitelerin imalatı tamamen yerli imkânlarla gerçekleştirilebilecektir.

4. Küçük hidroelektrik santraller, toplam yatırım bedelleri az olduğundan kısa sürede inşa edilebilmektedirler.

5. Yakıtlı santrallere nazaran düşük işletme maliyeti ile elektrik enerjisi üretmektedirler.

6. Küçük hidroelektrik santrallerde (KHES) üretilen enerji genellikle bölgede kullanıldığı için uzun iletim hatlarına ihtiyaç duyulmamaktadır.

7. Çevre problemlerinin önemi günümüzde herkes tarafından daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Bütün hidrolik kaynaklar gibi küçük hidroelektrik santrallerin de çevre kirliliğine katkısı yok denecek kadar azdır.

8. Ucuz ve hizmet süreleri uzundur. İyi tasarlanmış bir KHES çevresi ile bütünleştirilebilmekte ve çevre üzerinde yok denecek kadar az olumsuz etki yaratmaktadır. KHES'lerde suyun tutulması, basit yapılarla gerçekleştirilebilmektedir. Bu tutulan su küçük bir cebri boru ile türbine yönlendirilmekte ve türbinden çıkan temiz su santralin mansabında akarsuya geri bırakılmaktadır. Türbinler ve diğer elektromekanik teçhizat, suyu kirletebilecek yağ sızıntılarını engellemek için kapalı bir sistemde çalıştırılmakta ve iyi bir şekilde yalıtılmaktadırlar. Suyun bir kısmı, su tutma havzası ile türbin deşarj noktası arasında akacak şekilde tutularak yerel ekosistem korunur. Ayrıca KHES'ler elektrik üretmek için sulama barajlarının, içme suyu şebekelerinin ve sulama kanallarının çıkışında kurulabilmektedir.

3.5.6. Depolamalı (Barajlı) HES ler

Depolamalı sistemde suyun önü bir baraj ile kapatılarak, barajın gerisinde bir rezervuar oluşturulur. Böylece, yağışlı sezonda akarsuyun debileri bu rezervuarda biriktirilir. Yağışsız ve kurak sezonda ihtiyaç duyulan su eksikliği bu birikmiş su hacminden temin edilir. Ayrıca, rezervuarda biriken sular baraj yüksekliğine yakın bir düşü de kazanarak potansiyel enerjilerini artırmış olurlar. Bilindiği gibi enerji üretimi düşü ile debinin çarpımıyla doğru orantılıdır. Debi veya diğer taraftan düşü ne kadar artarsa, üretilecek enerji de o kadar artar.

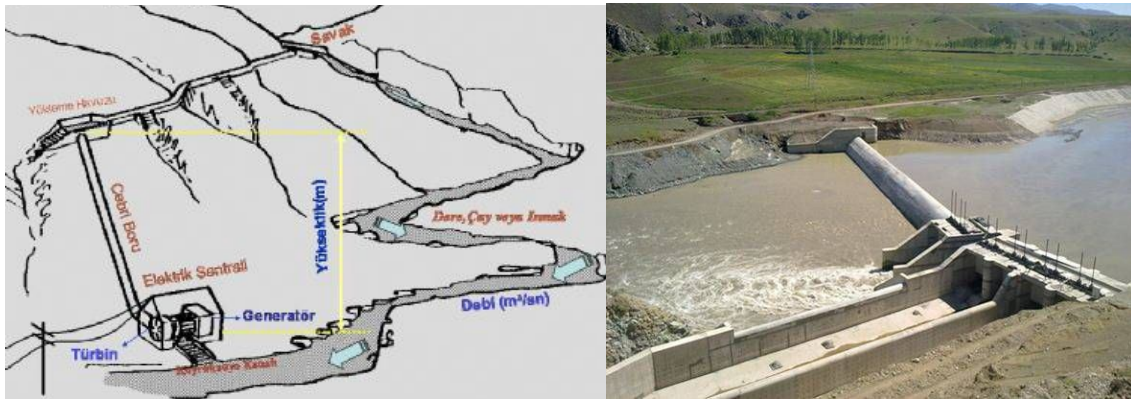
Barajların en büyük avantajı, debi düzenlemesidir. Depolamalı hidroelektrik santrallerde zaman içinde rastgele bir değişken niteliğinde olan akım (debi), depolama yapılmak suretiyle düzenlenmekte ve bu düzenli debiyle akarsudan elde edilen güvenilir enerji büyük ölçüde artmaktadır. Debi düzenlemesi yalnız enerji barajlarının değil, içme suyu ve sulama maksatlı barajların da sağladığı çok önemli bir faydadır. Bu hizmeti sağlayacak barajlardan başka bir tesis yoktur. Barajlar bu debi düzenlemesini mevsimler arasında (yağışlı mevsimde biriktirip kurak mevsimde su vermek) yaptıkları gibi, yıllar arasında da (yağışlı yıllarda biriktirip kurak yıllarda su temin etmek) yapabilirler.

3.5.7. Nehir tipi (Regülâtör) HES ler

Nehir Tipi Santrallerde akarsuyun üzerine yapılan bir regülâtör (düzenleyici) ile su seviyesi bir miktar kabartılır (Şekil 3.19). Böylece debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay alınması sağlanır, hem de bir miktar düşü kazanılmış olur. Bu tip tesislerde debi düzenlemesi olmaz. Santralin üreteceği elektrik enerjisi mevsimlere bağlı olarak değişir. Üretilecek güvenilir enerji akarsuyun doğal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlıdır, dolayısıyla küçük bir miktardır. Üretilen elektriğin büyük bir kısmı ikincil enerjidir. Oysa depolamalı baraj tesislerinde, tam tersine, üretilen elektriğin büyük bir kısmı güvenilir enerji olur. Eğer Nehir Tipi Santrallerin membaında büyük barajlar varsa, o barajların rezervuarlarında sağlanan debi düzenlemesinden mansaptaki nehir tipi santraller de istifade ederler. Bu durumda onların ürettiği güvenilir enerji de büyük miktarda artar.

Nehir Tipi Santraller başlıca iki kısma ayrılabilirler:

- 1) Hidroelektrik santralin regülatöre bitişik olması hâli: Bu durumda düşü regülatör yüksekliği ile sınırlı, dolayısıyla küçüktür. Üretilecek enerji miktarı daha çok akarsuyun debisine bağlıdır. Bu tip tesislerde negatif çevre etkisi sıfır olur.
- 2) Hidroelektrik santralin mansapta belli bir mesafede olması hâli: Bu durumda türbin debileri regülatörden santrale bir isale kanalı veya tüneli ile iletilirler. Kanal ise bir Yükleme Odası, tünel ise çok zaman bir Denge Bacası yapılır. Yükleme Odası veya Denge Bacasından sonra debiler santrale Cebrî Borularla iletilirler (Şekil 3.19). Bu ikinci şıkkı yapmanın gerekçesi düşüyü, dolayısıyla enerji üretimini artırmaktır. Arazinin topografyasına ve isale kanalının veya tünelinin uzunluğuna bağlı olarak düşü az veya çok artar.



Şekil 3.19. Nehir tipi hidroelektrik santralinin genel görünümü ve nehirde suyun alındığı yapı

Dere yatağındaki “fauna”(hayvan varlığı) ve “flora”yı (bitkiler) korumak için, en kurak zamanda bile dere yatağına bir miktar su bırakmak gereklidir ve bu miktarın ne kadar olacağı ülkemizde yönetmeliklerle belirlenmiştir. Nehir tipi santrallerin ilk yatırım masrafları düşüktür. İşletme ve bakım masrafları cüz’idir. Bu sebeplerden dolayı ürettikleri enerjinin maliyeti düşük olur (Oğuz, 2008). Tipik bir 26 MW’lık nehir santrali, yıllık 80 milyon kWh yeşil enerji üretir ve bu da yaklaşık 47.000 ton karbondioksit az salınımı ya da bir başka ifadeyle 9.000 aracın trafikten çekilmesine eşdeğerdir (www.bcenergyblog.com).

3.5.8. Küçük su türbinlerinin kullanıldığı Dünya’da nehir tipi HES’ler

Dünyada birçok ülkede nehir tipi santral inşaatı sürmektedir (Şekil 3.20). Örneğin Kanada’da inşa edilen Bute Inlet projesi, 3 adet nehir tipi HES ile 1027 MW kurulu güce

sahiptir. Yine British Columbia bölgesinde 700 MW’lık Klinaklini–Knight, 196 MW’lık East Toba Montrose, 195 MW’lık Forrest Kerr, 180 MW’lık Toba Powell–Jervis ve 121 MW’lık Knight Inlet diğer büyük kapasiteli nehir tipi HES projesi örnekleridir (Anonim, 2011).



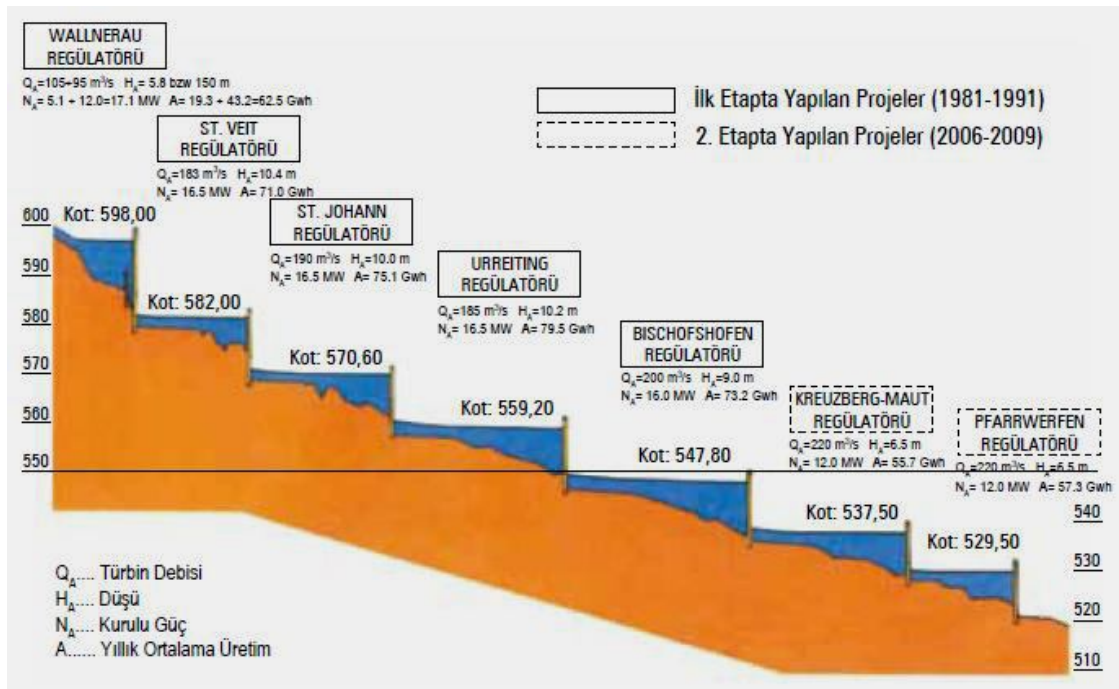
Şekil 3.20. Nehir tipi hidroelektrik santralde nehirten suyun alındığı, iletildiği yapı ve santral binası

Büyük nehirlerin hidroelektrik potansiyelinin geliştirilmiş olduğu ve toplam enerji üretiminin %95’i hidroelektrikten sağlanan Norveç’te 4000’e yakın nehir tipi hidroelektrik santral mevcuttur (Anonim, 2011). Fransa’da sadece Rhone Nehri ve kolları üzerinde 1937-1986 yılları arasında 19 adet baraj ve HES inşa edilmiştir (Çizelge 3.20). Aynı nehir üzerinde 22 adet nehir tipi HES bulunmaktadır. Almanya’da büyük ölçekli HES’lerin %20’si depolamalı, %80’i ise nehir tip hidroelektrik santraldir.

Çizelge 3.20. Bazı Avrupa ülkelerinde nehir tipi HES’lerin yeri

	Toplam Hidroelektrik (GW)	Toplam Kapasite içinde Hidroelektriğin Payı (%)	Nehir Tipi HES (GW)
Fransa	24.3	22.1	10.8
İtalya	19.8	27.5	8.2
İspanya	16.3	35.4	6.1
Avusturya	11.7	67.7	5.5
İsviçre	13.8	77.2	4.0
Portekiz	4.3	45.5	3.1
Almanya	8.3	8.4	2.7

Avusturya'da inşa edilmiş pek çok büyük barajlar ve yüksek düşülü hidroelektrik santraller yanında, çok sayıda Nehir tipi HES de geliştirilmiştir. Bunlardan ilginç bir örnek Salzach çayının orta mecrasında zincirleme olarak inşa edilen ve toplam kurulu gücü 106,6 MW olan toplam 7 santraldir (Şekil 3.21) (Anonim, 2011). Projenin birinci etap inşaatının başında 1984 yılında, bazı sivil toplum kuruluşları bölgeye gelip HES projelerine yönelik protestoda bulunmak istemişler, ancak yöre halkı projelerin ucuz enerji temini ile yöre halkına istihdam sağladığını belirterek bunu dirençle karşılamıştır.

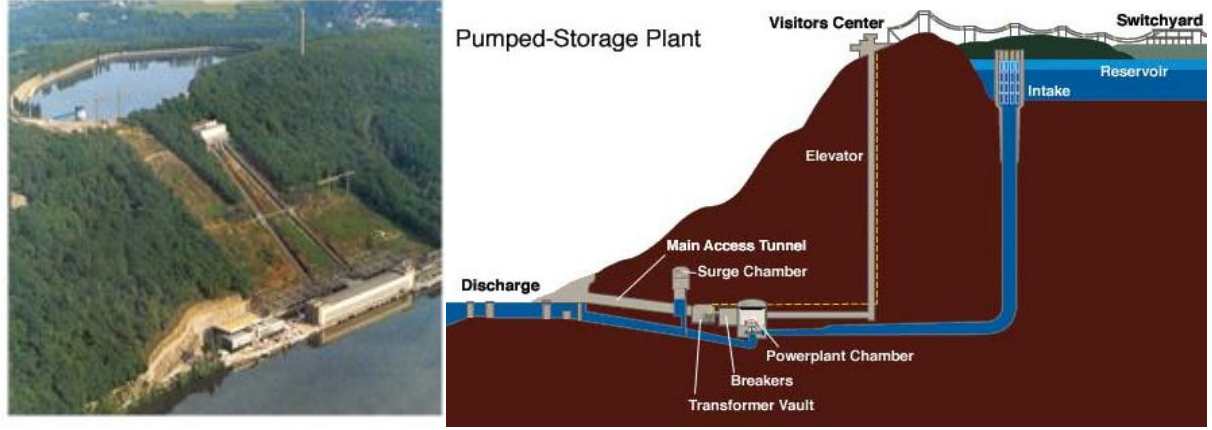


Şekil 3.21. Avusturya Salzach çayına zincirleme olarak inşa edilen toplam kurulu gücü 106,6 MW olan 7 santral

3.5.9. Pompajlı rezervuarlı hidroelektrik santraller

Hidroelektrik santrallerin bir çeşidi de pompajlı depolamalı santraller olup, amaçları enerji talebinin düşük olduğu saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile suyu pompalayarak bir Üst Rezervuarda depolamak ve enerji ihtiyacının fazla olduğu saatlerde biriktirilmiş suyu Üst Rezervuardan Alt Rezervuara akıtırken türbinden geçirerek hidroelektrik enerji elde etmektir (Şekil 3.22). Gerçekte pompajlı depolamalı santraller ülkenin toplam enerji üretimini artırmazlar, sadece kullanılmayan, ziyan olan enerjiyi enerjinin en kıymetli, en pahalı olduğu zamana taşıyarak arz-talep dengesini sağlamaya hizmet ederler. Bu tip santraller gelişmiş

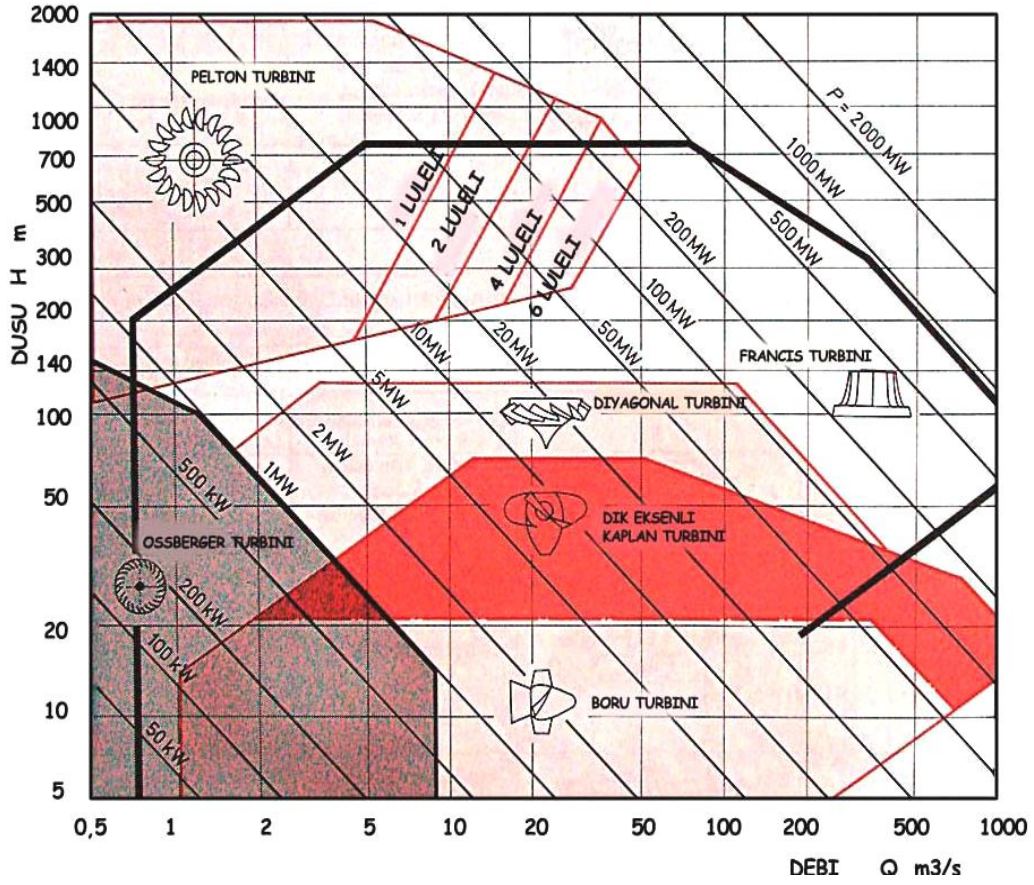
sanayi ülkelerinde 50-60 yıldır yapılmaktadırlar. Ülkemizde de yakın bir gelecekte gündeme gelmeleri beklenmektedir.



