
ÇANAKKALE BOĞAZI AKINTI TÜRBİN MODELLENMESİ

Muzaffer YÜCEL * 
İsmail TARHAN * 

Alınma: 04.04.2018; düzeltme: 09.07.2019; kabul: 02.08.2019

Öz: Bu çalışmada, Çanakkale boğaz akıntısının akıntı gücü ölçülerek türbin tasarlanmış ve bu türbinin uygulama sahasındaki denemeleri yapılarak uygunluğu test edilmiştir. Ayrıca boğaz akıntısının verimliliği konusunda çalışma yapılmıştır. Akıntının yoğun olduğu ve türbin kurulması açısından uygun olabilecek üç farklı bölge belirlenmiştir. Çalışmada 5kW gücündeki türbin boğazda belirlenen bu bölgelere yerleştirilmiş ve farklı akıntı hızlarında türbinin enerji verimliliği ölçülmüştür. Ayrıca akıntı yönünün değişimi ölçülmüş, bu değişimin türbin üzerindeki olumsuz etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıntı Türbini, Çanakkale Boğazı, Alternatif Enerji, Yenilenebilir Enerji

Modeling of Electricity Production From Canakkale Strait Currents

Abstract: In this study, the Canakkale strait discharge turbine designed by measuring the discharge power and conformity tested by experiments on the application field of this turbine. In addition, studies have been conducted on the efficiency of the strait discharge. Three different zones have been identified where the flow is dense and may be suitable for turbine installation. In the study, the turbine at 5kW of power was placed in these zones identified in the strait and the energy efficiency of the turbine was measured in different current velocities. Furthermore, the change in the current direction was measured the negative effects of this change on the turbine have been examined.

Keywords: Current Turbine, Canakkale Strait, Alternative Energy, Renewable Energy

1. GİRİŞ

Ülkeler enerji gereksinimlerini ağırlıklı olarak fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ancak fosil yakıtların zaman içinde tükenerek olması ve bu yakıtların çevreye verdiği zararlardan dolayı enerjinin kolaylaştırdığı hayatları zehirlemesi, ülkelerin bu yakıtlardan uzaklaşmalarına ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmelerine sebep olmaktadır. Elektrik üretiminde alternatif kaynaklar arayışında rüzgârdan, Güneş'ten, deniz akıntılarından ve dalgalarından faydalanmak ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkeler her ay ürettikleri alternatif enerji miktarlarıyla dünya gündemine gelmektedirler. Alternatif enerjiden yararlanma ülkelere göre farklılıklar göstermektedir. Bazı ülkeler güneş açısından avantajlı iken diğer ülkelerde rüzgâr açısından

* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 17400, Çanakkale.

avantajlıdır. Örneğin denize kıyısı olan ülkeler ise deniz akıntıları ve dalgalardan enerji üretmek konusunda avantajlıdır. Bunun için yoğun olarak Ar-Ge çalışmaları yapmaktadırlar. Türkiye’de iki büyük deniz iki uzun boğaz ile birleşmektedir. Bu boğazlarda meydana gelen akıntılardan enerji üretmek mümkündür. Burada sürekli ve çift yönlü bir akıntı vardır. Akıntının başlıca sebebi; boğazın iki uç kısmındaki yoğunluk farkından kaynaklanan ve yoğunluk dengesinin oluşması için gerçekleşen akıntı olmasıdır. Yoğunlukların aynı olmaması farklı deniz seviyesi yükselti değerleri meydana getirir. Oluşan akıntı ile elektrik üretimi gerçekleştirilebilir. Yapılan ölçümlerde Çanakkale Boğazında bazı yerlerdeki akıntı hızı 2,5 m/s kadar çıkmaktadır. Yapılan denemelerde bu akıntı hızlarında verimli sayılabilecek elektrik üretilbileceği gösterilmiştir.

2. BOĞAZAKINTISI ENERJİ POTANSİYELİ

Su akıntı türbinleri ile rüzgâr türbinlerinin yapıları ve kontrol sistemleri birbirine benzerlik gösterir. Grogan ve diğ.(2013) yapmış oldukları çalışmalarında aynı büyüklükteki rüzgâr ve akıntı türbini karşılaştırıldığında Denklem (1) de hesaplandığı gibi, su türbini rüzgâra göre 800 kat daha fazla enerji taşımaktadır. Su akıntı türbinlerinde sürekli akıntı bulunduğundan rüzgâra göre enerji çıkışı kesiksizdir. Havanın yoğunluğu $1,225 \text{ kg.m}^{-3}$ ve suyun yoğunluğu 1025 kg.m^{-3} olarak alınırsa,

$$\frac{P_{\text{rüzgâr}}}{P_{\text{su akıntı}}} = \frac{\frac{1}{2} \rho_{\text{hava}} A U^3}{\frac{1}{2} \rho_{\text{su}} A U^3} = \frac{\rho_{\text{hava}}}{\rho_{\text{su}}} = \frac{1.225}{1025} \cong \frac{1}{800} \quad (1)$$

sonucu elde edilir.

Türbin üzerine gelen akıntı, rotorundaki kanatlarda kaldırma kuvveti uygular, kanatlar rotor milinde tork meydana getirir ve eksensel akıntı indüksiyon hareketini oluşturur. Grogan ve diğ.(2013) yaptığı çalışmada eksensel indüksiyon hareketini Denklem (2)’deki gibi ifade etmişlerdir. Burada rotor bir disk olarak kabul edilmiş ve bu diskin dönme hızı U_d , gelen akıntının hızı U_∞ ve disk eksensel indüksiyon faktörü a ile gösterilmiştir. Bu durum akıntı içinde kalan diskin dönme faktörü olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

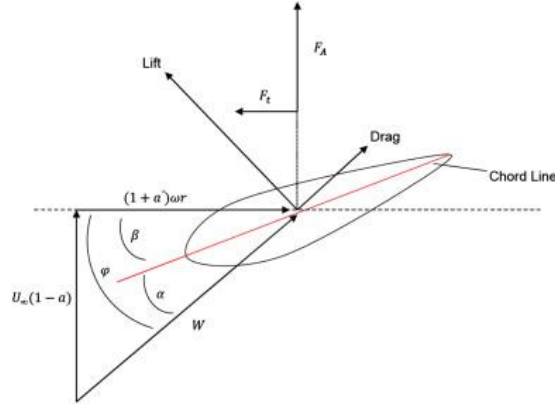
$$U_d = U_\infty (1 - a) \quad (2)$$

Grogan ve diğ.(2013) yaptıkları çalışmada eksensel indüksiyon faktörüne ek olarak teğetsel akıntı indüksiyon faktörü de tanımlamıştır. Kanatlar dairesel hareket yaptığından dolayı kanatlardaki teğetsel hız v_b açıl hız ω ile kanat boyu r arasındaki bağıntı Denklem (3)’de ifade edilmiştir. Akıntının kanatlar üzerindeki indüksiyon faktörü a' ile ifade edilirse Denklem (4) ifadesinde net teğetsel akıntı hızı v_t bulunmuş olur.

$$v_b = \omega \cdot r \quad (3)$$

$$v_t = (1 + a') v_b \quad (4)$$

Aşağıdaki Şekil 1’de bir kanada etki eden kuvvetlerin yönleri gösterilmiştir. Burada görelilik hız W Denklem (5)’te gösterildiği gibi bağlı olduğu parametreler dik üçgen kuralından bulunur.



