

BATI KARADENİZ BÖLGESİNDEKİ DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

**İlyas UYGUR*, Recep DEMİRCİ*, Hamit SARUHAN*, Arif ÖZKAN*,
İbrahim BELENLİ****

*Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 81620/Düzce

**Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 14280/Bolu

Geliş Tarihi : 13.07.2004

ÖZET

Çevreye zarar vermeyen doğal, temiz ve sürekli yenilenebilir enerji türlerinin başlıcaları, rüzgar, güneş, biyolojik, su ve dalga enerjisidir. Dalga enerjisi, ilk yatırım ve bakım giderlerinden başka masrafı olmayan, girdi bedeli gerektirmeyen, doğaya her hangi bir kirletici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve büyük potansiyele sahip bir enerji kaynağıdır. Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye için de dalga enerjisi, enerji sıkıntısı çektiğimiz şu günlerde ve ileriki yıllarda bir çözüm olabilecek durumdadır. Bu bağlamda Batı Karadeniz (Akçakoca) bölgesinde beş yıllık gözlemsel çalışmalar yapılmış ve bölgenin dalga enerjisi potansiyeli hesaplanmıştır. Meteoroloji verilerinin incelenmesi neticesinde bölgedeki dalga enerjisi güç potansiyeli, mevcut teknolojik sistemler için yetersiz olarak görülmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte üretilen yeni enerji dönüştürücülerinin de gelişeceği gözünde bulundurularak, yetersiz olarak tespit edilen dalga enerjisi potansiyeli daha verimli bir şekilde değerlendirilebilir. Bu çalışma bundan sonraki araştırmalar için bir temel teşkil edebilecektir.

Anahtar Kelimeler : Dalga enerjisi, Yenilenebilir enerji, Batı Karadeniz bölgesi

AN INVESTIGATION OF WAVE ENERGY POTENTIAL IN WESTERN BLACK SEA REGION

ABSTRACT

The main energy sources which are natural, clean, environmentally friendly, and renewable are wind power, solar energy, biomass energy, hydro energy, and wave energy. The wave energy has no cost except for the first investment and maintenance. There is also no cost for input energy. Besides these, it has no pollution effect on the environment, it is cheap and there is a huge potential all around the world. Wave energy is a good opportunity to solve the energy problem for Turkey which is surrounded by seas. Concerning all these facts, it has been conducted some studies which included five years of observation in the Western Black Sea Region (Akçakoca). The wave energy potential has also been calculated. From this study results, it can be concluded that the wave energy potential of this region is inefficient. It is believed that by the improvement of the new energy converter devices in future, this low potential can be used more efficiently and as a result this study might be used as a basis for the future researches.

Key Words : Wave energy, Renewable energies, Western Black sea region

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yüzyıllardır yeni enerji kaynaklarına yönelmekte ve bunların kullanımına olanak sağlayan makina ve teçhizatlar geliştirmektedir. Bununla birlikte halen kullanmakta olduğumuz bütün yakıtlar yanma reaksiyonunun neticesinde, havaya belirli miktarlarda kullanılmış kirli gazlar ve çeşitli zararlı kimyasal bileşikler bırakmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtların yerine, yenilenebilir enerji kaynakları ve kalıcı çözüm yöntemleri getirilmediği takdirde birçok bitki ve hayvan nesli tükenecektir. Günümüzde asit yağmurları neticesinde birçok ekosistem de yok olmaktadır. Sınırlı miktardaki, katı, sıvı, gaz yakıtlarının zamanla tükeneceği bir gerçektir. Ayrıca 2050'li yıllarda dünyanın sahip olduğu fosil temelli yakıt rezervlerinin tükeneceği veya gereksinimi karşılayamaz hale geleceği yadsınamaz bir gerçektir.

