

1 – Yelkenler Gerçekte Nasıl Çalışırlar?

Yelken kitaplarındaki hava akış şekilleri yanlış!

Arvel Gentry – SAIL Magazine Nisan 1973 sayısından tercümedir

ticari amaçlı değildir, amatör denizcilerin endi amaçlarına yönelik yararlanmaları amacıyla tercüme edilmiştir

Arvel Gentry, McDonnell Douglas şirketinde transonik, süpersonik ve hipersonik¹ hava araçları aerodinamiği alanında araştırma uzmanıdır. Ayrıca başarılı bir okyanus yarışı kaptanı ve amatör fotoğrafçıdır.

O halde yelkenlerin nasıl çalıştığını bildiğinizi düşünüyorsunuz: aralık etkisi, ters rüzgâr, “stall”² ve diğer şeyler. Bu “yelken gerçeklerini” kitaplardan ve uzmanların dergilerdeki yazılarından öğrendiniz. Tamam, okumaya devam edin. Birkaç sürpriz için de hazır olun.

Tüm kitaplar ana yelken ve ön yelkenin nasıl çalıştığı ve aralık etkisi ile ilgili aynı açıklamaları verirler. Oysa C.A.Marchaj, *Sailing Theory and Practice* isimli kitabında “yelkenler arasındaki etkileşim halâ tartışmalı bir konudur ve tam olarak anlaşılammıştır” der. Bir aerodinamik araştırmacısı olarak bu konuya çok ilgi duydum ve bu problemi çözmek üzere bir çalışma yapmaya koyuldum.

Araştırmamda üç önemli araç kullandım. Birincisi, hava akışı içinde kalan bir yüzeyin üzerindeki akış çizgilerini hassas olarak belirlemeye yarayan “Analog Field Plotter”.³ İkincisi, bir aerodinamik yüzey üzerinde ve çevresinde havanın hızı ve basıncını hesaplayabilen gelişmiş bir bilgisayar programı. Üçüncü olarak da dışarıdan kontrol edilen yüzeylerin etrafındaki akış modellerinin ve ayrılma⁴ etkilerinin gözlemlenebileceği ve fotoğraflanabileceği bir su tüneli. Dolayısıyla, burada gösterilen sonuçlar ve aşağıdaki makaleler doğruluğu kanıtlanmış aerodinamik analiz metodlarına dayanmaktadır.

Araştırmam, yelken kitaplarında ana yelken ve ön yelken arasındaki etkileşimi konu eden açıklamaların tümünün yanlış olduğunu şaşkıncu şekilde ortaya çıkarttı. Gerçekte, hava bu açıklamaların çoğunda söylendiği gibi gidiyorsa, o zaman yelkenler üzerinde ortaya çıkan etkinin iddia edilenin tam tersi olması gerekirdi!

Bizi sonuçlara getiren araştırma çıktılarını sizlere sunmak birkaç makaleyi gerektirecek. Diğer taraftan, bilmecenin parçaları ilk defa bir araya gelirken benim tecrübe ettiğim heyecanı her birinizin benimle paylaşacağımızı düşünüyorum: yelkenlerin gerçekte nasıl çalıştıkları bilmecesini birbirlerini nasıl etkiledikleri ve daha da önemlisi bu etkilerin açıkça nasıl gösterimlenebileceği şeklinde ifade edebiliriz. Bu yazı dizisinde, gereksiz

matematikten ve teknik terimlerden kaçınacağım ve her bir makalede problemin belirli bir yönünü ele alacağım. Bir makalelerin iyi anlaşılması, öncekilerinin içerdiği bilgiler sayesinde olacak.

Ana yelken ve ön yelken arasındaki etkileşimi tam manâsıyla anlayabilmek için birkaç konudaki bilgileri düzeltmemiz gerekiyor: (1) Ön yelken ve ana yelken etrafındaki hava akışlarını, bu yelkenler tek başına kullanıldığı zamanki haliyle bilmemiz gerekiyor. (2) Bu yelkenlerin ikisi birden kullanılırkenki hava akışını bilmemiz gerekiyor. (3) Hava akışında oluşan değişikliklerin yelkenlerin her iki tarafındaki basınçlara etkisini bilmemiz gerekiyor. (4) Hava akışında oluşan değişiklikler ve yüzey basınçlarındaki değişiklikler sebebiyle yelken yüzeyinin çok yakınındaki (sınır tabakası – ing. boundary layer) havanın nasıl etkilendiğini bilmemiz gerekiyor.

