

Inovatif Karbon Tutma ve Saklama (Carbon Capture and Storage - CCS) ile Karbondioksiti Bazalt Taşı İçerisine Depolama Ar-Ge Çalışmaları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Temel enerji kaynakları kapsamında küresel fosil yakıtlar kullanımı ve tüketimi artış oranları günümüz dünya ekonomik büyüme hızı koşullarında, ne yazık ki, kaçınılmaz görülmektedir. Ayrıca, global hidrokarbon ve kömür fiyatları düşme trendi içine girmesi de mevcut küresel fosil yakıt talebi eğilimini artırmaktadır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ekonomiler için dünya enerji profili ve görünümü ortalama %80 oranında global fosil yakıt bağımlılığı rakamlarını işaret etmektedir. Ancak, global fosil yakıtların yakılması sırasında ortaya çıkan ve atmosfere salınan sera gazı emisyonları ise gezegenin geleceği açısından bilim insanları arasında ciddi kaygılar oluşturmaktadır. Bilimsel çevrelerin endişeleri yönünde birinci sırada küresel ısınma ve global iklim değişiklikleri mekanizmaları sorunları gelmektedir. İnovatif karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları YEK teknolojileri geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması yoluyla doğa dostu küresel enerji dönüşümü için maalesef uzunca bir sürenin geçmesi beklenmektedir. Diğer taraftan, temiz enerji kaynakları ve düşük karbon ekonomileri geçiş süreci zarfında global sera gazı salımlarının frenlenmesi, sınırlandırılması, kontrol ve denetim alınması faaliyetlerinin hızlı biçimde sürdürülmesi de gerekmektedir. Küresel sera gazları salınımları içerisinde çok yüksek oranlara ulaşan ve çevreye salınan global karbondioksit emisyonları önemli yer tutmaktadır. Bir kilogram fosil yakıt karbon (C) yakıldığında takribi 3.5 kilogram karbondioksit (carbon dioxide-CO₂) ortaya çıkmaktadır. Atmosfere doğrudan yayılan küresel karbondioksit emisyonlarının depolanması amacıyla bazı karbon yakalama ve hapsetme (Carbon Capture and Storage - CCS) teknolojileri uygulamaları ise maliyetleri yüksekliği nedeni ile terk edilmektedir. Bu yazıda sürdürülebilir küresel ekolojik denge ilkeleri doğrultusunda çevresel doğal koşullar üzerinde son derece zararlı global karbondioksit emisyonlarının yer altında nasıl tutulacağı ve hapis olacağına dair inovasyona dayalı yenilikçi, ileri ve evrimsel teknolojiler incelenmektedir.

Dünyada faaliyet gösteren temel yük kaynağı fosil yakıtlı güç santralleri, çiftlikler, otomobiller, benzeri araçlar ve tesisler hepsi birden 2016 yılında yaklaşık 37 milyar tona eşdeğer global karbondioksit (carbon dioxide) atıkları üretmesi beklenmektedir. Tümü atmosfere salınacak olan küresel karbondioksit atıkları, kızılötesi infra-red radyasyonları ve ışınları (infrared radiation) öğelerini tuzaklamak suretiyle gezegenin ısınmasına neden olmayı sürdürecektir. Öte yandan, zaten dünyanın ortalama sıcaklığı geçen son yüzyıldan beri takribi 0.85 °C daha ısınmış bir konumda bulunmaktadır. Küresel sera gazı emisyonları ve sıcaklık yayan El Niño okyanus olayı sayesinde gezegenin 2016 yılında en sıcak dönemlerinden birini yaşaması tahmin edilmektedir. Global atmosferik okyanus olayı El Niño, Güney Amerika'nın batısında genellikle Noel süresi boyunca etkili olmaktadır. Küresel karbondioksit (carbon dioxide - CO₂) emisyonlarının yok edilmesi teknolojileri ve yöntemleri üzerindeki yoğun bilimsel araştırmalar da halen devam etmektedir. Yürütülen çalışmalar sonucunda karbon yakalama ve saklama (Carbon Capture and Storage - CCS) teknikleri geliştirilmiştir. CCS teknolojileri sayesinde jeolojik yapıları güvenli bölgelerde baz enerji kaynağı fosil yakıt yakan termik santraller, tesisler ile

