

III. OTURUM

- ▶ STRATEJİK ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (SÇED) YAKLAŞIMININ HİDROELEKTRİK SANTRAL (HES) PROJELERİ KAPSAMINDA İRDELENMESİ
Evren TURHAN - Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Atakan TANTEKİN - Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Abidin KEÇECİ - Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
- ▶ DALGA ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALI UYGULAMA ÖRNEĞİ
Bahtiyar USLU - Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Gökhan TURAN - Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Yüksel OĞUZ - Afyon Kocatepe Üniversitesi
- ▶ KIYI TİPİ DALGA ENERJİSİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ VE GWE-5 SİSTEMİ
İbrahim ÜÇGÜL - Süleyman Demirel Üniversitesi
Raşit AKSOY - Süleyman Demirel Üniversitesi
Ufuk ELİBÜYÜK - Süleyman Demirel Üniversitesi
Gabil ABDULLA - Süleyman Demirel Üniversitesi
- ▶ İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE AKINTIDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ
Selva BAL - İskenderun Teknik Üniversitesi
Yakup HAMEŞ - İskenderun Teknik Üniversitesi
Murat FURAT - İskenderun Teknik Üniversitesi
- ▶ PİEZOELEKTRİK MATERYAL KULLANILARAK DENİZ DALGASINDAN ENERJİ HASADI YÖNTEMLERİ
Adem POLAT - Bilecik Şeyh Edabali Üniversitesi
Mehmet KURBAN - Bilecik Şeyh Edabali Üniversitesi



STRATEJİK ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (SÇED) YAKLAŞIMININ HİDROELEKTRİK SANTRAL (HES) PROJELERİ KAPSAMINDA İRDELENMESİ

¹Evren TURHAN, ²Atakan TANTEKİN, ³Abidin KEÇECİ

¹Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye.

²Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye.

³Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara/Türkiye.

¹e-mail: eturhan@adanabtu.edu.tr, ²e-mail: atantekin@adanabtu.edu.tr, ³e-mail: abidin.kececi@csb.gov.tr

ÖZET

Enerjide dışa bağımlılıktan kurtulma yollarında biri yenilenebilir enerji kaynaklarının payını ve çeşitliliğini mümkün oldukça arttırmaktır. Son yıllarda enerji yatırımı faaliyet raporları göz önüne alındığında; “*Hidroelektrik Enerji*”nin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki payı büyük bir artış göstermiştir. Hidroelektrik Santral (HES)’lerin özellikle inşaat ve işletme aşamalarındaki doğaya ve canlılara yönelik çoğu zaman geri dönüşü mümkün olamayacak etkileri düşünüldüğünde, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) sürecinin ne kadar önemli bir ayrıntı olduğu gözden kaçırılmaması gereken bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak çoğu zaman ÇED raporları olası olumsuz etkileri önlemede yetersiz kalmakta ve daha sürdürülebilir, noktasal ve proje düzeyindeki etkilerin haricinde çevre üzerinde negatif etki oluşturabilecek durumların plan ve programlar şeklinde uygulama süreçlerine tümüyle dahil edildiği, halkın etkin katılımının sağlandığı, kalite kontrollerinden taviz verilmediği, alternatif etkilerin her zaman göz önünde bulundurulduğu bir yaklaşım olan Stratejik Çevresel Etki Değerlendirmesi (SÇED) sürecine geçilmesini zorunlu kılmaktadır. SÇED, yapılması planlanan herhangi bir yatırımın olası olumsuz çevresel etkileri ile ekonomik-sosyal faktörlerin de birlikte ele alındığı sistematik bir yaklaşım olup, ayrıca konu ile ilgili tüm paydaşların veya onların temsilcilerinin karar verme mekanizmalarına etkin bir şekilde katkı verdiği bir araç niteliğinde de olmaktadır. Sonuç olarak hidroelektrik enerji gerekli bir enerji türüdür ancak sürdürülebilir özellikte olabilmesi su kaynaklarının ekolojik özelliklerini gözeterek, koruyacak şekilde planlanması ve uygulanması ile mümkün olabilmektedir. Bu doğrultuda SÇED konusunda farkındalıklar artırılmalı, geniş düzeyde bir inceleme ile geliştirilmesi hedeflenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Stratejik Çevresel Etki Değerlendirmesi (SÇED), Hidroelektrik Santraller (HES), Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Sürdürülebilir Çevre.

1. GİRİŞ

2011 yılı birincil enerji kullanım miktarları incelendiğinde; Dünyada bu miktar 12274.6 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olarak ölçülürken, Türkiye’de 32228.9 Btep (bin ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz ise dünyada enerji tüketimi en yüksek 23. ülke konumunda bulunmaktadır. Enerji tüketimimizin büyük bir kısmını ise dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğal gaz gibi kaynaklar oluşturmaktadır. 2011 yılı itibarıyla dünyanın toplam hidrolik kurulu gücü 970 GW olup toplamda 3498 TWh’lik elektrik enerjisi üretimi sağlanmış ve bu da dünya elektrik enerjisi üretiminin %14’ü anlamına gelmektedir. 2011 yılı itibarı ile hidrolik enerji üretimi 53 TWh olup aynı yıl elektrik enerjisi ihtiyacımızın %22.8’i hidrolik enerjiden karşılanmıştır [1]. Hidroelektrik Santral (HES) Projeleri genellikle regülatör, su iletimi hatları, yükleme havuzu, cebri borular ve santral

ünitelerinden oluşmaktadır. Bunun yanında bu tip projeler, inşaat süresi boyunca beton santrali, taş kırma tesisi, şantiye alanı, deponi alanı gibi üniteleri de içermektedir. HES’lerin işletilmesi sırasında tehlikeli atıkların oluşmaması, sera gazı salınımının (CO₂) oldukça düşük seviyelerde olması sebepleri ile güneş, rüzgar gibi kaynaklarla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde değerlendirilmektedir. Fakat HES’lerin inşaat ve işletme dönemleri boyunca doğaya, insanlara verdikleri zararlar göz önüne alındığında Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) çalışmalarının çok geniş incelemeler sonucunda etkin bir değerlendirme süzgecinden geçirilerek yapılması gerekmektedir [2].

ÇED sürecinin amacı, yatırım faaliyetlerinin yol açabileceği tüm olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilerek, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. HES projelerinin olası tüm etkileri düşünüldüğünde; HES’lerin ÇED süreci tartışmalı noktalara ulaşmaktadır. Çünkü havza bazında

planların yapılmaması, ÇED Yönetmeliği gereği kurulu gücü 25MW ve üzeri olan nehir tipi santraller *Ek-1*, kurulu gücü 0,5 MW ve üzeri olan nehir tipi santraller ise *Ek-2* listesinde yer almakta olup, *Ek-1* listesinde yer alan HES projeleri için ÇED süreci bir koşul iken, *Ek-2* listesinde yer alan HES projeleri için “Proje Tanıtım Dosyası” hazırlanmakta ve ÇED’in gerekli olup olmadığına karar verilmektedir [3].

Sonuç olarak, ülkemizde her HES projesi için ÇED süreci zorunluluk arz etmemektedir. Ayrıca HES’lerde üretilen elektriğin taşınması amacıyla iletim hatlarının kurulması gerekmekte ancak elektrik iletim hatlarının çevresel etkileri ve bu etkilerin bertaraf edilmesi, ÇED raporuna dâhil edilmemektedir. Dolayısı ile mevcut ÇED Yönetmeliği olası olumsuz etkileri önlemek konusunda yetersiz kalmakta ve sürdürülebilir çevre ilkesi gereği kümülatif bir değerlendirme yöntemine geçilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda daha sürdürülebilir, noktasal ve proje düzeyindeki etkilerin haricinde çevre üzerinde negatif etki oluşturabilecek durumların plan ve programlar şeklinde uygulama süreçlerine tümüyle dahil edildiği, halkın etkin katılımının sağlandığı, kalite kontrollerinden taviz verilmediği, alternatif etkilerin her zaman göz önünde bulundurulduğu kümülatif bir yaklaşım olan Stratejik Çevresel Etki Değerlendirmesi (SÇED) sürecine geçilmesi gerekmektedir.

2. STRATEJİK ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (SÇED) ve HES

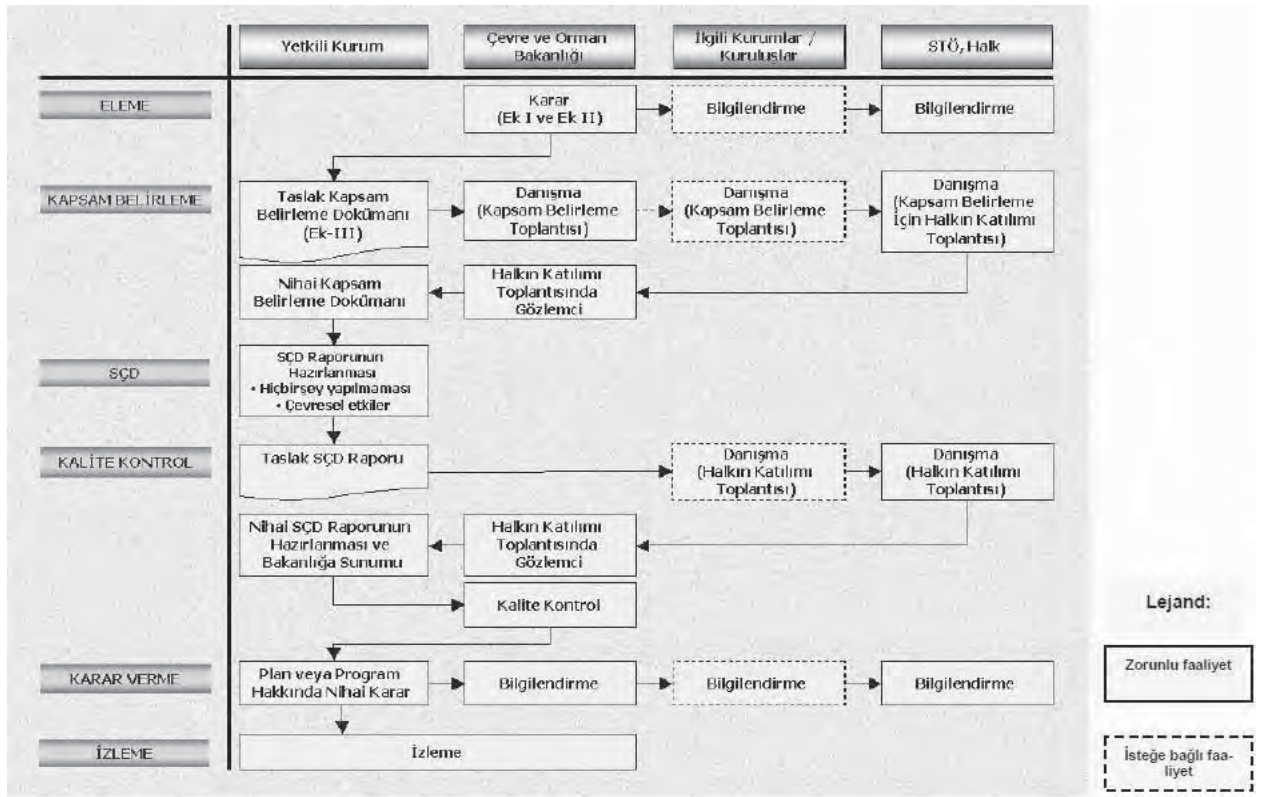
Temmuz 2004’te Avrupa Birliği (AB) SÇED Direktifi (2000/42), hem plan ve programların geliştirilmesindeki, hem de bu plan ve programlar hakkında karar verme sürecindeki potansiyel çevresel etkileri dikkate alma amacı ile yürürlüğe girmiştir. Direktif, çevre üzerinde tüm olası önemli etkilere sahip düzenleyici plan ve programlara uygulanmasını hedeflemek amacı ile oluşturulmuştur. Ayrıca direktif, plan ve programlara ait etkilerin sistematik bir süreç için temel gerekçelerin ana hatlarını belirlemekte ve temel çevresel bilgilerin toplanmasını-sunumunu, plan ve program alternatiflerinin çevresel etkilerine göre geliştirilmesini-karşılaştırılmasını, halkın ve ilgili kamu kuruluşlarının SÇED sürecindeki katkılarını belirlemek gayesi de taşımaktadır. Sonuç olarak Ülkemizde AB SÇED Direktifi mevzuatımıza uyarlanmaya başlamış ve Taslak Türk SÇED Yönetmeliği şeklinde oluşturulmuştur. Şekil 1’de Taslak SÇED Yönetmeliği’ne göre SÇED süreci akım şeması görülmektedir [4]. SÇED yaklaşımı, birçok ülkede çevresel değerlerin çeşitli politika, plan ve programların belirlenmesinde

stratejik karar alma mekanizmasına entegrasyonunda geniş bir uygulama alanı bulan bir araç konumundadır.

Bu yaklaşımın temel amacı sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesidir. SÇED ile amaçlanan; ilgili politikalar ile plan ve projelerin oluşum evrelerinde çevresel değerlerin de en az diğer sosyoekonomik faktörler kadar dikkate alınması şeklindedir. SÇED’in en önemli özellikleri; politikaların daha ilk belirlenme sürecinde başlatılmış olması, amaçların nasıl gerçekleştirileceği noktasında alternatiflerin geliştirilmesi ve halk katılımının tüm paydaşlarla birlikte geniş bir düzeyde sağlanması olarak sayılabilir. Kısaca SÇED, mevcut ÇED’in daha geliştirilmiş ve etkin bir aşaması olarak değerlendirilebilmektedir [5].