Şekil 3. 22. Bir Depolamalı Hidroelektrik santral resmi ve kesit görünüşü

3.5.10. Büyük HES sistemleri ve kullanım potansiyeli

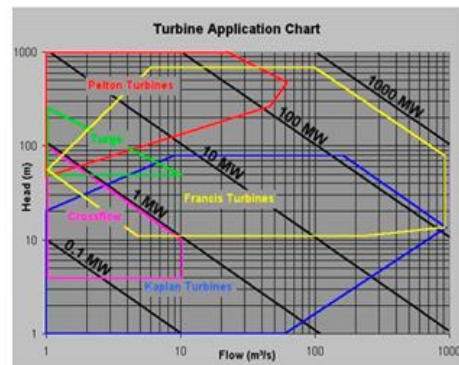
Büyük hidroelektrik sistemleri 10 MW ve üzeri güçlerdeki su türbinlerine sahip HES’lerdir. Bu büyüklükte yapılan türbinlerin yapılma debi ve düşü değerlerini gösteren grafik Şekil 3.23’de gösterilmiştir. Bu grafik kullanılarak herhangi bir baraj veya akarsudan elde edilen debi ve düşü değerlerine en uygun türbin tipi seçimi yapılabilir. Seçilen türbin tipi için tasarım ve projelendirme işlemleri yapılır. Grafik 5-2000 m düşü, 0,5-1000 m³/s debi ve 50 kW-2000MW türbin gücü değerleri aralığındadır. Genel olarak büyük HES’lerde kullanılan büyük türbinler Pelton, diyagonal akışlı Francis (Deriaz), Francis, Kaplan ve boru tipi eksenel (Uskur) türbinlerdir. Bu türbinlerin genel özelliklerinden aşağıda bahsedilecektir. 10 MW gücün üzerinde türbinlere sahip HES’ler DSİ ve EİEİ gibi devlet kuruluşları tarafından geçmiş yıllarda büyük baraj ve nehir santralleri olarak kurulmuş ve Türkiye’nin büyük hidroelektrik potansiyeli değerlendirilmiştir.



Şekil 3.23. debi ve düşü değerlerine göre uygun türbin tipini belirleme grafiği

Kaplan (Dik-Yatay Eksenli (Boru) Türbini Düşüsü (H): 5 – 75 metre

Kaplan Türbin Çalışma Teorisi: Kaplan Türbinleri akışın içeriye çekilerek oluşan kuvvetin tepkimesi ile çalışan türbinlerdir. 20–1000 m³/s debi ve 10-200 MW güç aralığında yapılırlar.

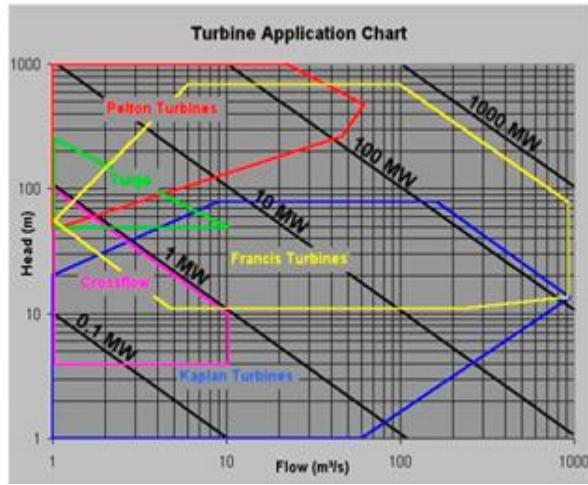


Şekil 3.24. Kaplan türbini genel görünümü ve türbin uygulama aralığı grafiği

Kaplan Türbinin giriş ağzının ve türbin kanatlarının çeşitli geometrik yapıları belirli bir akış aralığı için verimli çalışmasına imkân tanır. Kaplan türbinlerin verimlilikleri normal şartlarda % 90'ların üzerinde olmakla beraber, çok düşük düşülerde bu verim değeri çok daha az olacaktır. 20 m düşüye kadar boru türbini şeklinde yatay eksenli olarak yapılır.

Francis-Deriaz Türbin Potansiyel Enerji Düşüsü (H) : 30 – 700 metredir.

Francis Türbin Çalışma Teorisi: Francis Türbinleri akışın oluşturduğu karşı tepki ile çalışan türbinlerdir. Yarı eksenel (diyagonal) olanlar Deriaz türbini olarak türbin kanatları ayarlanabilir şekilde yapılırlar. Francis Türbini yüksek basınç su kaynağı ile düşük basınç su çıkışı arasında, genellikle barajın tabanına yerleştirilmiştir. Türbin girişi spiral şeklindedir. Ayar Kanatları suyu teğetsel olarak türbin çarkına doğru yönlendirir. Bu ayar kanatları farklı debi koşullarına göre ayarlanarak türbinin verimli çalışmasına imkân tanır. Büyükleri 10-1000 MW'a yakın güç aralığında yapılırlar.

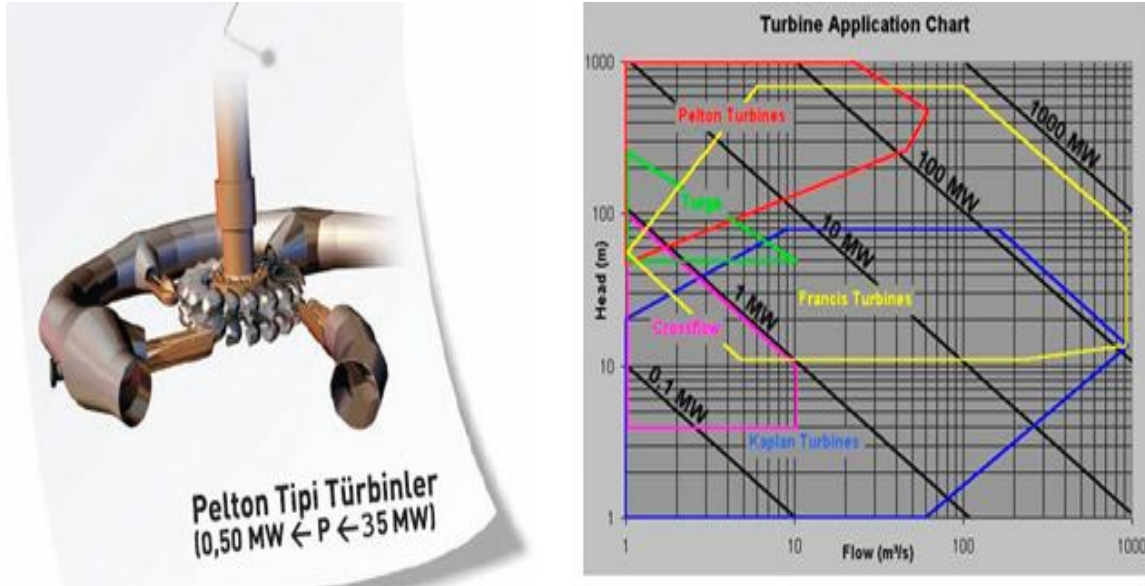


Şekil 3.25. Francis türbini genel görünümü ve türbin uygulama aralığı grafiği

Pelton Türbin Potansiyel Enerji Düşüsü (H) : 200 – 1950 metredir.

Pelton Türbin Çalışma Teorisi: Su çarkın yörüngesine teğetsel olarak akar. Püskürtme borularının ağzından yönlendirilen kuvvetli su akışına karşı yerleştirilen Pelton Türbinin çarkının kenarları üzerinde monte edilmiş bir seri kaşık şekilli kepçelerin döndürülmesi ile hareket gerçekleştirilir. Su Jetinin çarkın üzerindeki kepçelere çarpması ile kepçeler üzerinde bir basınç oluşur ve suyun hızı u-dönüş yaparak düşerek kepçelerin diğer tarafına doğru düşük

hızda akar. Bu işlem, suyun momentum etkisinin türbine aktarılması olarak tanımlanmaktadır. Büyükleri 10-300 MW güçlerde yapılırlar



Şekil 3.26. Pelton türbini genel görünümü ve türbin uygulama aralığı grafiği

3.6. HES Sistemlerinin Üretilmesi ve Üretilen Elektrğin Satılması İle İlgili Mevcut Standartlar, Kanun, Yönetmelik ve Tüzükler

Bu konudaki kanun yönetmelik ve tüzüklerin sadece başlıkları, numaraları, kabul tarihleri, amaç ve kapsamı verilecektir (Çizelge 3.21-3.24). Ayrıca kaynaklara eklenecek, istenirse elektronik ortamda sunulacaktır.

Çizelge 3.21. HES'ler ile ilgili kanun yönetmelik ve tüzüklerin listesi (<http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/kanunlar>)

Kanun No	Kabul Tarihi	Açıklama	Sayfa sayısı
4628	20.02.2001	Elektrik Piyasası Kanunu	40
5346	10.05.2005	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	11

3.6.1. Elektrik Piyasası Kanunu (Kaynak: <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/kanunlar>)

Kanun Numarası : 4628

Kabul Tarihi : 20/2/2001

Yayımlandığı Resmi Gazete : 3/3/2001 tarih ve 24335 Mükerrer sayı

BİRİNCİ KISIM

Genel Hükümler

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Tanımlar

Amaç, kapsam ve tanımlar

MADDE 1– (1) Bu Kanunun amacı; elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanmasıdır.

(2) Bu Kanun; elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan satışı, perakende satışı, perakende satış hizmeti, ithalat ve ihracatı ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini, Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumunun kurulması ile çalışma usul ve esaslarını ve elektrik üretim ve dağıtım varlıklarının özelleştirilmesinde izlenecek usulü kapsar.

3.6.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Kaynak: <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/kanunlar>)

Kanun Numarası : 5346

Kabul Tarihi : 10/5/2005

Yayımlandığı Resmi Gazete : 18/5/2005 tarih ve 25819 sayı

Amaç

MADDE 1- (1) Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının

azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Kapsam

MADDE 2- (1) Bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar.

3.6.3. Elektrik Piyasası Yönetmelikleri

Çizelge 3.22. Elektrik Piyasası Yönetmelikleri (Kaynak: <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/yonetmelikler>)

►Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası Serbest Tüketici Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası İthalat ve İhracat Yönetmeliği
► Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği
► Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği
►Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği
►Elektrik Enerjisi Talep Tahminleri Hakkında Yönetmelik
►Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik
►Elektrik Piyasasında Dağıtım Sisteminde Sunulan Elektrik Enerjisinin Tedarik Sürekliliği, Ticari Ve Teknik Kalitesi Hakkında Yönetmelik
►Elektrik Piyasasında Yapılacak Denetimler İle Ön Araştırma ve Soruşturmalarda Takip Edilecek Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik
►Elektrik Piyasasında Birden Fazla Piyasa Faaliyetini Sürdürmekte Olan Tüzel Kişilerin Mevcut Sözleşmelerinde Yapılacak Tadillere ve İletim Faaliyeti ile Vazgeçilen Faaliyetlerin Devrine İlişkin Yönetmelik
►Organize Sanayi Bölgelerinin Elektrik Piyasası Faaliyetlerine İlişkin Yönetmelik
►Elektrik Piyasasında Dağıtım Sistemi Yatırımlarının Düzenlenmesi Ve Planlardaki Gerçekleşmelerin Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik
►Elektrik Piyasası Yan Hizmetler Yönetmeliği
►Elektrik Piyasası Aydınlatma Yönetmeliği
►Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik
►Elektrik Piyasasında Faaliyet Gösteren Üretim ve Dağıtım Şirketlerinin Lisansları Kapsamındaki Faaliyetlerinin İncelenmesine ve Denetlenmesine İlişkin Yönetmelik

3.6.4. Elektrik Piyasası Tebliğleri

Çizelge 3.23. Elektrik Piyasası Tebliğleri (Kaynak: <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/tebliğler>)

▶ 20 Dağıtım Şirketinin İlk Uygulama Dönemine İlişkin Gelir Düzenlemesi Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Dağıtım Bölgelerinde Uygulanacak Fiyat Eşitleme Mekanizması Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Piyasasında Perakende Satış Sözleşmesi Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Enerjisi Üretmek Amacıyla Aynı Bölge ve Aynı Kaynak İçin Yapılmış Birden Fazla Lisans Başvurusu Olması Halinde Seçim Yapılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Piyasasında Mali Uzlaştırma Yapılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğ
▶ Elektrik Piyasasında Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ
▶ Rüzgâr ve Güneş Ölçümlerine İlişkin Tebliğ
▶ Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği Tebliğleri
▶ Elektrik Piyasası Kanununun 11 inci Maddesi Uyarınca Uygulanacak Para Cezaları Hakkında Tebliğ

3.6.5. Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesisleri İçin Elektrik Alış Fiyatları ve Yerli Katkı İlaveleri

5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”da I Sayılı Cetvel: Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesisleri İçin Elektrik Alış Fiyatları(II Sayılı Cetvel) ve II Sayılı Cetvel: Yerli Katkı İlaveleri.

GEÇİCİ MADDE 5 – (Ek: 29/12/2010-6094/7 md.) (1) Bu Kanunun 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmelikler, bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 3 ay içerisinde yayımlanır. YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olmak isteyenler, YEK Belgesi almak ve 6, 6/A, 6/B ve 6/C maddelerinde çıkarılması öngörülen yönetmeliklerin yayımlanmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK’ya başvurmak zorundadır. YEK Destekleme Mekanizmasına 2011 yılında tabi olanların listesi, başvuruların alınmasını takip eden 1 ay içerisinde EPDK tarafından yayımlanır.

Çizelge 3.24. Yenilenebilir Enerji kaynağına dayalı üretime uygulanacak elektrik kWh alış fiyatları (Kaynak: <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/kanunlar>)

I Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Çizelge 3.25. Yenilenebilir Enerji kaynaklarından Hidroelektrik yerli sistem üretimine uygulanacak elektrik kWh alış fiyatı katkı ilavesi

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidroelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0

3.7. HES Sistemleriyle İlgili Alınan “Patentler”, Yasal Teşvikler ve Diğer Ülkelerden Örnekler

3.7.1. Ulusal patent örnekleri

Türk Patent enstitüsü internet sayfasından (<http://online.tpe.gov.tr>) “Su Türbini” başlığı ile yapılan arama sonucunda 9 adet alınmış patent sonucu çıkmıştır. Bunlar liste halinde sayfadan alınmış haliyle verilmiştir (Çizelge 3.26).

Çizelge 3.26. Türk Patent enstitüsü internet sayfasından (<http://online.tpe.gov.tr>) “Su Türbini” başlığı ile yapılan arama sonuçları

1	2009/06343	Su türbini
2	2009/04484	Parçalı banki türbini.
3	2009/00049	100 kw'lık pelton türbini.
4	2008/05633	Kapalı kanal içerisinde bulunan suyu dışarıya sızdırmadan elektrik üretimi
5	2006/00993	Dikey eksenli su akımı türbini
6	2010/09725	Bir mil için, bilhassa bir su türbininin mili için eksenel yatak.
7	92/00898	İki zamanlı pistonlu su türbini
8	2005/04639	Açık yada kapalı su havuzlarında kullanılan su gücü ile kaldırma - indirme mekanizması
9	2010/02119	Cebri borular için otomatik kapaklı savak sistemi.

3.7.2. Uluslararası patent örnekleri

Su türbinleri ile ilgili uluslar arası patent enstitülerinden alınmış çok sayıda patent bulunmaktadır. Burada bunlardan sadece biri (Francis Pompa-türbini) örnek olarak verilmiştir (Şekil 3.27).

1. Francis Pompa-Türbin patent bilgileri

(12) **United States Patent**
Nakamura et al.

(10) **Patent No.:** **US 7,682,134 B2**
(45) **Date of Patent:** **Mar. 23, 2010**

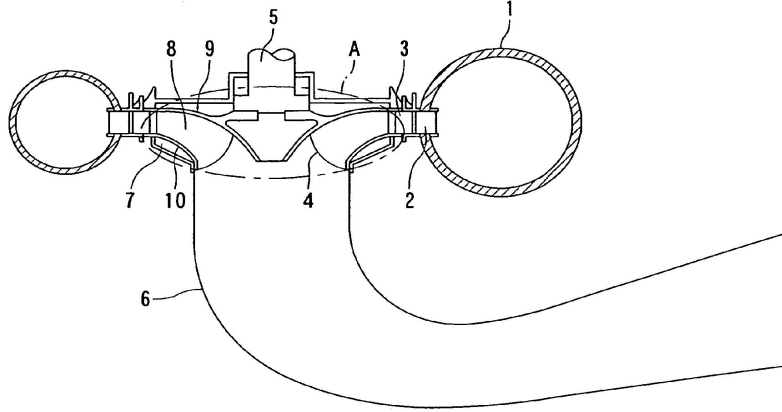
(54) **FRANCIS PUMP-TURBINE**

(75) Inventors: **Kazuyuki Nakamura**, Tokyo (JP);
Kotaro Tezuka, Tokyo (JP); **Toshifumi**
Kurokawa, Tokyo (JP)

2,042,064 A * 5/1936 Kugel 416/188
3,874,819 A * 4/1975 Tamura et al. 416/186 R
6,135,716 A * 10/2000 Bilddal et al. 416/183
2005/0042104 A1 * 2/2005 Enomoto et al. 416/179
2005/0089404 A1 * 4/2005 Enomoto et al. 416/186 R

(73) Assignee: **Kabushiki Kaisha Toshiba**, Tokyo (JP)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

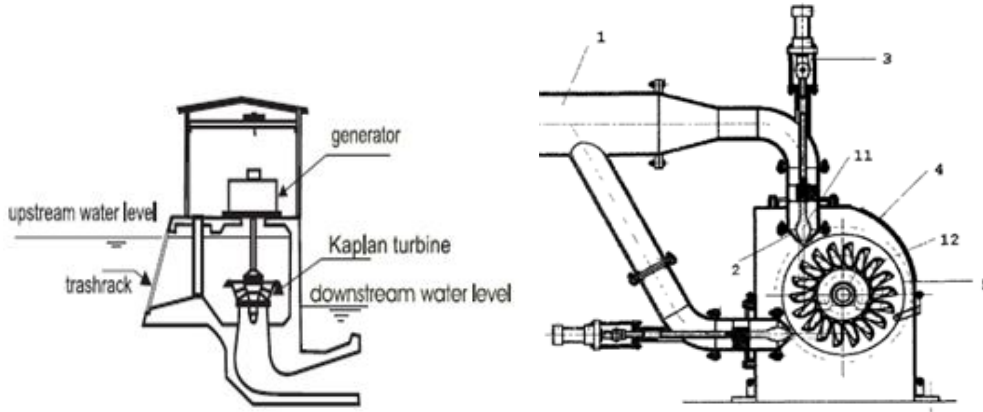


Şekil 3.27. ABD’de 2010 yılında patent alınan Francis Pompa -Türbini kesit görünümü

3.8. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES (Mikro, Mini ve Küçük) Sistem Elemanları

• Türbin Tasarım Özellikleri

Genel olarak 500 kW güce kadar yapılabilen Francis, Kaplan, Pelton, Banki ve Turgo türbinleridir. Bu türbinlerin imalat resimleri ancak projelendirilerek yapılabilir. Bunlara ve parçalarına ait konstrüksiyon örnekleri Şekil 3.28-3.39’da verilmiştir.





