

Inovatif Lityum Hava Bataryaları Geliştirilmesi ile Daha Fazla Yol Alan Uzun Menzilli Yeni Nesil Elektrikli Otomobiller Ar-Ge Çalışmaları Perspektifleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

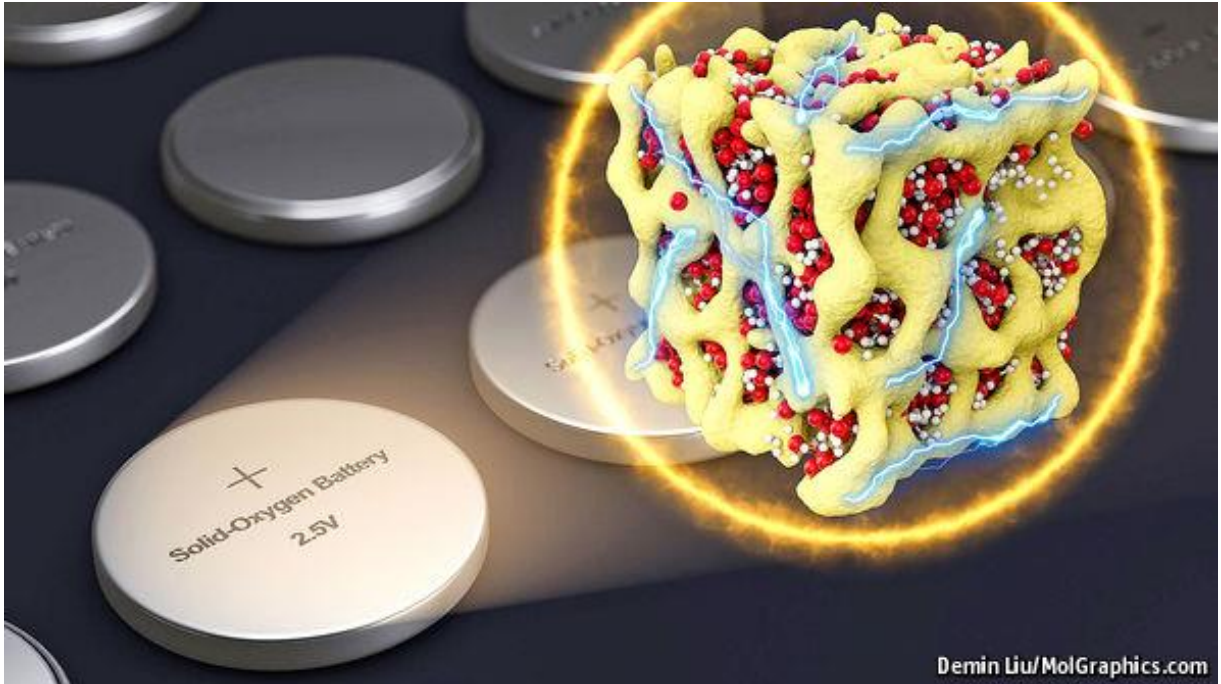
Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Gezegendeki karbonsuz doğa dostu yeni kuşak elektrikli otomobil kullanımlarının artması küresel karbondioksit emisyonlarının azaltılması, kontrol ve denetim altına alınması kriterleri açısından önem taşımaktadır. Karayollarında global sera gazı salınımlarının dizginlenmesi ve limitlenmesi ise şüphesiz hem yeryüzünün ısınması ve dünya iklim değişikliği mekanizmaları problemleri çözümü hem de sürdürülebilir küresel ekosistem denge ilkelerinin korunması bağlamında atılan son derece büyük adımlar arasında sayılmaktadır. Çevre dostu karbonsuz temiz enerji teknolojileri geliştirilmesi temelli inovasyona dayalı şarj edilebilir akülü ekolojik evrimsel taşıt araçları Araştırma Geliştirme Ar-Ge faaliyetleri yoğun biçimde yürütülmektedir. Bu yazıda yeni tip inovatif elektrikli piller, bataryalar ve akü dizaynları üzerinde yapılan çalışmaların ticari geleneksel lityum iyon bataryaları (lithium-ion batteries) tasarımları ile yer değiştirme olasılığı incelenmektedir.