Son zamanlara kadar bütün bu bilgileri elde edebilecek doğru ve hassas imkânlar yoktu. Gerçek test ölçümlerini yapmak zordur ve yapıldığı zaman da, yüzeye çok yakında yer alan sınır tabakası içinde ve yelken yüzeyinden daha uzaktaki alanda hava akışında neler olduğunu birbirinden ayırmak da bir o kadar zordur. Eskide olan yaklaşım “mantıksal düşünme” ve “eğitilmiş tahmin” idi. Oysa şimdi bu problemi çözmek ve etkileşim etkilerini gösterimlemek üzere uygun araçlar var.

Havanın yelkenlerin etrafında nasıl aktığını anlamak üzere ilk adım olarak havanın yol aldığı akış çizgilerini çizebilmek gerekir. Akış çizgisi konsepti çok basittir ve bunu anlamak için bir yelken üzerinde hassas olarak çizilmiş akışa kısaca bakmalıyız (Şekil-1). Akış çizgileri bir kesitin etrafındaki akışın farklı noktalarında hava akışının yönünü gösteriyorlar.

İki akış çizgisi arasındaki hava akışı her zaman bu iki akış çizgisi arasında kalır. Şekil-2’de S ile gösterilen durgunluk (ing. stagnation) noktası kesite gelen hava akışını kesitin bir tarafına (rüzgâraltı veya üst taraf) giden hava akışından diğer tarafına (rüzgârüstü veya alt taraf) giden hava akışından ayırır. Güngörmez yakasının kenarından ayrılan durgunluk akış çizgisi de kesitin üstünden ve altından gelen hava akışlarını birbirinden ayırır. Durgunluk akış çizgisi yelkenlerin etrafındaki akışı anlamakta çok önemlidir.

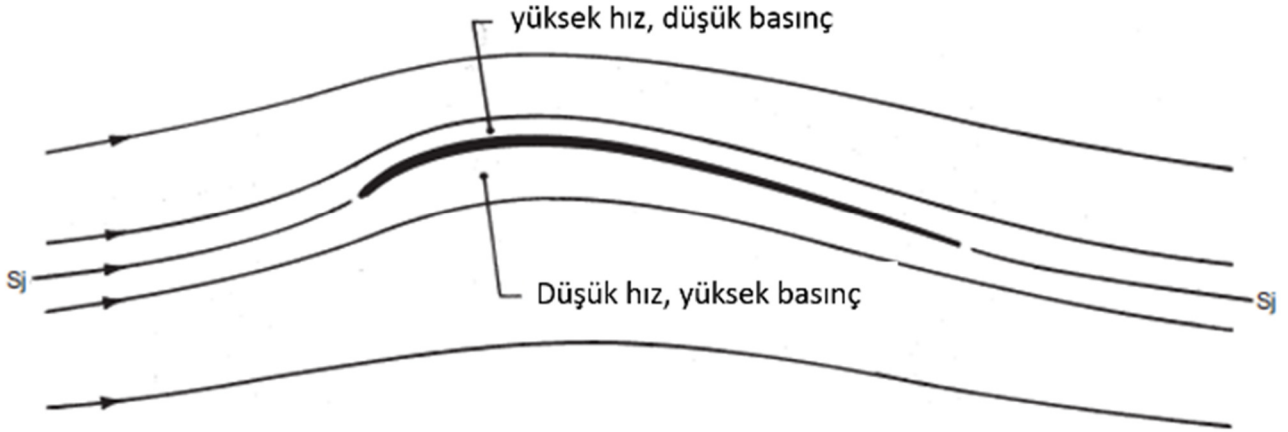
¹ (ç.n.) Transonik: Yaklaşık 340 metre/saniye ya da 660 knots (ki ses hızına “Mach” denir) olan ses hızına yakın olan hızlar. Süpersonik: ses hızının üstüne olan hızlar (1 ilâ 5 Mach). Hipersonik: ses hızının çok üzerinde olan hızlar (>5 Mach).

² (ç.n.) “stall” kelimesini olduğu gibi bıraktık, çünkü bu kelimenin Türkçe’de tam karşılığı yok. Aerodinamikte “stall”,

hava akışının yüzeyden ayrılması sonucu o aerodinamik yüzeyin artık kaldırma kuvveti üretemeyecek hale gelmesi halidir.