Etkin bir SÇED süreci için öncelikle tüm çevresel değerlerin dikkate alınacağı açık-net süreçlerin ortaya konulması, ayrıca alternatifler arasından bir seçimde bulunmaktan ziyade alternatif seçeneklerin etkilerinin açıkça belirlenmesi gerekmektedir. SÇED, ilgili süreçlerde politika yapımcılarla birlikte diğer tüm paydaşların ve geniş halk katılımını sağlamalıdır. Niteliksel ve niceliksel değerlendirme yöntemlerine büyük önem verilmeli, farklı kurum ve kuruluşların çalışmalarını ortak bir raporlama sistematığı çerçevesinde bir araya getirecek bir proses oluşturulmalıdır. SÇED’te sürece etki edecek bilgi ve verilerin yaygın bir şekilde kullanımı sağlanmalı, karar vericiler uygulamalar ve yapılması gerekenler konusunda sürekli bilgilendirilmelidir [6].

SÇED, sistematik bir işlemin sonucu olup; SÇED uygulaması, SÇED’in gerekip gerekmediğine dair bir karar ile başlamakta ve SÇED raporunu baz alarak plan üzerinde bir karar almaya yönlendirmektedir. Planın uygulanmasından dolayı ortaya çıkması olası etkilerin izlenmesi SÇED’in son adımı olarak değerlendirilmektedir. Bir plan veya programın uygulayıcısı (bir Bakanlık veya diğer Kamu Kurumları) çoğu adımlardan ve kararlardan sorumlu olmakta; Bakanlığın rolü, eleme, kalite kontrolü ve çevresel konular ile ilgili öneriler üzerine yoğunlaşmaktadır. Halka ve projeden etkilenen taraflara danışma, sistemin etkin bir parçası durumundadır. Bu bağlamda Ülkemizde SÇED çalışmaları göz önüne alındığında konu ile ilgili AB müktesebatına uyum sağlanacağı 24.03.2001 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Ulusal Program’da taahhüt edilmiş; 2003 tarihinde revize edilen ve 24.07.2003 tarih ve 25178 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Ulusal Program’da SÇED Direktifi orta vadede uyumlaştırılarak Taslak SÇED Yönetmeliği kamuoyunun bilgisine açılmıştır. Konu ile ilgili çalışmalar halen devam



Şekil 1. Taslak SÇED Yönetmeliği'ne göre SÇED Süreci Akım Şeması [4].

etmekte ve tüm paydaşların katılımının sağlanacağı geniş düzeyde bir inceleme yapılmaktadır.

SÇED'in ÇED'te kullanılan geleneksel yaklaşımlardan farklı bazı başka değerlendirme kavramları bulunmaktadır. Bu kavramları kısaca; geçmiş ve gelecekteki daha uzun bir periyot içerisindeki etkilerin değerlendirilmesi; hem ilgili proje hem de geçmişteki, mevcut ve öngörülebilir gelecekteki başka projeler ile etkileşimler sebebiyle Değerli Ekosistem Bileşenleri (DEB) üzerindeki etkilerin dikkate alınması; sadece yerel ve doğrudan etkilerin dışındaki etkiler (yani dolaylı etkiler, kümülatif etkiler ve etkilerin etkileşimleri) de göz önünde bulundurularak önem derecesinin değerlendirilmesi ve daha geniş bir alandaki (yani "bölgesel") etkilerin değerlendirilmesi şeklinde ele alabiliriz. Genel olarak, DEB'lerin seçiminde; sahadaki, yerel ve bölgesel çalışma alanlarındaki ekolojik önem, varlık düzeyi, endemik türler, hassasiyet, risk, ekolojik sürdürülebilirlik, insan sağlığı, koruma durumu, sosyoekonomik önem, veri mevcudiyeti, toplum için kültürel miras özelliği,...vb. bakımından önemli noktalar dikkate alınmaktadır. Bunların dışında; etki alanını, kabul edilebilir değişim sınırını da inceleme konuları olarak dahil edebiliriz [7].

SÇED adımlarından bahsedecek olursak; öncelikle kapsam belirleme süreci ile başlamaktadır. Bu süreçte proje faaliyetlerinin tanımlanması, etki alanının belirlenmesi, DEB'lerin seçilmesi, aynı

DEB'leri etkileyen diğer geçmiş, mevcut ve gelecekteki projelerin belirlenmesi, projeye özgü standartların belirlenmesi olarak sayabiliriz. Etki değerlendirme sürecinde; proje alanının başlangıç durumu, önerilen proje faaliyetlerinin etki değerlendirmesi gibi hususlar incelenmektedir. Etki azaltma süreci ise; etki azaltma önlemlerinin belirlenmesi şeklinde ele alınmaktadır. Önem değerlendirmesi sürecinde; etki azaltma sonrası kalan etkiler olarak da adlandırılan bakiye etkilerin belirlenerek önem değerlendirilmesi yapılmaktadır. En son adımda da, takip ve izleme yapılmaktadır.

HES projelerinde; erişim yolları, şantiyeler, kırma tesisleri, elektrik iletim hatları, beton tesisleri, atık depolama sahaları, kazı fazlası malzeme depolama alanları, atıksu arıtma tesisleri, taş ocakları, malzeme çukurları gibi ilgili tesisler de dahil olmak üzere proje faaliyetlerinin etki alanında düşünülmektedir. İnşaat ve işletme aşamaları için, kümülatif etkiler fiziksel, biyolojik ve sosyo-ekonomik çevre bakımlarından ayrı ayrı ele alınmakta, her bir durumda projeler değerlendirmeye konu olan projeler, DEB'ler üzerinde etkisi olan diğer projeler ve planlanan veya öngörülen projeler şeklinde üç farklı senaryo altında değerlendirilmektedir. Tüm SÇED aşamalarındaki adımlarda; uzman görüşleri, geçmiş deneyimler, istişare, anketler, kontrol listeleri, matrisler, ağ-modelleme yapıları, mekansal analizler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), görsel analiz, simülasyonlar ve birçok yöntem veya araç türleri kullanılmaktadır. İzleme ve takip programları

ise; inşaat ve işletme aşamalarında hafriyat malzemeleri bertaraf yöntemi, işçi sağlığı ve iş güvenliği önlemleri, erozyon ve toprak kayması, gürültü ve titreşim, taşkın riski gibi hangi parametrelerin izleneceği şeklinde belirlenip, nerede-nasıl-ne zaman hangi periyotlarla

izleneceğinin belirli bir program dahilinde belirlenmesi olarak ele alınmaktadır. Şekil 2'de HES projelerinin farklı alt bölüm senaryoları altında örnek bir etki tanımlaması ve değerlendirme matrisi görülmektedir [8].

DEB'ler	Etki	Alt Bölüm	Etki Türü	Boyut ve Ciddiyet	
Hava	Su altında kalan karasal bitki örtüsü ve flora sebebiyle HES rezervuarlarında anaerobik koşulların ve sera gazı emisyonlarının oluşması	Sarımsık A	Çığalgan	Sınırlı + Hafif	DÜŞÜK
		Sarımsık B	Çığalgan	Orta + İlimli	ORTA
		Sarımsık C	Çığalgan	Orta + İlimli	ORTA
Su	Personelin oluşturduğu evsel atık suyun uygun olmayan bir şekilde taşınması ve artılması sebebiyle arazi, yüzey suyu ve yeraltı suyu kirliliği	Sarımsık A	İnteraktif	Sınırlı + Hafif	DÜŞÜK
		Sarımsık B	İnteraktif	Orta + Hafif	DÜŞÜK
		Sarımsık C	İnteraktif	Yaygın + Hafif	ORTA
	Suyun barajlar ve santraller arasında yönünün değiştirildiği yerlerde su akışında azalma olması ve yerleşimlerden kaynaklanan mevcut atık su deşarjları sebebiyle su kalitesinde değişiklik	Sarımsık A	İnteraktif	Orta + İlimli	ORTA
		Sarımsık B	İnteraktif	Orta + İlimli	ORTA
		Sarımsık C	İnteraktif	Orta + İlimli	ORTA
Toprak	Kati atıkların uygun olmayan şekilde taşınması ve bertarafı sebebiyle toprak kirliliği	Sarımsık A	Çığalgan	Sınırlı + İlimli	DÜŞÜK
		Sarımsık B	Çığalgan	Orta + İlimli	ORTA
		Sarımsık C	Çığalgan	Orta + İlimli	ORTA

Şekil 2. HES Projelerinin Örnek bir Etki Tanımlaması ve Değerlendirme Matrisi [8].

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

ÇED bir planlama sürecidir ve ilk kez 1993 yılında ÇED Yönetmeliği'nin yürürlüğe girmesi ile birlikte birçok revizyon geçirerek günümüze kadar gelmiştir. Fakat yapılan değişiklikler ÇED sürecinin geliştirilmesinden çok; daha problemlilerlemesine, etkinliğinin ve verimliliğinin düşmesine sebebiyet vermiştir. Ülkemiz gelişmekte olan ülkelerden biri olup, günümüzde enerji bakımından dışa

bağımlılığımız ve enerji ihtiyacının artışı göz ardı edilmemesi gereken bir gerçek durumundadır. Bu nedenlerle son zamanlarda HES yatırımları büyük ölçüde artmış, fakat doğa yaşamını sınırlandıran, doğanın tümünü kaynak olarak tanımlayarak ticari metaya dönüştürüp, kontrolsüz bir şekilde ilerleyen bir ekonomik anlayış söz konusu olmaya başlamıştır. Dolayısı ile sektörlerin ve konu ile ilgili tüm

paydaşların bir araya geldiği, tehlike oluşturacak durumların uzun vadeli raporlarla değerlendirildiği, bölge ve alan içerisindeki yerlere yapılacak düzenlemelerin olumlu ve olumsuz etkilerinin en doğru şekilde ortaya konulduğu ve de izlendiği stratejik ve bütüncül havza planlamalarının yapılması çok büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda her HES projesi için ÇED süreci zorunlu olmalı; noktasal bazda ve proje düzeyindeki etkilerin ötesinde tüm plan, program ve politikaların yapım süreçlerine çevresel değerlerin de dahil edilmesini sağlayan bir yaklaşım olan *Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇED)* sürecine geçiş hızlandırılmalı ve projeler üstün kamu yararı çerçevesinde yapılmalıdır. Sonuç olarak HES'lerin yapımı kaçınılmaz olup; hidroelektrik enerji gerekli bir enerji türüdür ancak sürdürülebilir özellikte olabilmesi su kaynaklarının ekolojik özelliklerini gözeterek, koruyacak şekilde planlanması ve uygulanması ile mümkün olabilmektedir. SÇED uygulamaları, dünyada giderek yaygınlaşmakta ve kabul gören bir çevresel değerlendirme aracı olarak benimsenmektedir. Hazırlıkları henüz devam etmekte olan ulusal SÇED sisteminin geliştirilmesini destekleyici çalışmaların ivedilikle ilerlemesi ve bu doğrultuda SÇED konusunda farkındalıkların artırılması, geniş düzeyde incelenerek geliştirilmesi hedeflenmelidir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, "HES'lerin Türkiye'deki Gelişimi ve ÇED Sürecindeki Yeri" Sunumu, Ankara, 2015.
- [2] Ürker, O., Çobanoğlu, N., 2012, "Türkiye'de Hidroelektrik Santraller'in Durumu (HES'ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi". Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2012, 3(2).
- [3] WWF, 2013, 10 Soruda Hidroelektrik Santraller, WWF Türkiye yayını, (www.wwf.org.tr).
- [4] SÇED Pratik El Kitabı, Ameco Environmental Services, Hollanda TÇT Turkey, Ankara, 2005.
- [5] Palabıyık H., Yavaş H., Önder Ü., "Çanakkale'de Çevre: Stratejik Çevresel Değerlendirme Yaklaşımı", Uluslararası Çanakkale Kongresi, 17-19 Mart, İstanbul, 2006.
- [6] Türkiye'de Stratejik Çevresel Değerlendirme, Çevre ve Orman Bakanlığı Broşürü, Ankara.
- [7] Hamamcı, N.Ş., Boşça, A., "Stratejik Çevresel Değerlendirme Uygulamalarının Etkinliği ve Türkiye'de SÇED'nin Gelişimi", Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, 8-10 Kasım 2013, İstanbul.
- [8] Türkiye'deki Hidroelektrik Santraller için Örnek Kümülatif Çevresel Etki Değerlendirmesi Kılavuzu, Dünya Bankası ve Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2012.

DALGA ENERJİSİ ELEKTRİK SANTRALİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bahtiyar USLU*

Yüksel OĞUZ**

Gökhan TURAN***

*Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, bahtiyaruslu@mehmetakif.edu.tr

**Afyon Kocatepe Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, yukseloguz@aku.edu.tr

***Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, gokhanturan@gokhanturan.com

ÖZET

Enerji, günümüzün en önemli problemleri arasında olup gelişmiş ülkelerin elinde bulundurmak veya yönlendirmek için uğruna savaşları göze aldığı önemli bir güçtür. Dünyada ve ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgâr, güneş ve dalga enerjisine ilgi artmakta ve ülkeler bu yönde projeler geliştirmektedir.

