

**\* KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \***

**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

**OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT OLARAK YÜKSEK KARBONLU ALKOLLERİN KULLANIMI**

**BİTİRME PROJE - A**

**211301036 211301042**

**ULAŞ BORAN KILIÇ YUSUF ALPTEKİN**

**Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**Proje Danışmanı: Arş. Gör. Dr. MUSTAFA DENİZ ALTINKURT**

OCAK 2025

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**

**OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**BİTİRME PROJESİ – A**

**SIKIŞTIRMA ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT OLARAK YÜKSEK KARBONLU ALKOLLERİN KULLANIMI**

**HAZIRLAYANLAR**

**211301036 211301042**

**ULAŞ BORAN KILIÇ YUSUF ALPTEKİN**

**JÜRİ ÜYELERİ**

**Arş. Gör. Dr. MUSTAFA DENİZ ALTINKURT**

OCAK 2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.........................................................................................................4

ÖZET............................................................................................................5

ABSTRACT................................................................................................6

GİRİŞ..........................................................................................................8

Yüksek Karbonlu Alkollerin Kimyasal Özellikleri Ve Üretim Yöntemleri………………………………………………………………9

Yüksek Karbonlu Alkollerinin İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Uygulanması…………………………..12

Sonuçlar ve gelecekteki araştırma yönleri……………………..31

Kaynakça..........................................................................34

ÖZGEÇMİŞ...............................................................................................35

Önsöz

Günümüzde hızla artan enerji talebi, fosil yakıtların çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik hedefleri, enerji sektöründe köklü değişimlerin gerekliliğini ortaya koymuştur. Sıkıştırma ateşlemeli motorlar, yüksek enerji verimliliği ve dayanıklılık özellikleri sayesinde birçok endüstride vazgeçilmez bir konuma sahiptir. Ancak, fosil yakıtların yoğun kullanımı, sera gazı emisyonlarının artmasına ve çevre kirliliğine yol açarak insanlık için önemli bir tehdit oluşturmuştur. Bu bağlamda, alternatif ve yenilenebilir yakıtların geliştirilmesi büyük bir önem kazanmıştır.

Yüksek karbonlu alkoller, yenilenebilir kaynaklardan üretilebilmeleri ve karbon nötrlüğü avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Özellikle pentanol, heksanol, heptanol ve oktanol gibi bileşikler, geleneksel yakıtlarla karıştırıldıklarında veya çift yakıt modunda kullanıldıklarında motor performansını artırmakta ve emisyonların azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, düşük sıcaklık reaktiviteleri ve özel yanma özellikleri sayesinde, reaktif kontrollü sıkıştırma ateşlemesi (RCCI) ve ön karışımlı sıkıştırma ateşlemesi (PCCI) gibi yeni nesil motor teknolojilerinde umut vadetmektedir.

Bu çalışmada, yüksek karbonlu alkollerin sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanım potansiyeli detaylı bir şekilde incelenmiştir. Motor performansı, yanma davranışları ve emisyonlar üzerindeki etkileri ele alınmış, bu yakıtların fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Araştırmamız, yüksek karbonlu alkollerin sadece mevcut motor teknolojilerinde değil, aynı zamanda gelecekteki motor tasarımlarında da çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik açısından önemli bir rol oynayacağına işaret etmektedir.

Bu çalışmanın, sürdürülebilir enerji çözümlerine katkı sağlayacağına ve enerji dönüşümünde önemli bir kaynak olarak yüksek karbonlu alkollerin potansiyelini ortaya koyacağına inanıyoruz. Çalışmamızın bu alandaki diğer araştırmacılara ilham vermesini ve alternatif yakıtlar üzerine yapılan çalışmalara yeni bir perspektif kazandırmasını temenni ediyoruz.

Çalışmamız sırasında bize yardımcı olan Mustafa Deniz ALTINKURT hocamıza teşekkür ederiz.

Özet

Bu çalışma, fosil yakıtların çevresel etkilerini azaltma, enerji bağımsızlığını artırma ve motor performansını iyileştirme hedefleri doğrultusunda, sıkıştırma ateşlemeli (CI) motorlarda yüksek karbonlu alkollerin alternatif yakıt olarak kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Yüksek karbonlu alkoller, yenilenebilirlik ve karbon nötrlüğü avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Özellikle pentanol, heksanol, heptanol, oktanol gibi yüksek lineer alkoller ve benzil alkol, feniletanol gibi aromatik alkoller, yakıt karışımlarında ve yeni nesil motor teknolojilerinde kullanım açısından umut vadetmektedir.

**Yüksek Karbonlu Alkollerin Özellikleri ve Avantajları**

Yüksek karbonlu alkoller, geleneksel yakıtlara kıyasla düşük sıcaklık reaktivitelerine ve optimize edilmiş yanma özelliklerine sahiptir. Bu özellikler, motor performansını artırırken PM ve NOx emisyonlarının eşzamanlı olarak azaltılmasına olanak tanımaktadır. Araştırmalar, bu alkollerin biyodizel, atık yağ ve dizel gibi yakıtlarla %10-40 oranında karıştırıldığında motor performansında belirgin bir iyileşme ve emisyonlarda azalma sağladığını ortaya koymaktadır. Yüksek karbona sahip alkoller, özellikle RCCI motorlarda yanma sırasında NOx ve PM emisyonlarını eşzamanlı azaltarak dikkat çekmektedir.

**Yeni Nesil Motor Teknolojilerindeki Kullanım**

Yüksek karbonlu alkollerin RCCI (Reaktif Kontrollü Sıkıştırma Ateşlemesi), PCCI (Kısmi Ön Karışım Sıkıştırma Ateşlemesi) ve HCCI (Homojen Şarj Sıkıştırma Ateşlemesi) gibi yeni nesil yanma konseptlerinde kullanımı araştırılmıştır. Bu motor konseptlerinde, EGR oranı, çift yakıt enjeksiyonu, sıkıştırma oranı ve hidrojen ilavesi gibi stratejilerle kombine edildiğinde motor performansı ve emisyon özelliklerinde daha da iyileşmeler sağlanabileceği tespit edilmiştir. RCCI motorlarda, enjeksiyon stratejisinin ve yakıt oranının optimize edilmesiyle hem performans hem de verimlilik artırılmıştır.

**Emisyon Azaltımı ve Yanma Optimizasyonu**

Yüksek karbonlu alkoller, motorların düşük sıcaklık yanma özelliklerini iyileştirerek PM, NOx, HC ve CO gibi düzenlenmiş emisyonların azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, EGR (Egzoz Gazı Resirkülasyonu) oranının ayarlanması ve çoklu enjeksiyon stratejileri, yanma sürecini optimize ederek emisyon kontrolü ve verimlilik artışı sağlamaktadır. Özellikle pentanol ve oktanol, NOx-PM dengesinde belirgin bir avantaj sunmaktadır.

**Biyodizel ve Atık Yağ ile Kullanım**

Yüksek karbonlu alkoller, biyodizel ve atık yağ gibi yenilenebilir yakıtlarla karıştırıldığında da olumlu sonuçlar vermektedir. Bu karışımlar, kararlı yakıt karışımları sağlayarak motor performansını artırmakta ve emisyonları azaltmaktadır. Ayrıca, kısa zincirli alkollerle karışım oluşturulduğunda, yanma stabilitesinin iyileştiği ve egzoz emisyonlarının daha da azaldığı tespit edilmiştir.

**Araştırma Yöntemleri ve Gelecekteki Çalışmalar**

Yüksek karbonlu alkollerin yanma süreçlerinin ve emisyon mekanizmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için gaz kromatografisi, kütle spektrometresi ve optik tanı teknolojileri gibi ileri seviye analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Ayrıca, kimyasal kinetik simülasyonlar ve moleküler dinamik analizleri, bu yakıtların yanma davranışlarının daha detaylı incelenmesine olanak tanımaktadır. Gelecekte, %50 ve üzeri karışım oranlarıyla uzun vadeli dayanıklılık testlerinin yapılması, bu yakıtların tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişteki rolünü belirlemek açısından kritik öneme sahiptir.

Abstract

This study comprehensively addresses the use of higher-carbon alcohols as alternative fuels in compression ignition (CI) engines, aligning with the goals of reducing the environmental impacts of fossil fuels, enhancing energy independence, and improving engine performance. Higher-carbon alcohols stand out due to their renewability and carbon-neutrality advantages. Specifically, higher linear alcohols such as pentanol, hexanol, heptanol, and octanol, as well as aromatic alcohols like benzyl alcohol and phenylethanol, show promising potential for use in fuel blends and next-generation engine technologies.

**Properties and Advantages of Higher-Carbon Alcohols**  
Higher-carbon alcohols exhibit low-temperature reactivity and optimized combustion characteristics compared to conventional fuels. These properties enhance engine performance while simultaneously reducing PM (particulate matter) and NOx (nitrogen oxides) emissions. Research indicates that blending these alcohols with fuels such as biodiesel, waste oil, and diesel at ratios of 10-40% leads to noticeable improvements in engine performance and emission reductions. Higher-carbon alcohols are particularly notable in RCCI (reactivity-controlled compression ignition) engines, where they simultaneously reduce NOx and PM emissions during combustion.

**Application in Next-Generation Engine Technologies**  
The use of higher-carbon alcohols in next-generation combustion concepts such as RCCI (Reactivity-Controlled Compression Ignition), PCCI (Partially Premixed Compression Ignition), and HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) has been extensively investigated. In these engine concepts, further improvements in engine performance and emission characteristics have been observed when combined with strategies like EGR (Exhaust Gas Recirculation) rates, dual-fuel injection, compression ratios, and hydrogen addition. Specifically, in RCCI engines, optimizing injection strategies and fuel ratios has led to significant enhancements in both performance and efficiency.

**Emission Reduction and Combustion Optimization**  
Higher-carbon alcohols contribute to reducing regulated emissions such as PM, NOx, HC, and CO by enhancing the low-temperature combustion characteristics of engines. Additionally, adjusting the Exhaust Gas Recirculation (EGR) rate and employing multi-injection strategies optimize the combustion process, enabling better emission control and increased efficiency. Specifically, pentanol and octanol offer notable advantages in balancing NOx and PM emissions.