Doğal enerji kaynakları; rüzgâr enerjisi, su enerjisi, güneş enerjisi ve dalga enerjisi; devamlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Tüm bu doğal enerji kaynakları güvenilir, temiz ve dünya varoldukça sürekliliği olan enerji kaynaklarıdır. Yapılan araştırmalara göre, 2060 yılında dünya enerji ihtiyacının % 60 - % 65'lik kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır. Özellikle okyanus ve deniz dalgalarından enerji üretimi 1970'lerde birçok araştırmacı ve özel kuruluşların ilgisini çekmiş, bazı makina ve cihazlar geliştirilmiştir (Mc Cormic, 1981). Besin ve enerji zinciri içeriğinin gereği, canlı doğar, büyür, olgunlaşırken kendi imkânlarını ve işlevlerini yerine getirir ve ölür. Denizdeki dalgalar da doğar, büyür ve yok olurlar. Dalgaların ortaya çıkardığı potansiyel enerjiyi kullanmak, düşünen ve düşündüğünü uygulamaya koyabilen insanoğlu için yeni bir enerji kaynağı olmuştur.

Denizlerdeki dalgalar temelde üç şekilde meydana gelmektedir;

- Denizlerde oluşan depremlerin ve deniz dibi çökmelerinin oluşturduğu dalgalar,
- Rüzgârların ve fırtınaların oluşturduğu dalgalar,
- Gel-git olayından kaynaklanan dalgalar.

Deniz ve okyanus dalgalarının, ilerleme hızına bağlı olarak değişen kinetik enerjisini bir kenara bırakarak, dalga ve suyun kaldırma kuvveti ve yer çekimi arasında ortaya çıkan güçten istifade edilmesi daha yerinde olacaktır. İnsanoğlu bu dalga oluşumundan yararlanılmaz ise, diğer doğal enerji kaynakları gibi, ortaya çıkan dalga kendi içinde sönmeyecektir. Dalga hareketinin, yenilenmesi akarsuyunkinden farklıdır. Denizlerdeki dalgaların periyodu ortalama 3-5 saniyedir. Buradaki büyük potansiyel enerjiyi, günümüz teknolojilerinden yararlanılarak kullanılabilir enerji türüne dönüştürmek gerekmektedir.

Fosil temelli yakıt üretim tesislerinin yüksek maliyeti yakıtın fiyatına yansır. Hâlbuki iyi tasarlanmış bir deniz ve okyanus dalgalarından enerji temin ünitesi ile tesisin işletme maliyeti daha az olduğundan minimum maliyet girdisi ve maksimum elektrik enerjisi temini gerçekleştirilebilir.

Denizlerde oluşan dalgaların sahip olduğu enerji potansiyelini; doğada bulunan durumuna doğal potansiyel, sahip olduğumuz teknoloji ve pratik bilgiler ışığında faydalanılabilir ve iş görür enerjiye dönüştürülmüş durumuna teknik potansiyel ve tüm diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslanması neticesinde ekonomik olarak nitelenebilene ekonomik potansiyel olarak adlandırabiliriz. Tablo 1'de, dünyadaki yenilenebilir enerji doğal potansiyeli yıllık bazda verilmiştir. Tablo 1'in incelenmesinden, dünyadaki deniz kaynaklı doğal enerji potansiyeli; hidrolik ve biyomas enerjisinin doğal potansiyelinden fazla, rüzgâr enerjisi doğal potansiyelinin ise % 25'i kadar olduğu anlaşılmaktadır (Özdamar, 2000).

Tablo 1. Dünyadaki Yenilenebilir Enerjilerin Yıllık Doğal Potansiyeli (Özdamar, 2000)

Enerji Türleri	Güneş Enerjisi	Rüzgâr Enerjisi	Deniz Kaynaklı Enerjiler	Hidrolik Enerji	Biyomas Enerjisi
Dünyadaki Doğal Potansiyel (Milyar kWh)	1 524 240 000	30 844 000	7 621 000	46 000	1 524 000

Dalga enerjisi potansiyelinin daha açık ve gerçekçi olarak belirlenebilmesi için, dalga enerjisinden yararlanılacak olan bölgede uzun yıllara dayanan ve oldukça pahalı olan ölçümler yapmak gerekmektedir. Bu ölçümlerin yapılamadığı durumlarda ise, daha ekonomik olan rüzgâr

ölçümleri yapılmakta, rüzgâr-dalga arasındaki bağıntıyı veren ve bir çok ölçüm sonucundan elde edilmiş yarı ampirik formüllerle dalga enerjisi hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu enerjiden de, ölçüm alınan noktaya yerleştirilen bir veya daha fazla dalga türbini yardımıyla elde edilebilecek olan

elektrik enerjisi miktarı saptanabilmektedir (Özdamar, 2000).

