

Kare Yelkenlerden, Kanat Yelkenlere... Yelkenli Tekne Fiziği

Gezeganimiz yüzeyinin büyük bir bölümü, üzerinde rüzgârlar esen sularla kaplıdır. İlk zamanlarından itibaren insanoğlu, kendisini ve değerli mallarını, kara taşımacılığında çok daha az bir zahmetle su üstünde taşımak için rüzgâr gücünden yararlanmıştı. Ve yüzyıllardır yelkenliler, okyanuslarla birbirinden ayrılmış, uzak kıtaların keşfedilmesinin ve daha sonra bu kıtalarla bağlantı kurulmasının tek yolu olmuştu. Günümüzde, buna benzer okyanus aşırı yolculuklardan en geçerli olanı, suyu çok aşağıda bırakarak, yüksekten uçmak. Yükseklerdeki rüzgârların yönü ve şiddeti eskiden olduğu gibi bugün de yolculuk süresini etkiler; fakat artık bu etki fazla önemli değil. Taşımacılığın biri çok modern, ötekiyse çok eski bu iki tür arasındaki görünüm, yapı malzemeleri, hareket hızları ve yükseklik farkları göz önünde tutulduğunda aralarında fizik ve teknoloji bakımından fazlaca ortak yan bulunmadığı düşüncesi herhalde bağışlanabilir. Gerçekte, bu yazının amacı, bunların arasındaki yakın bilimsel ilişkiyi göstermek.

Günümüzden 4000 yıl öncesine dönelim ve Mısır'da, rüzgâr kuzey-

den güneye eserken, güneyden kuzeye doğru akan Nil nehri üzerinde kullanılan yelkenli tipiyle konuya girelim. Şekil 1'de görüldüğü gibi yelken akıntıya karşı güneye gitmek için açılıyor, akıntıyla kuzeye sürüklenirken de indiriliyordu. O zaman bile, geminin su üstündeki kısmına ters yönde esen rüzgârın etkisini önleyerek geminin akıntıda daha iyi tutunabilmesi için tekneden suya, uzunlaşmasına değil enlemesine tahtalar indirilmesi gerekiyordu (borda rüzgârı etkisi). Bu olay, katı, sıvı ve gaz arasındaki bu ilginç etkileşim sistemi içinde, katı kısmın hızı ve yönünün, sualtı ve su üstü kuvvetler dengesi tarafından belirlendiğini açıkça gösteriyor.

Bu kuvvetler arasında sualtı direnci (drag) bulunur ki bu da kabuktaki sürtünme, teknenin biçiminin yol açtığı direnç ve dalga yapan dirençten oluşur. İlk ikisi tekne hızının karesiyle büyüye de, pürüzsüz ve aerodinamik bir gövdeyle denetim altında tutulabilirler. Gerçekten tehlikeli olansa üçüncüsü. Su dalgaları, dağılma eğilimindedir ve dalga boylarının kare köküne oranlı hızlarla yayılırlar. Bu özellikler, dalgalandırmadan kaynak-

lanan direncin belli bir noktadan sonra aniden yükselmesine ve herhangi tonajdaki bir teknenin maksimum hızını, kendi boyundaki bir dalganın hızıyla sınırlamasına yol açar. 19. yüzyılda, İngiliz mühendis William Froude'un ortaya koyduğu bu ilginç olgu, Queen Elizabeth, Queen Mary ve United States adlı transatlantiklerin saatte 40 deniz mili hız yapabilmek için neden bu kadar uzun olmaları gerektiğini ve on metrelik sıradan bir yelkenlinin, saatte 20 deniz mili hızdaki bir rüzgâr tarafından itildiğinde bile niçin ancak 7 deniz mili hıza kadar çıkabildiğini açıklar. Bu engel, alt yüzeye ya da sualtı kanatçıklarına çarpıp Arşimet yasalarının tersine gövdeyi sudan dışarı iten suyun dinamik kuvvetiyle, ya da üstte ortak bir kamarayla birleşmiş iki ya da daha çok gövde kullanılarak aşılabilir. İkinci durumda, denge, yüzen cisimlerin uzaklığıyla sağlanır, ve bu gövdeler hız engelini aşmak için ince bir biçimde tasarlanır.

Şekil 2'deki gibi gemiler yapan Vikingler, bu istenmeyen sualtı direncini en aza indirmek için gemilerine düz ve uzun bir biçim verme gereğini kavramış görünüyordular. Fakat

bence Vikingler yelkenden çok kürek kullandılar. Rüzgârda uçuşan yapraklar gibi değil, kendi istediği yönde gidebilen gerçek anlamda yelkenli denebilecek gemiler yapıp bunlarla uzun mesafeler kat edebilen önce Çinliler, daha sonra da Araplar oldu. Bu tür bir gemi, rüzgâr doğrudan B-A yönünde esse de A-B yönünde gidebilir. Çin ve Arap yelkenlileri (Şekil 3) zamanımızda da üretiliyor ve kullanılıyor; ancak bu gemilerin nasıl rüzgâra karşı gidebildiğini anlamak için öncelikle yelkenlerin nasıl çalıştığını görmeliyiz.

Farklı türden dirençlere karşı kayabilen enerji, havanın su üzerindeki görelî hareketinden kaynaklanır. Fakat bu enerjiyi ortaya çıkarmak ve istediğimizi yaptırmak için, deyim yerindeyse, bir ayağımızın suda olması gerekir. Ne demek istediğini anlamamız için, bir balonun üzerine yerleştirilmiş bir rüzgâr dinamosu düşünün. Balon ancak yere bağlı tutulduğu sürece dinamo enerji üretecektir. Eğer düzeneği serbest bırakırsanız tüm düzenek hava akımı ile sürüklenecektir; dinamo da etkili bir rüzgâr alamayacağından enerji üretimi duracaktır.



Şekil 1: M.Ö. 2000 yıllarında Nil nehrinde kullanılmış eski Mısır kare armadoru.

