



Boğaziçi Üniversitesi
Denizcilik ve Yelken Kulübü

BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

DENİZCİLİK VE YELKEN KULÜBÜ

TEK GÖVDELİ YARIŞ TEKNELERİNE FOİLİN UYGULANIŞI VE ETKİSİ

3* Kaptanlık Makalesi

Haluk KUNDAKÇIOĞLU

İSTANBUL, 2018

İçindekiler

1)Foil	4
a) Foil Nedir?.....	4
b) Foil Tarihi ve Gelişimi	5
2) Vendee Globe.....	8
a) Vendee Globe Teknesi	8
3) Vendee Globe Teknelerine Foil Uygulanması	10
a) Foil Tasarımı	11
b) Foil Üzerindeki Kuvvetler.....	13
b) Farklı Foil Tasarımları	14
4) Foilin Teknelere Pozitif Etkisi	15
5) Foilin Teknelere Negatif Etkisi	17
6) Sonuç.....	18
Kaynakça.....	19

Şekil 1 - Foilli Bir Tekne [2]	4
Şekil 2 - Hızlara Göre Kaldırma Kuvveti-Sürtünme Kuvveti Oranı [3]	5
Şekil 3 - İlk Foil Denemesi(Enrico Forlanini) [1]	5
Şekil 4 - Çok Gövdeli(Multi-Hull) Foilli Tekne [3].....	7
Şekil 5 - Vendee Globe Rotası [7].....	8
Şekil 6 - IMOCA Open 60 [10].....	9
Şekil 7 - IMOCA60 Teknesindeki Bazı Elemanlar [11]	10
Şekil 8 - Daggerboardlu ve Foilli Tekne Karşılaştırması [7]	11
Şekil 9 - Foil Tipleri [14]	11
Şekil 10 - Tekne üzerindeki kuvvetler [15].....	12
Şekil 11 - Foilde Oluşan Girdap.....	13
Şekil 12 – Foille Beraber Seyir Yapan Safran Teknesi [16]	13
Şekil 13 - Farklı Foil Tasarımları [18]	14
Şekil 14 - Vendee Globe Yarış Sonuçları [22]	16
Şekil 15 - En iyi foilli ve foilsiz tekne hız karşılaştırması [22].....	16
Şekil 16 - 24 Saatte Katedilen En yüksek Mesafe ve Maksimum Ortalama Hız [22].....	17

1)Foil

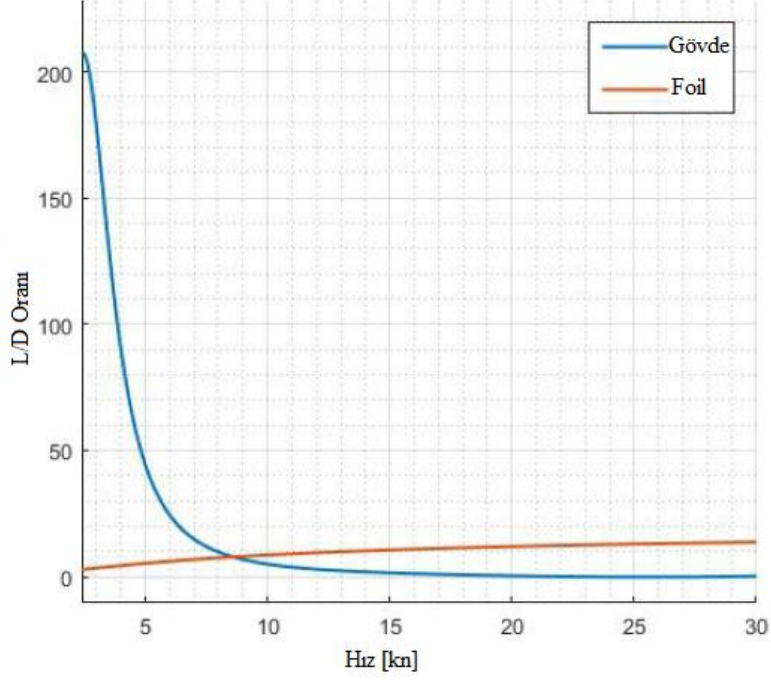
a) Foil Nedir?

Foiller teknelerin gövdesine eklenen farklı şekillerdeki kanatlardır ve suyun içinde çalışırlar. Foillerin çalışma prensibi basit olarak düşünülürse bir uçağın kanadının çalışma prensibiyle aynıdır. Uçak kanadı nasıl uçağı yerden kaldırıyorsa, foil de tekneyi suyun üstüne veya teknenin bir kısmını suyun üstüne kaldırır. Foillerin ve uçak kanatlarının çalışmasının altında yatan sır ise şekilleridir. Kanatlar üzerlerinde kaldırma kuvveti oluşturarak tekneyi veya uçağı kaldırmayı başarır. Uçak kanadı ve foil arasındaki fark ise duruş yönleri ve kullandıkları akışkanlardır [1]. Foillerin ana görevi teknenin gövdesini sudan kurtarmaktır. Bu da daha az sürtünme anlamına gelir. Tekneler gövde ağırlığını kuvvetle dengelemelidir ve bu kuvvet kaldırma foilleri tarafından sağlanmalıdır. Bu nedenle kaldırma kuvveti sayesinde tekne gövdesi ağırlığı azalmış olur. Kanat şeklindeki foil yapısı tekneyi sudan yükselterek ıslak yüzeyi azaltır ve sürtünme kuvvetini düşürür. Böylece foiller teknenin hızını arttırabilir [1].



Şekil 1 - Foilli Bir Tekne [2]

Teknenin hızını limitleyen kuvvete hidrodinamik direnç denir. Yüksek hızlarda sürtünme ve dayanıklılık özellikle tek gövdeli tekneler için büyük problemler oluşturabilir. Kaldırma-sürtünme kuvveti oranı foilli ve foilsiz teknelerin farkını göstermek için iyi bir göstergedir. Şekil 2’de bu oranla ilgili grafiği görebiliriz. Grafikte L kaldırma kuvvetini simgelerken, D sürtünme kuvvetini simgeler. Bu iki kuvvetin oranı ise birimsiz bir büyüklüktür. Yelkenli teknelerde hızlar arttıkça buna bağlı olarak hidrodinamik direnç artıyor. Bunu önlemek için teknelerde foil kullanılabilir. Foil sayesinde teknenin suyla olan teması azalır ve bu sayede hidrodinamik direnç Şekil 2’de görüldüğü gibi azalır. Bu sayede teknenin daha iyi hızlanmasının önü açılır.