Bütün kıyılardan aynı oranlarda dalga enerjisi eldesi mümkün olmamakla birlikte, deniz dalga konvertörlerinin tek sıra halinde dizilmesi gerekmediğinden, açık cephe kıyı uzunluğunun büyük önemi yoktur. Ayrıca dalga konvertörlerinin, deniz rüzgâr türbinleri ile bütünleşmiş bağlantılı olarak şebekeyi besleyen türleri genelde tercih sebebi olmaktadır.

Türkiye kıyılarının 1/5'inden yararlanarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli, 18.5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir. Bu da enerji ihtiyacımızın yaklaşık % 13'ü dolayındadır (Pehlivan, 2003). Deniz ve okyanuslarda oluşan dalgaların enerjileri sınırlardan daha yüksektir. İşte bu durum son zamanlardaki çalışmaların artmasının en önemli sebeplerindendir. Örneğin İskoçya ve İngiliz adalarının çevresinde meydana gelen dalgaların sahip olduğu enerji potansiyeli 70 kW/m'yi bulmaktadır (Heath, 2000).

Açık deniz kıyıları 8 bin 200 km'yi bulan ülkemiz gündemine henüz girmeyen dalga enerjisini en kısa zamanda kullanma ve değerlendirme yoluna gidilmelidir. Bizden daha az kıyı şeridi ve su potansiyeli olan Norveç, okyanus kıyılarında öncü santraller kurulmuştur. Şekil 1'de Dünya sularının sahip olduğu dalga enerjisi potansiyelleri gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi özellikle okyanuslardaki dalga potansiyel enerjileri çok yüksektir. Özellikle Kuzey Amerika ile İngiltere arasındaki Atlas okyanusu'nda dalga enerji potansiyeli en yüksek değere ulaşmıştır. Bu da deniz derinliği, yer hareketleri ve iklimsel farklılıklar nedeni ile oluşan güçlü dalgalardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. Dünyadaki deniz ve okyanusların sahip olduğu dalga enerjisi potansiyelleri (kW/m) (Heath, 2000)

Dünyadaki birçok dalga tesisi benzer ancak uyarlanmış tasarım mantıklarıyla buldukları bölgenin kaynaklarından en fazla istifade edecek biçimde tasarlanıp inşa edilirler. The Queen's University of Belfast ve Wavegen Ltd. birlikte oluşturdukları "LIMPET" (Land Installed Marine

Power Energy Transmitter) projesi kapsamında Portekiz'de 500 kW gücündeki Akdeniz kıyı şeridinde dalga kolektörü ve enerji tesisi yapılmıştır. Bu çalışmaya ait iki adet prototip dalga enerji kolektörleri Şekil 2'de verilmiştir (Limpet, 1998). Ayrıca yüzer dalga enerjisi güç üretim tesisleri son zamanlarda geliştirilmiş ve oldukça ekonomik ve temiz enerji üretimini mümkün kılmıştır. Bu tesisler eğimli bir rampa üzerinden suyu tesis içerisine almakta ve belli yükseklikten düşen su Kaplan tipi türbini çevirerek enerji üretmekte ve artık su yine denize dökülmektedir. Bu yöntemle İngiltere'deki Shetland Adaları yakınında yıllık tam kapasite çalışmasıyla 13 milyon kWh'lık bir enerji üretebilmektedir (Anon., 2001).



Şekil 2. Limpet projesi çerçevesinde tasarlanan dalga kolektörleri (Limpet, 1998)

Dünya üzerindeki birçok tasarım genellikle dalgaların seviye yükselmesine göre yapılmış, ayrıca dalganın geri çekilirken sahip olduğu küçük enerjiden yararlanılacak tasarımlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu uygulamalar özellikle gelgit olayının meydana getirdiği seviye farkından dolayı ortaya çıkan dalgaların her iki yöndeki hareketlerinde ortaya çıkabilecek enerjiyi kullanmak için tasarlanmıştır. Bu uygulama teknolojileri ile dalga enerjisinin dönüştürülmesindeki en önemli dezavantaj, süreksizlik ve enerji düşümünün en aza indirgenmesidir.