Şekil 1:

Türbin kanatlarına uygulanan kuvvetlerin vektörel pozisyonu Grogan ve diğ.(2013)

$$W = \sqrt{u_d^2 + v_t^2} \quad (5)$$

Türbin kanatlarında gelen akıntı gücü iki kuvvet meydana getirir. Bu kuvvetler kaldırma ve sürüklenme kuvvetleridir. Öncelikle bu kuvvetleri belirleyen itme C_D ve kaldırma katsayılarının C_L bulunması gereklidir. Bu itme δ_D ve kaldırma δ_L kuvvetleri Denklem (6) ve Denklem (7)'de gösterilmiştir (Grogan ve diğ. 2013).

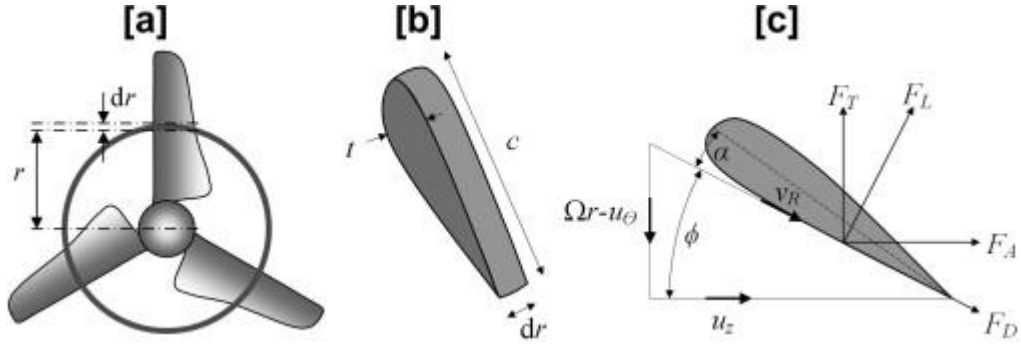
$$\delta_L = \frac{1}{2} \rho w^2 C_L \delta_r \quad (6)$$

$$\delta_D = \frac{1}{2} \rho w^2 C_D \delta_r \quad (7)$$

Aşağıdaki ifadelerde türbinin ana milinde döndürme meydana getiren kuvvete neden olan, eksenel kuvvet ve kanatların oluşturduğu teğetsel kuvveti verilmektedir (Grogan ve diğ.2013; Hansen, 2015). Burada ϕ açısı, bağıl hızın rotorun dönüş yaptığı düzlemle olan açısıdır.

$$F_A = \delta_L \cos \phi + \delta_D \sin \phi \quad (8)$$

$$F_T = \delta_L \sin \phi - \delta_D \cos \phi \quad (9)$$



Şekil 2:

Akıntı türbin kanadına etki eden kuvvetler a): 3 kanatlı türbin rotor bağlantısı b): kanat kesiti c): kanada etki eden kuvvetler (Malki ve diğ.2013).

Akıntı türbinlerinde türbinin kurulum alanı, düzenli akıntının bulunduğu ve ideal derinlikte bulunmalıdır. Tabana yerleştirilen türbinlerde, taban yüzeyinin düz olması ve akıntı içerisinde türbülans yapmaması gerekir. Denklem (10) da açıklık katsayısının türbinlerin kurulum yeri ile alakalı belirleyici bir özelliği vardır. Türbin kurulu olduğu konumu yüzeyden derinliği H ve kanat boyu L oranı açıklık katsayısını (C_h) verir (Birjandi ve diğ. 2013).

$$C_h = \frac{H}{L} \quad (10)$$

Akıntıya yerleştirilen türbinler birbirlerine en az zarar verecek konumda yerleştirilir. Yerleştiren her bir türbin akıntı hızında ve akıntının yön değişiminde etkisi olur. Bu yüzden kurulan türbinler için tıkanıklık katsayısı Denklem (11) ifadesi ile belirlenir. Bu ifade türbin kanatlarının taradığı alan A ile akış kesit alanı A_c arasındaki orandır (Birjandi ve diğ. 2013).

$$B = \frac{A}{A_c} \quad (11)$$

Türbinlerdeki enerji aktarımına bakıldığında gelen akıntı hızı türbin kanatlarına çarpar, kanatlardan geçtikten sonra hızı düşerek dümen suyunu oluşturarak yoluna devam eder. Bu durumda gelen akıntı ile kuyruk suyu arasındaki enerji farklılığı türbinin verimini C_p ifadesini belirler. Denklem(12) de kanatlar üzerindeki akışkanın hızı V_t kanatlara ulaşmadan yeteri kadar uzaklıktaki akıntı hızı U oranı Denklem (13) ile β değişkenini verir. Denklem (14) deki τ değeri kanatlara etkisi olmadan geçen (bypass) akıntı hızının kanatlardan önceki akıntının hızına oranıdır. Denklem (15) de bulunan ε değerini, kanatlardan sonraki çıkış dümen suyunun gelen akıntı hızına oranıdır. Denklem (16) ifadesinde Δ_h ifadesi akıntı yüzeyi ile türbin kurulduğu derinlik değerini, h ise akışkanın aktığı kanal derinliğini gösterir (Birjandi ve diğ. 2013).

$$C_p = \beta(\tau^2 - \varepsilon^2) \quad (12)$$

$$\beta = \frac{V_t}{U} \quad (13)$$

$$\tau = \frac{V_b}{U} \quad (14)$$

$$\varepsilon = \frac{V_w}{U} \quad (15)$$

$$\beta = \frac{\varepsilon}{B(\tau - \varepsilon)} \left[\tau \left(1 - \frac{h}{h} \right) - 1 \right] \quad (16)$$