fabrikalarda doğaya salınan küresel karbondioksit emisyonlarının yer altında depolanması ve bertaraf edilmesi sağlanabilmektedir. Öte yandan, **CCS** yöntemleri maliyetleri yüksek düzeylerde seyretmekte ve çok sayıda yöntem ise henüz denenmemiş durumda bulunmaktadır. Ayrıca, karbondioksit salınımlarının yer altında muhafazası ve gömülmesi proseslerinin çevre güvenliği perspektifleri yönünden emniyetli olup olmadığı da kaygı uyandırmaktadır. Zamanla kayalarda oluşan çatlaklar ve yarıklar kanalıyla toprak altına saklanan karbondioksitin yeryüzüne sızma olasılığı karşısında tüm yatırımın boşa gitmesi de ihtimaliyetler arasında sıralanmaktadır. Örneğin, başlangıçta güvenli varsayılan kayalık arazide yarıklar görülmese de karbondioksit gazlarının depolanması ve saklanması için yapılan yoğun sondaj çalışmaları sırasında kayalarda çatlaklar oluşma ihtimaliyeti doğmaktadır. **Science** Dergisi'nde yayınlanan güncel makalede global karbondioksit emisyonlarının bertarafı bağlamında olası bir inovatif çözüm yolu sunulmaktadır. İngiltere Southampton Üniversitesi (**University of Southampton**) öğretim üyesi Jeolog Dr Juerg Matter liderliğinde yürütülen ve kimyacılar tarafından oluşan bir grup bilim insanının araştırmaları sonucu, karbondioksit (**carbon dioxide**) uygun kayalar içine enjekte edilmesi durumunda taş haline dönüştüğü ve transmutasyona uğrayabildiği gösterilmektedir. Karbondioksiti taşla çeviren araştırmacılar söz konusu emisyonları kalsit (**calcite**) ve manyezit (**magnesite**) gibi karbonat mineraller (**carbonate mineral**) bileşiklerine konumuna dönüştürmektedir. Mevzu bahis karbonat mineral (**carbonate mineral**) yapılı kristallerin kararlı ve stabil olması sayesinde ise karbon içerikli salınımların sonsuza kadar hapsedilmesi ve korunması olası görülmektedir.

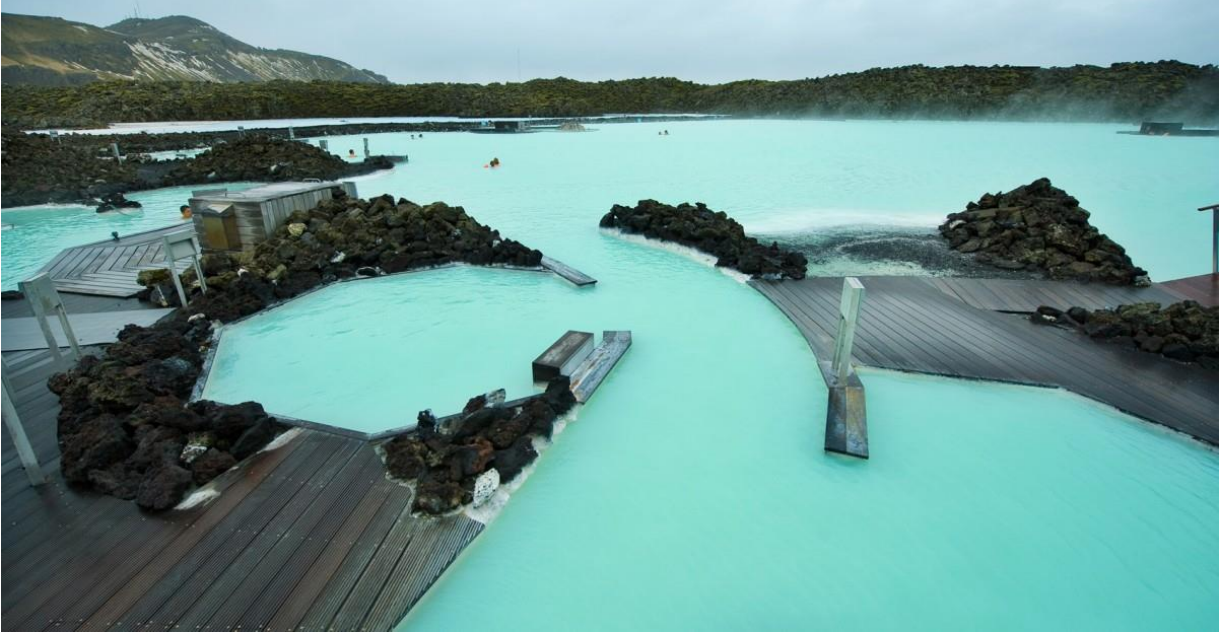
Aşağıdaki resimde bir karbonat mineral (**carbonate mineral**) bileşik türü manyezit kristali görüntülenmektedir.