Şekil 3.28. Küçük Kaplan türbini, bir ve iki lüleli mikro, mini ve küçük Pelton türbinleri

Pelton türbini tasarım değerleri

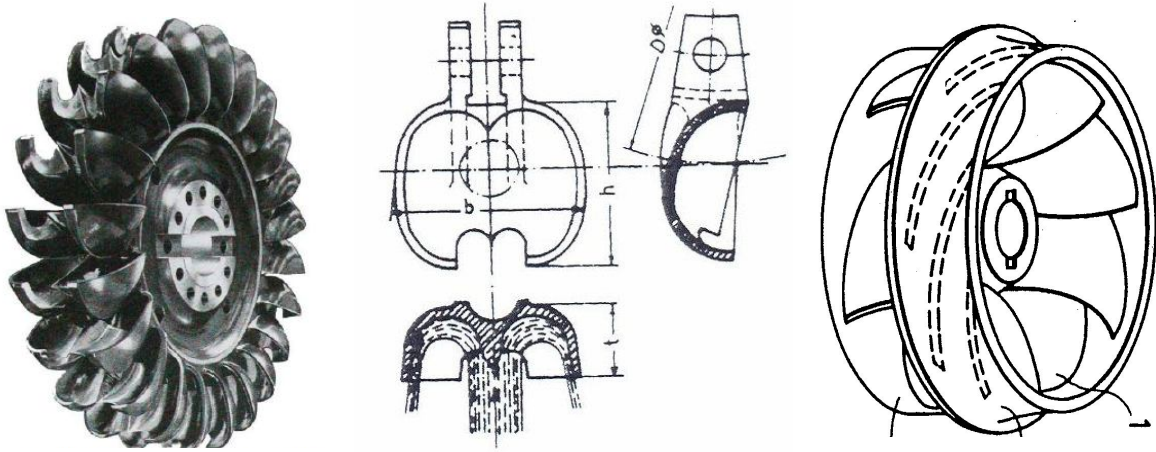
- Genellikle 1–2 lüleli (nozüllü) yatay ve 3–6 lüleli düşey eksenli olarak yapılır.
- 100 – 500 m düşüler için tasarım ve projelendirilir.
- Küçük ve büyük değişkenlik gösteren su debileri için uygundur.
- Lüle çapı 32, 50, 63 ve 80 mm vb. boyutlarda yapılır.
- Çarkın jeneratör mili ile doğrudan bağlantısı veya türbin mili rulmanlarının kendi içinde yerleşimi
- Çark, lüle gövdesi, jet ve lüle iğnesi aşınmaya dayanım için yüksek mukavemetli paslanmaz çelikten yapılabilir.
- Uzun borular ve yüksek basınçlar için – deflektörlü (saptırıcı) tasarım yapılır.



Şekil 3.29. İki adet İki lüleli modüler mini Pelton türbini, kepçeli çarkı ve lülesinin görüntüsü

- **Rotor (çark/kepçe) ve yönlendirme Kanatları Tasarımı**

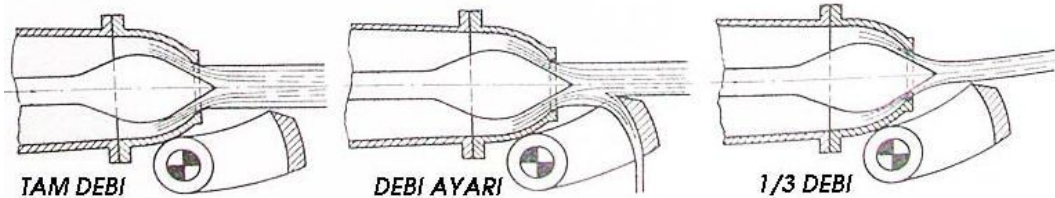
500 kW güce kadar yapılan küçük su türbini çarkları bronz ve çelik alaşımlarından imal edilebilirler.

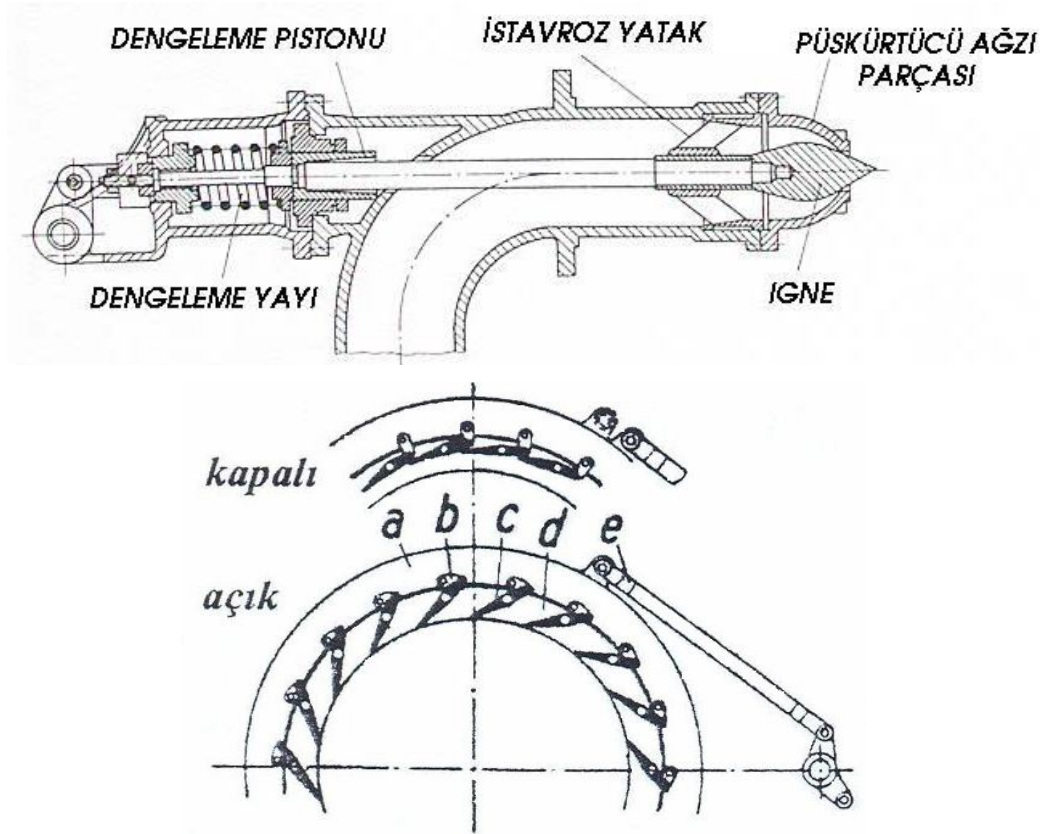


Şekil 3.30. Pelton türbini çarkı, türbin kepçesinin üç görünüşü ve Francis türbini çarkı

- **Kontrolör ve regülatör tasarımı**

Kontrolör ve regülatör su türbinlerinde türbinden istenen güce göre türbine giren su miktarını ayarlayan sistemlerdir. Bu sistem türbinden çekilen güç arttıkça türbinin daha fazla güç üretebilmesi için aşağıdaki şekillerdeki düzeneklerle Pelton türbininde lüle açıklığını artırarak, Francis, Kaplan ve Banki türbininde de ayar kanatları açıklığını artırarak debiyi ve dolayısıyla da gücü artırır. Çekilen güçte düşme olursa sistem tersine çalışarak debi azaltılır. Ayrıca güç azalışını daha hızlı yapmak için püskürtücüden çıkan su huzmesi bir çeldirici ile su kepçelere ulaşmadan saptırılır. Bu sistem eski türbinlerde türbin milinden hareket alan Watt takometreli mekanik-hidrolik sistemlerle, yeni türbinlerde ise elektronik kontrollü-hidrolik sistemlerle yapılmaktadır (Şekil 3.31-3.32).

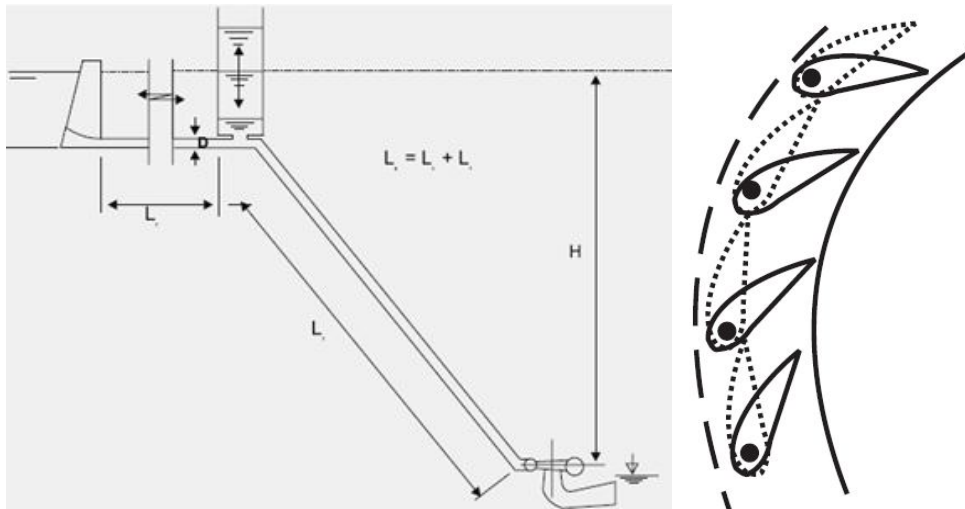




Şekil 3.31. Pelton Türbini lüle çeldiricisi, otomatik lüle debi ayar sistemi Francis debi ayarı görünüşü

- **Suyun yönlendirilmesi için borulama (cebri boru), vana, kapak ve regülasyonu**

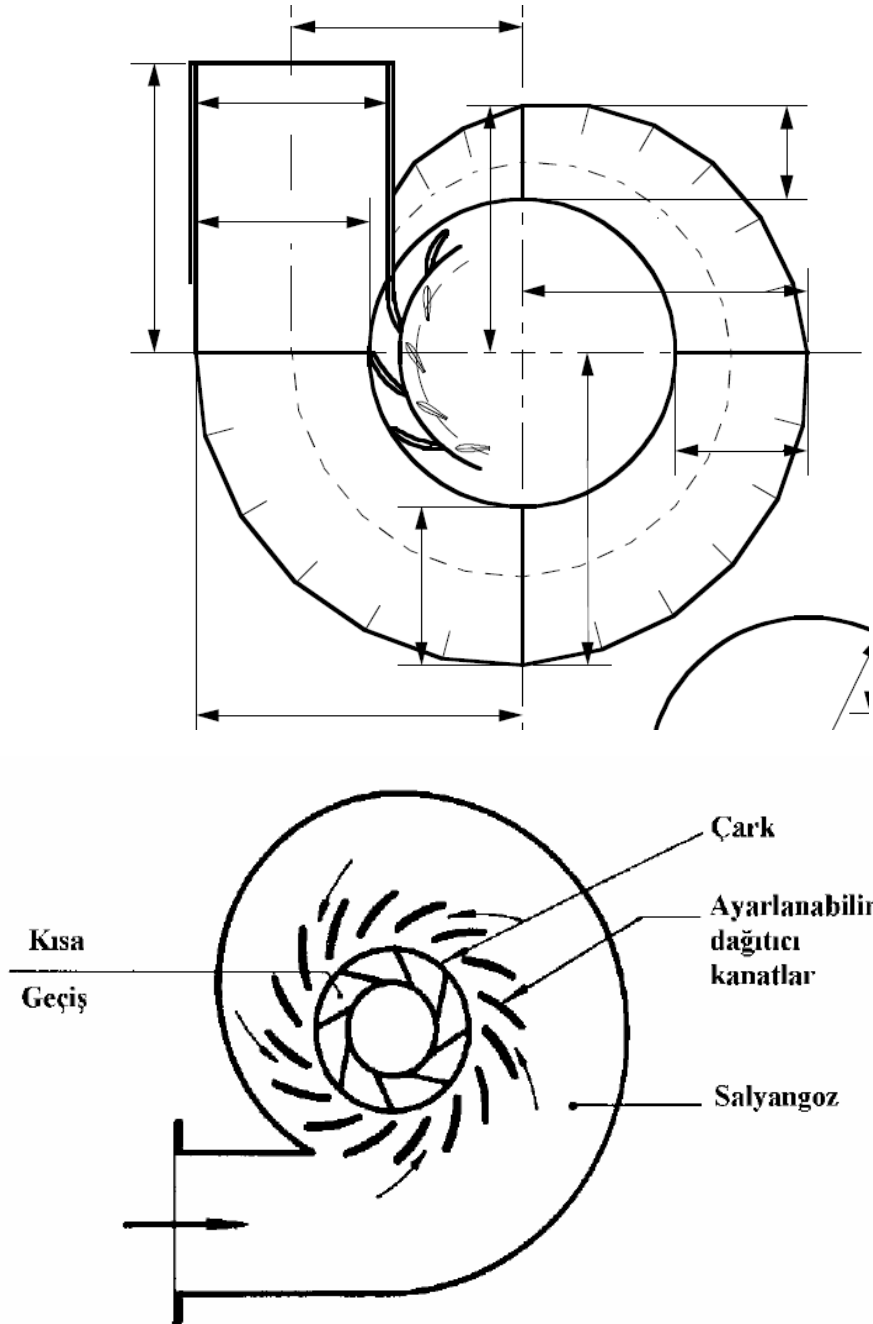
Su türbinlerine suyun getirilmesi için barajlı ve yükleme odalı HES lerde cebri boru kullanılır. Cebri borular, kapak ve ızgara gibi parçalar yeterli kalınlıktaki sacdan kaynak konstrüksiyonlu olarak yapılır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Francis türbini cebri boru, mekanik hız regülasyonu ve yönlendirme kanatları görünüşü

- **Salyangoz veya dış gövde tasarımı**

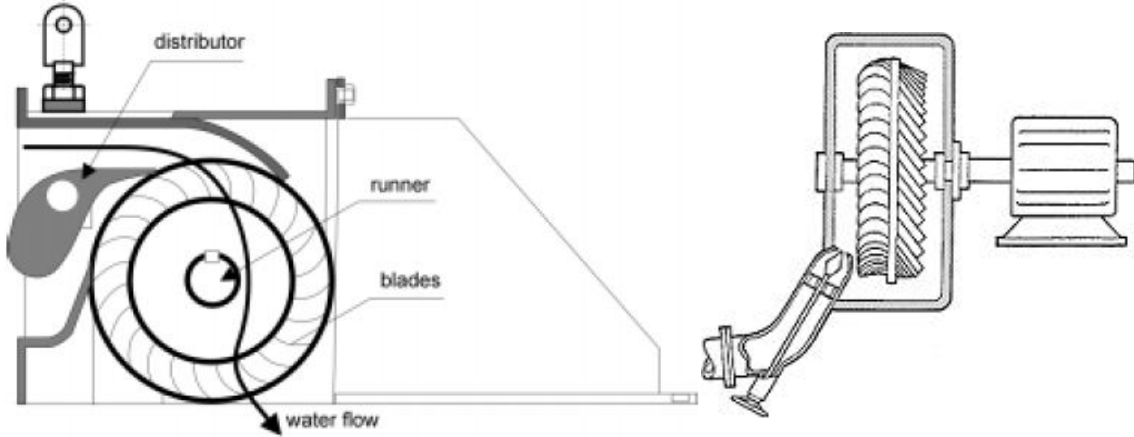
Küçük Francis ve Kaplan türbinleri salyangozsuz olarak yapılırken belli bir güçten büyük olanlar salyangozlu olarak yapılırlar. Salyangoz tasarımı ve projesi yapıldıktan sonra imalatı döküm veya kaynak konstrüksiyonu ile yapılabilir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Francis /Kaplan yatay ve düşey eksenli türbini salyangoz ve yönlendirme kanatları debi ayar sistemi görünüşü

Banki (Ossberger) ve Turgo Türbin Gövdesi Tasarımı

Aksiyon türbinleri olan Banki ve Turgo türbinlerinin gövdesi darbelere ve dona karşı dayanıklılık için çeliğinden üretilir.



Şekil 3.34. Banki türbini çark ve yönlendirme kanadı, sağda Turgo türbini lüle, çarkı ve komple görünüşü

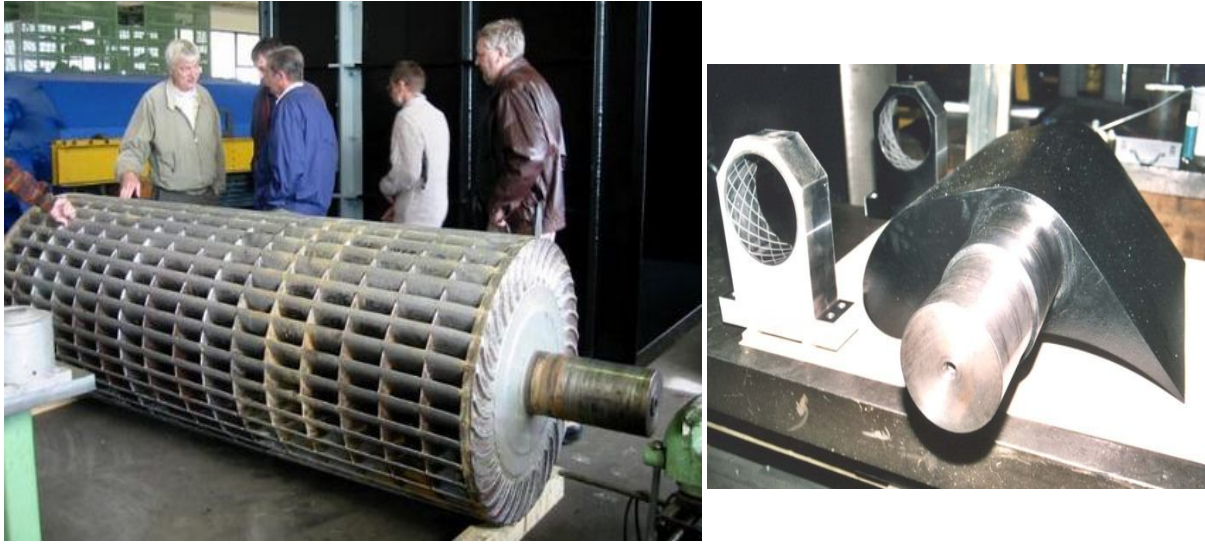
Banki (Osberger) Türbini

Türbin basit bir yapıya sahiptir. Uzun yıllar güvenilir çalışma için tasarlanır ve bakım için özel bir madde ve alet gerektirmez.

