



ATASAM

Stratejik Arařtırmalar Merkezi
Center for Strategic Research

ALTERNATİF GEMİ YAKITLARI & İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Levent Akson

ATASAM Analiz
Ocak 2025

GİRİŞ

Sene 1884, İsveç Bilim Akademisi,

Svante Arrhenius adında genç bir üniversite öğrencisi doktora jürisi önündedir. Tez konusu, “kimyasal reaksiyonun gerçekleştiği sıcaklık ile reaksiyonun gerçekleşme süresi veya hızı arasındaki logaritmik bir ilişki olduğudur”. Eminim, siz de benim gibi bunun ne anlama geldiğini anlayamadınız, jüri üyeleri de kavrayamamış olmalı ki teze en düşük geçerli notu verirler. Çok değil sadece 19 sene sonra aynı ülkenin Bilimler Akademisi o tezi oluşturan çalışması nedeniyle Arrhenius’a Nobel Ödülünü verir.

Rehavete kapılmaz Arrhenius ve önemi yıllar sonra anlaşılacak bir ilke imza atar; “atmosferdeki karbondioksit miktarı ikiye katlarsa hava sıcaklığında 5 ya da 6 derecelik bir artış olabilir”. Dahi kimyacı, bu öngörüsünde ikiye katlama süresinin üç bin yıl süreceği gibi bir hata yapar. Bugün en güçlü bilgisayarlar bile ikiye katlamanın Arrhenius’un söylediği oranı gösteriyor, tek farkla bu olayın üç bin yıl değil içinde bulunduğumuz yüzyılda olacağıdır. Bugün sera etkisi dediğimiz olaya Arrhenius “sıcak ev” adını veriyor. 1850’li yıllarda atmosferde milyonda 280 olan karbondioksit miktarının günümüzde 420’ye yükselmesi evin ısındığının en belirgin göstergesi. Bugün olayın ciddiye almayanların başında “Ben insan kaynaklı iklim değişikliğine inanmıyorum, bazı günler hava ısınır, bazı günler hava soğur, buna hava durumu denir” diyen ve Paris İklim Sözleşmesinden ülkesini çeken Donald Trump var.

Tekrar konumuza dönecek olursak; karbondioksit fotosentezin ham maddesidir, bunu atmosferden çekip kullanan yalnız kara bitkileri değil, deniz ve göllerin ilk yüz metresinde yoğunlaşmış fitoplankton dediğimiz mikroskobik canlılardır. ABD Deniz Bilimleri Enstitüsü, fitoplanktonların ne kadar karbondioksiti fotosentez yoluyla atmosferden çektiklerini araştırılması konusunda Charles Keeling isimli genç bir yardımcı doçenti görevlendirir. Genç kimyacı, karbon dioksit ölçümleri için yakınında ağır sanayinin bulunmadığı Hawaii adasındaki Mauna Loa rasathanesinde ölçümlere 1958 senesinde başlar ve bu ölçümler günümüze dek sürer. Bu ölçümler sonucunda bilim insanları atmosferdeki karbondioksit artışının sanayiden kaynaklandığını kesinlikle ortaya koyarlar. Charles Keeling bu çalışmalarından dolayı 2002 yılında ABD Ulusal Bilim Madalyasına hak kazanır ve onur madalyası Beyaz Saray’da Başkan Bush tarafından takılır.

Çok merak ediyorum; bugün hayatta olmayan Charles Keeling’in onur madalyası “hata yapmışız rabbim affetsin” diye iklim değişikliği inkarcısı Trump tarafından geri alınabilir mi? Eminim Keeling bu günlere gökyüzünden gülerek bakıyordu.

İKLİM NEDİR?

İklim değişikliğini anlayabilmek için önce ‘iklim nedir’ konusunu anlamamız gerekiyor, Uzun yıllar boyunca yapılan ölçümlerin ortalamalarına dayanarak hazırladığımız beklentilere iklim diyoruz. Devamlı değiştiğini kabullendiğimiz olguya hava durumu, değişmediğini düşündüğümüze de iklim adını veriyoruz.

