





Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makalesi

Birinci, İkinci Nesil Biyoetanol Üretimi ve Türkiye'deki Biyoetanol Üretim Durumu & Kapasitesi

 Zafer Ömer ÖZDEMİR^{a,b,*},  Kevser GÜNDOĞAR^b

^a Hamidiye Eczacılık Fakültesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE

^b Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: ozdemirz@gmail.com

DOI : 10.29130/dubited.547312

ÖZET

Son yıllarda fosil yakıtların giderek tükenmesi, ekolojik sistemlerin tahribe uğraması, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyoetanol gibi yakıtların üretilmesi ile devletlerin enerjide bağımsız olma isteği ve enerji çeşitliliğini çoğaltma çabaları önemini arttırmıştır. Biyoetanol üretiminde şeker bazlı kaynaklar, nişasta kaynakları, lignoselüloz ve alg gibi biyokütle kaynakları kullanılmaktadır. Biyokütle kaynakları arasında şeker ve nişasta bazlı olanlar kullanılarak üretilen biyoetanol birinci nesil biyoetanol, lignoselülozik kaynaklar kullanılarak üretilen biyoetanol ikinci nesil biyoetanol ve alglar kullanılarak üretilen biyoetanol ise üçüncü nesil biyoetanol olarak adlandırılır. Biyoetanol üretiminde biyokütle kaynakları kullanılarak aynı zamanda zirai üretimde çeşitlilik, ekosisteme olumlu katkıda bulunma, sürdürülebilir bir tarımsal yapı oluşturulur. Genel olarak biyoetanol üretim süreci; biyokütlenin hazırlanması, hidroliz, fermantasyon ve saflaştırma aşamalarından oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoetanol, Üretim, Türkiye'de Biyoetanol Üretimi

First, Second Generation Bioethanol Production Capacity and Production & Availability of in Turkey

ABSTRACT

In recent years, the increasing depletion of fossil fuels, the destruction of ecological systems, the production of fuels such as bioethanol, which is a renewable energy source, have increased the importance of the state's desire to be independent in energy and efforts to increase energy diversity. In the production of bioethanol, sugar based sources, starch sources, biomass sources such as lignocellulose and algae are used. Among the biomass sources,

bioethanol produced using sugar and starch based ones is called first generation bioethanol, bioethanol produced using lignocellulosic sources is second generation bioethanol and bioethanol produced using algae is called third generation bioethanol. By using biomass resources in bioethanol production, at the same time diversity in agricultural production, positive contribution to ecosystem, sustainable agricultural structure is formed. In general, the bioethanol production process; biomass preparation, hydrolysis, fermentation and purification.

Keywords: Bioethanol, Production, Bioethanol production in Turkey

I. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve fosil kaynakların aşırı kullanım nedeniyle yaşanan çevresel sorunların zaman içerisinde bölgesel ve ülkesel boyuttan uzaklaşarak küresel bir sorun haline gelmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır. Enerjide dışa bağımlı olmak istemeyen devletler, fosil kaynaklara bağlı olarak artan çevresel sorunlarının da etkisiyle sahip oldukları yenilenebilir enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye çalışmaktadırlar [1]. Alternatif yenilenebilir yakıtlar çevre dostu ve ucuz bir seçenek sunarken aynı zamanda sürdürülebilir enerji ve ekonominin de güvenliğini arttırmaktadır. Birincil biyoyakıtlar doğal formda öncelikle ısıtma, pişirme veya elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Diğer yandan, biyoetanol ve biyodizel gibi ikincil biyoyakıtlar birincil biyoyakıtlar ile harmanlanarak yakıt kaynağı olarak kullanılabilir [2]. Biyoetanol, karbonhidratlarca zengin çeşitli yenilenebilir kaynaklardan üretilen fosil yakıtlara yönelik en umut verici alternatiflerden biridir. Mevcut talebe karşılık olarak biyoetanol üretimi zamanla artmaktadır [3].

Biyoetanol yılda 58 milyar dolarlık bir satışla piyasaya hâkimdir. Küresel şekerin neredeyse %50'si etanol üretimi için kullanılır [2]. ABD, 2015'te üretilen toplam küresel etanolün yarısından fazlasının olduğu tahmin edilen en yüksek miktarda etanol üretimini gerçekleştirmektedir. Biyoetanol üretimi 1980'de 175 milyon gal'dan 2015'te 14810 milyon gal'a çarpıcı biçimde artış göstermiştir.

