



Boğaziçi Üniversitesi
Denizcilik ve Yelken Kulübü



Katamaranlar ve Arma Donanımları

Boğaziçi Üniversitesi Denizcilik ve Yelken Kulübü

3* Yelkenci Makalesi

Emre Aslan

Nisan 2019

İçindekiler

1.Önsöz.....	3
2.Neden Katamaran?	4
3.Modern Katamaran Sınıfları.....	6
4.Katamaran Donanımları	10
4.1.Platform	10
4.2.Salma	10
4.3.Döner Direk.....	13
4.4.Anayelken ve Bumba	15
5.Sabit Donanım ve Arma Ayarı	16
5.1. Direk Eğimi	16
5.2. Dümen Palası Eğimi	18
5.3 Gövde Ayarı.....	19
5.4. Çıta Tansiyonu.....	21
5.5. Direk Bükümü	22
5.6. Diamond Ayarı	24
5.7. Gurcata Açısı	24
6.Sonsöz	25
7.Kaynakça	26

1. Önsöz

Katamaranlar hızları ve performansları dolayısıyla oldukça keyifli ve zorlayıcı teknelerdir. Ülkemizde çok yaygın olmasa da yurtdışında oldukça aktif yarışılan sınıflar ve filolar bulunmaktadır. En popüler katamaran sınıflarından biri olan Hobie Cat 16, Laser ve Sunfish'ten sonra dünyada en çok satılan yelkenli tekne ünvanına sahiptir.[1]

2018 yazında Kilyos Sarıtepe Kampüsü' müzde, kulübümüz ve MEF Üniversitesi "Tasarla ve Yap" Projesi işbirliğiyle inşa edilen kayıkhanemiz, katamaran sporunun yapılması ve geliştirilmesi için çok önemli bir potansiyele sahiptir. Kampüs ortamında yelken yapma fırsatı bulacak birçok öğrenci için katamaranlar, Karadeniz'in dalgalı ve bol rüzgarlı doğasında oldukça güvenli ve konforlu bir yelken imkanı sunacaktır.

Yat sınıfı katamaranlardan ziyade motorsuz sportif katamaranların anlatıldığı bu makalede; katamaranlar hakkında genel fiziksel prensipleri, tek gövdeli teknelerden farklılık gösteren donanımlarını ve bu donanımların nasıl ayarlanması gerektiği gibi bilgileri bulabilirsiniz. Ülkemizde ve kulübümüzdeki yelkencilerin hemen hemen hepsinin yelkene tek gövdeli teknelerle başlaması sebebiyle bu makalede okuyucunun temel bilgiler ve trim tekniklerini bildiğini varsaydım. Bu sebeple bu makale A'dan Z'ye ayrıntılı bir katamaran rehberinden ziyade, katamaranların tek gövdeli teknelerden farklı olan veya katamaranlar için oldukça önemli olan özellikleri ve donanımları üzerinde yoğunlaştı.

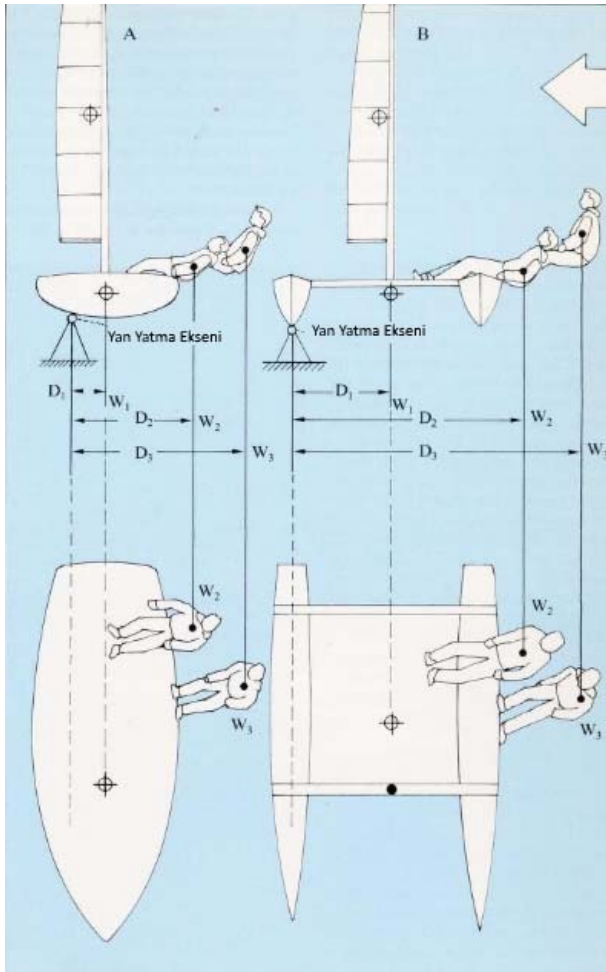
Üniversiteye başlamamla birlikte girdiğim Boğaziçi Üniversitesi Denizcilik ve Yelken Kulübünün, bugün geriye dönüp baktığımda üniversite yaşantımda en büyük yeri kapladığını görüyorum. Bu süreç boyunca, karada ve denizde geçirdiğim her anımda bana birçok dost kazandıran, yelken sporunu sevdiren ve denizcilik kültürünü aşılamanı sağlayan bu kulübe minnettarım. Ayrıca bu süreçte bana bu sporu öğretip beni yetiştiren başta mentorum Kağan İncetan ve hiçbir konuda benden desteğini esirgemeyen Egemen Can Gök olmak üzere tüm kaptanlarıma, 2 yıldır yönetim kurulunda birlikte çalıştığım tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim...

2. Neden Katamaran?

Katamaranlar iki paralel gövdeden oluşan tekneler olarak bilinmektedirler. Katamaran kelimesinin kökeni 17. Yüzyılda kullanılan TAMILCEDE bağlanmış odun anlamına gelen kattumaran kelimesine dayanır. İki kanoyu ağaç dallarıyla birbirlerine bağlayan yerli balıkçılar böylece stabiliteyi arttırmışlardır.

Katamaranların ilk avantajı bir kiriş aracılığıyla birbirinden uzaklaştırılan gövdelerin tek gövdeli teknelere göre daha stabil olmalarıdır. Günümüzde bu kirişler alüminyum ve karbonfiberden yapılmaktadır.

İkinci avantajı ise ayrı iki gövdesi sayesinde yelkenleri rüzgarla dolduğunda kolayca devrilmemesi ve ekibin devrilme kuvvetini dengelemek için tek gövdeli bir tekneden daha uzun bir kuvvet kolu mesafesine sahip olmasıdır. Böylece katamaranlar daha büyük ve güçlü yelkenler taşıyabilmektedir. Daha büyük yelkenler taşımak daha fazla hız anlamına gelmektedir. Tabi ki de burada önemli olan bu yelken alanını teknenin taşıyıp taşıyamamasıdır. Bunu belirleyen ise teknenin düzeltme momentidir. Bu terim basitçe, ekibin tekneyi rüzgar tarafından devrilmesini engellemek için uygulayabileceği kuvvet olarak düşünebilir. Tek gövdeli bir tekne ve katamaranın düzeltme momenti karşılaştırılması aşağıdaki şekilde görülebilir. (Şekilde W_2 ve W_3 ekip, W_1 tekne ağırlığını; D_2 ve D_3 ekip üyelerinin D_1 ağırlık



merkezinin teknenin yan yatma eksenine olan uzaklıklarını göstermektedir. Teknelerin ağırlıkları birbirine eşit ve 160 kg olarak kabul edilmiştir.)

Tek gövdeli tekne için momentlerin toplamı:

$$\begin{aligned}\sum M_a &= W_1 \times D_1 + W_2 \times D_2 + W_3 \times D_3 \\ &= 160 \times 0.5 + 80 \times 1.6 + 80 \times 2.5 = 408(mkg)\end{aligned}$$

Katamaran için momentlerin toplamı

$$\begin{aligned}\sum M_a &= W_1 \times D_1 + W_2 \times D_2 + W_3 \times D_3 \\ &= 160 \times 1.3 + 80 \times 3.1 + 80 \times 3.9 = 768(mkg)\end{aligned}$$

Hesaplamadan da görüleceği üzere katamaranın düzeltme momenti tek gövdeli tekneye göre oldukça yüksektir.

Şekil 1: Aynı ağırlıkta katamaran ve tek gövdeli teknenin düzeltme momentleri karşılaştırılması[2]

Üçüncü avantajları ise ince gövdeleri sayesinde daha az sürtünmeye maruz kalmalarıdır. Özellikle rüzgarüstü gövdenin suyun üstüne çıkmasıyla bu durum daha da belirginleşir.

Özetle, tek gövdeli teknelerle kıyaslandığında katamaranlar daha az sürtünme ile daha az ağırlığa, daha büyük yelkenler ile bu yelkenleri dengeleyecek daha uzun bir kuvvet kolu mesafesine sahiptir. Bundan dolayı katamaranlar daha hızlı ve daha verimli teknelerdir diyebiliriz.

