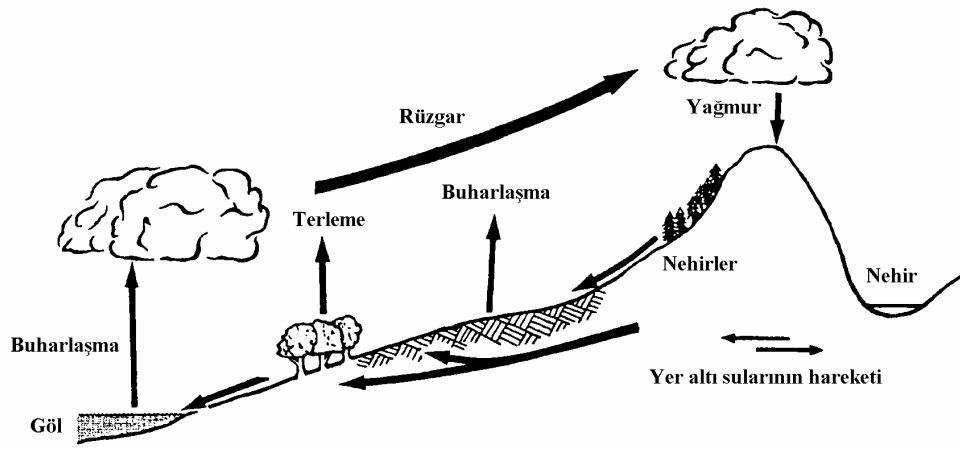


Hidroelektrik enerji

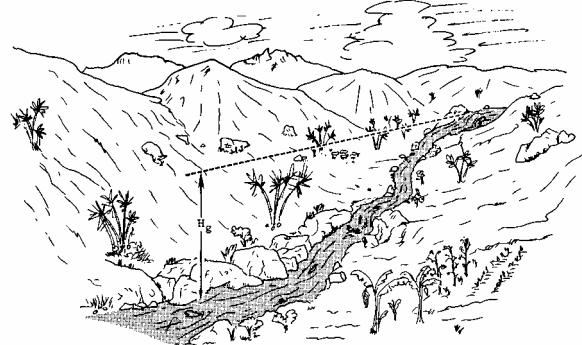
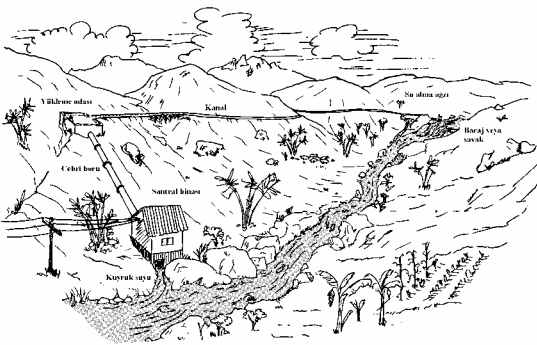
2.1 Giriş

Hemen hemen bütün enerji kaynakları, güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal tesirinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji de güneş ışınımından dolaylı olarak oluşan bir enerji kaynağı olup hidrolik çevrimi Şekil 2.1'de verilmiştir. Deniz, göl veya nehirlerdeki sular güneş enerjisi ile buharlaşmakta, oluşan su buharı rüzgarın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yer yüzüne ulaşmakta ve nehirleri beslemektedir. Böylelikle hidrolik enerji kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağı olmaktadır. Enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.1. Hidrolik çevrim [Harvey, 1998]

Hidroelektrik sistemlerde su, bir cebri boru veya kanal yardımıyla yüksek bir yerden alınarak türbine verilmektedir. Türbinlere bağlı jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir (Şekil 2.2). Üretilen elektrik enerjisi direkt olarak kullanılabilirdiği gibi bataryalarda da depo edilebilir. Türbinden elde edilen güç, suyun düşü (üst ve alt kodlar arasındaki düşey mesafe) ve debisine (türbinlere birim zamanda verilen su miktarı) bağlıdır (Şekil 2.3)



Şekil 2.2 Hidroelektrik sistemlerin çalışması Şekil 2.3 Düşü

2.2 Hidroelektrik sistemlerin sınıflandırılması ve tasarımı

Hidroelektrik güç sistemleri şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

a) Büyük ölçekli hidroelektrik sistemler: Bu sistemlerinin gücü 50 MW'ın üzerindedir. 1 MW'lık bir güç yaklaşık 20.000 elektrik lambasının ihtiyacı olan enerjiyi üretir. 1 KW'lık bir güç ise 4 lambalı

(50 watlık) 5 evin aydınlanma için gerekli olan enerjiyi verir. 50 MW'lık bir güç 250.000 evin ışık ihtiyacı olan enerjiyi verir.

b) Küçük ölçekli hidroelektrik sistemler: Güç bölgeleri 10-50 MW arasındadır.

c) Mini ölçekli hidroelektrik sistemler: Bu sistemler ulusal enerji şebekesine daha az katkıda bulunurlar. Bunlar 101 kW ile 10.000 kW güç bölgesinde çalışırlar.