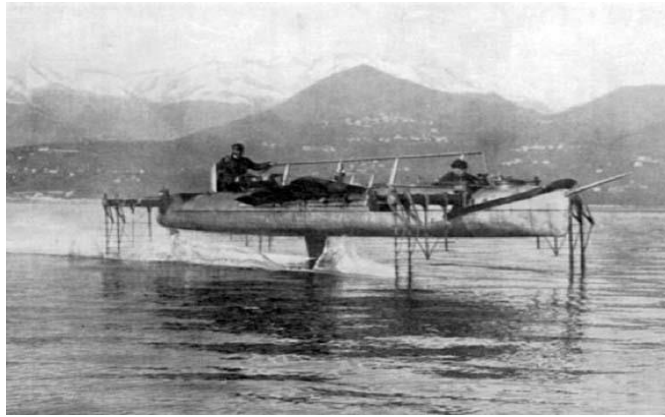


Şekil 2 - Hızlara Göre Kaldırma Kuvveti-Sürtünme Kuvveti Oranı [3]

Düşük hızlar için foil sürtünme kuvvetini artırırken, gövde kaldırma kuvvetini oluşturur. Hız artarken, foil kaldırma kuvveti oluşturur ama sürtünme kuvveti de oluşmaya devam eder. Bir noktaya kadar bu durum devam eder. Foil sürtünmesi gövdenin sürtünmesinden düşük olduğunda ise tekne uçmaya başlayabilir.

b) Foil Tarihi ve Gelişimi

Foillerin gelişimi 100 yıldan daha öncesine dayanıyor. İtalyan Enrico Forlanini'nin 1906'da 60 beygir gücündeki motorlu tekne 36.9 knot hıza ulaştırmasıyla başladı. Bu hıza ulaşıldığını fark eden birkaç mühendis foilli teknelerle deneyler yapmak için çalışmaya başladı. Wright Brothers ve Alexander Graham Bell bu mühendislerin ilk örnekleriydi [1].



Şekil 3 - İlk Foil Denemesi(Enrico Forlanini) [1]

Birkaç yıl içinde, motor yatlar için hızlar 50 knot civarlarına çıkarılabildi. Ancak 1938 yılına kadar bir yelkenli teknede foil uygulaması görülmedi. Amerikalı Gilruth ve Carl yelkenli bir teknede foili deneyen ilk kişiler olarak biliniyor. Ardından yelkenli teknelerde foil kullanımıyla ilgili yeni denemeler yapılmaya başlandı. Amerikan donanması ve Baker Company birlikteliğiyle foilli bir tekne Gordon Baker tarafından tasarlandı ve üretildi [4]. Bu teknede merdiven tipinde bir foil kullanıldı ve yaklaşık 25 knot hıza ulaşıldı. Yıllar geçtikçe birçok foil denemesi teknelerde yapıldı ve hız rekorları kırıldı. Son örnekleri ise 2012 yılında L’Hydroptere teknesinin 65.45 knot hızda 500 metre yol katetmesi ve America’s Cup AC72s teknelerinde kullanılması söylenebilir. Tablo 1’de kırılan hız rekorlarıyla ilgili bilgiler görebiliriz.

Tarih	Tekne(Kaptan)	Rekor Türü	Hız	Tekne Fotoğrafi
24 Kasım 2012	Vestas Sail Rocket (Paul Larsen) - Foilli Tekne	500 metre rekoru	65.45 knot	
1972	(Tim Colman) – Foilsiz Tekne	500 metre rekoru	26.30 knot	
18 Kasım 2012	Vestas Sail Rocket (Paul Larsen) – Foilli Tekne	1 deniz mili rekoru	55.32 knot	
Nisan 2007	L’Hydroptere – Foilsiz Tekne	1 deniz mili rekoru	41.69 knot	
1990	Jet Services 5 (Serge Madec) – Foilsiz Tekne	24 saatte katedilen mesafe rekoru	21.85 knot(522.73 mil)	
Ağustos 2009	Banque Populaire 5 (Pascal Bidegorry) – Foilli Tekne	24 saatte katedilen mesafe rekoru	37.83 knot(907.9 mil)	

Tablo 1 - Foilli Teknelerin Hız Rekorları [4]

Foil teknelere hız olarak çok büyük bir avantaj kazandırsa da bu kadar uzun yıllar içerisinde bir türlü teknelere tam olarak uygulanamadı. Bunun altında yatan neden ise foillerin tasarım, malzeme ve üretim teknolojilerinin yeterli seviyede olmamasıdır. Tek gövdeli bir teknenin foilinde oluşan kuvvetler çok fazla olduğundan teknelere uygulanması teknolojik olarak biraz zordu. Bu yüzden foil teknolojisindeki gelişmeler için biraz beklemek zorunda kaldık. Malzeme teknolojisi ve üretim teknolojisinin ilerlemesiyle daha dayanıklı ve uzun ömürlü parçalar üretmek mümkün hale geldi. Teknolojinin gelişmesiyle beraber foilin ilk örneklerini çok gövdeli(multi-hull) teknelerde gördük çünkü bu tekneler tek gövdeli teknelere göre daha hafifti. Örnek vermek gerekirse çok gövdeli bir tekne olan GC32 sınıfı tekne yaklaşık 1 ton iken IMOCA 60 teknesi yaklaşık 15 tondur. Çok gövdeli tekneler tek gövdelilere göre hafif olduğundan çelik ve fiberglas gibi malzemeler kullanarak teknelere foil uygulanabiliyordu. Malzeme ve üretim teknolojisinin ilerlemesiyle tek gövdeli teknelere uygulanmasını da artık görmeye başladık. Karbonfiber malzemelerin kullanılması bu yöndeki en büyük adım olarak söyleniyor.



Şekil 4 - Çok Gövdeli(Multi-Hull) Foilli Tekne [3]

Karbon fiber malzemeler yüksek sertlik, yüksek mukavemet, düşük ağırlık, titreşim sönümleyici ve kolay işlenebilirlik gibi özellikler sayesinde foiller için uygun bir malzemedir [5]. Normal bir çelikten yaklaşık 5 kat daha güçlüdür ve bu sayede tek gövdeli teknelerin ağırlığını taşıyabilir. Bu yüzden artık foilleri tek gövdeli ve ağır teknelerde daha çok görüyoruz.

2) Vendee Globe

Durmadan ve solo olarak yapılan Golden Globe Yarışı ilk olarak 1968’de düzenlendi. Bu etkinlikten sonra, yapılan yarış Vendee Globe yarışının ilham kaynağı oldu. Velux 5 Oceans Yarışında yarışan ve iki kez birinci olan Fransız yelkenci Philippe Jeantot yeni ve muhteşem bir dünya turu yarışı oluşturmayı düşündü. Bu yarış seneler içinde Vendee Globe diye anılmaya başlandı [6].

Vendee Globe tek kişilik bir yarış. Bu yarıştaki yarışmacılar herhangi bir yardım almaksızın ve durmadan dünyanın etrafını dönüyorlar. Vendee Globe, denizciler için muhteşem bir deneyim ve dayanıklılık testi olarak görülür. Dünya turu yaparken farklı denizlerde ve okyanusta birçok zorlu koşullarla karşı karşıya gelirler. Ancak bazı usta denizciler bu zorlu yarış kazanmayı başardılar. Bunlardan bazıları; Alain Gautier, Christophe Auguin, Vincent Riou, François Gabart and Titouan Lamazou [6].

Vendee Globe rotası yelkencileri Fransanın Les Sables d’Olonne kasabasından başlatıp ardından güneye Atlantik Okyanusuna doğru götürüyor. Daha sonra doğuya doğru rotalarına devam ediyorlar. Cape Horn’u geçip kuzeye doğru finişe gitmeye başlıyorlar. Ve rota başladığı yerde Les Sables d’Olonne kentinde bitiyor [7].



