

# AÇIK DENİZLERE YOLCULUK

## Heading For Deeper Waters<sup>1</sup>

By John Kosowatz<sup>2</sup>

Rüzgar gücü Amerika Birleşik Devletleri'nde en hızlı büyüyen elektrik kaynaklarından birisi. ABD Enerji Bilgi Yönetimi'ne göre, rüzgar türbinleri son beş yılda üretim kapasitelerinin yüzde otuzuna tekabül ediyor.

Ancak rüzgar çiftliklerinin çok rağbet görmediklerini hatırlatmak için iki kelime söyleyebilirsiniz: "Cape Wind."

Cape Wind, Nantucket Sound bölgesine 130 rüzgar türbini kurmayı amaçlayan ancak şu an görünüme bakılırsa ölü olan bir projeydi. Bazı savurganlar tarafından desteklenen projeye yerel halk onay vermedi. Çevreye ve doğal yaşama karşı teşkil ettiği riskler ve deniz manzarasının bozulacağı şeklindeki savlar üstün geldi.

Ancak okyanus tabanında hiçbir ağır inşaat olmadığını farz edin. Ve eğer türbinler ufuk çizgisinin ötesinde, kıyıda görülemeyecek kadar uzakta olsaydı manzarayı bozmazdı. Bunlar rüzgar gücünün derin sulara taşınmasının sebeplerinden bazıları.

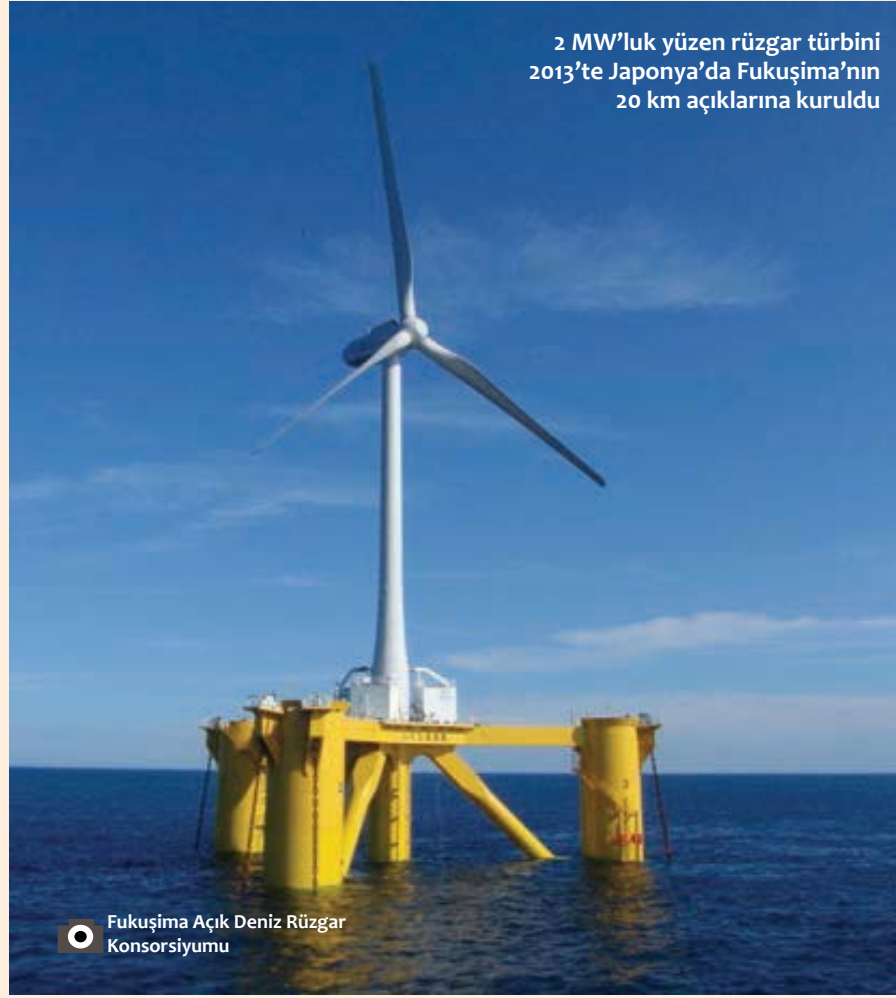
WindFloat platformunun bir prototipi Portekiz'deki Aguçadoura kıyısının açıklarında testlere tabi tutuluyor

YÜZEN PLATFORMLAR KIYIDAN UZAKTAKİ TÜRBİNLERİ UFKUN ÖTESİNE, KARADAN OLDUKÇA UZAKTA VE AYNI ZAMANDA DAHA ELVERİŞLİ RÜZGARLARIN BULUNDUĞU BÖLGELERE TAŞIYABİLİR

Principle Power

<sup>1</sup> Mechanical Engineering (The Magazine of ASME) Dergisi'nin Mayıs 2015 tarihli sayısında yayımlanan bu yazı, Dilan Pamuk tarafından dilimize çevrilmiştir.