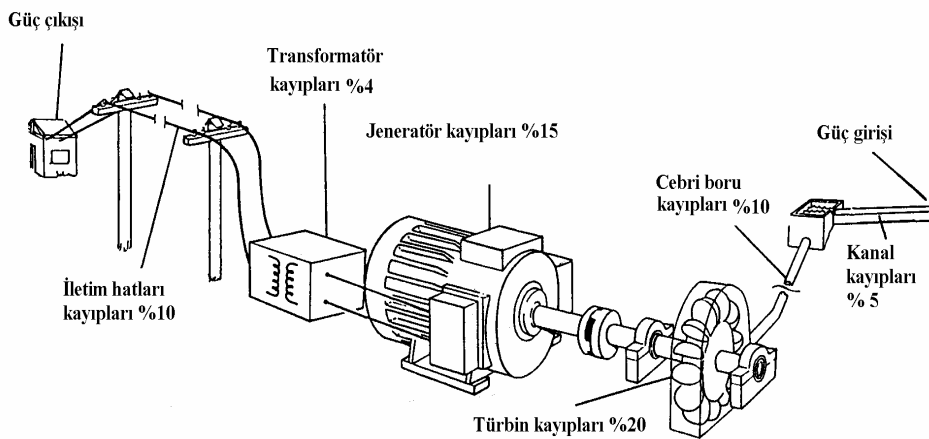
d) Mikro ölçekli hidroelektrik sistemler: Mikro hidroelektrik sistemler çok daha küçük ölçekte olurlar ve ulusal enerji şebekesine elektrik enerjisi sağlamazlar. Ana yerleşim bölgelerinden uzaktaki alanlarda yani ulusal enerji şebekesinin ulaşmadığı bölgelerde kullanılır. Güçleri, genellikle sadece bir yerleşim yeri veya çiftlik için yeterlidir. Güç bölgeleri, 200 wattan başlayarak bir grup evin veya çiftliğin yeterli aydınlanma, pişirme ve ısınma enerjisini sağlayacak şekilde 100 kW'a kadar çıkabilir. Küçük fabrikaların veya balık çiftliklerinin enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde ve ulusal enerji sisteminin bir parçası olmaksızın çalışabilir. Mikro hidroelektrik sistemlerde elektrik enerjisi üretimi de şart değildir. Bir çok uygulamada, mekanik enerjisinden de yararlanılarak değirmen sistemlerinde kullanılabilir. Her iki kullanım için de sistem özellikleri aynıdır .

Enerji literatüründe büyük hidroelektrik enerji, klasik yenilenebilir kaynak grubunda ele alınırken; mini ve mikro hidroelektrik enerji yeni ve yenilenebilir kaynaklar grubuna sokulmaktadır. 101kW-10 MW arasındaki hidroelektrik olanaklar mini hidroelektrik enerji olarak varsayılmaktadır. Mini hidroelektrik sistemler çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Düşüye göre yapılan sınıflandırmada; 2-20 m alçak düşü, 20-150m orta düşü ve 150 m ve yukarısı yüksek düşü olarak kabul edilir. Genellikle düşük birim maliyeti nedeniyle orta ve yüksek düşülü sistemlerin yapılması tercih edilir. Düşü, debi ve güç arasındaki bağıntı şu şekilde verilmektedir:

$$P_e = \rho g Q H_o \eta_{\text{türbin}} \quad (1)$$

Burada P_e türbin milinden alınan gücü (W), ρ suyun yoğunluğunu (1.000 kg/m^3), g yerçekimi ivmesini (9.81 m/s^2), H_o net düşüyü (giriş ağız ile kuyruk suyu arasındaki kot farkından toplam düşü kayıplarını çıkartarak bulunur, m), Q türbine gelen debiyi (m^3/s), η_g genel verimi göstermektedir. Bir hidroelektrik güç sisteminde toplam güç çıkışı ve kayıpların oluşumu şu şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.4):

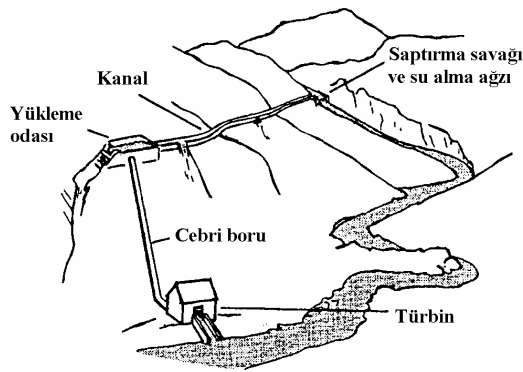
$$\text{Güç çıkışı} = \eta_{\text{inşaat}} \times \eta_{\text{cebri boru}} \times \eta_{\text{türbin}} \times \eta_{\text{jeneratör}} \times \eta_{\text{transformatör}} \times \eta_{\text{nakil hattı}} \times \text{Güç girişi} \quad (2)$$



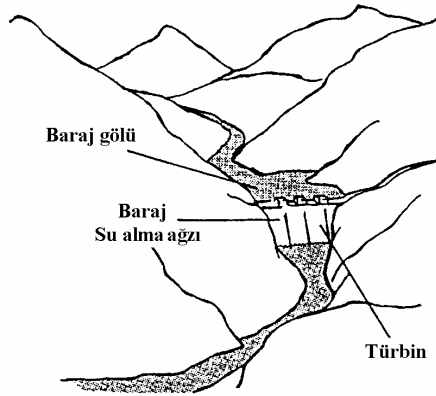
Şekil 2.4 Bir hidroelektrik santralde toplam güç çıkışı ve kayıplar