Şekil 5 - Vendee Globe Rotası [7]

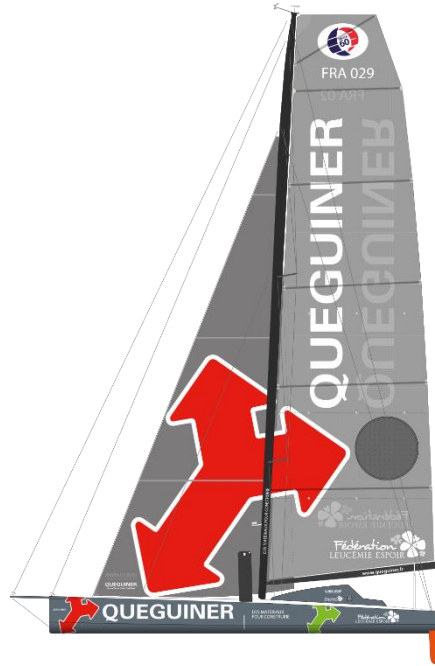
a) Vendee Globe Teknesi

Vendee Globe yarışlarında IMOCA Open 60 sınıfı tekneler kullanılır. IMOCA(International Monohull Open Class Association) Open 60 teknelerinden sorumlu sınıf birliğidir. Box Design olan Open 60 sınıfı tekneler Tablo 2’deki bazı kısıtlamalara ve belirli kurallara göre tasarlanır ancak bu kurallar nadiren tasarımcılara teknenin yelkenli performansını iyileştirmesine izin

verir [8]. En önemli kısıtlamalarından biri de teknenin suyun altında en fazla 5 uzantısının olması gerekliliğidir. Daha hızlı tekneler üretmek için bu teknelerin tasarımları üstünde uzun zamanlar harcanır. Tekneler Box Design çerçevesinde tasarımlarında iyileştirmelere açık olduğu için yarışçılar kadar tasarımcılar da bu yarışta önemli bir yere sahiptir. Son zamanlarda malzeme ve üretim teknolojisinin foil teknolojisini geliştirmesiyle izin verilen 5 uzantının içinde foillere de yer vermişlerdir.

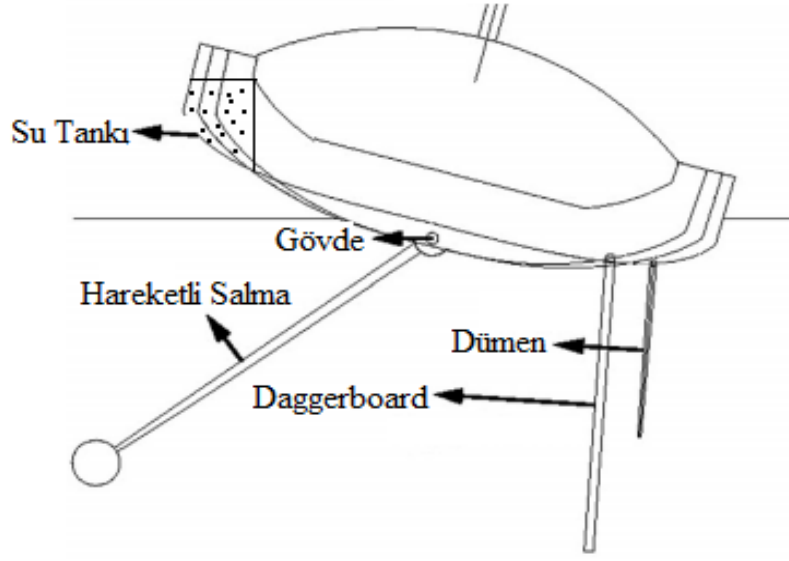
Open 60 Özellikleri	
Uzunluk	17.983m - 18.288 m (59-60ft.)
Kemere Uzunluğu	5.85 m
Max. Draft	4.5 m

Tablo 2 - Vendee Globe Teknesi(IMOCA Open 60) Genel Özellikleri [9]



Şekil 6 - IMOCA Open 60 [10]

Bu teknelerde daggerboard, su tankı, hareketli salma gibi teknenin performansını arttıran ve daha güvenli hale getiren elemanlar bulunur. Daggerboard teknenin hem sancak hem de iskelesinde bulunur ve teknenin rüzgaraltına doğru kaymasını engeller. Bu uzantı istenildiği zaman hareket ettirilerek suyun içine sokulabilir bu yüzden daggerboard'a ufak bir hareketli salma diyebiliriz. Su balast tankı ise teknenin dengesini sağlamak için kullanılan bir elemandır. Bu tanklar da teknenin sancak ve iskelesinde bulunur ve ağırlık dengesini sağlamak için istenildiği zaman doldurulup boşaltılabilir. Hareketli salma(Canting Keel) da teknenin dengesini sağlamak ve teknenin rüzgaraltına kaymasını engellemek için kullanılır. Kaptanlar farklı hava koşullarında trim yapmak için salmanın açısını değiştirebilirler. Bu elemanlar bir solo yarış teknesi olan Open 60 tekneleri için büyük öneme sahiptirler.



Şekil 7 - IMOCA60 Teknesindeki Bazı Elemanlar [11]

3) Vendee Globe Teknelerine Foil Uygulanması

30 yıldan fazla süredir dünyanın etrafında solo olarak yarışan yelkencilerin tekneleri birçok radikal değişiklik geçiriyor. Bunun öncelikli nedeni güvenlik sorunları ve yarış kurulunun yaptığı sıkı kısıtlamalar. Bunların yanında gelişen teknolojiyle beraber performansın da artırılması için bazı geliştirmeler yapılıyor. Performans gelişimi konusunda kısa bir örnek vermek gerekirse 1989-90 senesinde Titouan Lamazou 109 gün 8 saatte yarışı bitirmişken François Gabart 2013 senesinde bu süreyi 78 gün 2 saate çekmeyi başardı. 1996 senesinde Yves Parlier farklı bir direk yapısı(wing mast) kullandı. 2000 yılında ise Michel Desjoyeaux Şekil 7'deki hareketli salmayı kullanarak yarışı kazandı. Bunların ardından asimetrik daggerboards, daha büyük su tankları, daha gelişmiş hava tahmin programları, yeni rota oluşturma sistemi gibi geliştirmelerle teknelerin performansı artırıldı [12].