Şarj edilebilir akümülatörler, bataryalar ve piller geliştirilmesi küresel boyutta oldukça zor çalışmalar içinde kabul edilmektedir. Bununla beraber inovatif şarj edilebilir bataryalı evrimsel elektrikli araba üreticisi Amerikan Tesla Motors Firması yenilikçi akü üniteleri seri imalatları için Nevada, NV Eyaleti'nde Gigafactory dev batarya fabrikası kompleksi açılışını 29 Temmuz 2019 tarihinde gerçekleştirmiştir. ABD Tesla Motors Elektrikli Otomobil Şirketi Yönetim Kurulu Başkanı Elon Musk, bataryaların optimize edilmesi işlemleri çalışmalarına kıyasla verimliliği maksimum düzeylere ulaşan bataryalar üretilmesi faaliyetlerinin çok çetin olduğunu vurgulamaktadır. İlginç bir rastlantı eseri olarak Nature Energy Dergisi'nde Temmuz 2016'da yayımlanan bilimsel makalede ise prototip yeni batarya tasarımı, Gigafactory'de üretilen lityum iyon aküleri (lithium-ion batteries) ünitelerine nazaran iki kat daha yüksek enerji depolaması sağladığı açıklanmaktadır. İki misli enerji depolama gücüne sahip yeni tip inovasyona dayalı akü dizaynı Amerika Birleşik Devletleri Massachusetts Institute of Technology – MIT Teknoloji Enstitüsü araştırmacılarından Prof Dr Ju Li tarafından keşfedilmiştir. Yeni bulunan inovatif pil tasarımı ticari üretimi için oldukça uzun bir yol alınması gerekmesine rağmen yenilikçi seri batarya imalatı çalışmalarının zor olmayacağı da belirtilmektedir. Dr Li'nin inovasyona dayalı batarya dizaynı temel fikri aslında uzun zamandır bilinmektedir. Gerçekte söz konusu yenilikçi pil tasarımı, enerji depolama sistemleri (store electrical energy) bilimsel araştırmaları kapsamında 1970'li yıllardan beri bir boşluğu dolduran aynı zamanda lityum hava bataryası (lithium-air battery) olarak tanınan bir versiyonu olduğu kabul edilmektedir. Lityum hava aküleri teorik olarak lityum iyon akümülatörleri (lithium-ion batteries) ünitelerinin kilogramı başına enerji depolamasına kıyasla dört kat daha fazla enerji stoklaması yapabilmektedir. Ancak, lityum hava pilleri yapımı ise oldukça zor ve meşakkatli gerçekleşmektedir. Lityum hava bataryaları adlarının da anlaşıldığı üzere havayı içlerine çekmektedir. Lityum hava aküleri için kısmen oksijen gerekli olmakla beraber özellikle su buharı ve karbondioksit (carbon dioxide - CO₂) gibi diğer atmosferik bileşenler söz konusu havalı akülere ekseriyetle zararlı olmaktadır. Saf oksijen ile çalışan lityum hava bataryaları bile ciddi sorunlar ve sıkıntılar ile karşılaşmaktadır. Esas itibarıyla gaz halindeki oksijen (oxygen) önce katı

