

**Balıkçı Gemilerinde Yakıt Tüketiminin Tespiti ve Azaltılması**

**Detection and Reduction of Fuel Consumption in Fishing Vessels**

Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi

Cilt: 4 Sayı: 1 (2018) 8-19

**Aytekin SARICA<sup>1,\*</sup>, Gökhan GÖKÇE<sup>2</sup>, Gökтуğ DALGIÇ<sup>3</sup>, Hüseyin ÖZBİLGİN<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Mersin, Türkiye, 33169

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana, Türkiye, 01380

<sup>3</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Rize, Türkiye, 53100

<sup>4</sup>Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Mersin, Türkiye, 33169

**ABSTRACT**

Subject of fuel consumption and savings in fishing vessels which is extensively studied in the international arena also have great importance for Turkish fisheries. With the widespread use of motorized fishing vessels, it is realized that fuel costs could reach up to 50% of total fishing costs and could threaten economic sustainability of fishing industry. This study reviews up to date influential fuel-saving factors in terms of operational and technical modifications, and suggests potential improvements to increase energy efficiency in fishing vessels.

The most important factors in the operational area are seen as: Energy audit, flowmeter installation, reduction of cruising and trawling speeds, periodical

maintenance, and savings up to %50 are achieved. In terms of technical modifications: Choosing the appropriate engine, gearbox and propeller, improving hydrodynamic structure of vessel, and reduction of drag force through modernisation of fishing gears appear as changes made in the first plan, and savings up to %40 are achieved.

Although changes for energy saving requires initial investment cost, it will contribute to economic sustainability and ecosystem-friendliness of fishing activities in the long term.

**Keywords:** Fishing vessels, fuel consumption, energy efficiency, ecosystem effect.

*Article Info*

Received: 06 December 2017

Revised: 30 January 2018

Accepted: 21 February 2018

\* (corresponding author)

E-mail: saricaaytekin@hotmail.com

## ÖZET

Uluslararası alanda yaygın şekilde incelenmekte olan balıkçı gemilerinde yakıt tüketimi ve tasarrufu konusu Türkiye balıkçılığı açısından da büyük önem arz etmektedir. Motorize teknelerin yaygınlaşmasıyla, yakıt giderleri toplam balıkçılık giderlerinin %50'sine kadar çıkabilmekte ve balıkçılık sektöründe ekonomik sürdürülebilirliği tehdit etmektedir. Bu çalışma yakıt tasarrufuna etki eden faktörleri işletimsel ve teknik değişiklikler üzerinden derlemekte ve balıkçı gemilerinde enerji etkinliğini arttırmaya yönelik potansiyel iyileştirmeler önermektedir.

İşletimsel alanda en önemli faktörlerin; enerji etüdü, yakıt sayacı takılması, seyir ve çekim hızının azaltılması, periyodik bakımların yapılması olduğu görülmüş ve %50'ye varan tasarruf elde edilmiştir. Teknik değişikliklerde ise; uygun makine, şanzıman ve pervanenin seçilmesi, teknenin hidrodinamik yapısının iyileştirilmesi, av araçlarının modernizasyonu ile sürüklenme kuvvetinin azaltılması ön planda yapılan değişiklikler olarak ortaya çıkmıştır ve %40'a varan tasarruf elde edilmiştir.

Enerji tasarrufuna yönelik değişimler ilk aşamada yatırım maliyeti gerektirse de uzun vadede balıkçılığın ekonomik sürdürülebilirliğine ve ekosistem dostu bir faaliyet olmasına katkı sağlayacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Balıkçı gemileri, yakıt tüketimi, enerji etkinliği, ekosistem etkisi.

## 1. GİRİŞ

Dünyada avcılık yolu ile üretilen toplam balık miktarı, filo kapasitesinin büyümesi ve teknolojik gelişmelere rağmen artmamaktadır. Sektörde, maliyetlerdeki petrol türevi kalemlerin (yakıt, ağ vb.) artışı ve daha uzak av sahalarında avcılık faaliyetleri gibi balıkçı davranışı değişikliklerinden kaynaklı giderler yükselmektedir. Ünal (2002) yakıt giderlerinin birçok etkene bağlı olduğunu belirtmiş ve bu nedenle her bir tekne için ayrıca hesaplanması zorunluluğunu ortaya koymuştur. Ticari balıkçılıkta yakıt giderleri toplam maliyetin %25-50'sini oluşturmaktadır (Tyedmers., 2001; Lam vd., 2011; Gaston vd., 2012; Cheilari vd., 2013; FAO, 2014). 2000 yılı için yapılan hesaplamalarda, küresel olarak 80 milyon ton ürün elde edilirken, yaklaşık 50 milyar litre yakıt kullanıldığı, bunun da dünya petrol tüketiminin yaklaşık %1,2 sini