Kaynak: Johnbetts-fineminerals.com

CarbFix olarak adlandırılan Dr Matter'in projesi, hem doğa dostu, çevreci, yeşil kriterler ve ilkeleri öncelikle yürüten hem de zengin bazalt (**basalt**) kaya rezervleri bulunan İzlanda (**Iceland**) da uygulanmaktadır. İzlanda güç üretimi portföyü kapsamında bir nevi ulusal çevre dostu ölçütler doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kökenli jeotermal enerji santralleri **JES** kompleksleri ağırlık kazanmaktadır.

Aşağıdaki resimde şifalı sıcak suları ile de ünlü olan bir İzlanda jeotermal kaplıca tesisi gösterilmektedir.



Karbondioksit ile kimyasal reaksiyonlara giren elementleri içeren volkanik kaya niteliği taşıyan bazalt (**basalt**) taşı, sera gazı emisyonlarının temizlenmesi prosesi çerçevesinde çok önemli bir rol üstlenmektedir. Milyonlarca yıl süren jeolojik zaman periyotları boyunca karbondioksit (**carbon dioxide**) salınımları doğal hava etkisi ayrışma yöntemi sayesinde atmosferde yok edilmektedir. 2009 yılından beri devam eden Dr Matter'in araştırma programı da basitçe bahse konu tabii olayların hızlandırılması işlemi biçiminde yorumlanmaktadır. Ocak – Mart 2012 tarihleri arasında Dr Matter ve araştırma ekibi **Reykjavik** yakınlarında işletilen **Hellisheidi Jeotermal Elektrik Santrali JES** sistemleri (**Hellisheiði Power Station**) üzerinde çalışmalar yapmıştır. Jeotermal enerji kaynakları yeşil, doğa dostu ve çevreci kabul edilmelerine rağmen söz konusu güç santralleri buhar türbinleri üniteleri yeraltı menşeli sıcak suyu kullanmaktadır. Ancak, **JES** üniteleri kapsamında buhar üretmek için kullanılan yeraltı kökenli sıcak su, gerçekte tamamen sera gazı emisyonlarından arî değildir. Özellikle, karbondioksit (**carbon dioxide - CO₂**) ve hidrojen sülfür (**hydrogen sulfide - H₂S**), yeryüzüne çıkan küresel yeraltı sera gazları emisyonları niteliği taşımaktadır. Ayrıca, tehlikeli çevre kirleticileri arasında yer alan **H₂S** 'in doğaya salınmadan önce elektrik santralleri içerisinde baca gazı temizlenmesi prosesi de gerekmektedir. Bilimsel araştırmacılar güç santrallerinden atmosfere yayılan bilhassa karbondioksit emisyonlarının önlenmesi aynı zamanda durdurulması çalışmaları üzerine odaklanmaktadır. Araştırmacılar, topladıkları 175 ton karbondioksiti, suda çözünen düşük aktiviteli radyoaktif işaretli (**radioactive tracers**) kimyasal maddeler ile karıştırarak yarım kilometre uzaklıkta bulunan bazalt (**basalt**) kaya