Moleküler bakımdan biyoetanol ile etanol arasında fark yoktur. İkisi de C_2H_5OH kapalı formülüne sahip organik moleküllerdir. Biyoetanol ile etanol üretim kaynağı bakımından farklıdır. Biyoetanol yenilebilir / yenilenebilir kaynaklardan, etanol ise fosil kaynaklardan üretilir. Etanol birçok avantajlı özelliğe sahip olması nedeniyle, akaryakıt olarak umut verici bir enerji kaynağıdır. Bir litrelik etanol aynı miktarda benzinin sağlamış olduğu enerjinin %66'sına sahiptir. Metil tersiyer bütül eter (MTBE) ve etanol, oksijenli katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır. Oksijenli katkı maddesinin katılmasıyla yakıtın oktan değeri artar ve motorda vuruş engellenir. Fakat MTBE özellikle sızıntı vb. nedenlerle yeraltı sularında çevre sorunlarına neden olmaktadır. MTBE'nin olumsuz çevre etkileri nedeniyle etanol, MTBE yerine daha güvenli bir alternatiftir [4]-[6]. Daha yüksek oktan-etanol seviyesi, yakıtın daha yüksek sıkıştırımda yanmasını sağlar. Yanma süresinin kısalmasıyla daha düşük motor vuruşu sağlanır. Biyoetanol %34.7 oksijen içerdiği için çevre dostu oksijenli bir yakıttır. Bu durum etanolün benzinden %15 daha yüksek yanma verimliliğine neden olur. Böylece partikül ve azot oksitlerin emisyonunu düşürür. Benzine kıyasla etanol ihmal edilebilir miktarda kükürt içerir. Bu iki yakıtın karışımı, asit yağmuruna sebep olan ve kanserojen maddelerden olan kükürt dioksitin yakıt içinde azalmasına yardımcı olur.

Biyoetanol üretmek için genel kullanılan yenilenebilir kaynaklar; şekerler, nişasta, lignoselülozik biyokütle ve algler olarak sınıflandırılabilir.

Birinci nesil biyoetanol kaynakları; Şekerler ve nişasta [7], [8],

İkinci nesil biyoetanol kaynakları; Lignoselülozik biyoküteller [9], [10],

Üçüncü nesil biyoetanol kaynakları; alg ve yosun [11], [12],

olarak ifade edilmektedir. Üçüncü nesil biyoetanol üretimi olarak adlandırılan alglerden biyoetanol üretimi yeni proses geliştirilmesi ve laboratuvar çalışmaları düzeyinde halen devam etmektedir [3]. Fakat alglerin endüstriyel kullanımının artması ile üçüncü nesil biyoetanol üretimi umut verici seviyelere gelmektedir [13].

Bu çalışmada; birinci ve ikinci nesil biyoetanol üretimi ve Türkiye'deki biyoetanol üretim kapasitesi ile ilgili güncel bilgiler verilmektedir.

II. BİYOETANOL ÜRETİMİ İÇİN KULLANILAN BİYOKÜTLE KAYNAKLARI

A. ŞEKER KAYNAKLARI

Şeker bazlı hammaddeler; şeker kamışı, şeker pancarı ve tatlı sorgum gibi bazı enerji bitkileri, üzüm, hurma, kavun, elma gibi meyveler, pancar melası ve kamış melası olarak isimlendirilen rafine şeker atıklarıdır [14].

Şeker mahsullerinin etanol hammaddesi olarak sağladığı başlıca avantajlar; yüksek şeker verimi ve düşük dönüştürme maliyetidir. Bu ürünlerin mevsimsel kullanılabilirliği ana sınırlayıcı faktördür. Şeker kamışı, güneş ışınlarını biyokütleyle dönüştürme kabiliyeti yüksek bir bitkidir. Şeker rafinerilerinin yan ürünü olan melas ve şeker kamışı sapının suyu, uzun yıllar boyunca biyoetanol üretimi için umut verici hammaddeler olarak kullanılmıştır. Şeker kamışı suyu, Brezilya'daki biyoetanolün yaklaşık %79 ana besleme stokudur. Melas, Hindistan'da ana etanol hammaddesidir. Melas biyohidrojen üretimi içinde bir kaynak olarak kullanılabilir [15].