Kare Yelkenliler

Bu yazının başlığı kare yelkenlileri başlangıç noktası olarak aldığından, isterseniz şekil 4'teki gibi bu tür yelkenlerle donatılmış büyük bir gemiye göz atalım. Toplam bez alanının çok büyük bölümü, bumbalara asılmış dikdörtgen yelkenlerden oluşur. Bu tür yelkenler, zayıf bir paraşüt gibi iş görür ve rüzgâr akımı yönünde "direnç" diye adlandırılan bir kuvvet oluşturur. Böyle bir donanımla herhangi bir yere gidebilmek için, en az orta şiddetteki bir rüzgârı az çok arkamıza almanız gerekir. Rüzgâr güçlü olmalıdır; çünkü hızlanıp rüzgârla birlikte ilerlemeye başladığınızda, rüzgârın görünen kuvveti azalır. Önceden

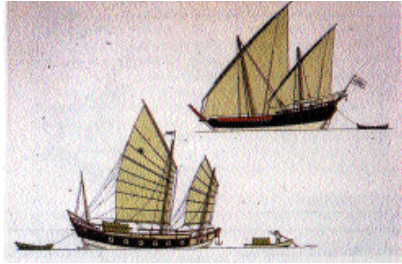
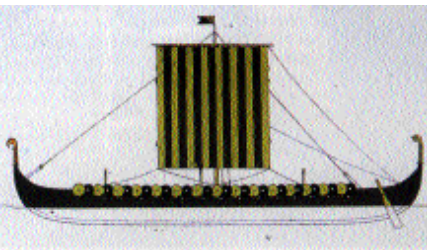
gördüğümüz gibi gövde üzerindeki direnç, suyun hızının karesini de aşan bir hızla artarken, rüzgârın görünen hızının karesi ile orantılı kuvvet azalacaktır. Bunun anlamı; eğer gövdenin hızına bu orta şiddetteki rüzgârlarda da erişmek istiyorsanız, resimde gördüğünüz gibi dev bir "hava çapası" alanına ihtiyacınız olacaktır. Bu, Mısır'ın çapraz tahtası büyük yatların dev balon yelkenleriyle aynı işlevi görür.

Burada, tehlikeli olan, rüzgâr hızının belirli bir güvenlik değerinin üstüne çıktığında, oluşan basıncın rüzgârın önünde daha hızlı giden gemi tarafından kaldırılmamasıdır; çünkü gemi zaten sınır hızına yaklaşmıştır. Bu nedenle, felaket darbesinin gücü, görünürdeki hızının küpüyle artar ve biz gerçekte, hareketsiz bir cisimle, karşı konulmaz bir gücün o ünlü karşılaşmasına tanık oluruz. Yelken alanını azaltma tek çıkış yolu olarak kalsa da, şekil 5'te görüldüğü gibi, bu son derece olumsuz koşullarda gerçekleştirilen tehlikeli bir iş. Nitekim Horn Burnu'nu dönen her tekneden ortalama bir kişinin denize düşmesi tehlikenin kanıtı.

Fırtınada çırpınan büyük bir parça yelken bezi, çıldırılmış birine benzer ve tümüyle kontrol dışıdır. Böyle bir yelkenin vereceği zararın korkusu ve yelkeni küçültme ya da indirme telaşı; çok şiddetli olmayan bir rüzgârda, düz bir deniz üzerinde, hatta duvardaki bir tabloda çok hoş görünen eski dev yelkenlilerin zavallı tayfaları gibi günümüz yatçıların da kâbusu. Bu teknelerle ilgili romantizme karşı fazla tahammülüm yok. Bana göre bunların tasarımları tayfalara dayanılması güç yükler getirmiş ve uzun yolculuklarda disiplin yöntemlerinin genel özelliği olan acımasız şiddeti kaçınılmaz kılmıştır. O halde bu tür teknelerin dünyanın hiçbir yerinde taşımacılıkta kullanılmadığına şaşmamak gerek.

Denizciliğin Havacılığı

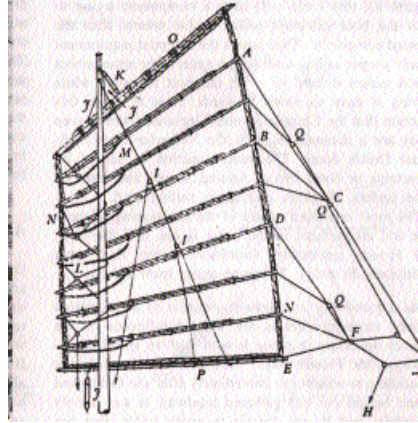
Daha önce sözü edilen Çin yelkenlilerinin son derece akıllıca tasarlanmış, güvertedeki birisi tarafından,



Şekil 2: Binlerce yıl öncesinden kare yelkenli, büyük Viking gemisi. Şekil 3: Arap ve Çin yelkenlileri. Rüzgâra karşı yüzebilen ilk araçlardırlar. Şekil 4: Üç direkli kare armador. Yelkenle okyanusu aşan en büyük gemilerdir.



Şekil 5: Kare armadordlarda, dalgalı denizde sudan oldukça yukarıdaki seren ucuna tutunmuş yelkeni sararlarken.



Şekil 6: Güvertedeki bir kişi tarafından açılıp indirilebilen bir Çin ana yelkeni.

jaluzi perde gibi kademeli olarak açılıp kapatılabilen yelkenleri vardı. Daha da önemlisi yelkenlerin malzeme ve biçimleri, geminin rahatlıkla rüzgâra karşı gidebilmesini sağlıyordu; hem de Avrupalıların bunu gerçekleştirebilmelerinden yüzlerce yıl önce. Bunun nasıl olduğunun anlaşılması için, yelkencilikle havacılık arasındaki ilintinin açıklanması gerekiyor.