hale sonra tekrar gaza dönüşmekte olan proses yanında mevcut lityum hava pilleri kullanımı ve yeniden şarj edilmesi işlemleri de çok büyük enerjiye gereksinim duymaktadır. Aşırı derecede yüksek enerji gerektiren faz değişimleri sebebiyle giriş gücü %30'un üstünde kayba uğramaktadır. Ayrıca, gazdan katıya katıdan gaza olan faz dönüşümleri sırasında meydana gelen hacimsel değişimler de bataryaların elektrotları üzerinde sıkıntı oluşturmaktadır. Böylece, batarya elektrotları hızla dejenerasyona uğramak suretiyle aküler, piller ve bataryalar artık tekrar şarj edilebilir niteliklerini bile kaybeder seviyelere kadar gelmektedir. Dr Li'nin batarya tasarımı ile önceki pil dizaynları arasındaki can alıcı fark, yeni dizaynın gerçek havaya ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır. Onun yerine pil dizaynı hava geçirmez ve sızdırmaz biçimde tasarlanarak lityum süperoksit (**lithium superoxide** - LiO_2) kimyasal bileşimi halinde batarya içerisine depolanan oksijen kullanılmaktadır. Lityum süperoksit kimyasal bileşimi kararsız konumda bulunması nedeniyle oksijenin bir kısmı kolayca reaksiyona girmektedir. Aşağıda temsil edildiği gibi lityum süperoksitin ani parçalanmasını önlemek ve durdurmak için Dr Li, lityum kobalt oksit (**lithium cobalt oxide** - LiCoO_2) bileşiminden ibaret matris boşlukları içerisine lityum (**lithium**) iyonları ve oksijen (**oxygen**) iyonları yerleştirmiştir. Şekilde lityum iyonları beyaz renkli küreler, oksijen iyonları kırmızı renkli küreler, elektrik arkları ve akım çizgileri ise açık mavi renkli şeritler halinde işaret edilmektedir. Böyle bir geometrik tasarım sayesinde lityum süperoksit yapısı stabilitesi ve kararlılığı temin edilmektedir.

Katı – Oksijen İyon Bataryaları kafesi tabletleri ve kafes içerisinde oluşturulan matris yapı aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



Kaynak: [The Economist](#) Dergisi

Yeni bataryanın gücü boşaldığı zaman matrisi temizleyen sıvı elektrolitten gelen lityum iyonları, katı yapıya girmekte ve her ikisi de katı halde bulunan ya lityum peroksit (**lithium peroxide** - Li_2O_2) ya da lityum oksit (**lithium oxide** - Li_2O) oluşturmak için süperoksit içindeki oksijen ile kimyasal tepkimeler meydana getirmektedir. Mobil telefonlar yani cep telefonları pilleri ünitelerinden elektrikli otomobil motorları aküleri sistemlerine kadar dev endüstriyel sektörlerde kullanıma

sunulacak biçimde hazırlanan yenilikçi batarya tasarımı içinde meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, elektronları bir dış devre etrafına doğru sürüklemektedir. Batarya güç kaynağına bağlandığı takdirde ise elektronlar devre etrafındaki diğer bir yola doğru itilmekte aynı zamanda kimyasal reaksiyonlar da sistem yeniden şarj olacak tarzda tersine şekilde tekrar devreye girmektedir. Tüm prosesler zarfında oksijen atomunun katı halini muhafaza etmesi, yenilikçi batarya sistemi düzeneğinin can alıcı başarı niteliği karnesi ve notu olarak gösterilmektedir. İnovatif batarya ünitesi enerji kaybı ise %30 yerine sadece %8 seviyesinde gerçekleşmektedir. Evrimsel batarya sistemi enerji kaybı azaltılması ve sınırlandırılması verilerine paralel biçimde inovasyona dayalı pil ünitesi ömürleri de uzatılmaktadır. Yeni bataryanın 130 kez güç boşalması ve yineden şarj edilmesi denemeleri sonunda yenilikçi akü sistemi kapasitesi kaybı da %2 'den daha az bir düzeyde olmaktadır.

Resimde **ABD 2016 Tesla Model S P900** tipi elektrikli otomobil görülmektedir.



Kaynak: Tesla caradvice

Uygulamada lityum hava bataryaları sistemlerine karşı geçmişten gelen bir kaygı hüküm sürmesine rağmen bu sahada çalışan ancak çalışmaya dahil olmayan diğer kişiler Dr Li'nin buluşundan ikna olmuş bir görüntü sergilemektedir. Örneğin, **ABD Pittsburgh Carnegie Mellon Üniversitesi (Carnegie Mellon University)**'den Dr Venkat Viswanathan, araştırma sonuçlarının gerçekten etkileyici olduğunu ifade etmektedir. **Büyük Britanya Liverpool Üniversitesi (University of Liverpool)**'nden Dr Laurence Hardwick de Dr Li'nin araştırmasını çok enteresan ve heyecan verici olarak nitelendirmektedir. Dr Li, bir yıl içerisinde keşfin prototipi oluşturulması sonrası ticari evrimsel lityum hava bataryası (**lithium-air battery**) seri üretilmesi geçilmesini olası görmektedir. Dr Hardwick söz konusu hedefi iddialı olarak tanımlamakta ve mühendislik perspektifi açısından söz konusu zaman diliminde konvansiyonel lityum iyon bataryaları (**lithium-ion batteries**) üzerindeki hızlı çalışmalar neticesinde de benzer keşiflerin yaşanmasının muhtemel olduğunu dile getirmektedir. Ayrıca, klasik lityum iyon bataryaları bilimsel araştırmaları hedefi de çok çekici nitelendirilmektedir. Amerikan Tesla Firması ve rakipleri, inovatif evrimsel akümülatörler geliştirilmesi