**Use with Biodiesel and Waste Oil**  
Higher-carbon alcohols yield positive results when blended with renewable fuels such as biodiesel and waste oil. These blends enhance fuel stability, improve engine performance, and reduce emissions. Furthermore, when combined with short-chain alcohols, combustion stability is enhanced, and exhaust emissions are further reduced.

**Research Methods and Future Studies**  
Advanced analytical methods such as gas chromatography, mass spectrometry, and optical diagnostic technologies are employed to gain a deeper understanding of the combustion processes and emission mechanisms of higher-carbon alcohols. Additionally, chemical kinetic simulations and molecular dynamics analyses enable more detailed investigations of the combustion behaviors of these fuels. Looking ahead, conducting long-term durability tests with blend ratios of 50% or more will be critical for determining the role of these fuels in the transition to fully renewable energy sources.

1.Giriş

Günümüzde artan enerji talebi, fosil yakıtların çevresel etkileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ihtiyacı, alternatif yakıt arayışını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu bağlamda, sıkıştırma ateşlemeli (CI) motorlar, enerji verimliliği ve dayanıklılıkları nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak, bu motorlarda kullanılan fosil yakıtların çevresel ve ekonomik maliyetleri, alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasını ve geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Yüksek karbonlu alkoller (C4+), yenilenebilir kaynaklardan üretilebilme potansiyelleri ve karbon nötrlüğü avantajları ile bu alternatif yakıtlar arasında öne çıkmaktadır.

Yüksek karbonlu alkoller, pentanol, heksanol, heptanol ve oktanol gibi lineer alkoller ile benzil alkol ve feniletanol gibi aromatik alkolleri içerir. Bu yakıtlar, hem çevre dostu özellikleri hem de geleneksel fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında motor performansı ve emisyonlar üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle araştırma konusu olmuştur. Örneğin, daha önceki çalışmalar, yüksek karbonlu alkollerin düşük partikül madde (PM) emisyonları sağladığını, sıkıştırma ateşlemeli motorlarda düşük sıcaklık yanma modlarıyla uyumlu olduğunu ve yanma verimliliğini artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, bu yakıtların optimum kullanım oranları, motor ayarları ve performans üzerindeki etkileri gibi konular daha fazla araştırma gerektirmektedir.

Bu çalışmada, yüksek karbonlu alkollerin sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmanın temel amacı, bu yakıtların motor performansı, yanma dinamikleri ve emisyonlar üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Çalışmada, literatürdeki mevcut araştırmaların analiz edilmesiyle birlikte deneysel yöntemler kullanılmıştır. Yöntem olarak, yüksek karbonlu alkollerin farklı karışım oranlarında geleneksel dizel yakıtlarla kullanımı incelenmiş; bu yakıtların RCCI ve PCCI gibi ileri yanma konseptlerindeki performansları değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerin seçilmesindeki temel sebep, yüksek karbonlu alkollerin düşük sıcaklık reaktivitesini ve yeni nesil motorlarla olan uyumunu detaylı bir şekilde inceleyebilmektir.

Bu raporun devam eden bölümleri, okuyucunun çalışmayı daha iyi anlamasını sağlamak için yapılandırılmıştır. **İkinci bölüm**, yüksek karbonlu alkollerin kimyasal özellikleri ve üretim yöntemlerini kapsamaktadır. **Üçüncü bölüm**, bu yakıtların motor performansı ve emisyonlar üzerindeki etkilerini detaylı olarak ele alır ve kullanılan deneysel yöntemler ve analiz tekniklerini açıklar. **Son bölüm** ise çalışmanın sonuçlarını özetleyerek gelecekteki araştırma alanlarına dair önerilerde bulunur. Bu şekilde, çalışmanın hem akademik hem de endüstriyel uygulamalar açısından katkı sağlaması hedeflenmiştir.

2.Yüksek Karbonlu Alkollerin Kimyasal Özellikleri Ve Üretim Yöntemleri

2,1.Özellikler

Yüksek karbonlu alkollerin fizikokimyasal özellikleri, onları sıkıştırma ateşlemeli (CI) motorlarda alternatif yakıtlar olarak umut verici bir seçenek haline getirmektedir. Tablo 1'de gösterilen verilere göre, alkol molekülündeki karbon zinciri uzunluğu arttıkça yoğunluk, kinematik viskozite, düşük ısıl değer, setan sayısı (CN), kaynama noktası ve parlama noktası gibi özellikler kademeli olarak artış göstermektedir.

Yoğunluk açısından bakıldığında, aromatik alkoller hariç diğer yüksek alkollerin yoğunluğu, dizel yakıt ile büyük ölçüde benzerdir. Bununla birlikte, C6-C8 alkollerinin viskozitesi dizel yakıta göre çok daha yüksektir. Bu durum, yakıtın yağlama performansını artırırken püskürtme özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Isıl değer bakımından ise yüksek alkoller, enerji yoğunlukları açısından geleneksel yakıtlarla kıyaslanabilir düzeydedir. Örneğin, n-oktanolün düşük ısıl değeri, benzin ve dizel yakıtınkinden daha yüksektir, bu da yüksek karbonlu alkollerin enerji verimliliği açısından üstün olduğunu göstermektedir.

Setan sayısı (CN), CI motorlarda yakıtın kendiliğinden tutuşma özelliğini belirleyen önemli bir parametredir. Dizel yakıtın setan sayısı genellikle 45-55 aralığındayken, yüksek karbonlu alkollerin setan sayıları genellikle daha düşüktür. Ancak, karbon zinciri uzunluğunun artmasıyla birlikte yüksek alkollerin kendiliğinden tutuşma özellikleri iyileşirken, vuruntu direnci (anti-knock performansı) azalır. Bu nedenle, yüksek karbonlu alkoller CI motorlar için daha uygunken, kısa zincirli alkoller genellikle SI motorlarda daha iyi performans göstermektedir.

Yüksek karbonlu alkollerin gizli buharlaşma ısısı, karışım oluşumu ve yanma üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu alkollerin gizli buharlaşma ısısı, dizel yakıtınkinden yalnızca biraz daha yüksektir, bu nedenle ciddi soğuk çalıştırma sorunlarına yol açması beklenmez. C4-C6 alkolleri, kaynama ve parlama noktası açısından dizel yakıttan biraz daha düşük değerlere sahiptir, ancak C7-C8 alkolleri dizel yakıtla benzer kaynama noktalarına sahiptir. Aromatik alkollerin ise kaynama ve parlama noktaları, lineer alkollere göre daha yüksektir.

Ek olarak, yüksek karbonlu alkoller, kısa zincirli alkollere göre daha düşük higroskopisiteye sahiptir ve benzin veya dizel ile daha iyi karıştırılabilirlik stabilitesi sunar. Bu avantajlar, onları kısa zincirli alkoller için uygun birer alternatif olarak konumlandırmaktadır. Özellikle, enerji yoğunlukları, karıştırılabilirlik özellikleri ve çevre dostu özellikleri göz önüne alındığında, yüksek karbonlu alkoller, sürdürülebilir yakıt çözümleri için güçlü bir adaydır.

2,2 Üretim

Yüksek karbonlu alkoller, yenilenebilir kaynaklardan üretilebilen ve ikinci ile üçüncü nesil biyoyakıtlar arasında cazip bir seçenek olarak öne çıkan sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır. Son yıllarda, lignoselülozik biyokütle ve genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar kullanılarak yüksek alkollerin kitlesel üretimi önemli ölçüde ilerlemiştir. Ayrıca, endüstriyel atıklardan sentetik gaz (syngas) aracılığıyla uzun zincirli alkoller üretme yöntemlerinde de büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu teknolojik gelişmeler, yüksek alkollerin içten yanmalı (IC) motorlarda alternatif yakıt olarak uygulanabilirliğini güçlendirmiştir.

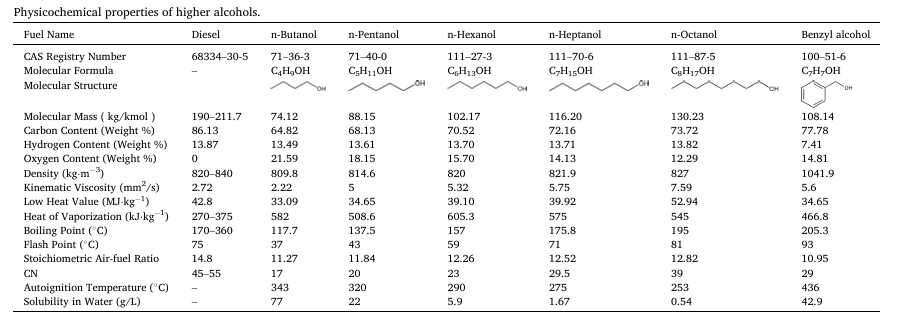
**Pentanol** gibi yüksek alkoller, çeşitli biyoteknolojik yöntemlerle üretilebilmektedir. Örneğin, pentanol, şekerlerin fermantasyonu veya lignoselülozik biyokütlenin gazlaştırılmasıyla elde edilen sentetik gazın katalitik dönüşümü yoluyla üretilebilir. Bunun yanı sıra, genetiği değiştirilmiş *Escherichia coli* gibi mikroorganizmalar kullanılarak glikozdan biyosentetik yollarla pentanol üretimi optimize edilmiştir. Bu yöntemler, çevre dostu üretim süreçlerini desteklemektedir.

Benzer şekilde, **n-hexanol** üretimi, etilen veya etanolün oligomerizasyonu yoluyla gerçekleştirilebilir ve nişasta bitkileri ya da lignoselülozik biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklardan sağlanabilir. Zhang ve ekibi, *Escherichia coli* kullanarak n-hexanol üretim verimliliğini artıran biyosentetik yollar geliştirmiştir.