Bir levhaya, küçük bir açıyla akan bir sıvının vurguladığı kuvvetin büyüklüğü ve yönü, Newton'dan beri pek çok büyük fizikçiyi uğraştırmış bir sorun. Newton'a atfedilen bir kurama göre, küçük açılarda, bu kuvvet önemsenmeyebilirdi. Kuvvet yalnızca küçük açının sinüsünün karesiyle artıyordu. Lord Rayleigh, yüzyılı aşkın bir süre önce yazdığı şaşırtıcı derinlikteki bir makalesinde bu sonucu yadsıyordu. Çünkü kendisine göre, "...tecübeli insanların, özellikle küçük açı değerlerinde hedeften oldukça fazla uzaklaştıkları biliniyordu." Üstelik Rayleigh, o zamanlar henüz doğmamış olan ve havacılıkta "kaldırıcı kuvvet" diye adlandırılacak kavramı çağ-

rıştıran bir açıklama da, yapıyordu. 1876'daki açıklamasında örnek olarak Çinli kürekçilerin, suyun içinde küreğin oluşturduğu kuvveti büyük ölçüde artıran özel bir daldırma tekniğini veriyordu: "Durgun sıvıdaki bir levhanın anahat üzerindeki hareketine karşı olan direncin, yan bir kuvvetin bindirilmesiyle olağanüstü artırılabilmesi son derece ilginç. Bu, örneğin yapay uçuşlarda karşımıza can alıcı sorunlardan birisi olarak çıkacaktır.

Bu düşünceden yola çıkan Rayleigh küçük açılardaki kuvvet için çok daha büyük bir değer hesapladı. Bugün biz bu kuvvetin daha da büyük olduğunu ve 20. yüzyılın başında ve daha sonra birçok büyük araştırmacının geliştirdiği kanat üzerindeki hava hareket kuramında doğru olarak verildiğini biliyoruz. Bu kuvvet, bir kuşun kanatlarıyla aynı alana sahip bir paraşütün sağlayabileceğinden çok daha küçük bir dikey hızla aşağıya doğru süzülmesini sağlayan kuvvettir. Bu kuvvet, havada yana doğru gittiği halde uçağı, kanadın gerçek alanıyla orantılı olarak gökyüzünde tutan kuvvettir.

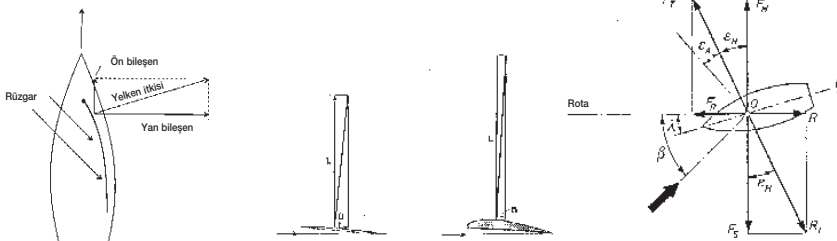
Şimdiki konumuzla bağlantılı olarak bu kuvvet, teknenin rüzgâra karşı gitmesini sağlamak için, küçük bir açıyla rüzgâra bakan bir yelkenin üretmesi gereken, açısına dik kaldırıcı bir kuvvet oluyor. Fakat çizimde de görüldüğü gibi (şekil 7) bu kuvvetin, öne iten bileşeninden çok daha büyük bir yan bileşeni bulunuyor. Böylece, teknenin öne doğru hareketini kolaylaştırırken, yanlara kaymasını zorlaştıran bir sualtı düzeneğinin, zorunluluğu ortaya çıkıyor. Çinlilerin bulduğu, günümüzde bile Hollandalıların geleneksel teknelerinde yaygın olarak kullandıkları yan tahtalar bunu sağlar. Ayrıca rüzgâr sörflerinde, küçük sandallarda ve büyük yelkenlilerde kullanılan, çeşitli biçim ve büyüklüklerde, içeriye çekilebilen ya da sabitlenmiş salmalar da aynı işlevi görür.

Teknenin ön ve arkasındaki, bu sualtı yüzeyleriyle ilgili ilginç bir noktada, Rayleigh ve belki de Froude'nin, bunların işlevini, günümüz yelkencilerinden çok daha iyi anlamış olmaları. Yine Rayleigh'in yazısından aktaralım: "Su içinde, ince uzun bir kütlemin yan hareketinin, ana hat yönünde belirli bir hızda hareket için gereken kuvveti etkilememesi düşünülemez. Buna kanıt olarak bay Froude şunu söylüyor; "Bir teknenin rüzgâra karşı giderken, tiramoladan hemen sonra daha hız alamadan önden çok yana sürüklendiğini çok denizci bilir. Öne doğru ne kadar hızlanırsa kayma da o ölçüde yavaşlar."

Önemli olan nokta, geminin yanlara doğru kaymasını önleyen kuvvetin, suyun içinde yana hareket eden yüzgecin direnci değil; yüzgecin, simetri düzlemine çok küçük bir açıda ileriye doğru hareketinden doğan kaldırıcı kuvvet olmasıdır. Yelken nasıl su üstünde bir hava kanadı işlevi görüyorsa, salma da altta su kanadı işlevi görür.

Hava ve Sukanatları

Bir hava ya da sukanadının kalitesini belirleyen birçok etkenden, konumuz gereği burada yalnızca üç tanesi ele alınacak: Simetri, biçim (enine kesit) ve uzunluk-genişlik oranı. Kuşların ve uçakların kanatlarının üst tarafları, hiçbir zaman alt yüzeyleriyle karşılaştırılmaz. Kuşlar herhalde sırtüstü uçmak gereği duymaz. Büyük yolcu



Şekil 7: Rüzgâra karşı yönde giderken ki yelkenin itme gücünün parçaları. Yana doğru olan büyük parça su altı düzenekleri ile azaltılmalıdır. Şekil 8: Kavisli bir plakada (solda) ve hava kanadında (sağda) rüzgâra 4 dereceden daha az bir açıda kaldırıcı güç ve direnç. İkisinin de uzunluk/ genişlik oranı 6 dir. Şekil 9: Lanchester'in Hat Teoremi. Rüzgâr yönüne en yakın açı b, su üstü ve altı sürüklenme açılarının toplamıdır.

