

SIFIR ATIK BİO ENERJİ GERİ DÖNÜŞÜM A.Ş.



Arşimet Burgu Türbin Sistemi



Sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde, israfın önlenmesini, atık oluşumunu minimize hale getirmek, kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlamak, geleceğimiz olan çocuklarımıza daha temiz ve yaşanabilir bir çevre bırakmak için Sıfır Atık Projesi global bazda hızla değer kazanmaya başlamıştır. Çevrenin korunmasına yönelik yasal mevzuatlar gereği sanayi tesisleri üretim proseslerinde değişik amaçlar için kullandıkları atık suları, belediyelerde su ve kanalizasyon hattından topladıkları atık suları dış ortama deşarj ederken belirli standartları sağlayıp dış ortama deşarj etmek zorundadırlar. Sanayi tesisleri prosesleri sonucunda oluşan atık suları belediyelerde su ve kanalizasyon hattından topladıkları atık suları da arıtıp dış ortama vermek için arıtma tesisleri kurmaktadır.

Son zamanlarda özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisine olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bunun sonucunda hidrolik kaynaklar üzerindeki çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle düşük debi ve yüksekliklerde kullanım alanı yaygınlaşan Arşimet burgu türbinleri dünya genelinde tercih edilir hale gelmiştir.

Arşimet Burgu Sistemi Tarihçesi

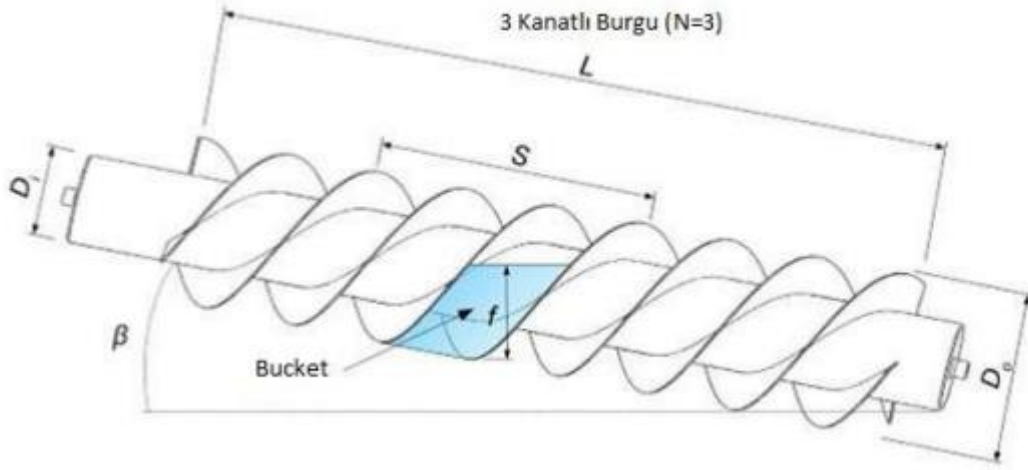
Arşimet burgusu, antik çağlara ait bir buluş ve aynı zamanda basit bir makinedir. Burgunun Archimedes ze Syrakus (287–212 MÖ.) tarafından bulunduğu tahmin edilmektedir. 1819'de Fransız Mühendis Claude Louis Marie Henri Navier (1785–1836) Arşimet burgusunu su değirmeni olarak kullanılmasını önermiştir. 1922'de William Moerscher, Amerika'da hidrodinamik burgu türbinini patent altına almıştır. 1990'larda ise Ing. Karl-August Radlik (1912–2001) ve Profesör Karel Brada Arşimet burgusunun su türbini olarak kullanılabilmesi için yatak geliştirmişlerdir. İlk model türbin 1995 ve 1996 yıllarında Prag'da test edilmiştir. 1997 yılında Çek Firması SIGMA Hranice, Ing. Karel-August Radlik ve Profesör Karel Brada önderliğinde Arşimet burgu türbinine ait ilk prototipi geliştirmiştir. Bu prototip daha sonra Obere Schlägweidmühle'ye kurulmuştur. Günümüzde özellikle Avrupa'da sayısız küçük-ölçekli hidro elektrik santralleri kurulmuştur.

Arşimet Burgu Sistemi

Arşimet burgu türbin sistemi alçak düşü ve debi değerlerinde enerji üreten bir hidroelektrik santraldir. Bu çalışmada Arşimet burgu türbin sisteminin parametreleri, deney sonuçları ve sistem kurulumu anlatılmıştır.