Tatlı sorgum, yüksek karbon asimilasyonu, yüksek su kullanma verimliliği ve saplarda yüksek seviyede ekstrakte edilebilen şeker biriktirme gibi benzersiz yetenekleri ile potansiyel bir enerji ürünüdür.

Şeker pancarı, Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da önemli bir şeker kaynağıdır ve Fransa'da biyoetanol üretimi için kullanılmaktadır. Şeker pancarı genellikle 0.5-2 kg'lık ortalama kök üretir. Şeker pancarı kökündeki şeker, çeşidine ve büyüme koşullarına bağlıdır.

Melas, şeker rafinerisi endüstrilerinin yan ürünüdür. Koyu, viskoz ve şeker içeriği zengin olan bir üründür. Pancar melası ve kamış melası şeker rafinerisinde en iyi bilinen iki yan üründür. Melas, geleneksel olarak yem katkı maddesi ve bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Fakat son zamanlarda, biyoetanol üretimi için hammadde olarak kullanılmaktadır. Melastaki şeker içeriği ve bileşimi kullanılan işlemlere ve başlangıç malzemelerinin bileşimine bağlı olarak değişebilir [3].

B. NIŞASTA KAYNAKLARI

Nişasta bitkileri, dünyadaki mevcudiyetleri, dönüşüm kolaylığı, uzun süre depolama kapasitesi ve etanol verimi nedeniyle biyoetanol üretimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hammaddeler, tahıllar (%60-80 nişasta), yumru ve kökler (%60-90 nişasta), baklagiller (%25-50 nişasta), yeşil ve olgunlaşmamış meyveleri içerir. Etanol üretimi için çok kullanılan kaynaklar; Mısır, sorgum tahılları, buğday ve patatestir.

Mısır, ticari ölçekte biyoetanol üretimi için yaygın olarak kullanılan önemli bir hububat ürünüdür ve son yıllarda kullanımı artmıştır. Kuzey Amerika en çok mısır tüketirken bunu Asya, Avrupa ve Güney Amerika takip etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri 2014 yılında mısırdan rekor biyoetanol üretimi gerçekleştirmiştir. Aynı zamanda dünya genelinde 51 ülkeye ortalama 825 milyon gal etanol ihraç etmiştir.

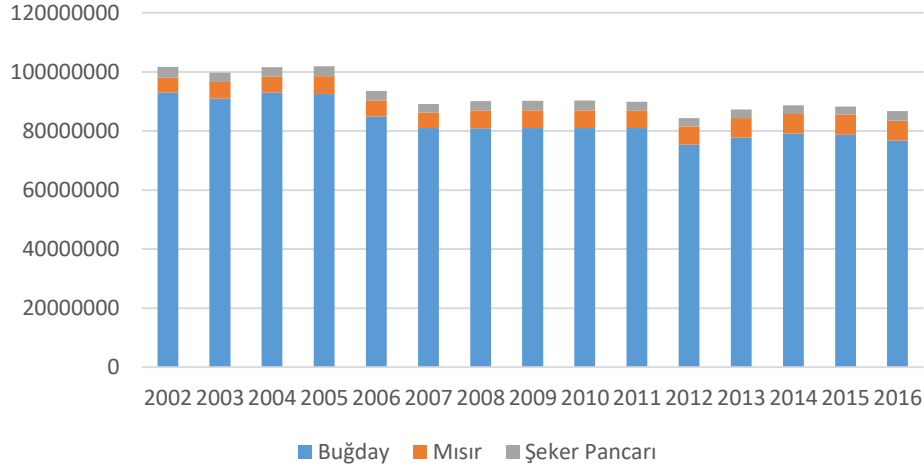
C. LİGNOSELÜLOZİK KAYNAKLAR

Lignoselülozlu biyokütle kaynakları; enerji bitkileri (çok yıllık otlar ve diğer enerji bitkileri), su bitkileri (su sümbülü), orman malzemeleri (talaş), tarımsal kalıntılar (hububat samanları, küspeler), belediye katı atıklarının organik kısmı olarak sınıflandırılabilir.