³ (ç.n.) Yelken ya da kanat üzerindeki havanın akışını, havanın hızı, yönü, basıncı olarak yüzeyden değişik mesafelerde ölçen ve çizimleyen cihaz

⁴ (ç.n.) ing. separation –düzgün akış halindeki havanın yüzeyden ayrılması, kopması hali



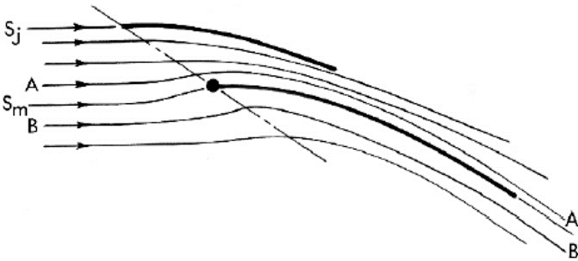
Şekil 1 Ön yelken etrafında hesaplanan akış çizgileri

Akış çizgileri tam olarak belirlendikten sonra, kesitin etrafındaki akış alanı içinde rüzgâr hızının ve basıncının nasıl değiştiği konusunda bazı çok yararlı sonuçlara varabiliriz. Hız ve basınç arasındaki ilişki, Bernoulli denklemi olarak adlandırılan bir eşitlik ile açıklanır. Bernoulli denklemi havanın basıncı ve hızının nasıl birbirleri ile doğrudan bağlantılı olduğunu gösterir.

Yelkenlerin üzerinde havanın hızı arttıkça, basınç düşer. Havanın hızı düştükçe, basıncın yükseldiği görülür. Teknenin önündeki açıktaki rüzgâr sabit bir hızda (tekneye görece olarak) (ç.n. zahiri rüzgâr) esiyor olabilir. Oysa hava tekneye yaklaştıkça hızı ve yönü değişmeye başlar.

Şekil-1'deki akış çizgilerine bakarsak, bazen bu çizgilerin birbirlerine yaklaştığını, bazen de birbirlerinden ayrıldıklarını görürüz. İki akış çizgisinin birbirine yaklaştığı zaman veya kesit yüzeyine yaklaştığı zaman içindeki havanın bu küçük alandan geçmek için hızlanacağı ve hava basıncının da azalacağı açıktır. Akış çizgileri birbirlerinden uzaklaştıkça hava yavaşlar ve basınç yükselir.

Bütün bunlar oldukça basit. Fakat Bernoulli denklemini uygulamadan önce havanın kesit etrafında nasıl aktığını bilmemiz gerekiyor. Yelken ile ilgili kitaplar bu tip çizimlerle doludur. Maalesef, bu çizimler yazarın havanın akıp gittiğini düşündüğü şekilde kalır.



Şekil 2 Tipik bir yanlış aralık-etkisi çizimi

Şekil-2 kitaplarda aralık etkisini açıklayan tipik hava akış diyagramıdır. Bu çizimde birkaç yanlış vardır, fakat burada sadece çok aşikâr olanlarından bahsedeceğim. Birincisi, ana yelken için gösterilen durgunluk akış çizgisinin (S_m) yelken ile buluşmak için rüzgâr altına

hafifçe dönmesidir. Hava yelkene yaklaştığını bilmekte ve yelkene değmeden önce bile yönünü değiştirmektedir.

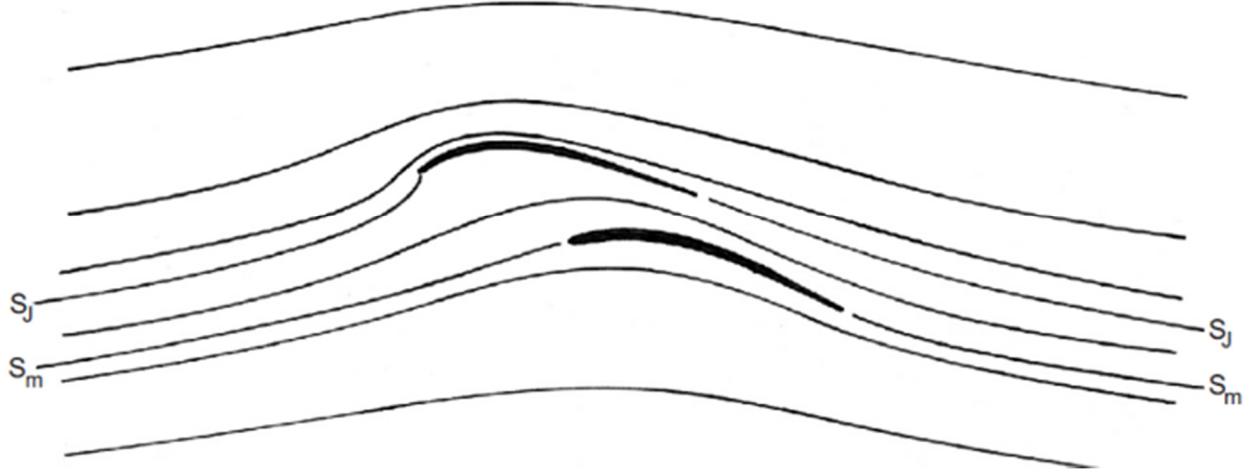
Oysa Şekil-2'de ön yelken için çizilen durgunluk akış çizgisinde böyle bir yukarı kayma yoktur. Anlaşıyor ki, rüzgâr ana yelkene yaklaştığını biliyor, ama ön yelkenden haberi yok! Bu olamaz ve problemin can alıcı noktasıdır. Hem ön yelken, hem de ana yelken için olan akış çizgileri doğru yukarı kayma etkileri göstermelidirler. Bu durum tahmin ile belirlenemez.