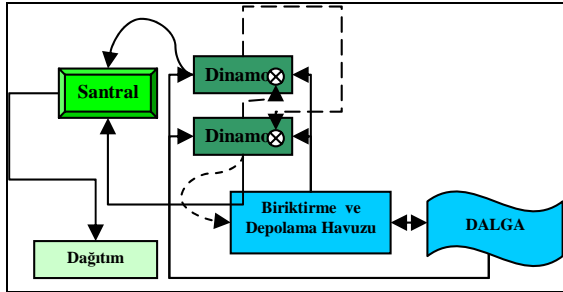
Türkiye’de düzenli ve bilimsel dalga ölçüm istasyonları ve bunların ölçülmüş verileri ya da ölçüm değerlendirme istasyonları bulunmamaktadır. Ancak bilinen ve toplanabilen verilerden yola çıkarak küçük ölçekli dalga enerji sistemleri için birim dalga cephesi başına güç 10 – 20 kW/m iken geliştirilmiş modern sistemlerde 40 kW/m seviyesinin üzerine çıkabilmektedir. Basitçe üç boyutlu deniz dalgalarının birim uzunluğuna tekabül eden güç (Mc Cormic, 1981);

$$P = \rho \frac{g * H^2 * C_g}{8} \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir.

Burada;

- ρ : Deniz suyu yoğunluğu (1025 kg/m³),
 g : Yerçekimi ivmesi (9.81m/sn²),
 C_g : Grup hızı (m/sn),
 H : Ortalama dalga yüksekliği (m),
 P : Güç (kW),



Şekil 3. Dalga dönüşüm istasyonu çalışma döngüsü

Türkiye’nin sahip olduğu denizlerdeki dalga oluşumları ve bu dalgaların sahip oldukları özellikler bakımından en verimli alan Karadeniz kıyı şeridi bölgesidir. Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli bulunan ve enerjiyi kullanım alanına aktarımın kolay olabileceği yöreler tespit edilmeli ve bu kısımlardaki potansiyel enerji değerleri hesaplanarak, uygun olan yerlere en kısa zamanda yatırımlar yapılmalıdır. Bu çerçevede yapılan çalışmada Batı Karadeniz’de sıklıkla görülen fırtına ve rüzgarların etkisiyle ortaya çıkan deniz dalgalarının enerji kapasiteleri incelenmiş olup, konu ile ilgili teorik ve pratik çalışmalar yapılmıştır. Akçakoca kıyı şeridinin sahip olduğu dalga enerjisi potansiyelin ölçülmesi bölgenin tarım, turizm, hayvancılık ve birçok sektörü barındırması ve

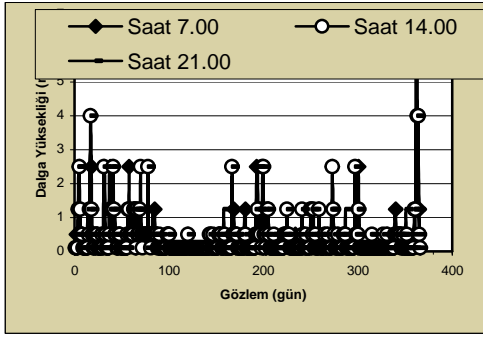
bölgede geçiş yeri konumunda olması bakımından önemlidir.

2. MATARYEL VE METOD

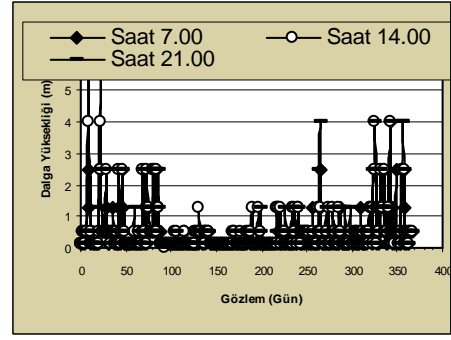
Bu proje kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün Akçakoca rasathanesinde 07.00, 14.00 ve 21.00 saatleri arasında yapılan daha önceki yıllara ait (1996–2000) gözlemsel veriler incelenmiştir. Elde edilen veriler grafiksel olarak gösterilmiş ve değerler 1 no’lu formülde yerine konularak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