<sup>2</sup> ASME.org., uzman editörü



2009'da Kuzey Denizi'ne 100 metrelik bir seren üzerine 2.3 MW'lık bir yüzen türbin inşa etti. Seren, denge sağlamak için su altına doğru uzanan çakılla doldurulmuş silindirik yüzen bir platformdur. Maine Körfezi'ne yapılması planlanan rüzgar çiftliğinden geçtiğimiz günlerde vazgeçtikten sonra şirket, şu anda İskoçya açıklarına 6 MW'lık türbinler kullanarak 30 MW'lık bir üs kurmayı planlıyor.

Amerika'nın Seattle eyaletinde bulunan Principle Power ve DeepWater Wind şirketleri, Principle Power'ın yarı-sualtı teknolojisini Batı Yakası'na getirmek için bir takım oluşturdu. Principle Power 2011'den bu yana Portekiz açıklarındaki 2 MW'lık bir pilot projeyi başarıyla işletiyor. Takım şu sıralar Oregon eyaletinin Coos Körfezi'nin 27 kilometre açıklarına 6 MW'lık rüzgar türbinlerinden oluşan 30 MW'lık nihai bir dizi inşa etmeye hazırlanıyor. Enerji Bakanlığı şimdiye dek 47 milyon dolar ayırdı.

WindFloat adı verilen üçgen şeklindeki yarı-sualtı platform, çelik çubuklarla birbirine bağlanan 27,5 metre uzunluğunda, 10,5 metre çapındaki sütunlardan oluşarak prototip modelinden daha büyük boyutlarda olacak. 6 MW'lık bir rüzgar türbini sütunlardan birinin üstüne tutturulacak ve her sütunun tabanına büyük bir su sıkışması kabarma levhası yerleştirilecek.

20 metrelik bir çekişe ulaşmak için sütunların içine çakıl doldurulur. Levhalar sabitlik sağlamak için, okyanus akıntılarını, rüzgar hızını ve yönünü ölçen bir dizi alet kullanan gövde düzeni optimizasyon sistemi ile daha da geliştirilmiş olan damper görevi yapıyorlar. Veriler, sabitlik sağlamak ve kuleyi olabildiğince dik tutmak için gerekli olduğu üzere, sütunlar arasında çakıllı su pompalayan bir kontrol sistemine iletiliyor.

Maine'de, üniversite kendi konsorsiyumunu DeepCWind ile birlikte 6 MW'lık türbinin sekiz kat küçük bir prototipini kurdu ve Maine Körfezi'nde başarıyla



Ve bu eylem, gemi mühendisliğine ihtiyaç duymakta.

Maine Üniversitesi Gelişmiş Yapılar ve Kompozitler Merkezi yöneticisi ve Maine Körfezi'nde yüzen bir gemi gövdesine kurulacak bir rüzgar türbini yerleştirmeyi amaçlayan ticari bir girişimin lideri olan Habib Dagher, "Amacımız ufuk çizgisinin ötesinde olmak. Ayrıca kıyılardan uzaklarda rüzgar rejimi daha iyi." dedi.

Ancak bu noktaya ulaşmak kolay olmadı. Sığ sulara -50 metre ya da daha az- inşa etmek planlamacıların çeşitli zeminler kullanarak deniz yatağına ekonomik olarak sabit bir platform kurma imkanı taniyordu. Daha derinlere inmek, üzerine türbinin ve kulesinin monte edildiği, okyanus tabanına gevşekçe bağlanmış bir platform gerek-

tirmekte. Yüzen platformlar yeni bir gelişme sayılmazlar -petrol ve doğal gaz üreticileri sondaj ve işleme amacıyla çok büyük çekme kazıklı ve başka tiplerde platformlar inşa ettiler- ancak rüzgar türbinleri farklı sorunlar yaratıyor. Platformlar daha küçük olmalı; fakat 154 metrelik rotor çaplı 6 MW'lık bir makineyi taşıyan 80 metre yüksekliğindeki bir kuleyi destekleyebilmeli ve açık denizde ve rüzgarda dengeyi sağlayabilmeli.