Akışkanın hareketinin incelenmesinde Froude Katsayısı F_r belirleyici bir değerdir. Denklem (17) ifadesinde Froude Katsayısı ile türbin derinliği akıntı hızları arasındaki ilişki gösterilmiştir (Birjandi ve diğ. 2013).

$$\frac{\Delta_h}{h} = \frac{F_r^2}{2} (\tau^2 - 1) \quad (17)$$

Potansiyel enerjiye sahip olan akışkanın harekete geçmesi kinetik enerji taşımaya sebep olur. Taşınan bu birinci formdaki enerjiyi ikinci formdaki mekanik hareket enerjisine dönüşmesinde kurallar vardır. Akışkan ve kütleye sahip olan bir sıvının akması bir enerji taşıdığı ve bu enerji de kinetik (hareket) enerji formülü ile ifade edilebilir. Kinetik enerji ifadesinde bulunan kütlenin yerine kütleli debi $\left(\dot{m} = \frac{dm}{dt} = \rho AU \right)$ yazılırsa akışkanın taşıdığı enerji miktarı ve güç bulunur (Çengel ve Cimbala. 2010).

$$E_k = \frac{1}{2} \dot{m} U^2 \quad (18)$$

$$P_{güç} = \frac{1}{2} \rho A U^3 \quad (19)$$

Tasarlanan Şekil 3'teki iki kanatlı türbin, Çanakkale Boğazının farklı bölgelerinde 0 - 2,4 m/s akıntı hızlarında denenmiştir. Akıntının özellikle yön değiştirdiği yerlerde küçük kanatlı türbinlerin tasarlanan diğer 3 kanatlı (48 cm kanat uzunluğu) türbine göre daha az yön değiştirdiği izlenmiştir.



Şekil 3:
İki kanatlı 38cm kanat boyuna sahip olan türbinin rotor bağlantısı

2.1. Güç Katsayısı

Akıntı türbinlerinde türbine etki eden parametreler türbinin verimini ifade eder. Bu değer ne kadar yüksek ise akıntıdan gelen enerjiyi dönüştürme oranı da o kadar yüksektir. Verim değeri lineer momentum teorisine göre, Betz Limitini ($C_p \leq 0,59$) aşamaz (Şenel ve Koç 2014). Denklem (20) ifadesinde gösterildiği gibi güç katsayısı (C_p), türbin ana mil devri yanında kanatların akıntı yönüne yunuslama (pitch) açısı, gelen akışkanın kanatlara uygulamış olduğu tork kuvveti, kanatların taradığı alanın yarıçapına ve kanat uç hız oranına bağlıdır (Bal ve diğ. 2015).

$$C_p = \frac{16nT}{\pi\rho U^3 r^2} \quad (20)$$

Türbinler kanatları ile düzlemsel hareketi dairesel harekete dönüştürür. Dairesel hareketin gücünü ise tork kuvveti belirler. Türbin şaftında oluşan tork kuvveti alternatörün hareketini sağlar. Tork kuvveti kanatların verimini belirler. Denklem (21) ifadesinde tork kuvvetinin açısal hız ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Türbinlerde kanat uzunlukları artarsa açısal hız azalır ve tork artar (Cui ve diğ. 2012).

$$Q = \frac{P}{\omega} = \frac{1}{2} \frac{\rho A U^3 C_p}{\omega} \quad (21)$$

Kanatların alternatör şaftında oluşturduğu tork değerini bulabilmek için Cui ve diğ. (2012) yapmış olduğu çalışmada aşağıdaki ifadeyi kullanmışlardır.

$$C_p = (0,44 - 0,0167\beta) \sin \frac{2,5\pi(\lambda - 3)}{15 - 0,3\beta} \quad (22)$$

Denklem (22) deki güç hesaplamasında, β kanat açısı ve λ kanat uç hız oranıdır. Akıntı türbinlerinde, türbin özelliklerini belirleyici özelliklerinden biride Denklem (23) deki kanat uç hız oranıdır. Bu oran Denklem (23) te kanatların yapmış olduğu açısal hızın ω

gelen akıntı hızına U olan oranıdır. λ değeri kanat boyu ile de orantılıdır (Jing ve diğ. 2017).

$$\lambda = \frac{\omega}{U} r \quad (23)$$

Kanat tasarımında verimi belirleyen iki parametre vardır. C_p güç ve C_T itme katsayıları Denklem (24) ve (25) ifadesinde gösterildiği gibi gelen akıntının kanat boyu ve akıntının taşıdığı enerji miktarı P ve itme T değeri ile orantılı olarak değişmektedir. Burada C_p güç katsayısı değeri gelen akıntının elektrik enerjisine dönüştüğü oran olarak adlandırılabilir (Jing ve diğ. 2017).

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \left(\frac{\rho U^3 \pi r^2}{4} \right)} \quad (24)$$

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2} \left(\frac{\rho U^3 \pi r^2}{4} \right)} \quad (25)$$

3. ÇALIŞMA DÜZENİ

Tasarlanan türbin, Çanakkale Boğazında akıntının farklı özellikler gösterdiği, üç farklı bölgede denendi. Bu türbin için kanat uzunlukları 38cm ve 48 cm olan 2 farklı kanat tipi denemeleri yapıldı. 38 cm olan kanatlar rotora Şekil 3'te gösterildiği gibi iki adet bağlandı. 48cm olan kanatlar ise rotora üç kanatlı olarak Şekil 4'de gösterildiği gibi bağlandı.



Şekil 4:
3 kanatlı (kanat boyu 48cm) türbinin deneme çalışmaları

Yapılan denemelerin sonucu akıntı hızına bağlı olarak güç değişimi ile akıntı yönünün değişimine göre türbinin davranışları incelendi. Şekil 5'de iki kanatlı türbin rotorun bağlantı bölümü ve türbin kanat kesitinin (kanat profili) kısımları gösterilmiştir.