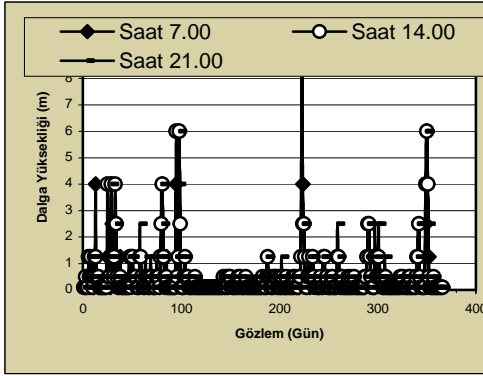
Şekil 4a-da yıllara göre dalga yükseklik değerleri gösterilmiştir. Şekil 4a’da 1996 yılındaki ölçümler gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi maksimum dalga yüksekliği 6 m ve ortalama dalga yüksekliği ise 0.48 m’dir. 3 m üzerindeki dalga sayısı ise yıl boyunca yalnız 4 adettir. Şekil 4b’de ise 1997 yılındaki ölçümler verilmiştir. Maksimum dalga yüksekliği 9 m, ortalama dalga yüksekliği 0.54 m ve 3 m üzerindeki dalga adedi ise 17 adettir. Şekil 4c’de 1998 yılındaki ölçümlerde maksimum dalga yüksekliği 6 m, ortalama dalga yüksekliği 0.55 m ve 3 m üzerindeki dalga adedi ise 10 adettir. Benzer şekilde, 1999 yılına ait veriler de Şekil 4d’de verilmiştir. Maksimum dalga yüksekliği 10 m olup, ortalama dalga yüksekliği 0.62 metre ve 3 m üzerindeki dalga adedi ise özellikle yıl sonuna doğru artmakta ve 20 adedi geçmektedir. Buda muhtemelen aynı yıl içinde olan 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleriyle doğru orantılı olarak ortaya çıkmaktadır. Daha önce de ifade edildiği gibi depremler ve rüzgarlar dalga oluşumlarında önemli rol oynamaktadırlar. Tüm kayıtların en yüksek dalga boyu deprem gecesi yapılan 21.00’deki ölçüm olup depremden yalnızca iki saat sonrasındır. Öncü ve artçı depremler daha fazla ve yüksek dalga oluşumuna sebep olmaktadır. En son olarak da 2000 yılında yapılan gözlemler Şekil 4e’de verilmiştir. Maksimum dalga yüksekliği 7 m, ortalama dalga yüksekliği 0.49 m ve 3 m üzerindeki dalga adedi ise yalnızca 8 adettir. Şekil 5’te ise ortalama dalga yüksekliği verilmiştir. En yüksek dalga değerlerinin genelde sabah ve akşam ölçümlerinde elde edildiği görülmektedir. Bu da ısı farklılıklarının en fazla olduğu zamanlar olması nedeniyle daha yüksek dalga oluşumuna sebep olmaktadır.



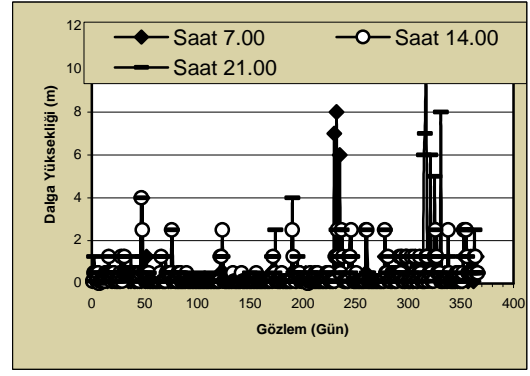
Şekil 4a. 1996 yılında yapılan farklı saatlerdeki dalga yüksekliği ölçümleri