6 MW'lık türbinler endüstrinin vazgeçilmez; fakat derin sulara büyük makineler inşa edilmeye hazırlanıyor. Planlamacılar, çoğunluğu deneysel olan daha küçük yüzen türbinlerden yola çıkarak çalışmalarını geliştiriyor.

Norveçli enerji devi Statoil liderliğini elinde tutan firmalardan biri. Şirket

la çalıştırdı. VolturunUS adı verilen türbinin üçgen şeklindeki yarı-sualtı platformu beton ve çelikten oluşuyor ve 20kW'lık türbini olan yaklaşık 18 metre uzunluğundaki cam elyafından yapılmış bir kuleyi taşıyor. Maine'deki Castine sahilindeki bir yıl süren testlerin ardından, girişimciler eyaletin finansal desteği ile 2018'de aynı yere tam boyutlu bir türbin kurmayı planlıyorlar.

Bu alanda yapılan en hırslı girişim, Japon üniversitelerinin, üretim ve inşaat firmalarının konsorsiyumu ile ortaya koyulan Japonya'nın Fukuşima açıklarındaki 232 milyon dolarlık proje idi. Ülkenin tüm reaktörlerinin hükümetçe

kapatılmasına sebep olan Fukuşima nükleer kazasından sonra Japon hükümeti projeyi finanse etti ve alternatif güç kaynakları üzerinde düşünmeye başladı. Açık denizlerdeki rüzgar cazip bir fikirdi ve Japon sahil hattından uzaklaştıkça birden düşüş gösteren deniz tabanından dolayı yüzen platformlar bir gereklilikti.

2013'te, V şeklindeki yarı-sualtı platform üzerinde yer alan 2 MW'lık bir pilot türbin kıyılardan 20 km açığa inşa edildi. Bir platform için geliştirilen seren üzerine koyulan 66 kV'luk bir alt istasyon da bu türbinin yanında yer alıyordu. Grup, bir sonraki aşama için Mitsubishi Heavy Industries firması-

nın dijital hareket transmision hidrolik sistemini kullanan 7 MW'lık bir rüzgar türbini üzerinde çalışmaya başladı. Kurulumu 2014 sonlarına planlandıysa da daha sonradan ertelendi. Konsorsiyumun lideri olan Marubeni Anonim Şirketi'nin sözcülerinden biri henüz deneme aşamasının tamamlanmadığını belirtti. İkinci bir 7 MW'lık türbinin inşaa tarihi de gelecek yıl olarak yeniden düzenlendi.

Daha iki yıl önce mühendisler ve planlamacılar derin deniz türbinlerinin geliştirilmesinin gerekliliği üzerinde duruyorlardı. 2013'te Avrupa Rüzgar Enerjisi Ortaklığı (AREO), tüm yapının işleyiş simülasyonunu sağlayan modelle-



Portekiz'deki Setubal yakınlarında testlere tabi tutulan bir WindFloat platformu prototipi Lisnave tesisindeki bir havuza inşa edildi

me araçlarının ve sayısal kodlarının geliştirilmesi ve onaylanması için çağrıda bulundu. Başka öğelerin de yanı sıra, AREO yüzen platformlar için türbin tasarım ve boyutunu, kurulum yerlerindeki rüzgar ve dalga şartlarını değerlendiren teknikleri, demir atma tekniklerini ve girdap ve türbulans etkisi araştırmalarının iyileştirilmesini önerdi.

Principle Power'ın baş teknoloji yetkilisi Dominique Roddier, "Üç yılın ardından endüstri elbette geliyor. Öncelikle, Amerika Gemicilik Bürosu açık denizlerdeki rüzgar türbinleriyle ilgili kuralları yayımladı; artık bir kılavuzumuz da var."

Modelleme araçları tam akuplu bir rüzgar türbininin ve altyapısının tepkilerini tahmin edebilecek şekilde gelişti. Enerji Bakanlığı'nın Colorado eyaletinin Golden kentinde bulunan Milli Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (MYEL) açık denizlerdeki rüzgar türbini modelleme araçlarını doğrulama üzerinde çalışıyor. Ortaya koyulan ve 2010'da tamamlanan Açık Denizler Kod Karşılaştırma Birliği (Offshore Code Comparison Collaboration – OC3) projesi modelleme araçlarının doğrulanmasının gerekliliğine değinen ilk uluslararası projeydi ve Statoil şirketi tarafından düzenlenen bir sereni konu alıyordu.

Bu projeyi, yarı-sualtı bir platform üzerindeki 5 MV'lık bir türbini analiz eden ve DeepCwind tasarımı üzerinde duran OC4 projesi takip ediyordu. OC3'ün devamı niteliğindeki OC4 yarı-sualtı platformunun serene kıyasla daha fazla olan hidrodinamik zorluklarına odaklanarak analizi bir adım öteye taşıdı.