Şekil 5:
Kanat kesitindeki değişkenlerin adlarının gösterimi

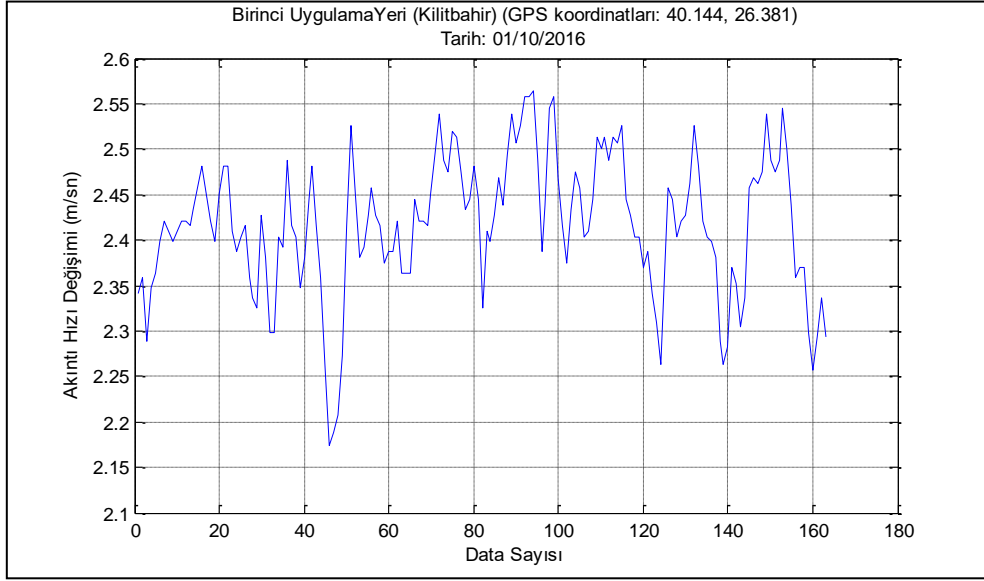
Tablo1. Tasarlanan kanadın ölçüleri kant boyu 2cm aralıklarla bölünmüş bu bölmelere karşılık gelen kalınlık, veter uzunlukları, açı değişimi, değerleri gösterilmektedir(10cm hub bağlantı).

r= 32 cm kanat boyu ölçüleri					r= 48 cm kanat boyu ölçüleri				
kanat boyu [r _i] (cm)	(kalınlık) [t] (cm)	(veter uzunluğu) [c] (cm)	açı değişimi (pitch)	r _i /r	kanat boyu [r](cm)	(kalınlık) [t](cm)	(veter uzunluğu) [c] (cm)	açı değişimi (pitch)	r _i /r
4	3,9	8,1	22,000	0,125	4	5	11,9	22,000	0,083
6	3,733	7,958	20,715	0,188	6	4,873	11,746	21,182	0,125
8	3,566	7,816	19,430	0,250	8	4,746	11,592	20,364	0,167
10	3,399	7,674	18,145	0,313	10	4,619	11,438	19,546	0,208
12	3,232	7,532	16,860	0,375	12	4,492	11,284	18,728	0,250
14	3,065	7,39	15,575	0,438	14	4,365	11,13	17,910	0,292
16	2,898	7,248	14,290	0,500	16	4,238	10,976	17,092	0,333
18	2,731	7,106	13,005	0,563	18	4,111	10,822	16,274	0,375
20	2,564	6,964	11,720	0,625	20	3,984	10,668	15,456	0,417
22	2,397	6,822	10,435	0,688	22	3,857	10,514	14,638	0,458
24	2,23	6,68	9,150	0,750	24	3,73	10,36	13,820	0,500
26	2,063	6,538	7,865	0,813	26	3,603	10,206	13,002	0,542
28	1,896	6,396	6,580	0,875	28	3,476	10,052	12,184	0,583
30	1,729	6,254	5,295	0,938	30	3,349	9,898	11,366	0,625
32	1,562	6,112	4,010	1,000	32	3,222	9,744	10,548	0,667
					34	3,095	9,59	9,730	0,708
					36	2,968	9,436	8,912	0,750
					38	2,841	9,282	8,094	0,792
					40	2,714	9,128	7,276	0,833
					42	2,587	8,974	6,458	0,875
					44	2,46	8,82	5,640	0,917
					46	2,333	8,666	4,822	0,958
					48	2,206	8,512	4,004	1,000

4. TEST ANALİZ VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

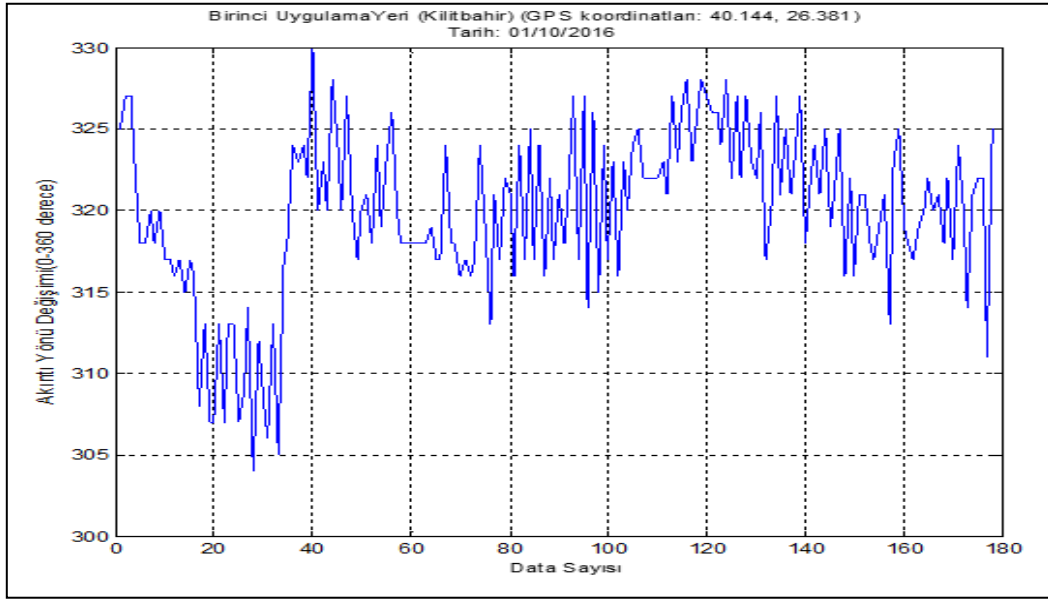
4.1 Birinci Uygulama Yeri (Kilitbahir kalesi önü)

Birinci uygulama yerinde yapılan ölçümlerde Şekil 6'daki akıntı hızı değişim grafiğindeki gösterimde, akıntı 2,25-2,55 m/s değerleri arasında olduğu görüldü. Ölçüm yapılan saha kıyıya uzaklığı yaklaşık 30m ve derinlik ise ortalama 17m olarak ölçüldü. Bu bölge akıntı hızının ortalama 2,30 m/s ile Çanakkale Boğazının en verimli olduğu yerlerden biridir. Akıntı hız değişiminin boğazın diğer yerlerindeki ölçümlere göre daha düzenli olduğu da gözlemlendi. Akıntı hız değişiminin sebepleri arasında deniz yüzeyi üzerindeki rüzgâr kaynaklı dalgalanmalarında etkisi olduğu görülmüştür. Havanın nispeten rüzgârın az olduğu zamanlarda dalgalanmanın az olduğu, bunun sonucu olarak da akıntı daha düzenli olduğu gözlemlendi.