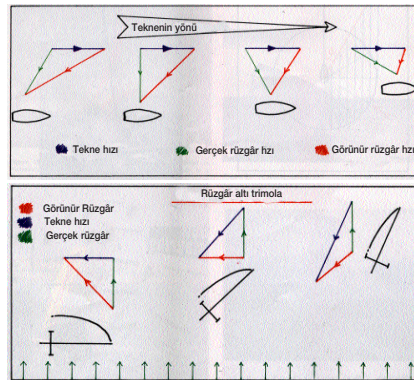
uçaklarında da koridorda yürüyen insanlar bulunur. Fakat akrobasi uçaklarının performanslarından birşey kaybetmeden yukarıya aşağıya, sağa sola uçabilmeleri gerekir. Üstelik kanatlarının üstü ve altı hemen hemen simetrik olsa da rahatça uçabilmelidirler. Hareket açısı şimdi, simetrik sivri cismin, sıvı akıntısının yönüne olan eğimidir. Tekneler içinse, rüzgârın sağdan ya da soldan yelkene çarpacak, salmanın da tekneyi sağa ve sola sürüklenmesini engelleyebilecek güçte olması gerektiği açıktır. Geminin bordasına tutturulmuş ya da omurgadan indirilmiş salmalar her zaman simetrik, fakat (su üstünde) yan tahtalar iki tarafta farklı biçimlerde olabilir. Yeni öğrendiğime göre, Hollanda teknelerinde simetrik salmalardan daha etkili, ayna simetrisinde yan tahtalar kullanılıyor. Bir yelkenin, eğer kumaşsa ve bu nedenden dolayı ikiboyutluyorsa, her iki yöne de şişebileceği açıktır. Bununla birlikte, sizin bu esneklik için ödediğiniz bedel, yelkenin üç-boyutlu düzgün tasarımı bir hava kanadına göre daha yetersiz olması ve daha önce de belirtildiği gibi, ucu kaçırıldığı anda kendini hatta sizi parçalama eğiliminde olması. Boyut oranı için hava dinamiği, uzun ve incenin daha iyi olduğunu söyler. Eski tip yatlardaki dörtgen yelkenlerin, modern yatlardaki "Bermuda" diye bilinen uzun üçgen yelkenlerle değiştirilmesinin nedeni de bu.

Bir kanadın kalitesinin gerçek ölçüsü, genellikle birkaç derece olan rüzgâra optimal giriş açısında ortaya çıkan ve yan itimli kuvvetin, ön itimlie olan boyutsuz oranı olarak tanımlanabilecek inceliğidir. Başka bir adıyla havacılıktaki süzülme açısı ya da kaldırıcı güç/direnç oranıdır. Bu kaldırıcı güç/direnç oranı şekil 8'de gösterildiği gibi, yelken gibi kavisli bir yüzeyin, güvenilir katı bir havakanadı kadar iyi olamayacağını gösterir. Eğer tek motorlu bir uçak kullanıyorsanız bu oran ayrıca size, durgun havada bir kilometre yukarıda uçarken motorunuz birden durursa, ne kadar uzakta bir iniş yeri bulmanız gerektiğini söyler. Bir yelkenlide, aracın su üstündeki bölümünün hava kanadı performansına yakın böyle bir açı ve su altındaki gövde bölümünde salmanın su kanadı performansının düzeyini belir-



Şekil 10: Üç bisiklet tekerleği üstünde bir kara yelkenlisi. Öndeki ikisi yön vermede kullanılıyor ve yelken bir rüzgâr sörfü yelkeni.

leyen başka bir açı vardır. Bu iki açının, aracın gidiş yönünü belirlediğini kestirmek zor değil. Daha önce belirtildiği gibi, kanat kuramı bu yüzyılın başlarında geliştirilmişti. Bunun yanı sıra bu alandaki dahilerden birisi de, hava kanatları kuramı üzerinde bağımsız çalışmalar yürütmüş amatör bir matematikçi olan Lanchester adlı bir İngiliz. İlk kez, gerçek kanatlardaki uyarılmış direnci kavrayıp, açıklayan ve bunu girdapların kanat uçlarından atılması ile ilintilendiren bu araştırmacıdır. Lanchester, İngiltere'de ilk otomobili tasarlamış ve hızlı arabalar üreten bir şirketin sahibi olmuştur. Fakat saygınlığının asıl nedeni, yelkenli araçların temel kuramını başkalarından çok önce ve birkaç satırla açıklayabilmesidir.



Şekil 11: Gerçek ve sanal rüzgârlar. Sanal rüzgâr hareket noktasına göre gerçek rüzgâra eşit, daha az yada fazla olabilir. Bu gösterimdeki tüm durumlarda kayığın hızı sabittir.

Şekil 12: Bir buz yelkenlisinin nasıl rüzgâr altına trimola ettiğini gösteriyor. Şeklin solunda olduğu gibi hareket yönüne olan, doğru açılardaki rüzgârla başlıyor. Hareket yönü ortada gösterildiği gibi saat yönü tersine değişebilir ve sonuçta sanal rüzgâra olabildiğince yaklaştığında şeklin sağındaki duruma gelebilir. Yelkenin hızı neredeyse tam arkadan esen gerçek rüzgârın iki katıdır.

İşte F. W. Lanchester'in 1907'de yazılmış kendi anlatımı: "Yelkenli yat mekaniğinde sorun, havada iş gören hava kanadı (açılmış bir yelken) ve su altında işlev gören kanadın (salma, yüzgeç vb.) karşılıklı birbirlerinin işlevlerini desteklemelerine indirgenbilir. Bu öngörünün sonucu açıkça şudur: Bir teknenin, rüzgâra göre alabileceği rotanın minimum açısı sualtı ve suüstü süzülme açılarının toplamıdır.

Lanchester'in bu parlak rota kuramı, şekil 9'da gösteriliyor. Bu kuram, bir yelkenlinin performansını tek bir β açısıyla anlaşılabilir kılmıştır. Buz yatlarının olağanüstü performansının basit nedeni, bıçakların buz üstündeki süzülme açılarının sıfır olması ve β açısını yalnızca yelkenin ve yelkencinin rüzgâra yaptığı perdelemenin belirlemesidir. Kara yatları da çok küçük β açısına sahiptir. Çünkü, düz kuvvet bileşeninin yanal kuvvete direnç oranının çok yüksek olduğu tekerlekler üzerinde giderler (şekil 10).