Diğer bir sınıflandırma suyun depolanması ile ilgilidir. Mini hidroelektrik sistemler depolamalı veya depolamasız olarak yapılmaktadır. Şekil 2.5'de, depolamasız ve şekil 2.6'da ise depolamalı bir sistem görülmektedir. Depolamasız sistem "run of the river" olarak adlandırılmaktadır. Burada bir saptırma savağı ve su alma ağzından kanala verilen su, bir yükleme odasına kadar getirilmektedir. Yükleme odasındaki fazla su için bir taşkın savağı bulunmaktadır. Su bir cebri borudan geçirilerek türbine

verilmekte ve burada hidrolik enerjisi mekanik enerjiye çevrilmektedir. Depolamalı sistemde ise suyun önu bir baraj sistemi ile kapatılmaktadır. Bu sistemin avantajı yağışlı sezonda su barajda tutulur. Böylece yağışsız ve kuru sezonda da gerekli potansiyel enerji sağlanmış olur. Depolamasız sistemde suyun önu kesilmez, sadece bir kısmı bir kanal içerisine alınır. Mikro hidroelektrik sistemler genellikle depolamasız sistemlerdir. Bu sistemlerin en büyük dezavantajı kurak sezonda türbin için gerekli debiyi verememeleridir. En büyük avantajı ise lokal olarak çok düşük bir maliyetle yapılabilmeleridir. Akarsu yatağına en az zararı verirler. Yükleme odasında günlük bazda yapılan ayarlarla da su debisi kontrol edilir. Depolamalı sistemler daha karmaşık ve pahalıdır. Zaman içerisinde çeşitli problemlerle karşılaşılır. Örneğin baraj gölü belirli bir zamandan sonra kum ve kil ile dolmaktadır. Böyle durumda boşaltılması hem pahalı hem de çok zordur. Bir süre sonra baraj ömrünü tamamlar.

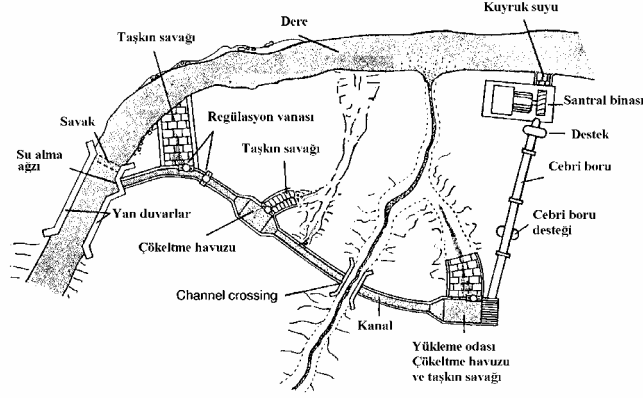


Şekil 2.5 Depolamasız hidroelektrik güç sistemi

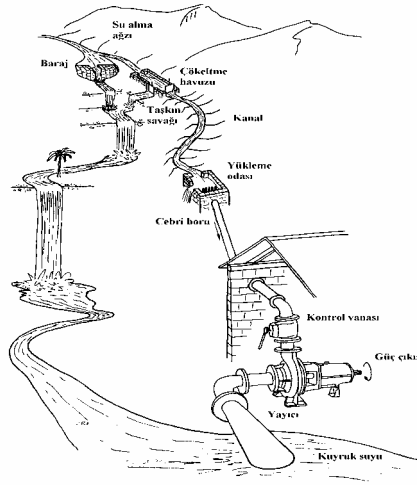


Şekil 2.6 Depolamalı hidroelektrik güç sistemi

Şekil 2.7'de depolamasız, Şekil 2.8'de ise depolamalı bir hidrolik güç sisteminin ana bileşenleri görülmektedir. Burada; set savağı suyu akarsu yatağından bir açık kanala yönlendirir; çökeltme havuzu su içerisindeki kum parçalarının çökmesini sağlar; kanal, suyu yamaç boyunca ve gerekli yerlerde su kemerlerinden geçirek yükleme odasına kadar getirir. Burada bir cebri boru içinden geçen su türbin veya bir çarka ulaşır. Türbin mili mekanik bir aletle birleştirilir. Bu bir jeneratör veya bir değirmen olabilir.



Şekil 2.7 Depolamasız bir hidroelektrik santralin kısımları



Şekil 2.8 Depolamalı bir hidroelektrik santralin kısımları

Mini hidroelektrik sistemlerin diğer bir sınıflandırma şekli de enerjinin kullanım tarzı ile ilgilidir. Burada üretilen elektrik ya merkezi enerji sistemini besler ya da bağımsız olarak küçük kasabaların ve yerleşim bölgelerinin enerji ihtiyacını karşılar.

Bir hidroelektrik sistemin tasarımı 4 aşamada gerçekleşir. Bunlar:

a) Kapasite ve talep araştırması: Bir enerjiye talep olduğunda “ne kadarlık bir enerji hangi amaç için isteniyor” sorusunun cevabı doğru olarak belirlenmelidir. Bu aşamada ayrıca kullanıcıların kullanım kapasitelerinin de belirlenmesi önemli olmaktadır. Genelde mikro hidrolik sistemler, insanların çoğunun karmaşık makinaları kullanmadığı kırsal bölgeler için planlanmaktadır. Bu sistemin tasarımı ve yapımı için gerekli paranın büyük bir kısmı o yöre insanları tarafından karşılanacaktır.