tabakası içerisinde yeraltından pompalanmıştır. Bilimsel araştırmaya katılan uzmanlar, bir dizi kontrol ve denetim kuyuları (monitoring wells) kanalıyla pompalanan karbondioksitin akışını titiz şekilde izlemiştir. İki yıl süren sıkı takip neticesi bazalt taşı (**basalt**) tabakası içine enjekte edilen karbondioksitin % 95 oranında mineral haline dönüştüğü gözlemlenmiştir. Karbondioksit emisyonlarının engellenmesi konusunda başarılı sonuç alan araştırmacılar, santralde temizlenmeyen hidrojen sülfür emisyonlarının yok edilmesi konusuna da yönelmiştir. **H₂S**, demir sülfür – pirit (**pyrite**) minerali oluşturmak üzere bazalt taşı içerisindeki demir ile kimyasal tepkimelere girmektedir. Böylece, santralden atmosfere salınan gazlar düzenli olarak tecrit edildiği takdirde tesiste hidrojen sülfür salınımları baca gazı temizlemesi işlemi gerekmemektedir. Ortaya çıkan durum İzlanda güç santralleri sahibi **Reykjavik Energy** Şirketi yetkililerinin inkanı için yeterli bir koşul oluşturmuştur. Şimdilerde yürütülen deneme çalışmaları sonucu bir santralde üretilen yaklaşık 10000 ton **CO₂** ve 7300 ton **H₂S** gömülmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Reykjavik'de faaliyet gösteren dünyada üçüncü büyüklükte sayılan 303 MW kapasiteli **Hellisheidi Jeotermal Enerji Santrali JES** kompleksi (**Hellisheidi Power Station**) uzak cepheden görüntüsü aşağıdaki fotoğrafta verilmektedir.



Kaynak: Wikipedia

CarbFix projesi ve benzeri teknolojik çalışmaların küresel ölçekte baz yük kaynağı fosil yakıt yakan elektrik santralleri üniteleri kapsamında başarılı şekilde uygulanıp uygulanamayacağı zaman gösterecektir. Fosil yakıt kökenli güç santralleri emisyonları arasında hidrojen sülfürden farklı kimyasal karakteristiklere sahip olan

küresel kükürt dioksit salınımları da ilave dünya çevre kirleticileri sınıfına girmektedir. Bu nedenle global kükürt dioksit emisyonları baca gazı arıtma tesisleri kurulması hâlâ gerekmektedir. Diğer taraftan, söz konusu yöntemin bir diğer sınırlaması ise bazalt taşı temininden kaynaklanmaktadır. Bazalt kayası yatakları ve kaynakları dünyanın her kesiminde bulunmasına rağmen okyanus tabanında bolca yer almaktadır. Aslında İzlanda coğrafi boyutta okyanus tabanının deniz seviyesinin yukarısındaki bir parçası sayılmaktadır. Okyanus tabanının devamı niteliği taşıyan İzlanda ülkesi bol ve zengin bazalt kayaçları rezervlerine sahip olmasına karşın hepsinin uygun yerlerde bulunduğunu ifade etmek ise mümkün değildir. Ancak, sanayi tesislerinde oluşan atık gazların bazalt kayaları keşfedilen yörelere boru hatları taşınması da olası görülmektedir. Bununla beraber mevzu bahis durum, görünür doğalgaz rezervlerinin gaz boru hatları kanalıyla gazın kullanılan ve tüketilen bölgelere taşınması ile son derece farklı bir ekonomik görüntü sergilemektedir. Bu bağlamda yatırımdan sağlanacak ekolojik fayda karşısında projenin maliyeti de ön plana çıkmaktadır. Temin edilecek yarara karşılık proje yatırım maliyetlerinin nasıl dengeleneceği konusu büyük önem taşımaktadır. Sonuçta, her şeye rağmen Dr Matter'in kimyasal tecrit yöntemi ile sera gazlarının kayalar içinde yok edilmesi projesi, teknolojik düzeyde denenebilecek nitelikli bir keşif kabul edilmektedir.