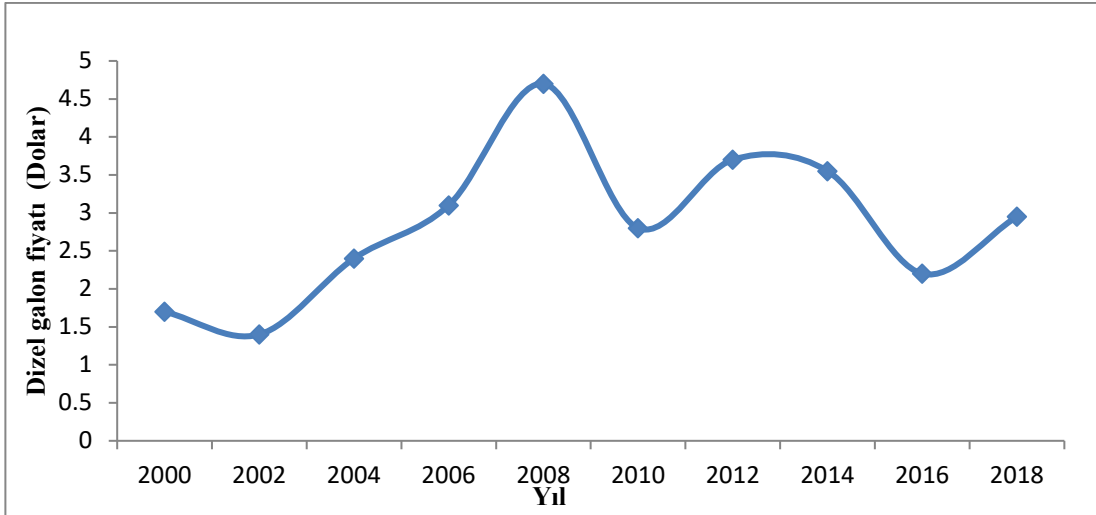
oluşturduğu görülmektedir (Tyedmers vd., 2005). Ayrıca artan çevre bilinci ile birlikte balığın hangi av aracıyla yakalandığı, av aracının yakıt tüketimi ve ekosisteme saldırdığı zararlı gazların etkisi gibi konular da önem kazanmaktadır. Tüm bu nedenlerle, yakıt tüketiminin tespiti ve azaltılması balıkçılık araştırmalarının önemli konuları arasında yerini almıştır.

Dünya genelinde yakıt fiyatları bazı dalgalanmalarla birlikte bir artış eğilimi göstermektedir (Şekil 1). Özellikle 2006-2008 yılları arasında meydana gelen fiyat artışları, balıkçılıkta yakıt bağımlılığının yeniden gündeme gelmesine ve enerji tasarrufunun önemine dikkatleri çekmiştir (Salz, 2006; Parente vd, 2008; Priour, 2009; Driscoll ve Tyedmers, 2010; Suuronen vd., 2012). Bu artışlar balıkçılığın ekonomik sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Beare ve McKenzie, 2006; Beare ve Machiels, 2012; Basurko vd., 2012; FAO, 2012a: 2012b; Vilaespaşa vd., 2010; Marlen ve

Salz, 2010; Eayrs vd., 2012). Çünkü avlanan ürünün satış fiyatları yakıt fiyatlarındaki artışın gerisinde kalmaktadır. Örneğin Avrupa'da 54 farklı balıkçı filosunu kapsayan bir analizde 2002 yılında yakıt giderleri, ürünlerin ilk satış fiyatının %14'ünü oluşturmaktayken, 2008 yılında bu oran %20'ye yükselmiştir (Cheilari vd., 2013).

Farklı tip balıkçı gemilerinde yakıt kullanımının tespitine yönelik ilk çalışmalar, 1970'lerdeki petrol krizini takiben başlamış, (Thomas vd., 2010), nispeten durağan bir dönemden sonra, 2006 yılında Brüksel'de gerçekleştirilen 'Balıkçılıkta Enerji Etkinliği Konferansı' ile önemli bir ivme kazanmıştır. Bu

konferansta 'Balıkçılığın çok yakıt tüketen bir faaliyet olmaya devam edeceği ve filonun yüksek yakıt fiyatlarına uyum sağlamak zorunda olduğu' sonucuna ulaşılmıştır. Polet vd. (2006) bazı tasarruf önlemleri ve av araçlarına yapılacak teknik değişikliklerle sürdürülebilirliğin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmalar genel olarak işletimsel ve teknik olmak üzere iki alt başlıkta ele alınmıştır. Bu derleme 'Balıkçılıkta Yakıt Tüketimi ve Tasarrufu' içerikli açık kaynak ulaşımı ile elde edilmiş ulusal ve uluslararası tüm eserleri kapsamakla beraber bunlara ait temel bulguları sunmayı ve literatürdeki boşluklara dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.



Şekil 1. 2000-2018 arasında ortalama dizel yakıt fiyatları (energy.gov)

## 2. İŞLETİMSEL OLARAK YAPILABİLECEK UYGULAMALAR

Balıkçı teknelerini yakıt tüketimi yönünden genellikle verimsiz olarak nitelendirmek mümkündür. Bu değerlendirmenin en yaygın nedeni ise genellikle balıkçı teknelerinin eski tip donanımlara sahip olması ve enerjinin doğru kullanılmamasıdır (Notti vd., 2012). Enerji etüdü (energy audit) (Thomas vd., 2010), gemide enerji tüketimini azaltmak ve mevcut gelişme potansiyelini değerlendirmek, enerjinin nasıl değiştirildiğini ve gemide nasıl

kullanıldığını analiz etmek için kullanılan en etkili yöntemlerden biridir. İyi planlanmış bir enerji etüdü, gemiye yatırılan birim para için en iyi yatırım getirisini garanti eder (Solla vd., 2012).

Modern balıkçılık yöntem ve araçlarının kullanılmasının yanında işletenin en iyi şartlarda gemiyi ve av araçlarını kullanması için teknolojik cihazların yardımı önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Balıkçı gemilerinin farklı durumlarda enerji tüketimlerini belirlemek amacıyla, çalışma süresi ve geminin o andaki hızıyla birlikte yakıt ölçüm ve görüntüleme imkânı veren sistemler bulunmaktadır. Sala vd. (2011),

CorFu-m olarak adlandırdıkları sistemi yarı-pelajik iki trol gemisinde uygulamış, seyir hızındaki 0,5 knot'lık bir azalma ile %10-15 arasında yakıt tasarrufu elde etmişlerdir. Sistemin amacı işletimsel verilerin toplanıp incelenmesiyle geminin en uygun şartlarda çalıştırılmasıdır. Çünkü etkin işletme tüm verilerin dikkate alınarak ideal yakıt tüketiminin hangi şartlarda olduğunu tespit etmek ile mümkün olabilmektedir (Notti vd., 2012; Poos vd.,

2013). Yakıt debisi ölçüm cihazı (flowmetre), takometre, küresel konumlama cihazı, çok kanallı kayıt ve görüntüleme aygıtları gibi cihazlar bu amaçlarla kullanılmaktadır. Özellikle gırgır ve trol gibi uzun ve düzensiz seferleri olan gemiler için enerji etütleri ile birlikte yakıt tüketimi izleme ve kontrol sistemleri önerilmektedir (Basurko vd., 2012). Şekil 2'de örnek izleme ve kontrol cihazları görülmektedir.