Üç tarafı deniz ile çevrili olan ülkemiz için deniz kaynaklı enerjiler uygun alternatif enerji üretim yöntemi oluşturmaktadır. Ancak dalga enerjisine ilgi ülkemizde sınırlı kalmıştır. Bu çalışma ile ülkemizde ve dünyada kullanılan deniz temelli enerji üretim yöntemleri incelenmiş ve yeni enerji üretim modeli geliştirilmiştir. Çalışma, deniz dalgasının hareketi ile hareketlenen dubanın pistonları sıkıştırmasıyla elde edilen basınçlı havanın tribünleri döndürmesiyle birlikte elektrik üreten düzeneğin tasarımını, çalışmasını ve tahmini enerji üretim miktarını içermektedir. Tasarlanan sistem dalganın kinetik ve potansiyel enerjisini hareket enerjisine ve hareket enerjisinden elde ettiği enerjiyi basınçlı havaya, devamında ise hareket ve elektrik enerjisine dönüştürecektir. Bu sistem, dalga enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi için prototip çalışmadır.

Tasarımı ve uygulaması açıklanan bu çalışma, deniz kökenli enerjinin ülkemiz için uygun bir enerji üretim yöntemi olduğu ve konumu nedeni ile ülkemizin çoğu bölgelerinde bu sistemin kurulabileceğinin ve kullanılabilirliğinin gösterilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltabilecek yeni elektrik enerji üretim yöntemi olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dalga enerjisi, basınçlı hava, pnömatik motor

1. GİRİŞ

Bugün dünyanın enerji talebi, endüstrinin sürekli faaliyetini, ulaşım ve haberleşme sistemlerinin büyük bir bölümünün işlemlerini sağlayan elektrik enerjisine yöneliktir. Enerjinin başlıca unsuru olan elektrik

enerjisi, genellikle fosil yakıtlar, hidrolik ve nükleer kaynaklardan elde edilen ikincil bir enerji türüdür.

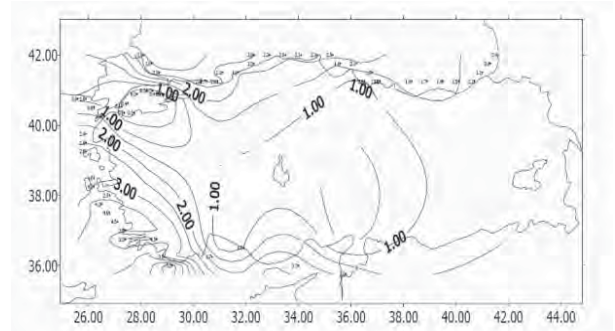
Dünya yeni bir enerji sistemine doğru kayarken aşağıda sıralanan konulara ağırlık verilecektir:

- Enerji tasarrufu ve verimli kullanımı
- Araştırma-geliştirme çalışmaları
- Temiz, yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi
- Alışılmış enerji kaynakları için tüm sosyal-çevre türü maliyetlerin fiyatlara yansıtılması

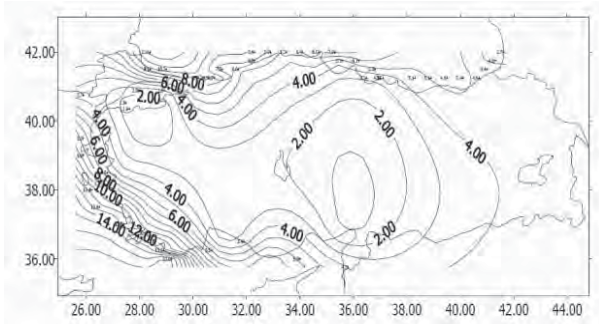
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Dalga enerjisinin potansiyeli diğer yenilenebilir enerji üretim yöntemlerine göre karşılaştırıldığında daha büyük ve sürekli enerji kaynağıdır. Güneş temelli enerji kaynaklarında üretim miktarı 0,1-0,2 kW/m², rüzgâr temelli enerji kaynaklarında 0,4-0,6 kW/m² civarında iken dalga enerjisinde 2-3 kW/m² civarındadır (Villate, 2010; López vd. 2013).

Üç tarafı denizler ile çevrili olan ülkemiz kıyılarında teknik olarak yıllık 4-17 kW/m² dalga gücü arasında enerji üretebilecek kapasiteye sahiptir. Buda yıllık olarak 10 TWh/yıl tahmin edilmektedir. Batı Karadeniz bölgesi ve ege denizinin güneybatı kıyılarında Marmaris ve Finike arasındaki bölgeler, dalga enerjisinden enerji üretim için en iyi mevkiler olarak önerilmektedir(Sağlam vd., 2010). Şekil 1 ve 2'de ülkemiz kıyıları için minimum ve maksimum enerji seviyeleri gösterilmiştir.



Şekil 1: Ülkemiz için minimum enerji seviyeleri (Sağlam vd. 2010)



Şekil 2: Ülkemiz için maksimum enerji seviyeleri Sağlam vd. (2010)

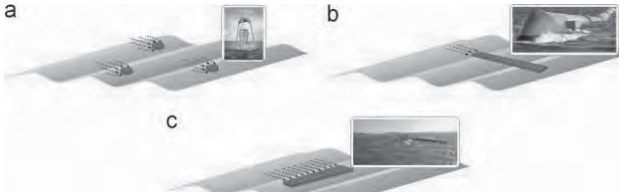
Dalga enerji sisteminin işlevi; düzensiz gelen dalganın içerisinde bulunan enerjiyi dönüştürücü sistem ile elektrik, hareket veya hidrolik enerjiye dönüştürmektir. Devamında ise elektrik şebekesine uygulanabilecek ve şebekenin yüklerini karşılayabilecek düzenli bir elektrik enerjisi elde etmek amaçlanmaktadır. Yıllardır dalga enerjisi ile ilgili geniş çapta araştırmalar yapılmış ve binlerce örnek üretilmiştir. Bunlara temel olarak konum (location), boyut (size) ve çalışma prensibine göre 3 sınıfta toplanmıştır.

• Konum

Dalga santralının deniz üzerinde kıyıya olan uzaklığını tanımlamaktadır. Kendi içerisinde kıyı, (onshore) yakın kıyı (nearshore) ve açık denizler (offshore) olmak üzere 3 sınıfı bulunmaktadır. Bu sınıflar dalga düzeneğinin kurulduğu derinlik ile ilgilidir. 0-25 metre derinliğindeki sistemlere kıyı, 25-40 metre arasında derinliğe sahip yerlerde kurulan düzeneğe yakın kıyı diğerleri ise açık denizler olarak tanımlanmaktadır (Villate, 2010; López vd. 2013).

• Cihaz boyutu ve dalga yön karakteristikleri

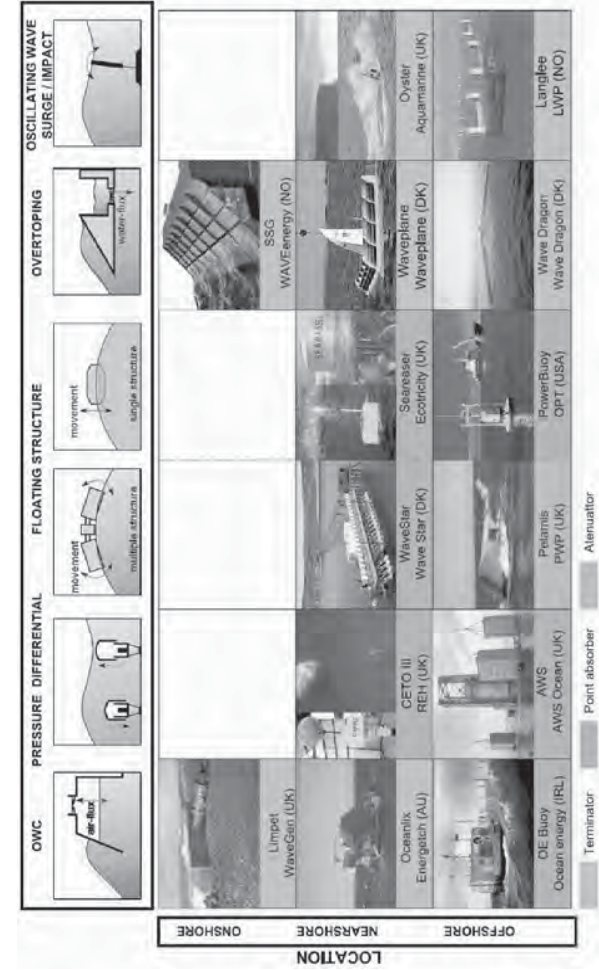
Boyut ve yönlendirme açısından zayıflatıcı (Attenuator), noktasal (point absorber) ve sonlandırıcılı (terminator) olmak üzere 3 sınıfa ayrılmaktadır (Falco 2010; Drew vd. 2009; Czech ve Baues 2012; Lopez vd. 2013). Şekil 3'te bu sınıflandırma çeşitleri ve farkları görülmektedir.



Şekil 3: Boyutuna ve dalga yönüne göre dalga enerji dönüştürücüleri a. noktasal (point absorber), b. zayıflatıcı (Attenuator), sonlandırıcılı (terminator) (López vd. 2013).

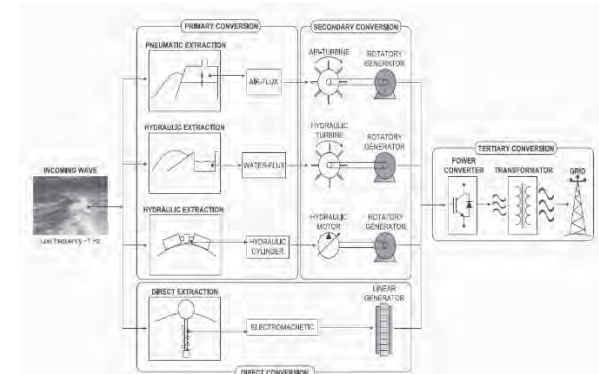
Dalga enerji santrali son olarak çalışma prensibine göre sınıflandırılmaktadırlar. Dalga enerjisi için tüm sınıflandırma türlerinin özeti Şekil 4'te görülmektedir (Lopez vd. 2013).

• Çalışma Prensibi



Şekil 4: Dalga enerjisi santrali çeşitleri (López vd. 2013).

Dalga enerjisinde diğer bir önemli nokta, enerjisinin dönüşümüdür. Mevcut sistemlerde enerji dönüşümleri Şekil 5'de gösterilmiştir.

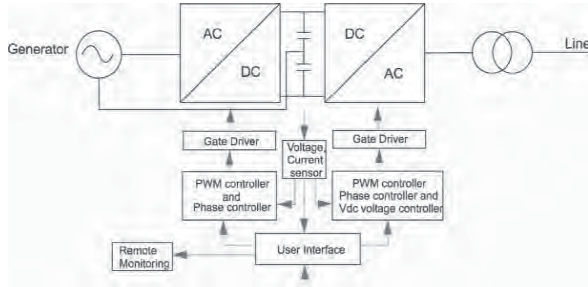


Şekil 5: Enerji dönüşüm yöntemleri (López vd. 2013).

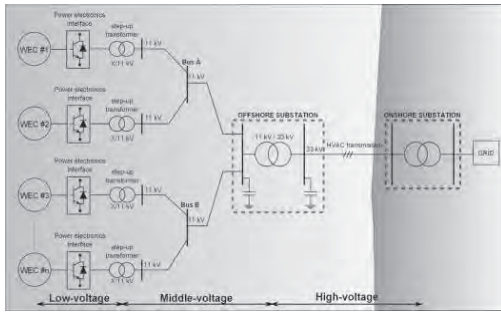
Dalga enerjisi sistemlerinin elektriksel dönüşüm teknikleri ayrı ayrı karşılaştırıldığında genel olarak tüm sistemlere dalganın düzensiz enerjisinin yarı iletken teknoloji kullanılarak enerji kontrolü yapıldığı ve şebekeye verildiği görülmektedir.

Dalga enerjisi düzensiz enerji kaynağıdır ve kontrol etmek mümkün değildir. Ayrıca her dalga hareketinde farklı enerji yükleri mevcuttur. Bu nedenle dalgadan elde edilen enerjinin direk olarak elektrik şebekesine enerji sağlaması söz konusu değildir. Bu nedenle üretilen enerjiyi ve şebekenin durumunu kontrol edecek ek aparatlara ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 6-a).