Türbinin tasarım alanları:

- Düşü yüksekliği: $H = 3- 200 \text{ m}$
- Debi: $Q = 0,03- 13 \text{ m}^3/\text{s}$
- Güçler: $N = 5- 3000 \text{ kW}$

Akış türbini radyal, hafif basınçlandırılmış, çark kanatlarına teğetsel püskürtmeli, yatay millidir. Özgül devirlere göre yavaş türbinler arasında sayılır. Su akışı, kanat halkasından çarkın iç kısmına geçer, buradan kanat halkasının içinde ikinci kanal içerisinden çarkın dışına ve türbin altındaki tanka akar.



Şekil 3.35. Banki-Osberger türbini Çarkı, Debi ayar profil yönlendirme kanadı

Banki Türbini Çarkı Tasarımı

Türbinin en önemli parçası çarkıdır. Çark, düzleştirilmiş, çekilmiş, profilli çelikten üretilen kanatlar ile donatılmıştır. Banki türbini çarkı ve debi ayar kanadı (Şekil 3.35), türbin santral çeşitleri ve çark yan disklerinin yapımı Şekil 3.36 de gösterilmiştir. İki taraflı olarak diskler yerleştirilirler ve özel bir işlem ile çark iç disklerine kaynatılırlar. Çarkın, büyüklüğüne bağlı olarak 37 kadar kanadı olabilir. 10 ve 20 kanatlı çark yan diski ve su giriş ve çıkış boruları Şekil 3.37’de gösterilmiştir. Lineer olarak eğik kanatlar sadece çok küçük bir aksenel güç oluşturur, bu sayede zor montaj ve yağlama gerektiren güçlendirilmiş aksiyel rulmanlar gerekli olmaz. Daha geniş çarklarda kanatlar diskler tarafından birkaç kat desteklenir. Çarklar son montaj öncesinde özenle dengelenir ve defektoskopik kontrolden geçer.

Suyun çarkın içerisindeki hareketinin kendiliğinden temizleme etkisi vardır. Suyun çarka girişinde kanatların arasına giren kirlilikler, yarım çark devrinden sonra merkezkaç kuvveti ve akan su tarafından çekilir ve tanka gönderilir.

Eğer su debisi miktarı değişkense, akış türbini iki veya üç bölümlü (hücreli) olarak tasarlanır. Hücrelerin standart bölünmesi 1:2 oranındadır. Dar hücre küçük, geniş hücre orta su akışını işler. İki hücre birlikte tam debi ile çalışır. Bu ayırım sayesinde tam debi ile tam debinin 1/6'sı arasındaki akışlarda optimum verim mümkündür. Banki türbinleri bu şekilde

son derece efektif olarak (%80 üzerinde verimlilik) debileri yüksek değişkenlik gösteren akarsulardan da faydalanabilir.



Şekil 3.36. Banki-Osberger türbini su girişi, türbin gövdeleri Çark kenar parça yapımı

Yataklar (Rulmanlar)

Banki türbinleri silindirik rulmanlar ile donatılmıştır. Bunların türbinde düşük direnç ve kolay bakım gibi avantajları vardır. Rulman yatak kutusu yapısı ile su sızıntıları ve

yağlama maddelerinin su ile teması engellenmiştir. Aynı zamanda çark rulmanlar sayesinde türbin gövdesinde ortalanmıştır. Yıllık yağ değişimi dışında başka bir bakım gerektirmez.

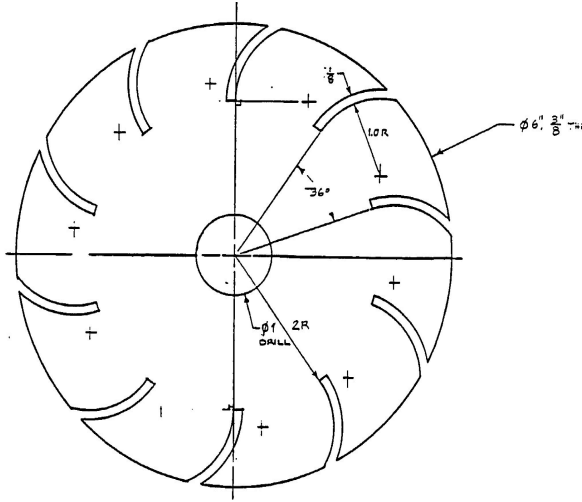


Figure 3.1. Plan for the Side Disk of the 10-Blade Runner

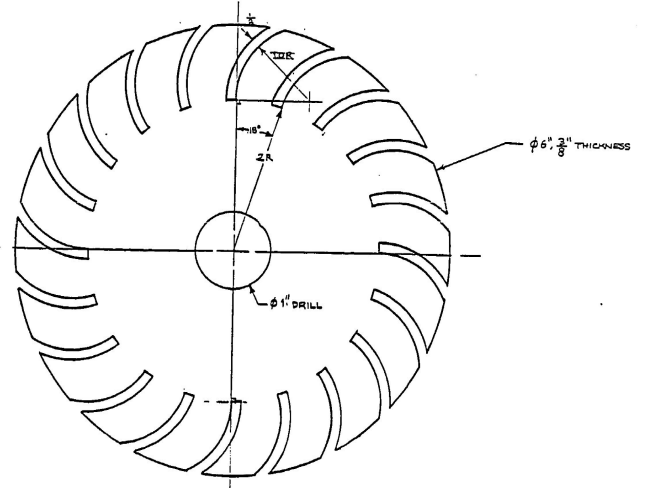
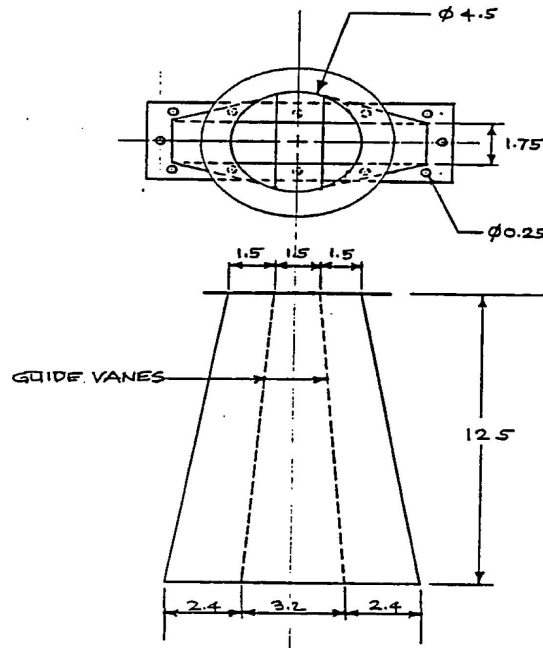


Figure 3.3. Plan for the Side Disk of the 20-Blade Runner

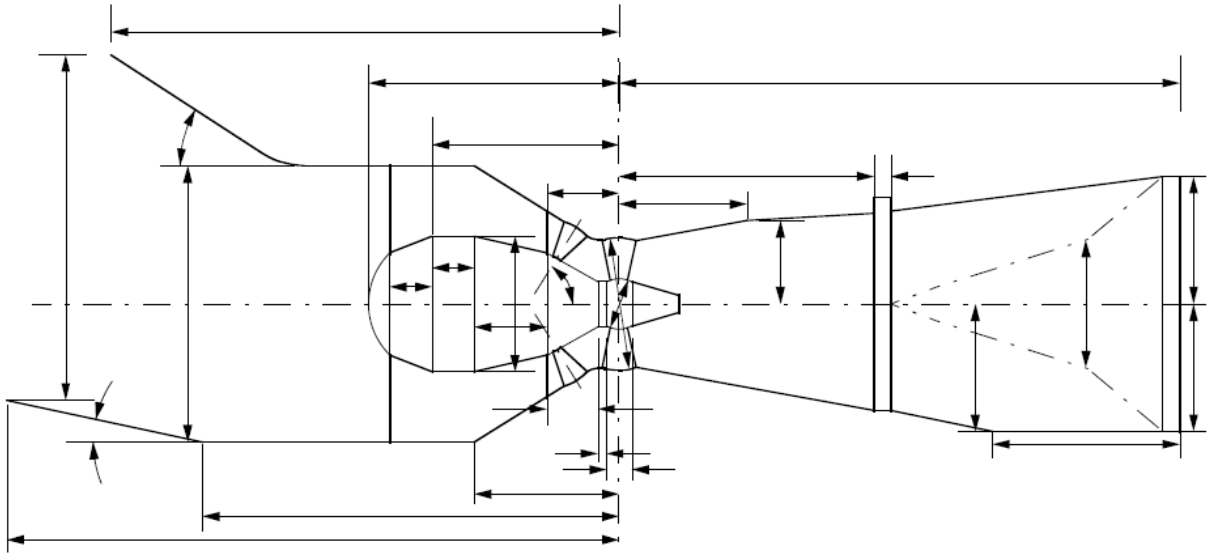
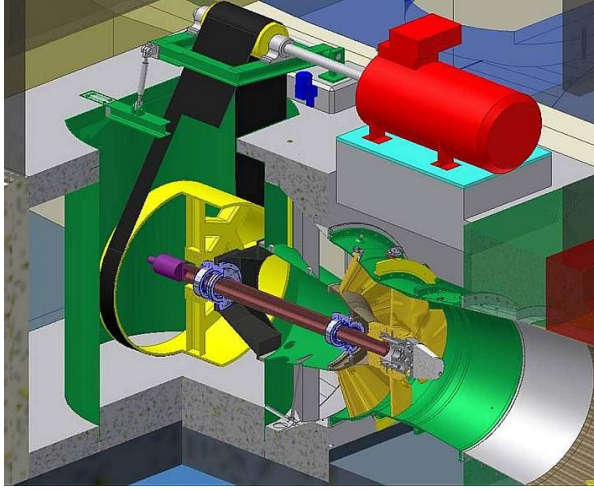
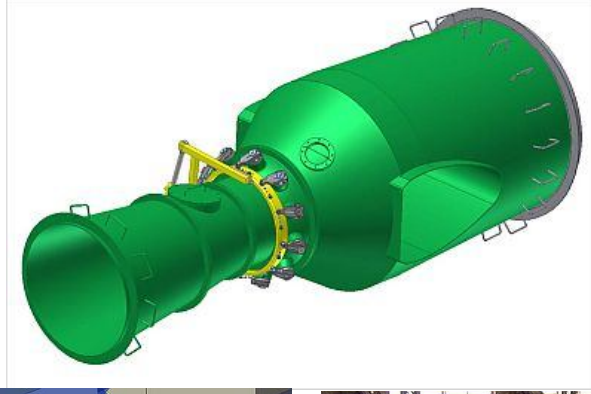


Şekil 3.37. Banki-Osberger türbini 10 ve 20 kanatlı Çark kenar parçaları ve türbin giriş borusu parçası

Kaplan türbini tasarımı

- 1 – 18 m düşü için, Nehir santrallerinde yüksek debiler için tasarlanır.
- Doğrudan akışlı yatay ve dikey tipi tasarım yapılabilir.
- Çark büyüklüğü 500 ila 3200 mm, 4 veya 5 kanatlı olur.

- Çark kanatları bronz veya paslanmaz çelikten imal edilir.
- Modüler yapılarak taşıma ve kolay montaj yapılabilir.
- Şanzıman veya kayış kasnaklı olarak jeneratöre hareket aktarılır.



Şekil 3.38. Küçük Uskur/Kaplan boru türbini gövde, jeneratör, giriş borusu kısımları ve montaj proje boyutları

3.8.1. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarının (Parçalarının) İmalat Prosesleri, Konya ve Türkiye’de İmal Edilebilirlik Durumu

Lisanssız yönetmelikle kullanılabilecek hidrolik türbinlerin büyüklükleri maksimum 500 kW olabilecektir. Bu da su türbinlerinin güçleri bakımından sınıflandırmasında mini türbin güç aralığına girmektedir. Türkiye de bu türbinler bazı özel firmalar ve bir devlet kuruluşu olan TEMSAN tarafından yıllardır üretilmektedir. Konya da bu türbinlerin bilhassa dalgıç, derin kuyu ve santrifüj pompa üreticileri tarafından yapılabilecekleri, hatta bazı pompa üreticileri özel müşteri isteği ile 200 kW güce kadar 2-3 türbin imalatı yapıp çalıştırdıklarını belirtmişlerdir. Bu türbin parçalarının üretim prosesleri aşağıdaki Çizelge 3.27 deki NACE kodlaması gibi yapılabilir.

Çizelge 3.27. Su türbini parçalarının NACE kodları

PARÇA	ALT PARÇALAR	NACE KODU	KOD AÇIKLAMASI
Dişli Kutusu	Dişliler	49.C.28.15.03	Dişliler/dişli takımları, bilyeli ve makaralı vidalar, şanzimanlar, vites kutuları ve diğer hız değiştiricilerin imalatı (motorlu kara taşıtlarında kullanılan vites kutuları ve diferansiyelleri hariç)
	Rulman	49.C.28.15.01	Rulmanlar ve mekanik güç aktarma donanımları imalatı (bilyeli ve makaralı rulmanlar, aktarma milleri (şaftları), kam ve krank milleri, kranklar vb. ile rulman yatakları, düz mil rulmanları vb.)
Türbin Çark (Rotor), Salyangoz, Boru Flanşı	Çark (Rotor)	48.C.28.11.08	Türbin ve türbin parçalarının imalatı (rüzgar, gaz, su ve buhar türbinleri ile su çarkları ve bunların parçaları) (hava taşıtları için turbo jetler veya turbo pervaneler hariç)
	Çark (Rotor)	42.C.24.52.20	Çelik dökümü (yarı mamul çelik ürünlerin dökümü, dökme çelik dökümü, dikişsiz çelik boru ve boru bağlantılarının santrifüjlü dökme yöntemi ile üretimi ve dökme çelik tüp veya boru bağlantılarının imalatı)
	Salyangoz gövde	42.C.24.51.13	Demir döküm (yarı mamul demir ürünlerin dökümü, gri demir dökümü, küresel grafit demir dökümü, dövülebilir dökme demir ürünleri dökümü, tüpler, borular ve içi boş profiller ile dökme demirden tüp ve borular ile bunların bağlantı parçalarının imalatı)
	Boru Bağlantısı, Flanş	42.C.24.55.20	Çelik dökümü (yarı mamul çelik ürünlerin dökümü, dökme çelik dökümü, dikişsiz çelik boru ve boru bağlantılarının santrifüjlü dökme yöntemi ile üretimi ve dökme çelik tüp veya boru bağlantılarının imalatı)
Elektrik Jeneratörü		52.C.27.11.01	Elektrik motorları, jeneratörleri ve transformatörlerin imalatı (deşarj ampulleri ve tüpleri için balastlar, statik konvertörler, endüktörler, güç kaynakları, redresörler, invertörler, akümülatör şarj ediciler, vb. dahil)
Jeneratör, Transformatör	Aksam ve parçaları	52.C.27.11.03	Elektrik motorları, jeneratörler ve transformatörlerin aksam ve parçalarının imalatı

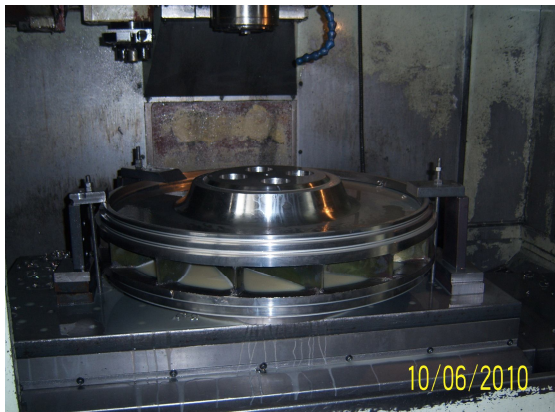
Konya’da HES su türbini ve aksamlarını imal edebilecek firmaların bir kısmı Çizelge 3.28’de verilmiştir. Buradaki firmalardan başka, bu alanda imalat yapabilecek firma olmasına karşın burada tespit edilen firmaların bir kısmı verilmiştir.