**Şekil 2.** (a) Yakıt tüketimi ölçümü için kütle akışı sensörleri; (b) Yakıt tüketiminin görselleştirilmesi için geminin köprü üstüne monte edilmiş çok kanallı kaydedici; (c) GPS veri kayıt cihazı (Sala vd., 2010)

Yapılan araştırmaların genelinde işletimsel olarak ön plana çıkan en önemli faktörlerden birinin seyir ve trol operasyonu sırasındaki hızın azaltılması olduğu görülmektedir. Çünkü hız artışıyla birlikte yakıt tüketimi katlanarak artmakta (Ronen, 1982; Tyedmers 2004; Corbett vd., 2009), dolayısıyla seyirde veya ağ çekimi sırasında tatbik edilen hızın azaltılması ile maliyet düşürülebilmektedir (Rossiter, 2006; Abernethy vd., 2010). Trol gemisinde çekim hızlarının optimize edilmesi ile farklı çalışmalarda %13-18 arasında yakıt tasarrufu elde edilmiştir (Parente vd., 2008; Vilaespa vd., 2010). Makine kullanım değerleri üzerinden yapılan hesaplarla seyir hızının optimize edilmesi ile %35,6 (Laurens ve Dasira, 2014) tasarruf öngörülürken benzer bir çalışmada modelleme yöntemi ile %40'a (Poos vd., 2013) varan tasarrufu hesaplanmıştır. Avustralya ticari balıkçılık filosunda yapılan bir enerji etüdü çalışmasında ise, sac bir Danimarka ırgırbı gemisi için seyir hızı azaltılmasının en etkili enerji tasarrufu yöntemi olduğu ve 'yakıt gideri / kazanç'

oranının en iyi değere ulaştığı tespit edilmiştir (Thomas vd., 2010).

Gemilerin kullandığı ana makineler sevk ve shaft sistemleri için temel unsur niteliğindedir ve geminin enerji tüketiminde en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle makinelerin düzenli bakımlarının yapılması, işletmenin verimliliği açısından da önemli görülmektedir (Vuçt ve Marlen, 2010; Marlen ve Salz, 2010). Ayrıca gemi makinesinin sıcaklık, nem, basınç gibi çalışma şartlarının değiştirilmesi veya iyileştirilmesi de izlenebilecek diğer bir yoldur. Gemi makinesinin bakımlı olması, örnek olarak valf ayarları düzgün, filtreleri temiz, pompa ve enjektörlerinin servis ayarlarında ve düzgün çalışır halde tutulması %4 civarında yakıt tasarrufu sağlamaktadır (Johnson, 2011). Yeni ve yakıt verimi daha yüksek, elektronik enjeksiyonlu ve daha küçük bir gemi makinesi ile de yıllık %17,4'e varan yakıt tasarrufu elde edilebilmektedir (Thomas vd., 2010). Makine yenilenmesi yüksek maliyete sahip olsa da güvenilirlik ve bakım ihtiyacının azlığı nedeniyle daha

avantajlıdır.

Her balıkçı gemisinin kendine özgü avlanma ve seyir yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler kullanıcının tercihlerine ve gemi tipine göre enerji sarfiyatında farklılıklar gösterebilmektedir. Demirci ve Karagüzel (2018), İskenderun körfezinde yaptıkları bölgesel yakıt analizi çalışmasında farklı tip balıkçı gemilerinin yakıt tüketimleri arasında yüksek farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle yapılan çalışmalar göstermektedir ki, limana yakın çalışma, gerektiğinde hedef türün değiştirilmesi ve 'bireysel tabanlı modeller' kullanılarak tekneye özgü etkin avcılık faaliyetlerinin kullanılması enerji verimliliği açısından yapılabilecek değişiklikler olarak görülmüştür (Bastardie vd., 2010; Johnson, 2011; Poos vd., 2013).

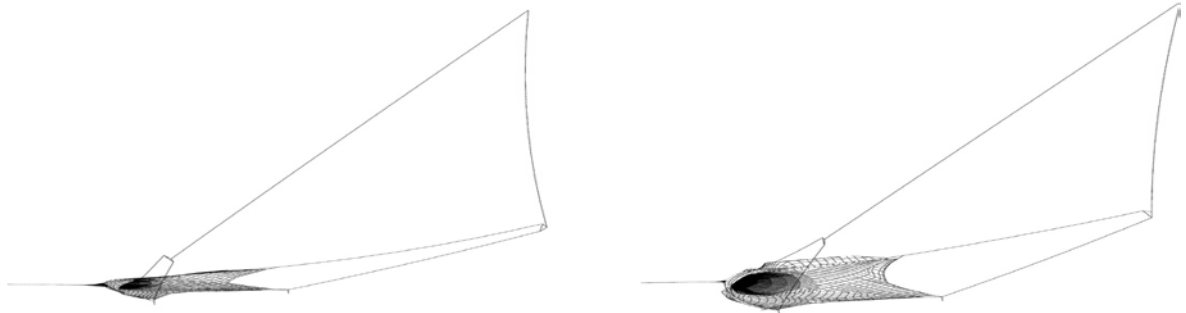
### 3. TEKNİK OLARAK YAPILABİLECEK UYGULAMALAR

Teknik değişiklikler bu çalışmada av aracı, gemi yapısı ve makinesi, alternatif enerji kaynakları alt başlıklarına ayrılmıştır. Aşağıda her ne kadar değişiklikler ayrı bölümler içerisinde aktarılmaya çalışılmış olsa da konuda mevcut literatürün yapısı gereği bazı değişkenler kendi başlığının haricindeki bölümlerde de beraber incelenmiş ve derlemede de bu şekilde sunulmuştur.