Dünyadaki enerji ihtiyacı, günümüzde araştırmacıları yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalar yapmak için teşvik etmekte, bu amaçla güneş, rüzgâr, dalga ve su gibi doğal enerji kaynakları üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Arşimet burgusu bilinen tüm hidrolik makinelerin en eski formlarından biridir ve günümüzde hala kullanılmaktadır. Bu makine Arşimet tarafından icat edilmiştir. Kullanımına başlandığı ilk zamanlarda, suyu düşük seviyeden yüksek seviyeye çıkarmak için bir pompa görevinde kullanılırken, günümüzde işlevi bir türbin olarak tersine çevrilmiştir. Arşimet burgularının türbin olarak kullanılması Arşimet burgu türbin tarihine bakıldığında nispeten yenidir. İlk Arşimet burgu türbini son yirmi yıl içinde kullanıma alınmıştır. Arşimet burgu türbini akışkanın potansiyel enerjisini mekanik enerjiye çeviren ve çeşitli aktarma organlarıyla elektrik üreten bir sistemdir. Bu sistem düşük düşüye sahip hidroenerji kaynakları için geliştirilmiştir. Bir Arşimet burgusu, bir veya daha fazla sarmal yüzeylerin (kanatların) silindirik yüzeyine ortogonal olarak sarıldığı

bir iç silindirik şafttan oluşur. Oluşan geometri, silindirik bir oluğa yataklanır. Oluk, burguyu çevreleyen bir tüp olabileceği gibi sadece burgunun alt yarısı etrafında uzanan bir geometriye de sahip olabilir. Arşimet burgusunda iki kanat arasında kalan su kütlesi buket hacmi olarak isimlendirilir. Arşimet burgusu bir pompa olarak kullanıldığında, akışkan burğu sisteminin uzunluğu boyunca alt uçtan üst uca doğru transfer edilir. Arşimet burğu türbin ise ters yönde çalışır: Akışkan burğu uzunluğu boyunca üst seviyeden alt seviyeye doğru transfer edilir. Akışkan transferi, işlemdeki buket hacimlerinin dönmesine, burğu kanat yüzeylerinde uyguladığı hidrostatik basınç ile burğu milinde bir moment oluşmasına ve düşü seviyesinin azalmasına neden olur. Süreç sonucunda elde edilen mekanik enerji bir jeneratörün burğu milinden sürülmesiyle elektrik üretmek için kullanılabilir. Arşimet burğu sistemi hareketli bölümü Şekil 1'de gösterilmiştir

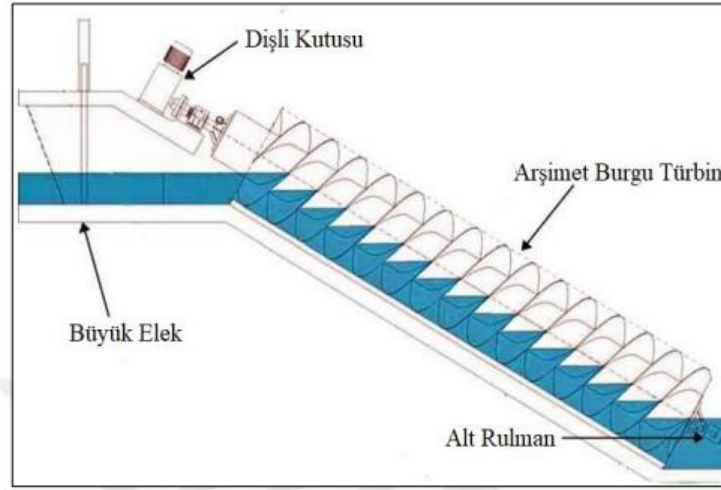


Şekil 1: Arşimet Burgu Türbini

Dış çap (D_o), iç çap (D_i), hatve (S), kanat sayısı (N) uzunluk (L) ve yatay eksenine göre merkezi eksenin eğimini içeren dahil edilmiş geometrileri gösterir (β). Arşimet burğu türbin parametreleri sistem verimini etkilemektedir. Arşimet burğu türbin $0,1 \text{ m}^3 / \text{s}$ ila $10 \text{ m}^3 / \text{s}$ su debisi ve 1 m ile 10 m kot farkının bulunduğu yerlerde kullanılabilir. Bu kullanım alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kot farkının el verdiği yeterli suyu olan tüm dere ve nehirlerde;
- Mevcut gölet ve hidroelektrik üretim tesislerinin kuyruk suyu ve can suyu çıkışlarında;
- İshale hatları ve sulama kanallarında;
- Arıtma tesislerinin giriş ve çıkış yapılarında;
- Arıtma tesislerinin giriş ve çıkış yapılarında;
- Revizyon gerektiren küçük üretim santrallerinin yerine;
- Terk edilmiş su değirmenlerinin yerine;
- Mevcut bentlerde;
- Fabrikaların endüstriyel su soğutma sistemi çıkışlarında;
- Yeterli düşü ve debi değeri sağlandığı koşullarda kullanılabilir.