Ancak her avantajın bir dezavantajı da mutlaka vardır. Bunları sayacak olursak ilk olarak iki gövdeye sahip olmaları sebebiyle maliyetleri tek gövdeye göre daha yüksektir. Daha çok yer kaplarlar, taşınmaları daha zordur. Ayrıca katamaranlar yavaş tramolaları ve düşük orsa açılarıyla da bilinirler fakat bu genelleme daha eski tasarımlar için geçerlidir diyebiliriz.

Katamaranları hız ve performans tekneleri olarak da düşünebiliriz. 4-6 knot rüzgar kuvvetinin altında oldukça yavaşken, 7-21 knot aralığında oldukça performanslıdırlar. Katamaranlar için en optimal hava 11-16 knot arasındadır. Bu aralıkta oldukça stabil ve konforlu bir seyir mümkündür. Rüzgar kuvveti 20 knot üzerine çıktığında ise her teknede bekleneceği gibi katamaranlarda da işler zorlaşır. Kuvvetli rüzgarlar arma üzerindeki yükü artırır ve teknenin kontrolünü sağlamaya devam etmek için tecrübeli bir ekip gerekir. Bu tecrübe de pratik ve suda geçirilen zaman ile gelecektir.



Şekil 2: Formula 18 sınıfı katamaranlar yarış halinde[12]

3. Modern Katamaran Sınıfları

Katamaranların gelişme sürecinde bazı modeller kilometre taşı olmuştur ve oldukça popülerleşmişlerdir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Shearwater:

1956 yılında tasarlanan Shearwater ilk modern katamaran ünvanına sahiptir. İlk Shearwater'larda görülen ahşap gövdeler ve rijit platform bugün cam takviyeli plastik (GRP: Glass Reinforced Plastics) ve tramboline dönüşmüştür. Bu teknenin eşsiz bir özelliği asimetrik balon bulunduran birçok katamaranın aksine simetrik balona sahip olmasıdır. Ayrıca balona ve ikili trapeze sahip ilk katamarandır.



Şekil 3: Shearwater [18]

Uzunluk: 5.09 m; Kiriş: 2.28 m; Ağırlık: 120 kg; Anayelken ve flok alanı: 15.5 m²; balon alanı: 17.6 m²

A-Class:

A-class 1956 yılında tek kişilik serbest yapım sınıfı olarak kurulmuştur. Tekne uzunluğu, genişliği ve yelken alanı üzerindeki minimal kurallar tasarımcıların oldukça hızlı tekneler yapmasına olanak sağlamıştır. Modern A-class; uzunluk, genişlik, yelken alanı ve ağırlık sınırı hariç her şeyin serbest olduğu yüksek teknolojili, karbon veya Kevlardan yapılmış katamaranların boy gösterdiği bir sınıf olmuştur. Dünyanın en iyi yarışçılarına hitap eden bu katamaranlar, yüksek maliyeti, narinliği ve zorlayıcılığı sebebiyle genel kullanıcıların ilk tercihi değildir.



Şekil 4: A-class katamaran [19]

Maksimum Uzunluk: 5.49 m; Maksimum Kiriş: 2.3 m; Minimum Ağırlık: 75 kg; Maksimum Anayelken alanı: 13.94 m²

Tornado:

1967'de Rodney March tarafından tasarlanan Tornado, 20 feetlik ince uzun gövdeleri ve 10 feetlik uzun kiriş boyutuyla katamaran tarihinde önemli simgelerden bir tanesidir. Taşdığı büyük yelkenler sayesinde en hızlı katamaranlar arasındadır. 1976 yılında ilk defa olimpiyat sınıfına dahil olan Tornado, 2008 yılına kadar olimpik bir sınıf olarak varlığını sürdürmüştür. 2004 yılında arması büyütülüp, asimetrik balon ve ikili trapez eklenmiştir. Eski versiyonu Tornado Classic olarak bilinmektedir.



Şekil 5: Tornado 2008 Beijing Olimpiyatında [20]

Uzunluk: 6.09 m; Kiriş: 3.05 m; Ağırlık: 175 kg; Anayelken alanı: 18.22 m²; flok alanı: 5.38 m²; balon alanı: 25.87 m²

Hobie Cat:

Hobie Cat katamaran yelkenciliğini dünya çapında bir spor haline getirmiş bir markadır. 1968 yılında Hobie Alter, ufak ve ucuz bir eğlence katamaranı olan Hobie 14'ü piyasaya sürerek büyük bir başarı yakaladı. Ancak asıl başarıyı getiren, 1971 yılında piyasaya sürülen ve 30 yıl içerisinde 100.000'den fazla satarak dünyada en çok satılan katamaran modeli olan Hobie 16 oldu.



Şekil 6: Hobie Cat 16 [20]

Hobie16 Uzunluk: 5.11 m; Kiriş: 2.41 m; Ağırlık: 145 kg; Anayelken alanı: 13.77m²; flok alanı: 5.12 m²; balon alanı: 17.5 m²

Formula 18:

1994 yılında kurulan Formula 18 sınıfı farklı dizaynlara sahip katamaranların adil şartlarda yarışabilmesine olanak sağlamıştır. Box-design olarak adlandırılan bu sistemde iki farklı flok ve balon yelken alanlarına sahip tekneler ve farklı ağırlıklara sahip ekipler düzeltici ağırlıklar sayesinde aynı raytinge getirilirler. Böylece tek bir üreticiye bağlı kalmadan birçok farklı teknenin eşit şartlarda yarışabildiği bir sınıf kurulmuştur. F-18 olarak kısaltılan Formula 18 sınıfında Hobie Cat firmasının ürettiği Hobie Tiger en başarılı tekneler arasında görülmektedir. Onun dışında Nacra, Cirrus, Capricorn gibi üreticiler de F-18 sınıfına tekneler üretmektedir.



Şekil 7: Formula 18 [20]

Uzunluk: 5.52 m; Kiriş: 2.6 m; Minimum Ağırlık: 180 kg; Anayelken alanı: 17 m²; Maksimum flok alanı: 3.85 m² veya 4.15 m²; balon alanı: 19m² veya 21 m²

Dart 18 & Sprint 15:

En üst seviyedekiler için bir yarış makinesi olan Tornado'yu tasarlayan Rodney March 1976 yılında Dart 18'i tasarlamıştır. Gövde boyunca uzanan salma görevi gören skegler, kolay kurulum için gövdeler üzerindeki yuvalarına oturan kirişler, bumbasız anayelken gibi özellikleriyle gündelik kullanıma yönelik pratik bir alternatif oluşturmuştur. Rodney March daha sonra 1978 yılında Dart 18'i küçülterek Sprint 15'i tasarlamıştır. Sprint 15 günümüzde İngiltere'de en popüler tek kişilik katamaran sınıflarından biri haline gelmiştir.



Şekil 8: Sprint 15 [20]

Dart 18: Uzunluk: 5.48 m; Kiriş: 2.28 m; Ağırlık: 130 kg; Anayelken alanı: 12.92m²; flok alanı: 3.16 m²; balon alanı: 17.4 m²

Sprint15: Uzunluk: 4.54 m; Kiriş: 2.13 m; Ağırlık: 104 kg; Anayelken alanı: 10.19m²; flok alanı: 2.7 m²

Hurricane 5.9:

Hurricane 5.9, 1987 yılında Reg White tarafından Tornado'ya göre daha pratik bir alternatif olarak tasarlanmıştır. İnce uzun gövde yapısı korunarak kiriş boyu kısaltılan tekne böylece 10 feet genişliğindeki Tornado'nun aksine yasal olarak römorkla çekilebilme¹ özelliğine sahip olmuştur. Kısaltılan kiriş uzunluğuyla azalan düzeltme momenti ikili trapez sistemi eklenerek telafi edilmiştir. Böylece neredeyse Tornado classic kadar hızlı aynı zamanda daha ucuz ve pratik bir one-design sınıfı oluşturulmuştur.



Şekil 9:Hurricane 5.9 [21]

Uzunluk: 5.9 m; Kiriş: 2.43 m; Ağırlık: 180 kg; Anayelken alanı: 17.5m²; flok alanı: 4.5 m²; balon alanı: 21 m²

Dart 16:

1997 yılında piyasaya sürülen Dart 16 termoplastik gövdeleri ve kullanıcı dostu performansı ile düşük bütçeli bir eğlence katamaranıdır.

Uzunluk: 4.8 m; Kiriş: 2.3 m; Ağırlık: 150 kg; Anayelken alanı: 10.4m²; flok alanı: 2.7 m²; balon alanı: 12 m²



Şekil 10:Dart 16 [20]

Spitfire:

2000 yılında hafif ekipler için bir yarış makinesi olarak tasarlanan Spitfire ikili trapeze sahiptir. Yüksek performansı ile birçok dingi kadar hızlı tramola atabilmektedir.

Uzunluk: 5 m; Kiriş: 2.53 m; Ağırlık: 160 kg; Anayelken alanı: 15.5 m²; flok alanı: 4.5 m²; balon alanı: 18 m²



Şekil 11:Spitfire [20]

Shadow:

2001 yılında tasarlanan Shadow Kevlarla takviye edilmiş gövdesiyle yüksek performansı hafiflikle birleştirmiş tek kişilik bir katamarandır.