III. TÜRKİYE'DEKİ BİYOETANOL ÜRETİMİNİN DURUMU VE KAPASİTESİ

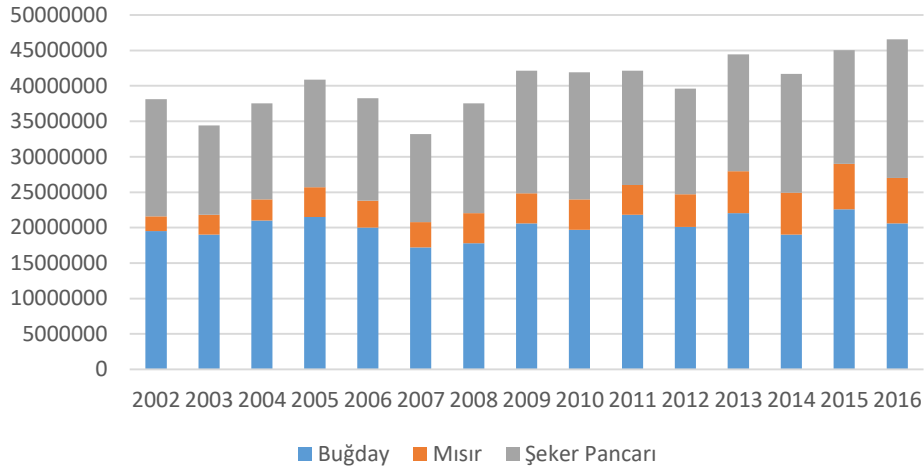
Biyoetanol sektörünün Türkiye'deki hâlihazırdaki durumu, dünyadaki duruma göre değişiklik arz etmektedir. Bu sektör Türkiye için yeni gelişmektedir. Türkiye'deki biyoetanol üretiminde hammadde olarak, şeker pancarı, buğday ve mısır kullanılmaktadır. Yıllık ortalama olarak 162 milyon litre üretilmektedir. Bunun %46.9'una tekabül eden kısmı yakıt için kullanılmaktadır. Yakıt için üretilen biyoetanolün %8'i ihraç edilmekte ve %92'si ülkenin akaryakıt ihtiyacı için benzinle harmanlanarak tüketilmektedir. Biyoetanol alanındaki araştırmalar son 10 yılda ortaya çıkmıştır. Bugüne kadar alternatif yakıt olarak biyoetanolün Türkiye için potansiyelini, üretim sürecini ve hammaddelerini inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Ticari olarak biyoetanol üretim konusu ise Türkiye gündemine yeni girmiştir [16].

Dekar cinsinden toplam ekim alanları

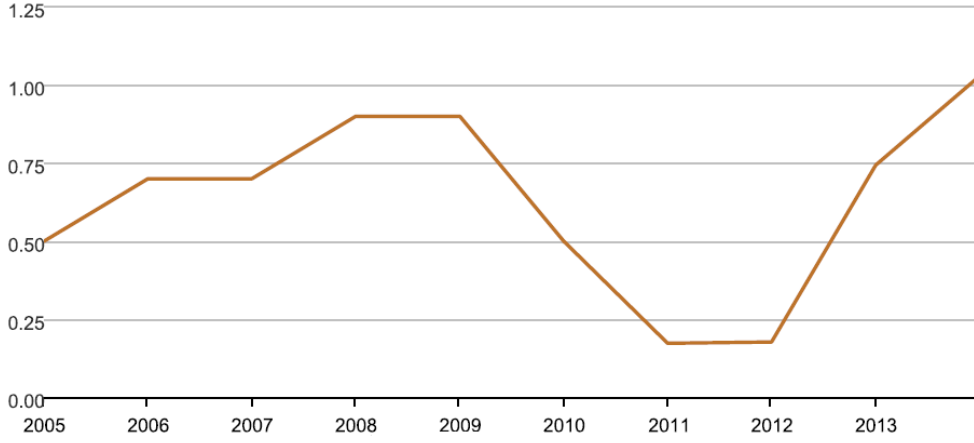


Grafik 1. Türkiye’de buğday, mısır ve şeker pancarı gibi tahılların dekar cinsinden toplam ekim yapılan alan miktarları TÜİK-2017 [17].