b) Hidrolojik çalışma ve mevki araştırması: Bu aşamada sistemin kurulacağı yerin hidrolik potansiyeli belirlenir. Akarsuyun debisinin yıl boyunca değişimi ortaya konur, su alma ağzının en verimli ve en ucuz olarak alınacağı yer tespit edilir. Ayrıca, dönem dönem ne kadarlık bir güç sağlanabileceği de tespit edilir. Çalışma suyun farklı kullanılması (örneğin zirai sulama amaçlı) durumunu da dikkate alır.

c) Ön fizibilite çalışması: Bu bir hızlı fiyat belirleme çalışmasıdır. Hidrolik sistem tasarımcısı talebi karşılayacak şekilde genellikle 3 veya dört farklı seçenek ortaya koyar. Bunların ilk ikisi iki farklı hidrolik sistemin yerleştirilmesi, üçüncüsü merkezi enerji nakil sisteminin geliştirilmesi ve sonuncusu ise ihtiyacı karşılayacak şekilde bir dizel jeneratör kullanılması olabilir. Ön fizibilite çalışması, bu seçenekleri karşılaştırır ve bunların önemli özelliklerini ortaya koyar. Tüketici, bu seçenekleri ve bunların karşılaştırmalı fiyatlarını bilmek isteyecektir. Ön fizibilite çalışmasında ayrıca, enerji talep çalışmalarının hidrolojik çalışma sonuçları ile karşılaştırması da yapılır. Talep çalışması bize güç

değişimleri karşısında talebin nasıl olacağını hidroloji çalışması bize güç değişimlerinin nasıl sağlanacağı hakkında bilgi verir. Ayrıca bu bölümde farklı sorulara da cevaplar verilir.

d) Tam fizibilite çalışması: Ön fizibilite çalışmasında hidrolik sistemin uygulanabilir olduğu belirlenirse; mühendislik hesapları, maliyet hesapları detaylı olarak tam fizibilite çalışmasında yapılır. Ayrıca, ekonomik kriterleri kullanarak yapılan parasal çalışmalar, işletme ve bakım masraflarının hesaplanması da önemlidir. Fizibilite çalışmasında altın kural şu şekildedir: çalıştırma ve bakım (O + M) birinci, ekonomi ve tesis faktörü ikinci, mühendislik tasarımı ise üçüncü önceliktedir. Fizibilite çalışmasında ayrıca kontratlarla detaylı olarak kullanma tarifi de belirtilmelidir. Yani kurulacak sistemden üretilen elektrik enerjisi hem ev elektriğinde ve hem de güç kaynağı olarak sanayide kullanılacaksa bu koşullar kontratta ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Aynı yolla, farklı amaçlı kullanıcılar için öncelik hakları (sulama ve hidrolik güç) ortaya net bir şekilde konmalıdır. Bu durum daha sonra ortaya çıkabilecek zorlukları çözmeye yardım edecektir

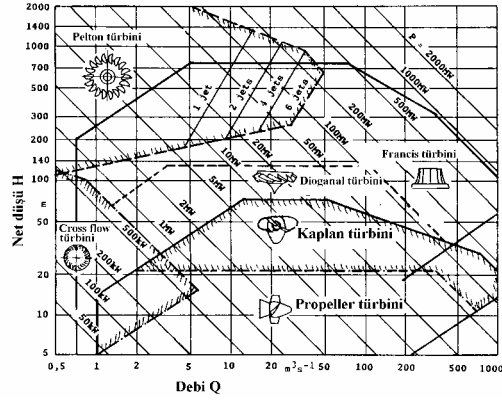
2.3 Hidroelektrik sistemlerde kullanılan türbinler ve regülasyon

Türbinler, akışkanın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinalardır. Herhangi bir yer için en uygun türbin tipinin seçimi, yerin karakteristik özelliklerine bağlıdır. Ayrıca, düşü ve debi değerine bağlı olarak hesaplanan özgül hız değerlerine bakılarak da türbin tipi belirlenir. Bir türbinin n_s özgül hızı, o türbine benzer olan ve aynı cins akışkanla 1 m net düşü altında çalışıp en iyi verimle milinden 1 BG güç veren türbinin dakikadaki devir sayısı olarak tanımlanır. Tablo 2.1'de özgül hızı bağlı olarak türbin tipleri görülmektedir. (Özgül hız bağıntısı şu şekilde verilmektedir $n_s = n P_e^{0.5} / H_o^{1.25}$)

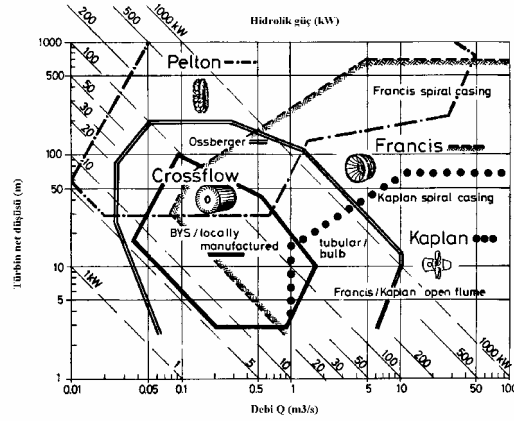
Tablo 2.1 Özgül hızı göre türbinlerin sınıflandırılması

Türbin tipi	Özgül hız (n_s)
Pelton	12-30
Turgo	20-70
Cross-flow	20-80
Francis	80-400
Uskur veya Kaplan	340-1000