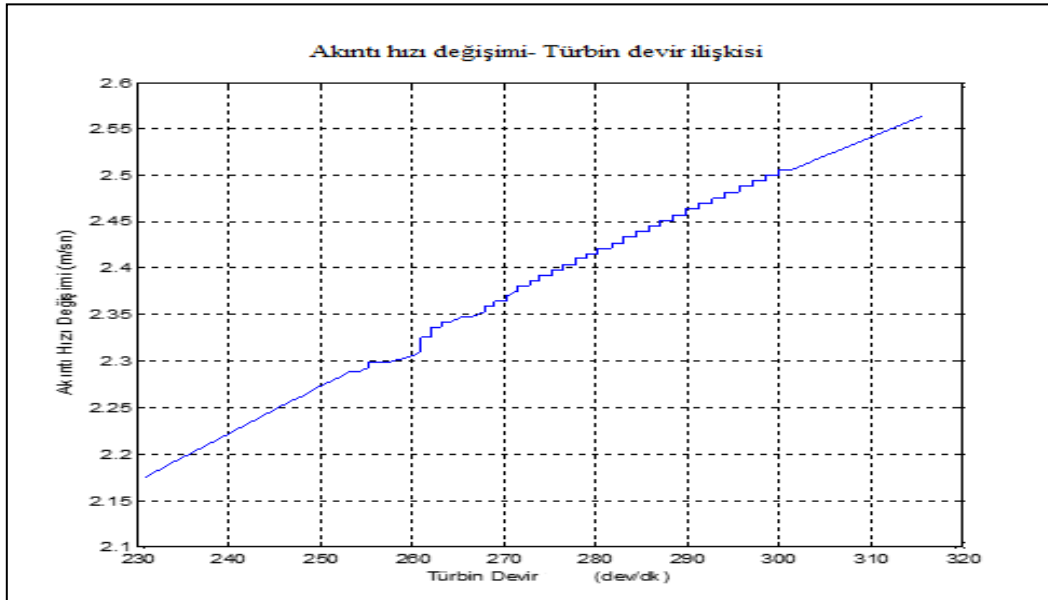
Şekil 6:
Birinci uygulama yeri (Kilitbahir) akıntı hızı değişimi

Uygulamalarda Şekil 7 de verilen akıntı yönün değişimi 0-360 derece arasında değer verebilen elektronik pusula ile ölçüm yapıldı. Türbin değişen akıntı yönüne göre, kanatlar dik olacak şekilde otomatik olarak yönelmiştir. Yapılan ölçümlerde akıntı yönün değişimi ortalama 40° olduğu hesaplanmıştır. Bu değer özellikle akıntı yönün çok değişmediği deniz akıntılarında, gemi geçişlerinden kaynaklandığı görülmüştür. Gemi geçişinin olmadığı durumlarda akıntı yönü ortalama 10° değişim göstermiştir. Özellikle Boğazdaki gemi trafiği sürekli ve yoğun olduğundan akıntı yönündeki etkisi de fazladır. Bu 10°lik yön değişimi türbindeki kule yön değişimi (yaw) sisteminin kontrolünün yapıldığında türbini enerji çıkışını çok etkilemediği görülmüştür. 10°'nin üzerindeki akıntı yön değişimlerinde yaw motorlarının sürekli aktif olduğu görülmüştür. Bu durum enerji çıkış verimliliğini de etkilemiştir. Eğer yaw kontrolü yapılmaz ise enerji verimliliğinin düştüğü gözlemlenmiştir. Çanakkale Boğazın da akıntının olduğu yerlerin geneline bakıldığında buradaki akıntı yönü değişimi, en az olan bölgesidir.



Şekil 7:
Birinci uygulama yeri (Kilitbahir) akıntı yönü değişimi

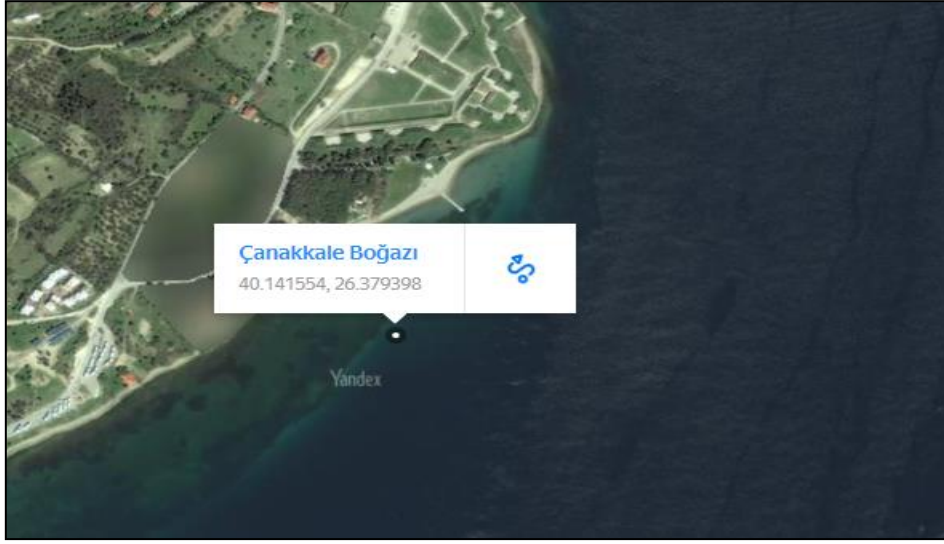
Eğer türbin devir sayısı sabit tutulursa verimli enerji elde edilir. Burada akıntı hızının değişimi türbin devrini etkilemektedir. Türbin devir üzerindeki etkileri Şekil 8'e baktığımızda, akıntı hızının 2,2-2,5 m/s değerleri arasındaki hızlarda olduğu bulunmuştur. Akıntı hızı değiştiğinde, türbin kanat açılarını değiştirerek devrini sabit tutmaya çalışmıştır. Ayrıca şebekeye paralel çalışan regüle devresi olduğundan kirli elektrik aktarılması önlenmiştir.