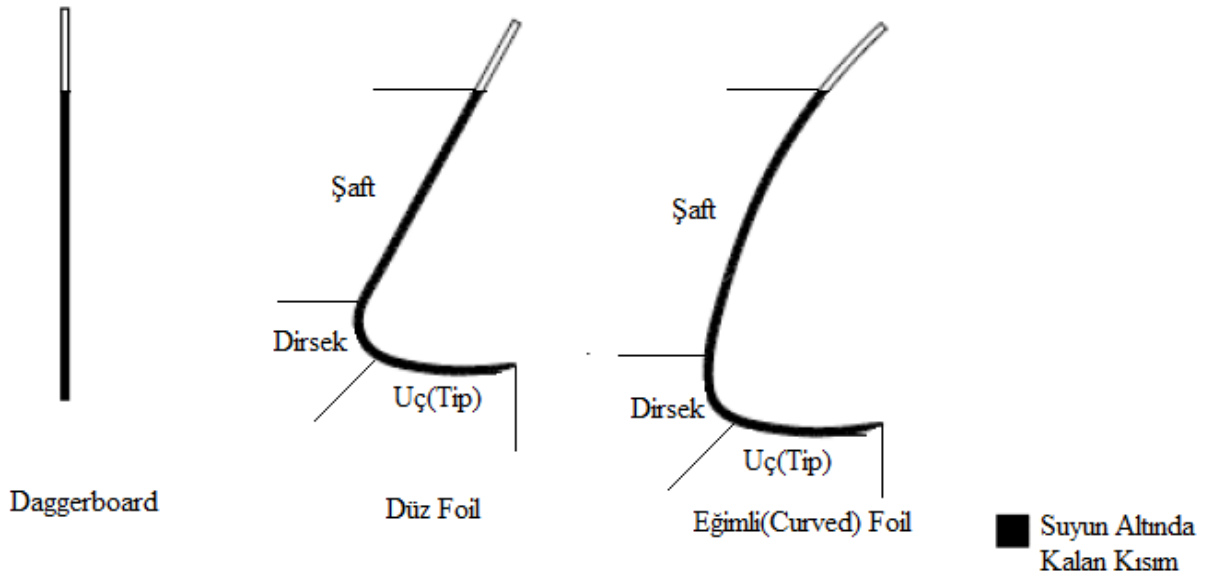
Uygulanan kısıtlamalardan dolayı 2013'te kaptanlar tek-tip tekneleri kullanmayı önerdi. Çünkü her geliştirme yeni bir maliyet demektir ve buna bağlı olarak maliyetler git gide artıyordu. Bu düşünce IMOCA tarafından reddedildi ama üç kritik eleman standart hale getirildi. Bu elemanlar direk, salma ve su balast tankıydı [12]. Bu kısıtlamalara bağlı olarak tasarımcılar teknenin hem hızlı gitmesi hem de dengeli gitmesi için yeni yapılacak teknelerin tasarımlarına başladılar. Hem hız hem de denge için America's Cup'ta kullanılan foillerden ilham alarak yeni tasarıma foil eklemeyi düşündüler. Fakat suyun içinde en fazla 5 uzantı bulunması gerektiğinden daggerboardlar yerine foilleri uygulamayı düşündüler. Daggerboardlar teknenin rüzgaraltına kaymasını engelliyordu [12]. Bu yüzden yeni tasarlayacakları foilin kendi görevini yapmasının yanında daggerboardun da yapması bekleniyordu.



Şekil 8 - Daggerboardlu ve Foilli Tekne Karşılaştırması [7]

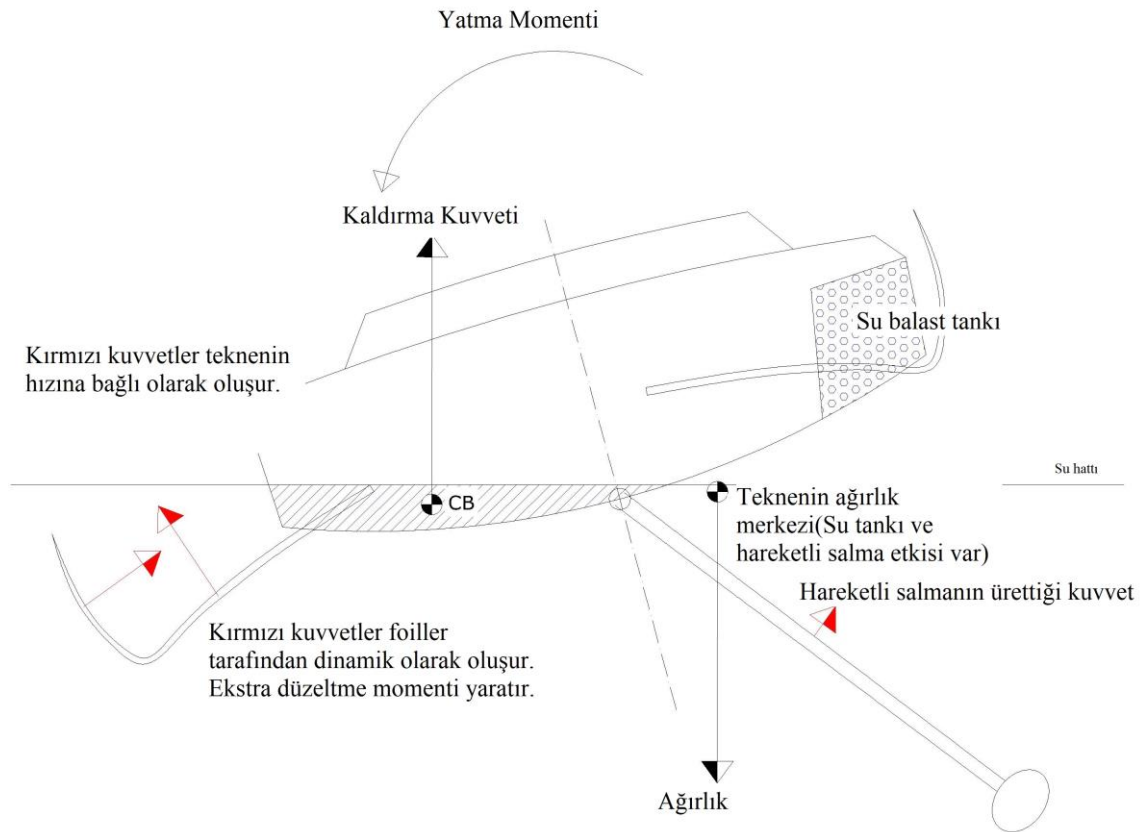
a) Foil Tasarımı

Foiller tipik olarak üç ana kısımdan oluşur. Bu kısımlar; düz veya kavisli bir şaft (yaklaşık 10 ft. uzunluğunda), dirsek ve üçgen şekline benzeyen bir uç(tip)tan oluşur. Dirsek dikey kuvvetleri oluştururken; uç(tip), salma eğikken teknenin kaymasını durdurmaya yarayan kuvveti sağlıyor [13]. Dirsek ve tip foilin yapması gereken bütün ağır kaldırma işini yapıyor. Şaft ise dirseği korumak için ve ucu(tipi) gövdeden uzak tutmak için kullanılıyor. Şaft kısmının etkisinin diğer parçaların etkisine göre daha az olduğu söyleniyor. Tasarımcılar eğer yapabiliyseydi, shaftsız bir foil tasarlamayı istiyorlardı çünkü kaldırma kuvvetinin olabildiğince bağımsız olmasını istiyorlardı.



Şekil 9 - Foil Tipleri [14]

Foili değişik hava koşullarında trim etmek için öne veya arkaya doğru eğerek foilin suyun içerisindeki açısını değiştirebiliriz. Fakat IMOCA sınıf kuralları suyun altındaki uzantıların sadece bir düzlemde hareket etmesine izin veriyordu. Foil kullanılan durumda, bu hareket foilin sadece içeri ve dışarı hareket etmesine karşılık geliyor [13]. Bu yüzden foil kullanırken oluşabilecek kötü hava şartlarına her zaman hazır olmak için güvenli bir açıda foiller tasarlandı. Eğer böyle yapılmıyorsa beklenmedik bir durumda teknede büyük hasarlar meydana gelebilirdi. Foille beraber teknenin üstünde oluşacak dalga etkisinin ve itiş gücünün artmasından dolayı teknenin baş şekli daha eğik ve doygun bir hale getirildi. Bu şekilde teknenin dalgalarla arasındaki etkileşimi daha yumuşak bir hale gelmiş oldu ve teknenin dalgalara girip çıkması kolaylaştı [13].