Türbin tipi seçiminde türbin veya jeneratörün hızı da önemlidir. Diğer bir kriter ise türbinin kısmi debi koşullarında çalıştırılıp çalıştırılmayacağıdır. Tüm türbinler, bir güç-hız ve verim-hız karakteristiğine sahiptir. Türbin tarafından döndürülen jeneratörler, tipik bir türbinin optimum hızından daha yüksek bir devirde dönerler. Bu bağlantı kayış kasnak, dişli mekanizması veya bir kavrama yardımıyla sağlanır. Burada hız oranının minimum olması tercih edilir. Bu durumda bağlantı daha kolay ve maliyet daha düşüktür. Kural olarak 3:1 oranından kaçınmak gerekir en azından 2.5:1 oranı veya altı tercih edilmelidir. Şayet 1500 d/d ile dönen bir jeneratör varsa seçilecek türbinin hızı en az 500 d/d veya üzeri olmalıdır. Türbin hızının jeneratör hızında olması durumunda jeneratör direkt olarak türbin miline bir kavrama ile bağlanır. Üreticiler bunu tavsiye ederler. Genellikle, mikro türbin yerleştirmelerinde üniteleri ayrı olarak satın almak daha ucuzdur ve daha sonra bağlantı sistemiyle onlar yerlerine monte edilirler. Hidroelektrik sistemlerde kullanılan türbin tipleri yüksek, orta ve alçak düşü makineleri olarak sınıflandırılır. Şekil 2.9'da 50kW-2000MW güç bölgesi için, Şekil 2.10'da ise 1kW-1000kW güç bölgesi için farklı düşü ve debi bölgelerinde hidroelektrik santrallerde kullanılan türbinler gösterilmiştir.



Şekil 2.9 50kW-2000MW güç bölgelerinde kullanılan türbinler



Şekil 2.10 1kW-1000kW güç bölgelerinde kullanılan türbinler

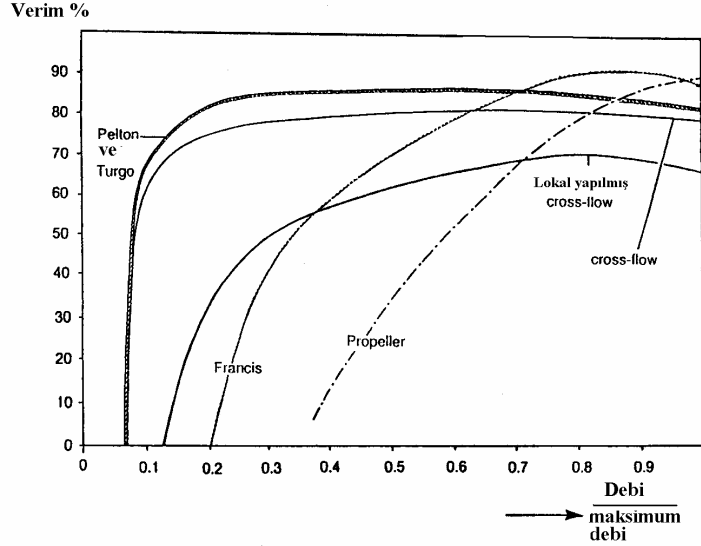
Türbinler çalışma prensibine göre de sınıflandırılırlar. Aksiyon türbinlerinde türbin giriş ve çıkışında basınçlar atmosfer basıncına eşittir. Burada suyun kinetik enerjisinden faydalanılır. Reaksiyon türbinlerinde ise çark giriş ve çıkışı arasında basınç farkı vardır. Tablo 2.2'de aksiyon ve reaksiyon türbinleri düşü bölgelerine göre verilmiştir.

Tablo 2.2. Aksiyon ve Reaksiyon Türbinlerinin Sınıflandırılması

Türbin çarkı	Yüksek	Düşü	Alçak
Aksiyon (impulse)	Pelton	Cross flow	Cross flow
	Turgo	Turgo	
	Çok püskürtüclü Pelton	Çok püskürtüclü Pelton	
Reaksiyon		Francis	Uskur
		Türbin pompa	Kaplan

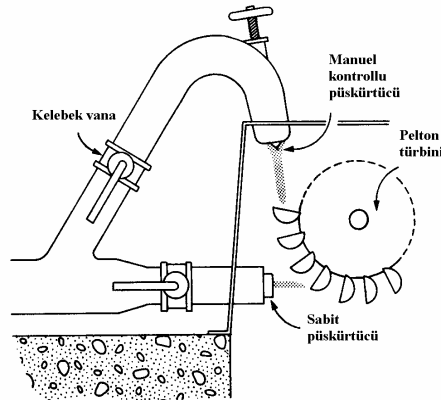
Aksiyon türbinleri reaksiyon türbinlerinden daha ucuzdur. Micro hidrolik sistemler için tasarlanan türbinler değişken debiler için uyum sağlayacak sistemlere sahip değildir. Büyük makinelerde bu ayar mekanizmaları mevcuttur. Örneğin çok püskürtüclü Pelton türbinlerinde bazı püskürtücü girişleri kapatılarak debi ayarı yapılır. Cross flow veya Francis türbinlerinde ayar kanatları vardır. Tek püskürtüclü Pelton türbininde ise iğne hareketiyle püskürtücünün kesiti değiştirilerek debi ve güç ayarı yapılır. Şekil 2.11'de kısmi yüklerde türbinlerin verim eğrilerinin değişimi verilmiştir. Pelton ve Cross flow türbinleri dizayn değerlerinin dışında farklı değerlerde de çalışmaları durumunda

oldukça yüksek verim vermektelerdir. Francis türbinlerinde kısmi yükler karşısında verim düşmektedir. Hatta Uskur türbinlerinde, tasarım debisinin %80 ve üstü haricindeki debi bölgesinde çok düşük verim elde edilir. Francis türbinleri büyük hidrolik sistemlerde oldukça popüler bir türbin olmasına karşılık karmaşık bir yapıya sahip olmaları ve kısmi yüklerdeki davranışı nedeniyle mikro hidrolik sistemlerde fazla kullanılmazlar.

