

# 4 – Aralık Etkisine Başka Bir Bakış

Arvel Gentry eski teorileri dinlenmeye bırakıyor

Arvel Gentry – SAIL Magazine Temmuz 1973 sayısından tercümedir

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

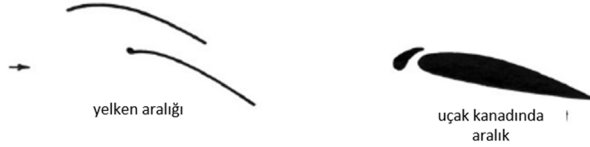
Bildiğimiz kadarıyla “aralık” etkisi geleneksel olarak üç temel işlev görür:

Birincisi, ön yelken, ana yelkenin rüzgâr altı tarafındaki havanın daha yüksek bir hıza erişmesine, kısmî bir vakum oluşmasına ve dolayısıyla yelken veriminin artmasına sebep olur.

İkincisi, aralıkta hızı yüksek olan hava ana yelken üzerindeki havayı canlandırır ki, aksi halde ana yelken üzerinde ayrılma veya “stall” durumu oluşacaktır.

Üçüncüsü, aralık içinde hız artar çünkü ön yelken ile ana yelkenin güngörmezleri arasındaki mesafe, ön ıstralya ile direk arasındaki mesafeden çok daha kısadır, fakat buna rağmen birim zaman içindeki aynı miktardaki akış buradan geçmelidir.

Yelken kitapları, ulusal şampiyonların ve başta gelen yelken üreticilerinin dergilerdeki makaleleri, hepsi bize önce aralığın nasıl çalıştığını ve sonra yelkenlerimizi nasıl trim etmemiz gerektiğini anlatmak için bu fikirleri yorumlarlar ve kullanırlar. Bu ön yelken-ana yelken etkileşimi aslen aerodinamikçilerin hücum kenarında aralığı (ç.n. ing slot) olan bir kanadı tanımlamalarından türetilmiştir (Şekil-1).



Şekil 1

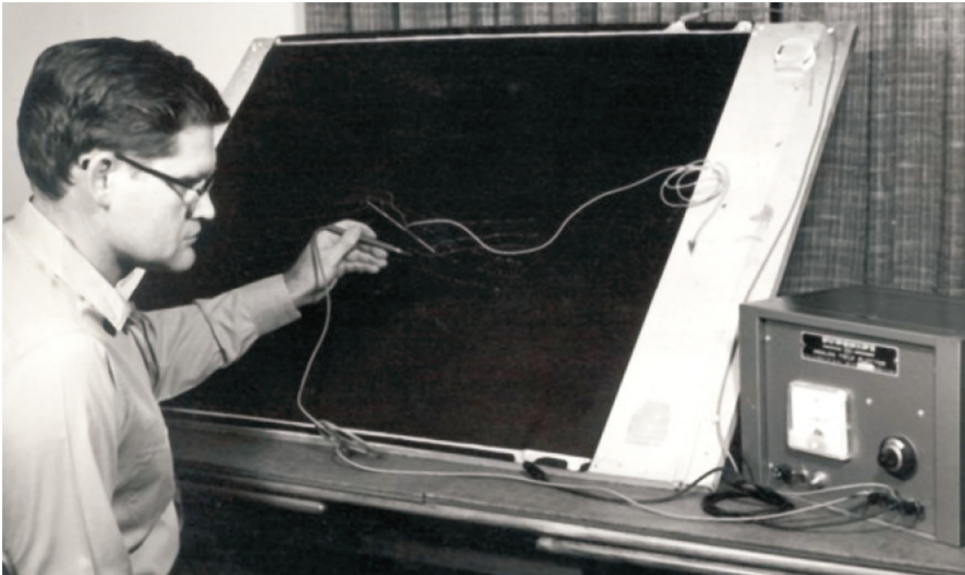
Fakat 1971’de yeni ve gelişmiş bir bilgisayar yazılımından, kanadın hücum kenarındaki aralığın nasıl çalıştığına dair eski açıklamaların yanlış olduğuna dair bazı sonuçlar elde ettim. Elde ettim sonuçlar ayrıntılı, doğru, rüzgâr tüneli verileri ile ispatlanabilir ve son derece kat’î idi.