Mevcut sistemler (hidrolik motor hariç) bu kontrolü genellikle AC/DC - DC/AC enerji dönüştürücüleri kullanarak elektriksel olarak yapmaktadır. Ayrı ayrı ünitelerde üretilen enerji yine elektriksel olarak DC/DC veya AC/DC bağlantılar kullanılarak işlenmektedir. Nihai olarak Şekil 6.b'ye benzer şekilde farklı ünitelerde üretilen enerji elektriksel olarak bağlantı ve güç kontrolü yapılarak sağlanmaktadır.



a)



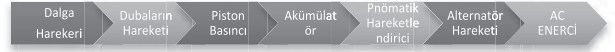
b)

Şekil 6: Enerji dönüşümü (a) Üretilen enerjinin elektrik şebekesine bağlantısı (Hong vd. 2014). (b) farklı ünite bağlantıları (López vd. 2013).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

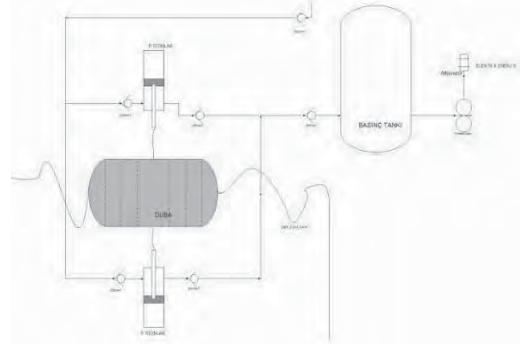
Önerilen projede enerji üretimi, dönüşümü ve kontrolü, mevcut sistemlerden farklı olarak pnömatik akışkan kullanarak yapılacaktır. Dalganın hareketi su yüzeyinde yüzen dubalara aktarılacak ve bu dubalara bağlı olan pnömatik silindir sayesinde basınçlı havaya

dönüştürülecektir. Pnömatik silindirden elde edilen basınçlı hava, kontrollü şekilde pnömatik hareketlendiricilere (türbin veya motor) uygulanacaktır. Türbinler hareket enerjisini AC alternatöre iletilerek enerji üretimi sağlanacaktır. Enerjinin taşınması, depolanması ve işlenmesi basınçlı hava kullanılarak yapılacaktır. Güç kontrolü, elektronik kontrol ünitesi yerine akışkan kontrol ünitesi ile sağlanacaktır. Bu durum işletme maliyetini azaltacak, kontrolü kolaylaştıracak ve kullanım ömrünü artıracaktır. Enerji akış şeması Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Enerji akış şeması

Tasarlanan sistemin şematik gösterimi ve prototip örneği Şekil 8'de görülmektedir.



a)



b)

Şekil 8. (a) Uygulama şematik gösterimi, (b) prototip örneği

Bunun yanında mevcut sistemlerde, dalgadan elde edilen potansiyel enerji dalgaya yakın yerde elektrik enerjiye dönüştürülmektedir. Bu durum enerji dönüşümü yapacak sistemin dalganın yıpratıcı etkilerinden korunmasını (sıvı yalıtımı, fiziksel dayanım, yağ kaçağı, sızdırmazlık vb.)

gerektirmektedir. Bununla birlikte cihaz maliyetini artırmakta ve kullanım ömrünü azaltmaktadır. Tasarlanan projede ise dalganın fiziksel hareketinin gerçekleştiği yerde duba hareketi ile basınçlı hava elde edilmekte ve basınçlı hava uygun yere taşınarak elektrikli enerjisi üretilmektedir. Bu işlemin sonucunda sistem dalganın yıpratıcı etkilerinden etkilenmemektedir. Bu durum sistemin kullanım ömrünü ve enerji verimliliğini artırmaktadır.

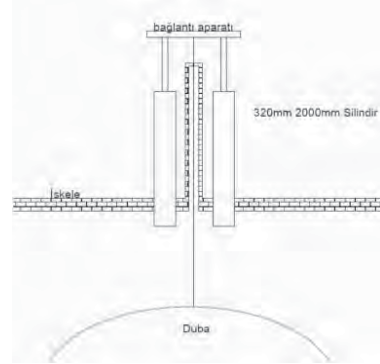
Yapılacak olan sistem, tasarım ve enerjiyi işlemesi açısından yeni bir sistem olup hidrolik yapıdaki enerji dönüşüm sistemlerine benzetilebilir. Ancak dikkatli incelendiğinde gerek dalga enerjisinin dönüştürüldüğü sistem gerekse pnömatik enerjinin elektrik enerjisine dönüşümü ve kontrolü mevcut sistemlerden bariz şekilde ayrılmaktadır. Pnömatik sistemler genellikle hidrolik sistemler ile birlikte anılırlar da bizim uygulamamızda belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Pnömatik sistemleri hidrolik sistem ile karşılaştırıldığında belirli konularda avantajlı belirli konularda da dezavantajlıdır.

Pnömatik sistemde ise hava –sınırsız olmasa da (1 km)- nispeten uzak mesafelere aktarılabilir. Bu durum tesis içerisinde üretilen basınçlı havanın uygun yerde toplanıp (tesis dışında kara parçası vb.) verimli şekilde elektrik enerjisine dönüşümünü ve kontrolünü kolaylaştıracaktır (Küçük, 2009).

Tüm bu açıklamaların yanında tasarlanan sistemde dalga enerjisi direk olarak elektrik enerjisine dönüştürülmemektedir. Mevcut sistemler dalganın düzensiz hareketini dalgaya yakın yerde elektrik enerjisine dönüştürmekte, dönüşüm için kullanılan alternatör ve çeviricilerin mekanik aksamının ve işlem yapan hareketli parçaları dalganın mekaniksel ve akışkan (sızdırmazlık, güvenlik, erken yıpranma, sıvı korozyon vb.) etkilerinden korunması gerekmektedir. Bu durum mevcut uygulamaların maliyetini artırmakta ve kullanım ömrünü kısaltmaktadır. Ayrıca dalga enerjisinin düzensizliğinden dolayı enerji kontrolü zorlaşmaktadır.

Tasarladığımız projemizde ise dalga enerjisini pnömatik enerjiye dönüştürülerek enerji dönüşümü için çevresel şartların daha uygun olduğu kuru ve durağan bir bölgede dönüşüm yapılmaktadır. Bu durum sistemin ilk maliyetini azaltmaktadır. Bunun yanında kullanım ömrünü artırmaktadır. Ayrıca enerji dönüşümünün kontrolü kolaylaştırmaktadır.

Dalganın hareketinin verimli şekilde basınçlı havaya dönüşümü için pnömatik silindirler kullanılacaktır. Dalga enerjisinde daha fazla faydalanmak için silindirler mümkün olduğunca geniş olmalıdır. Bu yüzden piyasada bulunan en geniş standart olan 320mm çapında silindirler tercih edilmiştir. Silindirin boyu ise 2000mm seçilmiştir. Daha yüksek çaptaki silindirler hem maliyeti artıracaktır hem de kullanım ve hantallık açısından sorunlar yaşanmasına neden olacaktır. Silindirlerin iskeleye bağlantısı Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Silindirlerin iskeleye bağlantısı

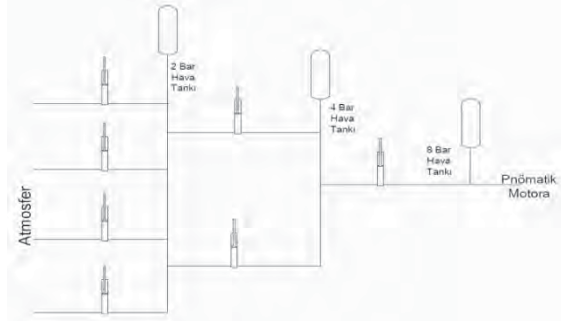
Şekil 9'daki gibi bağlanan silindirler dubanın yukarı doğru hareketi ile yukarı çıkacak ve silindirlere hava girmesini sağlayacaktır. Dubanın aşağı doğru hareketi ile dubanın ağırlığı silindirleri sıkıştırarak ve sıkışan hava çek valf ve valflerin yönlendirmesi ile basınç tanklarına depolanacaktır. Böylece atmosferdeki hava sıkıştırılmış olacaktır.

Silindirlerden maksimum verim alınabilmesi için pistonların tam sıkışması gerekmektedir. Bu sebep ile dubanın yukarı aşağı hareketi incelenerek en alt noktası tespit edilmeli ve bu nokta silindirin en alt noktası ile aynı olmalıdır.

Diğer bir önemli nokta silindirlerden elde edilecek basınç miktarıdır. Atmosfer basıncının tek silindir ile 8 bara çıkartılması teorik olarak uygun gibi görünse de uygulamada ısı ve verim sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle elde edilen basınç miktarı kademeli olarak artırılması yapılacaktır. Her kademede basınç tankı bulunacaktır. Sitemin genel görüntüsü Şekil 10'da görülmektedir. Atmosferden alınan hava kademeli şekilde 8 bara kadar sıkıştırılarak basınçlı hava elde edilecek ve pnömatik hareketlendiricinin çalışması sağlanacaktır.

Kademeli olarak 8 bar basıncın elde edilebilmesi için bir önceki kademeden gelen hava miktarının silindiri

karşılması gerekmektedir. Doğal olarak 1 adet silindirin 8 bar basınçlı hava üretebilmesi için en az 2 adet 4 bar üreten silindire ihtiyacı bulunmaktadır. Aynı şekilde 2 adet 4 bar silindirin basınçlı hava üretebilmesi için 4 adet 2 bar üreten silindire ihtiyacı bulunmaktadır. Bu durumda atmosferden alınan havanın istenilen basınca çıkarmak için bir üniteye en az 7 adet silindirin dubalar ile çalışarak basınçlı hava üretmesi gerekmektedir.



Şekil 10. Silindirlerin bağlantılarının genel görüntüsü

4. ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ MİKTARI

Uygulamanın yapılacağı alanda yıllık ortalama dalga yüksekliği 1,21 metre olup dalga frekansı 6,09 saniyedir (Sağlam vd., 2010). Bu değerler dikkate alındığında bir dubanın ve silindirin yaklaşık olarak bu değerlerin ortalaması seviyesinde hareket edeceği düşünülmektedir. Bu değerde yaklaşık olarak 0,76956 metredir. Verim ve çevresel etkiler değerlendirildiğinde bağlanacak olan silindirlerin yıllık ortalama olarak 6 saniyede 75 cm hareket etmesi muhtemeldir.

Bu değerler dikkate alınarak 320mm çapındaki bir silindir, 750 mm yüksekliğinde uygun yükte sıkıştırılırsa tek seferde 60,3 litre hacim tarar. Yapılan deneylerde silindirin basınçlı hava üretiminde taradığı alanın tamamını basınçlı havaya dönüştüremediği, yaklaşık olarak 3/2 sini basınçlı havaya dönüştürebildiği görüldü. Bu değer dikkate alınacak olursa bir silindir 6 saniyede yaklaşık olarak 40 litre basınçlı hava üretebileceği görülmüştür.

Giriş kısmındaki 4 adet silindir 1 dakikada 10 defa çalışır. Bunun sonucu olarak bir dakikada, 2 bar basınçta 1600 litre hava üretir.

$$4 \text{ silindir} \times 10 \text{ defa/dk} \times 40 \text{ litre} = 1600 \text{ lt/dk (2 bar)}$$

Diğer kademede bulunan silindirler kademeli olarak aynı havayı istenilen basınç seviyesine çıkartacaktır. Burada temel olan sisteme giren hava miktarıdır. Bu değerde yaklaşık olarak 1600 litredir. Bu değerlerin güç

karşılığı; pnömatik motor kataloğundan incelendiğinde, (cleco, MMS396M) 11,19kw gücündeki bir pnömatik motor dakikada 9,86metreküp hava tüketmektedir. Kilowatt başına değerlendirildiğinde her kilowatt enerji için yaklaşık olarak dakikada 881,4 litre havaya gereksinim duymaktadır. Bu durumda 7 adet pistondan üretilebilecek enerji miktarı yaklaşık olarak 1,815 kW gücündedir.

Bu değerlendirmede kademeler arasında olabilecek verim düşüklüklerini kademeye eklenecek ek silindir ile çözümlenebilecektir.

5. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışmanın deniz üzerinde uygulamasının yapılması ile birlikte ülkemizin enerji ihtiyacına alternatif bir çözüm kazandırılmış olacaktır. Böylece ülke olarak enerjide dışa bağımlığımız ve enerji giderlerimiz azalarak ekonomiye katkı sağlanması planlanmaktadır.

Tasarlanan sistemin enerji kontrol yönteminin diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında basit ve kullanışlı olması kullanım ömrünü uzatmaktadır. Dalga enerjisinin rüzgâr ve güneş enerjisine göre daha düzenli olması muhtemel veriminin yüksek olacağını göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Czech B., Bauer P. 2012. "Wave energy converter concepts: design challenges and classification." Industrial Electronics Magazine, IEEE. 6. 4–16.
- Drew B., Plummer A., Sahinkaya M. 2009. "A review of wave energy converter technology." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, PartA: Journal of Power and Energy, 223. 887–902.
- Hong Y., Waters R., Boström C., Erikson M., Engström J. 2014. "Review on electrical control strategies for wave energy converting systems." Renewable and Sustainable Energy Reviews. 31. 329-342
- Küçük B. 2009. "Pnömatik Motor ile Tahrik Edilen DA Generatörü Çıkış Geriliminin Kontrolü." Politeknik Dergisi. Cilt:12 Sayı: 2.73-78
- Sağlam M., Sulukan E., Uyar T.S. 2010. "Wave energy and technical potential of Turkey", Journal of Naval Science and Engineering, Vol. 6, No.2, 34-50.
- Villate J. 2010. Situacion actual de las energías marinas y perspectivas defuturo. In: Seminario Anual de Automatica, Electronica e Instrumentacion (SAAEI).
- López I., Andreu J, Ceballos S., Martínez de Alegría I., Kortabarria I. 2013. "Review of Wave energy Technologies and the necessary power-equipment", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 27, 413-434.