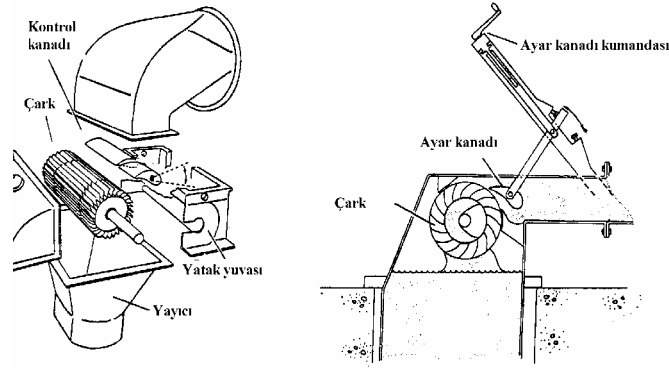


Şekil 2.11 Türbinlerin kısmi yüklerde çalışması durumunda verim eğrileri

Büyük hidroelektrik sistemlerde 150 m brüt düşünün üzerinde Pelton türbini uygulaması yapılmaktadır. Mikro hidrolik sistemlerde daha alçak düşülerde de bu türbin kullanılabilir. Örneğin yüksek hızda dönmekte olan küçük çaplı bir Pelton türbini, 1 kW güç üretmek için 20m'nin altında düşülerde kullanılabilir. Yüksek güç ve düşük debide hız çok azalır bu da türbin boyutunu artırır. Şekil 2.12'de bir Pelton türbini görülmektedir. Güç artıkça bu tip türbinlerin çarkının çapı büyür ve türbin yavaş döner. Eğer çarkın çapı ve düşük hızı bir problem olarak kabul edilmezse Pelton türbini rahatlıkla alçak düşülerde kullanılabilir. Alçak düşü ve küçük güç ünitelerinde kullanılacak olan türbinlerin, merkezi sistemden bağımsız yerel kuruluşlarca işletilmesi nedeniyle bakım ve onarımlarının kolaylıkla yapılabilir olması çok önem taşımaktadır. Ayrıca, tesis aksamının da piyasadan kolay temin edilebilen parçalardan oluşması gereklidir. Bu açıdan Cross-flow türbinleri bu çalışma bölgelerinde çok avantajlıdır. Konstruksiyonları diğer bütün türbin tiplerine göre son derece basittir. Bu nedenle türbin, ucuz olarak küçük atölyelerde kısıtlı olanaklarla imal edilebilir. Türbin başlıca; giriş ağızı , çark ve gövdeden oluşmaktadır. Şekil 2.13'de bir cross-flow türbini görülmektedir.



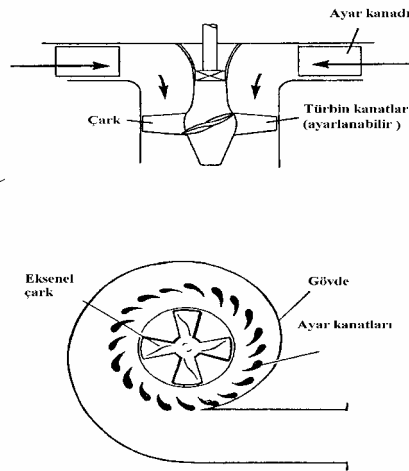
Şekil 2.12 Pelton türbini



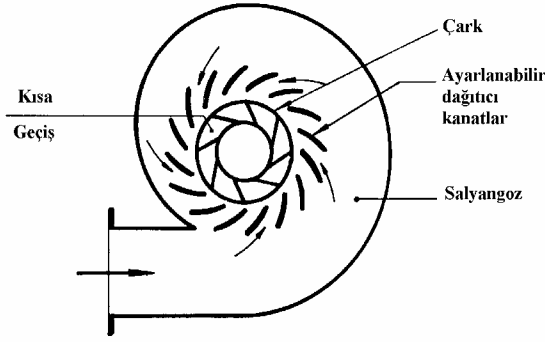
Şekil 2.13 Cross-flow türbini

Giriş ağızı kaynak tasarımı, beton veya çok düşük debilerde tahtadan imal edilebilir. Döküm veya özel malzemeye gerek yoktur. Burada en önemli husus, giriş ağızının iyi bir yönlendirici olarak yapılmasıdır. Bunun için giriş ağızının her iki yan cidarı çark çevresel hızıyla 16 derece açı yapacak şekilde dizayn edilir. Ayar mekanizması olarak bir kolla kumanda edilebilen klape, kanat veya sürgü kullanılır. Bu türbinlerinde giriş ağızı içerisine yerleştirilmiş uygun kesitli bir ayar kanadı yardımıyla debinin tamamen de kesilmesi sağlanır (Şekil 2.13). Böylece, ayrıca bir giriş vanasına da gerek kalmaz. Ekonomik ve emniyetli bir otomatik kontrol küçük tesislerde türbin tipinden ayrı, başlı başına bir sorundur. Debinin otomatik kontrolü pahalı bir çözüm olduğu için küçük santrallerde gittikçe daha az kullanılmaktadır. Çark, kaynak konstruksiyonu olarak yapılmaktadır. Çark içerisinden boydan boya mil geçirilebildiği gibi miller flanşlara da çarkı bağlamak mümkündür. Kanatlar, diğer türbin tiplerinde olduğu gibi dönük değil, silindirik borulardan kesilerek veya presle şekillendirilerek yapılır.