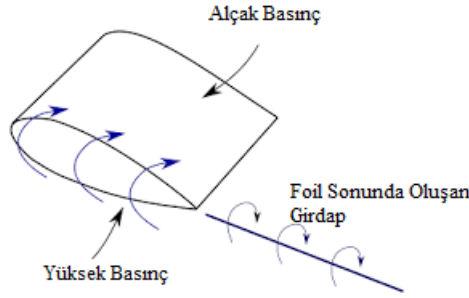


Şekil 10 - Tekne üzerindeki kuvvetler [15]

2016 senesindeki Vendee Globe Yarışında 7 tekne foil kullandı. Bu foiller şekil ve boyut olarak birbirlerine çok benziyorlar. Ancak foillerde de belirli bir standart olmadığından bu 7 teknenin foil tasarımı birbirinden farklıydı. Çünkü kaptanların kendilerine özgü bir tecrübeleri vardı ve bu tecrübe çerçevesinde teknenin ve foilin tasarımının belirlenmesini istediler. Örneğin, bir kaptan teknesinin 90-110 Gerçek Rüzgar Açısı (TWA) aralığında teknesinin hızının en yüksek olmasını isterken başka bir kaptan teknesinin en hızlı değil ama en becerikli tekne olmasını ister. Bu yüzden tasarımlara başlarken kaptanların istekleri öncelik oldu.

b) Foil Üzerindeki Kuvvetler

Ucun ve şaftın birleştiği dirsek kısmının toplam ürettiği yanal kuvvetle foilin sonunda oluşan girdaplar azaltılır. Böylece uç kısımda girdap yüzünden oluşan sürtünme foillerde daggerboardlara göre daha azdır. Foiller önceki teknelerde bulunan daggerboardlar tarafından üretilen aynı miktarda yan gücü sağlamak zorundalar. Bu görev yeni nesil teknelerde foillerin dikey kısmı tarafından sağlanır. Foilin yatay kısmı ise yaklaşık olarak yukarı doğru bir kuvvet oluşturur ve düzeltme momentini artırır [16]. Şekil 12’de görüldüğü gibi yatay kısımda oluşan kuvvet teknenin ıslak olan yüzeyini azaltır.



Şekil 11 - Foilde Oluşan Girdap

Burada önemli olan konu ise düzeltme(righting) momentini oluştururken su balast tankında olduğu gibi teknenin ağırlığını arttırmadan hızını arttırmaktır. Hafif tekne, maksimum düzeltme momenti ve yüksek hız hafif havalara için ideal bir çözümdür. Denklemlerle teknelerin hızlarıyla ilgili öngörülerde bulunabilir fakat bu denklemler çok karmaşık ve anlaşılması kolay olmadığından bahsetmeyeceğim. Ama önemli bir noktaya değinmek gerekirse foil(kanat) tarafından üretilen kaldırma kuvveti teknenin hızının karesiyle orantılıdır. Yani teknenin hızı 12 knottan 24 knota çıktığında foiller tarafından üretilen kaldırma kuvveti başlangıçtaki 4 katına çıkar [16].



Şekil 12 – Foille Beraber Seyir Yapan Safran Teknesi [16]

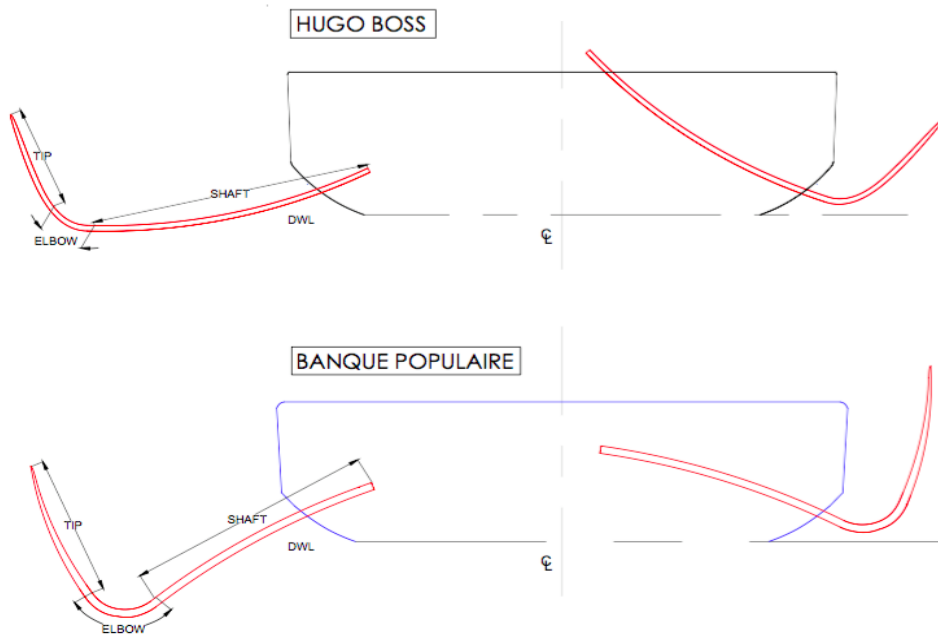
b) Farklı Foil Tasarımları

Şu an foil bulunduran IMOCA 60 teknelerinin hepsi farklı boyutlara, farklı uç(tip) şekillerine, tip-şaft açlarına ve farklı şaft biçimlerine(düz veya kıvrımlı) sahipler. Örneğin Maitre CoQ teknesindeki foillerin altında çıkıntı(skeg) bulunurken, Hugo Boss teknesinin foili küçük kapılara sahiptir. Bu kapılar suyun akışını foil boyunca faydalı bir şekilde geçirmeyi amaçlar.

Ayrıca Hugo Boss teknesinin başüstünde eğimi kolaylıkla farkedilebilen büyükçe bir burun bulunuyor. Teknenin siyah foilleri, filonun en uzun foilleri olarak biliniyor ve bu foiller teknenin siyah gövdesinden 3 metre uzaklaşabiliyor.

Filodaki en yüksek uç-şaft açısı(şaft ile uç arasındaki açı) Hugo Boss teknesinde bulunuyor. Bu açının büyük olması teknenin daha stabil olmasını sağlıyor. Bu açı foilin dikey kaldırma bileşenini iyileştirir fakat yanal dirençte kayba neden olur. Bu kayıp teknenin daha fazla rüzgaraltına gitmesi anlamına gelir. Hugo Boss için bu kayıp sayısal olarak bilinmiyor fakat Edmond de Rothschild teknesinden Seb Josse'e göre her bir foil teknenin rüzgaraltına kaymasını 1.8 metrekare engelliyor. Bu değer düz bir daggerboard için ise yaklaşık 4 metrekare olarak biliniyor.