Kaynaklar:

- Karbondioksit Emisyonları ve Salınımlarının Yok Edilmesi ya da Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- İtalya, Nükleer Santraller, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Çevre Eylem Planları ve Enerji Eylem Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Kömür Yakan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Doğalgaz Çevrim Santralleri ve Kömürlü Elektrik Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- ABD** Kömüre Dayalı Elektrik Santralleri Karbon Salımları ve Karbondioksit Emisyonları Bertaraf Edilmesi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Doğa Dostu Temiz Fosil Yakıtlı Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Kapsamında Karbon Yakalama ve Karbon Tutma **CCS** Teknolojileri Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Karbon Yakalama ve Depolama (**Carbon Capture and Storage**) **CCS** Teknolojisi Kapsamında Son Yapılan Küresel Bilimsel Araştırma ve Geliştirme (**AR-GE**) Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012
- Küresel Sera Gazı Emisyonları Kapsamında Rekor Düzeylere Ulaşan Global Karbondioksit Emisyonları Ölçümleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Küresel Karayolu Ulaşım Araçları Global Karbondioksit Emisyonları Düşürülmesi ve Yeni Nesil Düşük Karbon Emisyonlu Evrimsel Otomobiller, Ahmet Cangüzel Taner,

Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-Amerika Birleşik Devletleri Kömür Kullanan Termik Santraller ve Yeni Çevre Kirliliği Yasal Düzenlemeleri Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-Dünya İls ve Kurum (Siyah Karbon) Kökenli Çevre Kirliliği ile Global Isınma ve Küresel İklim Değişikliği Mekanizması Bilimsel İlişkisi, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-Amerika Birleşik Devletleri Appalaş (Appalachian) Bölgesi Kentucky, West Virginia Eyaletleri Kömür Madencilik Sektörü Ekonomik Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-ABD Klasik Doğalgaz Türü Olmayan Evrimsel Kaya Gazı Şeyl Gazı Çıkarılması ve Üretimi Sonrası Amerika Kuzey Batı Eyaletleri Küresel Kömür İhracatı Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-Global Karbondioksit Konsantrasyonları Artmasıyla Küresel İklimsel Değişimler Sonucu Okyanusların ve Denizlerin Asitlenmesi Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-Avrupa Birliği (AB) Emisyon Ticareti Sistemi (EU ETS) AB İklim Politikası ve Global Karbon Ticareti Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-ABD Enerji Politikaları Değişimi Sürecinde Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Sorunları ile ilgili Yeşil, Doğa Dostu ve Çevreci Son Gelişmeler, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.

-İngiltere Karbon Yakalama ve Hapsetme (CCS) Teknolojileri Uygulamaları ile Karbondioksit Emisyonlarının Yeraltında Depolanması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-İngiltere Peterhead Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Karbondioksit Tutma ve Tecrit Etme CCS Teknolojisi Pilot Tesisi ile Emisyonların Kuzey Denizi Tüketilmiş Klasik Doğalgaz Rezervuarları İçine Pompalanması, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-Global Karbondioksit Emisyonları Limitlenmesi, Kontrol ve Denetim Altına Alınması için Dünya İklim Değişiklikleri Eylem Planları ve Küresel Projeler, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-ABD Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Politikaları Çerçevesinde Dünyanın En Kirlili Fosil Yakıtı Kömür Kullanan Elektrik Santralleri Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-Dev Global Ham Petrol Üreticisi Şirketler Açısından Küresel İklim Değişiklikleri Durdurulması Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-Afrika, Asya ve Avrupa Ülkelerinde Baz Yük Kaynağı Küresel Kömür ve Düşük Kalorili Linyit Tüketen Elektrik Santralleri Önlenemeyen Yükselişi, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-Küresel İklim Değişikliği Eylem Planları Yoluyla Global Karbondioksit Emisyonları Sınırlandırılması ve Denetim Altına Alınması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.