MYEL baş mühendisi Walter Musial, "Çalışmalarımıza karaya kurulan araçlar inşa ederek başladık. Zeminin sabit iken türbin performansını hesaplayan simülasyon araçları yaptık." dedi. "Hidrodinamik ve aerodinamik yüklerin birlikte eklenmesiyle, yüzen

platformlarla iş çok daha karmaşık bir hal aldı."

Laboratuvar, FAST adını verdiği bir bilgisayar destekli mühendislik aracı kullanıyor. MTEL'e göre "FAST, zaman bölgesindeki aerodinamik modelleri, açık deniz hidrodinamik modellerini ve lineer olmayan birleştirilmiş aero-hidro-servo-elastik simülasyonu sağlayan kontrol ve elektrikli (servo) dinamik modelleri bir araya getirir."

Şu anda MYEL araştırmacıları bir sonraki adıma, OC5'e (Offshore Code Comparison Collaboration Continuation, with Correlation – Açık Denizler Kod Karşılaştırma Birliği Korelasyonlu Devamı) doğru ilerliyor. Bu proje, simüle edilen tepkilerin var olan yapıardan gelen gerçek fiziksel tepkilerle

karşılaştırarak açık deniz rüzgar modelleme araçlarını doğrulamayı amaçlıyor. Yüzen ve sabitlenen sistemlerin yanı sıra, ölçekli tank testleri ve tam ölçekli açık okyanus testlerinden de gelen verileri kullanarak uç yapıyı incelemeye alıyor.

Dagher, "Modelleme yeteneğimiz artık bir tartışma konusu değil. Ve tahmin yeteneklerimiz için de endişelenmeye artık gerek yok. Doğrulamak için epey çaba harcadık." dedi.

Dagher, DeepCwind'in prototipinin test ve doğrulama süreçlerinde konsorsiyumun MYEL'den bağımsız tüm 30 üyesinin ve ayrıca dört adet kurum içi ve ticari modelleme araçlarının, 1/50 oranlı bir model kullanan laboratuvar ve havuz-ölçekli testlerin ve son olarak



Maine Üniversitesi'ndeki araştırmacılar 6 MW'lık bir yüzen türbinin ölçekli bir modelini test ediyorlar

1/8 oranlı modelden toplanan ve işlenen verilerin de dahil olduğunu belirtti.

“Prototipin nasıl işlediğini ölçebiliyoruz ve bu da bize eşi bulunmaz veriler sunuyor.” diye sözlerine devam etti. “Kısa süre içerisinde oldukça fazla veri toplayabiliyoruz. Edindiğimiz bu verileri alıp diğer modellerimizle karşılaştırıyoruz.”

Konsorsiyum VoltturnUS modeli üzerine dalgaları, akımları, sıcaklığı, ivmeleri, gerilimi, türbin performansını ve palamar yüklerini ölçen 50'nin üzerinde cihaz inşa etti. Dagher, alınan performanstan memnun ve örneğin bayılma açısının ölçümlerinin doğrulandığını ve motor bölmesinin maksimum ivmesinin kıyıda 10 mil 15 km açtaki 6 MW'lık bir makinenin ulaşacağını yüzde 16 ila 14 arasında olduğunu kaydetti.

DeepCWind'in yarı-sualtı platformu çeşitli potansiyel tasarım testleri sonucunda elde edilen öngörülen beton ve çelikten yapılı. Dagher, “Her çözümün kendine özgü avantajları ve dezavantajları var ve hepsi de projede kullanılabilir.” dedi. “Bizim için beton seçeneği çok daha makul görünüyor. Genel olarak baktığımızda, en uygun maliyeti beton sunuyor.”

Konsorsiyum üyesi ve müteahhit Cianbro Şirketi, DeepCWind'in tekne gövdesinin inşasını ve türbinin kıyı avlusuna yerleştirilmesini yürütür. Türbin burada üretim sahasına çekilebilir.

Roddier, WindFloat'ın çelik tasarımından Principle Power'ın memnun kaldığını belirtti.

“Biz hedeflerimize bir prototip ile adım atıyoruz. Okyanustaki yüksek dalgalara rağmen başarılı olabildiğimizi kanıtladık.” dedi. Ayrıca Portekiz açıklarındaki WindFloat türbininin 2011'den bu yana saatte 12 gigawatt elektrik ürettiğini ekledi. “Şu anda işin

henüz ticarileşmemiş boyutundayız ve teknolojimizin finansal açıdan ulaşılabildiğini kanıtlamaya çalışıyoruz. Fakat işin kilit noktası, proje prototipi üzerinde yapılan deneyler.”