Şekil 8:
Akıntı hızı-Türbin devir ilişkisi

4.2 İkinci Uygulama Yeri (Tabyalar)

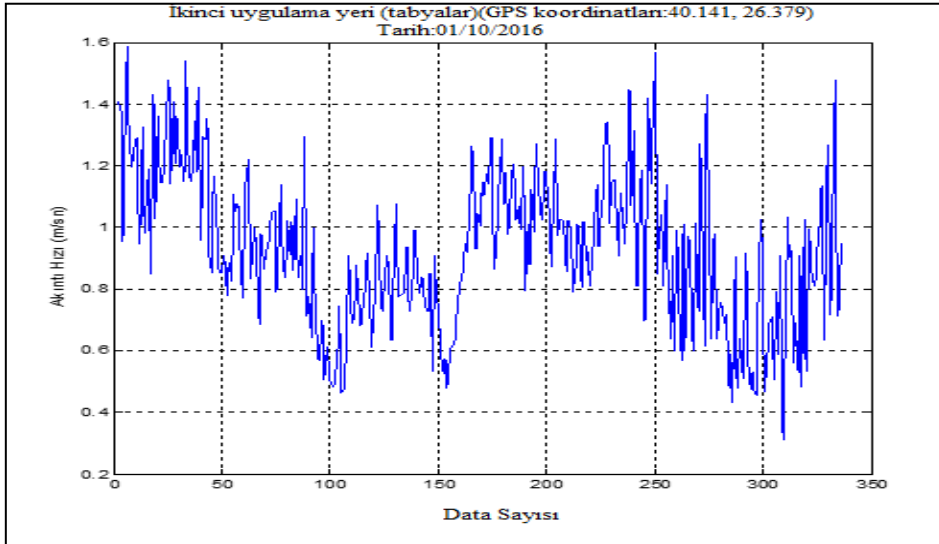
Akıntı hızının ve yönün değiştiği farklı yerlerde türbin denemeleri yapılmıştır. Şekil 9' da ise GPS koordinatları verilen (40,141;26,379) ikinci uygulama sahasını gösterilmektedir. Saha akıntı yön değişiminin yaşandığı bölgede olduğundan türbülanslı akış bulunmaktadır. Burada yatay eksenli türbin ile yapılan uygulama çalışmasında türbin kulesinin çok fazla hareket ettiği gözlemlenmiştir.



Şekil 9:

İkinci uygulama sahası coğrafi konumu ve GPS koordinatları gösterimi

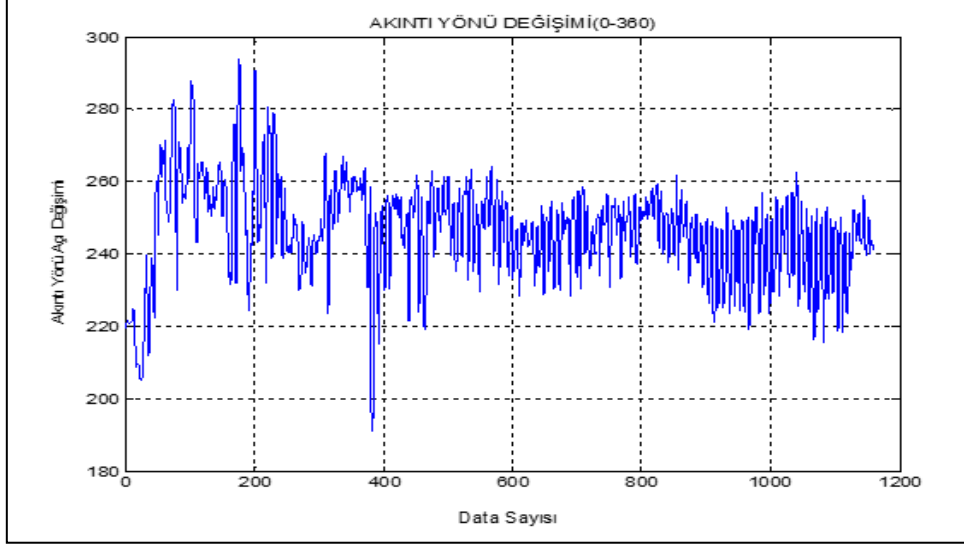
Şekil 10da akıntı hızı değişimi verilen bu bölge 0,4-1,44 m/s aralığında hıza sahiptir. Buradaki akıntı hızının değişimi boğazdaki gemi geçişlerinin etkilerinden daha çok bölgenin coğrafi konum olarak sivri bir burun bölgesinin arkasında kalmasından dolayıdır.



Şekil 10:

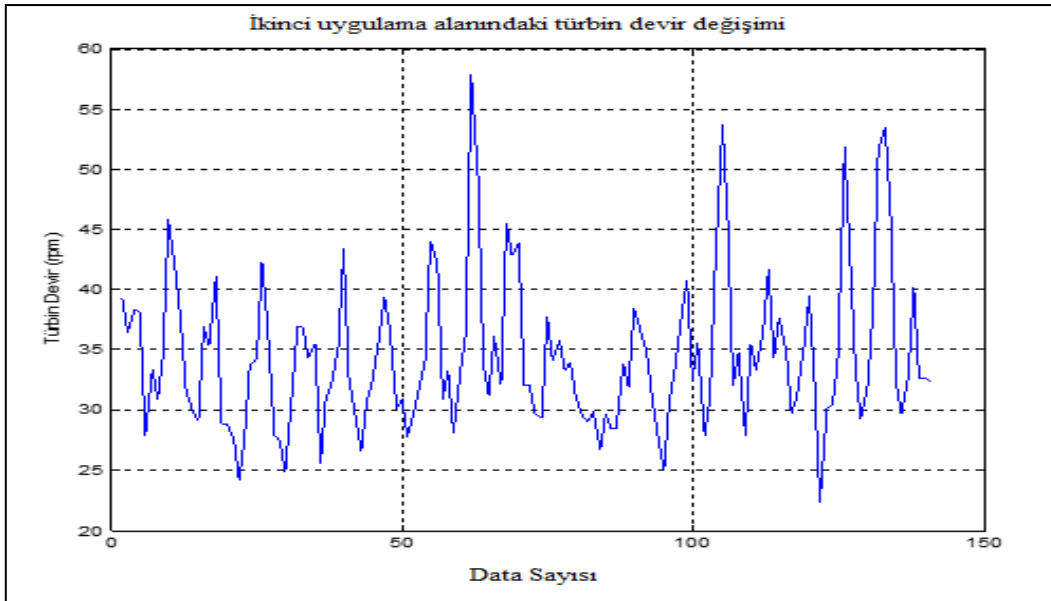
Uygulama alanı ikideki akıntı hızı değişimi grafiği

İkinci uygulama alanındaki akıntı yön değişimi Şekil 11’de verilen akıntı yön değişimi grafiğinde, 60°’lik bir akıntı yön değişimi bulunmuştur. Akıntının sürekli yön değiştiği bölgelerde yatay eksenli türbinlerin akıntıya dik yönelmesi yaw motorlarının sürekli aktif olmasını gerektirir. Sürekli aktif olması enerji kaybı ve zamanla motorların arızalanmasına sebep olacaktır. Bu şekildeki akıntı olan bölgelere dikey eksenli türbinlerin yerleştirilmesi uygun görülmektedir.