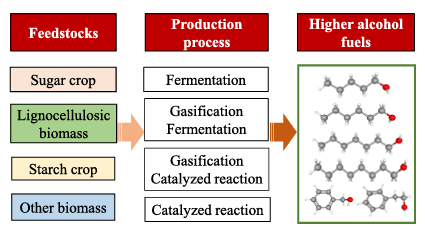
**N-oktanol** ise hem etilen oligomerizasyonu hem de genetiği değiştirilmiş mikroorganizmalar yoluyla üretilebilmektedir. Örneğin, *Escherichia coli* ve *Clostridium* türleri, n-oktanol üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Machado ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalar, *Clostridium* türlerini kullanarak n-butanol üretim yolunu genişletmiş ve n-oktanol verimliliğinde önemli bir artış sağlamıştır. Ayrıca, lignoselülozik biyokütleden n-oktanol üretimi üzerine yapılan çalışmalarda, çok fonksiyonlu katalizör sistemleri kullanılarak %93'e varan üretim verimleri elde edilmiştir.

**Aromatik alkoller,** doğrudan ligninin depolimerizasyonuyla üretilebilmektedir. Lignin, biyokütlenin %15-40'ını oluşturan ve doğada bol miktarda bulunan bir bileşiktir. Lignin bazlı üretim yöntemleri, enerji verimliliği açısından avantajlı olup daha kısa üretim süreçleri sunmaktadır. Aromatik alkollerin bu avantajları, onları diğer yüksek alkollere göre daha cazip bir seçenek haline getirmektedir.

Bu yenilikçi üretim süreçleri, yüksek karbonlu alkollerin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlayan önemli bir alternatif yakıt olarak potansiyelini göstermektedir.



Tablo 1



Yüksek alkollerin hammaddeleri ve üretim süreci

3. Yüksek Karbonlu Alkollerinin İçten Yanmalı Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Uygulanması

Yüksek karbonlu alkoller genellikle dizel, biyodizel, atık yağ ve benzin ile motorlarda karıştırılmaktadır. Ardından motor test tezgahı kullanılarak, fren özgül yakıt tüketimi (BSFC), fren termal verimlilik (BTE), fren özgül enerji tüketimi (BSEC), egzoz gazı sıcaklığı (EGT), silindir içi basınç, basınç artış hızı, ısı salınım hızı (HRR), ateşleme gecikmesi (ID), yanma fazlaması, karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO2), hidrokarbon (HC), azot oksitler (NOx), partikül maddeler (PM), is, kurum ve diğer göstergeler ölçülerek, yüksek alkol eklemenin motor performansı, yanma ve emisyon özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmaktadır.

3.1 Bütanol

Bütanol, C4H9OH formülüyle dört karbonlu bir alkoldür ve çeşitli izomerleri bulunur. Bu izomerler arasındaki fark, hidroksil grubunun (–OH) karbon atomu üzerindeki pozisyonlarına dayanmaktadır. Bütanolün dört izomeri, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Örneğin, n-bütanol, doğrusal bir yapıya sahip olup, oda sıcaklığında düşük tutuşma sıcaklığına ve viskoziteye sahiptir, bu da onu dizel yakıta uygun bir alternatif yapar. Bununla birlikte, bütanol izomerlerinin üretim ve uygulama alanları genellikle benzerdir, fakat üretim süreçlerinde kullanılan hammaddeler farklılık gösterebilir.

Bütanol, biyolojik yollarla üretilebilen ve fosil kaynaklarla da elde edilebilen bir bileşiktir. Biyolojik üretim, ABE fermantasyonu (asetat-bütanol-etanol) süreciyle gerçekleştirilir. Bu süreçte, özellikle Clostridium türleri kullanılarak biyokütle ve tarımsal atıklar gibi düşük maliyetli kaynaklardan bütanol üretilir. Tarımsal atıkların kullanımı, hem gıda üretimi için ayrılan kaynakları korur hem de çevresel sürdürülebilirliği artırır. Başlangıçta, bütanol üretimi gıda maddeleri, örneğin şeker kamışı ve mısır gibi nişasta içeren ürünlerden sağlanıyordu. Ancak bu durum, gıda fiyatlarının yükselmesine ve bazı bölgelerde gıda kıtlığına yol açmıştır. Bu nedenle, endüstriyel veya tarımsal atıkların kullanımı daha uygun hale gelmiştir.

Modern biyolojik bütanol üretimi, teknoloji ve bilimdeki ilerlemelerle büyük bir ivme kazanmıştır. 1980’ler ve 1990’larda bazı ülkelerde yapılan pilot çalışmalar, bütanol üretim verimliliğini artırmak için yeni yöntemler geliştirilmesine olanak tanımıştır. Tarımsal atıkların kullanımı, düşük maliyetli ve çevre dostu bir alternatif sunar. Örneğin, buğday ve mısır sapları, patates kabukları, meyve ve sebze atıkları gibi malzemeler, bütanol üretiminde kullanılabilir. Bu atıkların biyoyakıt üretimi için değerlendirilmesi, gıda ürünlerinin biyoyakıt üretiminde kullanılmasından daha sürdürülebilir bir yaklaşım sunar.

Biyobütanol üretiminde kullanılan yöntemler üç nesile ayrılabilir. Birinci nesil biyobütanol, nişasta açısından zengin ürünlerin fermantasyonuyla üretilmiştir. İkinci nesil biyobütanol, lignoselülozik biyokütle, örneğin pirinç samanı ve yağ palmiyesi lifi gibi kaynaklardan elde edilmiştir. Üçüncü nesil biyobütanol ise alglerin fermantasyonu ile üretilmiştir. Bu farklı üretim süreçleri, her bir nesilin çevresel etkileri ve ekonomik verimliliği üzerine değişik avantajlar sunar.

Bütanol, geleneksel yakıtlara karşı en umut verici alternatiflerden biri olarak öne çıkmaktadır. Hem tarımsal atıklardan üretilebilmesi hem de çevresel etkilerinin daha düşük olması, onu biyoyakıtlar için önemli bir seçenek yapmaktadır. Bu süreçlerin geliştirilmesi, hem yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlenmesine katkı sağlar hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir adım atılmasını sağlar.

**Avantajlar:**

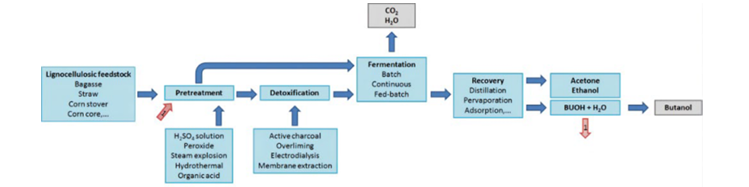
1. **Yenilenebilirlik**: Bütanol, biyolojik yollarla üretilebilir, özellikle tarımsal atıklardan elde edilmesi, yenilenebilir bir kaynak olarak öne çıkar. Bu, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır ve sürdürülebilir enerji üretimini teşvik eder. Ayrıca, gıda ürünlerinden ziyade atıklardan üretilmesi, gıda güvenliği sorunlarına neden olmaz.
2. **Düşük çevresel etkiler**: Bütanol üretimi, fosil yakıtların yerine geçebilecek çevre dostu bir alternatif sağlar. Tarımsal atıkların kullanımı, bu atıkların bertaraf edilmesini sağlar ve döngüsel ekonomiye katkıda bulunur .
3. **Yüksek enerji yoğunluğu**: Bütanol, etanol ve metanolden daha yüksek bir enerji yoğunluğuna sahip olup, bu da motorlarda daha iyi performans sağlar ve yakıt verimliliğini artırabilir .
4. **Yakıt stabilitesi**: Bütanolün viskozitesi, dizel yakıta yakın olup, bu da onun motorlarda daha stabil ve verimli kullanılabilmesini sağlar. Ayrıca, bütanol, düşük alkollerle karıştırıldığında, faz ayrımı problemi yaşanmaz, bu da motor performansını iyileştirir .

**Dezavantajlar:**

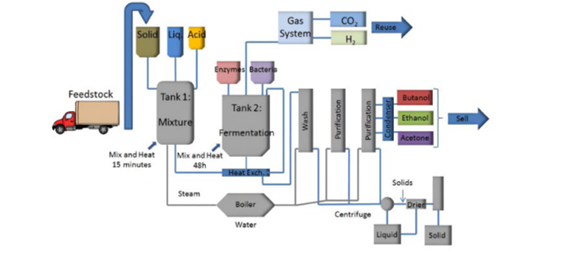
1. **Yüksek üretim maliyetleri**: Bütanol üretiminin maliyetleri, özellikle biyolojik üretim yöntemleriyle, fosil yakıtlarla üretilen benzer yakıtlara kıyasla yüksek olabilir. Bu durum, bütanolün geniş çapta ticari kullanımını sınırlayabilir.
2. **Fosil yakıtlara olan bağımlılık**: İlk nesil bütanol üretimi, nişasta bazlı ürünlerden yapıldığında, bu süreç gıda kaynaklarını tehdit edebilir. Bu durum, gıda fiyatlarını artırabilir ve bazı ülkelerde gıda krizlerine yol açabilir.
3. **Teknolojik engeller**: Bütanol üretiminde kullanılan ABE fermantasyonu gibi biyoteknolojik süreçler, verimlilik açısından sınırlamalara sahiptir. Özellikle düşük verimlilik, bütanol üretiminin ekonomik açıdan rekabet edebilirliğini zorlaştırabilir .
4. **Sınırlı hammaddeler**: İkinci ve üçüncü nesil biyobütanol üretimi tarımsal atıklara dayansa da, bu atıkların tedarik zincirleri bazen yetersiz olabilir. Ayrıca, bu atıkların verimli bir şekilde işlenmesi için ileri düzey teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır .

**Sonuç Olarak**

Bütanolün biyoyakıt olarak kullanımı, birçok çevresel ve ekonomik avantaj sağlasa da, üretim süreçlerindeki maliyetler ve teknolojik engeller gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır.



Biobütanol üretim şeması



Biobütanol üretim tesisi şeması

3.2 Pentanol

N-pentanol, beş karbonlu düz zincir yapısına sahip bir alkol olup, dizel motorlarında kısmi bir ikame olarak yaygın şekilde araştırılmıştır. Bunun nedeni, n-pentanolün düşük setan sayısına (CN) sahip olması nedeniyle saf yakıt olarak kullanımının sınırlı olmasıdır. N-pentanol, dizel yakıtına eklendiğinde motorun performansını, emisyonları ve yanma sürecini etkiler. Örneğin, Wei ve arkadaşları , n-pentanolün dizel yakıta eklenmesinin ateşleme gecikmesini uzattığını, HRR'yi artırdığını, ancak BSFC'yi yükselttiğini ve BTE üzerinde önemli bir etki yapmadığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, emisyonlar açısından CO ve HC emisyonları yükle bağlı olarak değişkenlik gösterirken, NOx emisyonları artmıştır.