Uzunluk: 4.8 m; Kiriş: 2.4 m; Ağırlık: 99 kg; Anayelken alanı: 13 m²; balon alanı: 18 m²



Şekil 12:Shadow[22]

¹Ülkemizde yasal römork genişliği azami 2.55 metredir. “ <http://www.kgm.gov.tr> “

SL 16

2003 yılında piyasaya sürülen SL16, ISAF tarafından(şuanki adıyla World Sailing) gençler dünya şampiyonasına eklenmiştir. SL16 sınıfı 2016 yılına kadar bu şampiyonada varlığını sürdürmüştür. İkili trapez ve asimetrik balonu bulunan SL16 genç ekipler için iyi performans ve sağlamlığı birlikte sunan bir alternatif olmuştur.

Uzunluk: 4.8 m; Kiriş: 2.32 m; Ağırlık: 145 kg; Anayelken alanı: 13.75 m²; flok alanı: 3.75 m²; balon alanı: 17 m²



Şekil 13: SL 16 [20]

Nacra 15 & 17

1975 yılında kurulan Nacra'nın ürettiği 15 ve 17 modelleri günümüzde oldukça popüler yarış sınıfları haline gelmiştir. 2012 yılında piyasaya sürülen Nacra 17, 1976 yılından 2008 yılına kadar olimpiik bir sınıf olan Tornado'nun yerini kapmıştır. 2016'da Rio de Janeiro'da düzenlenen olimpiyatlarda ilk defa yarışılan Nacra 17 sınıfını, 2020 yılında Tokyo'da hidrofoilli bir şekilde göreceğiz. Nacra 17'nin küçük kardeşi olan Nacra 15 modeli ise 2016 yılından itibaren SL16'in yerine gençler dünya şampiyonasında varlığını sürdürmektedir.

Nacra 17: Uzunluk: 5.25 m; Kiriş: 2.59 m; Ağırlık: 142 kg; Anayelken alanı: 14.45 m²; flok alanı: 4 m²; balon alanı: 18.5 m²

Nacra 15: Uzunluk: 4.7 m; Kiriş: 2.35 m; Ağırlık: 140 kg; Anayelken alanı: 13.6 m²; flok alanı: 3.3 m²; balon alanı: 16.5 m²



Şekil 14:Nacra 15 [20]

VX40

VX40 performansta en üst düzey katamaranlar arasındadır. Tornado'nun iki katı uzunluğunda ve iki katı genişliğindedir ve 18.9 metrelik bir direğe sahiptir. 2005 yılında piyasaya sürülen VX40 tamamen karbonfiber malzemeden yapılmaktadır. Kısa mesafe inshore yarışlar için tasarlanmış bir yarış makinesidir. 4 mürettebat ve 1 yolcu kapasitesine sahip olan bu one-design sınıfı ilk defa 2005 yılında Volvo Ocean Race'in başlangıç etkinliklerinde kendini göstermiştir.

Uzunluk: 12.19 m; Kiriş: 7 m; Ağırlık: 1307 kg; Anayelken alanı: 75 m²; flok alanı: 25 m²; balon alanı: 78 m²



Şekil 15:VX 40 [22]

4. Katamaran Donanımları

4.1 Platform

Ekibin üstünde olduğu alana platform denir. Platform kirişler, trampolin ve gövdelerden oluşur. Kirişler katamarana sağlam bir yapı sağlar. Arka kirişte ana yelken arabası bulunur ve ana yelken buradan kontrol edilir. Ön kiriş armayı destekler ve ortasında direğin oturduğu bir yuva bulunur. Bu yuvanın yuvarlak olması sayesinde direk serbest bir şekilde kendi ekseninde dönebilir. Ayrıca ön kirişin alt kısmında direkt gelen aşağı yöndeki yükleri desteklemek amacıyla V şeklinde bir kiriş(Dolphin striker) daha bulunabilir. Bazı katamaranlarda bu V şeklindeki kiriş bulunmaz yerine daha kalın veya kıvrımlı bir kiriş de yeterli sağlamlık sağlar.



Şekil 16: Ön kiriş ve direk bağlantı noktası[7]



Şekil 17:Kıvrımlı ön kiriş ve dolphin striker[14]



Şekil 18:Trambolin ve kirişler[14]

Teknenin ortasında bulunan trampolinin iki kenarından gövdelere iki kenarından da kirişlere bağlanır. Üzerinde bulunan delikleri sayesinde üzerinde su birikmez. Çok hafif bir malzemedir yapılmasına rağmen yeterli tansiyon verildiğinde oldukça rijit olur ve üzerine oturan ekibin ağırlığını taşıyabilir.

4.2 Salma

Bilindiği gibi bütün yelkenli tekneler rüzgaraltına sürüklenirler. Bunu engellemek için salmaya sahiptirler. Katamaranlarda ise bu soruna çözüm olarak birden fazla yaklaşım görülmektedir. Yukarı aşağı hareket edebilen daggerboardlar, bir pivot etrafında dönerek gövde içerisinde bulunan yuvasına girebilen centerboardlar tek gövdeli teknelerden bilinen salmalardır. Bunlara alternatif olarak Hobie 16'da görülen asimetric gövdelerde gövdenin dışa bakan yüzünün düz olması rüzgaraltına sürüklenmeye karşı koyar. Nacra'nın öncülüğünü yaptığı skegler ise gövde boyunca ilerleyen kısa bir salmaya benzer ancak bu yapı, gövdeye eklenen ekstra bir parça değil gövdeye ait bir parça durumundadır. Bu yöntemlerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:



Şekil 19: Centerboardda sahip bir Tornado[10]



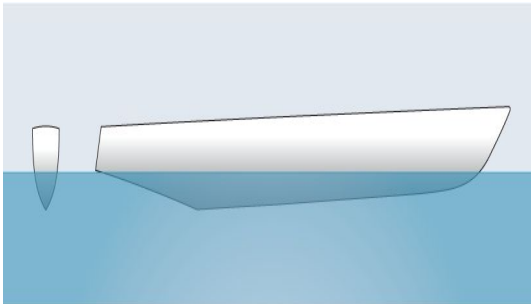
Şekil 20: Daggerboardda sahip bir Formula 18[11]



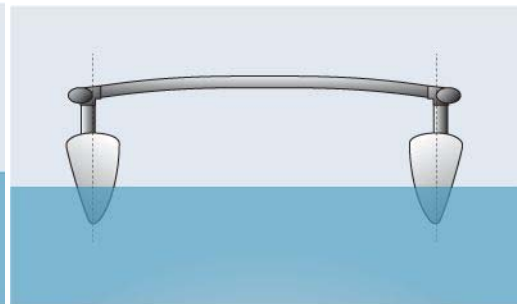
Şekil 21: Skeg gövdeli Dart 16[9]

Centerboard ve Daggerboard Salmaların Avantajları:

Centerboard ve daggerboard salmalar, skegler ve asimetric gövdelere göre daha iyi rüzgarüstü performansa sahiptir ve daha geniş bir trim imkanı sunarlar. Güvenlik açısından düşünüldüğünde, çok kuvvetli rüzgarlarda rüzgaraltı gövdede bulunan salma yükseltilebilir ve bu sayede tekne devrilmek yerine rüzgaraltına kayma eğilimi gösterir. Ayrıca devrilen bir teknenin düzeltilmesi durumunda bu salmalar avantajlı bir kuvvet kolu imkanı da sunmaktadırlar.



Şekil 22: Skeg gövde yapısı[4]



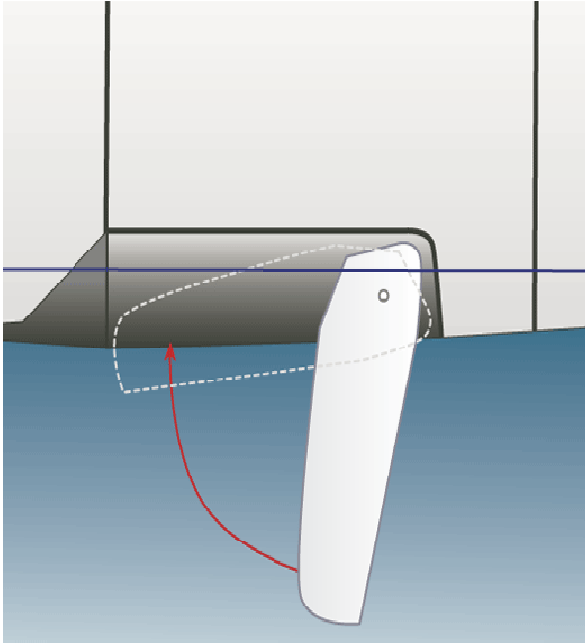
Şekil 23: Hobie Cat 16'larda görülen asimetric gövde[4]

Centerboard ve Daggerboard Salmaların Dezavantajları:

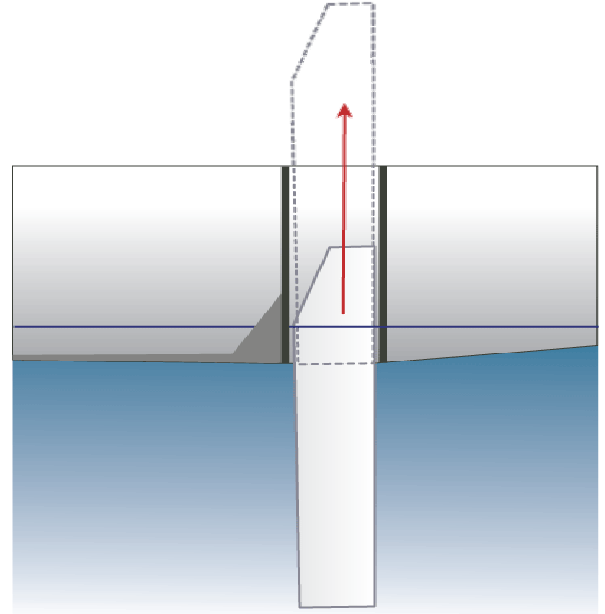
Centerboard ve daggerboard karaya oturma durumlarında oluşabilecek hasarlara karşı oldukça savunmasızdırlar. Ayrıca iki tane dümen palasıyla uğraşan yelkenci buna ek olarak 2 tane de salma ile uğraşmak durumunda kalacaktır. Kumsala yanaşırken hem dümen palalarını hem salmaları kaldırmak ekstra iş yükü ve daha fazla hata riski oluşturacaktır. Son olarak, bu tarz salmalar için daha komplike bir dizayn gereklidir.(Gövdelerde iki adet salma yuvasının yapılması bunların desteklenmesi ve su geçirmez hale getirilmesi) Bütün bunlar daha yüksek maliyet demektir ve bu direk alıcıya yansımaktadır. Asimetrik gövde ve skegler karaya oturma, kumsalda çekilme durumlarına karşı oldukça dayanıklıdırlar ve maliyetleri daha uygundur.

Daggerboard ve Centerboard Karşılaştırması:

Öncelikle daggerboard, centerboarda göre genellikle daha uzun ve daha ince tasarlanmaktadır ve bu sebeple hidrodinamik olarak daha efektiftir. Buna ek olarak üretimi daha ucuz ve kolaydır. Ancak karaya vurma durumunda daggerboardun hasar alması kaçınılmazdır, genellikle gövde de hasar görür. Daggerboard yukarı çekildiğinde ise gövdenin üstünde ekibi engelleyebilecek şekilde bir alan da kaplayacaktır. Bunun aksine centerboardun yukarı çekilmesi daha kolaydır, çekildiğinde göz önünde bulunmaz ve karaya vurma durumunda kendiliğinden pivot noktası etrafında dönerek yuvasına çıkar. Bu sebeple hasar alma veya gövdede hasar oluşturma ihtimali daha düşüktür. Ayrıca yarım açık bir centerboard ile yanal direnç merkezi(CLR:Center of Lateral Resistance) aerodinamik profilden taviz verilerek de olsa kıça kaydırılabilir. Centerboardun dezavantajları ise daha komplike bir dizayn ve daha yüksek maliyete sahip olması ve de gövde içinde ekstra bir alan kaplamasıdır.



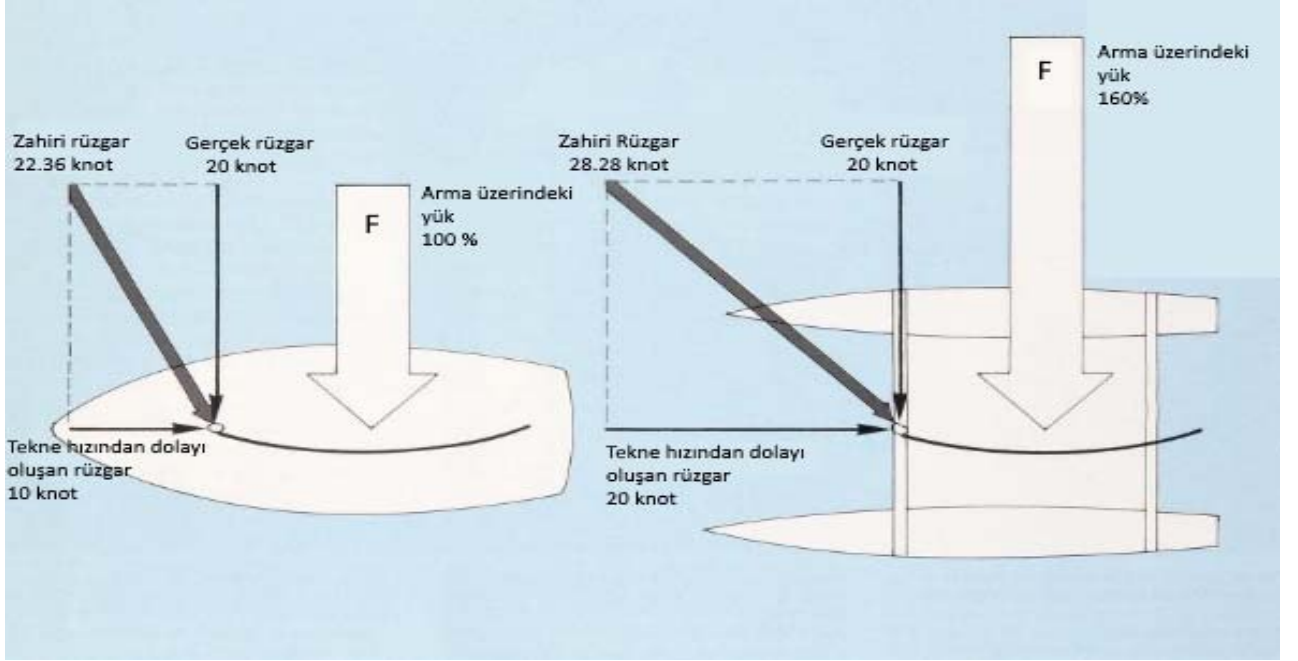
Şekil 25:Centerboard [13]



Şekil 24:Daggerboard [13]

4.3 Döner Direk

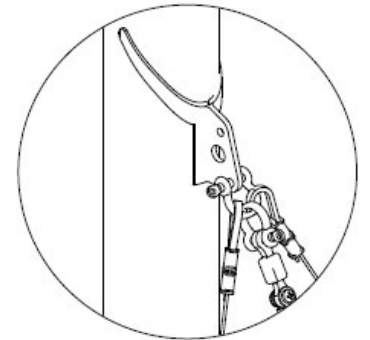
Katamaranların hafiflikleri ve ince gövdeleri sayesinde sahip oldukları düşük sürtünmeleri sebebiyle birim rüzgarda tek gövdeli teknelerden daha hızlı gideceği aşikardır. Aynı rüzgarda daha hızlı giden katamaranlar hızlarından dolayı daha kuvvetli bir zahiri rüzgara maruz kalırlar. Aşağıdaki şekildeki yapılan varsayımsal basit bir hesapta 20 knot gerçek rüzgar hızında tek gövdeli tekne üzerindeki 100 birim kuvvete göre onun 2 katı hızında giden katamaranın armasının maruz kaldığı yükün 160 birim olduğunu görmekteyiz.



Şekil 26: Katamaran ve tek gövdeli teknenin armaları üzerindeki yüklerin karşılaştırılması[2]

Maruz kalınan bu yüksek yüklerin kaldırılabilmesi için katamaran armaları tek gövdeli tekne armalarına göre daha büyük ve daha güçlüdürler. Ayrıca armaları, aerodinamik bir şekilde oldukça stabil olmalı ve böylece anayelken üzerinde düzgün bir hava akışı sağlamalıdır. Günümüzde tüm katamaranlar eliptik bir kesite sahip döner direkler ile tam boy çıtalı anayelkenler kullanır.

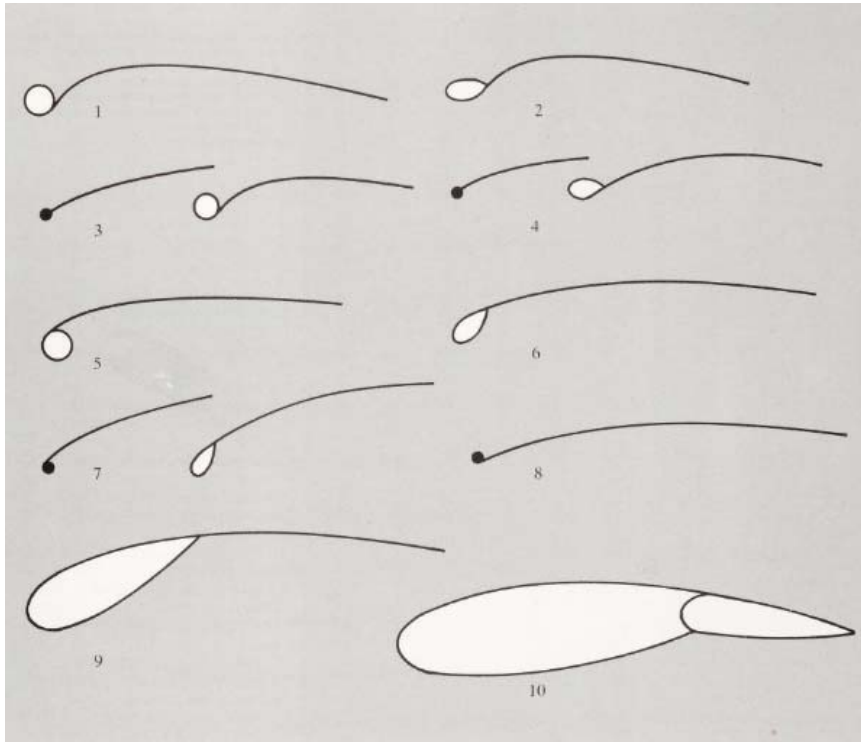
Genel uygulama baş ıstralya ve çarmıhların direğin öne bakan yüzünde tek bir noktada sabitlenmesi ve böylece direğin kendi eksenini etrafında dönüşünün mümkün kılınmasıdır. Direğin dönebilir olmasının iki önemli nedeni vardır. İlk olarak, maksimum performansa erişilebilmesi için direk tam boy çıtalı yelkenlerle aynı hizada olmalıdır. Tramola ve kavança sırasında veya rüzgaraltı seyir rüzgarüstü seyir geçişlerinde direğin dönerek büyük rüzgar değişimlerine tepki vermesi elzemdir.