Bu, yelkenlerdeki eski aralık etkisi açıklamalarının da yanlış olduğu anlamına mı geliyordu? Cevap evettir!

Elde ettiğim sonuçlar acele ile elde edilmiş değildi; çünkü birçok ispat olmadan ve problemi tüm yönleri ile ele almadan eski fikirlerin yanlış olduğunu söylemek tehlikelidir. Teorilerimi test etmeye üzere, bir araya getirilmiş aerodinamik kesitlerin etrafındaki hava akışını belirleyen “Analog Field Plotter” isiminde bir alet kullandım (Şekil-2). Yelkenlerin üzerinden geçen havanın yönleri hakkında temel bir anlayış elde etmek üzere tek ve birden fazla kesit kombinasyonu üzerinde çalıştım.

Birçok yelken açısı ve birbirlerine göre konumu araştırıldı ve sonuçlar bilgisayarda daha detaylı ve hassas cevaplarla doğrulandı. Daha sonra, bulduklarımı fotoğraf ile kanıtlamak üzere bir seri su tüneli testi yaptım. Her şeyin üzerinde, her yeni sonuç ve açıklaması şu soruya maruz kaldı: gerçek hayattaki yelken tecrübesine göre bunlar anlamlı mı? Cevap evet olmakta devam ediyordu.

Bu serinin ilk üç makalesinde birçok önemli ve temel aerodinamik prensibi sundum. Bu dördüncü makalede, varsayıyorum ki ilk üç kısmı çalıştınız. Ancak pek çok konuyu gözden geçirme anlamında tekrarlamaya devam edeceğiz.



Şekil 2  
Analog Alan Çizicisi  
“Analog Field Plotter”

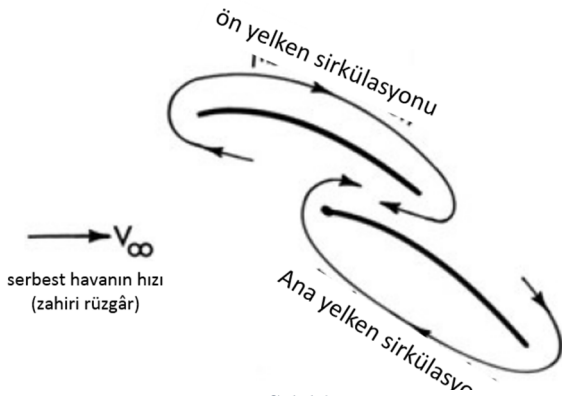
Nisan sayısında, yelken kitaplarındaki hava akış çizimlerinin çoğunun temel aerodinamik prensiplerini ihlal ettiğini vurguladım. Mayıs sayısında yelken üzerindeki sınır tabakası ayrılmasının, yüzey basıncının çok hızlı yükselmesinden kaynaklandığını öğrendik (havanın çok hızlı yavaşlamasından). Geçtiğimiz ay da, sirkülasyonu ve itme kuvvetinin nasıl oluştuğunu öğrendik.

Yelkenin güngörmez yakasının her iki tarafından gelen hava akışının aynı basınç ve hızda olması gerektiğini gördük (Kutta Şartı). Hava akışının hızı, yelkenin rüzgâr altının ön kesiminde serbest hava hızından daha yüksek olacak ve güngörmeze ulaştığında neredeyse serbest hava hızına kadar yavaşlamış olacaktır. Rüzgâr altı taraftaki hava akış hızının işte bu azalmasıdır ki (ve basınçların artması), hava akışının ayrılmasına sebep olmaktadır.

Buraya kadar verdiğim bilgilerden anlaşılıyor ki, yelken konusunda yazılan yazılarda eski aralık etkisi hakkında bazı ciddi yanlış anlaşılmalara var. Peki, önceki açıklamalar yanlış ise, doğru cevaplar nelerdir?

Buraya kadar tek bir yelkenin çevresindeki akış hakkında genel prensiplerden bahsettim. Şimdi iki yelkenin bir arada olduğu durum için analize başlayacağız. Bir önceki makale, itki kuvveti üreten bir aerodinamik yüzeyin etrafındaki akışın nasıl sirkülasyon akışı ile sirkülasyon olmayan akışın toplanmasından oluştuğunu izah ediyordu. Kesitin etrafındaki sirkülasyonun değeri öyle ayarlanıyordu ki, sonuçta ortaya çıkan hava akışı güngörmezden düzgün şekilde çıkıyordu. Fakat iki tane yüzeyimiz varsa durum ne olacak?