Holosen dediğimiz dönem bundan 18 bin sene önce başladı ve hala devam ettiğini kabul ediyoruz. Bu dönemin özelliği iklimin değişmemesiydi.

İklimi üç şey belirler; İlki Güneşten dünyaya gelen enerji miktarıdır, Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı.

İkinci ana faktör: yeryüzündeki kara ve denizlerin dağılımı ve bu yüzeyleri kaplayan nesnelere rengidir.

Son ana faktör ise atmosferin yapısıdır. Atmosferdeki gazların oranı Dünyanın Güneşten gelen ışığın ne kadarını tutup ne kadarını uzaya saçacağını belirler.

Dünyanın üzerinde hiç atmosfer olmasa yüzey sıcaklığı -18 derece olacaktı, atmosferde ısının bir kısmının hapsedilmesi nedeniyle Dünyanın ortalama yüzey sıcaklığı +16 derecedir. Aradaki fark tamamen atmosferin varlığından kaynaklanmaktadır. Paris İklim Sözleşmesi, 21.COP toplantısında 2015 tarihinde 197 ülke tarafından imzalandı ve 2016 tarihinde yürürlüğe girdi. Bu anlaşmaya göre küresel yüzey sıcaklık artışını 2 derece ile sınırlandırmak ve mümkünse 1.5 derecenin altında tutmaktır.

Atmosfer bilindiği gibi %78 azot %21 oksijen ve %1 diğer gazlardan oluşur. İşte ne oluyorsa bu %1 içindeki karbon dioksit, metan ve iki azot monoksit gazları yüzünden oluyor. Şöyle ki; Güneşten gelen ışınlar gezegenimize çarptıktan sonra kızılötesi ışınlar haline dönüşür ve yansır. Yansıyan ışık atmosferimizde çarptığında şöyle bir durum ortaya çıkar; iki atomlu gazlar (oksijen ve azot) ışığın uzaya saçılmasına müsaade eder ancak üç ve üzeri atomlu gazlara (karbondioksit, metan, iki azot monoksit) çarptığında ışık ne yapacağını bilemez, yarısı uzaya saçılırken diğer yarısı da dünyamıza döner ve gezegenimizi ısıtır.

Dünyanın atmosferinde ısıyı tutan gazlara ‘‘ sera gazları ‘‘ diyoruz. Bu gazlar karbon dioksit, metan, iki azot monoksit ve ozon gazlarıdır. Yanma dediğimiz olay, karbonun oksijenle birleşerek karbon dioksit oluşturmasıdır. Yani gemilerin hareket edebilmesi için fosil yakıtlar kullanılıyor ise yanma sonucu karbon dioksit ortaya çıkar.

ALTERNATİF GEMİ YAKITLARI

Gemilerin bir yılda atmosfere karbondioksit salımı 800 milyon tondur. Şimdi asıl konumuza geliyoruz, Avrupa Birliği 2050 yılına kadar well to wake sera gazları yoğunluğunu %80 azaltılması konusunda bu sene başından itibaren uygulanmak üzere limanlarına gelen 5000 gros ton üzeri tüm gemilere FuelEU Maritime adı altında bir uygulama getirmiştir.

Şu anlama geliyor; 2020 yılındaki well to wake karbon emisyon yoğunluğu 91.16 gr CO2 per mega joule eşdeğeri esas alınarak 2025/2029 %2, 2030/2034 %6, 2035/2040 %14.5, 2040/2045 %31, 2045/2049 %62 ve 2050 senesinde %80 azaltacaklardır.

Şimdilik Avrupa Birliğinin aldığı bu kararın bir benzerini ya da daha ağırlaştırılmış şartlarda IMO bu yıl içinde alacak ve muhtemelen 2026 senesinden itibaren uygulamaya koyacaktır. Bu şu demek; artık dünya denizlerinde IMO'nun belirleyeceği oranın dışında sera gazı emisyonuna çok ciddi cezalar getirilecektir.

