

## 3BOYUTLU (3B) BASKI NEDİR?



*Hazırlayanlar: Gülnur Polat, Mustafa Tunçgenç,  
Ağustos 2016*

*Temel Kaynak: 3D Printing.com  
(<http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>), 2016.*

3 boyutlu veya 3B baskı ya da “eklemeli üretim” olarak isimlendirilen süreç, dijital bir dosyadaki verileri kullanarak üç boyutlu nesnelere yapmak olarak özetlenebilir.

3B baskılı nesnenin oluşturulması “ekleme süreçleri” kullanılarak elde edilir. “Ekleme süreci” boyunca, bir nesne oluşturulana kadar, onu oluşturan ardışık katmanlar çıktıya eklenir. Bu tabakaların her birini, sonuçta ortaya çıkacak olan nesnenin ince dilimlenmiş enine kesitleri olarak düşünebilirsiniz.

### 3B Baskı Alma Nasıl Çalışır?

Her şey oluşturmak istediğiniz objenin sanal tasarımını yapmakla başlar. Bu sanal tasarım örneğin bir CAD(Bilgisayar destekli tasarım) dosyasında olabilir. Bu CAD dosyası bir 3B modelleme uygulama programını veya var olan bir nesneyi kopyalamaya yarayan bir 3B tarayıcı kullanılarak yaratılır. 3 boyutlu tarama yapan bir tarayıcı, nesnelerin 3B kopyalarını yapabilir.

### 3D Tarayıcılar

3B tarayıcılarda 3B modelleri oluşturmak için farklı teknolojiler kullanılır.Örneğin: TOF (Time of Flight: Uçuş süresi)<sup>1\*</sup>, yapılandırılmış/ module edilmiş ışık, hacimsel tarama ve daha birçokları...

Microsoft ve Google gibi şirketler son dönemde kendi donanımlarını 3B tarayıcı olarak çalışacak şekilde düzenlemektedirler. Örneğin Microsoft Kinect. Yakın gelecekte gerçek nesnelere sayısal verilere dönüştürerek bunların 3B modellerini elde etmek fotoğraf çekmek kadar kolay hale gelecektir.Olasıdır ki akıllı telefonların ileri sürümleri içerisinde entegre 3B tarayıcılar bulunduracaktır. Halen, pahalı endüstriyel ürünlerden tutun 30 ABD Doları fiyatta olan ve herkesin evine alabileceği ucuz ürünlere kadar değişen 3B tarayıcılar bulunuyor.

### 3B Modelleme için Yazılım

3B yazılımlarının da çeşitli türleri bulunuyor. Yıllık maliyeti binlerce doları bulan sanai yazılımlar olduğu gibi ücretsiz kullanıma açık örneğin [Blender](#) gibir yazılımlar da mevcuttur. Eğer işin başındaysanız ve birçok seçenek arasında bunalıyorsanız başlangıç için [Tinkercad](#) önerilebilir. [Tinkercad](#) WebGL’yi destekleyen, örneğin Google Chrome gibi arama motorları ile çalışabilen ücretsiz bir sürümü de vardır, Yeni başlayanlar için dersler içerir ve nesnelerinizi

---

<sup>1</sup> TOF (Time Of Flight) bir objenin, parçacığın veya akustik ögenin, tanımlanmış bir rota boyunca, elektromanyetik veya diğer dalga boylarında uçuş süresini ölçmeye yarayan metoda denir ([https://en.wikipedia.org/wiki/Time\\_of\\_flight](https://en.wikipedia.org/wiki/Time_of_flight)). TOF temelli 3B tarayıcılarda, modellenecek nesnenin yüzeyi lazer ışığıyla taranır. Lazer ışınının seyahat süresi 10<sup>-12</sup> saniye duyarlılıkla ölçülürse, lazer kaynağına uzaklık ya da modellenecek nesnenin ölçülen boyutu1 mm hata ile belirlenmiş olur ([https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_scanner#Time-of-flight](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner#Time-of-flight)).

çeşitli 3B baskı servisleri aracılığıyla basmakta kullanılacak opsiyonları olan bir yapıya sahiptir.

Eğer basılmak üzere hazırlanmış bir 3B maketiniz (: modeliniz)<sup>2</sup> varsa bir sonraki adım onu 3B olarak basıma hazırlamak olacaktır.

### **3Boyutlu Modelden 3Boyutlu Yazıcıya**

3B baskıya hazır olmadan önce 3 boyutlu maketi hazırlamalısınız. Buna dilimleme denir. Dilimleme, 3B modeli yüzlerce veya binlerce yatay tabakaya bölmek demektir ve bunu yapmak için yazılıma ihtiyaç vardır. Bazen 3B model 3B modelleme yazılımı içerisinde zaten dilimlenmiş olur. Belli bir 3B yazıcı kullanmak zorundaysanız onunla uyumlu bir dilimleyici kullanmanız da gerekebilir.

Dilimleme işlemi bittiğinde 3B modelinizi yazıcıya yükleyebilirsiniz. Bunu USB, SD veya wifi ile yapabilirsiniz. Bu, sizin ne marka ve çeşitte bir 3B yazıcı kullandığınıza göre değişir.