Şekil-3 ön yelkeni ve ana yelkeni kendi sirkülasyon alanları ile gösteriyor. Bu iki sirkülasyonun şiddetleri öyle olmalıdır ki, her iki yelkenin güngörmezlerinde Kutta Şartı ayrı ayrı sağlanmış olmalıdır (hava her yelkeni düzgün terk etmelidir). Şekil-3'te görüleceği üzere iki sirkülasyon alanı *birbirlerine karşı geliyor* ve ön yelken ile ana yelken aralığında bir diğeri ortadan kaldırmaya çalışıyor. Bu gerçek bize eski teorilerde iddia edildiği gibi aralıkta havanın olduğu gibi hızlanmayacağını ipucunu veriyor.



Şekil 3

Eğer aralık, ana yelken üzerinde kısmî vakum etkisini yükseltecek şekilde daha yüksek hızlara sebep olsaydı, aynı "kısmî vakum" ön yelkenin rüzgâr üstü tarafında verimini düşürmeyecek miydi? Daha sonra göreceğimiz gibi, gerçekte olan, aralıktan geçen havanın bir kısmının birleşmiş sirkülasyon alanlarının etkisi ile ön yelkenin rüzgâr altı tarafına doğru yön değiştirmesidir.

İki yelkenin etkileşimini incelemek üzere tipik bir ana yelken kesitini ve buna uyan bir ön yelken kesitini kullanacağız. Hakiki aerodinamik kesit şekilleri ve açıları, orsa seyri yapan yelkenleri benzetimlediği sürece çok da önemli değildir. Esasen, her hangi bir hükmün bilimsel olarak doğru olabilmesi için, birçok kesit şekline ve geniş bir açı aralığına uygulanması gerekir ve farklı yelken açılarının etkisini bir sonraki makalede ele alacağım.

Elde ettiğimiz sonuçları her zaman güngörmez yakası şartının yerine gelip gelmediği ile kontrol etmeliyiz. Bu kontrol, esnek şekiller yerine katı aerodinamik yüzeyler kullanılsa bile<sup>1</sup> sonucu garanti eder.

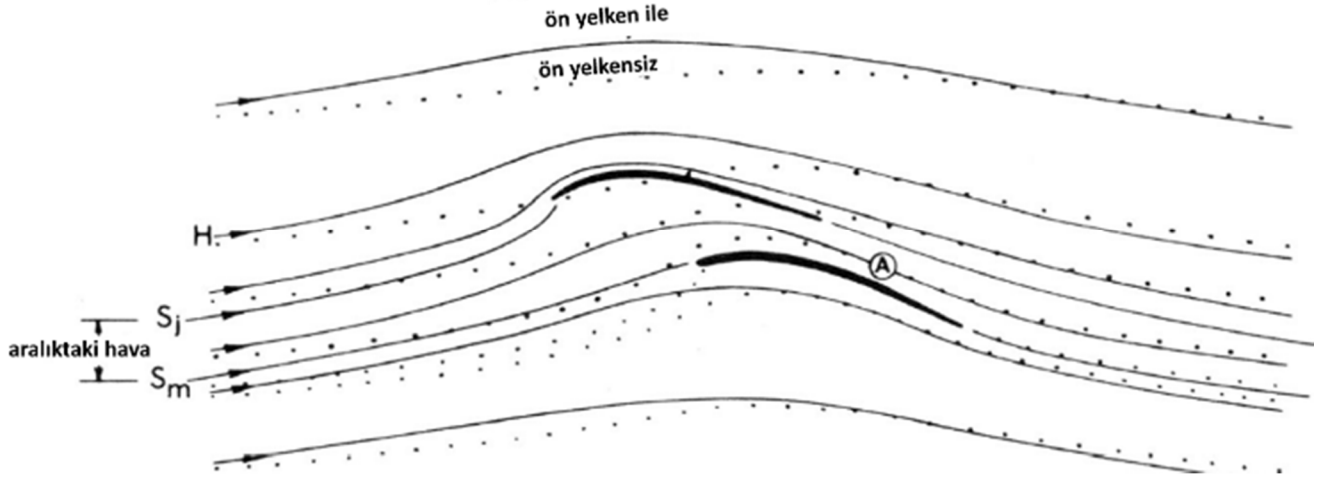
Önce, ana yelken kesiti çevresindeki akışa, ön yelken olmaksızın bakalım. Ana yelken, ön yelken varken aldığı açığı koruyacak ve ana yelkenin hücum kenarının (ç.n. orsa yakasının) şekli direğin kesiti olacak. Bu çalışmalar amacıyla, direğin hemen arkasındaki alanın dolgusu, direğin hemen arkasında her zaman var olan ayrılmış akış baloncuğunu temsil edecek.