Gerçek Yelken Kullanmak

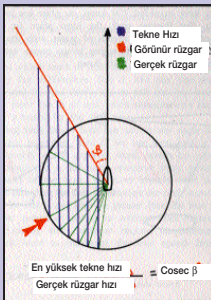
Su araçlarına dönersek, ideal bir yelkenli, biri havada biri de suyun içinde iki kanatçı olan ve yüzeyde kayarak gidebilen bir yelkenlidir. Bu tanıma en yakın olanı, günümüzde çok iyi bilinen ve dünyada binlerce belkide milyonlarca kişinin kullandığı rüzgâr sörfüdür. Akıllıca tasarlanmış, taşınabilir, ekonomik ve kullanması heyecan verici, bir zamanlar sadece zenginlerin tekelinde sayılırken sonra milyonlarca kişiye yayılmış bir spor dalı. Ama genç ve dinamik değilseniz ve buz gibi suya düşmek istemiyorsanız sizin için daha eğlenceli oturup rüzgâr sörfünü yeni öğrenen birisini seyretmektir.

Bir teknenin rüzgâra karşı β açısından daha büyük herhangi bir açıda gidebildiğini gördükten sonra, şimdi statik koşullarda teknenin hızını belirleyen tek etkili güç olan görünür rüzgâra daha yakından bakabiliriz. Önceden gördüğümüz gibi, bu görünür rüzgâr, tekne gerçek rüzgârın önünden gittiğinde ondan daha düşük kuvvette olacaktır. Fakat bu kuvvet şekil 11'te gösterildiği gibi seyrin başka noktalarında gerçek rüzgâr kuvvetinden de fazla olabilir. Hız yelkenciliği, bundan dola-

Hız Yelkenciliği

Tutkunuz hız yelkenciliğiye, β açısı rüzgârdan ne kadar hızlı gidebileceğinizi ve bu en üst hız ulaşmak için hangi yöne gitmeniz gerektiğini söyler (şekil 13). $\text{Cosec } \beta$, tekne hızının rüzgâr hızına mümkün olan en yüksek oranıdır ve bu orana, gerçek rüzgâr yan taraftan β derece geride olduğu zaman ulaşılabilir. Görünür rüzgâr buna bağlı olarak burundan β derece dışarda olacaktır. Kara yelkenlilerinin küçük β açısı, California'nın kuru göllerindeki yarışlarda saatte 90 deniz mili hız ulaşabilmelerini sağlar ve aynı nedenle Wisconsin'deki buz yelkenlileri saatte 100 deniz mili hızı aşabilirler. Yüzen araçlar için en uygun hız deneme yeriye, sakin bir su kütlesi üstünde yön doğrultusunda düzgün ve doğru açıda esen rüzgârın olduğu, aracın hızını kesecek hiçbir dalganın olmadığı bir yerdir.

Böyle bir yer şekil 15'teki, Weymouth kumsalıdır (İngiltere). Dalgaları durduran fakat rüzgâra izin veren bu kumsal, okyanusu limandan ayırmaktadır. Ekim ayındaki güçlü rüzgârlar sırasında, dünyanın her yerinden insanlar ilginç tasarımlarıyla bu kumsala gelip hız denemeleri yaparlar. Hız haftası olarak adlandırılan bu organizasyon, Amatör Yelkenli Araştırma Derneği (AYRS) adını taşıyan ve son kırk yıldır büyük baskı ve önyargılara aldırış etmeksizin, çok gövdeli tekneler de dahil yelkencilikte her türlü yeniliği destekleyen olağanüstü bir kuruluşta gerçekleştiriliyor. Şekil 16'da 30 km hızla esen rüzgârda 50 km ye kadar çıkabilen erkekler kategorisinde birinci gelen rüzgâr sörfü görülüyor. Elbette eğer bunlara öyle denilebilirse yarışlara bunlardan başka katılan tek gövdeli yoktur. Diğer tüm araçlar iki ya da üç gövdeli ve çeşitli tiplerdedir. Şimdi yeniliklere geliyoruz. Şekil 17, ortasında bir köprü olan iki rüzgâr sörfünü gösteriyor. Tasarım, tekneye doğrulma momentini sörfçünün ağırlığı yerine bu düzenele sağlamak için geliştirilmiş. Diğer şekilde (şekil 18) üçlü gövdeli bir tekne Polonezya kökenli bir yelken taşıyor. Tekne kenarındaki tahtalar denge sağlamak, altlarındaki düşey yüzgeçler de yanıl direnç sağlamak için konmuş. Şekil 19'da gösterilen son araçına gerçek bir 3-boyutlu asimetric yapıya sahip kanadını ters yüz ederek, diğer yöne doğru gidebilirsiniz. Arka düzenekteki ince beyaz kuyruk, uçakların irtifa dümenine benzer. Çeşitli açılara ayarlanarak ana kanadı otomatik olarak görünür rüzgâra en uygun açıda tutar.



Şekil 13: Hız yelkenciliği. Kayığın, rüzgâr hızına mümkün olan en yüksek oranı $\text{Cosec } b$ dir ve bu orana, geminin kıç tarafına yakın b dereceli, gerçek rüzgârla başla-yıp, sanal rüzgâr pruvanın sonunda b derece olana kadar hızlanılarak ulaşılır.



Şekil 16: Rüzgâr sörfçüleri. Weymouth'daki hız haftasında başroldeydiler. Kayıt edilen en yüksek hız, saatte 30 km hızla esen rüzgârda saatte 50 km'dir. Şekil 17: Çift rüzgâr sörfü. Çok daha iyi bir denge için. Şekil 18: Oldukça etkili Polinezya yelkenli bir üç-omurgalı planör tekne. Şekil 19: İki-omurgalı, gerçek kanat yelkenli bir tekne. Bu asimetric bir yelkendir ve bu nedenle yön değiştirilmesinde uzunlamasına döndürülmesi gerekir. Arkadaki beyaz kuyruk irtifa dümeni gibi çalışır ve ana kanadın rüzgârla olan açısını ayarlama kullanılır.

rındaki tahtalar denge sağlamak, altlarındaki düşey yüzgeçler de yanıl direnç sağlamak için konmuş. Şekil 19'da gösterilen son araçına gerçek bir 3-boyutlu asimetric yapıya sahip kanadını ters yüz ederek, diğer yöne doğru gidebilirsiniz. Arka düzenekteki ince beyaz kuyruk, uçakların irtifa dümenine benzer. Çeşitli açılara ayarlanarak ana kanadı otomatik olarak görünür rüzgâra en uygun açıda tutar.