Yapılan yeni tasarımlara göre şu an en dar teknenin Hugo Boss teknesi olduğu söyleniyor. Alex Thomson bu konu hakkında şöyle diyor: "Eğer foiller çalışıyor ve stabilite oluşturup – kaldırma kuvveti yaratıyorsa neden daha geniş bir tekneye ihtiyacımız olsun? Daha dar bir tekne hem daha hafif olur hem de daha az ıslak yüzeye sahip olur. Bunlar sayesinde de teknenin sürtünmesi azalır. [17]"



Şekil 13 - Farklı Foil Tasarımları [18]

4) Foilin Teknelere Pozitif Etkisi

Vendee Globe teknelerine uygulanan foiller her seyirde tekneye aynı şekilde avantaj sağlamıyor. Vendee Globe yarışında genelde daha geniş seyirlerde yol alındığından foil tasarımında bu durum dikkate alınmış. Geniş seyir açılarında teorik olarak kazanılan hız inanılmaz. Bunun yanında sert rüzgarlar da foiller için avantajlı bir durum çünkü hızlı bir teknenin foilleri daha fazla kaldırma kuvveti üretir. Böylece tekne hafifler ve ıslanan yüzeyi azalır. Bu konuda Safran teknesinin kaptanı Verdier şöyle diyor: “ Geniş seyirlerde teknenin davranışı daha sağlıklı. Foilin kaldırma kuvveti sayesinde tekne dalgalara daha az vuruyor ve tekne gövdesi üzerindeki gerilimler daha düşük [19].”

Foilin tekneyi hafifletmesiyle ilgili Seb Josse: ” Foille ilgili bir fikir de geçişlerde daha iyi olmanızdır. Eğer rüzgar 5 knot düşerse yelken değiştirmenize gerek yok aynı yelkenle devam edebilirsiniz çünkü tekne daha hafif ve daha az sürtünmeye sahip [20].” demiştir.






Foilli teknelerin eski nesil teknelerle olan hız farkı hakkında konuşan Alex Thomson: “ Foiller fantastik. Her şeyi değiştiriyorlar. Sakin sularda çok büyük farklar yaratıyorlar yaklaşık 5 knot daha hızlılar. Dalgalarda bu fark 1-2 knot azalıyor fakat yine de eski teknelere göre daha hızlılar. Foiller yelkenin geleceğinde var. Dar seyirlerde fark çok az. Eski tekneler burada çok az da olsa yenilere göre avantajlı. Fakat geniş seyirlerde bu yeni tekneler çok ama çok hızlı [20].” diyor.

Alex Thomson: “Tam olarak foilli tekne değiliz, yarı foilli denebilir. Bu yüzden foil tekneyi bir noktaya kaldırıyor ve sürtünmeyi azaltıyor fakat bir yerden sonra tekne dalgaya giriyor ve ondan kaçamıyor. Bu durum foillerle çok kısa sürüyor çünkü foil sayesinde teknenin ivmelenmesi inanılmaz derecede iyi ve teknenin neler yapabildiğini görmek hayret verici [21].”

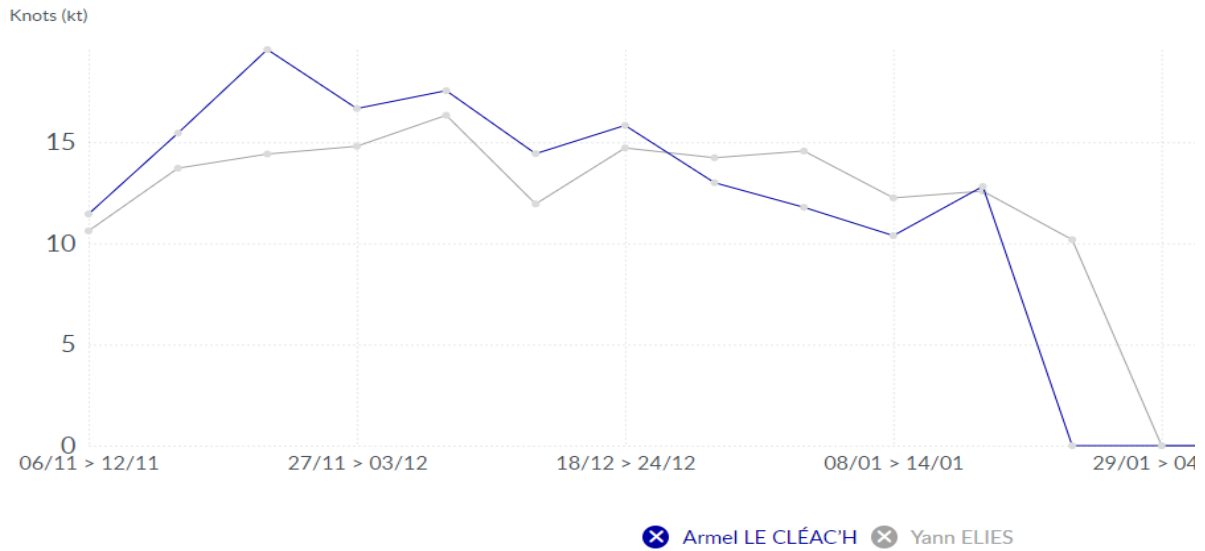
Alex Thomson teknenin hızını müstehcen(obscene) olarak tanımlıyor ve şöyle diyor: “ Daha önce hiç olmadığı kadar 30 knot’ın üzerinde seyrettim. Teknenin maksimum hızı 35 knot bu hız eskiden çok gövdeli bir tekne için saygı duyulacak bir hızdı [21]. Bana Rugby kaskı takmam gerektiğini önerdiler çünkü kafamı çarpma riskim vardı. Çok rahatsız edici olmasına rağmen gerçekten onu takmalısınız. Bazı zamanlar teknede hiçbir şey yapamayabilirsiniz, su kaynatamayabilirsiniz ve bu yüzden sadece enerji barları yiyip hayatta kalırsın. [17]”

Vendee Globe kaptanlarının anlattıkları sonuçlara da yansımış durumda. Foillerin tekneye olan etkisinin ne kadar büyük olduğunu 2016 senesindeki yarışın önceki yarıya(2012) göre yaklaşık 4 gün önce bitmiş olmasından görebiliriz. Yarışı bitiren ilk 10 teknenin ortalama sürelerini karşılaştırırsak 2016 yılındaki tekneler 2012 yılındaki teknelere göre yaklaşık 2 gün daha hızlılar. Ancak foilin öneminin ne kadar büyük olduğunu 2016 senesindeki yarış sonuçlarından daha iyi anlayabiliriz. Şekil 14’te görebileceğimiz sonuçlarda yarışın ilk 5 teknesinin 4ünün foilli tekne olduğunu görebiliriz.

En iyi foilli ve en iyi foilsiz tekneye baktığımızda ise yaklaşık 6 günlük bir fark olduğunu görüyoruz ve Şekil 15’te gördüğümüz ortalama hızlar teknelerin hız farkının ne kadar açık olduğunu söylüyor. Foilsiz tekne kullanan Yann Elies bazı zamanlarda ortalama hız olarak Armel Le Cleac’h’ı geçmiş olarak görülebilir bu anlar genelde teknelerin daha dar açılarda gittiği zamanlarda gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar tabii ki sadece teknelere bağlı değil fakat ilk 4 teknenin foilli olması da bir şans değil.