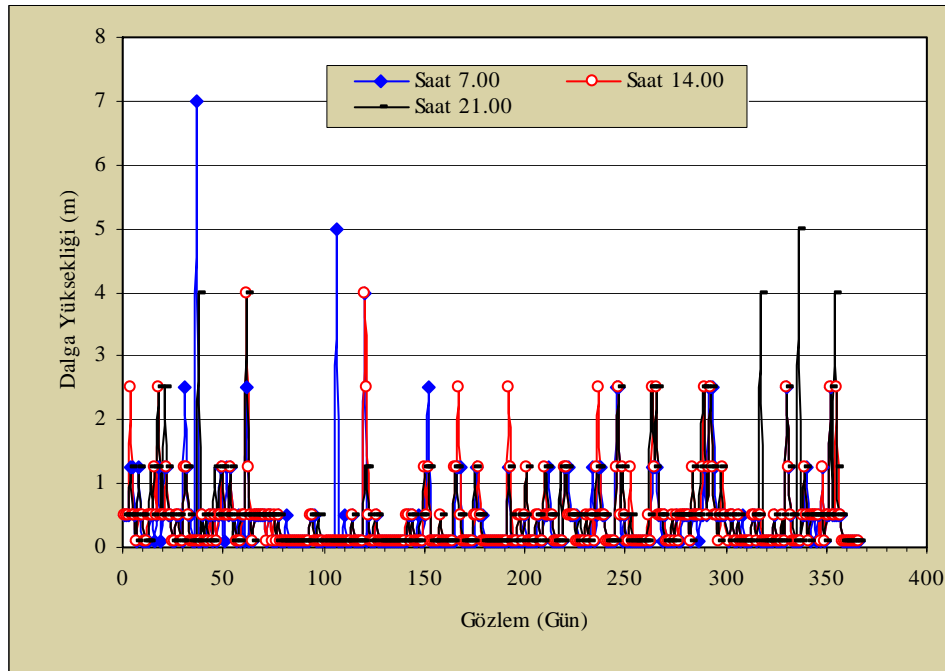
Şekil 4c. 1998 yılında yapılan farklı saatlerdeki dalga yüksekliği ölçümleri



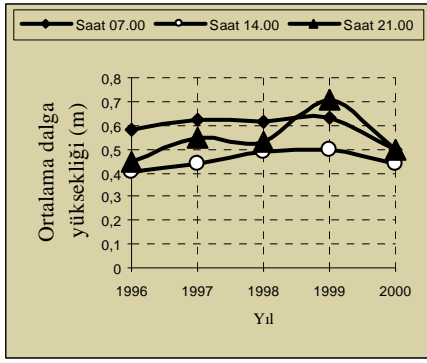
Şekil 4b. 1997 yılında yapılan farklı saatlerdeki dalga yüksekliği ölçümleri



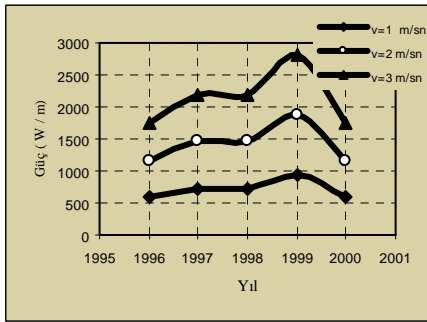
Şekil 4d. 1999 yılında yapılan farklı saatlerdeki dalga yüksekliği ölçümleri



Şekil 4e. 2000 yılında yapılan farklı saatlerdeki dalga yükseklikleri



Şekil 5. 1996-2000 yılları arası yapılan ölçümlerin yıllık ortalama dalga yükseklik değerleri



Şekil 6. Dalga hızına bağlı olarak değişen güç miktarının yıllık bazdaki karşılaştırılması

Şekil 6'da ise 1 no'lu denklemden elde edilen güç değerleri verilmiştir. Üç boyutlu deniz dalgalarının birim uzunluğuna göre güç denkleminde sabit ve bilinen değerler yerine konduğunda;

$$P = 1256.91 H^2 * C_g \quad (W/m) \quad (2)$$

ifadesi elde edilmektedir. Deniz dalgalarının güç potansiyelinin metre başına güç olarak hesaplanması ortak kabul görmüş bir yöntemdir (Budal ve Falnes, 1977). Denklem 2'den de anlaşılacağı gibi herhangi bir kıyı şeridinin güç potansiyelini hesaplayabilmek için dalga yüksekliği ve dalganın hızının bilinmesine ihtiyaç vardır. Ortalama dalga yükseklikleri yukarıdaki şekillerde gösterilmekle beraber, dalga hızıyla ilgili herhangi bir ölçüm yapılmamıştır. Fakat dalga hızı parametrik bir değişken olarak kabul edilirse, enerji veya güç potansiyelini hesaplamak mümkün olabilecektir. Bu bağlamda 1996-2000 yıllarının güç kapasiteleri değişik V değerleri için hesaplandığında elde edilen grafikler Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, dalgalarındaki güç potansiyeli dalga hızı ile doğru orantılı olarak artar iken dalga yüksekliğinin karesi ile artmaktadır. Bunun yanında ortalama güç kapasitesi en düşük 690 W/m ve en yüksek güç kapasitesi ise 2802 W/m olarak görülmektedir. Yine depremlerin etkisiyle artan ortalama dalga

yüksekliğinin de güç kapasitesine doğrudan etki yaptığı görülebilir.