Rüzgâr sörfçülerinin 20 yıllık egemenliklerine karşın son yıllarda yelkenliler geri döndüler ve birkaç yıl önce Yellow Pages Endeavour adlı kanat yelkenli, 3 gövdeli su kanatçıklı yelkenli saatte 18-20 deniz mil hızda esen rüzgârda 46.50 deniz mili hızı ulaşmayı başardı. Bu hızı başarabildiğini duymak size bu deneysel tasarımlara gerçek birer kanat takılması gerektiği duygusu oluşturabilir. Ayrıca satış için yapılan yatların bu gibi eklemelerle yüzemeyeceklerini ve ister kıyı isterse okyanus yelkenciliğinde olsun klasik yelkenlerin daha çok uzun bir süre en pratik ve güvenli yelkenliler olmayı sürdüreceğini düşünebilirsiniz.



Şekil 15: Weymouth. Sağdaki Portland limanı, soldaki İngiliz Kanalından, dalgaları durduran fakat rüzgârların esmesine izin veren kumsalın, uzun ve dar bir parçası ile ayrılmıştır. Yelkenliler için hız denemeleri, gidış hattına, doğru açılarda esen, çok güçlü rüzgârların olduğu, her yılın sonbaharında burada yapılır.

yı, teknenin hızını en yüksek düzeye getirmek için görünür rüzgârdan en üst düzeyde yararlanmayı hedefleyecektir. Görünür rüzgâr, kuvvetini ne kadar artırursanız, buruna o ölçüde yaklaşır. Peki sınırı nedir? Çok açık; aracın ilerleyebildiği, rüzgârın doğrultusuna en yakın açı olan β . Bundan birçok şaşırtıcı sonuç çıkıyor. En yüksek hız, görünür rüzgâr teknenin buruna en yakın olduğunda ulaşılabilir.

Rüzgâr sörfçüleri ve buz sörfçüleri, borda hız sınırlamasından etkilenmeyen başkaları gibi bunu çok iyi bilirler ve bundan rüzgâr altında tiramola için yararlanırlar. Yandan gelen rüzgârla başlayıp, hız kazandıkça rüzgâr doğrultusuna dönerler ve şekil 12'te gösterildiği gibi rüzgâr tam arkadan esse dahi küçük bir açıyla seyredebilirler. Eğer rüzgâr A-B yönünde esiyorsa, A'dan başlayabilirler, yarı yolda tiramolu değiştirebilirler ve B tarafına birlikte başladıkları rüzgârdan biraz daha önde gidebilirler. Burada unutulmaması gereken bir mesaj var: Bir hava kanatçığı gibi davranıp kaldırıcı güç üreten küçük bir yelken, bir tekneyi, rüzgâraltı varış noktasına, rüzgârdan daha hızlı ulaştırabilir. Buna karşılık bir balon yelken veya diğer direnç düzeneçleri, en iyi olasılıkla rüzgâr hızına yaklaşabilirler. Sıfıra yakın görünür rüzgârlarda gövdeyi yürütebilmek içinse bunların anlamsız büyüklüklerde olmaları gerekir. Diğer bir mesaj ise daha hızlı bir teknenin tiramolalar arasında daha geniş açılarla ilerleyeceğidir. Bunun nedeni gerçek ve görünür rüzgârlar arasındaki büyük farklar. Çift gövdeli tekneler ve benzer araçlar, çoğunlukla yanlış olarak, tiramolalar arasında daha küçük açılar yapan, daha yavaş, rüzgâraltı performansları zayıf tekneler olarak düşünülür. Tiramolalar arası açı, hızları, gerçek rüzgâr hızıyla karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek olan tekneler için β açısının iki katı kadar küçük olabilir.

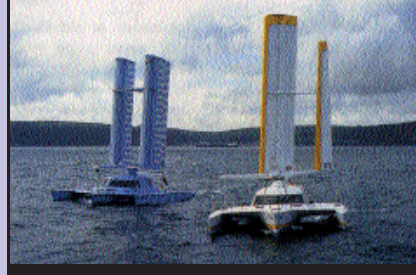
Dolaşırken Ayağa Dolananlar

Daha önce de birçok kez değinildiği gibi yelkencilik, rüzgârdan enerji sağlayıp su üstündeki bir yaşam alanını bir yerden başka bir yere taşıma eylemidir. Bu durumda araba ya da

Uçak Yelkenciliği

John Walker AYRS'nin önemli bir üyesidir ve kanat yelken fikrinin ilk tohumlarını atmıştır. 4 kanatlı teknesini o zamanlarda tasarlamıştır. Yirmi yıl ve bir çok araştırmanın sonunda iki kanatlı ve daha iyi bir tasarım ortaya çıkmıştır. Şekil 20'de görüldüğü gibi bu tasarım çift kanatlı uçak donanımını andırmaktadır. Bu tekne Atlantik'i aşıp geri dönebilmiştir ve bu süreçte içinde çok şiddetli fırtınalardan etkilenmemiştir. Kuyruğun, iki ana kanada olan açısı bilgisayarla ayarlanır ve gerisi rüzgâra kalır. Şekil 22'de görülen John Walker'ın en güzel ve en son tasarımıdır. Bu tasarım uçaklardaki gibi dış görünüşü tek kanatlı uçak şeklinde geliştirilmiştir. Kanadın daha küçük olan arkadaki dümen yüzeyi, yine rüzgârın yönüyle gidilen rotanın açısını, güneş enerjisi ile çalışan bilgisayarlarla ayarlar. Güneş enerjisi toplayıcıları şekil 21'de tepeden alınmış görüntüde görülebilir. Simetri sorunu, kanadın ön kenarında bulunan, büyük yolcu uçaklarında inişten hemen önce kullanılan flaplara benzer yapılarla çözülmüştür. Bu flaplar iki yöne de hareket edebilir ve itme gücünde muazzam bir artış sağlar. Şekil 22 bir kanatlığı çalışırken gösteriyor.