Sadece ana yelken için hesaplanan akış çizgileri Şekil-4'te gösterilmiştir (ç.n. nokta nokta ile çizilen çizgiler). Durgunluk akış çizgisi ( $S_m$ ) yelkenin alt tarafına (rüzgâr üstü tarafa) gelmektedir. Eğer ayrılma ya da "stall" olmazsa, hesaplanan basınç Şekil-5'te görülüyor. Geçtiğimiz makaleden, düşük basınçların (yüksek hızlar) negatif basınç katsayıları ile, yüksek basınçların ise (düşük hızlar) pozitif basınç katsayıları ile gösterildiğini hatırlayın.

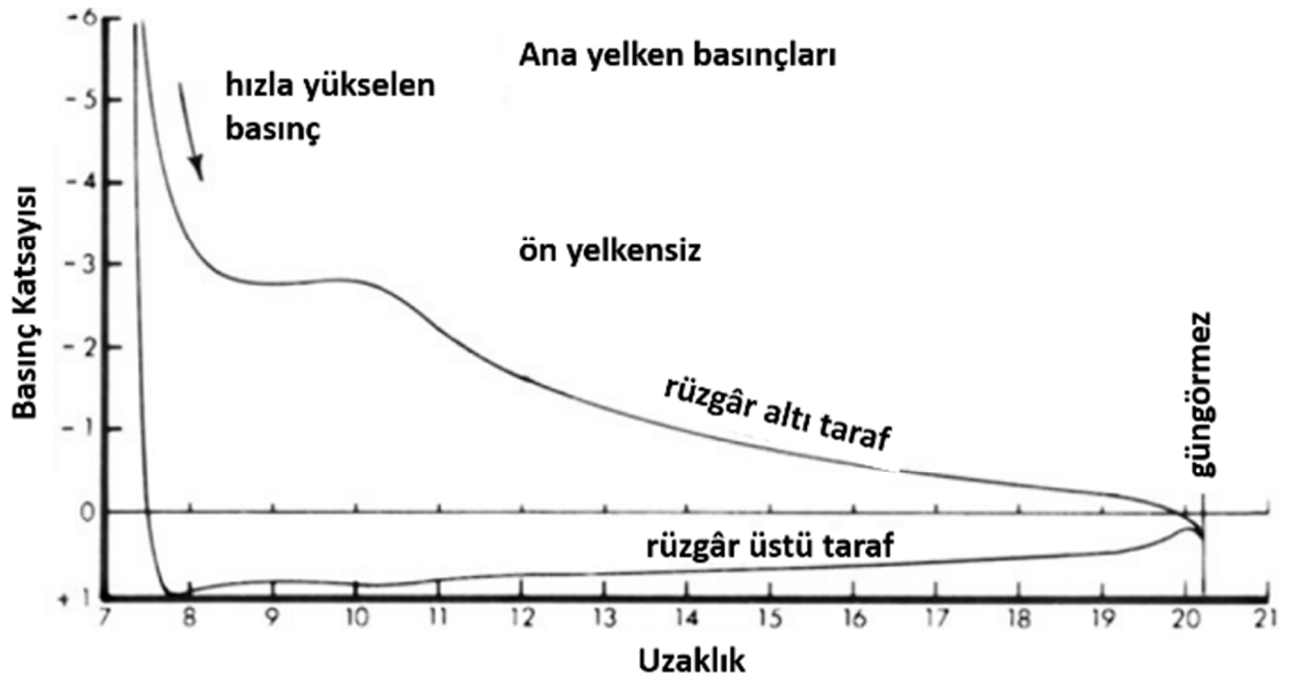
Durgunluk akış çizgisi yelkenin rüzgâr üstü tarafına geldiği için (yukarı doğru bükülerek) ve yüzeyin her iki tarafında oldukça iyi bir basınç farkı elde ettiğimiz için yelken şeklini koruyacak ve terslemeyecektir. Rüzgâr altının ön bölgesinde yelken, serbest hava akışını karşılamaya maruz kalıyor olsa da, durgunluk akış çizgisine paralel olarak yelkenin orsa yakasına dönen hava yelkenin açısını yükseltecek ve terslemesine engel olacaktır.