Şekil 27: Direk üzerindeki baş ıstralya ve çarmıhların birleşim noktası[7]

İkinci olarak direk rotasyonunun artırılması veya azaltılması anayelken üzerindeki gücün ayarlanması için bir trim aracı olarak kullanılabilir. Çok sert havalarda direğin rotasyonunun manipule edilmesi türbülans yaratıp yelken üzerindeki kuvveti azaltabilir.

Aşağıdaki şekilde çeşitli direk çeşitleri ve konfigürasyonlarının tepeden görünümünü görmekteyiz. Yuvarlak şekiller direkleri, çizgiler ise yelkeni temsil etmektedir. Beyaz renkli direkler anadirek, siyah renkli olanlar ise baş ıstralyayı temsil etmektedir. Şekiller arasında dönen, sabit ve eliptik, yuvarlak direklerin çeşitli konfigürasyonların aerodinamik verimleri karşılaştırılmıştır. 9 numarada yelken alanının neredeyse yarısını kaplayan bir direk kesiti görmekteyiz. Şekil 37’de bu şekilde bir direk görülebilir. 10 numarada ise yelkenin hiç bulunmadığı tamamen rijit bir direk ve flapler görmekteyiz. Bu şekil fark edileceği üzere bir uçak kanadını temsil etmektedir ve diğer konfigürasyonların verimini kıyaslamak adına verimi yüzde yüz kabul edilmiştir.

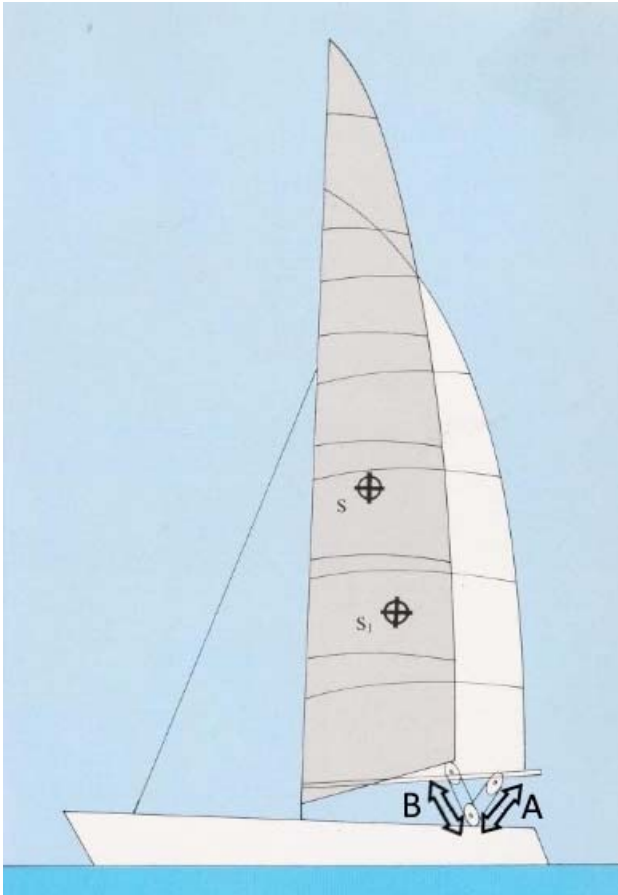


Şekil 28: Direk konfigürasyonlarının aerodinamik verimleri[2]

1. Dairesel dönmeyen direk: 63%
2. Eliptik dönmeyen direk:65%
3. Dairesel dönmeyen direk, cenova ile:71%
4. Eliptik dönmeyen direk, cenova ile:73%
5. Dairesel döner direk, cenova ile veya cenovasız: 78%
6. Eliptik döner direk:82%
7. Eliptik döner direk, cenova ile:83%
8. Sadece ön yelken:83%
9. Kanat direk, kesit uzunluğunun yüzde 30-40'ı kadar:94%
10. Uçak kanadı;Rijit kanatlar, flapler ile: 100%

4.4 Anayelken ve Bumba

Katamaranların bumbaya sahip olması ilk katamaranlarda sık rastlanan bir durumdu çünkü bu geleneksel katamaran dizaynı ve yapımında normdu. Ayrıca yelkencilerin, ilk olarak bu hızlı teknelerle başa çıkabilmeyi öğrenmesi gerekiyordu. Bunun için de yelkendeki güç merkezini(CE:Center of Effect) mümkün olduğunca aşağıda tutmak amaçlanıyordu. Daha kısa ve geniş yelkenlerle CE aşağıda tutulup güvenlik ve idare açısından avantaj sağlansa da aerodinamik verim düşürülmekteydi. Bu amaçla kullanılan boy-en oranı düşük yelkenler fiziksel olarak bir bumbaya ihtiyaç duymaktadır. Bu durumu aşağıdaki şekle bakarak anlayabiliriz. Beyaz renkle gösterilen geniş yelkenin bumbasız olduğunu düşünelim ve bu durumda anayelken iskotasını çektiğimizi düşünelim, yelkenin rüzgarla olan açısını değiştirmenin yanında yelkeni teknenin başına doğru da çekmiş oluruz ve yelkende istenmeyen bir tor yaratırız.(A açısı) Bunu engellemek için mecburen bir bumba kullanmaktır. Yelkenin iskota yakası bumbaya sabitlendiğinde ve anayelken iskotası çekildiğinde yelken öne doğru gitmeyecektir. Bir yelkeni bumbasız kontrol etmenin yolu ise anayelken iskotasının yelkeni arkaya çekecek bir açıda bulunmasıdır.(B açısı) Buna doğru iskota açısı denir. Boy-en oranı düşük yelkenlerde bu açığı sağlayacak kadar tekne uzunluğu olmadığı için bumbasız yelkenler aynı yelken alanı korunarak daha ince ve uzun tasarlanır. Böylece yelkenin iskota yakası teknenin önüne doğru kayar ve bumba olmadan da doğru iskota açısıyla anayelkeni trimlemek mümkün olur.



Şekil 29: Bumbasız ve bumbalı anayelken [2]

Günümüzde bumbasız anayelkenler özellikle eğlence amaçlı katamaranlarda oldukça popüler olmuşlardır. Bumbadan dolayı oluşabilecek yaralanma riskinin olmaması, anayelkenin alt yakasında kaybedilen trim yeteneğini(arka yakanın eksikliği) telafi etmektedir. Ancak yarış sınıflarının bumbadan hemen bu kadar kolay vazgeçeceğini söyleyemeyiz. Şuanda yarış sınıflarında bumbanın varlığını yaygın olarak görmekteyiz. Ayrıca bumbanın bir avantajı da yelkene camadan vurulmasını mümkün kılmasıdır. Bumbasız yelkenlerde camadan vurma işlemi özellikle sert rüzgarda ve dalgalı denizde neredeyse imkansızdır.

5. Sabit Donanım ve Arma Ayarı

5.1 Direk Eğimi

Direği basitçe tepeye diken birinin teknesinin neden iyi gitmediğini çok da merak etmesine gerek yoktur. Teknenin iyi bir performans göstermesi için ıstralyaların ve çarmıh tellerinin uzunluklarının dikkatlice ayarlanması gerekmektedir. Genel bir kural olarak direğin su hattına tam dik pozisyonda durması gerekmektedir. Ancak bazı sınıflarda direğin üretici tarafından belirlenmiş kıça doğru bir eğikliğe sahip olduğu görülür. Özellikle Hobie, Dart ve Tornado gibi sınıflarda bu tasarıma rastlanmaktadır. Genel olarak kıça eğimin avantajı, güç merkezinin(CE:Center of Effort) biraz aşağı kayması ve güngörmez yakasının açılmasıdır. Tüm bunlar sert havalarda fayda sağlayacaktır. Ayrıca direktteki kıça eğimin değiştirdiği birçok trim faktörü daha vardır. Bunlar aşağıdaki şekilde görülebilir.