Bunun farkındalığı içinde olan dünya armatörleri cezayı asgariye indirecek çözüm arayışına girmişler, yeşil yakıtlara (hidrojen, metanol ve amonyak başta olmak üzere) yönelmişler ancak bu yakıtların teminde zorluğu ve pahalılığı nedeniyle sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) bugün için tercih nedeni olmuştur.

Aşağıda konu hakkında bazı temel bilgileri bulabilirsiniz:

Alternatif Yakıtlar

Alternatif yakıtlar şu anda kullanılmakta olan diğer geleneksel yakıtlardan farklı çeşitli yakıtları içerir - ağır yakıt (HFO) ve çok düşük sülfürlü yakıt (VLSO)

• Alternatif yakıtlar aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir:

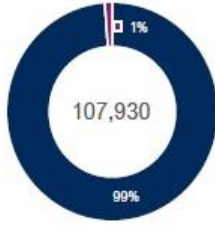
- **Gri yakıtlar:** ürettikleri emisyonlar yakalanmaz
- **Mavi yakıtlar:** ürettikleri karbon emisyonları yakalanır
- **Yeşil yakıtlar:** herhangi bir karbon emisyonu üretmezler

Ana Alternatif Yakıtlar:

- **LNG**
- **Amonyak**
- **Metanol**
- **Biofuel**
- **Hidrojen**
- **LPG**
- **Nükleer**
- **Hidrojen**
- **Batarya**

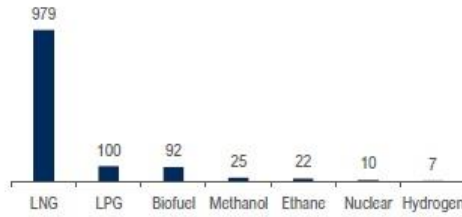
Alternatif yakıt kullanımı: Küresel filo

Küresel filo alternatif yakıt kullanımı

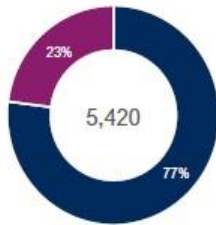


■ Conventional Fuel ■ Alternative Fuel

Alternatif yakıt kullanımı : toplam küresel filo

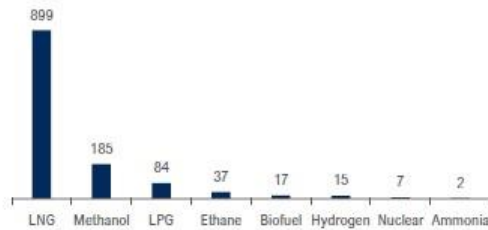


Küresel siparişler alternatif yakıt kullanımı



■ Conventional Fuel ■ Alternative Fuel

Alternatif yakıt kullanımı: toplam küresel siparişler



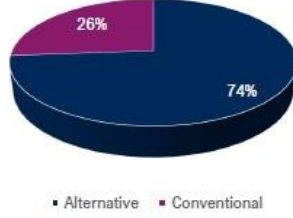
Ana bilgiler:

* Mevcut küresel filonun yaklaşık %1' i alternatif yakıt yakabilir. LNG en popüler alternatif yakıt teknolojisidir.

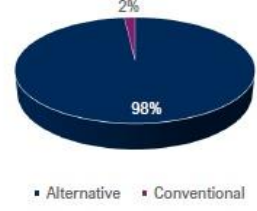
* Siparişteki gemilerin yaklaşık %23' ü alternatif yakıt yakabilir. LNG yine tercih edilen yakıttır ve metanol de ivme kazanıyor.