çalışmalarını, daha uzun menzilli global karayolları hafif ticari taşıtları ve küresel yenilikçi elektrikli otomobiller yaygınlaştırılması yönünde çok verimli bir döngü olarak yorumlamaktadır. Dr Li'de benzer potansiyeli öngörmektedir. Dr Li ve araştırma ekibi buluşun patent müracaatını yapmak suretiyle batarya imalatçıları ile müzakerelere başlamıştır. Sonuçta, günümüzde hangi inovatif batarya teknolojileri çalışmalarının öncelikle lisans alacağı yoğun bir şekilde sorgulanmakta ve merakla beklenmektedir.

Kaynaklar:

- Amerika Birleşik Devletleri Çevre Kirliliği Yasası**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Karbondioksit Emisyonları ve Salınımlarının Yok Edilmesi ya da Depolanması**, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fosil Yakıtlı Termik Santraller**, Ahmet Cangüzel Taner, **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.
- Küresel Sıcaklık Artışları, Küresel Sıcaklık Ölçümleri ve Küresel Isınma**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Kanada Karbondioksit Vergisi Uygulaması**, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Faydalı Bilgiler**, 2011.
- Avustralya Karbon Emisyonları Vergilendirmesi**, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Faydalı Bilgiler**, 2011.
- Kuzey Kutbu Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Nedeni ile Kuzey Buz Denizi Buzulları Erimesi Perspektifleri**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Çevre Dostu Temiz Enerji Kaynakları Teknolojileri Projeksiyonları ve Küresel Çevreci Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırımları**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Eyaleti Temiz Enerji Kaynakları Politikaları, Emisyon Üst Sınırı ve Ticareti Eylem Planları**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Avrupa Birliği Ulaşım Politikası ve Kyoto Protokolü Sonrası AB Küresel Karbondioksit Emisyonları Azaltılması Perspektifi**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2012.
- 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.
- Avrupa Birliği Ulaşım Politikası ve Kyoto Protokolü Sonrası AB Küresel Karbondioksit Emisyonları Azaltılması Perspektifi**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik**

Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.