Şekil 11:
İkinci uygulama yeri (Tabyalar) akıntı yönü değişimi

Akıntı hızındaki değişim türbin devrini de etkilemektedir. Türbin Şekil 12’deki türbin devir değişim grafiğinde, ortalama 35 dev/dk ile dönmektedir. Ancak aynı hızlarda diğer bölgelerdeki türbin devir değişimi 200 dev/dk olduğu görülmüştür.

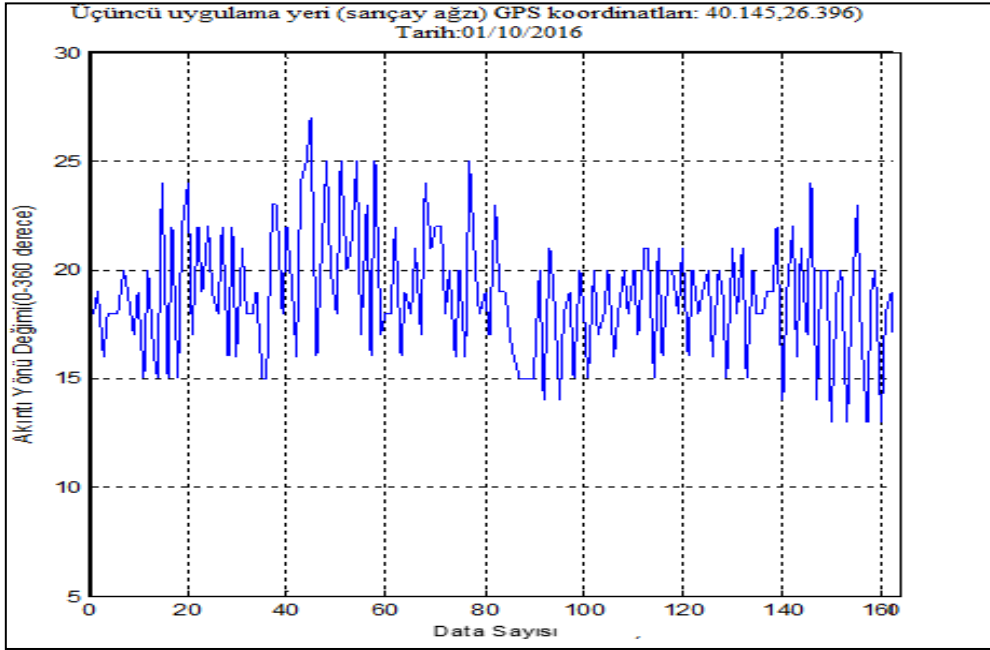


Şekil 12:
İkinci uygulama alanındaki türbin devir değişimi

4.3 Üçüncü Uygulama Yeri (Sarıçay ağız)

Üçüncü uygulama yeri olarak, (40,145; 26,396) GPS koordinatlarına sahip olan Çanakkale Boğazında bulunan Sarıçay deresinin denize döküldüğü yerdir. Uygulama yapılan zamanda (01/10/2016) yağışların olmamasından dolayı Sarı Çay'dan denize akıntı yok denecek kadar düşüktür. Bu bölge boğazın daralan bölgelerinden biridir. Bu yüzden akıntı hızı yoğundur. Ancak bölgede Sarı çay' dan kaynaklanan toprak taşınmaları yüzünden derinlik azdır.

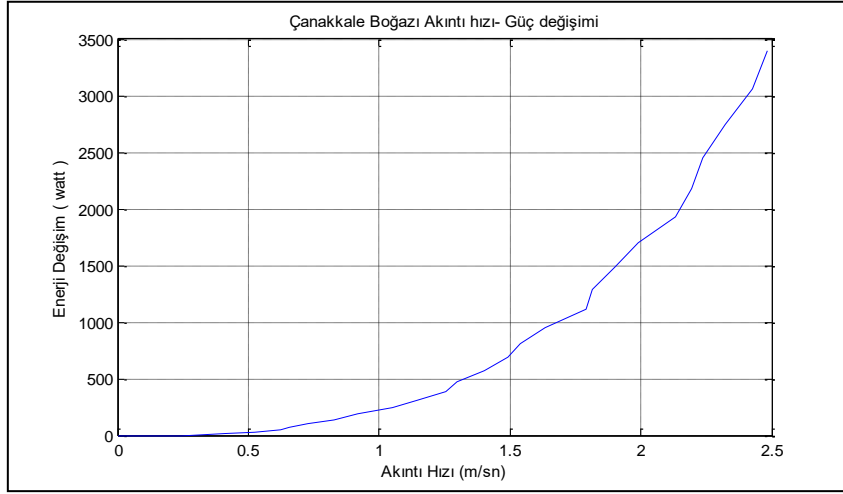
Üçüncü uygulama sahasında yapılan ölçümlerde Şekil 13'de verilen grafik akıntı yönü değişiminin farkı, ortalama 10^0 olduğu gözlemlenmiştir. Burada deniz derinliği 3-5 m civarında olduğundan akıntı kalınlığı çok küçüktür. Deniz sığ olduğundan akıntı yüzeydeki rüzgârdan etkilenmektedir. Akıntıya karşı rüzgârın ters esmesi akıntı hızını durma noktasına getirmektedir. Rüzgâr akıntı yönüyle aynı yönde esmesi akıntı hızını arttırmaktadır. Ayrıca gel-git den dolayı deniz seviyesi aşırı düşmektedir. Bu durum akıntı kalınlığını düşürmektedir. Bunun yanında bu bölgede bulunan balıkçı iskelesine kayık geçişleri de sığ olan deniz akıntısını değiştirmektedir.