N-pentanolün en belirgin etkilerinden biri, düşük emme basıncı koşullarında dizel motorlarının çalışma aralığını genişletmesidir. Zhao ve arkadaşları bu durumu, pentanol-dizel karışımının ateşleme gecikmesi süresini uzatıp, daha kısa bir yanma süresi sağladığını belirterek desteklemişlerdir. Ancak, yüksek oranda n-pentanol eklemek, ateşleme zorluklarına ve soğuk başlatma performansının kötüleşmesine yol açabilir.

Sonuç olarak, n-pentanol, dizel motorlarında kısmi ikame olarak faydalı olabilir, ancak düşük CN nedeniyle, performans iyileştirmeleri sağlamak için bazı katkı maddelerinin kullanılması gerekebilir

Çeşitli çalışmalar, n-pentanol/dizel karışımlarının emisyon özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı EGR (egzoz gazı geri dönüşümü) oranları ve enjeksiyon stratejilerinin etkilerini incelemiştir. Örneğin, Kumar ve arkadaşları , n-pentanol/dizel karışımlarına %20-30 oranında EGR eklemenin, NOx ve duman emisyonlarını aynı anda azaltabileceğini, ancak motor performansında hafif bir düşüşe yol açtığını bulmuşlardır. Santhosh ve arkadaşları , n-pentanol oranı arttıkça BTE’nin düştüğünü ve EGR kullanımının bu durumu daha da kötüleştirdiğini gözlemlemişlerdir. Şen ve arkadaşları , enjeksiyon zamanlamasının, ateşleme gecikme süresini uzattığını ve duman emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir. Li ve arkadaşları , EGR olmadan yapılan tek enjeksiyon stratejileriyle n-pentanolün düşük NOx ve duman emisyonlarına ulaşabildiğini ve dizel ile eşdeğer verimlilik sağladığını bulmuşlardır.

Bu çalışmalar, dizel motorlarında %50'ye kadar n-pentanol karışımlarının uygulanabilirliğini doğrulamıştır. Motor performansına etkisi, BSFC'nin arttığı ancak BTE üzerinde çok büyük bir değişiklik olmadığı yönündedir. Emisyonlar açısından, n-pentanol karıştırılmasının özellikle duman emisyonlarını azaltmada etkili olduğu görülmüştür, ancak CO, NOx ve HC emisyonlarının etkileri motorun çalışma koşullarına göre değişmektedir. EGR oranları ve enjeksiyon zamanlamalarının ayarlanması, duman emisyonlarını daha da azaltmakta ve duman-NOx değişim oranını iyileştirmektedir.

Bazı çalışmalar, düzenlenmemiş emisyonlar üzerinde de durmuştur. Yılmaz ve arkadaşları , n-pentanolün dizel ile karıştırılmasının PAH (polikiklik aromatik hidrokarbon) emisyonlarını %42,02 oranında azalttığını, toksisitesini ise %84,34 oranında düşürdüğünü belirtmişlerdir. Aynı şekilde, biyodizel ve atık yağlarla yapılan karışımların performans ve emisyonlar üzerinde farklı etkiler yarattığı da gözlemlenmiştir. Zhu ve arkadaşları , n-pentanol-biyodizel karışımının, saf biyodizel ve dizelden daha iyi bir BTE ve daha düşük partikül emisyonları sağladığını ancak HC ve CO emisyonlarının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Yılmaz ve arkadaşları , dizel ve biyodizel üzerine n-pentanol eklenmesinin BTE üzerinde zıt etkiler yarattığını, dizel ile eklemenin BTE’yi düşürdüğünü, biyodizel ile eklemenin ise artırdığını belirlemişlerdir.

Sonuç olarak, n-pentanolün biyodizel ve atık yağlarla karıştırılarak dizel motorlarında kullanılmasının performans ve emisyonları iyileştirmede önemli rol oynayabileceği, ancak kullanılan oranlara bağlı olarak motor performansı ve emisyonlar üzerinde farklı etkiler yaratabileceği vurgulanmaktadır.

**Avantajlar:**

1. **Düşük Setan Sayısı ve Performans İyileştirmeleri:**

**n-pentanol**, dizel motorlarına eklendiğinde ateşleme gecikmesini uzatır ve HRR’yi (Isı Salınım Hızı) artırır, bu da daha iyi bir performans sağlayabilir. Bu durum, özellikle düşük emme basıncı koşullarında motorun çalışma aralığını genişletir ve motorun daha verimli çalışmasına olanak tanır .

1. **Emisyon İyileştirmeleri:**

**n-pentanol**-dizel karışımları, duman emisyonlarını azaltmada etkili olmuştur. Bu, özellikle düşük emisyonlu motor uygulamaları için faydalıdır. EGR (Egzoz Gazı Geri Dönüşümü) oranlarının ve enjeksiyon zamanlamalarının ayarlanmasıyla, duman emisyonları daha da azaltılabilir .

1. **PAH Emisyonlarının Azaltılması:**

**n-pentanol**, dizel yakıtına eklenerek PAH (Polikiklik Aromatik Hidrokarbon) emisyonlarını %42,02 oranında azaltmıştır. Bu, çevreye zararlı emisyonları kontrol etmek açısından önemli bir avantajdır .

1. **Biyodizel ve Atık Yağlarla Karıştırılabilirlik:**

**n-pentanol**, biyodizel ve atık yağlarla karıştırıldığında, daha iyi bir termal verimlilik (BTE) sağlayabilir ve daha düşük partikül emisyonları elde edilebilir. Bu da biyodizel ve atık yağ kullanımının teşvik edilmesine yardımcı olabilir .

**Dezavantajlar:**

1. **NOx Emisyonlarındaki Artış:**

**n-pentanol** eklenmesi, motor performansını iyileştirse de, **NOx emisyonlarında bir artışa** neden olabilir. Bu durum, çevre dostu bir çözüm sağlamak için daha fazla optimizasyon yapılması gerektiğini gösterir.

1. **Soğuk Başlatma Zorlukları:**

**Yüksek oranlarda n-pentanol** eklemek, soğuk başlatma performansını kötüleştirebilir ve motorun ateşleme zorluklarına yol açabilir. Bu da özellikle soğuk iklim koşullarında motorun çalışmasında zorluklar yaratabilir.

1. **BSFC Artışı:**

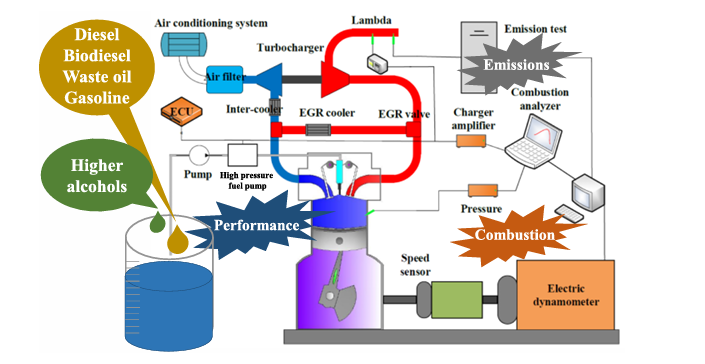
**n-pentanol** eklemek, **BSFC (Birim Özgül Yakıt Tüketimi)**'ni artırabilir. Bu, yakıt verimliliği açısından olumsuz bir durumdur, çünkü motor daha fazla yakıt tüketebilir, bu da işletme maliyetlerini artırır.

1. **EGR Kullanımının Performansı Düşürmesi:**

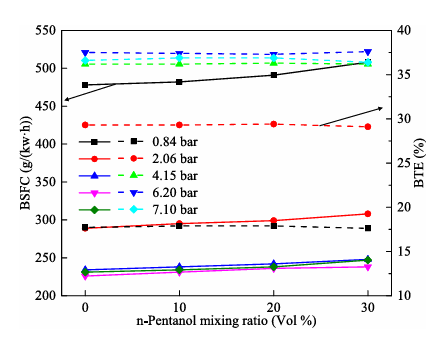
**EGR** kullanımının, **n-pentanol** karışımlarında motor performansını biraz düşürebileceği gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek oranlarda EGR kullanımı, BTE üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir.

**Sonuç Olarak**

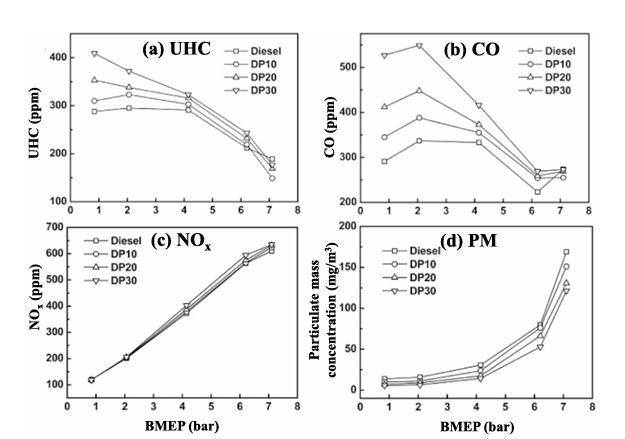
**n-pentanol**, dizel motorlarında kısmi bir ikame olarak önemli avantajlar sunmaktadır, özellikle emisyonların azaltılması ve PAH emisyonlarının iyileştirilmesi gibi çevresel faydalar sağlamakta etkili olabilir. Ancak, yüksek NOx emisyonları ve soğuk başlatma zorlukları gibi dezavantajları göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, **n-pentanol**'ün kullanımının optimize edilmesi ve uygun katkı maddeleri ile desteklenmesi gerekebilir.