### 3.1 Av Araçlarının Yapısal Olarak Değiştirilmesi

Av araçları üzerinde yapılan çalışmaların genellikle trol balıkçılığında olduğu görülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar genel olarak trol ağı malzemesinin veya yapısının değiştirilmesi, kapıların hafifletilmesi ve son olarak da tek bir çalışmada karşılaşılan kırılgan trol gemilerindeki değişiklikler olarak görülmektedir. Yakıt sarfiyatı az olan ve av miktarında istatistiksel bir fark bulunmayan bir av aracının daha az yakıt tüketen bir hale getirilmesi ya da en azından filo tarafından kullanılmasının sağlanması hem enerji israfını önleyecek hem de olumsuz çevre etkilerini azaltacaktır.

Bu hedefler doğrultusunda av aracının kısmi yapısal değişikliği, tamamen değiştirilmesi veya matematiksel olarak modellenmesi ile yakıt sarfiyatı azaltılmış av araçları üretilmeye çalışılmaktadır. Şekil 3'te görülen çalışma kapsamında sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method) kullanılarak üç boyutlu hesaplamalar yardımıyla pelajik ve dip trol ağlarının suya karşı direnci azaltılıp, taradığı alanın artırılmasıyla pelajik trol ağında birim alana düşen kuvvet %43, dip trolünde ise %27 azaltılmıştır (Priour, 2009).



Şekil 3. Referans trol (solda) ve optimize edilmiş trol (sağda) (Priour, 2009)

2000 yılında yayınlanan bir çalışmada, sürüklenme direncinin %68'inin trol ağının kendisinden, %24'ünün trol kapılarından ve %8'inin palamar ve çelik halatlardan kaynaklandığı görülmektedir (Kunjipalu,

2000). Trol ağının en önemli direnç bölgelerinin ise trolün ön kısımları olan kanat, omuz ve karın kısımları olduğu belirtilmiştir (Sala vd., 2008). Ağın tasarımını optimize edecek sayısal

hesaplamalarla, sürüklenme kuvvetinin azaltılmasıyla %13-38 arasında yakıt tasarruf değerleri elde edilmiştir (Verhulst ve Jochems, 1993; Sala vd., 2002; 2008; Parente vd., 2008; Khaled ve Priour, 2010; Priour, 2012; Balash ve Sterling, 2012). Ağın hangi materyalden yapıldığı, kendi ağırlığının ve suyun ağ üzerindeki sürüklenmesinin yarattığı direncin azaltılması av araçları üzerine çalışılan diğer bir önemli konudur. İtalya’da yapılan bir çalışmada demersal trol gemileri için ağ gözlerinin büyütülmesi ve kanatların yapısının değiştirilmesiyle aynı dayanıklılıkta daha ince ip kalınlığına sahip Dyneema® (Ultra Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen) kullanılarak %30 yakıt tasarrufu elde edilmiştir (Sala vd., 2008). Şekil 4’te Dyneema® olarak adlandırılan yüksek yoğunluklu düşük ağırlığa ve su çekimine sahip halat görülmektedir.

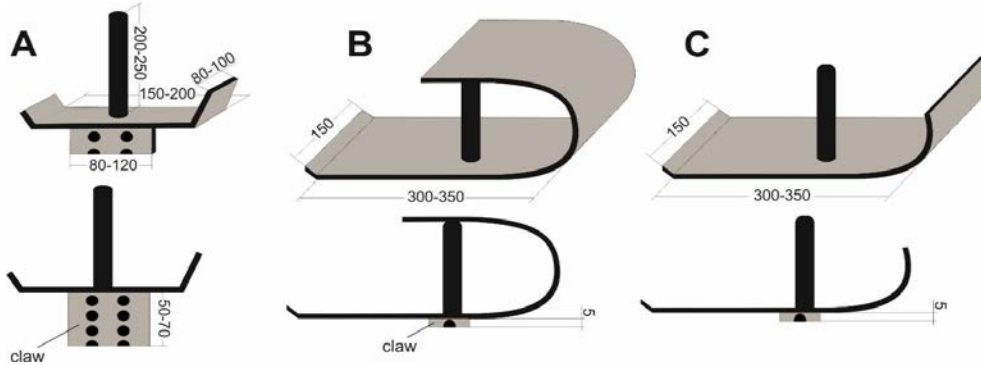


Şekil 4. Dyneema® halat yukarıda yeni ve aşağıda bir yıl kullanılmış (Hansen vd., 2013)

Kapılar, trollerin temel direnç kaynaklarından biridir. Kapıların tasarımının değiştirilmesi, hafifletilmesi ve/veya zeminin biraz üzerinde

çalıştırılmasıyla direnci azaltılabilmektedir. Literatürde kapı değişiminin enerji tasarrufuna etkisi ağdaki diğer değişikliklerle birlikte incelenmiştir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki Kuzey Denizi, Hint Okyanusu ve Amerika Birleşik Devletleri gibi farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda, Ultra Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen ağ malzemesi ve yarı pelajik kapı aynı anda kullanılarak %28-40 arasında yakıt tasarrufu elde edilebilmektedir [Vincent ve Roullot, 2006; Eayrs vd., 2012; Hansen vd., 2013]. Özellikle boyut olarak küçük ve yarı pelajik olarak belirtilen kapılar bu tasarrufta etkin rol oynamaktadır.

Algarnalar yoğun dip temasından dolayı yakıt tüketimi en yüksek olan av araçlarındandır. Hollanda’da geleneksel algarnalara alternatif olarak geliştirilen ve elektrik akımı kullanarak balığın zeminden yükselip ağa girmesini sağlayan ‘Pulse Trol’ün %45-50 daha az yakıt tükettiği, net gelir miktarında belirgin artış sağladığı ve ekosistem etkisinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Taal ve Hoefnagel, 2010; Marlen, 2012). Karadeniz’de deniz salyangozu avcılığında kullanılan üç farklı kızağa sahip algarna ile (Şekil 5’te bir adet geleneksel, T ve iki adet yapısal değişiklik yapılmış, M-1 ve M-2) yapılan bir çalışmada ise yakıt ölçüm cihazı ve kuvvetölçer kullanılarak iki farklı zemindeki (kumlu ve kumlu-çamurlu) yakıt tüketim ve direnç değerleri karşılaştırılmıştır (Kaykaç vd., 2017).