Diğer taraftan, Şekil-2'deki tek yanlış bu değildir. Ana yelken durgunluk akış çizgisinin her iki tarafındaki A ve B ile işaretli akış çizgilerine bakın. Yelkenin önünde ve açıktaki A ve B akış çizgileri durgunluk akış çizgisinden eşit açıklıkladırlar ve bu durumda her iki tüpteki havanın hızı birbirine eşittir. Fakat firar kenarına geldiklerinde rüzgâr altı akış çizgisi, A, rüzgâr üstü akış çizgisine göre, B, kenara daha yakındır. Dolayısıyla firar kenarına (ç.n. güngörmez yakasında) bağlı olan durgunluk akış çizgisinin rüzgâr altı tarafında yüksek hızlı-düşük basınçlı bir havamız ve rüzgâr üstü tarafta da düşük hızlı-yüksek basınçlı bir havamız olur.

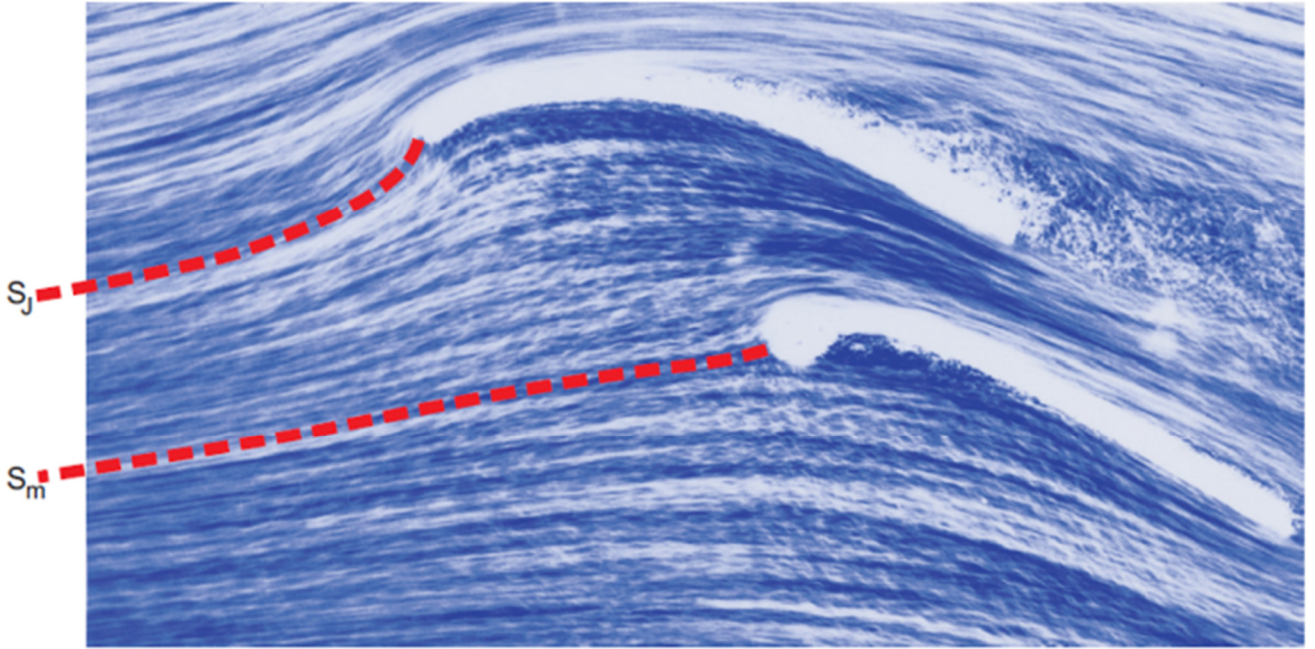
Bir yelkenin etrafındaki gerçek akışta böyle bir durum olamaz. Onun yerine, yelkenlerin çevresindeki akış kendisini öyle bir düzenler ki, güngörmez çıkışının her iki tarafında havanın hızı ve basıncı birbirine eşit olur. Yelkenin önünde ve açıktaki eşit aralıklı iseler, firar kenarındaki akış çizgileri de birbirlerine eşit aralıklarda olurlar.