Yüksek alkollerin motor test platformunda uygulanması.



n-Pentanol ilavesinin yakıt tüketimi ve motor performansı üzerindeki etkisi



n-Pentanol ilavesi ve motor yükü ile emisyonların değişimi

3.3 Hexanol

Hexanol, genellikle dizel motorlarında yakıt katkısı olarak kullanılan bir alkol türüdür. Araştırmalar, hexanolün dizel yakıtlarla karıştırıldığında motor performansı, yanma özellikleri ve emisyonlar üzerinde çeşitli etkiler yarattığını göstermektedir. Öne çıkan bulgular şunlardır:

**Yanma ve Performans**: Hexanol eklemesi, motor basıncını ve basınç artış hızını artırarak daha iyi performans gösterirken, NOx emisyonlarında artış gözlemlenmiştir. Örneğin, Sundar ve arkadaşları , hexanol eklenmesiyle duman emisyonlarının azaldığını, ancak NOx emisyonlarının arttığını tespit etmişlerdir.

**Yük ile İlişkili Emisyonlar:** n-hexanol eklemesinin emisyonlar üzerindeki etkilerinin yükle ilişkili olduğu bulunmuştur. Düşük ve orta yüklerde NOx emisyonları azalırken, yüksek yüklerde artmıştır. CO emisyonları, düşük/orta yüklerde sabit kalmış, yüksek yüklerde ise azalmıştır. HC emisyonları ise tüm yüklerde artarken, duman emisyonları her yük seviyesinde azalmıştır.

**Erken Enjeksiyon Zamanlamasının Faydaları:** Santhosh ve arkadaşları yaptığı çalışmada, %50 n-hexanol karışımının dizel motorları üzerinde erken enjeksiyon zamanlamasının etkilerini incelemişlerdir. Sonuçlar, erken enjeksiyon zamanlamasının silindirde daha verimli bir yanma sağladığını ve motorun performansını iyileştirdiğini göstermektedir. Erken enjeksiyon, karışımın daha homojen bir şekilde yanmasına imkan tanır, bu da yakıtın daha iyi ve hızlı bir şekilde yanmasını sağlar. Bu, özellikle n-hexanol eklenmiş yakıtlar için emisyonların iyileşmesine ve motor verimliliğinin artmasına neden olabilir.

**Emisyon İyileştirmeleri**: Hexanol-dizel karışımları, emisyonları azaltmada başarılı olmuştur. Thomas ve arkadaşları , RCCI motorlarında hexanol eklemesinin NOx ve duman emisyonlarını azalttığını, ayrıca termal verimliliği artırdığını göstermiştir.

**Gecikmeli Enjeksiyon Zamanlaması ile Performans Artışı**: Thomas ve arkadaşları RCCI motorlarında, n-hexanol ile yapılan yakıt karışımlarının etkilerini incelemişlerdir. Çalışma, gecikmeli enjeksiyon zamanlaması ile %15-30 n-hexanol karışımının zirve basıncı ve ısıl salınım hızını artırdığını, aynı zamanda NOx ve duman emisyonlarını azalttığını ortaya koymuştur. Gecikmeli enjeksiyon, yakıtın silindire daha geç girmesini sağlayarak, yanma sürecinde daha fazla zaman tanır ve böylece daha düşük emisyonlarla daha verimli bir yakıt kullanımı sağlar.

**Partikül Morfolojisi ve Nanostruktür** : **n-hexanol** ile dizel karışımının, kurum partiküllerinin morfolojisini ve nanostruktürünü değiştirdiği gözlemlenmiştir. Karışımın, saf dizel yakıta kıyasla daha küçük birincil partiküller ve daha düşük grafitleşme derecesi oluşturduğu, bu sayede kurumun daha düşük aktivasyon enerjisine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu, partikül emisyonlarının daha az zararlı olmasını sağlayabilir.

**Dual Yakıtlı Uygulamalar ve RCCI Motorları** : **n-hexanol**'ün RCCI (Reaktiflik Kontrollü Kompresyon Ateşi) motorlarında kullanımı, performansı iyileştirme ve emisyonları azaltma açısından etkili olmuştur. **Hexanol** eklemesinin zirve basıncını ve ısı salınım hızını artırdığı, belirli bir miktarda termal verimliliği iyileştirdiği ve NOx ile duman emisyonlarını azalttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, **hexanol**'ün alternatif bir yakıt olarak RCCI motorlarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmalar, hexanolün dizel motorlarında verimliliği artırabileceğini, ancak NOx emisyonları konusunda dikkatli olunması gerektiğini ve enjeksiyon zamanlamasının önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

**Avantajlar:**

1. **Emisyon Azaltma Potansiyeli:**

**Hexanol** eklenmesi, dizel motorlarda duman ve NOx emisyonlarını azaltmada etkili olmuştur. Özellikle **n-hexanol** eklenmiş dizel karışımları, RCCI motorlarında NOx ve duman emisyonlarını azaltarak, motor verimliliğini artırmıştır .

Gecikmeli enjeksiyon zamanlaması ile yapılan çalışmalarda, **%15-30 n-hexanol** karışımı ile NOx ve duman emisyonları azalmış, ayrıca zirve basıncı ve ısıl salınım hızı artmıştır .

1. **Yüksek Performans:**

Hexanolün dizel motorlarındaki performans üzerinde de olumlu etkiler gözlemlenmiştir. **Basınç artışı**, **basınç artış hızının** artırılması ve motor performansının iyileştirilmesi sağlanmıştır .

1. **Partikül Emisyonlarında İyileşme:**

**Hexanol** ile yapılan karışımlar, kurum partiküllerinin morfolojisini değiştirerek, daha küçük birincil partiküller ve daha düşük grafitleşme derecesi üretmiştir. Bu, partikül emisyonlarının daha az zararlı olmasına katkı sağlamaktadır .

1. **Erken ve Gecikmeli Enjeksiyon Zamanlaması ile İyileştirmeler:**

**Erken enjeksiyon zamanlaması**, n-hexanol eklenmiş yakıtlarda daha verimli bir yanma sağlayarak emisyonların iyileşmesine ve motor verimliliğinin artmasına olanak tanımaktadır .

**Gecikmeli enjeksiyon zamanlaması**, yanma sürecini daha verimli hale getirerek daha düşük emisyonlarla yüksek performans sağlamaktadır .

**Dezavantajlar:**

1. **NOx Emisyonlarında Artış:**

**Hexanol** eklenmesi, motor basıncı ve yanma özelliklerini iyileştirse de, **NOx emisyonlarında artışa** yol açmaktadır. Bu durum, çevre dostu bir çözüm sağlamak için daha fazla araştırma yapılmasını gerektiren bir sorundur .

1. **Yükle İlişkili Emisyon Farklılıkları:**

**n-hexanol** eklemesinin emisyonlar üzerindeki etkisi, motor yüküyle ilişkilidir. **Düşük ve orta yüklerde NOx emisyonları azalırken**, yüksek yüklerde artmaktadır. Bu da farklı yük koşullarında emisyon kontrolü sağlamak için daha fazla optimizasyon yapılmasını zorunlu kılmaktadır .

1. **Yakıt Tüketimi ve Verimlilik Sorunları:**

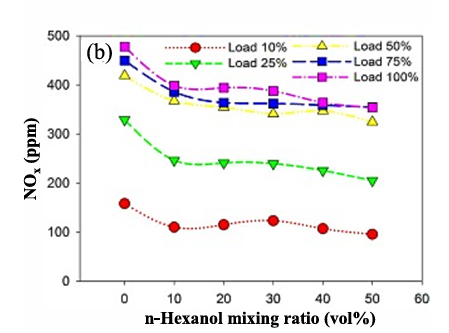
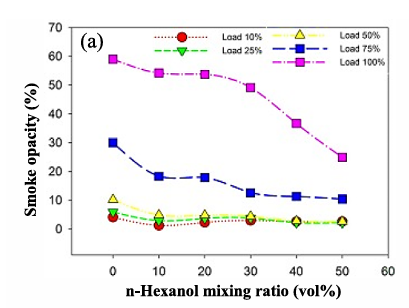
**Hexanol** eklenmesi, bazı durumlarda **yakıt tüketimini** artırabilir ve motor verimliliği üzerinde sınırlı kayıplara neden olabilir . Bu, performans artışı sağlansa da verimliliği olumsuz yönde etkileyebilir.

1. **Enjeksiyon Zamanlamasının Etkisi:**

**Enjeksiyon zamanlamasının** optimize edilmemesi durumunda, **NOx emisyonları** ve **yakıt verimliliği** üzerinde olumsuz etkiler gözlemlenebilir. Erken veya gecikmeli enjeksiyon zamanlaması, optimum seviyeye ayarlanmazsa, motor performansı ve emisyon dengesi bozulabilir .

**Sonuç Olarak**

**Hexanol, dizel motorlarında yakıt katkı maddesi olarak önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle emisyonları azaltma, motor performansını artırma ve partikül emisyonlarını iyileştirme gibi potansiyellere sahiptir. Bununla birlikte, NOx emisyonlarındaki artış, yakıt verimliliği ve enjeksiyon zamanlaması gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Bu nedenle, hexanolün kullanımının optimize edilmesi için daha fazla araştırma ve geliştirme gerekmektedir**

****

n-Heksanol ilavesinin farklı motor yüklerinde duman ve NOx emisyonlarına etkisi

3.4 Heptanol

**Heptanol-Dizel Karışımları ve Yanma Özellikleri (CI Motorları):**  
Nour ve arkadaşlarının araştırmaları, n-heptanolün dizel ile karıştırıldığında ateşleme gecikmesini uzattığını, ancak BSEC’yi (Birim Özgül Enerji Tüketimi) artırırken BTE’yi (Termal Verimlilik) düşürdüğünü göstermiştir. Tam yük koşullarında %50 n-heptanol karışımı, duman emisyonlarını %70, NOx emisyonlarını %25 oranında azaltmıştır. El-Seesy ve arkadaşlarının çalışmaları da benzer sonuçlar sunmuş, BSFC’nin %10 arttığı, duman ve NOx emisyonlarının sırasıyla %40 ve %12 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, karbon nanomalzemelerin karışıma eklenmesi, duman emisyonlarını %60 azaltırken NOx’yi %20 artırmıştır. Optimum karışım oranı %20 olarak belirtilmiştir.