Tahılların Ton cinsinden üretim miktarları



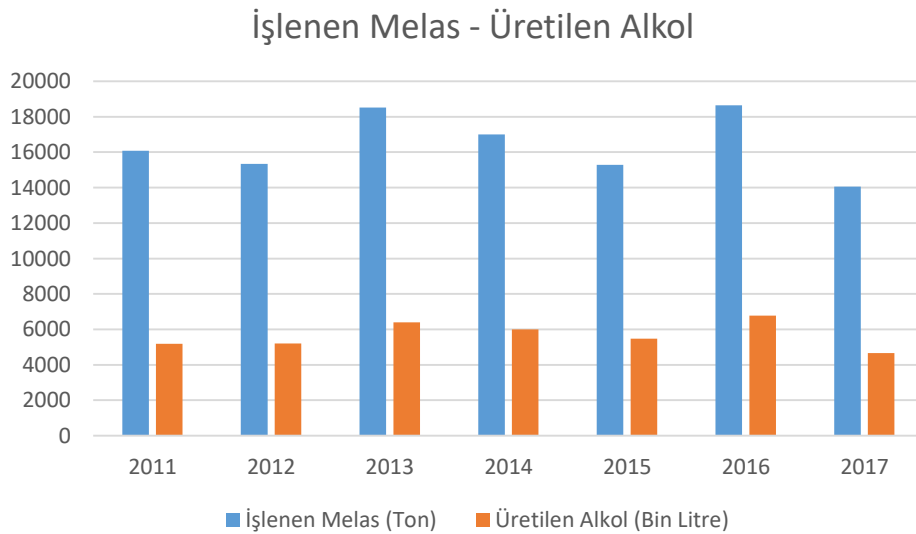
Grafik 2: Türkiye’de buğday, mısır, şeker pancarı gibi tahılların üretim miktarları [17].



Grafik 3: Türkiye'nin Biyoetanol Üretimi (Günlük Bin Varil Cinsinden) [17].

Grafik 3'e göre Türkiye'nin biyoetanol üretim düzeyi 2005-2013 döneminde dalgalı bir seyir izlemiştir. 2005'deki günlük 0.5 bin varil düzeyinden 2006'da günlük 0.7 bin varil düzeyine yükselmiş, 2006-2007 döneminde sabit kalmış, 2007-2008 döneminde ise yeniden artış göstermiş günlük 0.9 bin varil düzeyine ulaşmıştır. 2008-2009 döneminde sabit kalan biyoetanol üretimi 2009-2011 döneminde keskin bir düşüş yaşayarak günlük 0.17 bin varil düzeyine gerilemiştir. 2011-2012 döneminde sabit kalan Türkiye'nin biyoetanol üretimi 2012 sonrasında yeniden yükselme olmuştur [18]. Biyoetanol üretimindeki bu dalgalanmaların nedeninin ülke ekonomisi ve tarımsal desteklerle ilgili olduğu Türkiye ekonomisinin genel incelenmesiyle anlaşılmaktadır [16], [19].

Türkiye'de Erzurum, Eskişehir, Malatya ve Turhal Şeker Fabrikaları'nda, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. bünyesinde olmak üzere toplamda dört alkol üretim tesisi mevcuttur. Amasya Şeker Fabrikasında, melastan Etil Alkol üretmek üzere, günlük 50 bin litre, yıllık 10 milyon litre alkol üretme kapasiteli Etil Alkol üretim tesisi bulunmaktadır. Bu fabrikalarda üretilen alkol; alkollü içeceklerde, sanayi imalatı ve sağlık sektöründe kullanılmaktadır. Talebin kısıtlı olması nedeniyle alkol üretimi düşük gerçekleşmektedir.



Grafik 4. İşlenen Melas, Üretilen Alkol [20].