Şekil 30: Direk eğiminin etkisi[2]

- A) Güç Merkezi(CE:Center of Effort) kıça ve aşağıya kayar, teknenin orsa çekimi artar
- B) Floğun güngörmez yakası açılır
- C) Floğun alt yakası gerilir
- D) Anayelkenin alt yakası gerilir
- E) Anayelken makaraları arasındaki mesafe kısalır
- F) Flok araba pozisyonu öne kaydırılmalıdır. (B ve C etkilerini telafi edebilmek için)
- G) Bumba ile trambolin arasındaki mesafe kısalır
- H) Anayelken güngörmez yakası açılır
- I) Baş ıstralya üzerindeki yük artar
- J) Pala üzerindeki yük artar

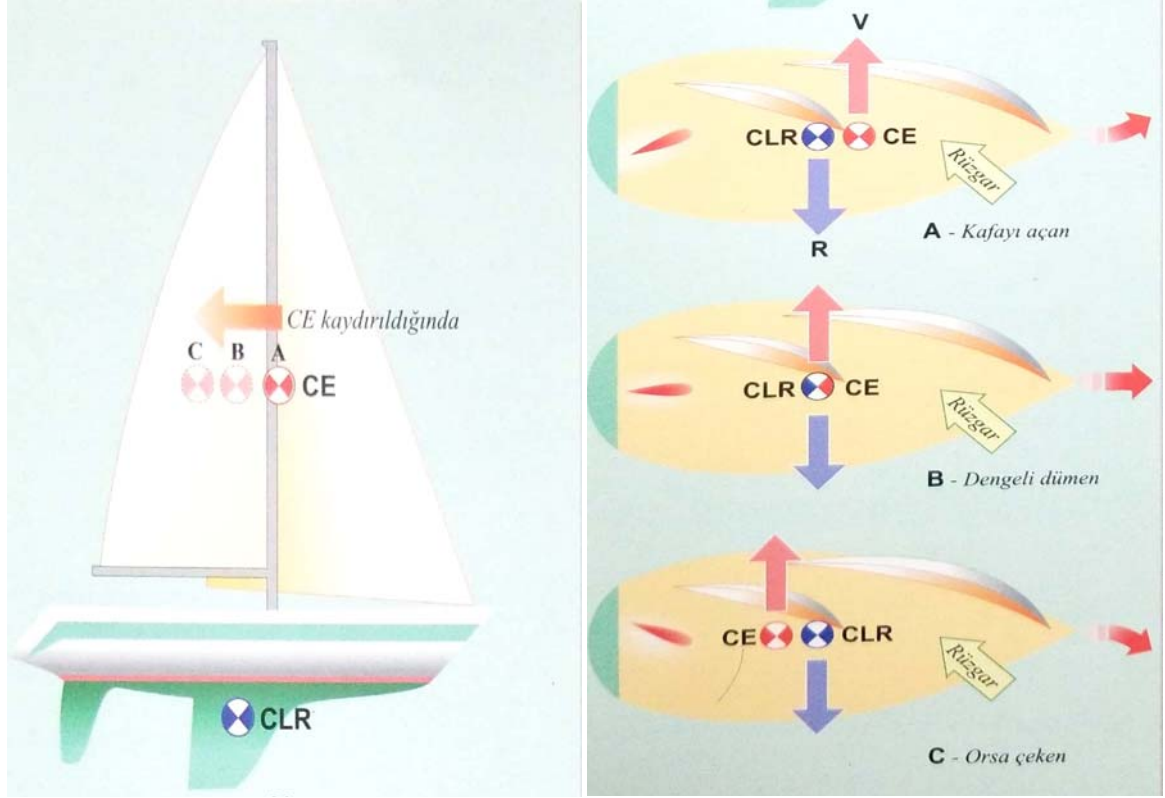


Şekil 31: Direk eğimi[15]

Yukarıdaki fotoğrafta HobieCat teknesi üzerindeki direk eğimi görülmektedir. Bu durumun aynı zamanda teknenin burnunun yükselmesine de yol açtığı gözlemlenebilir.

Direk eğiminin yelkenlerdeki güç merkezini(CE) arkaya kaydırarak teknede orsa çekimi arttıracaklarını söylemiştik. Eğer hobi amaçlı bir kullanım söz konusuysa direğin eğilmesine pek de gerek olmayacaktır. Eğer yarış söz konusu ise direk eğimi daha fazla hız ve stabilite anlamına gelmektedir. Ancak artan orsa çekimi sebebiyle sürekli rüzgara dönmek isteyen tekneyi düz bir şekilde götürmek isteyen dümenci bunun bedelini ekstra dümen müdahaleleriyle ödemek durumundadır. Çok fazla orsaya çeken bir teknede dümencinin yorulması muhtemeldir. Aynı zamanda sürekli dümenle oynamak sürtünme yaratarak teknenin hızını da azaltacaktır. Maksimum hıza ulaşmak, ekstra güç ve bu gücün yan etkileri arasında bir denge sağlama meselesidir.

Teknedeki orsa çekimini azaltmanın yolu teknenin yanal direnç merkezini(CLR) teknenin güç merkezi(CE) ile dengelemektir. Aşağıdaki şekilde CE-CLR'nin birbirine göre konumunun teknenin davranışına etkisi görebiliriz. Aşağıdaki şekilde tek gövdeli bir tekne üzerinde gösterilen bu durum katamaranlar için de geçerlidir.

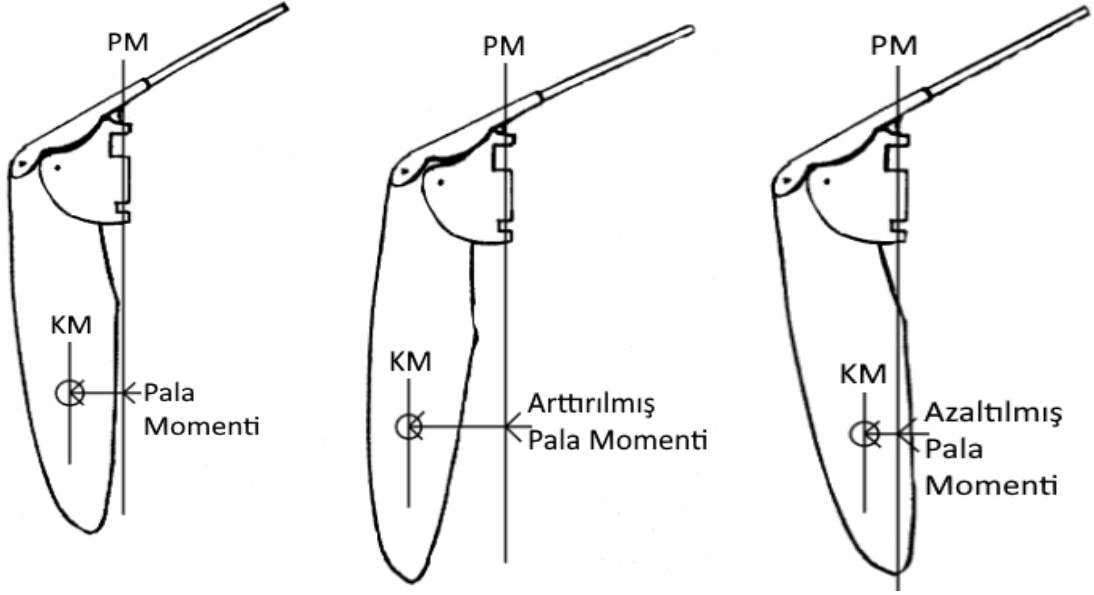


Şekil 32: CE ve CLR'nin tekne üzerindeki etkisi[8]

5.2 Dümen Palası Eğimi

Centerboard veya daggerboard bulunmayan katamaranlarda CLR'nin pozisyonu salma üzerinde değildir ve tekne üzerindeki ekibin oturduğu bölgeye göre değişiklik gösterir. Ekibin öne oturması CLR'yi öne kaydırırken arkaya oturması CLR'yi arkaya kaydıracaktır. Ancak ekibin tekneden neredeyse düşecek kadar arkaya oturması bile CLR'yi yeteri kadar arkaya kaydırmak suretiyle CE'yi dengelemesi pek mümkün değildir. Bu sebeple yapılan genel uygulamalardan bir tanesi, CE ile mücadele etmek değil dümen üzerinde yarattığı ekstra yük ile mücadele etmeye çalışmaktır. Zaten teknenin orsa çekimine sahip olması performans ve güvenlik açısından istenen bir durumdur.

Dümen üzerindeki yük, dümen palasına öne doğru bir eğim vermek suretiyle azaltılabilir. Böylece dümencinin uygulaması gereken kuvvet de azalmış olacaktır. Ancak unutulmamalıdır ki bu işlem teknenin orsa çekimi veya rüzgaraltı çekimine etki etmez sadece dümen hissiyatını değiştirir. Aşağıdaki şekilde bu işlem ayrıntılı bir şekilde görülebilir.