Çoğu pompa gibi Arşimet vidaları da akan bir akışkan tarafından döndürülebilir ve türbin olarak kullanılabilir. Antik çağlara dayanan bir teknoloji olmasına rağmen Arşimet vidalarının jeneratör olarak kullanılması nispeten yenidir. İlk Arşimet burgu türbini bundan yirmi yıl önce devreye alınmıştır. Bir Arşimet burgusu, bir veya daha fazla sarmal yüzeyin (kanatların) silindirik yüzeyine ortogonal olarak sarıldığı bir iç silindirik şafttan oluşur. Elde edilen geometri, geleneksel bir vidaya çok benzer. Burgu, silindirik bir oluğa oturur (veya bazı durumlarda sabitlenmiştir). Bu oluk, burguyu çevreleyen bir tüp olabilir veya sadece burgunun alt yarısı etrafında uzanabilir. Bir pompa olarak kullanıldığında dönen Arşimet burgusu, iki ardışık kanat arasında su yakalar. Yakalanan su kütlelerinden bir tanesi akışkan dilimi olarak adlandırılır. Burgu döndükçe akışkan, burgunun uzunluğu boyunca, alt uçtan yüksek uca doğru transfer edilir. Arşimet burgu türbinler ise ters yönde çalışır. Su akışı burgu uzunluğu boyunca üst seviyeden alt seviyeye doğru transfer edilirken, su akışkan dilimlerinin formunu alarak burguyu döndürür. Suyun burgu kanat yüzeylerinde uyguladığı hidrostatik basınç, işlemdeki akışkan dilimleri hacimlerinin dönmesine ve düşü seviyesinin azalmasına neden olur. Bu dönüş, bir jeneratörün burgu milinden aktarılmasıyla elektrik üretmek için kullanılabilir. Şekil 2’de bir türbin konfigürasyonunda kullanılan tipik bir Arşimet vidasını göstermektedir.



Şekil 2: Tipik bir Arşimet burgu türbin yandan görünüşü

Arşimet burgu türbin sisteminin genel hatlarıyla görünüşü ve bileşenleri şematik olarak gösterilmiştir. Türbin girişinde bulunan büyük elek akışkan içerisinde taşınan ağaç parçaları gibi türbine zarar verebilecek yabancı maddelerin girişini engeller. Burgu mili alt ve üst uçtan 2 rulman vasıtasıyla yataklanmıştır. Burgu mili ucuna akuple edilen dişli kutusu elde edilmek istenen devir sayısının elde edilmesi amacıyla kullanılır.

Arşimet Burgu Sisteminin Avantajlarını

- Arşimet burgusu suda yaşayan canlılara zarar vermez. C. D. McNabb ve arkadaşlarının 2003 yılında yapmış olduğu “Red Bluff, California'daki Arşimet Asansörü ve Hidrostatik Pompa ile Juvenil Chinook Somon ve Diğer Balık Türlerinin Geçişini” adlı yapmış olduğu çalışmada Arşimet burgu pompalar balıkların %98'inden fazlasının geçimini sağladığı gözlemlenmiştir.

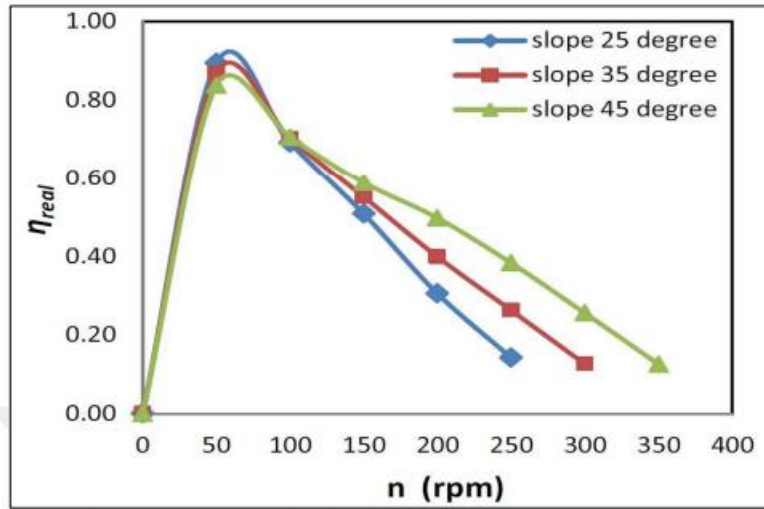
• Sürekli elektrik üretiminde güvenilirlerdir. Proje su debisi %80 azalsa veya %20 artsa bile yüksek verimle elektrik üretimine devam eder.