Uçak bölümünün tamamı bir bilye düzeneğiyle istenilen rotaya yönlendirilebilir. Kuyruğun açısını ayarlayan küçük motor da gücünü güneş enerjisi pillerinden alır. Elbette bunlara ek olarak bir destek ünitesi ve gerektiğinde kullanılacak bir manuel kontrol düzeneği vardır. Her şey bir işlemci ile kontrol edilir ve şekil 23'te görüldüğü gibi uçaktakine benzeyen kaptan köşkünde ileri ve geri hareketi kontrol eden bir kol ve dönüşleri kontrol eden bir direksiyon bulunur. Bu tekne çoklu omurgalı teknelerden çok daha geniş hareket



yeteneğine sahiptir. Tek kanatlı uçak tekne şimdi İngiltere'de Plymouth'da seri olarak üretilmektedir. Uçak tipi kanatları teknelerde kullanmanın önemli avantajlarından biri, nasıl uçuştan sonra uçakların kanadı çıkarılmıyorsa, bu kanat yelkenlerin de "indirilmesine" gerek olmaması. Eğer bir kanada bağımsız olarak yön verilebiliyorsa ve kanat kendisini rüzgâra hizaya sokabiliyorsa o zaman kanat yelken çiplak

gemini direğinden daha az direnç gösterir ve her tekneye rahatça takılabilir. Ayrıca en hafif uçakların hızları bile Beaufort ölçeğindeki fırtına hızlarının çok üzerinde olduğundan bu kanatlar rüzgâra karşı da dayanıklıdır.

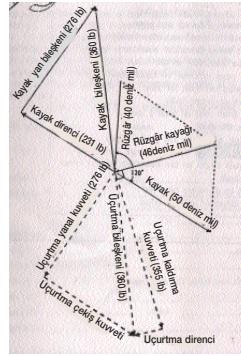
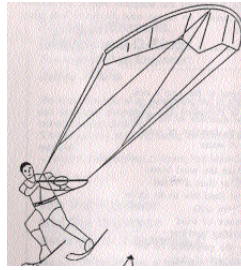
Ben de bu duyguyu paylaşan herkese bir yakınlık hissettim. Bu nedenle, bir yelkeni açıp ötekini indirme işleminin, bir yokuşun başına çıktığımız her seferinde arabanızın ya da bisikletinizin tekerleklerini çıkartıp farklı büyüklükte olanları takmak, aşağı indiğinizde de bunun tersini yapmaya benzediğini söylemekle umarım dostlarımdan bazılarının gücendirmiş olmam. Rüzgâr aniden hızlandığında ana yelkeni camadana vurup küçültmek, seyredende acıma duygusu uyandırır. Camadana makarası sayesinde yeterli çabuklukla küçültülebilen flock sayılmazsa bu eylem, araba ya da bisikletinizdeki viteslerin vites kolu yerine "elle" değiştirilmesine benzetilebilir. Yelkenleri ayakta tutan direkler, direği ayakta tutan gergi ve çarmıklar, yelkenleri yukarı çekmek, rüzgâra doğru açıda tutmak ya da indirmek için gerekli yüzlerce metre ip ve tel, makaralar, takozlar, kurt ağızları, liftinler, babalar ve güvertedeki her türlü başka araç ve gereç, yalnızca ve yalnızca

ca iki sıradan parametre, yelken alanı ve kanat açısı için vardır. Yelkenler genellikle denge noktaları, kuvvet merkezinden mümkün olan en uzak mesafede kalacak biçimde takılırlar. Bu nedenle onları ayarlamak için futbolcu kasları ve pahalı vinçler gerekir. Buna, bilmeniz gereken yüzlerce denizci terimini ve öğrenmek zorunda olduğunuz düzinelerle düğüm biçimini ekleyin. Sonuç, yalnızca suya açılıp rüzgârın bizi itebilmesi için katlanmamız gereken muazzam bir zihin karmaşası. Aniden birinin çıkıp yelken çekme, küçültme, indirme gibi sözcüklerin unutulabileceği, güvertesinde ayağınızın takılabileceği tek bir ip bulunmayan, üstelik rüzgâr gücünden yararlanarak tekneyi rotasında, içkiniz dökmülmesin diye de ufka paralel tutan, bir motor gibi anında alınıp satılabilecek bir itiki düzeneğine sahip, okyanusu geçebilecek, yelkenli araç sattığımı öğrenen yat imalatçıların tehdit edilen çıkarları için duydukları korkunun derecesini düşünün.

Teknelerden hakkıyla söz edebilmek için iç denizlerden birinde bir günümü yelken kullanarak harcadım. Bence su üstünde olmak ve rüzgâr tarafından itilmek olağanüstü bir duygu.



Şekil 24: Rüzgâra karşı giderken yana yatma momentini yelkencilerin becerileriyle engellemeleri. Hafta sonu denizcileri için, bu yana yatma açısındaki rahatsız konum kaçırılmaması gereken bir coşkudur.
Şekil 25: Uçurtma kayak (Kiteski) sistemi. Yukarıdaki şema saatte 50 deniz mili (90 km/s) hızda iş gören kuvvetleri gösterir.



Bu nedenle, etkili İngiliz dergisi Yachting World'un performansı ispatlanmış devrimci üçlü gövde tasarımına yönelttiği ve doğruluğun güce üstün gelmesinin nadir örneklerinden birinin gerçekleşmesiyle kendine 1,5 milyon pound tazminata patlayan saldırıdaki şiddet ve düşmanlığa şaşmamak gerekir.