Reaksiyon türbinleri aynı düşü ve debi değerinde aksiyon türbinlerinden daha hızlı döner. Burada kullanılan türbinler Francis, Uskur ya da Kaplan türbinleridir. Şekil 2.14'de bir Kaplan türbini Şekil 2.15'de ise bir Francis türbini görülmektedir. Kaplan türbinleri Francis türbinlerine nazaran daha hızlı dönerler. Bu büyük avantaj nedeniyle Jeneratöre arada kayış kasnak veya dişli olmadan da direkt bağlanabilir, Francis türbinleri orta düşüşler için Kaplan türbinleri ise alçak düşümler için daha ekonomiktir. Yapımları aksiyon türbinlerine göre daha zordur, Bu nedenle mikro hidrolik sistemlerde daha az kullanılmaktadır. Ayrıca bu türbinlerde kaviteasyon tehlikesi de vardır. Değişken debilerde de düşük verim verirler.



Şekil 2.14 Kaplan türbini



Şekil 2.15 Francis türbini

Regülatörler türbin hızını kontrol etmek için kullanılırlar. Son yıllara kadar hidrolik sistemlerde kullanılan bütün regülatörler, türbine giden suyu ayarlayarak güç değişimi sağlamaktaydı. Regülatörün görevi ister mekanik ister elektriksel olsun türbin milindeki hızı ayarlamaktır. Daha fazla güce ihtiyaç duyulduğunda türbin girişine daha fazla su verilir, benzer olarak daha az güce ihtiyaç duyulduğunda ise türbin girişi kısılarak daha az miktarda suyun türbine girişi sağlanır. Kırsal bir bölgede elektrik üretiliyorsa senkronize jeneratör kullanılır. Jeneratörün frekansı ise jeneratörün hızına ve kutup sayısına bağlıdır. Örneğin 4 kutuplu bir jeneratör 50 Hz için 1500 d/d ile dönmelidir. Bu hızın artma veya azalması durumunda üretilen frekans da artar veya azalır. Hidrolik sistemde kullanılan regülatörler İki grupta incelenir. Bunlar geleneksel ve geleneksel olmayan regülatörlerdir. Geleneksel olanlar, yüksek standartta olup tüm sistem boyutlarında kullanılırlar. Karmaşık ve pahalıdırlar. Son zamanlarda küçük sistemler için daha fazla yük kontrol regülatörleri kullanılmaya başlanmıştır. Bunların yapısı çok daha basittir. Maliyetin düşük olması istenen bütün mikro hidrolik sistemlerde yük kontrol regülatörleri tercih edilir. Yük kontrolü bir elektronik cihaz olup kullanıcı yükünün değişmesinde dahi jeneratörde sabit bir elektrik yükü sağlar. Türbinde debi akış kontrol cihazına ve regülatör sistemine ihtiyaç duymaz. Türbin debisi sürekli aynı sabit değerinde tutulur. Yük kontrolü jeneratörde daima sabit bir elektrik yükünü garanti eder. Türbin çıkış gücü sabittir dolayısıyla hız da sabit olacaktır. Yük kontrolü, ana yük tarafından istenmeyen ikinci bir safra yükü sağlayarak sabit bir jeneratör çıkışı sağlar. Çalışma prensibi ise kısaca şu şekildedir: Daha az yüke ihtiyaç olduğu anda türbin hızı ve frekans düşmeye başlayacaktır, bu durum yük kontrolü tarafından algılanacak ve ilave safra yükünü sağlamak üzere dirençler devreye girecektir, böylece kullanıcı yükünün değişmesi durumunda da jeneratördeki toplam yük sabit kalacaktır. Yük kontrolü normalde frekansı veya voltajı sürekli ölçerek türbin hızını kontrol edecektir. Bu sistemin en büyük avantajı ucuzluğu ve basitliğidir. Tamir ve hareketli parça gerektirmez.

2.4 Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli

Türkiye'nin yağış rejimi zaman ve yer bakımından oldukça düzensiz ve dengesizdir. Meteorolojik koşullara bağlı olarak her yıl önemli ölçüde değişim gösterme niteliğine sahiptir. Bu durumda hidroelektrik üretimin de yıllara göre farklılıklar göstermesi kaçınılmazdır. Uzun yılları kapsayan meteorolojik gözlemlere göre yılda ortalama 643 mm olan yağışlar 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Bu ortalama değer ancak 186 m³'ün çeşitli büyüklükteki akarsular aracılığı ile denizlere ve kapalı havzalardaki göllere doğru akışa geçtiği kabul edilmektedir. Akarsularımızın düzenlenmesi ve maksimum faydanın sağlanabilmesi için bugünkü etütlere göre 702 adet barajın inşası gerekmektedir [TÜBİTAK-TTGV]. Topoğrafyası ve morfolojik yapısı göz önüne alındığında ülkemiz hem düşü hem de debi açısından şanslı sayılabilecek ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin kaynak varlığı ve mevcut durumuna göz atmadan önce teknik yapılabilirlik ve ekonomik yapılabilirlik kavramlarının açıklamasını yapmak gerekecektir.