Dosya 3B yazıcıya yüklendiğinde tabaka tabaka yazılmaya hazır hale gelmiştir. 3B yazıcı her bir dilimi (yani 2 boyutlu görüntüleri) okur ve bunları ardarda çıktıya ekleyerek üç boyutlu bir obje yaratır.

### **3 Boyutlu (3B) Baskı Nasıl Öğrenilir?**

Eğitime 3B baskıyı öğreten ve yaklaşık 350 ABD Doları'na mal olan internetten erişebileceğiniz kurslarla başlanabilir.

Buna karşın aynı fiyata kendi 3B Baskı kitinizi oluşturabilirsiniz. Bu yolla 3B yazıcınızı onarmak ve ayarlamak için gereken tüm bilgileri ihtiyaç oldukça ve adım adım edinebilirsiniz. Şayet bu yolu seçerseniz lütfen [ucuz 3B yazıcı kitleri](#) konu başlığı altında verdiğimiz bilgileri okuyun. Bu başlık hangi rakip ürünlerin hangi özelliklerine hangi sebeple bakıp mukayese etmeniz gerektiği konusunda yeterli bilgiyi verir.

### **3B Baskı Alma Prosesleri ve Mevcut Teknolojiler**

Tüm 3B yazıcıları aynı teknolojiyle çalışmazlar. Baskı almada kullanılan çeşitli yollar vardır. Ama bunların hepsi "ekleme süreçleri"yle çalışırlar. Aralarındaki fark, ortaya çıkacak olan maketin katmanlarını nasıl oluşturduklarıyla ilgilidir.

Bazı yöntemler katmanları oluşturmakta kullanılan malzemeyi eritir ya da yumuşatarak şekillendirir. Bu yolla çalışan 3B yazıcılarda en yaygın kullanılan teknolojiler *Lazerle Seçimli Sinterleme (Selective Laser Sintering, SLS)* ve *Eriterek Biriktirmeyle Modelleme (Fused Deposition Modelling- FDM)*'dir. Bir başka yöntem, ışık yardımıyla tepkimeye girerek sertleşen reçineler kullanıldığında devreye girer. Bu yöntemde, her katman için ayrı ayrı UV lazer veya benzer bir güç kaynağı uygulanır. Bu yöntemle çalışan en yaygın teknoloji *Stereolitografi (SLA)*'dir.

Daha net konuşursak, 2010 yılından bu yana, Amerikan Test ve Malzeme Standardları Kurumu (ASTM<sup>3</sup> "eklemeli üretim teknolojileri"ni yedi ana grupta toplamıştır.

Bu Yöntemler:

1. Kap İçinde Fotopolimerizasyon
2. Malzeme Püskürtme
3. Bağlayıcı Püskürtme
4. Malzeme Ekstrüzyonu (: kalıptan çekilmesi)

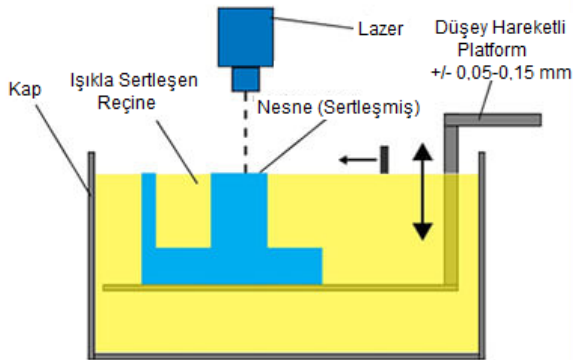
<sup>2</sup> Bu yazının çeşitli kısımlarında "maket" ve "model" sözcükleri eşanlamlı olarak kullanılmıştır.

<sup>3</sup> *ASTM International* uluslararası bir standard organizasyonu olup geniş bir malzeme, ürün, sistem ve servis içeriğinin teknik standartlarını gönüllü olarak geliştirip yayınlamaktadır. 2014 yılı itibarıyla, 12575 ASTM standardı dünya ülkelerince kullanılmaktadır. Organizasyonun merkezi West Conshohocken, Pennsylvania' dadır.

5. Toz Yatağının Eritilmesi
6. Yaprakların Kat Kat Eklenmesi
7. Yönlendirilmiş Enerjiyle Malzeme Biriktirme

Aşağıda bu yedi ana grupta özetlenen 3B teknolojisi prosesleri konusunda ayrıntılar bilginize sunulmuştur:

### Kap İçinde Fotopolimerizasyon (: Vat Photopolymerisation)



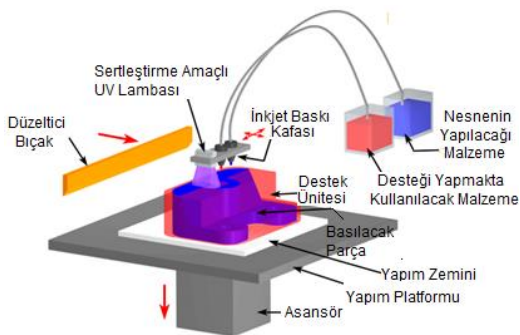
Kap içinde Fotopolimerizasyonu esasıyla çalışan 3B yazıcının içerisinde UV ışık kaynağı ile sertleşen fotopolimer reçinesi doldurulmuş bir kap bulunur.