Şekil 5. A) Geleneksel (T), B) M-1 C) M-2 (Kaykaç vd., 2017)

Türkiye sularında balıkçı gemilerinde yakıt etkinliği konusunda yapılmış ve yayınlanmış ilk eser olarak dikkat çeken bu çalışmada, M-1 her iki zeminde, sabit devir sayısı ve çekim hızında en düşük yakıt tüketimine sahip kızak olarak tespit edilmiştir (Kaykaç vd., 2017).

### 3.2 Tekne Karinasının Temizliği

Sürtünme kuvveti konusunda yakıt tüketimine en fazla etkiye sahip olan faktörlerden bir tanesi karina bölgesinde meydana gelen kirliliktir. Karina temizliği ve kirlenmeyi önleyici boyalar (antifouling) yapılmadığında istenilen hızlara ulaşabilmek için daha fazla yakıt kullanılması kaçınılmazdır (Poloczanska vd., 2011; Schultz vd., 2011). Ayrıca seyir hızında, yoğun olarak kirlenmiş gemi karinasının %86, hafif kirlenmiş bir karinanın ise %10-16 arasında güç kaybına neden olacağı bildirilmiştir (Schultz, 2007). Küçük balıkçı gemilerinde karina kirlenmesi nedeniyle bir ayda yakıt tüketiminin %7, altı ayda %44 oranında arttırılabileceği belirtilmiştir (Wilson, 1999). Konuyla ilgili denizcilik literatüründe çalışmalar olsa da balıkçı gemilerine ait yayımlanmış eserler sınırlı sayıdadır.

### 3.3 Pervane, Dümen ve Geminin Gövde Hidrodinamik Yapısının Değiştirilmesi

Pervane ve dümen sistemlerinin en büyük enerji kaybının gerçekleştiği gemi bölümlerinden olduğu düşünüldüğünden, bu kısımlarla ilgili akışkanlar dinamiği çalışmaları dikkat çekmektedir. Alternatif bir dümen geometrisi üzerine yapılan hesaplamalar ve akıntı tankları denemelerinde %5'e varan tasarruf elde edilmiştir (Collazo vd., 2010). Ayrıca nozul sistemi kullanımı ile pervanenin itme gücünde %10-26 arasında değişen artış ortaya koyulmuştur (Messina, 2006; Notti ve Sala, 2012; Laurens ve Dasira, 2014). Haimov vd. (2010) nozul sistemi kullanımının pervanedeki kavitasyonu ve geminin titreşimini azaltıp, seyir hızını

arttıracakını bildirmişlerdir. Akıntı tankında yapılan testlerle; geminin hidrodinamik gövde yapısı, pervanesi ve dümeninde yapılan düzenlemelerle toplamda %50'ye varan yakıt tasarrufu elde edileceği akışkanlar dinamiği hesaplamalarıyla ortaya koyulmuştur (Rihan vd., 2010; Sarasquete vd., 2012).

Pervanelerin kanat şekilleri geleneksel sistemde sabit olmakla beraber hareketli kanat açısına sahip modelleri de bulunmaktadır. Hareketli sistemin sabit kanatlı sisteme göre %6-15 arasında avantajlı olduğu, ayrıca pervane ve makine arasındaki devir düşürücü sistemin kademesinin arttırılmasıyla da %5-12 arasında yakıt tasarrufu elde edileceği belirtilmiştir (Vilaespa vd., 2010).

Pervanenin boyutu, kanat sayısı, kanat alanı oranı ve makine devrine uygunluğu da önemli bir faktördür. En verimli pervanenin; kanat sayısı, kanat alanı oranı ve gemiye klerensi en az olan tipte ve devri en düşük olan olduğu düşünülmeyle beraber, artan verimliliğin yanında kavitasyon ve titreşimin de artacağı dolayısıyla çalışma konforunun düşeceği de belirtilmiştir (Wilson, 1999; Messina, 2006; Johnson, 2011; Sarasquete vd., 2012).

### 3.4 Yumru Baş (Bulbous Bow) Kullanımı

Hidrodinamik dirençler açısından daha az verimli olan klasik gemi baş yapılarının yerine direnci azaltarak yakıt tasarrufunu arttıran yumru baş uygulamalarının literatür çalışmalarında özel bir başlıkta değerlendirildiği görülmektedir. Balıkçı gemilerinde yumru baş kullanımının %10'luk yakıt tasarrufu sağlayacağı tahmin edilmektedir (Watson 2002). Vilaespa vd. (2010), beş adet Katalan trol gemisinde yaptıkları uygulamada sadece yumru baş ile %3-5 arasında bir tasarruf elde etmişlerdir. Baş tarafı daha ince, daha dar kemere, daha sığ kık bölgesi ve yumru baş ile daha hızlı ve yakıt tüketimi azaltılmış bir gemi yapısı olacağı belirtilmiştir (Rihan vd., 2010). Ayrıca boyu 18-24m aralığında olan balıkçı gemilerine, sonradan yumru baş

takılmasıyla aynı çalışma hızında yakıt tüketiminde %15 azalma olduğu görülmektedir (Johnson vd., 2011). Akıntı tankı testleriyle elde edilen matematiksel hesaplama sonuçlarında yumru başın boyunun 2.3m'den 3.4m'ye çıkarılmasıyla aynı hız değeri için %30'luk enerji kazancı elde edilmiştir (Sarasquete vd., 2012).