Çizelge 3.28. HES su türbinini ve parçalarını Konya'da üretim yapabilecek firmalardan bazıları

	FİRMA ADI	AÇIKLAMA
1.	Akkaya Isı Mak. San. Tic. A.Ş.	Kazan Yakma Sistemleri
2.	Altun Döküm Sanayi A.Ş.	Muh. Döküm, elektrik kesici vb.
3.	Anka Kalıp Ve Üretim San. Aş.	CNCİşleme-KalıpTalaşlı İmalat
4.	Arkoç Metal Vana	Büyük Vana Dökümü
5.	Aydınlar Yedek Parça Otomotiv San.Tic. A.Ş.	Muh. Araç Rot, Rotil imalatı
6.	Ayku İdeal Kalite Otomotiv Krank Şaft İnş. Gıda San. Tic. Ltd. Şti	Mercedes, Man, Scania, Deutz, Daf vb. Krank imalatı
7.	Bağdaş Aliminyum	Alüminyum Levha
8.	Bilir Metalurji	Pik-Sfero Döküm Tek Parçada 2ton Döküm
9.	Çavuşlar Pompa	Dalgıç, Derin Kuyu ve Santrifüj Pompa imalatı
10.	Eem İth. İhr. Paz. Ve Tic. Aş.	Elktrik Elektronik Otomasyon
11.	Erdiren Dişli	Muh. Dişli çark imalatı
12.	Gülmez Makina	CNC İşleme
13.	Hantaş Hidrolik Makina Sanayi Ve Tic. A.Ş	Büyük Tezgah, Hidrolik silindir vb.
14.	Has Pompa Pompa Makinaları San. Tic. Ltd. Şti.	Dalgıç, Derinkuyu, Santrifüj ve Jeotermal Pompalar, Solar pompalar
15.	Işıl Çelik Döküm Ve Otomotiv San. Tic. Ltd. Şti.	Muhtelif döküm işleri
16.	Kağan Döküm Ve Model Sanayi Ticaret Ltd. Şti.	Döküm Sanayi Çinko Bronz Enjeksiyon Savurma San. 652ton/Yıl
17.	Kavutoğlu Pompa Makina San. Tic. Ltd. Şti.	Santrifüj ve muhtelif pompa imalatı
18.	Kayahanlar Makina San.İc Ve Dıs Tic.A.S. Kayahan	Hidrolik silindir vb.
19.	Kayhan Kalıp Hidrolik	Büyük Tezgahlar, Alternatör
20.	Kondöksan Döküm San. Ve Tic. Ltd. Şti.	5400 Ton/Yıl Izgara Çelik Döküm, Dişli Döküm
21.	Konya Enerji	Otomasyon Malzeme
22.	Konya Metalurji	2500kg Kadar Tek Parça Pik.5000ton/Yıl
23.	Küresel Döküm	Tek Parça 3 Ton Çelik 5 Ton Pik 150ton/Ay
24.	Lukas Süt	Çelik Tank
25.	Mor Çelik Çelik Döküm San. Ve Tic. Aş.	Muhtelif döküm işleri
26.	Osr Robotics - Robotlu Otomasyon Sistemleri	Taşıma ve Kaynak Robotları, parçaları
27.	Özden Yem Makina Sanayi Ve Tic. Ltd. Şti.	Yem Makinaları
28.	Öztefken Redüktör Motor Sanayi Ve Ticaret A.Ş.	Motor ve Jeneratör üretimi
29.	Polmot Motor Makine Sanayi Ve Ticaret Ltd. Şti.	Dalgıç Pompa
30.	Samur Elektronik San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Elektrik Otomasyon
31.	Sempa Ltd. Şti.	Pompa
32.	Simya Hidrolik	Hidrolik pompa ve sistemler
33.	Şalt Otomasyon Elek. Elektronik San. Tic. Ltd.Şti	Otomasyon
34.	Tavsan Sac Bombe Üniteleri Ve Aydınlatma San. Tic. Ltd. Şti	Sac Bükme vb. işler
35.	Telefoncular Profil Sanayi Ticaret Ltd. Şti.	Profil Metal Sanayi
36.	Üç-El Paslanmaz	Paslanmaz çelik
37.	Yasinoğulları Elektrik Motorları Ltd.Şti	Elektrik Motor satışı
38.	Yersusan Derinkuyu Su Pompaları İmalatı Ve Sondaj Makina Sanayi A.Ş.	Dalgıç ve Derinkuyu pompa imalatı
39.	Yıldız Pul Otomotiv San. Tic. Ltd. Şti.	Kalıp, Pul, Conta, Sac parçalar
40.	Zafer Dişli Sanayii	Dişli çark yapımı, Dişli Sanayi

3.8.2. Lisanssız Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarını (Parçalarını) Konya'da Üretebilecek Analizi

500 kW güce kadar su türbinin imalatını Konya da dalgıç, derin kuyu ve santrifüj pompa imal eden firmaların büyük bir çoğunluğu imal edebilirler. Çünkü yukarıda belirtilen pompaların çarkları Francis türbin çarkları ile çok benzerdir. Yine eksenel pompa imal eden firmaların pompa çarkları da eksenel türbinler olan Uskur ve boru türbini çarkları ile benzerdir. Salyangozlu eksenel türbinler ve Francis türbinlerinin dış gövdeleri olan salyangoz gövdeleri santrifüj pompa salyangozları ile çok benzerdir. Bu türbin parçaları pompa üreticilerin kendi dökümhanelerinde yapılabileceği gibi döküm işleri yapan diğer firmalara da yaptırılabilirler. Sanayi ziyaretlerinde dökümcülerle yapılan görüşmelerde birçok firmanın 7-10 ton gibi büyük parçaları döküm yapabilecek kapasitede olduklarını belirtmişlerdir. Bunlardan 2. Organize sanayi bölgesindeki bir dökümcünün 3.5 MW kapasitesindeki bir santral için Francis türbini çarkı dökümü ve işlemlerini yaptığı görülmüştür. Yapmış olduğu çark fotoğrafları Şekil 3.39'da verilmiştir.



Şekil 3.39. Konya sanayinde imal edilen Francis türbin çarkı örnekleri

Burada bu sistemleri imal edecek firmaları sınırlayan bir konu da müşteri bulma konusudur. Bu problem bu firmaların HES lisansı alan lisans sahipleri ile anlaşma yaparak ve belli bir risk alarak örnek üretimlerini bu yeni kurulacak HES'lerde deneyerek kendilerini ispatlayarak aşılabilir. Veya bu sahada Türkiye'de yıllardır üretim yapan firmaların deney

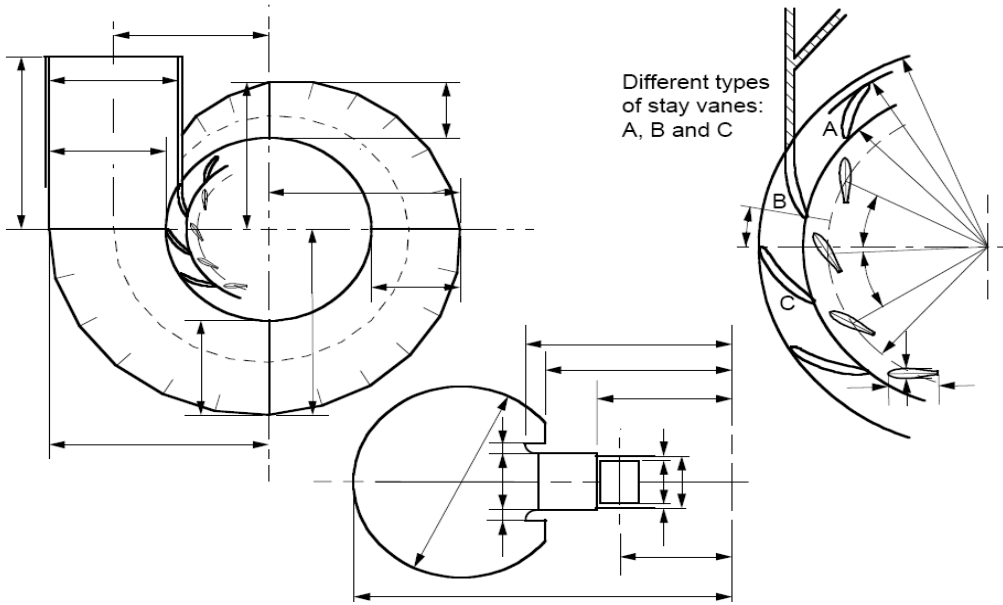
ünitelerini kullanarak imal ettikleri türbin ve sistemleri deneyerek geliştirip, üretimlerine güven sağlayarak piyasada yer edinmelidirler.

3.9. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanları ve Tasarımı

Lisanslı yönetmelikle kurulabilecek hidrolik türbinler 50 kW ile 1500 MW güçlere kadar geniş bir güç aralığında imal edilebilirler. Çünkü lisans alınan HES in büyüklüğüne ve su rejimine göre türbin sayısı birden fazla olabilir. EPDK tarafından verilen üretim lisans bilgileri incelendiğinde 60 kW ile 2400 MW güç aralıklarında değişiklikleri belirlenmiştir. Dolayısıyla 500 kW güce kadar yapılan lisanssız yönetmelikle kurulabilecek hidrolik türbinler büyük oranda lisanslı yönetmelikle kurulabileceklerin içinde kalmaktadırlar. Bundan dolayı burada lisanssız başlığında verilmeyen büyük türbin parçaları verilecektir.

3.9.1. Türbin Tasarımı

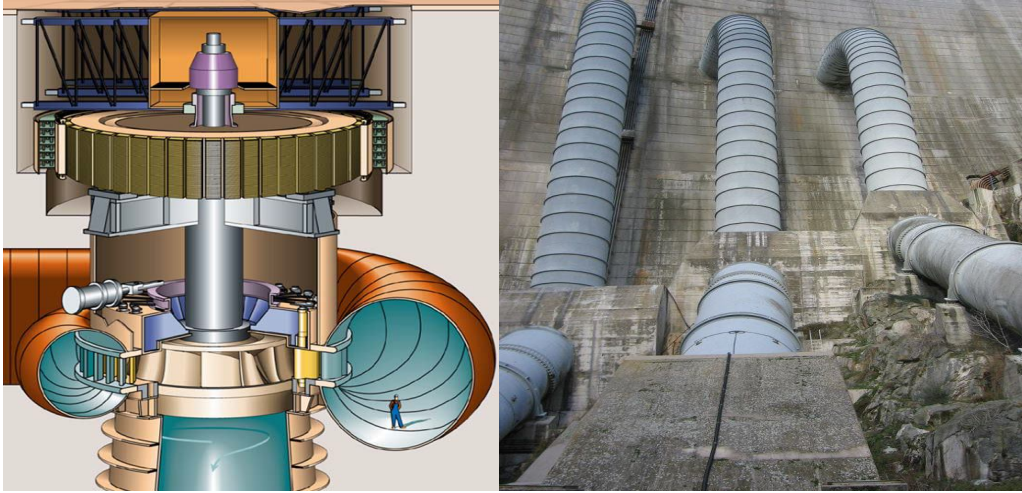
Lisanslı yönetmelikle kurulan türbinler çoğunlukla Francis, Pelton ve Kaplan türbinleri olduklarından aşağıda bu türbin kesitleri ve parçaları verilmiştir (Şekil 3.40-3.49).



Şekil 3.40. Büyük bir Francis türbini salyangozu ve yönlendirme kanatları projesi kesit resimleri

3.9.2. Suyun yönlendirilmesi için borulama (cebri boru), vana, kapak ve regülasyonu

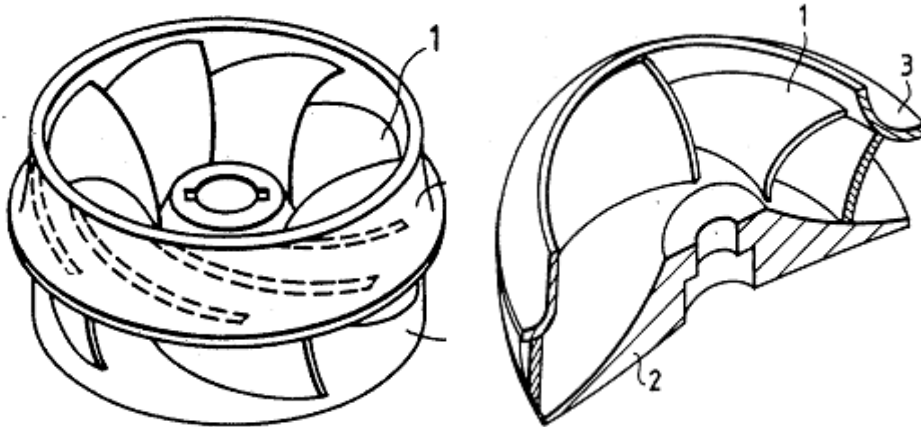
Su türbinlerine suyun getirilmesi için barajlı ve yükleme odalı HES lerde cebri boru kullanılır. Cebri borular, kapak ve ızgara gibi parçalar yeterli kalınlıktaki sacdan kaynak konstrüksiyonlu olarak yapılır (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Büyük Bir Francis Türbini Gövde Kesiti Salyangozu Ve Jeneratörünün Görünüşü HES Cebri Borularının Görünüşü

- **Rotor (çark/kepçe) ve yönlendirme Kanatları Tasarımı**

Lisanslı yönetmelikle kurulabilecek genellikle küçük ve büyük türbinler Radyal ve yarı eksenel Francis, Deriaz, Uskur ve Kaplan türbinleridir. Francis türbini için Türbin gücü: 1.5 kW için Çapı: 0.15 m, ağırlığı 2 kg; Güç: 500 kW için Çap: 0.54 m, ağırlık: 100 kg ; Çok büyük güçte: 130 000 kW, Çap: 3.3 m olmaktadır (Köse, 1987).

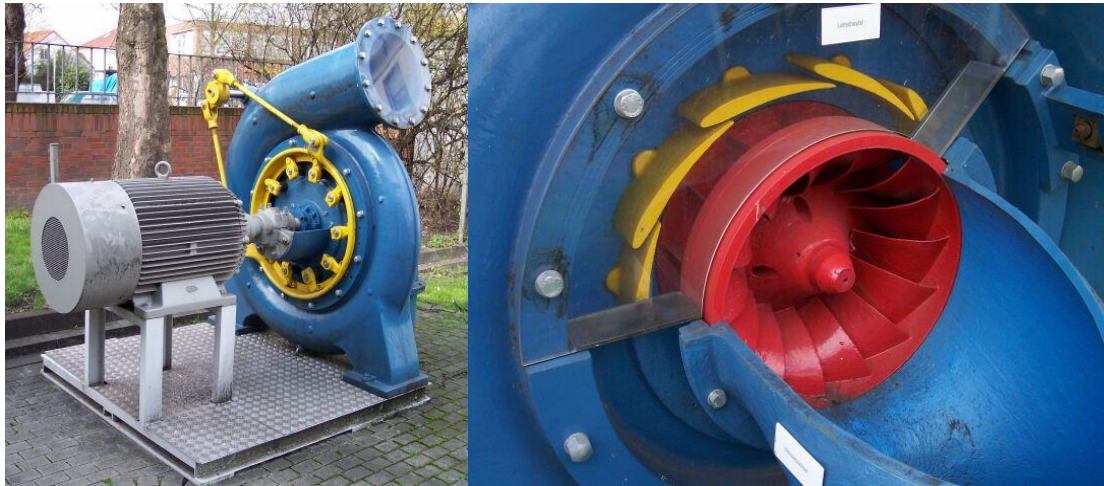


Şekil 3.42. Francis Türbini Çarkı Ve Kesit Resmi (1: Çark Kanadı, 2: Çark İç Halkası, 3: Çark Dış Halkası),

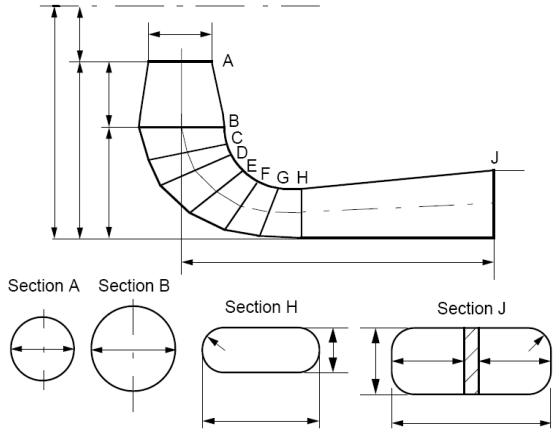


Şekil 3.43. Büyük Kapasiteli Francis Türbini, Türbin Çarkı (3.23m, 128MW) Ve Jeneratör Montajı

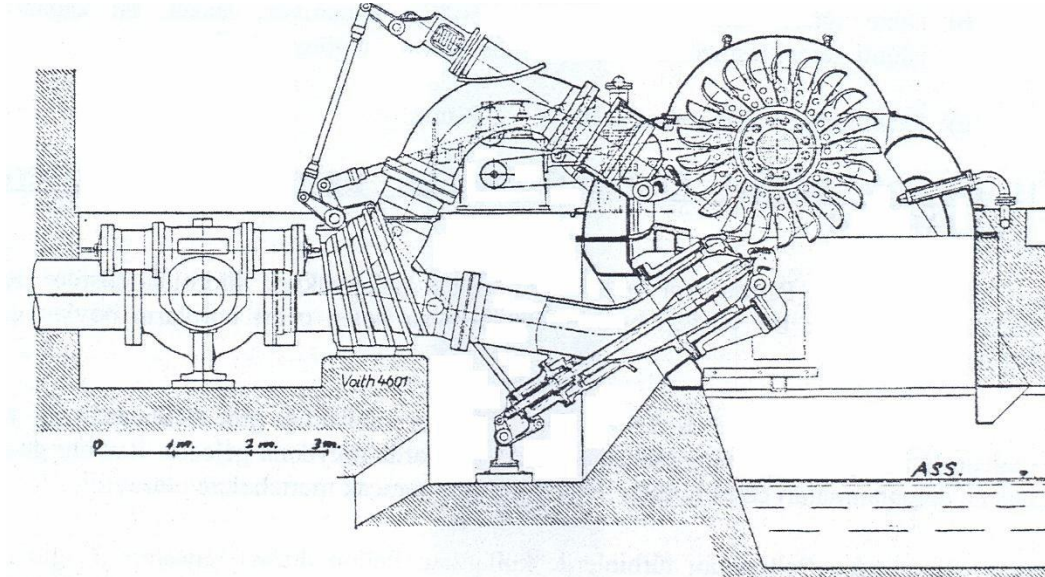
Reaksiyon türbinlerinin Radyal (Francis, Deriaz, Uskur ve Kaplan) ile Eksenel arası özgül hızları ve çark görünümleri, Francis türbini çarkı ayar kanatları ve mekanizması, Salyangoz görünümü ve Francis türbin çarkının ve çark kanadının bazı proje boyutları ve detaylarının gösterilmesi Ek 1'de verilmiştir. Pelton türbini su giriş borusu ve püskürtücüleri, türbin gövdesi, çark, kepçe ve püskürtücü tasarım boyutları Ek 2'de verilmiştir. Ayrıca Uskur (sabit kanatlı) ve Kaplan (hareketli kanatlı) eksenel Türbinler tasarım boyutları Ek3'de verilmiştir.