Bu kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Akçakoca Rasat istasyonunda 1996-2000 yılları arasında günlük olarak 7.00, 14.00 ve 21.00 saatlerinde yapılan ölçümlerden istifade edilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde, Akçakoca sahillerinin 5 yıllık ortalama dalga yüksekliği 0.55 m olarak ölçülmüştür. Gerçek anlamda dalga enerjisi potansiyelinin hesaplanabilmesi için dalga hızının da ölçülmesine ihtiyaç vardır. Bu yüzden enerji potansiyeli parametrik olarak hesaplanmıştır. Başka bir deyimle Akçakoca sahillerinin dalga gücü potansiyeli:

$$P = 690-2802 C_g \quad (W/m) \quad (3)$$

olarak hesaplanmıştır. Yukarıdaki formülde dalga grup hızı 10 m/sn (36 km/saat) alındığında, yaklaşık en düşük 6 kW/m, en fazla ise 28 kW/m gibi bir sonuç elde edilir. Bu yarı ampirik sonuçlar kabaca bazı önerilerin üretilmesine yardımcı olsa'da, özellikle dalga hızı ve ortalama dalga yükseklikleri ve periyodu elektronik cihazlarla tespit edilerek daha kesin yargılara ulaşılabilecektir. Günümüzde mevcut dalga enerjisinin mekanik ve elektrik enerjisine dönüşüm sistemleri ve yatırım maliyetleri göz önüne alındığında, hesaplanan güç potansiyelinin yeterli olduğu ancak ekonomik olmadığı söylenebilir (Koşar ve Özbalta,1999- Anon., 2001). Ancak, hızla gelişen teknolojik cihazlar sayesinde önümüzdeki yıllarda bu çalışma temel teşkil edecek şekilde araştırmaların yapılması faydalı olacaktır. Deniz dalgalarından elektrik enerjisi üretim sistemleri daha çok dalga yüksekliği çok fazla olabilen okyanus kıyıları için geliştirildiğinden Türkiye çevresindeki denizler için uygun teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Diğer yandan aletsiz gözleme dayalı meteoroloji ölçümlerin yerine aletli sistemlerle ölçümler alınarak daha gerçekçi verilerin elde edilmesi gereklidir.

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar A. İ. B. Ü Bilimsel Araştırma Vakfı'na, proje kapsamında sağladığı finansal destekten dolayı, ayrıca Akçakoca Meteoroloji Müdürlüğü'ne de katkılarından dolayı teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

Anonim, 2001. Floating Wave Power Vessel, 2001 www.seapower.se

Anonim, 2001. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

Anonymous, 1998. LIMPET Wave Powerplant, The Queens University of Belfast 1 Nov. 1998-30 Apr. 2002 Project No: JOR3-CT98-0312, Annual Report.

Budal, K., and Falnes, J. 1977. "Optimum operation of improved wave power converter" Marine Science Communucations 3 p.133.

Heath, T. 2000. "Realities of Wave Technology" LIMPET, 2000, Project No: JOR3-CT98-0312.

Koşar, G, Özbalta, N. 1999. "Yenilenebilir Enerji

Kaynakları Potansiyelimiz", Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi 3 (1) 81.

McCormick, M. 1981. Ocean Wave Energy Conversations, John Wiley & Sons, New York, ABD.

Özdamar, A. 2000. "Dalga Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Çesme örneği", Su Ürünleri Dergisi (2000) Cilt 17 Sayı 1-2.

Pehivan, Y. 2003. "Bor, Toryum, Nebtünyum Gerçeği ve Türkiye'deki Enerji Sorununa Bir Bakış" İTÜ., Fen Edebiyat Fakültesi.