### 3.5 Yakıt Sistemine Uygulanan Manyetik Alan

Yakıtın yanma verimini arttırmak amacıyla yapılan çalışmalarda (Vilaespaşa vd., 2010; Sala ve Notti, 2014), gemi yakıt sisteminin üzerine bir manyetik alan aygıtı yerleştirilerek yakıtın polarize olmasını sağlayan bir cihaz kurulmuştur. Bu manyetik alan cihazı ile deniz araçları dışında %7-10 arasında elde edilen yakıt tasarrufunun balıkçı gemilerinde %4-9 arasında elde edilebileceği belirtilmiştir (Vilaespaşa vd., 2010; Sala ve Notti, 2014). Şekil 6'da manyetik alan aygıtı örneği görülmektedir.



Şekil 6. Manyetik alan aygıtı (Sala ve Notti, 2014)

### 3.6 Alternatif Yakıt Kaynakları ve Rüzgâr Enerjisi

Petro-Dizel alternatifi olabilecek makine yakıtları günümüz şartlarında, biyodizel, sıvı petrol gazı (LPG), sıvı doğalgaz (LNG),

sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), etanol ve hidrojen olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyodizel doğrudan hazır sistem üzerinde kullanılabilirken (Regenatoc, 2008), diğer yakıtların ise çifte sistem (Dual) olarak veya tamamen gaza çevrilerek kullanılabildiği görülmektedir (Sterling ve Goldsworthy, 2007).

Sterling ve Goldsworthy (2007) rüzgâr enerjisi kullanımıyla pervane sistemine %6'lık güç katkısı yapılabileceğini tahmin etmişlerdir. Ayrıca rüzgâr enerjisi kullanılarak geminin baş tarafından çekilen bir paraşüt sistemiyle yıllık yakıt maliyetinin %10-35 arasında, anlık yakıt tüketiminin ise %50'ye yakın azaltılabildiği belirtilmiştir (Brabeck, 2010). Şekil 7'de 'Skysails' olarak adlandırılan sistem örnek olarak görülmektedir.



Şekil 7. M/V Theseus "SkySails" sistemi (Brabeck, 2010)

## 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Balıkçılıkta enerji tasarrufu ihtiyacı sıklıkla dile getirilmekle birlikte, bu konudaki akademik çalışmaların Türkiye'de halen yeterli düzeyde ve bütünlük olmadığı görülmektedir. Uluslararası literatürde yapılmış olan uygulamalar için en yüksek yakıt tasarruf oranları Tablo 1'deki gibidir.



**Tablo 1.** Uygulamalar için en yüksek yakıt tasarruf oranları

Operasyonel Uygulamalar		Teknik Uygulamalar	
Makine Devir ve Hız Optimizasyonu	%40	Av Araçları ve Materyali	%40
Periyodik Bakım	%4	Hidrodinamik Yapı	%50
Makine Yenilenmesi	%17,4	Manyetik Alan Cihazı	%9
		Farklı Enerji Kaynakları	%50

Bu tabloda özetlenen değişimlerin ne oranda tasarruf sağladıkları bir potansiyel olarak düşünülmelidir. Her gemi, av aracı, av sahası ve av zamanının kendine özgün nitelikleri vardır ve bu nitelikler literatürde bildirilmiş olanlardan belirgin farklılıklar gösterebilmektedir. İşletimsel uygulamalar üzerine yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde makine devir ve hız optimizasyonunun deneysel yakıt tasarrufu değerleri en fazla %18'e (Parente vd., 2008) ulaşılırken, matematiksel modelleme yapılarak %40 (Poos vd., 2013) yakıt tasarrufu değeri öngörülmüştür. Periyodik bakım ve makine yenilenmesi uygulamaları literatürde iki çalışmada görülmekte olup enerji etüdü uygulamaları ile sırasıyla %4-14 değerleri elde edilmiştir (Thomas vd., 2010; Johnson, 2011). Teknik uygulamalar kısmında av araçları ve materyali bir bütün olarak düşünülüp değişiklikler deneysel olarak birlikte uygulandığında %40 yakıt tasarrufu değerine ulaşılmaktadır (Hansen vd., 2013). Hidrodinamik yapı için elde edilen %50'ye varan yakıt tasarrufu akışkanlar dinamiği hesaplamalarıyla elde edilen sonuçlar olup uygulamada yapılan değişimin sonuçlarını belirtmemektedir. Bunun sebebi ise pervane, dümen, tekne yapısı gibi geminin hidrodinamik unsurlarının gerçek anlamda değişiminin yüksek maliyete sahip olmasıdır. Manyetik alan cihazı ve farklı enerji kaynakları ile ilgili literatür çok kısıtlı olup balıkçı gemileri üzerinde denemesinin sadece birer çalışmada (Sala ve Notti, 2014; Brabeck, 2010) uygulamalı olarak yapıldığı görülmektedir. Sonuçların özellikle uluslararası balıkçılıkta güncel olarak etkisinin ve kullanımının olduğu anlaşılmakta ve Türkiye balıkçılığı

açısından etkisinin görülmesi için konuyla ilgili çalışmaların teşvik edilmesi önem arz etmektedir.

Balık stoklarının azalması ve yakıt fiyatlarının yükselmesi karşısında gerekli planlamaların uygulanmaması, balıkçılığın sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Buna rağmen birçok ülkenin balıkçılığı için mevcut tüketim miktarları tespitinin hem balık stokları hem yakıt tüketimi açısından yapılmadığı görülmektedir. Tüketimin tam olarak belirlenmesini sağlayacak yakıt debisi ölçüm cihazları ve diğer uygulamalar sayesinde hem balıkçı bilinçli olarak gemisini kullanıp tasarruf edebilecek hem de tüketimin amaç dışı olması önlenilecektir. Başlangıçta işletimsel uygulamalar, devamında ise teknik uygulamalar ile 'kazanç / yakıt gideri' oranının artacağı düşünülmektedir. İşletimsel ve teknik değişimlerin test ve uygulamaları balıkçılık sektöründe gelişmiş, oldukça sınırlı sayıda ülkede yapıldığı görülmektedir. Ülke balıkçılığının av araç ve yöntemleri açısından sahip olduğu olanaklar göz önünde bulundurulduğunda, 'enerji tüketimine yönelik tespitler ve tasarrufuna yönelik değişiklikler' konularında önemli bir araştırma eksikliği olduğu dikkat çekmektedir. Enerji ihtiyacını kendi kaynaklarıyla karşılayamayan ülkeler için belirtilen uygulama ve değişimlerin denemeleri yapılmalı ve etkileri ortaya koyulmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

Ünal, V. (2002). Trol Balıkçılığında Yatırımın Karlılık Analizi, Foça (Ege Denizi). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 19 (3-4): 411 – 418.