Günümüzde; motorlu taşıtlarda kullanılan akaryakıtlara, belirlenen oranlarda yerli zirai ürünlerden üretilen alkol katılmaktadır. Biyoetanol benzine belirli oranlarda katılır, bu katılı yakıtlardan en çok kullanılanları E15 ve E85'tir. E15'te hacimce %85 benzin %15 biyoetanol, E85'te hacimce %15 benzin %85 biyoetanol bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, E15 ve E85'in egzoz emisyonlarında sağlık ve çevre için zararlı olan karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) miktarlarında azalma sağladığı ve taşıt performansına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir [21], [22]. Benzine belirli oranda karıştırılarak kullanılan biyoetanol üretimi yapmak ve ürün çeşidi sağlamak amacıyla; Türk Şeker A.Ş.'nin Eskişehir Fabrikasında 15 milyon litre/yıl kapasiteli "Alkol Susuzlaştırma Tesisi", Tütün, Tütün Mamulleri ve Alkollü İçkiler Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan (TAPDK) gerekli izinler alınarak kurulmuştur. Ayrıca, Konya Şeker Fabrikası A.Ş. bünyesinde bulunan Çumra Şeker Entegre tesislerinde biyoetanol üretim tesisi bulunmaktadır [20].

IV. SONUÇ

TÜİK verilerine göre Türkiye'de trafikteki motorlu kara taşıtları miktarı Ocak 2009 (13817911 adet) ile Mayıs 2019 (23039551 adet) zaman aralığında yaklaşık %60 artmıştır [23], [24]. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre taşımacılıkta tüketilen petrol ürünleri 1995 te 11.70 milyon ton eşdeğer (Mtoe)'den 2015 yılında 24,3 Mtoe'ye yükselmiştir [25]. Yakıtın neredeyse tamamına yakınının ülke dışından ithal edilmesi alternatif enerji kaynaklarına, özellikler biyoetanol üretimine ağırlık verilmesi ve araçların motorlarında bu tür yakıtları tüketebilmesi için değişiklik yapılması önem taşımaktadır. Buğday, mısır ve şeker pancarı gibi tahıllardan alkol üretimi yapan tesislere sadece susuzlaştırma birimi eklenerek biyoetanol üretimi yapılabilir. Bu bağlamda Türkiye'deki biyoetanol üretim kapasitelerinin artırılması için buğday, mısır ve şeker pancarı gibi tahılların üretim miktarı artırılmalıdır. Grafik 1 ve Grafik 2'de 2017 TÜİK raporlarına göre buğday, mısır ve şeker pancarının sırasıyla ekim yapılan alan ve ürün miktarları gösterilmektedir. 2017 TÜİK raporlarına göre son yıllarda genel olarak ürün miktarlarında artış görülmektedir. Bu durum Türkiye açısından sürdürülebilir tarım, ekonomi ve çevre için önemli bir ilerlemedir.

Biyoetanol sektörü başta tarım olmak üzere enerjiden çevreye, ulaştırmadan ekonomiye kadar pek çok sektörün keşişen noktasıdır. Biyoetanol içerikli benzin kullanıldığında tarım sektörünü destekleme, araç performanslarında yükselme mümkün olacak ve çevreye daha az zarar verilecektir.

V. KAYNAKLAR

[1] A. Sabancı, M.N. Ören, B. Yaşar, H.H. Öztürk, ve M. Atal, "Türkiye'de biyodizel ve biyoetanol üretiminin tarım sektörü açısından değerlendirilmesi," Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 2010, ss. 933-953.

[2] M. Rastogi and S. Shrivastava, "Recent advances in second generation bioethanol production : An insight to pretreatment, saccharification and fermentation processes," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 80, pp. 330-340, 2017.

[3] H. Zayed, J. N. Sahu, A. Suely, A. N. Boyce, and G. Faruq, "Bioethanol production from renewable sources : Current perspectives and technological progress," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 71, pp. 475-501, 2017.