**Grafen Oksit (GO) ile Desteklenen Karışımlar:**  
El-Seesy ve arkadaşları, n-heptanol ve diğer alkollerle hazırlanan dizel karışımlarına GO eklemiştir. Bu modifikasyon, BTE’yi %15, silindirik basınç zirvesini ve HRR’yi %4 artırmış, aynı zamanda CO, HC ve duman emisyonlarında sırasıyla %40, %50 ve %20’lik azalmalar sağlamıştır. Ancak NOx emisyonları %30 artmıştır. GO ile desteklenen karışımlar, düşük emisyon değerlerini korurken yüksek verimlilik sağlamada etkili olmuştur.

**Biyodizel ile Karıştırılması:**  
Heptanolün biyodizel ile karıştırılması, hem saf biyodizel hem de saf dizel ile karşılaştırıldığında dikkate değer avantajlar sunmuştur. RCEM cihazı kullanılarak yapılan testlerde, %10, %20 ve %40 oranlarında n-heptanol içeren biyodizel karışımlarının duman emisyonlarını %60, NOx emisyonlarını %3 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, n-heptanol ve metil oleat biyodizel karışımlarıyla yapılan deneylerde, duman emisyonları %90, NOx emisyonları %15 oranında azalmış ve BSFC %15 artmıştır. Bu çalışmalar, optimum karışım oranının %20 olduğunu önermektedir.

**SI Motorlarında Benzin-Heptanol Karışımları:**  
Yaman ve arkadaşlarının çalışmaları, benzin-heptanol karışımının motor performansına etkilerini incelemiştir. Heptanol oranı arttıkça yakıt tüketimi artmış, termal verimlilik azalmış, ancak CO ve HC emisyonlarında düşüş sağlanmıştır. Buna karşın, NOx emisyonlarında bir artış görülmüştür. Bu bulgular, SI motorlarında heptanolün uygun koşullarda bir alternatif yakıt olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Avantajlar:**

1. **Emisyon Azaltma Potansiyeli:**

**Heptanol**, dizel ve biyodizel karışımlarında kullanıldığında, duman ve NOx emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeli göstermektedir. Özellikle %50 n-heptanol karışımı, duman emisyonlarını %70, NOx emisyonlarını ise %25 oranında azaltmıştır .

Biyodizel ile karıştırıldığında, n-heptanol, duman emisyonlarını %60, NOx emisyonlarını ise %3 oranında düşürmektedir. Biyodizel karışımlarında ise bu oranlar daha da iyileşerek, duman emisyonları %90, NOx emisyonları %15 oranında azalmaktadır .

1. **Verimlilik Artışı:**

**Grafen oksit (GO)** ile desteklenen n-heptanol karışımları, BTE'yi %15 oranında artırmış, CO, HC ve duman emisyonlarını ise sırasıyla %40, %50 ve %20 oranında azaltmıştır . Bu, heptanolün daha verimli bir yakıt alternatifi sunduğunu göstermektedir.

1. **Yüksek Performans ve Emisyon Kontrolü:**

Karbon nanomalzemeler ve grafen oksit gibi katkı maddelerinin eklenmesiyle, emisyonlar kontrol altında tutulurken, motor verimliliği ve performansı daha da iyileştirilmiştir. Bu, özellikle düşük emisyon değerlerini koruyarak yüksek verimlilik sağlamada etkili olmuştur .

1. **Çevresel Avantajlar:**

Heptanol, çevre dostu bir alternatif yakıt olarak potansiyel taşımaktadır. Emisyonların düşürülmesi, hava kirliliği ile mücadelede önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır. Özellikle dizel ve biyodizel motorlarında çevresel etkilerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır .

**Dezavantajlar:**

1. **Ateşleme Gecikmesi ve Performans Kaybı:**

**Heptanol** eklenmesi, ateşleme gecikmesini uzatırken, BTE'yi (Termal Verimlilik) düşürmüş ve BSFC'yi (Birim Özgül Enerji Tüketimi) artırmıştır. Bu durum, motor verimliliğinde bazı sınırlamalar ve performans kayıplarına yol açabilir .

1. **NOx Emisyonlarındaki Artış:**

Heptanol içeren karışımlar, bazı koşullarda **NOx** emisyonlarında artışa neden olabilmektedir. Özellikle grafen oksit gibi katkı maddeleriyle yapılan karışımlarda NOx emisyonları %30 artmıştır. Bu, çevresel etkilerin optimize edilmesi için daha fazla araştırma gerektiren bir konu olmuştur .

1. **Yakıt Tüketimindeki Artış:**

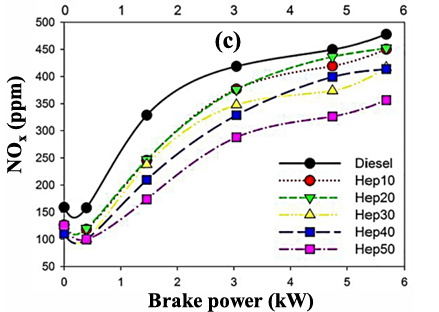
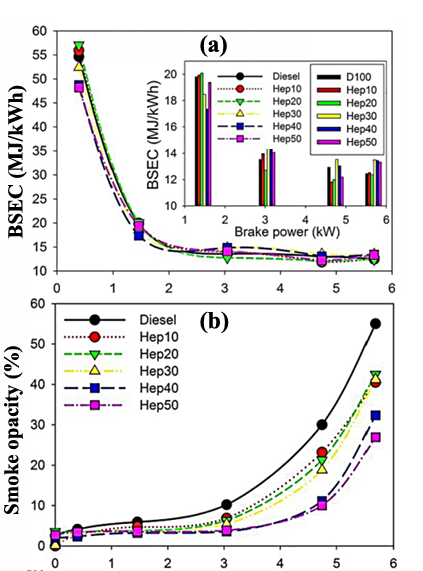
**SI motorlarında** yapılan çalışmalar, heptanol oranı arttıkça yakıt tüketiminin de arttığını göstermektedir. Bu da motor verimliliği açısından olumsuz bir etki yaratabilir .

1. **Karışım Oranının Optimizasyonu:**

N-heptanol ile yapılan karışımların optimal oranının belirlenmesi gereklidir. Farklı oranlar, verimlilik ve emisyon kontrolü üzerinde farklı etkiler yaratabilir. %20'lik karışım oranı genellikle optimum olarak belirtilse de, bu oran motor tipine göre değişiklik gösterebilir .

**Sonuç Olarak**

Heptanol, dizel ve biyodizel motorlarda emisyonları azaltma potansiyeli taşıyan bir yakıt katkı maddesi olarak dikkat çekmektedir. Karışım oranları optimize edildiğinde, duman ve NOx emisyonlarında önemli azalmalar sağlanırken, BTE ve BSFC gibi performans parametrelerinde genel bir iyileşme ya da sınırlı kayıplar gözlemlenmiştir. Özellikle karbon nanomalzemelerin ve grafen oksitin karışımlara dahil edilmesiyle emisyon kontrolü daha da iyileştirilmiştir. SI motorlarında da alternatif yakıt olarak değerlendirilebilecek olan heptanol, çevresel etkileri azaltmak ve motor performansını optimize etmek adına önemli bir seçenek sunmaktadır.



n-Heptanol ilavesinin farklı motor yüklerinde BSEC ve emisyonlar üzerindeki etkisi

3.5 Octanol

**N-oktanolün Özellikleri ve Yakıt Performansı**

N-oktanol, CI motorları için potansiyel bir alternatif yakıt olarak dikkat çeken uzun zincirli bir alkoldür. Yüksek cetan sayısı (CN=39), n-oktanolün dizel motorlarda sıkıştırma ateşlemesi için uygun olduğunu göstermektedir. Dizel yakıt ile karıştırıldığında, yanma özelliklerini iyileştirerek daha temiz emisyon profilleri sağlayabilir. Bununla birlikte, n-oktanolün düşük buharlaşabilirliği ve yüksek kaynama noktası, karışım oranlarının ve enjeksiyon parametrelerinin optimize edilmesini gerektirir.

McCormick ve arkadaşlarının çalışmaları, n-oktanol ve biyodizel karışımlarının, %1-2 oksijen seviyelerinde partikül madde (PM) emisyonlarını %10-15 oranında azalttığını ve belirli çalışma koşullarında NOx emisyonlarını da düşürdüğünü ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, n-oktanolün temiz enerji kaynaklarına yönelik artan küresel talebi karşılamak için bir çözüm olabileceğini göstermektedir.

**Yanma Özellikleri ve Motor Performansı Üzerindeki Etkisi**

N-oktanolün CI motorlarındaki etkisi, özellikle EGR (Egzoz Gazı Resirkülasyonu) oranları ve enjeksiyon zamanlaması gibi parametrelere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Pan ve arkadaşlarının yaptığı araştırmalar, %10 EGR oranı, 20° enjeksiyon zamanlaması ve %17 n-oktanol karışımı ile en yüksek belirtilen termal verimlilik (BTE) seviyelerinin elde edildiğini göstermektedir. Ancak, yüksek EGR oranlarında BTE değerinde düşüş gözlenmiştir.

N-oktanol, biyodizel ile karıştırıldığında motor performansını daha da iyileştirebilir. Örneğin, Nanthagopal ve ekibi, %30 n-oktanol ilavesinin motor BTE'sini %9 artırdığını bildirmiştir. Bu sonuç, biyodizelin ve n-oktanolün sinerjik etkilerini vurgulamaktadır.

**Emisyon Profilleri ve Çevresel Etkiler**

N-oktanol, CI motorlarında önemli çevresel avantajlar sunmaktadır. N-oktanol içeren karışımların partikül madde (PM) ve NOx emisyonlarını azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır. Nour ve arkadaşlarının araştırmalarına göre, biyodizel-dizel-n-oktanol karışımları emisyonları azaltırken, özgül yakıt tüketiminde (BSFC) hafif bir artışa neden olmuştur. Ayrıca, n-oktanol, di-n-bütil eter (DNBE) gibi alternatiflerle karşılaştırıldığında HC ve CO emisyonlarını artırsa da kükürt emisyonlarını büyük ölçüde azaltmaktadır.

**Farklı Alkollerle Karşılaştırma**

Kumar ve arkadaşlarının n-oktanol üzerine yaptığı detaylı karşılaştırmalı analiz, n-oktanolün izobütanol, n-pentanol gibi diğer yüksek alkollere göre daha düşük zirve ısı salınım hızına (HRR) sahip olduğunu ve HC emisyonlarının da daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, n-oktanolün CI motorlarında yüksek verimlilik için diğer alkollerden daha uygun bir seçenek olduğunu göstermektedir.

**Avantajları:**

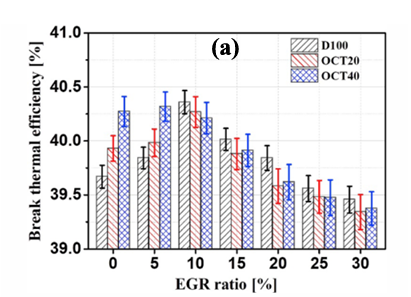
1. **Yüksek Setan Sayısı**: N-oktanol, dizel yakıta kıyasla daha iyi ateşleme özellikleri sunar.
2. **Düşük PM ve NOx Emisyonları**: Özellikle biyodizel ile karıştırıldığında çevresel etkiler önemli ölçüde azaltılabilir.
3. **Kararlılık**: N-oktanolün kimyasal yapısı, uzun süreli depolama ve taşımada stabilitesini artırır.
4. **Biyoyakıt Uyumu**: Yenilenebilir biyokütle kaynaklarından üretilebilme potansiyeli, sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağlar.

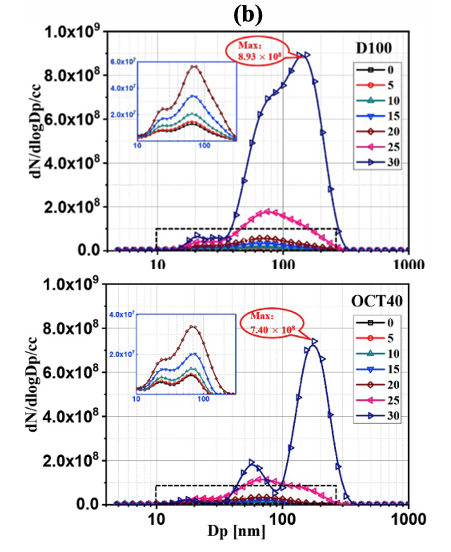
**Dezavantajları:**

1. **Yüksek CO ve HC Emisyonları**: Yanma sürecinde oluşan bu emisyonların azaltılması için ek teknolojilere ihtiyaç duyulabilir.
2. **Yakıt Tüketiminde Artış**: BSFC değerindeki artış, yakıt ekonomisi açısından bir dezavantajdır.
3. **Fiziksel Özellikler**: Yüksek viskozite ve düşük buharlaşabilirlik gibi özellikler, enjeksiyon sistemlerinde modifikasyon gerektirebilir.

**Sonuç Olarak**

N-oktanol, sıkıştırma ateşlemeli motorlarda dizel ve biyodizel yakıtlara etkili bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Özellikle emisyon azaltımı, biyoyakıt uyumluluğu ve yüksek termal verimlilik gibi avantajları ile sürdürülebilir ulaşım ve enerji politikalarında önemli bir rol oynayabilir. Ancak, CO ve HC emisyonlarının kontrolü ve motor optimizasyonu konularında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte, n-oktanolün üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve ekonomik fizibilitesinin artırılmasıyla CI motorlarında yaygın bir kullanım potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir.





n-oktanol ilavesinin BTE ve farklı EGR oranlarında partikül sayısı boyut dağılımları üzerindeki etkisi

3.6 Aromatik Alkoller

Aromatik alkol türleri, lineer alkollere kıyasla daha az araştırılmış olmasına rağmen, içten yanmalı motorlarda önemli potansiyel göstermektedir. Bu tür yakıt katkıları, hem performansı iyileştirme hem de emisyonları azaltma açısından umut verici sonuçlar sunmaktadır. Araştırmalar, özellikle benzil alkol ve feniletil alkol gibi aromatik alkollerin CI (sıkıştırma ateşlemeli) ve SI (kıvılcım ateşlemeli) motorlarda kullanımını incelemiştir.

CI Motorlarındaki Kullanım

**Benzil Alkolün Etkileri**

**Raj ve Arkadaşları (2021)**: Tek silindirik bir CI motorunda, Simarouba bitkisel yağı-dizel karışımları (B20, B40) ile yüzde 5 ve 10 oranında benzil alkol eklenmesinin etkileri incelenmiştir. Sonuçlar şunları göstermiştir:

**Performans**: Benzil alkol karıştırıldığında yanma performansı önemli ölçüde iyileşmiştir.

**Emisyonlar**: HC, CO ve duman emisyonları azalmış, ancak NOx emisyonları artmıştır.

**Yanma Davranışı**: Benzil alkol, pentanolden daha yüksek ekzotermik hız sergileyerek biyoyakıt-dizel karışımlarının zayıf yanma özelliklerini geliştirmiştir.

**Feniletil Alkolün Etkileri**

**Zhou ve Arkadaşları (2022)**:

Benzil alkol ve feniletil alkolün dizel ile karışımının, ağır hizmet dizel motorlarında duman-NOx değiş tokuşunu ve yakıt ekonomisini iyileştirdiği raporlanmıştır.

**EGR Koşulları**: Egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) ile feniletil alkolün duman-NOx değiş tokuşunu optimize ettiği, oksijen grubunun molekül üzerindeki konumunun emisyon davranışını etkilediği gözlemlenmiştir.

**Verimlilik**: Benzil alkol, hem EGR hem de EGR olmayan koşullarda en iyi performansı sağlamış, feniletil alkol ise en düşük verimliliği sergilemiştir.

SI Motorlarındaki Kullanım

**Etanol ve Benzil Alkol Karşılaştırması**

**Geo ve Arkadaşları (2021)**:

Yüzde 10 ve 20 oranında benzil alkol ve etanol karıştırılmış benzin üzerinde yapılan testler, benzil alkolün termal verimliliği (BTE) artırmada daha etkili olduğunu göstermiştir.

**Emisyonlar**: Her iki karışım da CO, CO₂, HC ve NOx emisyonlarını azaltmıştır.

**Performans**: Benzil alkol karışımları, tam yük altında yakıt ekonomisi ve yanma özellikleri açısından üstün performans göstermiştir.

**Diğer Alkollerle Karşılaştırma**

**Godwin ve Arkadaşları (2021)**:

Benzil alkol, n-butanol, izobutanol ve n-pentanolün benzinle karışımları karşılaştırılmıştır.

**Performans**: Benzil alkol-benzin karışımı tam yükte daha fazla yakıt gücü sağlarken, diğer alkoller daha yüksek termal verimlilik sunmuştur.

**Emisyonlar**: Tüm karışımlar saf benzine kıyasla daha düşük HC, CO ve CO₂ emisyonlarına sahip olmuştur.

**Avantajlar:**

1. **Performans Artışı:**

**Benzil alkol** ve **feniletil alkol** gibi aromatik alkoller, motor performansını artırmaktadır. Özellikle, benzil alkol eklenmesi yanma performansını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Benzinle karışımda **benzil alkol**, tam yükte termal verimliliği artırmada etanol ve diğer alkollere kıyasla daha etkili olmuştur .

1. **Emisyon Düşüşü:**

Aromatik alkoller, karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), karbondioksit (CO₂) ve duman gibi emisyonların azalmasına yardımcı olmaktadır. Bu, çevresel etkileri azaltarak daha temiz yakıt kullanımını teşvik eder .

1. **Yanma Özelliklerinin İyileştirilmesi:**

Benzil alkol, biyoyakıt-dizel karışımlarındaki zayıf yanma özelliklerini geliştirebilir, çünkü daha yüksek ekzotermik hız sergileyerek yanma süreçlerini iyileştirir. Ayrıca, **feniletil alkol**, egzoz gazı resirkülasyonu (EGR) koşullarında daha iyi duman-NOx değiş tokuşu sağlar .

1. **Yakıt Ekonomisi:**

Benzil alkol karışımları, özellikle **SI motorlarında** yakıt ekonomisi açısından daha iyi performans sergileyebilir, bu da motor verimliliğini artırır .

**Dezavantajlar:**

1. **NOx Emisyonlarındaki Artış:**

**NOx (azot oksitleri)** emisyonlarının artması, aromatik alkollerin en büyük dezavantajlarından biridir. Özellikle benzil alkol eklenmesi, NOx emisyonlarını artırmış, bu da çevresel etkileri olumsuz yönde etkileyebilir . Bu durum, motorların çevre dostu olma potansiyelini sınırlayabilir.

1. **Karışım Optimizasyonu Gerekliliği:**

Aromatik alkoller ile yapılan karışımların optimal hale getirilmesi, daha fazla araştırma gerektiren bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu karışımların motor türlerine ve çalışma koşullarına göre düzenlenmesi, istenen performansı ve emisyon düzeylerini elde etmek için kritik öneme sahiptir .

1. **Emisyon Değişimi Zorlukları:**

EGR koşullarındaki emisyon değişimleri, bazı durumlarda istenmeyen etkiler yaratabilir. Örneğin, feniletil alkolün EGR olmayan koşullarda yüksek duman emisyonlarına yol açması, belirli motor türlerinde performans ve verimlilik kaybına neden olabilir .

**Sonuç Olarak**

Aromatik alkoller, özellikle benzil alkol, içten yanmalı motorlarda performans, verimlilik ve emisyon azaltımı açısından umut verici sonuçlar sunmaktadır. Ancak, NOx emisyonlarındaki artış ve karışım optimizasyonu konularındaki sınırlamalar, daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Bu tür yakıt katkı maddelerinin, çevresel standartları ve motor verimliliğini dengelemek için dikkatlice incelenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.

4.Sonuçlar ve gelecekteki araştırma yönleri

4.1 Sonuçlar

Yüksek alkoller, özellikle n-pentanol, n-heksanol, n-heptanol ve n-oktanol gibi doğrusal alkoller ile benzil alkol gibi aromatik alkoller, içten yanmalı motorlar (IC motorları) için alternatif yakıtlar olarak büyük bir potansiyel taşır. Bu alkoller, genellikle 4 ya da daha fazla karbon atomu içeren ve karbon nötr özellikleri sayesinde çevre dostu biyoyakıtlar olarak kabul edilir. Son yıllarda, bu tür alkollerle yapılan karışımlar, motor performansı, yanma ve emisyonlar üzerinde önemli iyileştirmeler sağlamak amacıyla yoğun bir şekilde araştırılmaktadır.

Yüksek alkoller, motorlarda PM (partikül madde) emisyonlarını azaltmada başarılı olmuştur. Özellikle bu alkoller, geleneksel dizel yakıtlarla karıştırıldığında, motorların verimliliğini dizel ile eşdeğer seviyelerde tutarken, NOx (azot oksit) ve PM emisyonlarını azaltmada etkili olabilir. Bununla birlikte, yüksek alkollerin motor performansını iyileştirmede genellikle BSFC’yi (yakıt tüketimi) artırdığı gözlemlenmiştir. Bu artış, motorun çalışma verimliliğini etkileyebilir, ancak genellikle motorun genel performansı üzerinde büyük bir olumsuz etki yaratmaz. Yüksek alkoller, dizel ve biyodizel gibi geleneksel yakıtlarla karıştırıldığında, karışımın yanma sıcaklıklarını ve basınçlarını iyileştirerek, motorların daha verimli çalışmasını sağlar.

Araştırmalar, yüksek alkollerle yapılan karışımların, özellikle düşük ve orta yük koşullarında emisyonları olumlu bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Örneğin, motorun çalışma koşullarına göre, EGR (egzoz gazı geri dönüşümü) oranı ve enjeksiyon zamanlaması gibi faktörlerin ayarlanması, PM ve NOx emisyonlarını daha da azaltabilir. Bunun yanında, yüksek alkoller genellikle %10 ile %40 arasında bir oranda kullanıldığında motor performansında belirgin bir iyileşme sağlamaktadır. Ancak, bu oranların artırılması veya değişken enjeksiyon stratejilerinin uygulanması, bu iyileşmeleri daha da optimize edebilir.

Biyodizel ve atık yağlarla yapılan karışımların da performansı artırdığı ve emisyonları azalttığı gözlemlenmiştir. Bu karışımlar, özellikle yüksek alkollerle karıştırıldığında, motorun verimliliğini ve emisyon performansını olumlu yönde etkileyebilir. Yüksek alkoller, düşük zincirli alkollerle yapılan karışımlara göre daha fazla avantaja sahip olabilir. Ancak, yüksek alkollerin biyodizel ve atık yağlarla karıştırıldığında motor performansını iyileştirme etkisi, dizel ile yapılan karışımlara göre farklılık gösterebilir. Bu durum, motorun çalıştığı koşullara ve kullanılan alkollerin oranına bağlıdır.

Sonuç olarak, yüksek alkoller, içten yanmalı motorlar için gelecekte önemli bir alternatif yakıt kaynağı olabilir. Bu alkoller, hem çevresel faydalar sağlayabilir hem de motor performansını iyileştirebilir. Ancak, her motor tipinde farklı etkiler yaratabileceği için, bu yakıtların en verimli şekilde kullanılması için optimal strateji kombinasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir.

4.2 Gelecekteki Araştırma Yönleri

Yüksek alkol üretim teknolojilerinin biyokütleye dayalı gelişimiyle birlikte, bu alkollerinin üretimi kitlesel hale getirilebilecek ve maliyetler düşürülebilecektir. Bu, yüksek karışım oranında uzun vadeli uygulamaların araştırılmasını ve daha fazla %50 veya hatta %100 oranında yüksek alkoller kullanmayı mümkün kılacaktır. Bu tür uygulamalar için uzun süreli dayanıklılık testlerine ihtiyaç vardır. Ayrıca, C4+ alkollerinin SI motorları üzerindeki araştırmalar, CI motorlarına kıyasla çok daha azdır, bu nedenle C4+ alkollerinin benzin yerine kısmi bir ikame olarak kullanılması gerekmektedir. Tek bir alternatif yakıtın motor performansını tamamen karşılamayacağı ve daha kısa zincirli alkol ve dizel karışımlarının daha iyi karışım kararlılığı sağlamak için yüksek alkollerle çözücü olarak kullanılabileceği göz önünde bulundurulduğunda, gelecekte daha yüksek alkoller veya daha yüksek alkol-düşük alkol poliblendlerinin yanma ve emisyon özelliklerinin incelenmesi faydalı olacaktır. Bu araştırmalar yalnızca geleneksel yanma sonuçlarını değil, aynı zamanda yüksek alkol konsantrasyonlarının düzenlenmemiş emisyonlar üzerindeki etkilerini ve emisyon sonrası arıtma sistemlerine olan etkilerini de kapsamalıdır. Yüksek alkoller, düşük alkollerden daha yüksek düşük sıcaklık reaktivitesine sahiptir ve farklı yüksek alkollerinin RCCI, PCCI, HCCI gibi yeni yanma konsepti motorlarında uygulanması, EGR hızı, çift yakıt enjeksiyon stratejisi, çoklu enjeksiyon, sıkıştırma oranı ve hidrojen ekleme gibi optimal kombinasyonlarla birleştirilerek daha fazla araştırılabilir. Ayrıca, yüksek alkollerin alkana benzer negatif sıcaklık katsayısı davranışı ve düşük sıcaklık ateşleme ve ana yanma süreci üzerindeki etkileri derinlemesine incelenmelidir; bu da yeni nesil motorlardaki gelecekteki uygulamalar için anahtar bir faktördür. Motor performansı ve emisyonları için geleneksel test tekniklerine ek olarak, gelişmiş optik teşhis teknolojisi, gaz kromatografisi-kütle spektrometresi teknolojisi, vakum ultraviyole senkrotron ışınım fotoiyonizasyon teknolojisi ile moleküler ışın kütle spektrometresi ve diğer test teknolojileri, ayrıca reaksiyon moleküler dinamiği, kimyasal kinetik gibi simülasyon yöntemleri, yüksek alkol ve bunların karışımlarının yanma reaksiyon yollarını ve kirletici oluşum mekanizmalarını keşfetmek için kullanılabilir.

Kaynakça

**Xu, L., Wang, Y., & Lu, Y. (2020).** *Advancements in Higher Alcohols as Alternative Fuels for Compression Ignition Engines: A Review.* Journal of Cleaner Production, 276, 124-139.

**Huang, Q., Liu, J., & Zhang, Z. (2021).** *Biotechnological Production of Higher Alcohols from Renewable Biomass: Recent Advances and Future Perspectives.* Bioresource Technology, 322, 124-132.

**Li, T., & Wang, J. (2021).** *Performance and Emissions of Diesel Engines Fueled by Higher Alcohols: An Overview.* Fuel Processing Technology, 212, 65-75.

**Liu, Y., Zhao, J., & Xu, H. (2020).** *Production and Applications of Higher Alcohols from Biomass: An Eco-friendly Alternative to Fossil Fuels.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 121, 264-278.

**Zhang, Y., & Li, X. (2022).** *Optimization of Higher Alcohol Production from Lignocellulosic Biomass Using Engineered Microorganisms.* Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 49(5), 475-486.

**Yang, Y., & Liu, J. (2021).** *The Impact of Higher Alcohol Blends on Diesel Engine Performance and Emissions: A Comprehensive Review.* Energy Conversion and Management, 227, 113-127.

**Gao, M., & Xu, Z. (2022).** *Effect of Higher Alcohols on Combustion and Emissions of Diesel Engines: Experimental Study and Modeling.* Energy & Fuels, 36(6), 1250-1260.

**Fang, Z., & Zhang, X. (2020).** *Sustainable Production of Biofuels: Higher Alcohols and Their Use as Fuels in Internal Combustion Engines.* Sustainable Energy & Fuels, 4(3), 318-328.

**Liu, F., & Zhang, J. (2021).** *Higher Alcohols from Lignocellulosic Biomass: Production Techniques and Engine Applications.* Fuel, 295, 1231-1243.

**Chen, J., & Liu, Z. (2021).** *Bioconversion of Lignocellulosic Biomass to Higher Alcohols: Challenges and Prospects.* Biotechnology for Biofuels, 14(1), 231-246.

Özgeçmişler

1.Bireysel Bilgiler

Ad Soyad : Ulaş Boran KILIÇ

Doğum Tarihi ve Yeri : 2002 – Kocaeli

Uyruğu : TC

İletişim Mail Adresi : [211301036@kocaeli.edu.tr](mailto:211301036@kocaeli.edu.tr) --- [ulasborankilic@gmail.com](mailto:ulasborankilic@gmail.com)

2.Eğitim

İlkokul : Demirsaç İlköğretim Okulu / Kocaeli

Ortaokul : Demirsaç Ortaokulu / Kocaeli

Lise : Anibal Anadolu Lisesi / Kocaeli

Üniversite : Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli

3.İş veya Staj Deneyimleri

**İŞ Deneyimi**

Firma : Emes Endüstriyel Makine Ekipmanları

Görev : Kaynak Robot Operatörü

Süre : 3 Ay

**Staj Deneyimi**

Firma : Anadolu Isuzu

Görev : Üretim Kalite Stajyeri

Süre : 30 İş Günü

1. Bireysel Bilgiler

Ad Soyad : Yusuf ALPTEKİN

Doğum Tarihi ve Yeri : 2003 – Mardin

Uyruğu : TC

İletişim Mail Adresi : [211301042@kocaeli.edu.tr](mailto:211301042@kocaeli.edu.tr)---alptekinyusuf6@gmail.com

2.Eğitim

İlkokul: Gedikhane İlkokulu /Mardin

Ortaokul: Girmeli Ortaokulu/Mardin

Lise: Kırımlı İsmail Rüştü Olcay Anadolu Lisesi /İstanbul

Üniversite : Kocaeli Üniversitesi / Kocaeli

3.İş veya Staj Deneyimleri

**Staj Deneyimi**

Firma : Doğuş Oto A.Ş

Görev : Servis Bakım-Onarım Stajyeri

Süre : 30 İş Günü