Şekil 3.44. Uskur (Sabit Kanatlı) ve Kaplan (Haraketli Kanatlı) Eksenel Türbinler

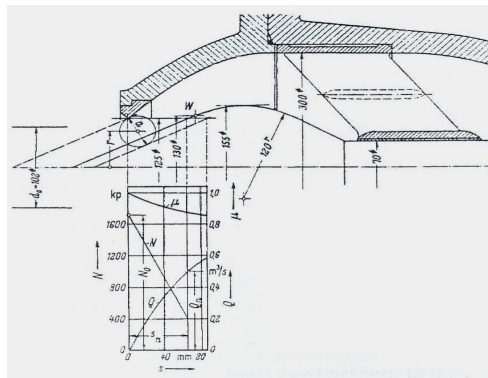
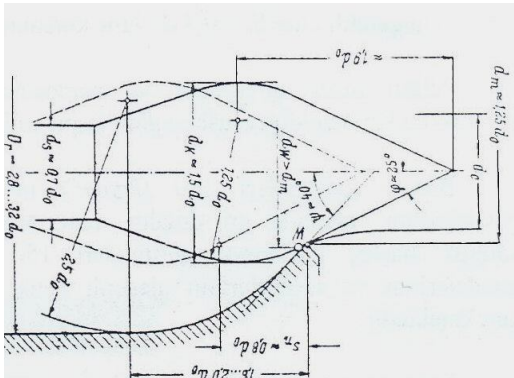


Şekil 3.45. Francis türbini çark salyangoz ve ayar kanatları mekanizması, ortada, Kaplan ve Francis türbinleri emme borusu (yayıcı, su boşaltma borusu), en altta Uskur türbini çarkı tasarım boyutları



Şekil 3.46. İki Lüleli Pelton Türbini, kepçeleri, su jetleri, püskürtücü ve debi ayar sistemi

- Kontrolör ve regülatör tasarımı**



Şekil 3.47. Pelton Türbini mekanik ayar (regülasyon) sistemi ve püskürtücü iğnesi profili şekli

Düşey eksenli Francis türbini montaj kesit resmi ve detayları Ek 4’de verilmiştir.

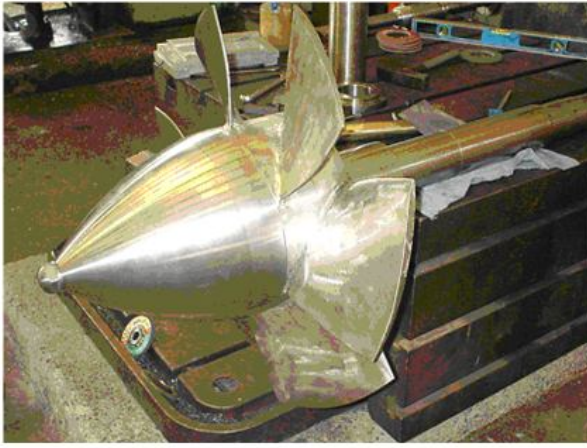
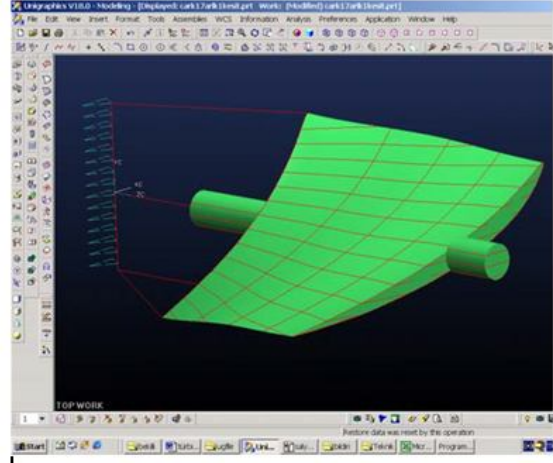
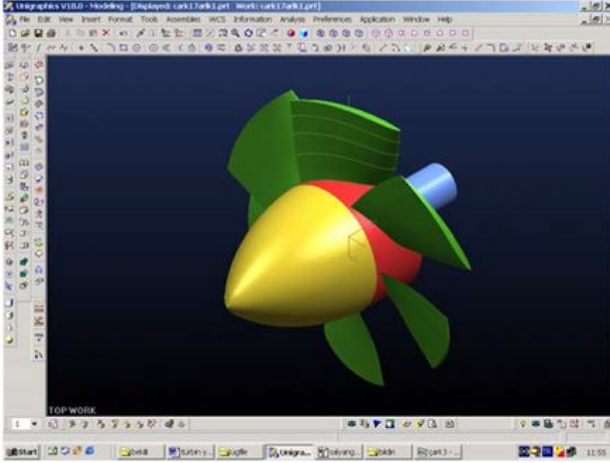
- **Salyangoz veya dış gövde tasarımı ve imalatı**

Francis ve kaplan türbinlerinde kullanılan ve daha önceleri dökümden imal edilen salyangoz gövdeler son yıllarda çoğunlukla çelik sacdan kaynaklı konstrüksiyonla yapılmaktadır. Aynı şekilde Pelton türbini püskürtücü ve püskürtücü su boruları da sac malzemeden kaynakla imal edilmektedirler.



Şekil 3.48. Pelton türbini püskürtücü boruları, Francis/Kaplan tipi türbin ayar kanatları ve salyangozunun kaynak konstrüksiyonu ile tasarımı ve imal edilmesi

Kaplan tipi türbinlerin ayar kanatları ile rotor kanatları ayarlama (hidrolik, mekanik ve elektronik) mekanizması (Francis ve Deriaz türbinlerinde de aynı mekanizmalar -Pelton da su jeti ve Çeldiricide- kullanılır) tasarım görünüşleri Ek 5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.49. Uskur çarkın tüm olarak unigraphics'te (vb.programla) çizilmesi, paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş 630 mm çapında çarkın ($2 \text{ m}^3/\text{s}$ debi, 12.5 mSS düşü, % 80 verimle 200 kW) ve sacdan (10mm st42) kaynak yöntemi ile yapılan salyangozun tasarım genel görünüşü.

3.9.3. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarının (Parçalarının) Konya ve Türkiye'de İmal Edilebilirlik Durumu

Lisanslı yönetmelik ile HES'lerde kullanılan türbinler geniş bir güç aralığına yapılmaktadırlar. Aşağıdaki Çizelge 3.29 'de 5-100 kW güç aralığındaki Francis Pelton ve Banki türbinlerinin birim maliyetleri verilmiştir. Bu tablodan faydalanarak benzer büyüklüklerdeki su türbin sistemlerinin imal maliyetleri tahmin edilebilir. Buna göre de bu sistemleri imal edecek firmalar maliyet analizi yapabilirler. Fiyatların daha gerçekçi ve güvenilir olması için ayrıca yerli ve yabancı imalatçılardan fiyat teklifleri de alınmalıdır.

Konya'da HES türbini ve sistem elemanlarının üretilebilirliği ile ilgili olarak Lisanssız üretim sistemlerinin üretilebilirliği bölümünde belirttiğimiz hususlar burada da geçerli olmakla beraber büyük yani Lisanslı üretim için kullanılacak HES sistemlerinin üretimi daha büyük yatırım ve tesis kapasitesi gerektirmektedir.

Çizelge 3.29. Hidrolik türbinlerin ünite birim maliyetleri (x 1000 \$)

Güç (kW)	Cross-Flow	Francis	Pelton	
			Tek düzeli	Çok düzeli
5	2-6	8-10	2-8	2-6
10	2-10	15-20	2-15	2-10
20	3-14	20-30	3-20	3-15
50	5-30	25-70	5-50	5-30
100	30-50	40-100	40-80	15-60

Türkiye'de İmal Edilen Büyük, Küçük, Mini ve Mikro tip türbinler ve parçaları

Çizelge 3.30. Hidrolik türbin ve santral parçaları

Kelebek Vana (Türbin Giriş Vanası), Servomotor, Yağ Tankı
Giriş Çıkış Boruları
Emme Borusu (Koni, dirsek bağlantı elemanları)
By-Pass Boruları ve vanaları
Cebri boru
Test kapağı ve test ringi
Çeşitli metal işleri
Salyangoz (Gövde, Sabit Kanat, Çember ve aksesuarı)
Türbin kapakları ve ringler
Hız Regülatörü ve tanklar
Türbin çarkı- şaftı, ayar kanatları
Basınçlı hava sistemi
Türbin ve Jeneratör çukuru

Stator karkası
Üst ve Alt yatak köprüsü
, Stator nüvesi ve sargılar
, Rotor ve sargılar
Bilezikler ve fırçalar
Şalt, yatak fren ve kaldırma sistemi

Türkiye de TEMSAN tarafından yapılan Hidroelektrik Santraller ve santral işleri

TEMSAN 0,6-65 MW güçler arası 20 adet HES toplam güç kapasitesi 1184,27 MW tır. 560-800 kW güçler arası 4 adet pompa istasyonunda 25 adet pompadan oluşan toplam 18.8 MW pompa istasyonu kurmuştur. Muhtelif hidroelektrik santrali işleri olarak da 535 MW HES işlerini yapmıştır. 7.2 ile 36 kV arası 11 adet trafo kurulumu yapmıştır. Özellikle son yıllarda yerli üretimle yapılan santrallerin teşvik edilmesi ile Temsan ve benzeri yerlerde türbin ve parçalarının yapımı hız kazanmıştır.

Hidroelektrik santrallerinde büyük çoğunlukla elektrik enerjisi üretiminde nadir olarak da mekanik tahrikte kullanılan su (hidrolik) türbinleri suyun enerjisini dönüştürme sistemine göre “reaksiyon” ve “aksiyon” türbinleri olarak iki grupta sınıflandırılırlar. Bu bölümde bu su türbinlerinin yapılış çeşitleri, özellikleri, projelendirilmeleri ve imatları hakkında bilgiler verilecektir.

3.9.4. Lisanslı Yönetmelikle Kullanılabilecek HES Sistem Elemanlarını (Parçalarını)

Konya’da Üretebilecek Firma Bilgi ve Kapasiteleri

Büyük hidrolik türbinlerin Konya da üretilmesi ilk başlangıçta büyük yatırım gerektirdiği için ve pazarlama probleminden dolayı sıkıntılı olabilir. Bu bakımdan ilk önce lisanssız yönetmelikle kurulabilecek 500 kW güce kadar su türbinin imalatını Konya da dalgıç, derin kuyu ve santrifüj pompa imal eden firmaların büyük bir çoğunluğu imal edebilirler. Çünkü yukarıda belirtilen pompaların çarkları Francis türbin çarkları ile çok benzerdir. Yine eksenel pompa imal eden firmaların pompa çarkları da eksenel türbinler olan Uskur ve boru türbini çarkları ile benzerdir. Bunlardan 2. Organize sanayi bölgesindeki bir

dökümcünün Konya dışından bazı firmalara Francis türbini çarkı dökümü yaptığı, yapmış olduğu çarkın işleme tezgâhındaki fotoğrafı aşağıda Şekil 3.50 'de verilmiştir.



Şekil 3.50. Konya sanayinde imal edilen Francis türbini çarkı örnekleri

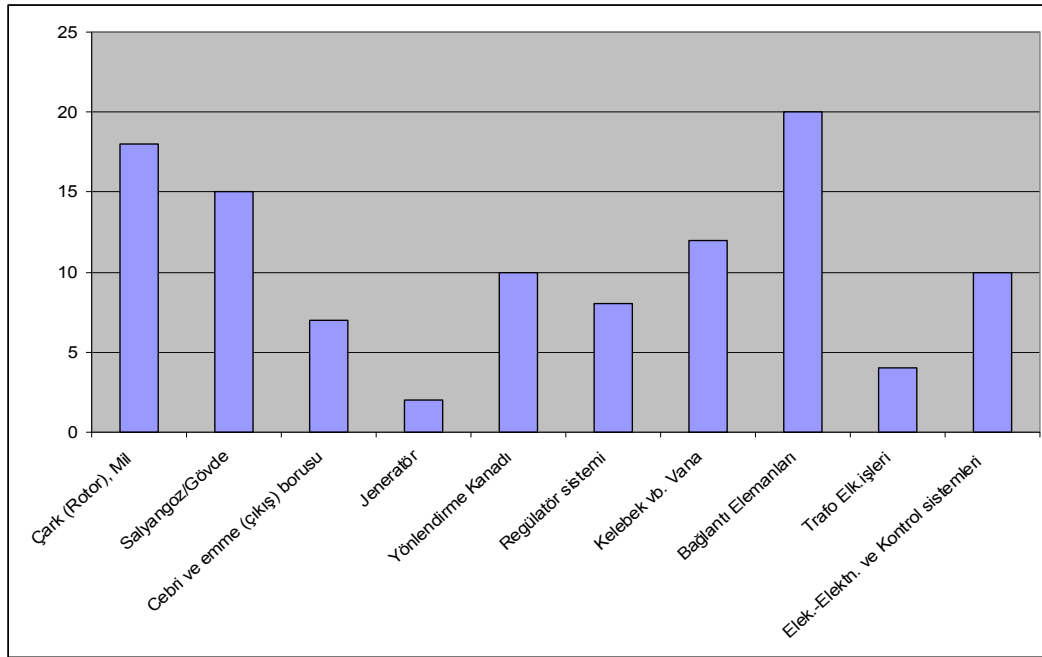
3.9.5. Konya Sanayisinde Üretilebilirlik Analizi

Bu bölümde su türbini sistem parçalarının Konya'da üretimi değerlendirilmiştir.

Türkiye'deki HES'leri oluşturan türbinlerin büyük güçlü olanlar dünya piyasasına hâkim olan türbin firmaları tarafından imal edilmiş ve kurulmuşlardır. Ancak bir devlet kuruluşu olan TEMSAN ve özel şirketlerden olan Türbosan gibi firmaların 10 MW güce kadar türbin yapımları mevcuttur.

Konya sanayisinde hidrolik enerji sektörüyle ilgili olabilecek firmalar listelenmiş ve sistem parçalarını, teknik çizimlerini içerir bir döküman ve anketlerle ziyaret edilmiştir. ziyaret sonuçları her parça için yapabilecek firma sayıları Şekil 3.51'de verilmiştir. Ziyaret edilen 80 civarındaki firmanın yarısı 40 adedi hidrolik türbin veya parçasını imal edebileceğini bildirmiştir. Üretilebilecek sistem parçalarından en çok %50 ile bağlantı elemanları ve en az da %10 ile Jeneratör belirtilmiştir. Bu sayılar ziyaret edilen firma sayısı

arttıkça artacaktır. Bir döküm firmasında Francis türbini çarkı dökümü yaptığı tespit edilerek bu üretimlerin fotoğrafları çekilerek küçük HES tasarım bölümüne konulmuştur. Bu firmanın 7 ton ağırlığa kadar parça dökümü yapabildiği bunun da HES boyutlarında yaklaşık 10 MW güce kadar türbin parçaları dökümünü yapabileceği görülmektedir. Konya sanayiinde muhtelif pompa üretimi yapan bir firma da Göksu nehrinde çalışan 2-3 adet mini boyutta (yaklaşık 200 kW) HES imal ettiği bunların problemsiz bir şekilde çalıştıklarını ifade etmiştir.



Şekil 3.51. Hidrolik enerji-Su Türbinleri anket sonuçları

Bu çalışma sonucu Konya’da Lisanssız yönetmeliğe göre HES türbin ve sistemleri üretimi uygun olup, mini güçlerden başlanarak tecrübe ve pazar payı kazanıldıkça küçük ve büyük sistemlere doğru geçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

3.10. HES Sistemleri Test Onayları İle İlgili Mevzuat, Uluslararası Standartlar, Test İmkânları Sistem ve Parça İçin Değerlendirme

Standartlar

Su türbinlerin verim ve performans testleri için kullanılan, geçerli standartlar araştırılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak Hidroelektrik Santralara ait türbin ve jeneratörler için TSE tarafından hazırlanan herhangi bir standart tespit edilememiştir. Yabancı

ve uluslararası diğer standartlardan ve Hidrolik türbinlerin performans testleri ile ilgili standartlardan en yaygın kullanılanı IEC 60041 numaralı standarttır (Pala, 2007). Türbin verimliği ölçmede en kritik olaylardan birisi türbinden geçen suyun debisinin ölçülmesidir. Günümüzde ultrasonik yöntemlerle debi ölçümünde de oldukça iyi ilerlemeler sağlanmıştır. Çapı 7-8 m olan oldukça kıvrımlı su yolları için bile % 0.5 doğrulukla debi ölçümü başarılabilmektedir. Ultrasonik metotla türbin verimlilik ölçümü için IEC 60041 standardının Ek J kısmı kullanılabilir. Ancak günümüzde bu alanda en çok kullanılan standart, bir Amerikan standardı olan ASME PTC 18-2002'dir (Pala, 2007).

Türbin Verimlilik Ölçüm Testleri

Ultrasonik Metotla Türbin Verimlilik Ölçümü

Hidrolik güç ve elektriksel güç arasında tanımlanacak farklı verimlilik ölçümleri için aşağıdaki ölçümlerin yapılması gereklidir.

- Ultrasonik akış ölçümü
- Türbinin üst akış ve alt akış kısmında basınç ölçümü
- Generatör gücü ölçümü
- Su sıcaklığı ölçümü
- Ayar kanat pozisyonu bilgisi
- Cos ϕ gösterimi

Bu ölçümler ile bir hidroelektrik ünitenin komple verimliliğini bulmak mümkündür. Türbinin verimliliğini hesaplamak için generatörün ve trafonun veriminin bilinmesi de gereklidir. Bu yöntemle verimlilik ölçümü için türbinin aşağıdaki verilerinin bilinmesi gereklidir (Pala, 2007).