- Tyedmers, P.H. (2001). Energy consumed by North Atlantic Fisheries. Zeller D, Watson R, Pauly D, editors. *Fisheries impacts on North Atlantic Ecosystems: catch, effort and national/regional datasets*. Fisheries Centre Research Reports 9(3): 12–34.
- Lam, V.W.Y., Sumaila, U.R., Dyck, A., Pauly, D., Watson, R., (2011). Construction and first applications of a global cost of fishing database. *Ices Journal of Marine Science* 68. doi:10.1093/icesjms/fsr121
- Gaston, T., Thomas, G., Maynard, D., Frost, R., 2012. Energy efficiency through bycatch reduction – a radical approach. Proceedings of the Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Cheilari, A., Guillen, J., Damalas, D., Barbas, T. (2013). Effects of the fuel price crisis on the energy efficiency and the economic performance of the European Union fishing fleets. *Marine Policy* 40: 18–24.
- FAO, 2014. The state of world fisheries and aquaculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome.
- Tyedmers, P.H., Watson, R., Pauly, D., (2005). Fueling Global Fishing Fleets. Springer on behalf of Royal Swedish Academy of Sciences, *Ambio* 34 (8): 635-638.
- Salz, P., 2006. Economic performance of EU fishing fleets and consequences of fuel price increase. Contribution to the Conference on Energy Efficiency in Fisheries 2006, Brussels, Belgium.
- Parente, J., Fonseca, P., Henriques, V., Campos, A., (2008). Strategies for improving fuel efficiency in the Portuguese trawl fishery. *Fisheries Research* 93: 117–124.
- Priour, D., (2009). Numerical optimisation of trawls design to improve their energy efficiency. *Fisheries Research* 98: 40–50.
- Driscoll, J., Tyedmers, P., (2010). Fuel use and greenhouse gas emission implications of fisheries management: the case of the new england atlantic herring fishery. *Marine Policy* 34: 353–359.
- Suuronen, P., Chopina, F., Glassb, C., Løkkeborgc, S., Matsushitad, Y., Queirolo, D., Rihanf, D., (2012). Low impact and fuel efficient fishing— Looking beyond the horizon. *Fisheries Research*: 119–120: 135–146. doi: 10.1016/j.fishres.2011.12.009.
- Beare, D.J., McKenzie, E., 2006. Fuel price change and its affect on fuel costs and the profits of selected European fishing fleets. EU Conference on Energy Efficiency in Fisheries European Commission Directorate-General for Fisheries and Maritime Affairs, Brussels, Belgium.
- Beare, D., Machiels, M., (2012). Beam trawlermen take feet off gas in response to oil price hikes. *ICES Journal of Marine Science* 69(6): 1064-1068. doi:10.1093/icesjms/fss057
- Basurko, O.C, Gabiña, G., Uriondo, Z., 2012. Energy audits of fishing vessels: lessons learned and the way forward. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- FAO, 2012a. Fuel saving for small fishing vessels – A Manual. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome.
- FAO, 2012b. The state of world fisheries and aquaculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome.
- URL-1, (2018). 30.01.2018, <https://energy.gov>.
- Vilaespa, F.V., Alvarez, C.R., Mohedano, J.E.R., 2010. Improvement of the efficiency, sustainability and benefit of the Catalan trawl fleet Frederic. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Marlen, B.V., Salz, P., 2010. Energy Saving in Fisheries – EU project ESIF. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Eayrs, S., Thorbjornson, T., Ford, J., Deese, H., Smith, G. 2012. Saving fuel to increase profitability and reduce environmental impact in a U.S. ground fish fishery. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Thomas, G., O'Doherty, D., Sterling, D., Chin, C., (2010). Energy audit of fishing vessels. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, *Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment* 224: 87-101.
- Polet, H., Depestele, J., Stouten, H., & Vanderperren, E., 2006. Moving from beam trawls towards multi-rig ottertrawls – and further. EU Conference on Energy Efficiency in Fisheries European Commission Directorate-General for Fisheries and Maritime Affairs, Brussels, Belgium.