• Kurulumu sırasında geleneksel türbinlere göre daha az hafriyat ve betonarme yapıya ihtiyaç duyduğu için çevre ve tarihi dokunun korunmasına katkı sağlar.

• Can suyu ve balık geçidi gerektirmez. Suyu oksijen miktarı bakımından zenginleştirir.

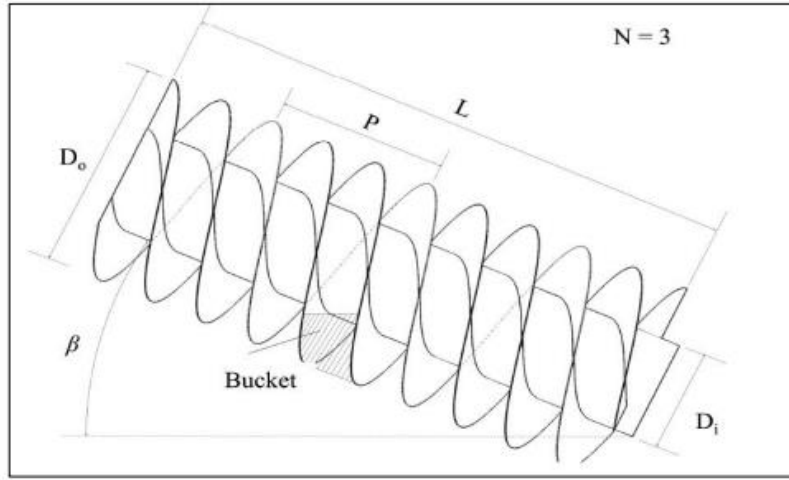
Arşimet Burgu Türbin Tasarım Parametreleri

Müller ve Senior'ın geliştirmiş olduğu model, belirli koşullar için Arşimet burğu türbinlerini optimize etmeye çalışan tasarımcılara rehberlik etmek amacıyla basitleştirilmiştir. Aşağıdaki model, statik basınçlı bir enerji dönüştürücü kavramını basitleştirilmiş bir geometriden, çalışan bir Arşimet burgusunu modelleyebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu model parametre olarak dönüş hızı ω ve tork T'yi içerir. Vida geometrisi, P hatve, N kanat sayısı, D_o dış çap ve D_i iç çap (Şekil 2.3) ile tanımlanır. Dış ve iç çaplar, $R_o = D_o / 2$ ve $R_i = D_i / 2$ olarak tanımlanmıştır. Burgunun toplam uzunluğu L'dir ve yatay bir açıda β eğimlidir. Başlangıç olarak basitleştirilmiş modelde olduğu gibi su hacmi ve torkun tek bir akışkan dilimi içerisinde olduğu kabul edilmiştir. Bu değerler daha sonra toplam vida gücünü hesaplamak için vidanın dönüş uzunluğu ve hızı ile kullanılır. Model esas olarak, w merkezi vidanın hizalandığı silindirik bir koordinat sisteminde tanımlanır, r merkez çizgisinden olan mesafedir ve θ radyal düzlemdeki yukarı doğru normalden merkez hattına olan açıdır. Arşimet burğu türbin parametreleri sistem verimini etkilemektedir. Tineke Saroinsong ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış oldukları "Üç Kanatlı Arşimet Burgu Türbin Performansı" adlı çalışmada türbin verim değerinin türbin açısına bağlı olarak nasıl değiştiği araştırılmıştır. 25° , 35° ve 45° 'de yaptıkları araştırma sonucunda maksimum verim değeri 25° 'de %89 olarak elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Türbin şaftı eğiminin türbin verimliliğine etkisi

Şekil 4'te gösterilen grafikte Tineke Saroinsong ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış oldukları çalışma sonucunda elde ettikleri veriler gösterilmiştir. Grafiğin yatay eksenini türbin dönüş hızını, dikey eksenini ise verim değerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde en yüksek verim değerinin 25° 'de olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 4 : Arşimet burgu türbin tasarım parametreleri