Hidrolik Türbinler İle İlgili Uluslar Arası Standart Listesi

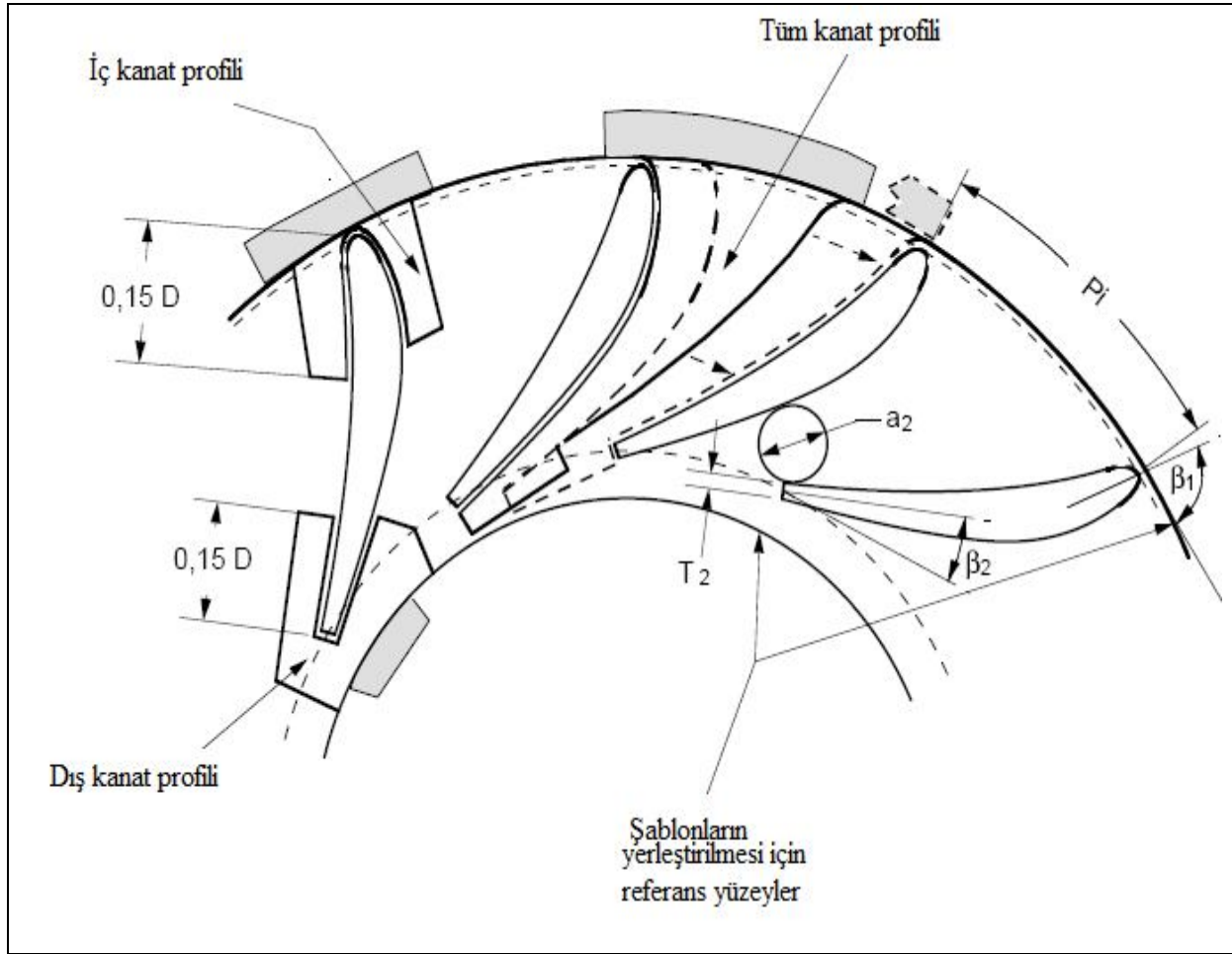
Çizelge 3.31. Hidrolik türbinler ile ilgili uluslar arası CEI IEC standart listesi

IEC 60034	Rotating electrical machinery
IEC 60041	Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines identification
IEC 60076	Power transformers devices
IEC 60137	Bushings for alternating voltages above 1000V
IEC 60193	Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests

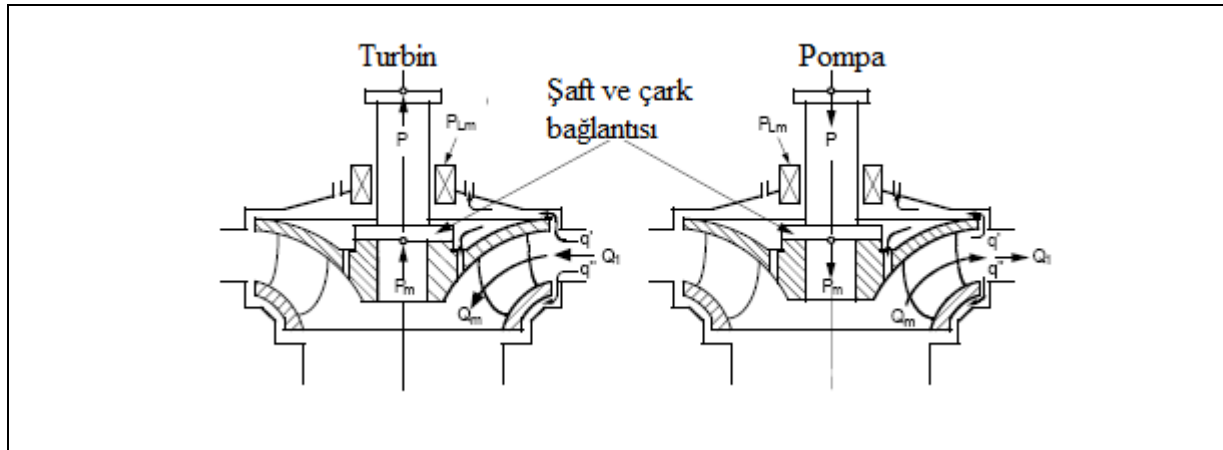
IEC 60308	Hydraulic turbines - Testing of control systems
IEC 60545	Guide for commissioning, operation and maintenance of hydraulic turbines
IEC 60609	Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Cavitation pitting evaluation - Part 1: Evaluation in reaction turbines, storage pumps and pump-turbines - Part 2: Evaluation in Pelton turbines
IEC 60805	Guide for commissioning, operation and maintenance of storage pumps and of pump-turbines operating as pumps
IEC 60994	Guide for field measurement of vibrations and pulsations in hydraulic machines (turbines, storage pumps and pump-turbines)
IEC 61116	Electromechanical equipment guide for small hydroelectric installations
IEC 61362	Guide to specification of hydraulic turbine control systems
IEC 61364	Nomenclature for hydroelectric powerplant machinery
IEC 61366	Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Tendering Documents
IEC 61378	Converter Transformers
IEC 62006	Hydraulic machines - Acceptance tests of small hydroelectric installations
IEC 62097	Hydraulic machines, radial and axial - Performance conversion method from model to prototype
IEC 62256	Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Rehabilitation and performance improvement
IEC 62270	Hydroelectric power plant automation – Guide for computer-based control

IEC 60193 Standardı “Hidrolik Türbinler, Depolama Pompaları ve Pompa-Türbinler - Model Kabul Deneyleri”

Aşağıdaki Şekil 3.52-3.53 arasında standart kontroller ile ilgili örnekler verilmiştir.



Şekil 3.52. IEC Standardında Francis türbin çarkının kanat profilinin şablonlar veya koordinat sistemi ile kontrolü



Şekil 3.53. IEC Standardında Türbin-Pompa da güç ve debi için değişim diyagramı



3.10.1. Hidrolik (Su) türbinlerinin son yıllar uluslararası pazar durumu

Dünya dış ticaret hacminde 50 milyon dolar değerini aşan küçük ölçekli hidrolik türbin sistemlerinde en önemli ihracatçı ülkeler İngiltere, Avusturya, Almanya ve Çin'dir. Bu alandaki önemli ithalatçılar ise Kore, İspanya, Pakistan ve Almanya'dır (trademap.org). 2002-2006 yılları arası dünya küçük ölçekli su türbini ihracat ve ithalat pazarındaki ülkeler ve Pazar değerleri Çizelge 3.32 ve 3.33'te verilmiştir. Burada bazı ülkelerin hem ihracatçı hem de ithalatçı görünmesinin nedeni, bu ülkeler bazı türbin tiplerini ihraç ederken bazılarını da ithal etmektedirler.

Çizelge 3.32. Küçük ölçekli su türbini sistemlerinin 2002-2006 dünya ihracatı (x1000 ABD\$)

İhracatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
İngiltere	1.195	4.192	5.608	12.519	10.280
Avusturya	938	1.595	4.334	4.155	8.862
Almanya	3.107	2.112	3.053	3.733	6.676
Çin	138	689	721	1.272	5.461
İsviçre	2.684	1.018	1.264	2.039	3.592
İtalya	1.172	1.083	865	2.355	3.577
Fransa	1.878	2.606	4.231	3.99	2.963
Slovenya	462	1.356	430	4.003	2.114
ABD	3.733	2.358	5.292	3	1.830
Çek cumhuriyeti	2.313	3.144	3.053	3.533	1.813
Endonezya	323	75	290	89	1.592
Kore	3	0	19	8	882
<i>Dünya toplamı</i>	<i>90.085</i>	<i>54.087</i>	<i>38.319</i>	<i>48.228</i>	<i>54.845</i>

Çizelge 3.33. Küçük ölçekli su türbini sistemlerinin 2002-2006 dünya ithalatı (x1000 ABD\$)

İthalatçı Ülkeler	2002	2003	2004	2005	2006
Kore	114	23	61	13	6.183
İspanya	2.552	1.117	1.322	2.029	3.432
Pakistan		360	12	0	3.329
Almanya	1.856	1.368	895	3.44	2.570
Norveç	331	1.02	1.203	1.448	2.232
Endonezya	188	219	2.433	797	1.528
Avusturya	199	42	407	650	1.409
Romanya	153	40	92	268	1.13
Fransa	253	483	312	1.185	1.026
Fas	2.9	41	330	202	818
Şili	29	160	637	68	761
Nijerya	1.017	27	21		755
İsviçre	634	955	1.045	1.549	729
Portekiz	50	149	13	39	682
<i>Dünya toplamı</i>	<i>45.37</i>	<i>48.443</i>	<i>42.233</i>	<i>25.422</i>	<i>36.002</i>

Su türbinlerinin kurulum maliyetleri incelenirse 1 kW güç fiyatının 2 kW ile 30 kW arası mikro türbinler için 1000 \$/kW ile 2000 \$/kW arası olduğu görülmüştür. Tablo 3.28 de verilen 5-100 kW güç aralığındaki mikro su türbinlerinin fiyat değerleri incelenmesinden Banki türbinlerinin 500-1000 \$/kW, Francis türbinlerinin 1000-2000 \$/kW ve Pelton türbinlerinin de 800-1200 \$/kW olduğu görülmektedir.

3.11. HES Enerji Sistemleri Geleceğe Yönelik Projeksiyonlar

“Konya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Malzeme Üretilebilirlik Araştırması” projesinin 3. bölümü olarak değerlendirilen “Su Enerjisi (Hidroelektrik Santraller)” bölümünde, hidrolik (hidroelektrik) enerji ve bu enerjinin dönüştürülmesinde kullanılan su türbinlerinin çeşitlerinden, özelliklerinden ve yapımlarından bahsedilmiştir.

1. Dünya hidroelektrik toplam potansiyeli brüt 40,15 milyon GWh, teknik-ekonomik potansiyel ise 8,9 milyon GWh’tir.
2. Türkiye potansiyeli toplam brüt 0,43 milyon GWh, teknik-ekonomik ise 0,125 milyon GWh’tir. Türkiye, Dünya hidroelektrik potansiyeli içinde %1 payı ile sekizinci sırada gelmektedir. Teknik yapılabilir potansiyel açısından Avrupa potansiyelinin yaklaşık %20’si mertebesinde hidroelektrik potansiyele sahip bulunmaktadır.
3. Ülkemizin teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli 140 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. 2010 yılı itibariyle yılda yaklaşık 53 milyar kWh hidroelektrik enerji üretim potansiyelimiz işletmeye alınmıştır. Bu değer; toplam teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyelimizin sadece %37,85’idir.
4. Dünyadaki duruma baktığımızda ise ABD hidroelektrik potansiyelin %86’sını, Japonya %78’ini, Norveç %68’ini, Kanada %56,2’sini geliştirmiştir. Türkiye de devam eden projeler tamamlandığında yılda takriben 80 milyar kWh’lık bir elektrik üretimi sağlanacak ve mevcut hidroelektrik potansiyelimizin kullanılma oranı takriben %57’ye çıkarılacaktır.
5. Konya (Konya ve civarı iller olarak DSİ 4 bölge şeklinde ele alınmıştır) hidroelektrik enerji potansiyelleri ve mevcut kullanım düzeyleri de hazır işletmede ve planlanmış olarak 3,062 bin GWh olarak tespit edilmiştir. Konya bölgesi hidroelektrik enerjisi

potansiyeli güç olarak mevcut işletmede ve planlanan yaklaşık 950 MW ve en az buna yarısına yakın miktarda hidrolik güç, tarımsal sulama barajları ve küçük akarsulardan elde edilerek yaklaşık 1400 MW hidroelektrik santral potansiyeli hesaplanmıştır.

6. Küçük, orta ve büyük hidroelektrik enerji dönüşüm sistemlerinden olan su türbinlerinin en yaygın ve yerel olarak en ekonomik üretilebilir olanları Banki, Francis, Kaplan ve Boru türbini tiplerinin Konya da mevcut dalgıç, derin kuyu ve santrifüj pompa imalatçıları ve dökümcüler tarafından çarkları (rotoru), mili, salyangozu, ayar kanatları ve boru sistemleri gibi ana parçalarının imal edilebilecekleri sanayi firma ziyaretlerinde tespit edilmiştir.
7. Bilhassa mikro ve küçük HES türbinleri ve aksamalarının Konya da imal edebileceği hatta bazı pompa üreticisi firmaların sipariş üzerine 200 kW güçler civarında su türbini imalatı yapmış oldukları ve bunların halen kullanıldıkları tespit edilmiştir.
8. Türkiye'nin havzalarının brüt yağış potansiyelleri toplamının %44,5'ine karşılık gelen toplam ekonomik hidroelektrik potansiyel olan 48.768 MW tan Eylül 2011 kayıtlarına göre işletmede olan 17.040 MW ve inşa halindeki yaklaşık 10.000 MW çıkarılır ise yeni kurulacak potansiyel 22.000 MW olup, yaklaşık 1500 HES daha kurulacaktır.
9. Yeni kurulacak 22.000 MW HES'in Pazar değeri ise yaklaşık 40 Milyar (\$) dolardır. Bu HES'lerdeki türbin, jeneratör ve diğer mekanik aksamaların maliyeti yaklaşık 25 Milyar \$ olabilecektir. Bu HES aksamaların Türkiye'de ve Konya'da üretilme imkânları kullanılarak yerli iş sahaları açılması ve istihdamın sağlanması bölgemiz ve ülkemiz kalkınması açısından önemlidir.
10. Yukarıda belirtilen miktardaki hidroelektrik santral ve aksamalarının Türkiye de ve bilhassa Konya da imal edilebilmesi için bu iş sahasına yakın olan veya yeniden geçmek isteyen firmaların ilk yatırım, teknik bilgi ve parasal olarak belli oranlarda destek ve teşviklerden yararlandırılması gerekir.
11. Hidroelektrik santral ve aksamalarının Konya da üretilmesi sonucu olarak hem mevcut iş yerleri büyüyecek veya yeni üretim fabrikaları kurularak istihdam sağlanacak hemde bu sistemlerin yerli kaynaklarla imal edilmesi döviz tasarrufu sağlayacaktır.
12. Yenilenebilir ve yerel kaynaklardan elektrik üretiminin artması petrol ve doğalgaz gibi çoğu ithal fosil yakıtların kullanımını da azaltacağından hava kirliliğinin azalmasını ve döviz tasarrufunu artıracaktır.

13. Yakın vadede projeksiyon olarak lisans alınmış HES projelerinin oluşturduğu Pazar yaklaşık 12.000 MW, orta vadede üzerinde EPDK’nın 2-3 yıldır çalıştığı yakında yayımlanacak olan Lisanssız elektrik üretim yönetmeliğine göre kurulabilecek 500 kW güce kadar HES potansiyeli ve uzun vade projeksiyon olarak da günümüzde planlanan 22.000 MW ve gelecekte planlanacak HES’lerin oluşturacağı Pazar kapasiteleri mevcuttur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan rapor ve sanayi çalışmasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Lisanssız yönetmeliğe göre tüketicilerin kendi elektrik tüketimlerini karşılamak amacıyla kurup işletebilecekleri 500 kW güce kadar su türbinlerinin Konya sanayinde çok büyük bir yatırım yapılmadan, bilhassa dalgıç ve santrifüj pompa üreticileri tarafından imal edilebilecekleri sonucuna varılmıştır.

Su türbini imalatı yapabilecek firmaların bazı parçaları kendi fabrikalarında yapamayacakları bazı büyük parçaları da dökümcülere veya diğer konu ile ilgili firmalara yaptırarak montaj ve kurulumu kendilerinin yapabilecek kapasitede oldukları örnek çalışmalarından anlaşılmıştır.

Burada bu sistemleri imal edecek firmaları sınırlayan bir konu da müşteri bulma konusudur. Bu problem bu firmaların HES lisansı alan lisans sahipleri ile anlaşma yaparak ve belli bir riski göze alarak örnek üretimlerini bu yeni kurulacak HES’lerde deneyerek kendilerini ispatlayarak aşılabilir. Veya bu sahada Türkiye’de yıllardır üretim yapan firmaların deney ünitelerini kullanarak imal ettikleri türbin ve sistemleri deneyerek geliştirip, üretimlerine güven sağlayarak piyasada yer edinmelidirler.

Konya sanayisinde hidrolik enerji sektörüyle ilgili olabilecek firmalar listelenmiş ve sistem parçalarının teknik çizimlerini içerir bir döküman ve anketlerle ziyaret edilmiştir. ziyaret sonuçları her parça için yapabilecek firma sayıları verilmiştir. Ziyaret edilen 80 civarındaki firmanın yarısı 40 adedi hidrolik türbin veya parçasını imal edebileceğini bildirmiştir. Sayı bununla sınırlı olmayıp belirtilen firmalar sadece bir kısmını oluşturmaktadır.

Bazı firmaların Francis türbini çarkı dökümü yaptığı ve 7-10 ton ağırlığa kadar parça dökümü yapabildiği bunun da HES boyutlarında yaklaşık 10 MW güce kadar türbin parçaları

dökümünü yapabileceği görülmektedir. Pompa üretimi yapan bazı firmaların münferit müşteri isteği ile 200 kW güce kadar su türbini ve HES sistemlerini imal edip bunların problemsiz bir şekilde çalıştıkları tespit edilmiştir.