Bir diğer önemli gereksinim de ana yelkenin güngörmez yakasındaki akış çizgileri arasındaki açıklık, yelkenin önündeki akış çizgilerinin aralarındaki açıklık ile aynı olmalıdır. Başka deyişle, ana yelken güngörmezindeki havanın hızı, serbest rüzgârın hızı ile neredeyse eşit olmalıdır. Yelkenlerin uygun şekilde trim edildiğini ve akışta ayrılma olmadığını varsayıyorum. Güngörmezdeki hava hızının eski değerine gelmesi ile ilgili gerekliliğin nedenlerini ileriki makalelerde göreceksiniz (ve neden ön yelkene de uygulanamayacağını).

Yelken kitaplarımızdaki şekilleri inceleyin. Yelkenin güngörmez yakasındaki akış çizgilerinin uygun şekilde çizilip çizilmediğine bakın. Ayrıca ana yelken ve ön yelkene gelen durgunluk akış çizgilerinin yukarı



Şekil 4 Elimizdeki akış yazılımı ile hesaplanmış ön yelken ve ana yelken çevresindeki akış çizgileri



Şekil 3 Ön yelken ve ana yelken kesitleri çevresindeki akışın su tüneli fotoğrafı

kaymasına bakın. Hiçbir çizimde her iki durgunluk çizgisinin birlikte yukarı kaydığını ve güngörmez akış çizgilerinin doğru çizildiğini ben görmedim. Böyle hatalı akış çizgisi çizimleri mevcut olduğu için aralık etkisinin venturi açıklamasının bu kadar uzun zaman geçerli olduğunu anlamak kolaylaşıyor (yani geniş bir hava akışı yelkenlerin arasındaki aralığa giriyor ve aralık daraldıkça hızlanıyor).

Şekil-3 çok hassas bir şekilde hesaplanmış olan ana yelken ve ön yelken bileşimi çevresindeki akış çizgilerini gösteriyor. Şekil-2 ile karşılaştırın. Ön yelken durgunluk akış çizgisi (S_j) orsa yakasına yaklaşırken rüzgâr altına dönüyor ve bu dönüş ana yelken durgunluk çizgisinin (S_m) yukarı kaymasından çok daha fazla. Ön yelken ve ana yelken durgunluk akış çizgileri ön yelkenin orsa yakasına ve direğe yaklaştıkça birbirlerinden açılıyorlar.

Bu durum Şekil-4'te görüldüğü üzere su tüneli fotoğrafında da kanıtlanmış oluyor ve çok önemli bir

noktadır. Demek ki, iki yelken arasındaki aralığa girmeye hazırlanan hava yelkenlere yaklaştıkça aslında yavaşlıyor. Hava yavaşlıyor ve sadece ön yelkenin güngörmez yakasına yaklaşıırken hızını yükseltiyor.

Bu demektir ki, yelken kitaplarındaki eski aralık etkisi açıklaması ve venturi prensibi gerçekte yanlış. Aralık, yelkenlere yaklaşan hava ile dev bir venturi gibi davranmıyor ve akabinde yelkenler arasında yüksek hızlı bir jet yaratmıyor (Şekil-2'de yanlış gösterildiği gibi). Onun yerine, hava önce yavaşlıyor ve ardından aralık içinde yeniden hızlanıyor.

Şimdi bu durum başlangıçta önemsiz bir farklılık gibi görünebilir, fakat çok belirgin bir etkidir. Ana yelken ve ön yelkenin durgunluk akış çizgileri havanın yelkenlere nasıl yaklaştığını, aralığın içine ne kadar hava girdiğini hepsinden önemlisi ön yelken ve ana yelkenin rüzgâr üstü tarafında ne kadar hava akışı olduğunu gösteriyor.

İleriki bir makalede ön yelken güngörmezine yakın bir yerde aralıktaki hava hızının ön yelken olmasaydı ve ana yelken üzerindeki akış da ayrılmasa (ing. separation) idi olacak hıza yakın olduğunu göreceğiz. Havanın neden bu şekilde davrandığını ve sınır tabakasını nasıl etkilediğini önümüzdeki makalelerde göreceğiz.