Durgunluk akış çizgisi kesitin rüzgâr üstü tarafında olduğu için, hava orsa yakasından keskin bir dönüş yaparak rüzgâr altına geçmeye çalışırken çok yüksek bir emme (büyük negatif basınç) noktası elde ederiz. Daha sonra basınç, güngörmezde alması gereken değere doğru hızla yükselmeye başlar – Kutta Şartını sağlamak için. Sınır tabakası büyük olasılıkla basınçtaki bu aşırı

<sup>1</sup> (ç.n.) burada yazar esnek yüzeyler ile yelkeni, katı kesitler ile de uçak, helikopter kanadı gibi unsurları kastediyor



Şekil 4



Şekil 5

yükselmeye dayanamayacak, akış ayrılacak ve kesit<sup>2</sup> “stall” durumuna girecektir.

“Stall” halini engellemek için ya iskota gevşetilerek ya da ana yelken arabası rüzgâr altına kaçırılarak yelkenin açısı artırılır. Ön yelken olmadığı zaman teknede yaşadığımız deneyim tam olarak budur. Oysa Şekil-4 ve Şekil-5’teki örnekte ana yelken, ön yelken ile birlikte olduğu halde hangi açıda ise, aynı açıdadır ve Şekil-5’teki basınçlar, akışın ayrılmadığı şarttaki durumdur.

Şekil-4’te H ile işaretli akış çizgisinin şekline ve pozisyonuna dikkatlice bakın. Bu çizgi, bir sonraki örneğimizde ön yelkenin orsa yakası (baş ıstralya) olacak

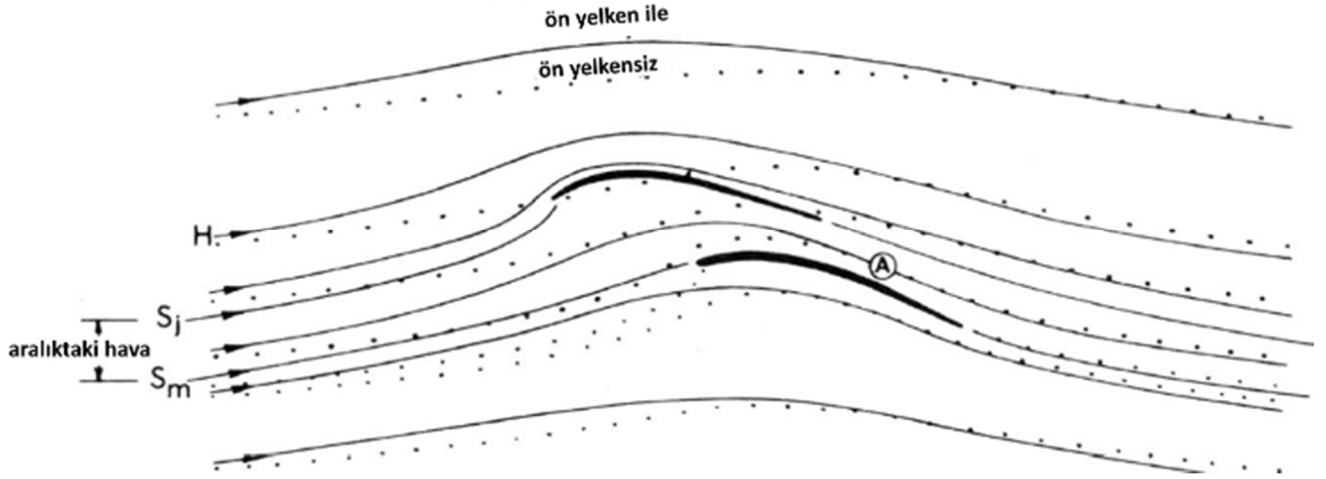
H noktasından geçmektedir. Şeklin sol tarafında S<sub>m</sub> durgunluk akış çizgisi ve H baş ıstralya akış çizgisi arasındaki mesafe, ön yelken açılmadığı ve ana yelken üzerinde ayrılma olmadığı durumda baş ıstralya ile direk arasından geçen havanın bir ölçüsüdür.