-Kyoto Protokolü Sonrası Olası BM 2015 Paris İklim Anlaşması Dünya Karbondioksit Emisyonları Artışları ve Yok Edilmesi Teknolojileri, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.

-İtalya Enerji ve Çevre Eylem Planları Projeksiyonları Çerçevesinde YEK Kökenli Jeotermal Enerji Santralleri JES Güç Üniteleri Emisyonları Sorunları Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.

- ABD** Düşük Karbon Teknolojileri Geçiş Süreci Zarfında Birleşik Devletler Çevre Korunma Ajansı **US EPA** Yeni Temiz Hava Yasal Düzenlemeleri Uygulamaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD** Kara Nakil Vasıtaları Emisyonları Çevre Kirliliği, Elektrikli Otomobiller ve Hafif Taşıt Araçları Yakıt Türleri Salımları Kaynaklı İnsan Ölümleri Mukayesesi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Dünya Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Uygulamaları ve Yasal Düzenlemeleri Gelişmeleri Işığında Olası **BM** 2015 Paris İklim Anlaşması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Yenilikçi Düşük Karbon Teknolojileri Profili ile Küresel Hidrokarbon Kaynaklar Dönüşüm Sürecinde Global Termal Kömür ve Kok Kömürü Fiyatları Düşüşleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Amerika Birleşik Devletleri** ve Çin Kömür Tüketimleri Azalması Karşısında Temiz Kömür Teknolojisi Geliştirilmesi ve Küresel Kömür Üretimi Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Amerika Birleşik Devletleri** Yeni Nesil Ham Petrol Üretimi Bolluğu ve Amerikan Küresel Hidrokarbon İhracatı Yasağı Kaldırılması ile İlgili Artan Politik Baskılar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD** Yüksek Mahkemesi (Supreme Court) Son Kararları Karşısında Ulusal Karbondioksit Emisyonları Kontrol ve Denetim Altına Alınması Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Dünya Ham Petrol Fiyatları Tarifelerinin Tepetaklak Düşmesi Karşısında Gelişmekte Olan Ülke Ekonomilerinin Hidrokarbon Ürünler İthalat Talebi, Ahmet Cangüzel Taner **Fizik Mühendisleri Odası** **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Petrol İhraç Eden Ülkeler **OPEC** Üyesi Suudi Arabistan ve **OPEC** Dışından Rusya Arasında Küresel Ham Petrol Üretimleri Düşürülmesi Anlaşması, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Basra Körfezi Ülkeleri Kuveyt, Bahreyn, Irak, Umman, Katar, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri Hidrokarbon Rezervleri Zenginlikleri Açmazı ve Sarmalı, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Endonezya Elektrik Arz Güvenliği Darboğazı Çözümü İçin Yüzer Güç Tesisleri İşletilmesi ve Kömür Yakıtlı Enerji Santralleri Kurulması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Kalkınmakta Olan Ülkeler Kapsamında İnovasyona Dayalı Çevre Dostu Yenilikçi Karbonsuz **Güneş Enerjisi Santralleri** **GES** Kompleksleri Gelişim Süreci, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Ürdün, Suudi Arabistan, **BAE**, Güney Afrika, Almanya, Meksika, Brezilya, Peru, Amerika, Çin ve Hindistan **YEK** Menşeli Solar Enerji Santralleri Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Küresel Ham Petrol ve Global Doğalgaz Fiyatları Düşüşleri Sonrası Dünyanın En Büyük Kömür Maden Ocakları İşletmeleri Firmalarının İflası, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Küresel Akaryakıt Ürünler Fiyatları Tarifelerinin Birdenbire Azalması ile Birlikte Global Geleneksel Ham Petrol Yatırımları Düşüşleri Trendi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- The Economist Dergisi, (11 Haziran 2016 – 17 Haziran 2016).

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)