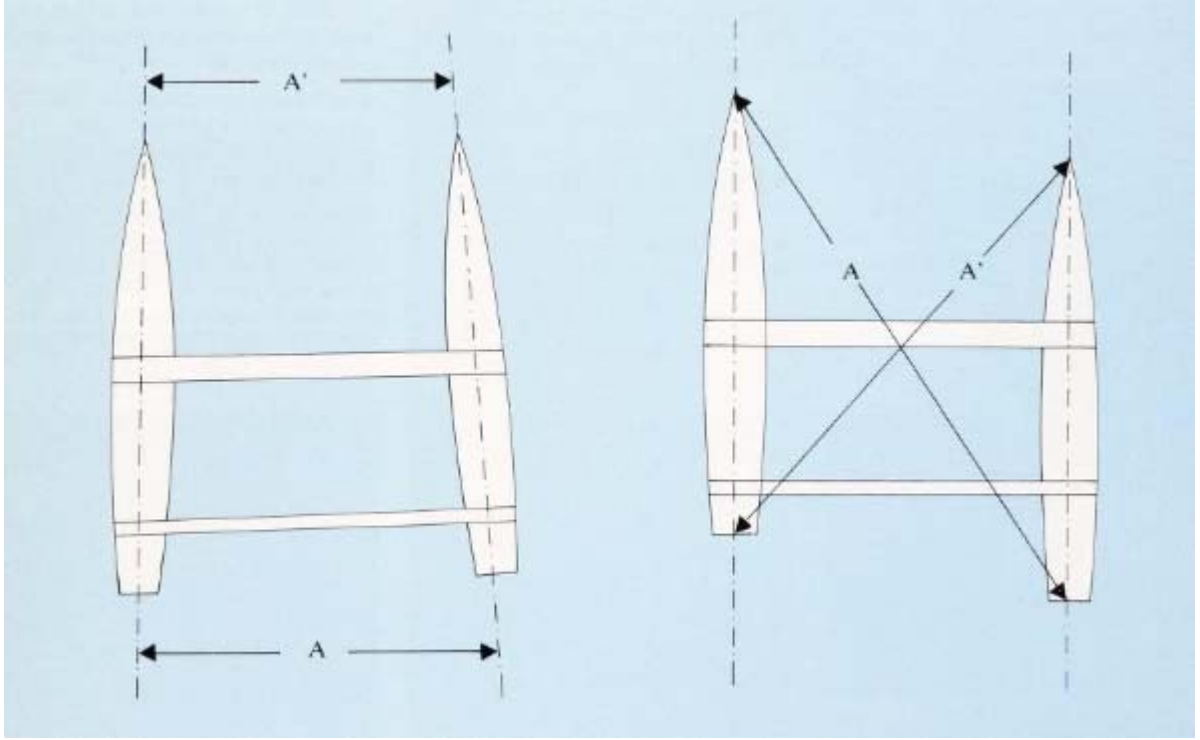
Şekil 33: Dümen palası eğiminin etkisi[6]

Palanın bir kuvvet merkezi(KM) ve pivot merkezi(PM) vardır. Pivot merkezi palanın gövdeye takıldığı pindir ve sabittir. Dolayısıyla PM'yi değiştirmek mümkün değildir. Kuvvet merkezini(KM) sualtında palaya etki eden kuvvetlerin tek bir nokta üzerinde toplanmış hali olarak düşünebiliriz. Pala Momentini ise KM üzerindeki kuvvetin, PM ile KM arasındaki mesafeyle çarpılması ile bulabiliriz. Yani sualtında palaya etki eden kuvvetin PM etrafındaki döndürme etkisidir.

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere palanın ileri veya geri oynatılması pala momentini değiştirerek dümen hissiyatını değiştirecektir. Ne aşırı gergin ve yüklü bir dümen ne de tepkisiz bir dümene sahip olmak için gereken denge ayarlanmalıdır.

5.3 Gövde Ayarı

Eğer katamaranımız olması gerekenden düşük bir performans gösteriyorsa iki gövde arasındaki mesafe olması gerekenden farklı olabilir. Bunu kontrol etmek için düz bir zemin üzerinde sehpalara yerleştirilen gövdeler arasındaki yan ve çapraz mesafeler ölçülür. Çok küçük uyumsuzluklar bile performansta ciddi düşüğe sebep olabilir. Maksimum kabul edilebilir uyumsuzluk yüzde 1'dir.



Şekil 34: Yatay ve çapraz gövde uzunluklarındaki uyumsuzluk[2]

Tekne sehpa üzerindeki palalar ve varsa salmalar da kontrol edilmelidir. Bu sırada salmalar için gövde üzerinde çeyrek, yarım, üç çeyrek gibi çeşitli işaretlendirmeler koyulabilir. Çünkü salmalar denizde yarı inik bir pozisyonda kullanmak istendiğinde iki salmayı da aynı hizaya ayarlamak neredeyse imkansız olacaktır. Salmalar gibi palaların da tamamen paralel olması gerekmektedir. Palalarda bir uyumsuzluk bir önceki paragrafta bahsedildiği üzere farklı konralarda farklı dümen hissiyatına sebep olabilir. Palaları kontrol etmenin bir yolu da bunu denizde test etmektir. Tekneyi dümen müdahalesiz düz gidecek şekilde trimledikten sonra yeke uzatmasını söküp palaları izleyerek, herhangi bir titreme veya salınım olup olmadığını gözlemek güzel bir yöntemdir. Emin olmak adına palaların yeri değiştirilip test tekrar edilmelidir çünkü bunun sebebi gövdedeki bir hasar da olabilir.

Özet olarak, eğer tekne farklı konralarda aynı trimlenmesine rağmen farklı davranışlar gösteriyorsa salmaların ve palaların birbiriyle bir uyumsuzluğu olup olmadığı kontrol edilmelidir.

5.4 Çıta Tansiyonu

Katamaranlarda tam boy çıtalı anayelkenler kullanıldığı için çıtaların ayarı yelkenin formu açısından oldukça önemlidir. Çıtaları ne kadar iyi ayarlarsak yelken performansımız o kadar artacaktır.

Çıtaların uzunluğu ve bükülme karakteristiği yelken ile uyumlu olmalıdır. Çıtaların seçiminin önemli olduğu kadar, çıtaların tansiyonunun mevcut rüzgar gücü, dalga durumu ve ekip ağırlığına göre ayarlanması da oldukça önemlidir. En optimal tansiyonu bulmak, işin içinde birçok faktör olduğu için kolay olmasa da şu basit kriterler temel prensipler olarak kabul edilebilir.

Çıtalardaki tansiyon arttıkça yelken üzerindeki tor da artacaktır. Yani çok tansiyon torlu, az tansiyon daha düz yelkenler demektir. Bu temel prensibe göre çıta tansiyonumuz şu şekilde ayarlayabiliriz:

- Hafif hava: Çok tansiyon
- Sert hava: Az tansiyon
- Hafif Ekip: Az tansiyon
- Ağır ekip: Çok tansiyon
- Az dalga: Az tansiyon
- Çok dalga: Çok tansiyon



Şekil 35: Çıta tansiyonu[1]

Burada çıta tansiyonu için 3 farklı faktörden bahsetsek de kararı daha dominant olan faktöre göre vermeliyiz.

Düzgün bir yelken şekline ulaşmak için en iyi yöntem karadayken katamaranı yan yatırıp, ana yelken iskotasını iyice kasıp ondan sonra çıtaları bağlamaktır. Tam direğin tepesinden bakarak yelkenin formunun düzgün olup olmadığı gözlemlenebilir.



Şekil 36: Çıta tansiyonu ayarlanması[2]

5.5 Direk Bükümü

Direklerin yük altında nasıl davrandıkları hem tekne üreticileri hem de yelkenciler için büyük önem taşımaktadır. Yük altında çok az esneyen rijit bir direk mi yoksa omurga hattı ve kemere hattında esneyen bir direk mi sorusunun net bir cevabı olmasa da birbirlerine göre avantajlarını bilmek ve direk bükümünün yelken formunu nasıl etkilediğini bilmek iyi bir yelkenci için oldukça önemlidir.

Rijit direklerin avantajlarından bahsedecek olursak ilk olarak yelken triminin daha kolay oluşunu sayabiliriz. Yelkenin toru sadece orsa yakası gerginliği, arka yaka, çıta tansiyonu ve iskota ile ayarlanmaktadır. Ayrıca rijit kanat direkler kullanılarak önyelken kullanılmadan da çok yüksek aerodinamik verimler elde edilebilir.(Şekil 28.9)

Bu avantajlarına rağmen küçük kesitli esnek direklere göre çok daha ağır olmaları rijit direklerin en önemli dezavantajıdır. Yerden yukarıda büyük bir ağırlığın olması teknenin eylemsizlik momentini arttırarak, yunuslama(pitching) ve yatış(rolling) hareketlerini arttırmaktadır. Buna ek olarak daha pahalıdırlar.