Şimdi ön yelkeni işin içine katalım. Ön ve ana yelken birlikte olduğu durumdaki akış çizgileri Şekil-6’da gösterilmiştir. Bu şekilde ön yelkenli ve ön yelkensiz durum arasındaki fark anlaşılabilir diye akış çizgileri ile biraz oynanmıştır.

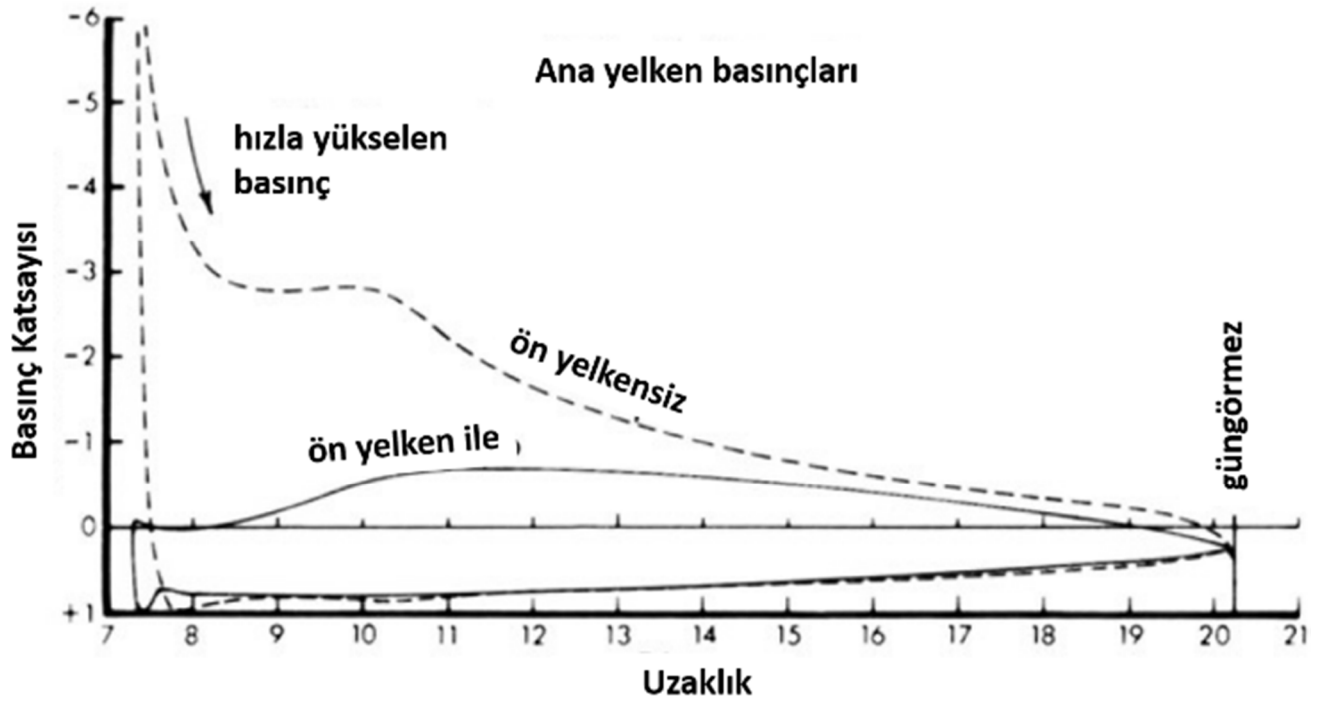
Şekil-6 bu makaleler dizisinin en önemli şeklidir, dolayısıyla dikkatle bakın. Kesiksiz akış çizgileri ön ve

<sup>2</sup> (ç.n.) okuyucuyu zorlamamak adına çoğunlukla kesit ya da aerodinamik yüzeyin kesiti olarak kullanıyoruz. Mühendislik pratiğinde bunun Türkçe karşılığı kanat kesiti, İngilizce karşılığı ise airfoil’dir. Dolayısıyla yazarın konuyu iki-boyutta anlatma

eğilimini takip ediyoruz. Özellikle akış ve akış çizgileri ile ilgili kısımlarda kesit yerine yelken kelimesini kullandığımız zaman olayın üç-boyut ile gelen başka etkilerinin konunun anlaşılmasını zorlaştıracığından endişe ediyoruz.