- Eser ve Nadir Toprak Elementleri, Rüzgâr Elektrik Santralleri (RES), Elektrikli Otomobiller, Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişikliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.**
- İngiltere Düşük Karbon Ekonomisi Devrimi ve Maliyetleri Yüksek Doğa Dostu Yeni Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırımları Stratejisi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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.**
- Dünya Ortalama Sıcaklık Artışları Işığı Altında Yeni Küresel Isınma Projeksiyonları ve Global İklim Değişikliği Senaryoları İkilemi, 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 İş 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.**
- Global Karbondioksit Konsantrasyonları Artmasıyla Küresel İklimsel Değişimler Sonucu Okyanusların ve Denizlerin Asitlenmesi Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.**
- Dünyanın Üçüncü Kutup Bölgesi Sayılan Tibet Platosu Buzul Kütlelerinin Erimesi ile Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Mekanizmaları İlişkisi, 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.**
- Çin, Fosil Yakıtlar Tüketimi Sonucu Oluşan İş ve Kurum Kaynaklı Hava Kirliliği Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.**
- Çin, Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri, Global Yenilikçi Nükleer Santral İnşaatları ve Dünya Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.**
- Küresel Sıcaklık Artışları Sonucu Global Buzul Sahanlıkları, Buzul Karlar ve Buz Kristallerinden Oluşan Kar Kütlelerinin Erimesi Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.**
- Amerika Global Isınma ve Küresel iklim Değişikliği Mekanizmaları Belirtisi Sayılan Dünya Deniz Seviyeleri Yükselmesi Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.**
- 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 Fossil 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.
 - Avrupa Birliği **AB** Küresel Sera Gazı Emisyonları Dizinlenmesi Doğrultusunda Hüküm Süren Global Doğa Dostu, Çevreci ve Yeşil Liderlik Tutkusunu Perspektifi Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
 - Küresel İklim Değişikliği Eylem Planları Yoluyla Global Karbondioksit Emisyonları Sınırlanması ve Denetim Altına Alınması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
 - Çin'in Yüksek Ekonomik Büyüme Hızları Bağlamında Gelişen Küresel Ekolojik Sorunlar Karşısında Ulusal Yeni Çevre Kirliliği Yasal Düzenlemeleri Perspektifi Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
 - Yeni Kuşak Elektrikli Otomobil Motorları İçerisinde Makro Aküler Yerine Küçük Boyutlu Mikro Lityum İyon Bataryaları **Araştırma Geliştirme Ar-Ge** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - 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.
 - Küresel Fossil Yakıtlar Petrol, Doğalgaz, Kömür Tüketimlerinin Önlenmesi, Durdurulması ve Tasfiyesi Hakkında Batı Kamuoylarında Gelişen Eylemler, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Hollanda Güç Üretimi Profili İçeriğinde Doğa Dostu **Rüzgâr Enerjisi Santralleri (RES)** Elektrik Üniteleri, Parkları ve Çiftlikleri Kurulmasına Dair Halkın Tepkisi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Dizel Motorlar ile Çalışan Klasik Soğutucular için Doğa Dostu İnovatif Yeni Nesil Sıvı Azot-Nitrojen Makineleri Araştırma Geliştirme **ARGE** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Avrupa Birliği **AB** İş Dünyası Küresel Isınma ve Global İklim Değişikliği Kaygısı ile Dünya Karbondioksit Emisyonları Frenlenmesi Durdurulması Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Hindistan Sera Gazı Emisyonları Artışları Karşısında Doğa Dostu, Çevreci ve Yeşil Temiz Enerji Kaynakları **YEK** Projeleri Yatırım Programları Uygulamaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.

- Çin Elektrik Üretim Portföyü İçinde Doğa Dostu ve Çevreci Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Menşeli Rüzgâr Türbinleri Güç Üretimleri Problemleri Çözümü, 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.
- İnovatif Karbon Tutma ve Saklama (**Carbon Capture and Storage - CCS**) ile Karbondioksiti Bazalt Taşı İçerisine Depolama **Ar-Ge** Çalışmaları, 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.
- Temiz Enerji Kaynakları Kökenli Sistemler İçinde Kullanılan İnovatif Lityum İyon Aküler Üretimleri ve Küresel Beyaz Altın Lityum Arz Güvenliği, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Yeni Nesil Akıllı Telefonlar, Dizüstü Bilgisayarlar, Robotlar, **İnsansız Hava Araçları İHA**, Uydular, Otomobiller ve Güç Santrallerinde Kullanılan Yeniden Şarj Edilebilir İnovatif Lityum İyon Bataryalar Geliştirilmesi Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Dünya Kayalara Gizlenmiş Evrimsel Şeyl Doğalgazı ve Petrolü Arzı Zenginliği Sayesinde Hidrokarbon Fiyatları Düşüşleri Sonrası Küresel Petrol Üretimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** 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.
- 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.
- 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.
- YEK** Kökenli **GES** ve **RES** Kompleksleri Enerji Depolama (**Store Electrical Energy**) Sistemleri İçin Efsanevi Kral Sisifos (**Sisyphus**) Tren Düzeneği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Avrupa Çevre Fosil Yakıtlar Tüketim Vergisi Uygulaması Gerekliliği ve Yeşil, Çevreci Karbonsuz Yeni Kuşak Elektrikli Araba Satışları Teşvikleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Avrupa Ülkeleri Belli Başlı Başkentleri **Amsterdam, Brüksel, Londra, Paris** Hava Kirliliği Artışları ile İnce Partikül ve Azot Dioksit Riski Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- The Economist** Dergisi, (06 Ağustos – 12 Ağustos 2016).

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler