

Güneş Panelleri Fotovoltaik Pil Yapımları Sırasında Kullanılan Fosil Yakıtlı Güç Santralleri Üniteleri Karbondioksit Emisyonları Dezavantajı Perspektifleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Güneş panelleri (**solar panels**) fotovoltaik (**photovoltaics**) pil yapımları ham maddesi olan **silisyum** bileşiği (**silicon**) saflaştırılması ve eritilmesi sırasında çoğunlukla karbon yoğun temel enerji kaynağı fosil yakıtlı kömür, düşük kaliteli linyit üniteleri ve doğalgaz kombine çevrim santralleri kompleksleri elektrik enerjisi üretimleri kullanılmaktadır. Gerçekte global düşük karbon ekonomileri geçiş süreci bağlamında küresel düşük karbon teknolojileri kullanılması ise önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları (**renewable energy**) YEK menşeli güneş enerjisi santralleri GES sistemleri işletilmesi küresel karbonsuz elektrik enerjisi üretimi çabalarına şüphesiz ciddi katkı sağlamaktadır. Ancak, global endüstriyel güneş panelleri solar pilleri imalatları safhasında harcanan elektrik enerjisi ile ortaya çıkan karbondioksit emisyonları miktarları azımsanmayacak düzeyde bulunmaktadır. Söz konusu panellerin güneş enerjisi santralleri güç üretiminde kullanımı sayesinde sağlanan sürdürülebilir karbon salınımları azaltılması, kısıntısı, dizginlenmesi ve tasarrufu miktarları ile güneş paneli imalat koşullarında sarf edilen baz yük kaynağı fosil yakıt kökenli elektrik üretimi tesisleri karbondioksit emisyonları miktarları ve oranları rakamlarının bilimsel karşılaştırılması bu yazı kapsamında araştırılmaktadır.

Güneş panelleri güç üretimi yoluyla karbondioksit ve benzeri sera gazı emisyonlarının atmosfere salınmadığı kesinlikle bilinmektedir. Çevreye sera gazı emisyonlarının engellenmesi ise global ısınma ve küresel iklim değişikliği mekanizmaları sorunları nedenli kaygıların giderilmesi yönünde önemli katkı temin etmektedir. Bununla beraber kaygılar, solar panelleri yapımları için gerekli olan son derece yüksek enerji miktarları üzerine odaklanmaktadır. Özellikle güneş ışınları ile güneş radyasyonları demetleri kapsamında yoğun miktarda bulunan ısının hapsedilmesi ve aktarılması bağlamında kullanılan güneş panelleri ana parçalarından **silicon** için eritilme ve saflaştırma prosesleri gerekmektedir. Örneğin, **silisyum**'un erime sıcaklığı olan 1414 °C, **demir**'in erime sıcaklığı noktası olan 1538 °C'a nazaran sadece 124 °C daha az bir seviyede bulunmaktadır. Günümüzde **silisyum** bileşiği **silicon** genellikle baz yük kaynağı kömür ve gaz yakan termik santraller ünitelerinde üretilen gücü kullanan sanayi elektrik fırınları kanalıyla eritilmektedir. Endüstriyel elektrik fırınları sistemlerinin elektriğini temin eden temel enerji kaynağı kömür ve doğalgaz kökenli fosil yakıtlı güç santralleri kompleksleri ise atmosfere yoğun biçimde karbondioksit emisyonları yaymaktadır. Böylece, güneş panelleri daha üretim safhasında iken küresel ekolojik denge için ödenmesi gereken (**greenhouse debt – carbon debt**) **karbon borcu** ile yola koyulmaktadır. Küresel sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, limitlenmesi ve tasarrufu ilkelerini simgeleyen **karbon borcu paneli** de sorunun bir parçası olmaktan ziyade çözümün bir parçası olmayı hedeflemektedir. Bu arada bir bölüm gözlemci, güneş panellerinin montaj çalışmalarının doğa dostu ve çevresel kriterler açısından yetersiz olduğu görüşünü bile savunmaktadır.

Hollanda **Utrecht Üniversitesi** (**Utrecht University**) araştırmacılarından **Dr Wilfried Van Sark** ve Ekibi tartışılan konu hakkında bazı rakamları ortaya koymaktadır. Araştırma Grubu'nun **Doğa İletişimleri** (**Nature Communications**) Dergisi'nde

yayımladıkları bilimsel makalede 1975 – 2015 yılları arasında kurulan küresel güneş panelleri sistemlerinin üretimleri süreci sırasında harcanan elektrik enerjisi ile atmosfere salınan global karbondioksit emisyonları miktarları hesaplanmaktadır. Yapılan araştırma, güneş panelleri güç tesisleri işletilmesi sayesinde çevreye püskürtülmesi önlenen karbondioksit salınımları miktarları rakamlarını da açıklanmaktadır. Diğer araştırmalar ise güneş panelleri kullanım süresi boyunca olan global karbon emisyonları üzerine yoğunlaşmaktadır. Araştırmalar neticesi güneş panelleri üretimleri kapsamında geçen zaman zarfında yeterli verimli yöntemler geliştirildiğine dair kesin vurgu ya da gerçek de yansıtılmamaktadır. Bu bağlamda **Dr Van Sark**'ın çalışması bir sonraki paragrafta ayrıntılı şekilde anlatılmaktadır.

Temel yük kaynağı fosil yakıtlı güç tesisleri alternatifi olarak sunulan **ABD Kaliforniya** Eyaleti (**California**) temiz enerji üniteleri güneş panelleri (**solar panels**) sistemleri tarlaları montaj sahası çalışmalarından biri aşağıda görüntülenmektedir.

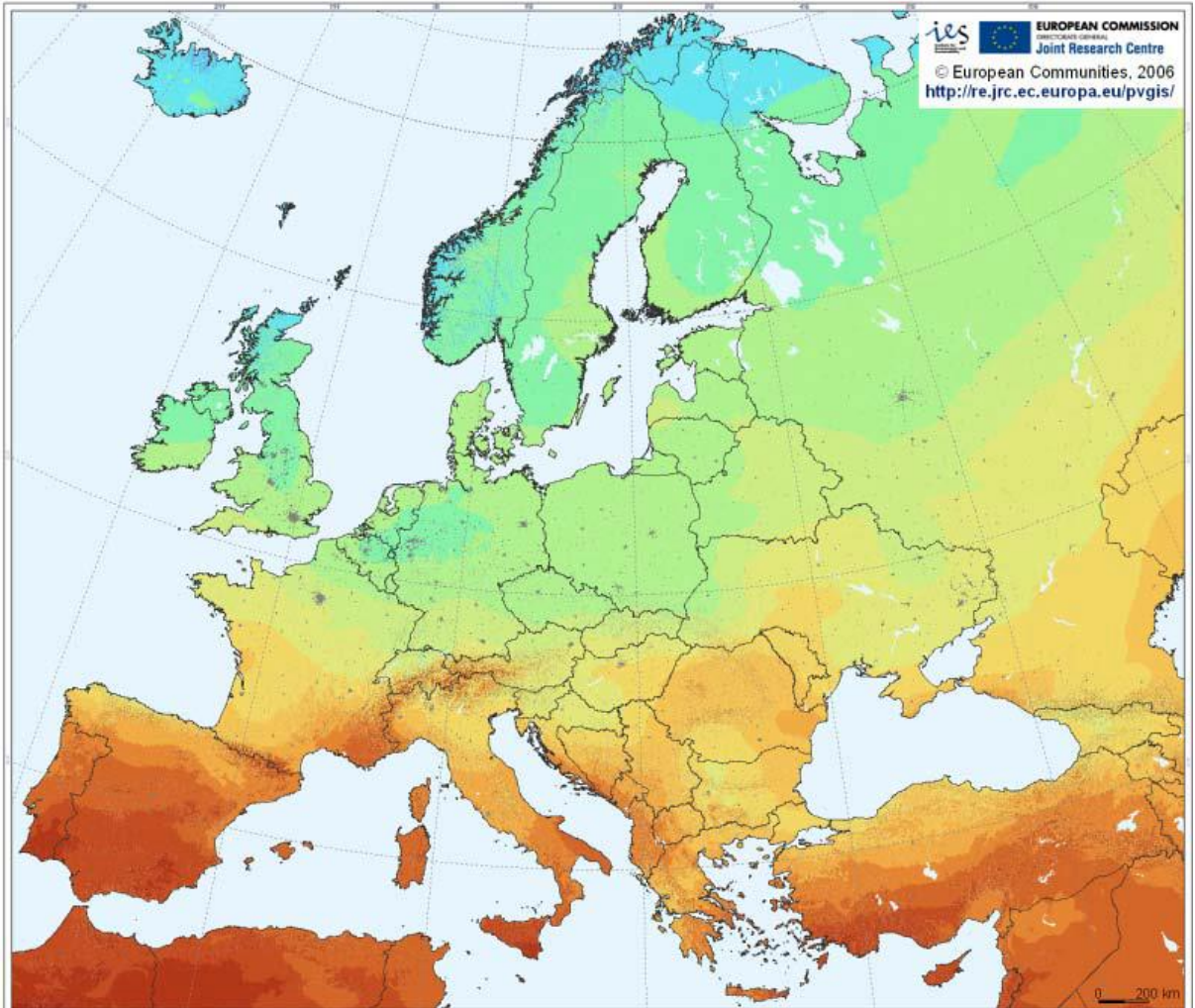


Kaynak: Michael Melford, National Geographic Creative

Dr Van Sark ve Araştırma Grubu montajı gerçekleştirilen küresel solar panelleri sayısı olarak özerk düşünce kuruluşu **Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency – IEA)** verilerinden faydalanmıştır. Güneş panelleri yapımı için gerekli enerji miktarı ile ilgili bilgiler ise çok sayıda yayımlanmış bilimsel araştırmalar kanalıyla toplanmıştır. Güneş panelinin imalatı sırasında atmosfere ne kadar karbondioksit salınımı yapıldığına dair kesin değerler de panelin üretildiği yere ve zamana bağlı olmaktadır. Ne miktarlarda gaz emisyonu tasarrufu ve azaltılması sağlandığı da panelin monte edildiği yer ile ilişkili bir konumda bulunmaktadır. Örneğin, Çin'de üretilen solar panelleri (**solar panels**) Avrupa'da imal edilen güneş panellerine kıyasla iki kat daha fazla sera gazı emisyonları salmaktadır. Bunun nedeni olarak Çin güç üretimi profili oranlarının yoğun biçimde fosil yakıtlı termik santraller ünitelerine dayalı oluşu gösterilmektedir. Çevresel kriterler ve sağlanan

ekolojik yararlar dikkate alındığı takdirde tam tersine Çin Avrupa'ya nazaran çok büyük avantajlar temin etmektedir. Böylece, Çin elektrik üretimi portföyü kapsamında yer alan baz enerji kaynakları kömür ve gaz yakan güç santralleri yerine doğa dostu temiz enerji kaynakları kompleksleri kurulması yoluyla oldukça geniş çevreci enerji dönüşüm ve değişim süreci yaşamaktadır. Araştırma Ekibi yukarıda toplanan verilerin ışığı altında günümüzde güneş panelleri üretilen enerjinin **kilowatt-saat** başına çevreye ortalama 20 gram karbondioksit (**carbon dioxide - CO₂**) miktarı salınmasından sorumlu olduğunu hesaplamıştır. Güneş panellerinin ömrü, ne zaman imal edildiğine bakılmaksızın 30 yıl kabul edilmiştir. Hesaplanan değerler 1975 yılında karbondioksit emisyonları **kilowatt-saat** başına 400 – 500 gram iken şimdilerde ise karbondioksit salınımları **kilowatt-saat** de 20 gram'a kadar gerilemiştir.

Avrupa haritası üzerinde güneş ışınları ve güneş radyasyonları öğeleri miktarları **turkuaz tonlu renkler**den **koyu kahve tonlu renkler**e doğru kuzey güney yönünde yükselen değerler şeklinde işaret edilmektedir.



Kaynak: M.J. de Wild-Scholten 2013. Image: JRC European Commission. Graph: PSE AG 2014 (Modified scale with updated data from PSE AG and FraunhoferISE)

Ayrıca, güneş panelleri **araştırma-geliştirme AR-GE** faaliyetleri içeriğinde yürütülen çalışmaların ve buluşların uygulanması da önceleri yaklaşık 20 yıl mertebesinde günümüzde 2-3 yıl düzeyine kadar bir azalma kaydetmiştir. Giderek çok daha fazla güneş panelleri üretilmekte aynı zamanda global solar panelleri imalat prosesi

verimliliği de artmaktadır. Bilimsel Araştırma Grubu, dünya güneş enerjisi kapasitesi rakamları iki kat yükseldiğinde güneş panelleri yapımı için gerekli enerji miktarı takribi %12 oranında düştüğü ve karbondioksit emisyonları oranlarının da %17 - %24 seviyesine azaldığı hesaplanmıştır. Ancak, yapılan yoğun hesaplamalar, doğa dostu, yeşil ve çevreci kuruluşlar yönünden umutlandırıcı bir ortam yaratmamaktadır. Sağlanan verilere tabi olarak hesaplama modeli kapsamında 1997 yılı ve sonrası global ekolojik fayda ve zararların dengelenmesi olası görülmektedir. En kötü varsayımlar çerçevesinde ekolojik dengelenme 2018 yılında gerçekleşecektir. Sonuçta, güneş enerjisi sistemleri ünitelerinin gerçekte kusursuz, kararlı, düzgün ve güvenilir çevreci ölçütler seviyelerine ulaşması için biraz zaman gerekmektedir.

Kaynaklar:

- Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Küresel Ekonomik Kriz, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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.
- Temiz Enerji Kaynakları, Nükleer Elektrik Reaktörleri, Küresel Ekonomik Kriz ve Küresel Mali İflas, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Güneş Enerjisi Elektrik Santralleri ve Fotovoltaik Güç Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Yeni Nesil Termoelektrik Güneş Enerjisi Elektrik Santralleri, Ahmet Cangüzel Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011
- Uzay Güneş Enerjisi Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO 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.
- Doğalgaz Çevrim Santralleri ve Kömürlü Elektrik Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO 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.
- Kömür Yakan Termik Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Yeni Nesil Güneş Enerjisi Elektrik Santralleri Geliştirilmesi için Son Yapılan Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar, **FMO 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.
- Almanya Enerji Devrimi ve Enerji Dönüşümü-**Energiewende** Politikaları, Fosil Yakıtlı ve Nükleer Enerji Tabanlı Ekonomi Sistemi Portföyünden Yenilenebilir Enerji Kaynakları Temelli Ekonomi Sistemi Portföyüne Transformasyon, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Asya Kıtası Elektrik Üretimi Perspektifi Kapsamında Temel Enerji Kaynağı Kömür Kullanımı ile Çin ve Hindistan'da Kömürle Çalışan Termik Santraller, Ahmet

- Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- 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.
 - Almanya Enerji Reformu Düşük Karbon Ekonomileri Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Devrimi ve **Energiewende** Enerji Çevrimi Açmazı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
 - Amerika Karbonsuz Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri Yatırımları ile Yenilikçi Şeyl - Kaya Gazı Çıkarılması ve Üretimi Gelişimi Süreçleri Etkileşimleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
 - Polonya Farklı Enerji Transformasyon (**Energiewende**) Politikası, Kömür Yakıt Kaynaklı Elektrik Üretimlerinden Nükleer, **YEK** ve Gaz Üretimlerine Dönüşüm, 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.
 - Düşük Karbon Teknolojileri Çerçevesinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Menşeli Yeni Kuşak Güneş Enerjisi Sistemleri Verimlilik Artırma Çalışmaları Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** 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.
 - Almanya Düşük Karbon Ekonomisi Enerji Dönüşümü Paradoksu ile Temel Yük Kaynağı Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri Kapatılması ve Elektrik Devrimi (**Energiewende**) Çelişkisi, 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 Önlenebilen Yükselişi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
 - 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.
 - Afrika Enerji Politikaları Üzerinde Küresel Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Menşeli Güneş Enerjisi Sistemleri **GES** Üniteleri Maliyeti Düşüşleri Etkisi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** ile Güneş Radyasyonları Kökenli Güneş Enerjisi Sistemleri **GES** ve Silikon Kristalli Fotovoltaik PİL Maliyetleri Düşüşleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
 - Dünya Düşük Karbon Ekonomisi Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Elektrik Üretim Sistemleri Gelişim Süreci İçerisinde **YEK** Güç Üniteleri Yatırımları Artışı, Ahmet Cangüzel Taner, **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.
- 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.
 - 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 Teknolojiler Eşliğinde Gelişen Küresel **YEK** Kökenli **Güneş Enerjisi Santralleri GES** Firmaları Ekonomik Çıkamazları ve Finansal İflasları, 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.
 - İnovatif Teknolojiler Eşliğinde Gelişen Küresel **YEK** Kökenli **Güneş Enerjisi Santralleri GES** Firmaları Ekonomik Çıkamazları ve Finansal İflasları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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.
 - Karbonsuz **Yenilenebilir Enerji** Kaynakları **YEK** Tabanlı **GES** ve **RES** Kompleksleri ile Yoğun Çevre Kirliliği Oluşturan Kömür Santralleri Rekabeti, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
 - Amerika Birleşik Devletleri **Washington**, **WA** Eyaleti Karbon Vergisi Uygulaması ve Sürekli Yeşil Olan Eyaletin Sera Gazı Emisyonları Azaltılması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
 - Global Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Sonucu Yükselen **Fotosentez** Olayları ile Birlikte Gezegenin Yeşil Bitki Örtüsü Dağılımı Yaygınlaşması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
 - ABD** Yeni Başkanı **Donald Trump** Yönetiminde Amerikan Kömürlü Termik Santraller Kompleksleri ve Temiz Enerji Kaynakları Ünitelerinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
 - Gezegenin Geleceği Açısından Hemen Gündeme Alınması Gereken Sorunlar Arasında Sayılan Küresel Isınma ve Global İklimsel Değişim Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
 - The Economist Dergisi, (10 Aralık 2016 – 16 Aralık 2016).

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

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