- [4] R. A. Deeb *et al.*, “MTBE and Other Oxygenates: Environmental Sources, Analysis, Occurrence, and Treatment,” *Environ. Eng. Sci.*, vol. 20, no. 5, pp. 433–447, 2003.
- [5] K. Green, “MTBE Contamination: Environmental, Legal, and Public Policy Challenges,” *Environ. Forensics*, vol. 2, no. 1, pp. 3–6, 2003.
- [6] S. K. A. Solmaz, G. E. Üstün, ve T. Morsünbül, “MTBE’nin çevresel etkileri ve giderimine yönelik arıtma teknikleri,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, c. 14, s. 2, ss. 169–181, 2009.
- [7] S. K. Mohanty and M. R. Swain, “Bioethanol Production From Corn and Wheat: Food, Fuel, and Future,” *Bioethanol Prod. from Food Crop.*, pp. 45–59, 2019.
- [8] S. Mohapatra, R. C. Ray, and S. Ramachandran, “Bioethanol From Biorenewable Feedstocks: Technology, Economics, and Challenges,” *Bioethanol Prod. from Food Crop.*, pp. 3–27, 2019.
- [9] H. B. Aditiya, T. M. I. Mahlia, W. T. Chong, H. Nur, and A. H. Sebayang, “Second generation bioethanol production: A critical review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 66, pp. 631–653, 2016.
- [10] A. C. Neto, M. J. O. C. Guimarães, and E. Freire, “Business models for commercial scale second-generation bioethanol production,” *J. Clean. Prod.*, vol. 184, pp. 168–178, May 2018.
- [11] S. A. Jambo, R. Abdulla, H. Marbawi, and J. A. Gansau, “Response surface optimization of bioethanol production from third generation feedstock - *Eucheuma cottonii*,” *Renew. Energy*, vol. 132, pp. 1–10, Mar. 2019.
- [12] S. A. Jambo, R. Abdulla, S. H. Mohd Azhar, H. Marbawi, J. A. Gansau, and P. Ravindra, “A review on third generation bioethanol feedstock,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 65, pp. 756–769, 2016.
- [13] V. Alfonsín, R. Maceiras, and C. Gutiérrez, “Bioethanol production from industrial algae waste,” *Waste Manag.*, vol. 87, pp. 791–797, 2019.
- [14] O. C. Nwufu, O. M. I. Nwafor, and J. O. Igbokwe, “Effects of blends on the physical properties of bioethanol produced from selected Nigerian crops,” *International Journal of Ambient Energy*, vol. 37, no. 1, pp. 10-15, 2013.
- [15] G. Kars, “Biyokütleden Biyohidrojen Üretimi,” *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, c. 8, s. 3, ss. 265-270, 2012.
- [16] S. Canan ve V. Ceyhan, “Türkiye’de biyokütle fiyatındaki değişimin biyoetanol maliyeti üzerine etkileri,” *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, c. 32, s. 1, ss. 16-22, 2017.
- [17] “Türkiye İstatistik Kurumu.” [Online]. Available: <http://www.tuik.gov.tr/Start.do;jsessionid=zh1vbK6LBGqvGHshkQCqy8YDT8WCJyJgrBGCqfBQ3J19619CLcST!-2088417393>. [Erişim: 01-Eylül-2018].
- [18] S. Saracoğlu, “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Biyokütle Üretimini Dünyada ve

Türkiye’de Durumu,” *Fiscaoeconomia*, c. 1, s. 3, ss. 126–155, 2017.

[19] H. Can, “Yenilenebilir Enerjinin Makroekonomik Etkileri: Türkiye Örneği,” Yüksek Lisans Tezi, İktisat Anabilim Dalı, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, 2017.

[20] Şeker Fabrikaları A.Ş., “Sektör Raporu 2017,” Türkiye, 2017.

[21] H. Aydoğan ve M. Acaroğlu, “E15 ve E85 Biyoetanol - Benzin Karışımlarının Taşıt Performansı ve Emisyonlarına Etkisi,” *Uluslararası Yakıtlar Yanma Ve Yangın Derg.*, s. 2, ss. 70–75, 2016.

[22] M. T. Chaichan, “Combustion and emission characteristics of E85 and diesel blend in conventional diesel engine operating in PPCI mode,” *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 7, pp. 45–53, 2018.

[23] TÜİK, “Motorlu Kara Taşıtları, Ocak 2009,” 2009.

[24] TÜİK, “Motorlu Kara Taşıtları, Mayıs 2019,” 2019.

[25] “Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - Sankey Diyagramları.” [Online]. Available: <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Sankey-Diyagramlari>. [Erişim: 11-Temmuz-2019].