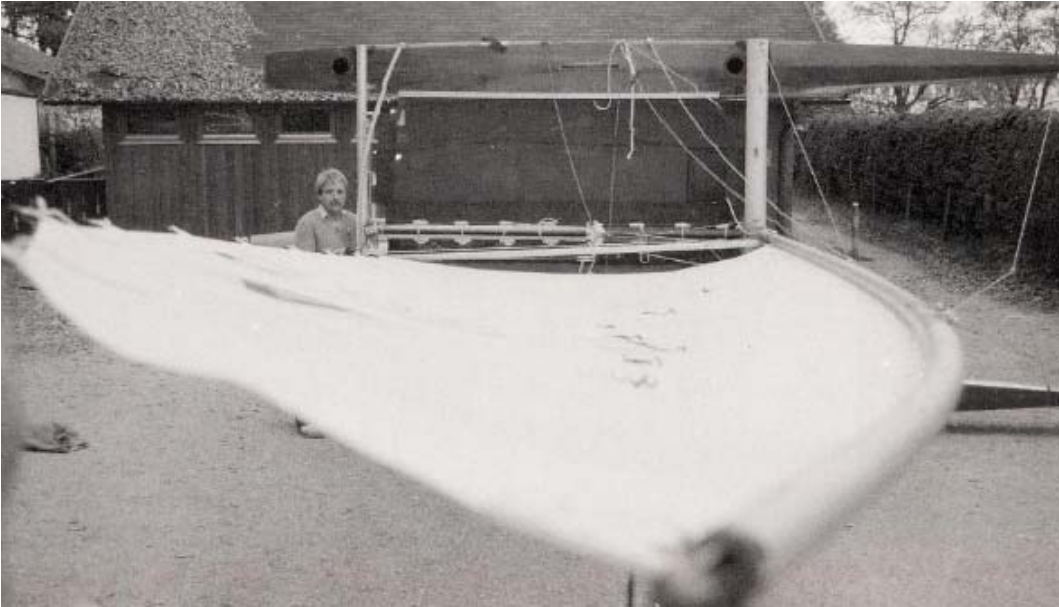


Şekil 37: Rijit kanat direkli C-class katamaran [17]

Esnek direklerin en önemli avantajı ise sundukları trim olanaklarıdır. Direk bükülerek yelkenin şekli üzerinde çeşitli değişiklikler yapılabilir.



Şekil 38: Oldukça esnek bir direğe sahip Unicorn teknesi [16]



Şekil 39: Direğin bükülmesi ile düzleşen yelken[2]

Günümüzde kullanılan direk kesitleri düşünüldüğünde direğin bükülmesini engellemek pek mümkün değildir. Bunun yerine yelkenlere vermek istediğimiz forma göre bu bükümü kontrol etmemiz gerekir. Direk bükümüyle ilgili genellemeler şu şekildedir:

- Tasarım olarak daha çok tor içeren yelkenler için daha esnek direkler gereklidir.
- Hafif ekipler için ağır ekiplere göre daha esnek direkler gereklidir.
- Hava sertleştikçe yelkendeki tor azaltılarak düzleştirilmelidir. Bu direk bükümüyle yapılabilir.

5.6 Diamond Ayarı

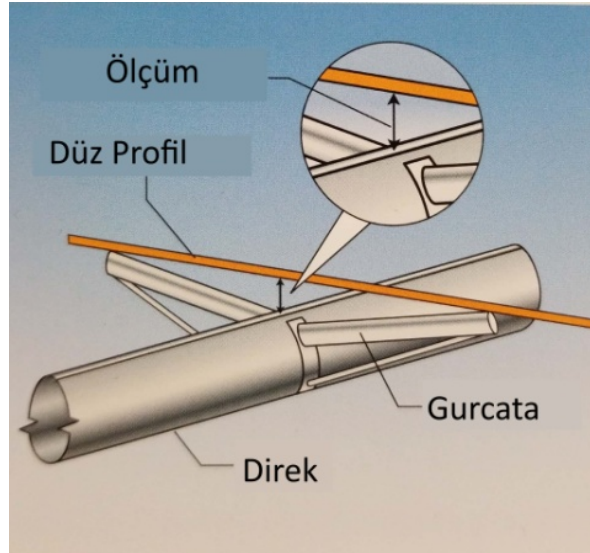
Tek gövdeli teknelerden farklı olarak katamaranlarda guncata ve çarmıh telleri birbiriyle bağlantılı değildir. Guncata bulunan katamaranlarda şeklinden dolayı diamond olarak adlandırılmış ekstra çarmıhlar bulunur. Diamond tellerinin gerginliğini ayarlayarak direğin bükümüne etki edilebilir. Diamond telleri gerginleştirilerek direğin bükülmesi engellenir, böylece torunu koruyan yelkenler daha fazla güç üretebilir. Diamond telleri gevşetildiğinde ise bükülen direkle yelken düzleştirilir ve gücü azaltılabilir.



Şekil 40: Diamond ayarı[3]

5.7 Guncata Açısı

Guncata açısı değiştirilerek de direğin bükümü ayarlanabilir. Maksimum güç için guncatalar düz olmalıdır. Guncataların eğimi arkaya doğru arttırıldıkça direktteki büküm artar, yelken düzleşir ve gücü azalır. Guncata eğimi, direğin arkasından guncataların uçlarını birleştiren çizgi arasındaki mesafeye göre ölçülür.



Şekil 41: Guncata eğimi ölçümü[1]

6. Sonsöz

Katamaranlar, yüksek stabiliteleri, hızları ve hafiflikleriyle uzun zamandır yelkencilerin tercih ettikleri bir tekne tipi olmuşlardır. Temel yelken prensibi aynı olsa da tek gövdeli teknelerden donanımsal olarak ayrıldıkları birçok nokta vardır. Umarım bu makale katamaranların fiziksel özellikleri ve donanımları hakkında fikir sahibi olmak isteyen yelkencilere faydalı bir kaynak olur ve Kilyos kayıkhanemizden başlayarak Türkiye’de katamaran sınıfının gelişimine katkıda bulunur.

7. Kaynakça

- [1]J. Evans, *RYA catamaran handbook*. Eastleigh: Royal Yatching Association, 2007.
- [2]E. Barth and K. Enzmann, *This is catamaran sailing*. London: Nautical Books, 1986.
- [3]P. Berman, *Catamaran Sailing: From Start To Finish*. New York: W. W. Norton & Company Inc, 1982.
- [4]T. Phipps and B. Phipps, *The Catamaran Book*, 4th ed. Fernhurst Books, 2017.
- [5]K. Miller, "Adjusting Mast Rake, Rudder Rake, and Toe-In", *Catsail.com*. [Online]. Available: <http://www.catsail.com/archives/v3-i2/feature3.htm>. [Accessed: 08- Mar- 2019].
- [6]K. Miller, "What's All This About Weather Helm?", *Catsail.com*. [Online]. Available: <http://www.catsail.com/archives/v2-i8/feature1.htm>. [Accessed: 08- Mar- 2019].
- [7]B. Mimlitch, "Hobie Racing", *North American Hobie Class Association*, 2002.
- [8]I. Dedekam, *Sail & rig tuning illustrated*. Steyning, West Sussex: Fernhurst Books, 2000.
- [9]"Dart 16", *Catamaran.co.uk*, 2014. [Online]. Available: <http://www.catamaran.co.uk/promotion/dart-16/>. [Accessed: 04- Apr- 2019].
- [10]"2016 Mixed Multihull - Panel report and recommendations", *Sail-world.com*, 2012. [Online]. Available: <https://www.sail-world.com/Europe/2016-Mixed-Multihull--Panel-report-and-recommendations/-96329?source=google>. [Accessed: 05- Apr- 2019].
- [11]"Formula 18". [Online]. Available: <http://www.f18-international.org/>. [Accessed: 01- Apr- 2019].
- [12]D. Brown, "This is Formula 18 Racing", 2012. [Online]. Available: <https://www.catsailingnews.com/2012/09/this-is-formula-18-racing-images-by.html>. [Accessed: 05- Apr- 2019].
- [13]E. Hurley, "Some Common Centerboard and Daggerboard Designs", *Sail Magazine*, 2015. [Online]. Available: <https://www.sailmagazine.com/boats/some-common-centerboard-and-daggerboard-designs>. [Accessed: 11- Mar- 2019].
- [14][Online]. Available: <https://www.slosailandcanvas.com/>. [Accessed: 01- Apr- 2019].
- [15]L. Connely, "Hobie Cats set sail during 50-year anniversary celebration in Dana Point", 2018. [Online]. Available: <https://www.ocregister.com/2018/10/29/hobie-cats-set-sail-during-50-year-anniversary-celebration-in-dana-point/>. [Accessed: 05- Apr- 2019].
- [16]*Unicorn-cats.org.uk*, 2010. [Online]. Available: <http://www.unicorn-cats.org.uk/images/stories/nationals2006/stone%203%20003.jpg>. [Accessed: 05- Apr- 2019].
- [17]P. Contin, "C-Class Cup 2015: Team Sentient Blue Interview", 2015. [Online]. Available: <https://www.catsailingnews.com/2015/09/c-class-cup-2015-team-sentient-blue.html>. [Accessed: 05- Apr- 2019].

[18]S. Allen, "57th Shearwater National Championships at Brightlingsea Sailing Club", *Sail-world.com*, 2013. [Online]. Available: <https://www.sail-world.com/news/172012/Shearwater-Nationals-at-Brightlingsea>. [Accessed: 15- Apr- 2019].

[19]"A Class Catamaran class", *Sail-world.com*. [Online]. Available: <https://www.sail-world.com/class/A-Class-Catamaran/>. [Accessed: 15- Apr- 2019].

[20]*sailing.org*. [Online]. Available: <http://www.sailing.org/classesandequipment/multihull/index.php>. [Accessed: 15- Apr- 2019].

[21]J. Ready, [Online]. Available: <http://www.johnready.co.uk/photo-gallery/4534680440>. [Accessed: 15- Apr- 2019].

[22][Online]. Available: <https://www.catsailingnews.com/2008/05/desing-vx-40-catamaran.html>. [Accessed: 14- Apr- 2019].