Arşimet Burgu Türbininin Debi ve Düşü Değerlerinin Belirlenmesi

Arşimet burgu türbin tasarım ölçüleri belirlenirken temel alınan 2 adet parametre bulunmaktadır. Bu parametreler türbin sisteminin debi ve düşü değerleridir. Bu nedenle Arşimet burgu türbin sistemi kurulması planlanan Akarsuyun veya derenin debi değerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Arşimet burgu türbin sisteminin kurulmasına karar verilen lokasyonun aylar içerisinde debi değerlerinde meydana gelen değişimler Arşimet burgu türbin sisteminin tasarım debi değeri belirlenmelidir.

Arşimet Burgu Türbin Tesisinin Maliyeti

Deneyisel bir örnek olarak;

Kurtköy Deresi'nin ortalama debi değeri $0,499 \text{ m}^3 / \text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Kurtköy Dere debisi mevsimsel değişimler dikkate alındığında $0,01 \text{ m}^3 / \text{s}$ ile $1,38 \text{ m}^3 / \text{s}$ arasında değişmektedir. Tasarlanacak Arşimet burgu türbin debisi bu değerler doğrultusunda firma tarafından $0,46 \text{ m}^3 / \text{s}$ olarak belirlenmiştir. Sistem tasarım debisinin %20 si olan $0,092 \text{ m}^3 / \text{s}$ ile tasarım debisinin %120 si olan $0,552 \text{ m}^3 / \text{s}$ debide verimli bir şekilde çalışacağı öngörülmüştür. Yapılan formülasyon çalışmaları firma Ar-Ge faaliyetleri ürünüdür. Bu nedenle içeriği firma gizlilik anlaşmaları nedeniyle paylaşılabilir değildir.

MikroHES yatırım maliyeti 1300-8000 ABD doları/kW (1000-6200 €/kW) arasında değişir. Bir başka çalışmada ise mikro hesler için yatırım maliyeti tahmini olarak 1000-6200 €/kW arası olacağı ifade edilmiştir. İşletme maliyeti ise yatırım bedelinin yaklaşık %1-4 arasında değişmektedir.

Söz konusu mikro hes için ekstra bir personel görevlendirilmeye gerek duyulmaması, uzaktan kontrol edilmesi, mikrohes'in kurulu gücünün çok fazla olmaması kullanılan malzemeler vb. nedenlerden dolayı çok az olduğu firma yetkililerince mevcut uygulamalardaki veriler neticesinde ifade edilmiştir.

Atık su arıtma tesisi yılın 365 günü çalışmakta olup minimum debi miktarı $x \text{ m}^3 / \text{sn}$ maksimum debi miktarı $x \text{ m}^3 / \text{sn}$, ortalama debide $x \text{ m}^3 / \text{sn}$ olarak ölçülmüştür. Debi miktarları ile üretilen elektriğin

miktarı orantılı şekilde deęiŖecektir. Bir yıl içinde 8760 saat bulunmaktadır. Tesisinin alıŖma süresi olarak debi miktarları düşnerek 7700 saat olarak varsayılmıŖtır.

retilecek Yıllık Elektrik Miktarı = 7700*(günlük üretilen elektrik kWh)=154000 kWh/Yıl

İŖletme Geliri = 7700*(günlük üretilen elektrik kWh)* (1 kWh elektrik satıŖ fiyatı)= \$/Yıl

Geri deme süresi (paybackperiod), yapılan bir yatırım için harcanan toplam masrafın ne kadar sürede karŖılanabileceğini gösteren bir değerdir. Bir baŖka ifadeyle yatırımın sağlayacağı net nakit giriŖlerinin yatırım giderine denk gelebilmesi için geçmesi gereken zamandır. Yapılan yatırımın geri ödeme süresi tespit edilirken yatırımdan elde edilen yıllık net nakit gelirleri kümülatif olarak toplanarak hesaplanır. Net nakit gelirlerinin kümülatif toplamının ilk yatırım tutarına denk olduğu sene, yatırımın geri ödeme suresidir. Aynı miktarda maddi geri dnŖ sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha az olan proje, yatırım bakımından değerlendirildiğinde daha çok tercih edilen yatırım olarak kabul edilir. Kurulumu tamamlanan projeler debi ve dŖ parametrelerine paycakperiod süreleri 2 ila 5 yıl arasında deęiŖmektedir.