KIYI TİPİ DALGA ENERJİSİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ VE GWE-5 SİSTEMİ

Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL¹, Raşit ARSOY², Ufuk ELİBÜYÜK¹, Prof. Dr. Gabil ABDULLA²,

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Yerleşkesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi 32260 ISPARTA

²Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Yerleşkesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü 32260 ISPARTA

ibrahimucgul@sdu.edu.tr, d0940124006@stud.sdu.edu.tr, ufukeyk@gmail.com, gabilabdulla@sdu.edu.tr

Özet

Okyanus ve deniz dalgalarından enerji üretimi 1970'lerden itibaren birçok araştırmacı ve özel kuruluşun ilgisini çekmiş, bazı makine ve cihazlar geliştirilmiştir. Denizlerde dalga oluşumunu üç aşamaya ayıracak olursak bunlar; oluşum, gelişim ve sönümlenme aşamalarıdır. Bu aşamalar sırasında dalgaların ortaya çıkardığı potansiyel enerjiyi kullanmak, yenilenebilir enerji kullanımını için büyük umutlar açmaktadır. Deniz dalgalarının enerji potansiyeli oldukça büyüktür. Hesaplamalara göre dünya okyanuslarının potansiyel gücü 30 Milyon MW – 1 Milyar MW aralığında tahmin edilmektedir. Ancak bu gücün kullanılabilir miktarı 2,7 – 5,0 Milyon MW' tan fazla değildir. Enerji üretimi için çok sayıda yöntem ve patentlerin varlığına rağmen günümüzde dalga enerjisi, enerji üretiminde pratik olarak kullanılmamaktadır. Bu çalışma da dalganın oluşumundan, dalga enerjisinden, kıyı tipi dalga enerjisi dönüşüm teknolojilerinden ve GWE-5 sisteminin küçük bir tanıtımı yapılarak sistemin amacı anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalga, Dalga Enerjisi, Kıyı Tipi Dalga Enerjisi Dönüşüm Teknolojileri, GWE-5 Sistemi

Abstract

Ocean energy production from sea waves and attracted the attention of many researchers and private organizations since the 1970s, some of the machines and devices have been developed. If the formation of waves in the sea to divide them into three stages; formation, development and fading stage. Use the potential energy of the waves that arise during these stages, the open great hopes for the use of renewable energy. Energy potential of the sea waves is quite large. According to the calculations of the potential power of the world's oceans 30 million MW - is estimated at 1 billion MW range. However, the amount of available power from 2.7 to 5.0 million MW diagnoses is not much. Despite the existence of numerous patents and methods for energy production today wave energy it is practically not used for energy

production. In this study the formation of the wave, the wave energy, coastal type of wave energy conversion technology and GWA-fifth of the objectives of the system by making a small introduction of the system has been presented.

Keywords: Wave, Wave Energy, Type Shore Wave Energy Conversion Technologies, GWE-5 System

1. GİRİŞ

Deniz dalgaları; rüzgâr, denizlerdeki hareketli taşıtlar, denizlerin altındaki depremler veya ay ve güneşin çekim kuvveti gibi dış etkiler sonucunda dengesi bozulan deniz yüzeyinin tekrar eski denge konumuna dönmek için yaptığı hareketlerdir. Rüzgâr etkisiyle oluşan deniz dalgaları, rüzgâr dışındaki etmenlerle oluşan deniz dalgalarına göre süreklidirler ve bu nedenle de enerji eldesinde öncelikle dikkate alınırlar [1].

Dalga enerjisi direk olarak dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilir. Dalgalar deniz veya okyanusların yüzeyinde esen rüzgârlar tarafından üretilir. Dünyanın birçok yerinde rüzgâr sürekli dalgalar oluşturacak kadar düzenli ve sürekli eser. Deniz ve okyanus dalgalarında çok büyük enerji vardır. Dalga enerjisi makineleri dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basınçlarından direk olarak enerji üretir [2].

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, Dünyada ki yenilenebilir enerji doğal potansiyeli yıllık bazda verilmiştir. Tablo 1'in incelenmesinden, dünyadaki deniz kaynaklı doğal enerji potansiyeli; hidrolik ve biyokütle enerjisinin doğal potansiyelinden fazla, rüzgâr enerjisi doğal potansiyelinin ise % 25'i kadar olduğu anlaşılmaktadır [3].

Tablo1. Yıllık dünya yenilenebilir enerji doğal potansiyeli [3]

Güneş Kaynaklı Enerji Türü	Dünya Potansiyeli [Milyar kWh]
Güneş Enerjisi	1.524.240.000
Rüzgâr Enerjisi	30.844.000
Deniz Kaynaklı Enerjiler	7.621.000
Hidrolik Enerji	46.000
Biyokütle Enerjisi	1.524.000

Dalganın gücü genliğinin karesi ve hareket periyodu ile orantılıdır. Uzun periyotlu (~7-10s), büyük genlikli (~2m) dalgaların metre olarak genişliğinin başına 40-50 kW enerji oluşur. Diğer yenilenebilir kaynaklar gibi dalga enerjisi de dünyada düzenli dağılıma sahip değildir. Dünyada yüksek dalga gücüne sahip birkaç bölge bulunmaktadır. Her iki yarıkürede ~30° ve ~60° enlemler arasında dalga hareketi batı rüzgârlarının hâkimiyeti ile yüksektir. Şekil 1’de dalga gücünün dünyadaki dağılımı görülmektedir. Avrupa Ülkelerinin Akdeniz sahillerinde yıllık dalga gücü 4 ile 11 kW/m arasında değişmekte ve en yüksek değerler Ege Denizinin güney batı bölgesinde görülmektedir. Avrupa’nın toplam dalga enerji kaynağı 320 GW iken Avrupa’nın Akdeniz sahilleri boyunca derin su kaynağı yıllık 30 GW mertebesindedir [4].



Şekil 1. Dalga gücü seviyesinin dünyada dağılımı (kW/m tepe yüksekliği)[4]

Derin sulardaki toplam ortalama dalga enerji kaynakları, Türkiye kıyı şeridi boyunca dalga güçlerinin birleştirilmesiyle değerlendirilebilir. Eğer gemi rotaları, denizaltı tatbikat sahaları, Marmara Denizi’nin kıyı yerleşim yerleri, vb. dışarıda bırakılır, dalga gücü düzeyleri ticari tüketim için düşük olan Anadolu’nun kuzeydoğusundaki ve güneyindeki dalga kaynaklarının pek çoğu göz ardı edilirse, Türkiye’nin toplam kıyı uzunluğunun (8210 km) beşte biri kadarının denizden dalga enerjisi elde etmede kullanılabileceği varsayılabilir. Sadece bir seri/dizi küçük ölçekli dönüştürücüden, yıllık 4-17 kW/m arasında dalga gücü olan sularda, toplam yaklaşık en az 10 TWh/yıl enerji elde edilebilir [5].

Tablo 2. Bölgesel ortalama dalga yoğunlukları[5]

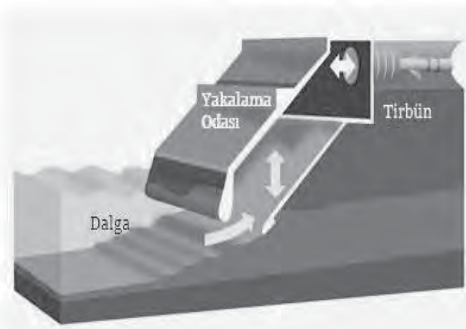
Bölge	Güç
Karadeniz	1.96-4.22 kWh/m
Marmara Denizi	0.31-0.69 kWh/m
Ege Denizi	2.86-8.75 kWh/m
Akdeniz	2.59-8.26 kWh/m
İzmir-Antalya	3.91-12.05 kWh/m

2. KIYI TİPİ DALGA ENERJİSİ DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ

Bu tür uygulamalarda enerji üretim yapıları kıyıda sabitlenmiş veya gömülü halde bulunurlar. Bakım ve inşası diğer uygulamalara göre daha kolaydır. Ayrıca, derin su bağlantılarına veya uzun su altı elektrik kablolarına ihtiyaç yoktur. Ancak, daha az güce sahip dalga rejimi nedeniyle elde edilen dalga enerjisi daha az olabilmektedir. Bu tür uygulamaların yaygınlaşması kıyı şeridi jeolojisi, gel-git seviyesi ve kıyı yapısının korunması gibi etkenlerle sınırlanmaktadır [4-6].

Salınlı Su Kolonu (OWC: Oscillating Water Column): Bu yapılar kısmi olarak su altında bulunan, su seviyesinin altında denize açılan beton veya çelik, çukur yapılardır. Bu sistemlerde su kolonu ve onun üzerinde bir hava kolonu vardır. Dalgaların sisteme çarpması, su sütununun yükselip alçalmasına dolayısıyla hava sütununun sıkıştırılması veya basıncının düşürülmesine neden olur. Sıkıştırılmış havanın, elektrik jeneratörünü çalıştıran Wells türbinine doğru hareketi sağlanır. Bu yolla sistemden enerji elde edilir, bu enerji de elektrik üretiminde kullanılır [4-6].

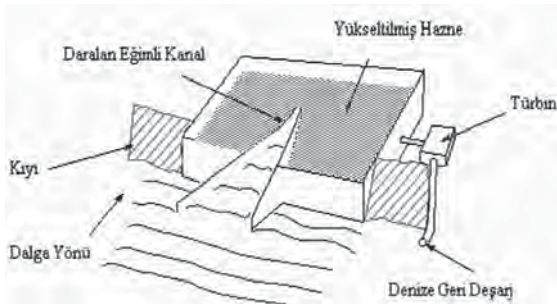
Wells türbinleri Queen Üniversitesi’nden Profesör Alan Wells tarafından geliştirilmiştir. Wells türbinler 2,6 m çap ve 700 ile 1500rpm arasında dönüş hızında çalışırlar. İçinde bir yuvarlak indüksiyon jeneratöre sahiptir. Gücü 250 kW’dır. Maksimum 4,4 m dalga yüksekliğine ve maksimum dalga periyodu 13,4 sn olan dalgalara kadar dayanır. Yüksek dalgalara karşı bu türbinler kapaklarla korunur. En önemli örneği LIMPET (Land Installed Marine Powered Energy Transformer) denilen sistemdir [6].



Şekil 2. Salınlı Su Kolonu Sistemi [7]

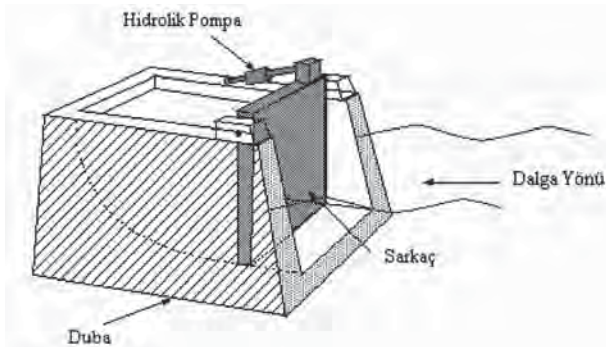
Daralan Kanal Sistemi (TAPCHAN: Taperated Channel Device): Sistemin ismi, “tapered channel” terimlerinin birleşmesiyle oluşturulmuştur, yani giderek kesiti daralan kanal anlamına gelmektedir. Norveç’te Bergen yakınlarındaki Tofstallen’da 1986’da kurulan bu sistemde, ilerleyen dalgalar; kıyıda kayalıklara yerleştirilmiş ve huni formundaki kolektörde toplanarak, kolektör sonuna doğru hızlandırılırlar. Çünkü kolektör kesitinin formu, farklı dalga frekans ve yönlerinin toplanma verimini optime edecek şekilde dizayn edilmiştir [6].

TAPCHAN sistemi geleneksel hidroelektrik enerji üretim sisteminin bir adaptasyonudur. Bu sistemler su seviyesinin 3-5 m üzerinde duvar yüksekliğine sahip, uçurumun kenarına inşa edilmiş hazneyi besleyen, gittikçe daralan bir kanaldan oluşmaktadır (Şekil 3). Kanalın daralması dalga yüksekliğinin artmasına neden olur ve yükselen dalgalar kanal duvarlarından haznenin içine boşalır. Su haznede depolandığı için hareketli dalganın kinetik enerjisi potansiyel enerjiye dönüşür. Depolanan su türbine verilir. Çok az hareketli parçası olduğundan düşük bakım maliyetine ve yüksek bir güvenilirliğe sahiptir. Bu sistemde ihtiyaç duyulana kadar enerji depolanabilmektedir. Ancak TAPCHAN sistemleri bütün kıyı kesimleri için uygun değildir [4-6].



Şekil 3. Daralan Kanal Sistemi [4]

Pendular: Pendular, bir tarafı denize açılan dikdörtgen bir kutu şeklindedir (Şekil 4). Bu açıklık üzerine sarkaç bir kapak menteşelenmiştir. Kapak dalga hareketiyle ileri-geri hareket etmektedir. Bu hareket jeneratörün ve hidrolik pompanın çalışması için kullanılır [4-6].



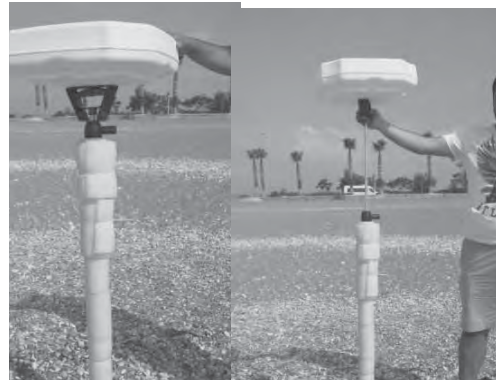
Şekil 4. Pendular Sistemi [4]

3. GWE-5 SİSTEMİ

GWE-5 sistemi basit konstrüksiyon özelliği, uygun maliyeti ve kolay kurulumu ile kıyı tipi dalga enerji sistemlerine alternatif olacak yerli bir sistemdir. Sistem; duba, pompa, tek yönlü çek-valf, bağlantı ve taşıma elemanlarından oluşmaktadır. Sistemin ağırlığı ortalama 15-20 kg ağırlığında olup tek kişi tarafından kolaylıkla taşınacak olması da önemli bir avantajıdır.

Sistem duba ve gerekli dengeleme malzemeleri ile teorik olarak 5 metreye (1,6 KPa basınç) kadar deniz suyunu basmaktadır. Uygulama da verim ve kayıplar göz önüne bulundurulduğunda sistemin 1-3 metre deniz suyunu bastığı gözlenmiştir.