LNG

LNG filosu - yakıt kullanımı



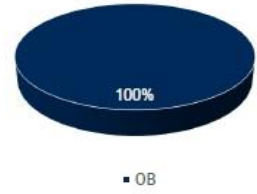
LNG siparişleri - yakıt kullanımı



LNG filosu - alternatif yakıt içindeki yakıt bileşimi

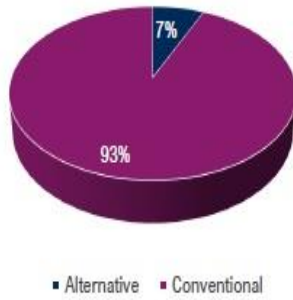


LNG siparişleri - alternatif yakıt içindeki yakıt bileşimi

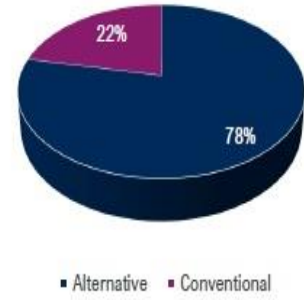


Konteynerler

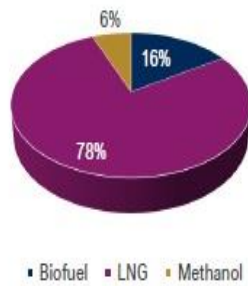
Konteyner filosu - yakıt kullanımı



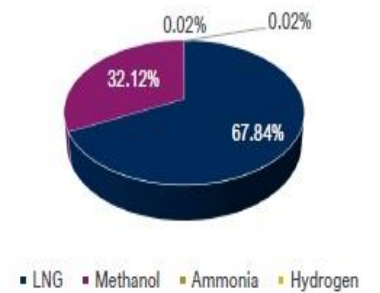
Konteyner siparişleri - yakıt kullanımı



Konteyner filosu - Alternatif yakıt içindeki yakıt bileşimi



Konteyner siparişleri - Alternatif yakıt içindeki yakıt bileşimi



LNG

* LNG, geleneksel yakıtlara göre daha düşük CO2 emisyonuna sahip olduğundan en kolay ulaşılabilen alternatif yakıt olduğu için önemli bir popülerlik kazanmıştır.

* Ancak, çıkarılma sürecinden son yanmaya kadar yaşam döngüsü boyunca metan kaçıışı vardır.

* Metan kaçıışı herhangi bir CO2 emisyonuna neden olmaz, ancak çok daha zararlı bir sera gazı olan metan emisyonuna neden olur.

* LNG, daha sonra daha düşük emisyonlara sahip biyo LNG ve sentetik LNG ile değiştirilebilir.



LNG: Avantajları ve Dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
<p>Şu anda, en çok tercih edilen alternatif yakıtlardan biridir.</p> <p>Teknolojisi mevcuttur ve test edilmiştir.</p> <p>VLSFO' dan daha yüksek bir enerji yoğunluğu vardır.</p> <p>VLSFO' ya kıyasla SOx ve NOx emisyonları daha düşüktür.</p> <p>Üretim ve nakliyesi için gerekli altyapısı ve tedarik zinciri mevcuttur.</p> <p>Maliyeti rekabetçidir, fiyatlamasının önümüzdeki yıllarda stabil hale gelmesi bekleniyor.</p>	<p>LNG kriyojenik bir sıvıdır ve -162°C veya altında depolanması gerekir. Bu nedenle depolama için ek ekipman gerekir.</p> <p>LNG' nin dökülmesi durumunda Hızlı Faz Geçişi (RPT) Riski oluşur ve buhar oluşumu meydana gelir; bu da özel elleçleme önlemleri gerektirir.</p> <p>Metan kaçıışı LNG kullanımındaki en büyük sorunlardan biridir. Metan, CO2'den yaklaşık 30 kat daha güçlü bir sera gazıdır. Ancak metan kaçışını azaltmak için metan azaltma teknolojileri üzerinde çalışılmaktadır.</p> <p>VLSFO ile karşılaştırıldığında yaklaşık 1,9 kat daha fazla depolama alanı gerektirir. Bu nedenle kargo kaybı olasıdır.</p>

Metanol

Şu anda neredeyse metanolün tamamı doğal gaz ve kömür kullanılarak üretiliyor. Ancak biokütle ve yenilenebilir elektrikten de üretilebilir.