Genel olarak yelkenliler Hollanda'nın pitoresk yeldeğirmenleri kadar güzel. Ancak eğer su üstünde rüzgâr gücünü etkili ve güvenli bir biçimde kullanmak istiyorsanız, tüm dünyada modern rüzgâr dinamları nasıl değirmenlerin yerini almışsa, sizin de benzer bir seçenek değişikliği yapmanız gerekiyor. *Wind in the Willows* (Söğüt Rüzgârı) adlı çocuk kitabında Bay Köstebek, tekneyle dolaşmak kadar zevkli birşey olmadığını söyler. Buna yürekte katılıyorum; ama gene de bunu yaparken, teknede sizin ayağınıza dolaşan çok şey olduğunu düşünmekten kendimi alamıyorum.

Denge, Güvenlik ve Yenilik

Şimdiye kadar anlatılanlardan, şekil 8'de gösterildiği gibi, rüzgâra karşı gidildiğinde hava perdelenmesinin ürettiği çok büyük yanal kuvvetler olduğu yeterince anlaşılmış olmalı. Ayrıca, tekne altındaki bir su perdelenmesiyle bu yana kayışın nasıl engellendiğini de görmüştük. Fakat, bu gövdeler arasındaki düşey uzaklık, tekneyi rüzgâr altına yatıran bir moment yaratır. Bu momenti engellemenin yelkencilerce hem bir eğlence hem de sporun doğal bir parçası olarak kabul edilen

yolu, güvertenin öte yanından sarmaktır. Daha büyük tekneler için, Batıdaki geleneksel çözüm, yüzgecin altına çok büyük bir ağırlık bağlamak. Ne yazık ki, bu ağırlık teknenin delinmesi ve su alması halinde bir mezar taşı işlevi görür. Güvenlik boyutu bir tarafa, aracın performansı daha önce de anlatıldığı gibi uzunluğu ile sınırlanır ve gövde hızını aşmaya çalışmak bir pranga ile koşmaya benzer.

İşin en kötüsü de şu: Tekne düzken bile yan yatmayı dengeleyen bir karşı moment oluşturan insan ya da başkaca hareketli ağırlıkların tersine, tekne altındaki sabit ağırlığın etkisi, ancak yatma açısının sinüsüyle sınırlıdır. Bu, rüzgâra karşı günler belki de haftalar süren okyanus yolculuğunda, aracı rahatsız ve olağan dışı bir pozisyonda tutar. Buna karşılık Polinezyalıların ve Melanezyalıların araçları, büyük olsun küçük olsun, dirsek çıkıntıları ve çift gövdeleri sayesinde hem dik kalırlar, hem de batmaları neredeyse olanaksızdır. Yüzlerce yıl boyunca, uzak mesafe yolculuklarında bu tip araçlar kullanılmıştır. Bunlar çok gövdelilerin ilk temsilcileridir ve üstünlükleri istemeyerek de olsa günümüzde giderek daha geniş kabul görmektedir.

Yelkenden kaynaklanan yatma momentini engellemenin daha iyi bir yolu, uygun açıda yerleştirilmiş ve teknenin uzun dönüş ekseninden uzaklaştırılmış bir su kanatçığıyla benzer bir kuvvet üretilmesidir. Böyle bir denge, sıfır yatış açısında bile sağlanabilir ve rüzgâr hızındaki değişimlerin teknenin hızını ve yatma momentini etkilemesi önlenir. Çok gövdeli hava kanatlı yelkenliler, genellikle, olağan dışı hızlarına *yatay durumda* ulaşabilmelerini

sağlayan bu şekillerde tasarlanırlar.

Hava ve su arasında görece hareketle kuvvet üretilebilmesi için, bir rüzgârın gerektiği başta belirtilmişti. Bu durumda varlığı şart olan tek şey rüzgârdır ve yelkenin ya da teknenin biçimi, bir başka deyişle düzeneğin üst ve alt bölümlerinin biçimi, tümüyle değişken olabilir. AYRS üyeleri geleceğin yelkenlileri sayılabilecek bazı tasarımlarla olağanüstü denemeler yapmış bulunuyorlar ve son olarak bunların bazılarına değineceğim.

Genel olarak yukarıda anlattığımız gibi, yana yatma eğilimi, yelkenin tekneye sabitlenen direğe tutturulmasından kaynaklanır. Bu olumsuz sabit düzeneğe biraz yumuşatılabilir ve yelken bir paraşüt yelken gibi, su seviyesinden çok yukarıda olmayan bir noktadan yalnızca iplerle tekneye tutturulabilir. Böylece, yana çekilen ve tekneyi de yan yatmaya zorlayan bir direk ortadan kalkmış olur. Bu tür yelkencilikte bir örnek olarak, konumunu ipleriyle kontrol edebildiği dev bir uçurtmayla su kayağı yapan biri düşünülebilir. Güçlüce bir rüzgârdaki 40 deniz milinin üzerinde bir hız sağlayan böyle bir düzeneğe "uçurtma kayağı" deniyor. Şekil 29, 50 deniz mili hızda böyle bir araç üzerinde etki yapan kuvvetleri gösteriyor.

Suyla bağlantı mutlaka yüzeyle tekne ya da kayak gibi bir su üstü düzeneği gerektirmez. Araç, dalga direncini yunus ve köpek balıklarından daha çok duymayacak bir denizaltı da olabilir. Hatta denizci, denizaltının içinde de bulunabilir. Daha da ilginç bir tasarımdaysa yelkenci (artık pilot demek daha uygun olur), havada bir uçurtmaya, balona ya da benzer bir cisimle asılı durur. Ancak düzeneğe, su üstünde sürüklenen ve çapa işlevi gören bir araca bağlanır. Yaşlı ve saygın bir AYRS üyesi olan Didier Costes, geliştirdiği bu tür düzeneğe "Chien-de-mer" (deniz köpeği) adını vermiştir. Uçağından paraşütle atlamak zorunda kalan bir pilot, yüzeyle varmadan önce böyle bir cismi denize bırakır ve kendisi, iple bağlı olduğu bu "çapa" ve paraşüt sayesinde havada kalabilir. Hatta üstündeki ve altındaki araçları kontrol ederek istediği yönde de gidebilir.

V Radhakrishnan
Raman Araştırma Enstitüsü, Hindistan
Çeviri: Faruk Aydınlar