- Notti E., Buglioni G., Sala A., 2012. On the opportunity of improving propulsion system efficiency for Italian fishing vessels. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Solla, M., Coache, S., Sarasquete, A., 2012. Shymgen system: Optimizing the performance of shaft generator and drive train on fishing vessels. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Sala, A., De Carlo, F., Buglioni, G., Luchetti, A., (2011). Energy performance evaluation of fishing vessels by fuel mass flow measuring system. *Ocean Engineering* 38: 804-809.
- Poos, J.J., Turenhout, M.N.J., van Oostenbrugge, H.A. E., Rijnsdorp, A.D., (2013). Adaptive response of beam trawl fishers to rising fuel cost. *ICES Journal of Marine Science* 70(3): 675-684.
- Sala, A., De Carlo, F., Buglioni, G., Luchetti, A., 2010. Coriolis fuel mass flow metering for fishing vessels. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Ronen, D., (1982). The effect of oil price on the optimal speed of ships, *The Journal of the Operational Research Society* 33 (11): 1035-1040.
- Tyedmers P.H., (2004). Fisheries and energy use. *Encyclopedia Energy* 2: 683-693. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Corbett, J.J., Wang, H., Winebrake J.J., (2009). The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping. *Transportation Research Part D* 14: 593-598.
- Rossiter, T., 2006. Adapting fishing techniques in UK fisheries. EU Conference on Energy Efficiency in Fisheries European Commission Directorate-General for Fisheries and Maritime Affairs, Brussels, Belgium.
- Abernethy, K.E., Trebilcock, P., Kebede, B., Allison, E.H., Dulvy, N.K., (2010). Fuelling the decline in UK fishing communities. *ICES Journal of Marine Science* 67: 1076-1085.
- Laurens J.M., Dasira A., 2014. Improving the propulsive efficiency of an Indonesian trawler. Third International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2014, Vigo, Spain.
- Vugt, J.V., Marlen, B.V., 2010. The use of a Generic Energy Systems (GES) model for fishing vessels. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Johnson, T., 2011. Operating Strategies and Vessel Maintenance – simple guidelines. Energy Use in Fisheries: Improving Efficiency and Technological Innovations from a Global Perspective 2011, Seattle, USA.
- Demirci, A., Karagüzel M., (2018). The evaluation of fishing vessels fuel consumption and pollution emissions in the İskenderun Bay. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(1): 508-514.
- Bastardie, F., Nielsen, J.R., Andersen, B.S., Eigaard, O.R., (2010). Effects of fishing effort allocation scenarios on energy efficiency and profitability: An individual-based model applied to Danish fisheries. *Fisheries Research* 106: 501-516.
- Kunjipalu, K.K., (2000). Trawls - design, construction and methods training course manual. *Fishing Technology* 17-29.
- Sala, A., Luchetti, A., Palumbo, V., & Hansen K. (2008). Energy saving trawl in Mediterranean demersal fisheries. Maritime Industry, Ocean Engineering and Coastal Resources Guedes Soares & Kolev (eds), Taylor & Francis Group, London.
- Verhulst N, Jochems J. 1993. *Final Confidential report for the project TE-1.102 hp NET'92*. Research project financed by the Commission of the European Communities within the frame of the EEC research programme in the fisheries sector ("FAR").
- Sala, A. 2002. Development of fuel saving bottom trawl. *Report of the ICES Fisheries Technology Committee Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour*, Sète France.
- Khaled R., Priour, D., 2010. Numerical method for energy optimisation of bottom trawl. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Priour, D., 2012. Improvement of trawl efficiency using measurements at sea and numerical simulations. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Balash, C., Sterling, D., 2012. Prawn trawl drag due to material properties: An investigation of the potential for drag reduction. Proceedings of the Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain: 1-9. ISBN 9788461589432.
- Vincent, B., Roullot, J., 2006. Towed gear optimisation, application to trawls. EU on Energy Efficiency in Fisheries European Commission Directorate-General for Fisheries and Maritime Affairs 2006, Brussels, Belgium.

- Hansen, U.J., Tørring, P., Nielsen, J.W., Rønfeldt, J.L., 2013. Using Best Available Technology drastically improve Fuel Efficiency in Trawl Fisheries. Annual Meeting of the ICES-FAO Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour LIFE mini symposium 2013, Bangkok, Thailand.
- Taal, K., Hoefnagel E., 2010. Pulse trawl on flatfish as an alternative for beam trawl. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Marlen, B.V., 2012. Innovative energy saving fishing gears in the Dutch fleet. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Kaykaç, M.H., Düzbastılar, F.O., Zengin, M., Süer, S., Rüzgar, M., (2017). Measurements of fuel consumption and towing resistance in Sea Snail beam trawl fisheries: Preliminary results. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Poloczanska, E. S., Butler, A. J. 2011. *Biofouling*. Edited by: Durr, S. & Thomason, J.C., United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Schultz, M.P., Bendick, J.A., Holm, E.R., Hertel, W.M., (2011). Economic impact of biofouling on a naval surface ship, *Biofouling* 27: 87–98. doi: 10.1080/08927014.2010.542809
- Schultz, M.P., (2007). Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling* 23: 331–341.
- Wilson, J.D.K. 1999. *Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels*. FAO, Rome.
- Collazo, A.C., Fernández, A.S., 2010. Flow adapted rudder geometry for energy efficiency improvement on fishing vessels. Proceedings of the First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Messina, G., 2006. Some technological contributions to fuel savings in trawlers. EU Conference on Energy Efficiency in Fisheries European Commission Directorate-General for Fisheries and Maritime Affairs, Brussels, Belgium.
- Notti, E., Buglioni, G., Sala, A., 2012. An Energy Audit tool for increasing fishing efficiency. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Haimov, H., Bobo, M.J., Vicario, J., Corral J., 2010. Ducted Propellers. A Solution for Better Propulsion of Ships. Calculations and Practice. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Rihan, D., O'Regan, N., Deakin, B., 2010. The development of a green trawler. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.
- Sarasquete, A., Collazo, A.C., Coache, S., Meis, M., Ruiz, V., 2012. Increased energy efficiency of the fishing fleet due to improved hydrodynamic performance. Second International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2012, Vigo, Spain.
- Watson, G.M. (2002). *Practical ship design*, Elsevier Science, Oxford.
- Sala, A., Notti, E., 2014. Preliminary tests of new magnetic device for fuel saving and emission reduction in fisheries. Third International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2014, Vigo, Spain.
- Regenatc, 2008. *Biofuels for the fishing industry: An investigation into the use of pure plant oil as a replacement for marine diesel*, Regenatc Limited, 68 Milton Park Abingdon, United Kingdom.
- Sterling D., Goldsworthy L. 2007. *Energy Efficient Fishing: A 2006 review PART A - Alternative fuels and efficient engines*. Fisheries Research and Development Corporation, Australian Government, Project No. 2005/239 Final Report: Part A.
- Brabeck, S., 2010. SkySails – New Energy for Fishing Trawlers, Using clean wind power to trawl more profitably. First International Symposium on Fishing Vessel Energy Efficiency E-Fishing 2010, Vigo, Spain.