Metanol elleçleme kolaylığı ve daha düşük emisyonları sebebi ile popüler bir alternatif yakıt haline geliyor.



Metanol: Avantajları ve Dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
<ul style="list-style-type: none">• Mevcut depolama ve ikmal tesislerine küçük modifikasyonlar gerektirir.• Yeşil metanol kullanıldığında well-to-wake sera gazı emisyonları daha düşüktür.• VLSFO' ya kıyasla SOx ve NOx emisyonları daha düşüktür.• Suda çözünebilir ve kolayca biyolojik olarak parçalanabilir, dolayısıyla sızıntı durumunda etkisi daha azdır.• Amonyak' a kıyasla enerji yoğunluğu daha yüksektir.• Kriyojenik değildir, oda sıcaklığında sıvı formda depolanabilir.• Makine teknolojisi mevcuttur ve uzun süredir kullanılıyor, retrofit projeleri devam ediyor.	<ul style="list-style-type: none">• Yeşil metanol üretim kapasitesi hala sınırlı.• Gri metanolun tank-to-wake emisyonları daha düşük ama well-to-wake emisyonları VLSFO' dan daha yüksek• Diğer alternatif seçeneklerle kıyaslandığında yeşil metanolün yüksek bir maliyeti var.• Başka sektörlerden yeşil metanol talebi olduğundan denizcilik sektörüne sunumu sınırlı olabilir.• VLSFO' ya kıyasla 2.8 kat daha büyük bir depolama alanı gerektiriyor. Bu yüzden kargo kaybı olasıdır.• Metanol, belirli oranda solunduğunda toksiktir.• Parlama noktası çok düşüktür, bu nedenle depolama tanklarının inert hale getirilmesi gerekir ve dolayısıyla ek ekipman gerektirir.

Biyoyakıtlar

Biyoyakıtlar bitkisel ve hayvansal yağlardan veya atıklarından üretiliyor.

Yanma işlemi sırasında karbon emisyonlarının azalmasına neden olmazlar. Ancak, bu emisyonlar üretimleri sırasında kısmen veya tamamen telafi edilebilir.

Bunlar bir 'ikame' yakıttır, yani mevcut bir yakıtın yerine minimum değişikliklerle doğrudan kullanılabilirler.

Bu nedenle, yeterli miktarda sürdürülebilir biyoyakıt olursa, kısa ila orta vadede biyoyakıtlar mükemmel bir alternatif yakıttır.



Biyoyakıtlar: Avantajları ve Dezavantajları

AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
<ul style="list-style-type: none">• İkame yakıt olması, herhangi bir değişiklik gerektirmediği ve emisyon azaltımının hemen sağlanabileceği anlamına gelir.• Ancak, salmastraların daha düzenli olarak değiştirilmesi ve daha düzenli sludge temizliği gerekebilir.• IMO, revize edilmiş 2023 GHG stratejisinde biyoyakıt kullanımını kabul etti ve belirli kriterlerin karşılanması koşuluyla daha düşük karbon emisyon faktörlerine izin verdi.	<ul style="list-style-type: none">• Birçok biyoyakıt sürdürülebilir olarak kabul edilmez ve şirketler bunları sürdürülebilir olarak sertifikalandırmak için bir süreci takip etmek zorundadır• Küresel olarak sınırlı miktarda sürdürülebilir biyoyakıt bulunmaktadır. Birçok endüstri biyoyakıtlara ihtiyaç duymaktadır ve denizcilik sektörü için yeterli sürdürülebilir biyoyakıt bulunabilirliği bir tartışma konusudur.• Bazı biyoyakıtların raf ömrü sınırlıdır.

Kaynaklar

- Sargun Tont – *İklim Değişikliği*
- Levent Kurnaz – *Son Buzul Erimesinden*
- Drewry Shipping Consultants – *Alternatif Gemi Yakıtları Verileri ve Tabloları*