Teknik yapılabilirlik: Teknik açıdan söz konusu projenin gerçekleşmesine engel oluşturacak düzeyde herhangi bir mühendislik sorununun olmaması halidir.

Ekonomik yapılabilirlik: Bir projenin toplam yıllık gelirinin toplam yıllık giderinden fazla olması halidir. Türkiye'deki hidroelektrik kaynak varlığını üç kısımda incelemek gerekir. [].

Brüt potansiyel: Ülkemizde mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin teknik ve ekonomik yapılabilirlik koşulları göz önüne alınmadan teorik olarak mevcut tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanmasıdır. Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 430 milyar kWh civarındadır.

Teknik potansiyel: Ekonomik yapılır olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından "Teknik yapılabilir" olanlarının tümünün değerlendirilmesi durumunda ulaşılabilecek üretim miktarıdır. Ülkemizin teknik hidroelektrik potansiyeli 215 milyar kWh mertebesindedir.

Teknik ve ekonomik potansiyel : Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem "teknik" hem de "ekonomik" olarak değerlendirilebilir bölümüdür. Yılda yıla farklılıklar göstermekle birlikte bugün için Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 124.5 milyar kWh ' dir.

1997 yılı başı itibarıyla mevcut duruma bir göz atıldığında Türkiye'de 124.5 milyar kWh olarak bulunmuş olan teknik ve ekonomik potansiyelin şimdiye kadar sadece 36.341 milyar kWh'lık bölümünün kullanıldığı görülmektedir. Gelişmiş olan ülkelerin bir çoğunda bu potansiyelin büyük bir bölümünün değerlendirilmiş olmasına rağmen Türkiye'de işletmeye açılmış tesislerle söz konusu potansiyelin ancak % 29'luk bölümü hizmete sunulmuş durumdadır. Ülkemizde gerçekleşme oranının istenen düzeyde olmamasının başlıca nedeni olarak, hidroelektrik santral projelerinin ilk yatırım maliyetlerinin diğer kaynaklarla kıyaslandığında yüksek olmasıdır. Dünyada hidroelektrik üretim 1925 yılında 78.7 TWh iken, 2000 yılında 4000 TWh'e ulaşacaktır. 2000 yılında hidroelektrik üretimin toplam enerji üretimi ve birincil enerji üretimindeki payının sırasıyla %14 ve %5.5 olacağı tahmin edilmektedir.

Hidroelektrik enerji için ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu ve inşa süresinin uzunluğu olumsuz faktörler olarak ileri sürülmektedir. 1995 yılı sonu itibarıyla tesislerin birim yatırım maliyetleri şu şekildedir :

Doğal gaz santralleri	680 \$/kW
Linyit santralleri	1600 \$/kW
İthal kömür santralleri	1450 \$/kW
Hidrolik santraller	1200 \$/kW
Nükleer santraller	1800-2700 \$/kW

Görüldüğü gibi sadece doğal gaz santralleri hidroelektrik santral maliyetinden daha ucuzdur. Hidroelektrik santrallerin inşa süreleri uzun olmasına karşılık ekonomik ömürleri termik santrallerden daha uzundur. Kömür yakıtlı santraller ile kombine çevrimli santrallerin ömürleri 25 yıl iken baraj ve hidroelektrik santrallerin ekonomik hizmet süresi 40-50 yıldır. Bu değerler fizibilite çalışması değerleridir. Bazı rehabilitasyon çalışmaları ile hidrolik santrallerin ömürleri 75-100 yıla çıkartılabilmektedir. Ayrıca termik santraller doğal kaynakları tüketir. Buna karşılık hidrolik potansiyelin gelişmesi ile barajlarda meydana getirilen yapay göller vasıtasıyla ortamda oluşan buharlaşma havzalarının daha fazla yağış almasına yol açmakta diğer bir deyişle kaynak artırıcı olarak işlev görmektedir. Hidroelektrik santrallerin teknik bazda en büyük avantajı diğer santrallerle kıyasla (özellikle pik saatlerde) çok çabuk devreye girme özelliğidir. Gerçekten bir hidroelektrik santralin ani talep durumunda devreye girmesi için sadece birkaç saniyeye gereksinim varken bu süre termik santraller için birkaç saati almaktadır. Türkiye'nin en fazla kullanılan alternatif enerji kaynağı olmasına rağmen potansiyelin %29 'luk kısmı kullanılmaktadır. Türkiye'nin geliştirilen projelere göre öngörülen ekonomik hidroelektrik potansiyeli 125 milyar kWh/yıl dır. Bu potansiyelin 1997 yılına kadar ancak % 29'u (36 milyar kWh/yıl) üretilebilmiştir. İnşa halindeki 33 adet santralin devreye alınması ile ekonomik potansiyelin %38'i değerlendirilmiş olacaktır. Potansiyelin değerlendirilmemiş %62 lik bölümü en az ön inceleme aşamasında etüdü tamamlanmış 363 hidroelektrik santralin yapımını kapsamaktadır [TÜBİTAK-TTGV].