Sistemin amacı denizden basılan suyun; yapıya göletlere doldurularak, türbin vasıtasıyla elektrik enerjisi üretmektir.



Şekil 5. GWE-5 sistemi

4.SONUÇ

Günümüzde dalga enerjisinden enerji üretimi için çok sayıda patent ve yöntem olmasına rağmen, enerji üretiminde pratik olarak kullanılmamaktadır. Bunun en önemli sebebi bilinen yöntem ve patentlerde dalga enerjisinin direkt olarak elektrik enerjisine çevrilmesi amaçlandığından önerilen ve kullanılan düzeneklerin verimliliklerinin ve kullanım ömürlerinin düşük, sistem maliyetinin ise yüksek olmasıdır.

Türkiye'nin 3 tarafının denizlerle çevrili olması ve bir de iç denizinin bulunması dalgadan enerji üretimi için oldukça elverişli olduğunu göstermektedir. Gemi rotaları, denizaltı tatbikat sahaları, kıyı yerleşim yerleri, turistik alanlar vb. kısımlar dışarıda bırakıldığında; Türkiye'nin toplam kıyı uzunluğunun (8210 km) beşte biri kullanılabilir düzeydedir. Bu kullanılabilir kısmın daha verimli ve daha ucuz sistem ile değerlendirilmesi için GWE sistem dizaynlarını geliştirmekte ve ülkemizde bulunan bu büyük potansiyeli kullanmayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Örer, G., Gürsel, T., Özdamar A., Özbalta, N., 2003. Dalga Enerji Tesislerine Genel Bakış. Erişim Tarihi: 17.10.2014.
http://www.emo.org.tr/ekler/f8ec8b0f865e613_ek.pdf

[2] YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü), 2014. Dalga Enerjisi. Erişim Tarihi: 17.10.2014.
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx

[3] Uygur, İ., Demirci, R., Saruhan, H., Özkan, A., Belenli, I., 2006. Batı Karadeniz Bölgesindeki Dalga Enerjisi Potansiyelinin Araştırılması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1), 7-13.

[4] Ün, Ü.T., 2003. Dalga Enerjisi Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünya'daki Durumu. Erişim Tarihi: 17.10.2014.
http://www.emo.org.tr/ekler/6a781dbfd8e524b_ek.pdf

[5] Sağlam, M., Uyar, T.S., 2010. Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Potansiyeli. Erişim Tarihi: 17.10.2014.
http://www.emo.org.tr/ekler/20bb2d9a50d5ac1_ek.pdf

[6] Kapluhan, E. 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünyada'ki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 17, ss: (65-86).

[7] YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü), 2014. Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri. Erişim Tarihi: 18.10.2014.
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_en_urt_sistemleri.aspx

İskenderun Körfezi'nde Akıntıdan Elektrik Enerjisi Üretimi

Selva BAL, Yakup HAMEŞ, Murat FURAT

İskenderun Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği

selvabal@gmail.com

yakuphames@hotmail.com

mfurat@mku.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, İskenderun Körfezi'ndeki akıntıdan faydalanılarak elektrik enerjisi üretimi ele alınmıştır. Akıntıdan elektrik üretimi konusunda, Çanakkale Boğazı'ndaki üretim ve İstanbul Boğazı'ndaki üretim potansiyeline kıyasla, İskenderun Körfezi'ndeki akıntı kullanılarak elde edilecek elektrik üretiminin potansiyeli değerlendirilmiştir. İskenderun Körfezi'nde dip ve yüzeyde, birbirine zıt yönde akan akıntı düzenleri yer almaktadır. Bu aşamada, akıntı hızları, Çanakkale ve İstanbul Boğazları'ndaki akıntı hızları ile karşılaştırılarak İskenderun Körfezi'nde kurulacak bir akıntı santralinin üreteceği elektrik enerjisi potansiyeli ortaya konulmuştur. Böylece, İskenderun Körfezi'ndeki mevcut enerji üretim potansiyeli ortaya konularak, üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde, boğaz ve körfezlerdeki akıntılardan elektrik üretiminin yaygınlaştırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılmasına katkıda bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, akıntı enerjisi, İskenderun Körfezi

1. Giriş

Türkiye'de elektrik üretiminde kullanılan yabancı kaynaklar; fuel oil, motorin, ithal kömür, doğalgaz, lpg ve nafta olup, yerli kaynaklar ise taşkömürü, linyit, asfaltit, rüzgar, jeotermal ve diğer atıklardır. Çizelge-1'e bakıldığında, yabancı kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin toplam üretime oranının, 2006 yılında %54,55, 2010 yılında %54,38, 2014 yılında da %63,32 olduğu görülmektedir. Aynı şekilde yabancı kaynaklı üretim, yerli kaynaklı üretime göre daha fazladır. Böylelikle elektrik enerjisi üretiminde bağımsız olmanın aksine, günümüzde daha dışa bağımlı hale geldiğimiz anlaşılmaktadır. Ayrıca 2006 ve 2010 yıllarında, elektrik enerjisi dış alımı dış satımdan fazla iken, 2014 yılında bu tablo tersine dönmüştür (Çizelge-1).

Çizelge-1. Türkiye'nin kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi (Milyon kWh) [1]

KAYNAKLAR	2006	2010	2014
Yabancı Kaynaklar	96.174,7	114.855,3	158.557,9
Yerli Kaynaklar	80.125,2	96.352,3	90.536
Türkiye Üretimi	176.299,9	211.207,6	250.381,20
Dış alım	573,2	1.143,8	7.992,80
Dış satım	2.235,7	1.917,6	2.695,70
Türkiye Tüketimi	174.637,4	210.434,0	255.490,30

Çizelge-1'de, geçmişten günümüze ülkemizin elektrik enerjisi tüketiminin arttığı görülmektedir. Elektrik tüketimi gelecek yıllarda daha da artacaktır.

Elektrik tüketiminin 2020'de yüksek senaryoya göre yıllık yaklaşık %6,9 artışla 392 TWh'e, baz senaryoya göre ise yıllık ortalama %5,5 artışla 357,4 TWh'e ulaşması beklenmektedir [2]. Artan enerji talebinin karşılanabilmesi için, elektrik üretiminin de artırılması gerekmektedir.

Fosil yakıtlar açısından, kaynakların azalması nedeniyle dışa bağımlılık, çevre kirliliği, asit yağmurları, küresel ısınma gibi dezavantajlar olduğu bilinmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları ve temiz enerji ulusal kalkınma açısından zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde kullanılan yenilenebilir enerji çeşitleri, güneş, hidrolik, rüzgar, jeotermal, biyokütle, hidrojen ve deniz kaynaklı enerjidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği, yerli kaynaklardan elektrik üretimi açısından son derece önemlidir. Bu noktadan yola çıkarak, ülkemizde henüz yeni ilgi duyulan deniz enerjisi ele alınmıştır.

Deniz kaynaklı yenilenebilir enerji, deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntılarını enerjisi ve med-cezir enerjisi olarak alt kollara ayrılmaktadır [3].

Deniz kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarının arasında en yaygın olan dalga enerjisi, kaynağının bol ve tükenmez olmasıyla birlikte, farklı dalga boyları için özel tasarım gerektirmesi, deniz trafiği, askeri

uygulamalar gibi kısıtlamalara da maruz kalmaktadır [4].

Gel-git enerjisi sonsuz bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra, sürekli olmayan (gel-git olayı günde sadece iki kez gerçekleşmektedir), dünyada sadece belirli bölgelerde elde edilen ve kurulum maliyetleri yüksek olan bir enerji türüdür.

2. Akıntı enerjisi

Okyanuslarda ve denizlerde meydana gelen daimi akıntıların sebepleri, rüzgarın hızı ve yönü; rüzgar, gelgit, yoğunluk farklılaşması etkenli deniz alanı akıntı düzeni; hava ve su sıcaklıklarıdır [5].

Deniz akıntı enerjisi, boğazlarda ve körfezlerde meydana gelen akıntılardan elde edilen enerjidir.

Akıntı türbinlerinin çalışma prensibi rüzgar türbinine benzemektedir. Fakat, su havaya göre 100 kat daha yoğundur ve düşük hızlı bir akıntıda bile suyun ürettiği kuvvet daha büyüktür [4]. Dolayısıyla, akıntı türbinlerinin mekanik olarak tasarlanması özel bir çalışma gerektirmektedir.

2.1. Avantajları-Dezavantajları

Akıntı enerjisinin, güç kaynağının sınırsız olması, uzun ömürlü olması, fosil yakıtlardan bağımsız olması, küresel ısınmayı azaltması, çevre dostu olması, yatırım maliyeti haricinde işletme maliyetinin olmaması, tarım arazilerini işgal etmemesi gibi avantajları vardır [4, 6].

Aynı zamanda deniz trafiğini ve deniz yaşamını olumsuz etkileme gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Ayrıca deniz akıntısıyla birlikte taşınan balık sürülerinin zarar görmemesi için, rüzgar santrallerindeki kuş radarına benzer bir sonar sistemin akıntı santrallerinde de kurulması, deniz ekosistemi için faydalı olacaktır.

2.2. Türkiye'nin akıntı potansiyeli

İstanbul ve Çanakkale Boğazlarındaki akıntılar konusunda, MAKAROFF 1885'te üst akıntı hızını 0,78 m/s ve alt akıntı hızını 0,63 m/s olarak hesapladığını; MERZ de 1921'de İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazları'ndan ortalama 40-50 cm/s hıza sahip bir üst akıntı aktığını bildirmiştir [7].

2008'de İstanbul Boğazı Kandilli çalışma bölgesinde alt akıntı hızının 100 cm/s olduğu [8], 2010'da Üsküdar kıyısında ortalama akıntı hızının 150 cm/s olduğu ve İstanbul Boğazı alt akıntısından elektrik elde edilebileceği tespit edilmiştir [9].

2.3. Türkiye'deki akıntı enerjisi projeleri

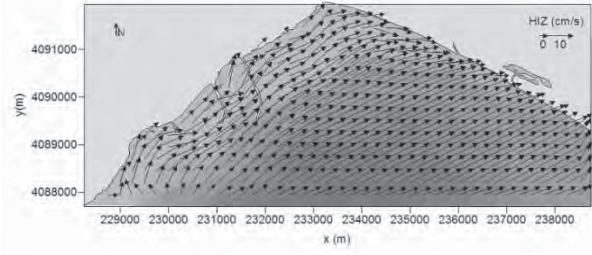
2012 yılında, Çanakkale Boğazı'nda akıntıdan elektrik üretilmesi, Türkiye'de bir ilki teşkil etmektedir. Çanakkale Boğazı trafik hattının dışında kalan ve akıntı hızının en yüksek olduğu Kepez Burnu'nda, 30 yıllığına kiralanmış deniz arazisine platform kurulmuş ve akıntıdan elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Devam eden test çalışmaları sonucunda, 5 MW civarında bir türbin çiftliği kurulması halinde, boğaz akıntısının Çanakkale şehrinin ihtiyacı olan elektriğin tamamını rahatlıkla karşılayabileceği belirtilmiştir [10].

İstanbul Boğazı'nda akıntıdan elektrik üretimi konusunda ise, İstanbul Boğazı alt akıntısından faydalanılarak elektrik üretilebileceği sonucuna varılmıştır [8].

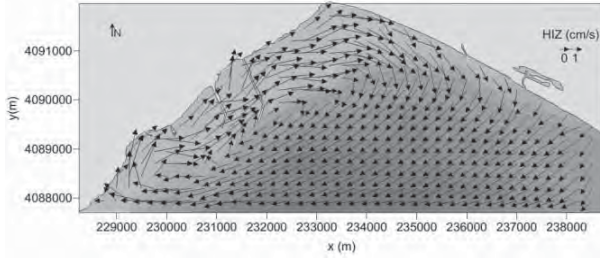
Ayrıca, Karadeniz ve Marmara Denizi arasında açılacak Kanal İstanbul'da oluşacak yüzey akıntı ve/veya alt akıntı sularından elektrik üretimi projesi, Türk Patent Enstitüsü tarafından 2011/04331 patent numarası ile koruma altına alınmıştır [11].

3. İskenderun Körfezi'nin akıntı potansiyeli

1991-2011 yılları arasında, İskenderun Körfezi'ne ait rüzgar verilerine bakıldığında, rüzgar yönünün çoğunlukla Güney Batı olduğu anlaşılmıştır. Güney Batı yönünden esen rüzgarın etkisiyle, denizin dip ve yüzey kısımlarında iki yönlü karşıt akıntı oluşmaktadır. Birbirine zıt yönde akan bu iki akıntı düzeni Şekil-1 ve Şekil-2'de gösterilmiştir. Modelleme yöntemiyle, rüzgarın Güney Batıdan 10 m/s hızla esmeye başlamasından 1 saat sonra akıntı hızının, yüzeyde en çok 26 cm/s, tabanda ise en çok 5 cm/s olduğu görülmektedir. Yüzeyde sular, rüzgar ile aynı yönde sürüklenirken dipte, rüzgara zıt yönde bir akıntı oluşmaktadır [5].



Şekil-1. Güney Batıdan 10 m/s hızla esen rüzgârın yüzeyde oluşturduğu akıntı düzeni [5]



Şekil-2. Güney Batıdan 10 m/s hızla esen rüzgârın dibe yakın noktalarda oluşturduğu akıntı düzeni [5]

1921'de MERZ'in ölçümlerine göre, İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazları'ndaki üst akıntı hızının ortalama 40-50 cm/s olarak ölçülmesinden, İskenderun Körfezi'nde yüzeydeki akıntı hızının en çok 26 cm/s olmasından ve bu akıntı hızlarının birbirine yakınlığından yola çıkılarak, Çanakkale Boğazı'ndaki uygulamaya benzer şekilde, İskenderun Körfezi'nde de akıntıdan elektrik üretilebileceği düşünülmelidir.