AT 12H00	Skipper/Tekne	Yarış Süresi
1	 Armel LE CLEAC'H BANQUE POPULAIRE VIII	Arrived on 19/01/17 at 16:37 Yarış Süresi : 74d 03h 35m 46s
2	 Alex THOMSON HUGO BOSS	Arrived on 20/01/17 at 08:37 Yarış Süresi : 74d 19h 35m 15s (+15h 59m 29s)
3	 Jérémie BEYOU MAITRE COQ	Arrived on 23/01/17 at 19:40 Yarış Süresi : 78d 06h 38m 40s (+4d 03h 02m 54s)
4	 Jean-Pierre DICK StMICHEL-VIRBAC	Arrived on 25/01/17 at 14:47 Yarış Süresi : 80d 01h 45m 45s (+5d 22h 09m 59s)
5	 Yann ELIES QUEGUINER - LEUCEMIE ESP...	Arrived on 25/01/17 at 16:13 Yarış Süresi : 80d 03h 11m 09s (+5d 23h 35m 23s)

Şekil 14 - Vendee Globe Yarış Sonuçları [22]



Şekil 15 - En iyi foilli ve foilsiz tekne hız karşılaştırması [22]

Tekneler arasındaki farkı ve foilin pozitifliğini göstermek için bir gösterge de teknelerin 24 saat içinde ulaştıkları maksimum ortalama hızlardır. Bu karşılaştırmada da ilk beş teknenin 4 tanesi foilli tekne olarak Şekil 16’te gözüküyor. 24 saatte en iyi foilli ve foilsiz teknelerin aldıkları en yüksek mesafelerin farkı 29.1 mil iken maksimum ortalama hızlarının farkı 1.2 knot olarak görülebilir.

Tasarımcılardan biri olan Vincent Lauriot-Prevost teknelerin ivmelenmesi hakkında şöyle diyor: “ Foiller dinamik kuvvet oluşturmayı mümkün kılar ve böylece tekneyi hafifletir. Buna rağmen, tekneler tam olarak uçuyor ve daha güçlü diyemeyiz. Tekneler daha az ıslak yüzeye ve sürtünmeye sahip bu yüzden geniş açılarda muhteşem bir ivmeye sahip. ”



Şekil 16 - 24 Saatte Katedilen En yüksek Mesafe ve Maksimum Ortalama Hız [22]

5) Foilin Teknelere Negatif Etkisi

Foil Vendee Globe teknelerine birçok avantaj sağlamış olabilir fakat foil bazı dezavantajlara da sahiptir. Foiller geleneksel düz daggerboardların sağladığı yüzey kontrolünün aynısını sağlamazlar. Bu da özellikle hafif havalarda tekneye negatif etki oluşturur çünkü foiller ekstra sürtünme kuvveti oluşturur ve oluşan sürtünme kuvveti tekneyi yavaşlatır. Bir diğer problem ise teknelerin dar açılarda foil yüzünden hız kaybetmesi. Bu durumu bütün tasarımcılar bilse de teknelerde foil kullanarak ufak bir kumar oynuyorlar. Fakat Vendee Globe yarışının yüzde 10-15'lik kısmında dar açılarda seyir yapıldığından bu negatif etki göze alınabilir. Bu yüzden yeni nesil tekneler daha çok geniş seyirler, büyük dalgalar ve güçlü rüzgarlar için tasarlanmıştır [19].

Alex Thomson:”Foillerle ilgili problemlerden biri de suda bir şeye çarpmak ve bu yarış bunun için korkunç bir şey. Büyük dalgalarda tam foille ve 30 knot hızla ilerlerken korktum ve foilleri içeri alarak yavaşladım. Teknede yaşamak oldukça konforsuz. Teknede bebek gibi emekliyorum. Eğer bir saniye dikkat etmezsen dalgalar yüzünden düşebilirsin. Tekne durabilir ve bir anda kendini teknenin burnunda bulabilirsin. Tuvalete gitmek neredeyse imkansız ve uyumak çok zor. Bu tekne beni korkutuyor [20].

2016 yılındaki yarışta foilli teknelerin çoğunun yarışı bitirebildiğini görüyoruz fakat foillerin dezavantajlarından bahsederken foillerin kırılıp tekneye zarar vermesinden de bahsedebiliriz. Gitana takımının kaptanı Seb Jossenin yarışı bırakmasının nedeni foilin hasar görmesiydi. Kendisi yaşadığı kaza anını şöyle anlatıyor: ” Kaza yaşandığı anda tekneyi çok zorlamıyordum fakat hava koşulları çok zorluydu. Rüzgar 35 knottu ve dalgalar yaklaşık 4 metre civarındaydı. 30 knot hızla ilerlerken tekne bir anda dalgaya gömüldü ve hız 10 knota düştü bu sırada koruyucu camın içindeydim. Çok sürmeden tekne tekrar hızlandı fakat yanlış bir şeyler olduğunu hissettim ve ardından iskele foilimin kırıldığını ve foilin suda olduğunu gördüm. Daha sonra foilin bulunduğu yerdeki kapağı açtım ve hasarı tam olarak gördüm. Karbondan yapılan foilin üstündeki bağlantı kırılmıştı. Hızlı davranmalıydım çünkü sadece iki vida kalan foil kısmını tutuyordu eğer vidalar giderse bunun sonuçları daha ağır olacaktı. Foilin kalan kısmı kayarak teknenin gövdesine zarar verebilir ve tekne su almaya başlayabilirdi. Foili güvene almak ve bu olaydan kurtulmak için hemen bir kavança attım, ama hava şartlarının kötü olduğu bir zamandı. Hasar gören ekipmanı korumak için Kuzeydoğuya doğru gitmek zorunda kaldım fakat kötü havadan dolayı biraz foilin üstünde giderek daha da zarar verdim. Bu tekneyle

50 knotları görmüştüm fakat Güney Okyanusunda durumlar tamamen farklı çünkü çok uzak ve zorlu bir yerdesiniz. Pazartesi gecesi durum daha da karmaşık bir hal aldı ve yarışı bırakmak zorunda kaldım [23].”