Maliyeti düşük tutmak deniz aşırı planlamacılar için kritik önem taşıyor. Sığ sularda müteahhitler sabitlenmiş bir platform ve kulesini ekonomik bir biçimde inşa edebilir. Derin sularda ise küçük yapılar olmalarına rağmen yüzen platformlar çok daha makul. Şirketin iddiasına göre, sınıfının en hafifi olan 6 MW'lık bir Siemens doğrudan tahrik türbininin, en az 350 tonu, yani motor bölmesinin ve rotor kanatlarının ağırlığını taşıyabilmesi gerekiyor.

Denizde, motor bölmesi deniz seviyesinden 100 metre yükseğe ulaşır ve daha yükseğe çıkan 75 metre uzunluğundaki rotor kanatlarını taşır. Bu nedenle rüzgar türbinli yüzen platformlar ve kuleleri, karada kontrollü koşullar altında üretilir ve üretim sahaslarına çekilir. Burada daha fazla çakıl eklenir—6 MW'lık bir makine için 20 ila 25 metrelik çekiş gerekir—ve platform sabitleneceği yere bağlanır. Bu strateji proje yetkililerinin daha pahalı olan deniz ulaşımı ve inşaatı masraflarından kaçınmalarını sağlar; Roddier'in söylediğine göre, yalnızca bir açık deniz vincinin günlük maliyeti 122.000 dolardır.

DeepCWind aşınmayı azaltmak için bir alaşım kullanır, ki bu da hem uzun vadeli kullanım ve onarımlar hem de masrafların azaltılması için kritik önem taşır. Daha hafif bir kule daha küçük bir platform kullanılmasına da olanak sağlar. Dagher, “Güverte altı ağırlığını azaltmayı hedefliyoruz. Kuleden azaltacağımız her tona karşılık gövdeden iki üç ton azaltabiliriz.” dedi.

Amerika'daki planlamacılar karadaki şantiyelerde inşa edilebilecek ve sahaya çekilebilecek yüzen yarı-sualtı platformlara yöneliyorlar. 300 metre uzunluğa ve büyük bir rüzgar makinesini taşımak için 6 metre çapına ulaşan se-

renlerin, kıyıda 20 kilometre açıklarda bulunabilen sahalara taşınması ve yerleştirilmesi daha pahalıya mal oluyor.

Türbinin denize daha sonra kurulması gereklidir. Dagher, “Bir vinç ve mavna ile gidip gelmeniz gerekir. Bu da hem zor hem de masraflı olur.” dedi.

Ayrıca bir serenin belli koşullarda ekonomik bir şekilde işleyebileceğini de ekledi. Statoil, serenin yüzdürülebileceği ve sağlanan koşullarda kıyıya daha yakın teçhiz ettirilebileceği, ve daha sonra üretim sahasına dikey olarak çekilebileceği açık deniz fiyortlarına yakın yerlerde serin ürettiği için avantaj sağlıyor. Japonya'da Fukuşima sereni ve alt istasyonu bir tersanede teçhiz edilmişti; ancak bir konuşmacı onun yaklaşık 10 metre uzunluğundaki çekişini kıyıya yakın sığ sularda inşa etmekte zorlandıklarını belirtti.

Roddier'a göre, uzun bir sürecin ardından yüzen bir tasarım daha kolay onarım sağlıyor. Uzun sürecek bir kesinti için okyanus mavnaları ve vinçleri kiralamaktansa, büyük çaplı onarımlarda ya da kullanıma yeniden açılma durumunda, onarım için tüm yapı yeniden kıyıya çekilebilir.

Dagher, “Platforma 60 yıllık bir ömür biçiyoruz. Çoğu platformun 20 ila 25 yıllık ömrü oluyor; fakat 20 yılın sonunda platformu kıyıya çekip yeniden kullanmaya hazır hale getirirseniz üç tane 20 yıllık kullanım süresi elde edersiniz.” dedi.

“2020'lerde diğer elektrik türleriyle rekabet edebilmeyi amaçlıyoruz.” diye sözlerini sürdürdü.

Roddier'a göre: Bağışlarla gelen parayı hesaba katmadan projenin bilançosu finanse edilebilir olmalıdır. Bizler projeyi ekonomik bir şekilde daha iyi bir hale getirebilecek birçok yola başvuruyoruz. Ama açık deniz rüzgarlarında maliyeti düşürmezseniz, projeyi gerçekleştiremezsiniz. ■