İskenderun Körfezi, Kilikya Baseni'nde yer almaktadır. Kilikya Baseni dolaşımı, Doğu Akdeniz dolaşımını büyük ölçüde yansıtmaktadır. Denizden ölçüm yoluyla elde edilen oşinografik verilerin yanı sıra, uydu verileri ile de dolaşımın genel yapısının ve akıntı sistemlerinin izlenmesi mümkündür. Meteoroloji / Oşinografi Mükemmeliyet Ağı (MOMA) Pilot Projesi ile, kıyısız bölge okyanus modeli kullanılarak, Akdeniz'in akıntı verilerinin güncel olarak üretilmesi hedeflenmiştir. MOMA projesi öngörülerini geliştirilmiş haliyle, Mediterranean Operational Oceanography Network (MOON) projesi içinde yer almaktadır [12]. Bununla birlikte İskenderun Körfezi'nde uzun süreli oşinografik parametrelerin (akıntı ölçümleri vb.) ölçümleri yetersizdir [13]. Bu nedenle, İskenderun Körfezi'nde akıntı enerjisi üretimi fikri, fizibilite aşamasına henüz taşınmamıştır. Bu alandaki çalışmaların ilerletilebilmesi için, ölçümlerin artırılması gerekmektedir. Mevcut öngörü sonuçları ve daha

geniş çaplı ölçümler ile birlikte, İskenderun Körfezi'nde akıntıdan elektrik üretimi konusunun daha çok ilgi çekmesi beklenmektedir.

4. Sonuç

İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda akıntıdan elektrik üretimi konusunda birtakım çalışmalar yapılmıştır. İstanbul ve Çanakkale Boğazları'ndaki akıntı hızlarının İskenderun Körfezi'ndeki akıntı hızına yakın olmasından hareketle, Çanakkale Boğazı'ndaki uygulamaya benzer şekilde, İskenderun Körfezi'nde de akıntıdan elektrik üretimi potansiyeli ortaya konmuştur. Yerel elektrik talebinin karşılanmasına katkı sağlamak amacıyla bu potansiyelin faaliyete geçirilebilmesi için, İskenderun Körfezi'nde güncel akıntı ölçümleri gerçekleştirilerek, akıntı hızının en yüksek olduğu noktada, en verimli üretimi sağlayacak akıntı türbin modeli tespit edilmeli ve test çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

Kaynaklar

- [1] "Elektrik Enerjisi Kaynaklara Göre Üretim", Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014.
- [2] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>, 05.08.2015, Elektrik
- [3] Karaosmanoğlu F., "Biyoyakıt Teknolojisi ve İTÜ araştırmaları", İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Çalıştayı ve Sergisi, 2006, 110-125.
- [4] Sağlam, M., Uyar, T. S., Göztepe, İ., "Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli", III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu-YEKSEM, 2005, 275-279.
- [5] İnan A., "İskenderun Körfezi'nde Petrol Kirliliğinin Modellenmesi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 2011, 26, 2:471-478.
- [6] "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi", T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Modülü, 2012.
- [7] Artüz, M.L., "A Chronological Review of the Oceanographic Investigations of the Turkish Straits", Oceanata, 2005.
- [8] Gençer Ç., Sevim D., "İstanbul Boğazı Alt Akıntısından Yararlanarak Bir Hidroelektrik Santral İle Elektrik Üretilebilirliği", Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 2007.

[9] Demirören A., Gören Ö., Üstün Ö., “İstanbul Boğazı Akıntı Yardımıyla Enerji Eldesi”, EMO 6. Proje Yarışması Başvuran Projeler, 2010.

[10] “Çanakkale Boğazı’ndan elektrik üretildi”. (18.12.2012). Yeniasır. 14.08.2015. <http://www.yeniasir.com.tr/ekonomi/2012/12/18/canakkale-bogazindan-elektrik-enerjisi-uretildi>.

[11] <http://www.cagaenerji.com/?pnum=5&pt=KANAL+%C4%B0STANBUL%27DAN+ELEKTR+%C4%B0K+VE+TATLI+SU+%C3%9CRET+%C4%B0LMES+%C4%B0+>, “Kanal İstanbul Akıntıda Elektrik Üretimi Projesi”, 13.08.2015.

[12] http://moma.ims.metu.edu.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=45, 13.08.2015.

[13] Sönmez M.R., Balaban O., “İskenderun Körfezi Kıyı Alanları Bütünsel Planlama ve Yönetim Projesi”, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Planlama 2009/1.

PİEZOELEKTRİK MATERYAL KULLANILARAK DENİZ DALGASINDAN ENERJİ HASADI YÖNTEMLERİ

¹Adem POLAT ²Mehmet KURBAN

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı.

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü.

adem.polat@bilecik.edu.tr

mehmet.kurban@bilecik.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda nüfus artışı, teknolojik gelişim ve sanayi artışına paralel olarak artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla alternatif enerji kaynakları önem kazanmaya başlamıştır. Aynı zamanda kullanılan fosil enerji kaynaklarının çevre açısından da birçok olumsuz etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları arayışı hız kazanmıştır.

Bu çalışmada, titreşim tabanlı piezoelektrik malzeme kullanılarak elektrik üretiminin bir yöntemi olan deniz dalgası kullanmanın analizi yapılmıştır. Farklı modeller incelenerek en uygun modelin bulunması hedeflenmiştir. Elde edilen elektrik enerjisinin özellikle sahil şeridinde aydınlatma sistemlerine entegrasyonu ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak teknolojinin hızla gelişimi ile birlikte piezoelektrik malzemelerin verimlerinin artması ve maliyetlerinin azalması ile gelecekte sahil şeritlerinde aydınlatma ve sinyalizasyon alanlarına entegrasyonu hızla gelişeceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelime: Piezoelektrik Materyal, Enerji Hasadı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Deniz Dalgasından Elektrik Üretme

1.GİRİŞ

Enerji ihtiyacının her geçen gün artmasına rağmen, enerji kaynaklarının tükenmekte olması ve kullanılan tükenbilir enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararlardan dolayı dünya alternatif ve çevreye dost enerji kaynaklarına yönelmek zorundadır. Piezoelektrik malzemelerden elde edilen enerji hasadı da, alternatif enerji kaynakları arasında çevreye dost bir enerji olarak mevcut kaynaklar arasında yerini almaktadır.

Bu nedenle 2. Bölümde piezoelektrik materyalin yapısı ve tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmiştir. 3.

Bölümde ise temiz bir enerji için piezoelektrik materyalin kullanılmasının önemine değinilmiştir. 4. Bölümde ve sonrasında ise deniz dalgası enerjisinden piezoelektrik materyal kullanılarak enerji üretiminin hangi yöntemlerle uygun olacağı vurgulanmıştır.

2.PİEZOELEKTRİK MATERYALİN YAPISI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Piezoelektrik etkisinin varlığı çok uzun yıllardan buyana bilinir ancak yeni yeni kullanılmaya başlayan bir geçmişe sahiptir. 1880 yılında Jaques ve Pierre Curie, temel bazı kristal minerallerin, olağan dışı karakteristik gösterdiklerini saptamışlardır. Bu kristallere mekanik bir güç uygulandığında, kristaller elektriksel olarak kutuplanıyorlardı. Sıkışma ve gerginlik durumlarında, uygulanan kuvvet miktarı kadar uçları arasında elektriksel kutuplaşma oluşuyordu. Sonradan, bu ilişkinin tam tersi de kanıtlandı. Eğer bu kristal mineraller bir elektrik alanına tabi tutulursa, elektrik alanının gücü kadar kısalıp, uzayabiliyorlardı.



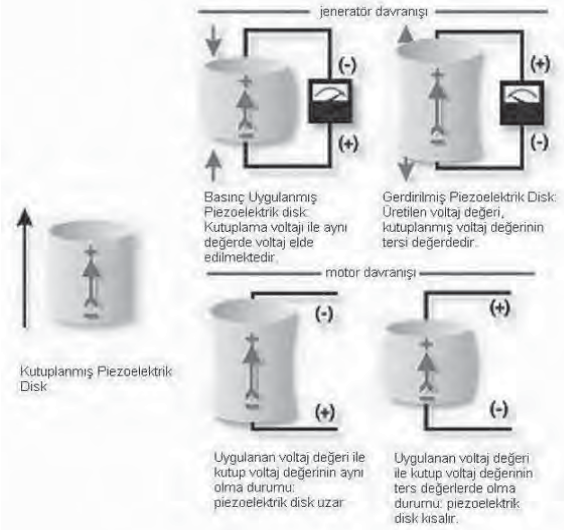
Şekil-1 Piezoelektrik Materyal Kristali Örneği

Bu duruma, Yunanca'da ki piezein (basınç veya sıkıştırma anlamına gelen) kelimesinden esinlenerek piezoelektrik etki ve ters piezoelektrik etki ismi verildi. Her ne kadar piezoelektrik gerilim değerleri, hareketleri veya güç değerleri düşük olsa da ve genellikle amplifikasyona ihtiyaç duysalar da, piezoelektrik malzemeler günümüzde birçok uygulamada kullanılmaktadır. Piezoelektrik etki uzanım veya kuvvet sensörleri gibi algılama uygulamalarında kullanılmaktadır.

Ters piezoelektrik etki ise önceden kontrol pozisyonlandırılması yapılmış motorlarda, sonik ve ultrasonik sinyallerin üretilmesindeki gibi tahrik uygulamalarında kullanılmaktadır. 20. yüzyılda, metal-oksit bazlı piezoelektrik seramikler ve diğer insan yapımı materyaller aracılığı ile; tasarımcılar, piezoelektrik etkiyi ve ters piezoelektrik etkiyi birçok yeni uygulamada kullanabilme olanağına kavuşmuştur. Bu materyaller genellikle fiziksel olarak sert ve kimyasal olarak tepkimeye girmeyen materyallerdir ve üretimi görece olarak daha ucuzdur. Piezo seramik elementlerin alaşımları, şekilleri ve boyutları, özel uygulamalara hizmet edebilmesi için uygun hale getirilebilmektedir. Kurşun zirkonat ve kurşun titan alaşımlarından üretilen seramikler, diğer seramiklere göre daha duyarlı ve daha yüksek sıcaklık değerlerinde çalışabilmektedir ve "PZT" materyaller şu anda en geniş kullanım alanına sahip piezoelektrik seramiklerdir. Kutuplu piezoelektrik seramik elemana, mekanik basınç veya germe işlemi uygulandığında bu eleman çift kutuplu hale geçmektedir ve voltaj değeri üretmektedir. Polarizasyon doğrultusunda basınç işlemi veya polarizasyon doğrultusunda dik doğrultuda germe işlemi uygulanırsa aynı polarizasyon şeklinde voltaj değeri elde edilmektedir. Piezoelektrik seramik üzerinde yapılan bu uygulamalar enerji üretim hareketleridir ve bu sayede seramik eleman basınç veya gerginlik durumlarındaki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirebilmektedir. Bu davranış yakıt ateşleme cihazlarında, katı hal bataryalarda, kuvvet algılama cihazlarında ve diğer ürünlerde kullanılmaktadır. Basınç zorlama ve voltaj değerleri (veya elektrik alan kuvveti), piezoelektrik seramik elemana, materyalin zorlama değeri doğrultusunda üretilmektedir. Bu durum aynı şekilde voltaj değerinin uygulanması ile seramikte gerilim oluşturulması için de doğrudur. Eğer aynı polariteye sahip voltaj değeri kutuplandırma voltajı olarak seramik elemana uygulanırsa, kutuplanmış voltaj doğrultusunda seramik eleman uzayacak ve çapı küçülecektir. Eğer kutuplanma doğrultusunun dikine kutuplandırma

voltajı uygulanırsa eleman kısılacak ve genişleyecektir.

Eğer alternatif voltaj uygulanırsa eleman uygulanan voltaj değerinin frekansına bağlı olarak periyodik olarak kısılıp uzayacaktır. Bu durum motor hareketidir ve bu sayede elektrik enerjisi mekanik enerjiye dönüşecektir.



Şekil-2 Piezoelektrik Materyalin Motor ve Jeneratör Davranışı

Bu prensip piezoelektrik motorlara, ses veya ultrason üreten cihazlara ve birçok cihaza daha uygulanmıştır [4]. Piezoelektrik üreteçler, piezoelektrik etki doğrultusunda çalışmaktadır. Bu durum, mekanik değişimlere tepki veren materyallerin mekanik değişimler doğrultusunda elektriksel potansiyel üretmelerini sağlamaktadır. Daha basit bir şekilde düşünmek gerekirse, basınç uygulanmış veya genişletilmiş piezoelektrik materyaller belirli bir voltaj değeri vermektedir. Bu etki tam ters şekilde seramik elemanın şeklinin değiştirilmesi veya bazı uygulanan mekanik baskı sonucunda da oluşması mümkündür. Bu materyaller birçok açıdan kullanışlıdır. Temel bazı piezoelektrik materyaller yüksek voltaj değerlerine çok iyi dayanım göstermektedir ve bu durum sayesinde transformatörlerde ve diğer elektrik komponentlerde kullanışlıdır.