Yine 2016 senesindeki yarışta Hugo Boss teknesinin sancak tarafındaki foil suyun içindeki bir şeye çarparak kırıldı. Alex Thomson bu olayı şöyle anlatıyor: “ Bu sabah 22 knot havada J2 yelkeniyle giderken uyumaya çalışmak için içeri girmiştim. Ortalama 24 knot hızla giderken bir anda çarpma sesi duydum ve tekne durdu ardından yaklaşık 20 derece sancağa döndü. Hemen dışarı çıktım ana yelkeni boşladım ve bir şeye çarpmış olabileceğimi farkettilim. Tekneyi geniş seyre getirdim ve rahatlattım neler olduğuna bakmak için. Sancak foil hasar görmüştü ve birkaç parça hala duruyordu. Şu an ayağımı tamamen gazdan çektilim ve yelkenleri değiştirip foili geri çektilim. Rüzgar biraz daha sakinleşene kadar böyle devam edip rüzgar durulunca hasarı kontrol edip değerlendireceğim. Yine rüzgar durduğunda suya dalıp foilin kalan kısmını kesmem gerek çünkü teknede sürtünme yaratarak hız kaybettiriyor. Suda herhangi bir şey göremedim fakat sanki teknenin etrafına bir şeyler sarılmış gibi hissettilim ve bu da foile çok büyük bir zarar verdi. Teknenin genel bir kontrolünü yapmamı istediler. Fakat teknede herhangi yapısal bir hasar görünmüyor. Şimdilik devam ediyorum. [24] ” Bu yaşadıklarından sonra hala moralini bozmayarak yarışa devam eden Alex Thomson şöyle devam ediyor: “ Açıkçası büyük üzüntü olmasına rağmen her şey teknede güzel gidiyor. İyi durumdayım ve hala liderim. Şimdi daha çok tekneyi zorlamam lazım ve oyunun içinde kalmalıyım. Bundan sonra sancak kontra gitmek için dua etmem gerekebilir. Artık foilli teknelerden daha klasik olan foilsiz IMOCA teknelerine alıştım.” Bunlara rağmen Alex Thomson yarışı terk etmedi. Kendine daha çok sancak kontra gidebileceği rotalar çizmeye çalıştı fakat çok kısa bir farkla birinciliği kaçırdı. Eğer foili kırılmasaydı yarışı kazanan isim Alex Thomson olabilirdi.

6) Sonuç

Foil teknolojisi son yıllarda üretim, malzeme ve mühendislik alanındaki gelişmelerle beraber çok ilerledi. Öncelikle hayatımıza çok gövdeli ve hafif teknelerle giren foilin daha ağır ve tek gövdeli teknelere uygulanabileceği fikrinin ortaya çıkması tasarımcıları ve yelkencileri heyecanlandırdı. İlk aşamada bu uygulama deneme niteliğindedi çünkü tek gövdeli teknelere olan etkisi tam olarak bilinmiyordu. Yapılan büyük mühendislik çalışmalarının ardından foilin çok fazla pozitif etkisinin olacağını düşünen tasarımcılar foili yelken dünyasının en zorlu olan yarışı Vendee Globe yarışında denemeye karar verdiler. 2016 senesindeki yarışta bu geliştirmenin yarışa ne kadar büyük etkisinin olduğunu yarış bitiren ilk beş teknenin dördünün foilli olmasıyla gördük. Kaptanların yorumları teknelerin hızlarının çok arttığını ve çok çabuk hızlandıkları şeklindeydi. Artık foilin yelken için bir deneme değil bir gereklilik olduğunun farkına varıldı. Foilin daha çok pozitif etkisinin olduğunu gösteren ve yelken sporunun en üst seviyesi olan Vendee Globe yarışları tek gövdeli tekneler için bir yol gösterici olmuştur. Bu sayede Volvo Ocean Race ve Mini Transat gibi yelken dünyasının önemli yarışlarında da artık foilin kullanılacağı açıklanmıştır.

Kaynakça

- [1] M. S. Onay, «Hidrofoil Türleri ve Özellikleri,» pp. 3-6, 2016.
- [2] C. Beeson, «Yachting Monthly,» 24 Şubat 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.yachtingmonthly.com/>. [Erişildi: 17 Ağustos 2018].
- [3] P. KERDRAON, «Design and models optimisation of a sailing yacht dynamic simulator,» Stockholm, 2017.
- [4] M. Sheahan, «Yachting World,» 20 Temmuz 2015. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.yachtingworld.com/special-reports/the-foiling-phenomenon-66269/3>. [Erişildi: 15 Ağustos 2018].
- [5] «Wikipedia,» Wikipedia, 20 Ekim 2016. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_fibers. [Erişildi: 25 Ağustos 2018].
- [6] «Wikipedia,» 20 Ekim 2016. [Çevrimiçi]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Vend%C3%A9e_Globe. [Erişildi: 15 Ağustos 2018].
- [7] «Vendee Globe,» Vendee Globe, 2015. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.vendeeglobe.org/en/presentation>. [Erişildi: 2018].
- [8] T. AYGOR, «Analyses of Foil Configurations of IMOCA Open 60s with Towing Tank Test Results,» Szczecin, 2017.
- [9] W. Sailing, *IMOCA60 Class Rules 2018*, Paris: World Sailing, 2017.
- [10] «Vendee Globe,» Ağustos 2015. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.vendeeglobe.org/data/medias/02/10/21073.png>. [Erişildi: Ağustos 2018].
- [11] M. O. G. P. Ian Campbell, «Dagger-board evaluation for an IMOCA 60 yacht,» *Science Direct*, 2014.
- [12] P. Marsh, «48 North,» 31 Ekim 2016. [Çevrimiçi]. Available: <https://48north.com/2016/10/31/the-vendee-globe-evolution-revolution-in-the-imoca-open-60-class/>. [Erişildi: 16 Ağustos 2018].
- [13] J. Chisholm, «Sailing World,» 10 Ekim 2015. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.sailingworld.com/new-generation-imoca>. [Erişildi: 16 Ağustos 2018].
- [14] L. J. T. E. C. O. Adam Day, «The Type 600 Project,» Crash Box Design, Kanada, 2015.
- [15] G. Verdier, «Guillaume Verdier,» 2015. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.guillaumeverdier.com/en/foils-lessons/>. [Erişildi: 2018].
- [16] C. Pilo, «Modern Wooden Boat,» Modern Wooden Boat, Eylül 2017. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.modernwoodenboat.com/stability-and-foils-on-imoca-sailboats/>. [Erişildi: 23 Ağustos 2018].

- [17] A. Thomson, Interviewee, *Why do the new Vendee Globe IMOCA 60 yachts have foils?*. [Röportaj]. 1 Aralık 2016.
- [18] G. Verdier, «Guillaume Verdier,» Ekim 2015. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.guillaumeverdier.com/en/imocas-from-the-old-to-the-new-generation-of-boats-by-guillaume-verdier/>. [Erişildi: Ağustos 2018].
- [19] S. S. Team, «Foiling Week,» 22 Eylül 2015. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.foilingweek.com/blog/2015/09/why-does-safran-have-foils/>. [Erişildi: 25 Ağustos 2018].
- [20] T. Heppell, «Yachts and Yachting,» 4 Kasım 2016. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.yachtsandyachting.co.uk/home-featured/vendee-test/>. [Erişildi: 25 Ağustos 2018].
- [21] J. Boyd, «Yachting World,» 7 Ocak 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.yachtingworld.com/extraordinary-boats/close-look-hugo-boss-alex-thomsons-vendee-globe-2016-92713>. [Erişildi: 25 Ağustos 2018].
- [22] Vendee Globe, «Vendee Globe 2016-2017 Ranking,» 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.vendeeglobe.org/en/2016-edition/ranking-and-race-data>. [Erişildi: 25 Ağustos 2018].
- [23] Vendee Globe, «Vendee Globe,» 7 Aralık 2016. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.vendeeglobe.org/en/news/16927/sebastien-josse-and-the-mono60-edmond-de-rothschild-announce-their-retirement>. [Erişildi: 27 Ağustos 2018].
- [24] A. Thomson, Interviewee, *THOMSON SUFFERS DAMAGE ON TRAIN RIDE SOUTH*. [Röportaj]. 19 Kasım 2016.