Şekil 6



Şekil 7

ana yelkenin birlikte kullanıldığı akışı temsil ediyorlar. Karşılaştırma için, sadece ana yelkenin kullanıldığı akıştaki akış çizgileri de gösteriliyor (kesik çizgiler). Bu şekilde birkaç önemli husus ortaya çıkıyor.

Birincisi, ön yelken olduğundaki ana yelken durgunluk çizgisi (kesiksiz çizgi,  $S_m$ ) sadece ana yelken olduğunda rüzgâr üstüne kayması yerine, direğe düzgünce geliyor. Dolayısıyla hava ana yelkenin rüzgâr altına dolaşmak için hızlanmak zorunda kalmayacaktır. Bu demektir ki, hava hızları ana yelkenin rüzgâr altı – ön bölgesinde o kadar yüksek olmayacak ve akış, Kutta Şartını sağlamak üzere güngörmezde gereken nihai hıza erişmek için hızla yavaşlamayacaktır.

Bu durum, hava güngörmezde doğru akarken basınçta daha az bir artışa sebep olur ve akışın ayrılmasına engel olur. Eğer şekilde ön yelken eklenseydi ve eski venturi

açıklamalarında olduğu gibi ana yelkenin rüzgâr altı – ön bölgesinde daha yüksek hava hızlarına sebep olacaktı ve bu da daha dik bir basınç gradyenti ile akışın ayrılmasına sebep olacaktı.

İkincisi, sadece ana yelken olduğunda baş ıstralyadan geçen H akış çizgisi şimdi ön yelken yüzeyinin oldukça üstünden geçmektedir. Baş ıstralyadan geçen yeni akış çizgisi (ön yelken durgunluk akış çizgisi  $S_j$ ) şimdi H baş ıstralya akış çizgisinin epeyi aşağısındadır.

Şeklin sol tarafında, iki durgunluk akış çizgisi ( $S_m$  ve  $S_j$ ) arasındaki mesafe, her iki yelken de açıkken baş ıstralya ile direk arasından (dolayısıyla iki yelkenin aralığından) giren havanın bir ölçüsüdür. Görülüyor ki, **sadece ana yelken olduğuna nazaran, her iki yelken de basılı iken baş ıstralya ile direk arasına giren hava çok daha azdır.**

Havanın, sadece ana yelken basılı olduğundan çok daha fazlası ön yelkenin rüzgâr altına gitmiştir!

Dikkatle ana ve ön yelken kombinasyonu için çizilen, aralıktan geçen kesiksiz akış çizgisine A noktasında bakın. Fark edeceksiniz ki, bu noktada ana yelkenin yüzeyine olan uzaklık, kesikli çizgi ile gösterilen sadece ana yelken olduğundaki uzaklık ile eşittir. Dolayısıyla, bu noktada ana yelken ve ön yelken veya sadece ana yelken kullanılmasından bağımsız, aynı hava hızları olacaktır. Aslında ana yelkenin yüzeyinde, Şekil-7 basıncın az da olsa daha yüksek olduğunu (negatif basıncın daha az olduğunu) göstermektedir ve bu sebepten dolayı ön yelken kullanıldığında, kullanılmadığına nazaran biraz daha düşük hava hızları oluşur. Bütün bunlardan sonra, eski venturi aralık etkisi açıklamasının yanlış olması gerektiği sonucuna varmalıyız!

Ön yelken ile ve ön yelkensiz, ana yelken üzerindeki hesaplanmış basınç dağılımları Şekil-7’de gösterilmiştir. Ön yelkenin varlığı ve buna bağlı olarak ana yelken üzerinde durgunluk akış çizgisinin kayması, ana yelkenin rüzgâr altı – ön bölgesindeki yüksek negatif-basınçların ciddi şekilde düşmesine sebep olmaktadır. Basınç gradiyenleti çok daha alçak olduğu için ana yelken üzerinde akışın başta sona ayrılması olasılığı düşmekte ve ana yelken tarafından üretilen teorik itme kuvveti de azalmaktadır.