Piezoelektrik seramikler ayrıca motor üretiminde, hassas çevresel şartlarda titreşimlerin azaltılmasında ve buna bağlı olarak enerji kollektörü olarak da kullanılmaktadır. Aşağıda enerji üretimi için kullanıldığı yöntemlerden bazıları incelenecektir.

Piezoelektrik materyallerin en temel kullanım şekillerinden biri kişisel enerji üreteçleri olarak kullanılmalarıdır. Piezoelektrik materyaller, telefonlara, MP3 oynatıcılara vs... yetecek kadar enerji üretebilmektedir. Ayakkabının tabanı piezoelektrik maddelerden üretilebilir ve atılan her adımda elektrik üretimi sağlanabilir. Bu sayede kişisel elektronik cihazlarda kullanılabilmesi için bataryalarda depolanabilir veya doğrudan kullanılabilir. Bir başka yeni düşünce ise sesin yankılanması ile oluşan titreşimlerin piezoelektrik materyaller aracılığı ile sese dönüştürülmesinin sağlanmasıdır. Şöyle ki, araçta radyo dinlerken, dışarıda parkta otururken veya herhangi bir şey yaparken ses elektrige çevrilebilmektedir [1].

Dünyanın artan enerji ihtiyacına karşılık yenilenebilir enerji kaynakları önemini iyice artırmıştır. Böylece piezoelektriğin yalnızca kişisel küçük çaplı araçlarda kullanılmasının yanı sıra büyük çaplı elektrik üretimine de katkı yapması öngörülmüştür [4-5].

3.DENİZ DALGASI ENERJİSİ KULLANILARAK PİEZOELEKTRİK MATERYALDEN ENERJİ HASADI

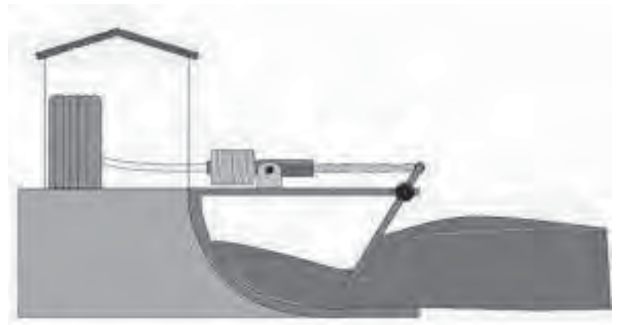
Türkiye piezoelektrik ile enerji üretimi açısından potansiyeli oldukça yüksektir. Büyük şehirlerde; yollardan ve insan sayısı fazla olan yerlerden bu yöntemle elektrik enerjisi üretmek mümkün olmaktadır. Fakat 3 tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde dalga enerjisi ile piezoelektrik materyallerden enerji üretmek ise daha verimli olacağını düşünülmektedir. Dalga sayısının fazla olduğu illerimizde, sahil şeritlerinde aydınlatma ve sinyalizasyon sistemlerinin enerji ihtiyacını piezoelektrik yöntemi ile karşılamak ülkemiz açısından önem arz etmektedir. Dalga enerjisinin piezoelektrik materyal ile elektrik enerjisine çevirmenin ise birçok yöntemi var. Dalga sayısına, dalga yüksekliğine, sahil yapısına ve derinliğe bağlı olarak uygun yöntemleri kullanmak gereklidir.

Ayrıca arazi şekli de hangi yöntemi kullanmamız gerektiği konusunda bize yardımcı olmaktadır. Örneklerle inceleyelim;

4.TEK KANAT MODELİ

Deniz kenarı yüksek olan ve ya iskele için uygun olan bu yöntem, piezoelektrik materyallerin piston düzeneği içerisine yerleştirilmesiyle dalganın kanada çarpması sonucunda basınç uygularken; dalganın geri

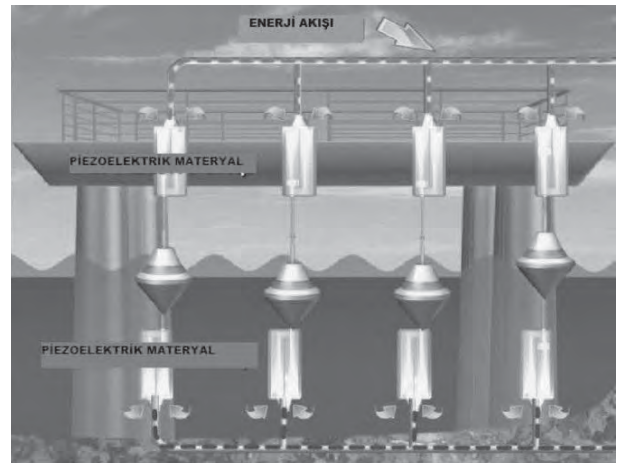
dönüşünde ise gerilme meydana getirmektedir. Piezoelektrik materyalin uzama ve kısalma miktarı ayarlı yay ile sabitlenip verimin maksimum seviyeye çıkarmak mümkün olmaktadır.



Şekil-3 Dalga Enerjisinin Piezoelektrik Materyal ile Enerji Üretme Tek Kanat Modeli.

Dalga enerjisinin uyguladığı kuvvet fazla olacağı için piezoelektrik materyali grup olarak kullanmak daha avantajlı hale gelmektedir. Böylece bir kanattan üreteceğimiz enerji miktarı artmış olur. Bu yöntem Karadeniz sahilleri için uygun olmaktadır. Kıyıların dik olması ve dalga sayısının fazla olması bu yöntemi avantajlı hale getirmektedir.

5.YÜKSELEN ALÇALAN DUBA YÖNTEMİ İLE ÇİFT TARAFLI ENERJİ ÜRETİMİ YÖNTEMİ



Şekil-4 Dalga Enerjisinin Piezoelektrik Materyal ile Enerji Üretmede Duba Yöntemi

İskele ve ya beton duvarlı kıyı yapıları için daha uygun olan bu yöntem ise duba kullanılarak dalgaların gel-git durumlarında dubaların yükselip alçalması sonucunda piezoelektrik materyali gerilmeye ve sıkışmaya zorlayarak enerji üretmek mümkün hale gelmektedir. Duba başına en az 2 materyal

kullanılmasıyla enerji üretimi hasadı artmaktadır. İskele uzunluğuna bağlı olarak duba sayısının da artmasıyla üretilen enerji oldukça fazla olacaktır. Maliyet ve uygulanabilirlik açısından da oldukça avantajlı bir yöntemdir.

Yine beton duvarlı kıyı şeritleri için uygun olan diğer bir yöntem ise uzun kollu duba (Şekil-5) yöntemidir.

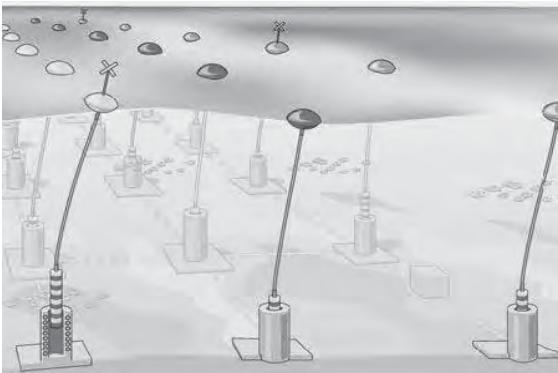


Şekil-5 Dalganın Enerjisinin Piezoelektrik Materyal ile Enerji Üretmede Uzun Kollu Şamandıra Yöntemi

Uzun kollu şamandıra yönteminde; dalgaların kıyıya gelip gitmesi ile şamandıralar yükselip alçalarak piezoelektrik materyale kuvvet uygulamaktadır. Enerji üreten yapının sahilde olması avantaj sağlamaktadır. Dalganın sayısı ve yüksekliğine bağlı olarak oldukça verimli enerji üretmek mümkün hale gelmektedir. Maliyet ve uygulanabilirlik açısından oldukça avantajlıdır.

6.KÜMELENMİŞ ŞAMANDIRA YÖNTEMİ

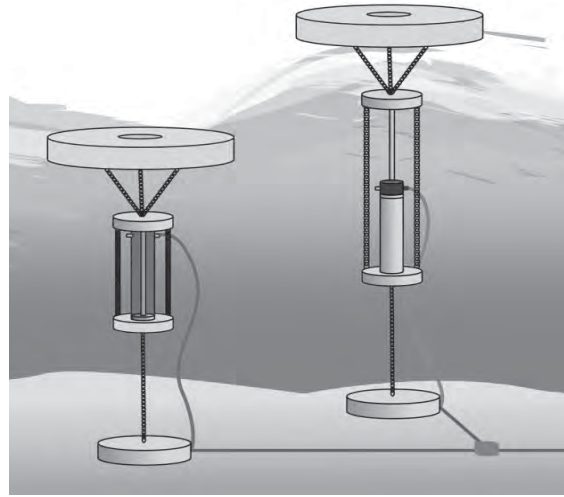
Sahil yapısı kumlu olan bölgelere uygun olan bu yöntemle duba tarlası kurularak enerji hasadı yapmak mümkün hale gelmektedir.



Şekil-6 Dalganın Enerjisinin Piezoelektrik Materyal ile Enerji Üretmede Duba Tarlası Yöntemi

İskele yapıları için uygun olan yöntemdir. Farkı ise enerji üretilecek

piezoelektrik jeneratörün deniz içinde olması ve tek yönlü olması. Bu durumda üretilen enerji miktarı az olsa da iskele ve ya beton duvarı olmayan sahil şeritlerine uygun olmaktadır. Şekil-6'da enerji üretimi için lineer motor kullanılmıştır. Lineer motor yerine piezoelektrik materyal kullanılması durumunda şamandıraların yükselip alçalarak piezoelektrik materyale uyguladığı kuvvetle enerji hasadı yapmak mümkün hale gelmektedir. Derinliği fazla olan yerlere ise deniz tabanına halatla sabitlenme (şekil-7) yapılabilir.



Şekil-7 Dalganın Enerjisinin Piezoelektrik Materyal ile Enerji Üretmede Deniz Tabanına Sabitlenmiş Şamandıra Tarlası Modeli

Üretilen enerjinin DC olmasından dolayı kurulacak tarlanın kıyıya uzaklığı arttıkça enerji kaybına neden olacaktır. Bu durumda uygun yapının dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Deniz içinde kalan kısımlarda ek maliyet getirmektedir. Bu durum sonucunda diğer yöntemlere göre dezavantajlı hale gelmektedir.

SONUÇ

Piezoelektrik materyal ile elektrik enerjisi üretmek son yıllarda önem kazanmaktadır. Ayrıca yapılan çalışmalarla verimi giderek artmaktadır. Bu durumda piezoelektrikle enerji üretme yöntemlerini aktif şekilde kullanmaya başlamak gerekmektedir. Özellikle dalganın enerjisi kullanılarak, piezoelektrik materyalden enerji üretmek verimli hale gelmektedir. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması ve dalganın sayısının genellikle istikrarlı olması verimlilik açısından önemli hale gelmektedir. Dalganın enerjisinden elektrik üretilen yöntemlerin hemen hemen hepsine entegre edilebilir olması da önem arz etmektedir. Üretilen enerjinin

doğrudan kullanılabilir olması ve ya doğrudan depolanabilir olması da dikkatleri üzerine çekmektedir. Ülkemizin, piezoelektrik ile enerji üretimine gereken desteği sağlaması gerekmektedir. Otoyollarda ve kıyı şehirlerinde aktif kullanılması durumunda aydınlatma ve sinyalizasyon yükünü önemli oranda düşürecektir.

Dalga enerjisi kullanılarak piezoelektrik materyal ile enerji üretimi çeşitlerinden ‘‘uzun kollu şamandıra yöntemi’’ ile ‘‘ İskele yapılarına uygun duba yöntemi’’ hem maliyet açısından hem de uygulanabilirlik açısından diğer yöntemlere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. İskele yapısı olmayan yerlerde uzun kollu şamandıra yöntemi, piezoelektrik materyalle enerji üretimi için en uygun yöntemlerden birisi olduğu açıkça görülmektedir. İskele yapısı olan bölgelere ise ‘‘iskele yapılarına uygun duba yöntemi ‘‘ maliyet ve uygulanabilirlik açısından oldukça uygun olduğu görülmektedir.

Kaynaklar

[1] Kaya T.,A Novel Micro Piezoelectric Energy Harvesting System, Ph.d Thesis., Istanbul Technical university Institute of Science and Technology ,August 2007.

[2] Kasuga T. , Hashimoto K. , Shiraishi S., ‘‘Design of a Lane Marker Lighting System based on Piezoelectric Power Generation’’, Vehicular Technology Conference ,IEEE, 2011.

[3] Makki N, Pop-Iliev R. Battery-and Wireless Tire Pressure Measurement Systems (TPMS) Sensor Microsystem Technologies, August 2012, Vol. 18, Issue 7-8, pp .1201-1212.

[4] Afacan O., Piezoelectric Power Generation Using Heart Motion, Master Thesis, Bilkent University, Ankara, September 2006.

[5] Bozkurt H., Dokur E., Koksal Ç., ‘‘Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Ertuğrulgazi ve Osmangazi Tünelleri İçin Değerlendirilmesi’’, 1. Karayolu Akıllı Ulaşım Sistemleri Kongre ve Sergisi (KAUS 2014), İstanbul, 26-28 Mayıs 2014.

[6]<http://www.elektrikport.com/teknikkutuphane/bilim-in-gizemli-bir-elektrik-ureteci-piezoelektrik-kristal/8730#ad-image-0>

[7]<http://edergi.bilecik.edu.tr/index.php/fbd/issue/view>