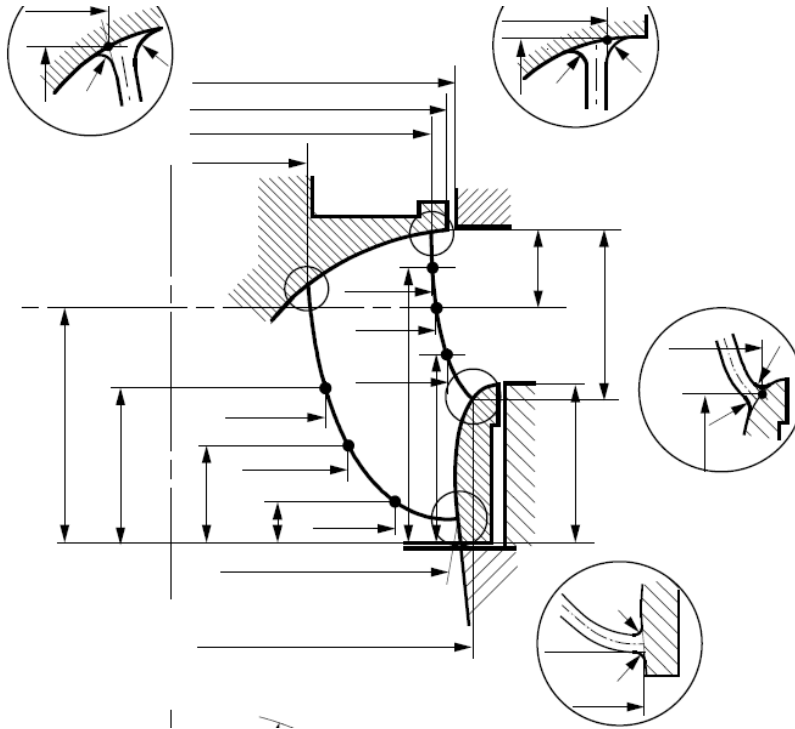
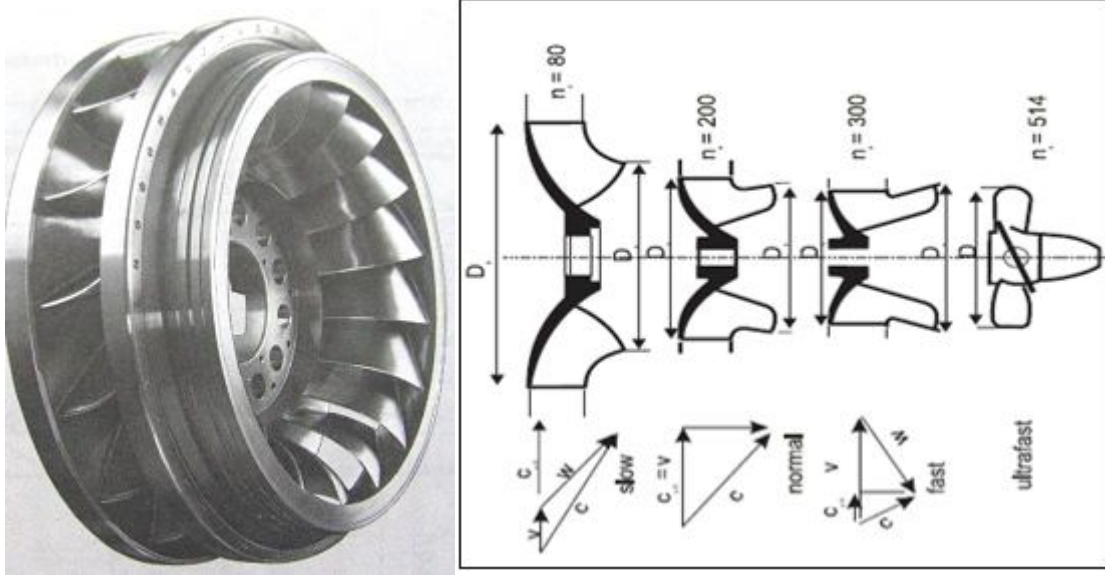
Bu çalışma sonucu Konya’da Lisanssız yönetmeliğe göre HES türbin ve sistemleri üretimi uygun olup, mini güçlerden başlanarak tecrübe ve pazar payı kazanıldıkça küçük ve büyük sistemlere doğru geçilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2012, <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/kanunlar>
- Anonim, 2012, <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/yonetmelikler>
- Anonim, 2011, <http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi4/topraksu.html>
- Anonim, 2011, <http://www.dmi.gov.tr/FILES/imgTemp/hes-raporu-2402.pdf>, Ziyaret günü 26.12.2011.
- Anonim, 2011, Türk Patent enstitüsü internet sayfasından, <http://online.tpe.gov.tr>,
- Anonim, 2010, USİAD Sektör Broşürü 1
- Anonim, 2010, “Enerji Raporu 2010”, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, DEK-TMK Yayın No : 0017/2010, ISSN : 1301-6318, Poyraz Ofset, Aralık 2010, Ankara
- Anonim, 2009, “TEİAŞ Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2009–2018)”, www.teias.gov.tr
- Anonim-5346, 5346 Sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”, Kabul tarihi:10.05.2005, 18/5/2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazete.
- Anonymous, 1999, “Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines –Model acceptance tests” CEI IEC INTERNATIONAL STANDARD 60193, Second edition 1999-11 (Licensee=Empresas Publicas de Medellin/5900316001 Not for Resale, 03/11/2006 15:33:36 MST).
- Anonim, 2011, <http://www.epdk.gov.tr> (30.10.2011)
- Anonymous, 1998, Choosing the Nuclear Power Option: Factors to be considered, UAEA.
- Arık, F., 2011, Konya’da Bulunan Enerji Kaynakları ve Potansiyeli, 1.Konya Kent Sempozyumu, 26-27 Kasım 2011, Konya.
- Başeşme, H., 2003, Hidroelektrik Santraller ve Hidroelektrik santral Tesisleri, Şelale matbaacılık San.ve Tic.Ltd.Şti., 2003, Ankara.
- Eroğlu, V., 2011, Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik Enerji Raporu, Çevre ve Orman <http://cink-hydro-energy.com/>
- Köse F., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Sistemleri”, S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Ders Notu Yayın No: 51, 2002, Konya.
- Köse F., 1987, “Konya Altınapa Barajı İle Dere HES Bendi Arasındaki Düşüden Yararlanarak Bir Hidroelektrik Santral Tasarımı ve Francis Tipi Türbin Projesi”, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1987, Konya.
- Oğuz S., 2008, “Yenilenebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık 2008, İstanbul.
- Özkaldı A., 2011, “Hidroelektrik Enerji Üretiminde Özel Sektör”, Orman ve Su İşleri Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, 27.10.2011, Ankara
- Pala, R., 2007, “Hidroelektrik Santrallerde Türbin Verimliliğinin Termodinamik Metotla Ölçülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Haziran 2007, Trabzon

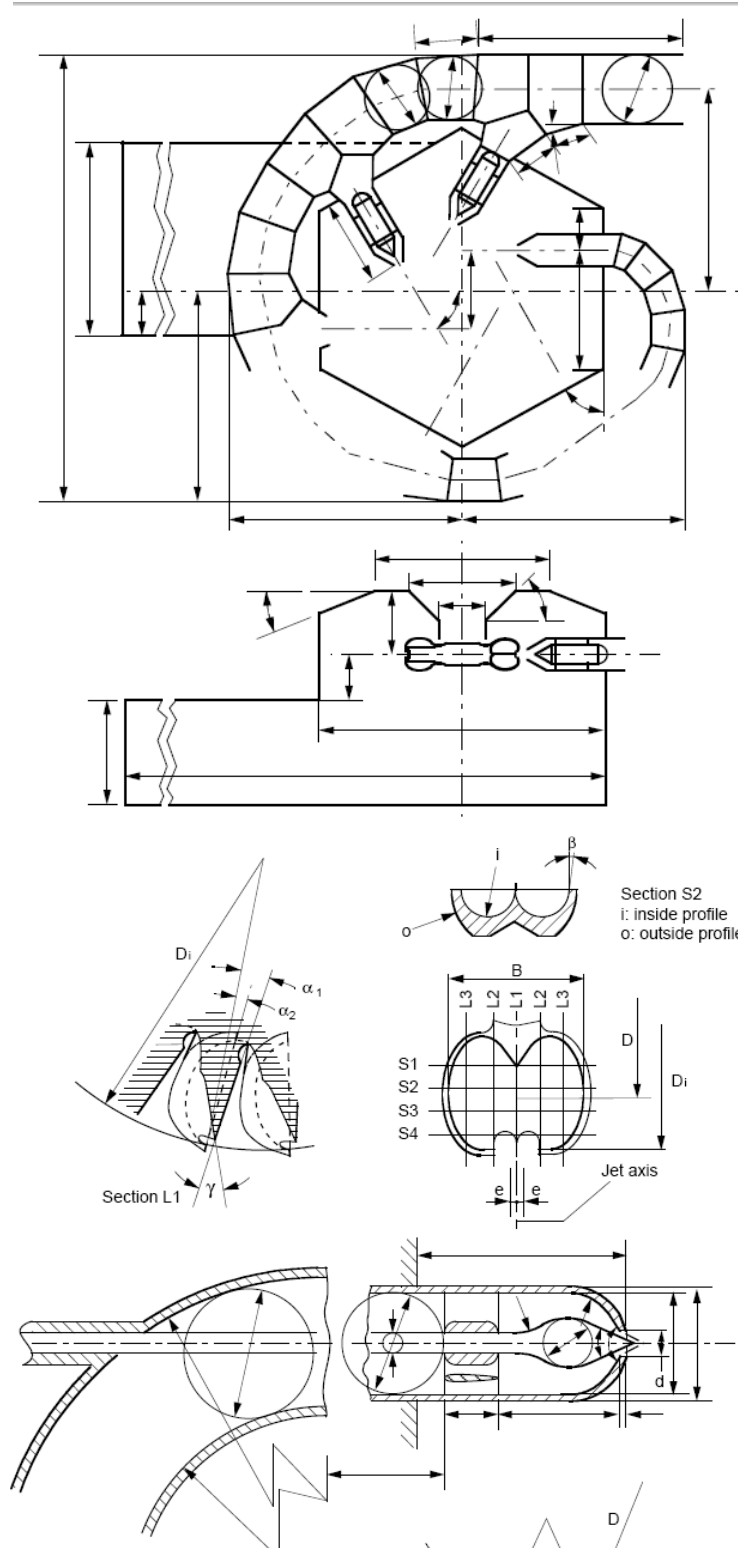
Ek 1

Reaksiyon türbinlerinin Radyal (Francis, Deriaz, Uskur ve Kaplan) ile Eksenel arası özgül hızları ve çark görünümleri, Francis türbini çarkı ayar kanatları ve mekanizması, Salyangoz görünümü. Altta Francis türbin çarkının ve çark kanadının bazı proje boyutları ve detayları



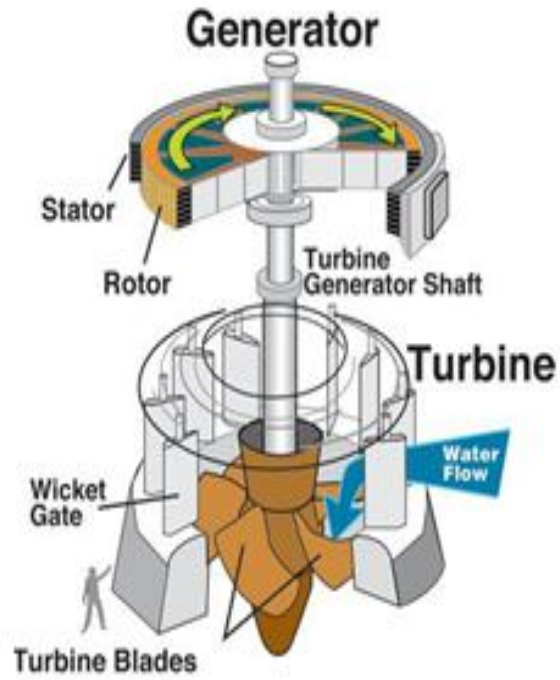
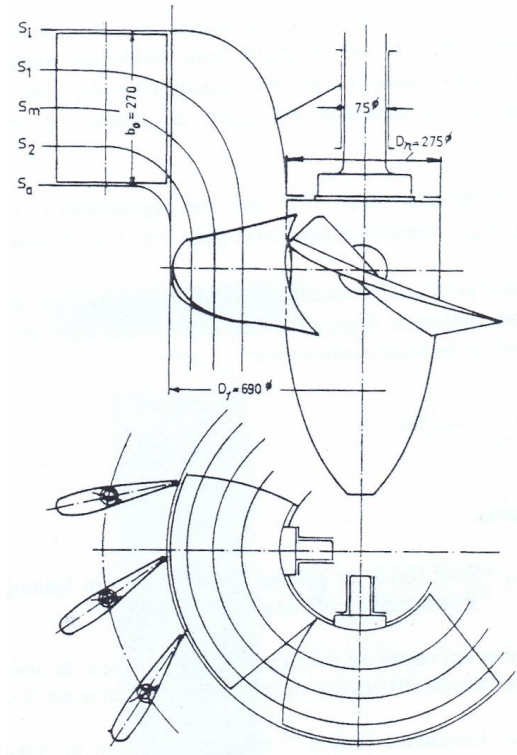
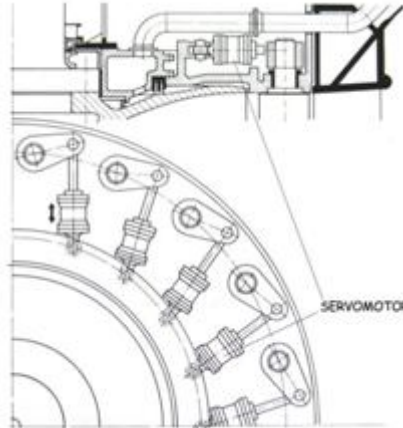
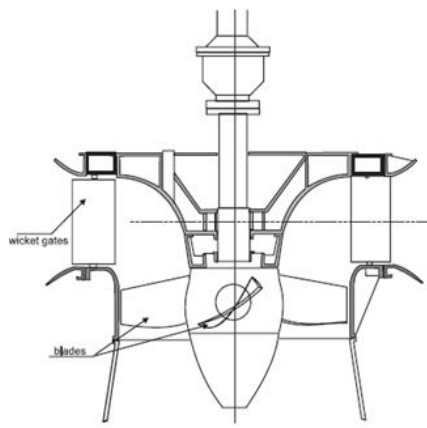
Ek 2

Pelton türbini su giriş borusu ve püskürtücüleri, türbin gövdesi, çark, kepçe ve püskürtücü tasarım boyutları



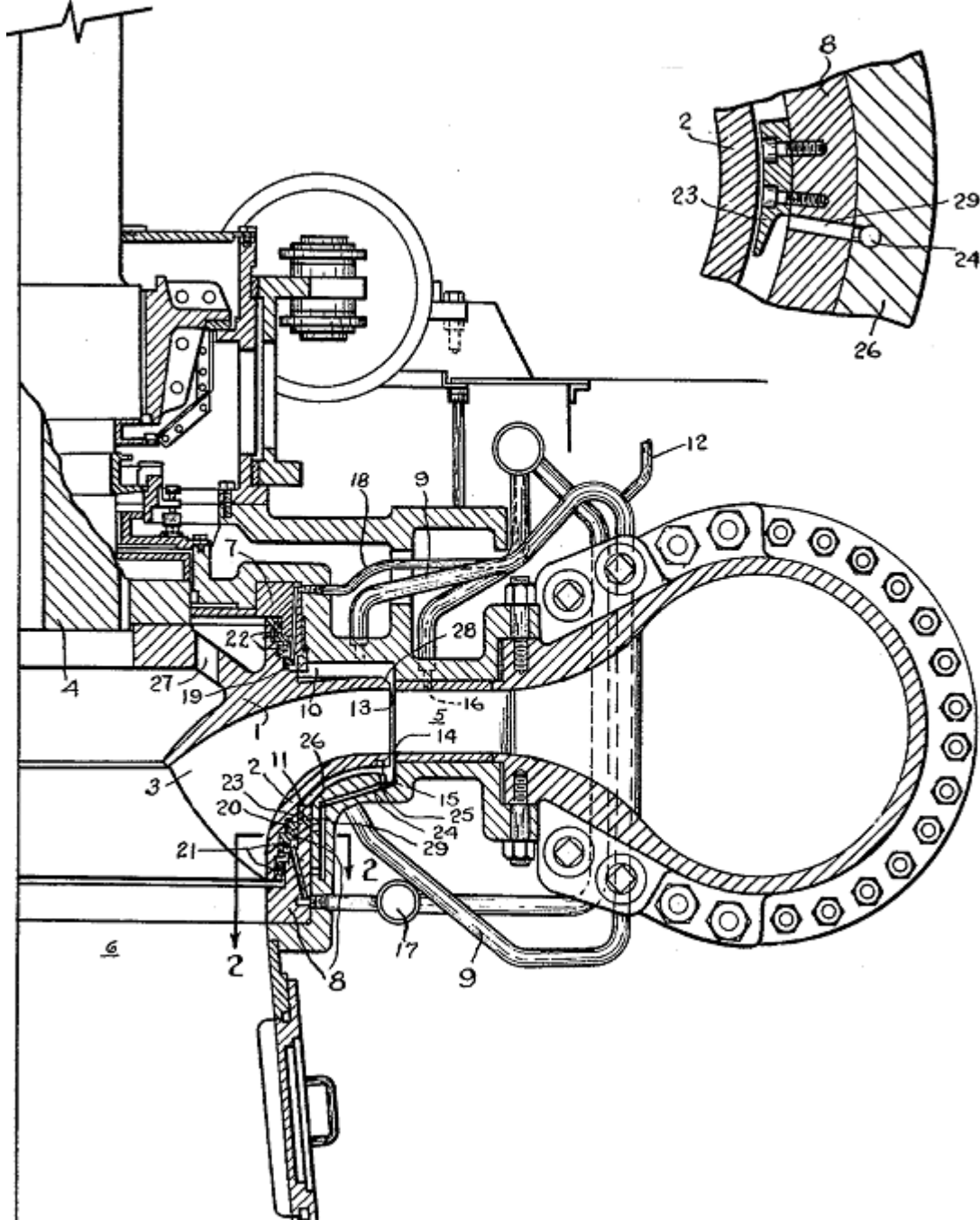
Ek 3

Uskur (sabit kanatlı) ve Kaplan (hareketli kanatlı) eksenel Türbinler ve ayar kanatları mekanizması tasarım boyutları



Ek 4

Düşey eksenli Francis türbini montaj kesit resmi ve detayları



Ek 5

Kaplan tipi türbinlerin ayar kanatları ile rotor kanatları ayarlama (hidrolik, mekanik ve elektronik) mekanizması (Francis ve Deriaz türbinlerinde de aynı mekanizmalar -Pelton da su jeti ve Çeldiricide- kullanılır) tasarımı