Şüphesiz gerçek hayatta, sadece ana yelkenin olduğu durumda ayrılma olabilir ve siz ayrılma olmayacağı varsayılarak hesaplanmış teorik itme kuvvetinin ne olduğunu bilemeyebilirsiniz. Ayrılma olmayacakmış gibi hesaplanan teorik itme kuvvetinden hakikaten kaybediyor olursunuz, fakat artık daha düşük basınç gradiyentleriniz olacağı için yelken “stall” etmeyecektir.<sup>3</sup>

Bu bulgular çoklukla tartışılan yelkenlerin arasındaki aralık akışı hadisesinin anahtarlarıdır. Hassas olarak belirlenmiş akış çizgileri ile, iki yelken arasından geçen havanın, çoğumuzun bu işi onlarla öğrendiğimiz eski “venturi etkisi” açıklamalarına göre oldukça farklı aktığını görebilirsiniz. İki yelken de basılı iken, sadece ana yelken olduğunda baş ıstralya ile direk arasından geçecek olan havanın büyük bölümü ön yelkenin üstünden ve rüzgâr altı tarafa gitmektedir. Aralıktan geçecek daha az hava kalmaktadır ve aralıktaki bu hava baş ıstralya ve direk arasındaki hayali çizgiye yaklaşırken **yavaşlamaktadır** (akış çizgileri arası açılıyor).

O zaman ve sadece o zaman, ön yelken ile ana yelken arasındaki aralığa yaklaşırken hızını geri kazanmaktadır. Buna rağmen, aralığın sonunda hava, sadece ana yelken kullanılsaydı, o noktadaki hızına yaklaşık eşit seviyeye kadar hızlanabiliyor.

Akış diyagramları ayrıca bizlerin gerçek yelken tecrübelerimizde gözlemediğimiz birkaç hususu da doğruluyorlar. Ön yelken, ana yelkenin rüzgâr üstüne kaçan durgunluk noktasını direğe çekiyor ve ana yelken de ön yelken üzerindeki durgunluk akış çizgisini ön yelkenin rüzgâr üstüne çekiyor (itmeyi artıracak bir rüzgâr kayması gibi).

Öyleyse, ön yelkenin birincil etkisi ana yelkenin rüzgâr altı – ön bölgesinde hava hızının yükselmesi değil, düşmesidir. Düşük hızlar, azaltılmış basınç gradiyentlerine ve o da ayrılmanın ve “stall” halinin engellenmesine yarar.

Aralıktaki hızlar, güngörmez yakalarında düzgün bir akış sağlamak için gereken (Kutta Şartı) iki yelken arasındaki sirkülasyon alanlarının bileşik etkileri ile belirlenir. Bu durumdaki akış çizgileri hiçbir zaman elle veya tahminle çizilemez. Onun yerine, “Analog Field Plotter veya bilgisayar ile hassas olarak hesaplanmalıdır.

Bu makalede ana yelkeni inceledik ve daha sonra buna ön yelkeni ekledik. Bunun tam tersini yapmak da eşit derecede ilginç olacaktır: sadece ön yelken varken akışa bakmak ve ardından ana yelkeni eklemek. Önümüzdeki makalede yapacağımız şey bu.

<sup>3</sup> (ç.n.) Aerodinamik 100+ yıllık geçmişine rağmen matematiksel olarak henüz tam olarak çözülemediği için, deneysel ve amprik verilere dayanmaktadır. Bu sebeple yelken üzerinde sınır tabakasının ayrılmaya başlaması ile ilgili modellerin doğruluğu konusunda ciddi şüpheler vardır. Yazar burada, akışta ön görülemeyen bir ayrılma dolayısıyla teorik

olarak hesaplanan itme kuvvetine erişemeseniz bile, oluşan ayrılma sebebiyle artacak sirkülasyon neticesinde rüzgâr altı tarafta basınç değişim hızının azalacağını ve nihayet bu durumun “stall” a kadar varmayacağını ve bir denge noktasında duracağını söylüyor.