Şekil 13:
Sarıçay Ağız akıntı yön değişimi

4.4 Boğaz Akıntı Hızı-Türbin Güç Değişimi

Boğaz akıntısında akıntının fazla olduğu bölgelerde, farklı akıntı hızlarında türbin denemeleri yapılmıştır. Şekil 14'de verilen akıntı hızı - güç grafiğinde gösterildiği gibi türbin 0,4 m/s akıntı hızında enerji üretmeye başlamıştır. Akıntının en fazla 2,48 m/s ve en az 0,4 m/s olduğu akıntı hızları arasında enerji üretim değerleri elde edilmiştir. Enerji üretim verimliliğine bakıldığında %40,5 verimle çalıştığı bulunmuştur.



Şekil 14:

Çanakkale Boğazı tasarlanan türbin için yapılan uygulama sonuçlarındaki akıntı hız değişimine bağlı olarak elde edilen enerji çıkış değeri

5. SONUÇ

Çanakkale boğazındaki akıntı zamanla değişen bir akıntıdır. Akıntı yüzeyde Ege Denizine doğru iken alttan bu akıntının yönü Marmara Denizine doğrudur. Yüzey akıntıları dış etmenlerden etkilenmektedir. Rüzgârın akıntı yönüne doğru ters esmesi yüzey akıntılarını ters yöne doğru iter bu durum akıntının tamamen durmasına bile sebep olur, rüzgâr akıntı yönünde esmesi ise artırıcı etki yapar. Ancak bu durum yüzey akıntısı için belirli bir kalınlıkta etkilidir. Bahar aylarında Karadeniz'e gelen nehir suları arttıkça denizdeki su seviyesi yükselir. İstanbul Çanakkale ve Boğazlarında akıntıların artmasına neden olmaktadır.

5kW gücünde türbin ile yapılan elektrik üretim çalışmalarında boğazın farklı noktalarında çok kez deneme yapılmış ve bunun sonucunda 0-2,5 m/s arasındaki akıntı hızlarında türbinin ürettiği elektrik miktarı bulunmuştur. Deniz akıntı türbinlerinde sızdırmazlık keçeleri özellikle deniz suyunda korozyona uğramakta ve kısa sürede bozulmaktadır. Su basıncı sızdırmazlık keçelerine baskı uygulamakta ve ana milin rahat dönmesini engellemektedir. Bunu engellemek için türbin içerisine basınçlı hava basılmıştır. Böylece türbin içerisindeki basınç ile su basıncı eşitlenmiş ve içeri suyun girmesi önlenmiştir. Bu şekilde türbin sızdırmazlık keçelerinin olumsuz etkilerinden kaçınılmıştır.

Türbin devir değişimi temiz enerji çıkışı için önemli olduğundan sabit dönmesi istenmektedir. Rüzgâr türbinlerinde olduğu gibi akıntı hızı da devamlı olarak küçükte olsa değişimler gösterdiğinden enerji çıkışı regüle devrelerle düzenlenmelidir. Bunun için bu çalışmada regüle devre olarak şebekeye paralel senkronizer devre elamanı kullanıldı. Bu şekilde temiz enerji sağlandı (50Hz, 380V).

Uygulama yapılan türbinde %40,5 verime ulaşılmıştır. Bahaj ve ark.(2007) laboratuvarında, akıntı tünellerinde yaptıkları uygulama çalışmalarında %46 verime ulaşmışlardır. Boğazdaki verimin bu oranda kalmasının sebebi akıntı yönünün sürekli değişim gösterdiğinden dolayıdır.

Çanakkale boğazındaki akıntı miktarı ve akıntı kalınlığına bakıldığında yapılan denemelerde görüldüğü gibi türbin kurulabilir. Kurulacak olan türbinler gemi geçişini etkilememesi için kıyı bölgelerine kurulmalıdır. Boğazdaki çift yönlü akıntı bulunduğundan dip akıntısına da türbin kurulması gemi geçişlerini engellemeyecektir. Yerleşim yerlerinin akıntı sahalarına yakın olduğundan dolayı ulusal şebekeye bağlanmadan kullanıma sunulabilir. Bu şekilde enerji iletim hatlarındaki iletim kayıplarından da kaçınılmış olur.

KAYNAKLAR

1. Bahaj, A. S., Molland, A. F., Chaplin, J. R. & Batten, W. M. J., 2007. Power and Thrust Measurements of Marine Current Turbines Under Various Hydrodynamic Flow Conditions in a Cavitation Tunnel and a Towing Tank, *Renewable Energy* 32, pp. 407-426. doi:10.1016/j.renene.2006.01.012
2. Bal S., Atlar M., Usar D.,2015. Performance prediction of horizontal axis marine current turbines *Ocean Systems Engineering, Vol. 5, No. 2 (2015) 125-138* doi: 10.12989/ose.2015.5.2.125
3. Birjandi, A.H., Bibeau, E.L., Chartoorgoon, V., Kumar, A., Power measurement of hydrokinetic turbines with free – surface and blockage effect. *Ocean Engineering* 2013; 69: 9-17. doi:10.1016/j.oceaneng.2013.05.023
4. Cui B., Zhiwei S., Yuliang Z., Yingzi J., Yonggang L, 2010. Influence of additional device on performance of the marine current turbine, *Open Journal of Fluid Dynamics*,2012, 2(04), 305-310. doi:10.4236/ojfd.2012.24A037
5. Çengel Y.A., Cimbala J.M., 2010. Akışkanlar mekaniği temelleri ve uygulamaları, Palme Yayınevi
6. D.M. Grogan, S.B. Leen, C.R Kennedy,C.M.Ó Brádaigh. Design of composite tidal turbines blades *renewable energy* 2013; 57:151-162. doi:10.1016/j.renene.2013.01.021
7. Hansen, M.O.L., 2015. *Aerodynamics of Wind Turbines*, 3rd edition, VA section 6, London-Sterling. doi: 10.4324/9781315769981
8. Jing Feng-mei, Wei-jia Ma, Liang Zhang, Shu-qi Wang, Xiao-hang Wang. Experimental study of hydrodynamic performance of full-scale horizontal axis tidal current turbine Available online at www.sciencedirect.com. *Journal of hydrodynamics* 2017,29(1):109-117. doi:10.1016/S1001-6058(16)60722-9
9. Malki, R., Williams, A.J., Croft, T.N., Togneri, M., Masters, I., A coupled blade element momentum- computational fluid Dynamics model for evaluating tidal stream turbine performance. *Applied Mathematical Modelling* 2013;37:3006-3020
10. Şenel M.C., Koç E., 2014 Yatay eksenli rüzgar türbinlerinin dinamik davranışı teorik bir model *Dicle Üniv. Mühendislik fak. Dergisi cilt:5 sayı:1* 69-80