### Kap İçinde Fotopolimerizasyonun Şematik Görünümü

Bu yöntemin en yaygın kullanıldığı teknoloji SLA – Strereolithography'dir. Bu teknolojiye, içi ultraviyole ile sertleşebilen bir sıvı fotopolimer

reçinesi içeren kap ile nesneyi oluşturan katmanları birer birer oluşturan bir ultraviyole lazer kullanılır Her bir katmanı oluşturmak için lazer ışını, sıvının yüzeyinde, baskısı alınacak nesnenin bir kısmının ince bir kesiti kadar bölümü tarar. Sıvı reçinenin bu bölümü, UV lazerin etkisiyle sertleşerek, evvelce taranmış olan maketin o kısmının şeklini alır ve evvelce sertleşmiş olan bir alttaki katmanla birleşir.

Desen belirginleştirildikten sonra SLA asansör platformu 0,05 ila 0,15 mm arasındaki tek bir katman kalınlığı kadar aşağı iner. Sonra reçine ile doldurulmuş bıçaklar az önce sertleşen yüzeyi sıyrır ve yüzeyi yeni sıvı reçine ile kaplar. Böylece yüzeyde ardışık tabakalar oluşur. 3 Boyutlu obje bu şekilde oluşturulmuş olur. Stereolithography teknolojisinde, asansör platformunu çekmek ve sıvı reçineyi içine çekmek için destekleyici yapıları kullanmaya ihtiyaç vardır. 3 boyutlu baskı işlemi tamamlandıktan sonra bu destek elemanları kap içinden alınır. Bu teknik 1986 yılında Charles Hull tarafından geliştirilmiştir,



Vat Fotopolimerizasyonu yöntemiyle çalışan diğer teknolojiler, yeni geliştirilen ultra hızlı **Sürekli Sıvı Arayüzey Üretimi** veya **CLIP** ile daha eski olan ve az kullanılan **Film Transferiyle İmaj Oluşturma** ve **Katı Zemin Sertleşmesi** teknolojileridir.

### Malzeme Püskürtme

Bu proste malzeme küçük çaplı bir ağızdan damlacıklar halinde verilir. Bu rutin kullanımda gördüğümüz kağıt üzerine yazma işlemine benzer.

Buradaki tek fark, püskürtülen malzemenin 3 boyutlu nesneyi oluşturmak üzere yüzeye tabaka tabaka uygulanması ve ve UV ışınları ile sertleşmesindedir.

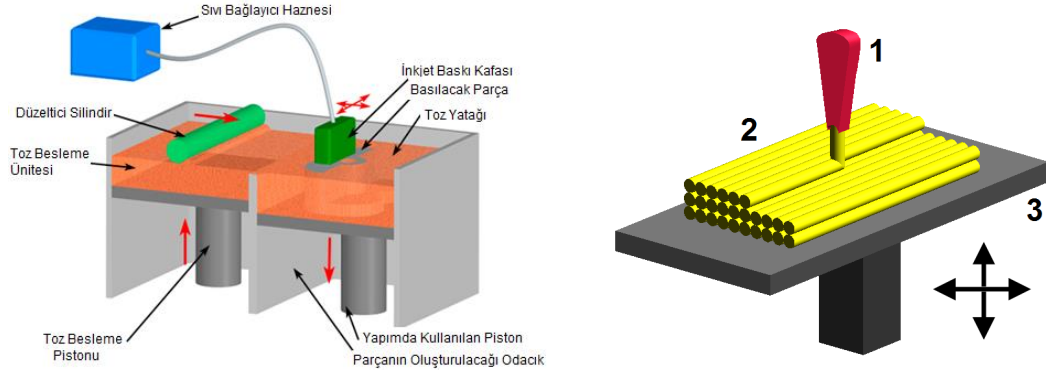
### Bağlayıcı Püskürtme

Burada iki malzeme kullanılmaktadır: toz esaslı malzeme ve sıvı bir bağlayıcı. Proses esnasında toz mazleme eşit kalınlıkta tabakalar oluşturacak şekilde yayılır ve ve sıvı haldeki bağlayıcı bu yüzeye püskürtülerek toz taneciklerini programlanan 3 boyutlu nesnenin şeklini oluşturacak biçimde birbirlerine bağlar Bitmiş ürün kalan toz malzeme ile birlikte bağlayıcının kalanı

sayesinde sıkıca birleştirilir. Kalan toz malzeme temizlenir ve bir sonraki imalatta kullanılır. Bu teknoloji ilk olarak Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde 1993 and 1995 yılları arasında kullanılmıştır.

### Malzeme Ekstrüzyonu

Bu proseste en çok kullanılan teknoloji *Eriterek Biriktirmeyle Modelleme (FDM)*'dir.



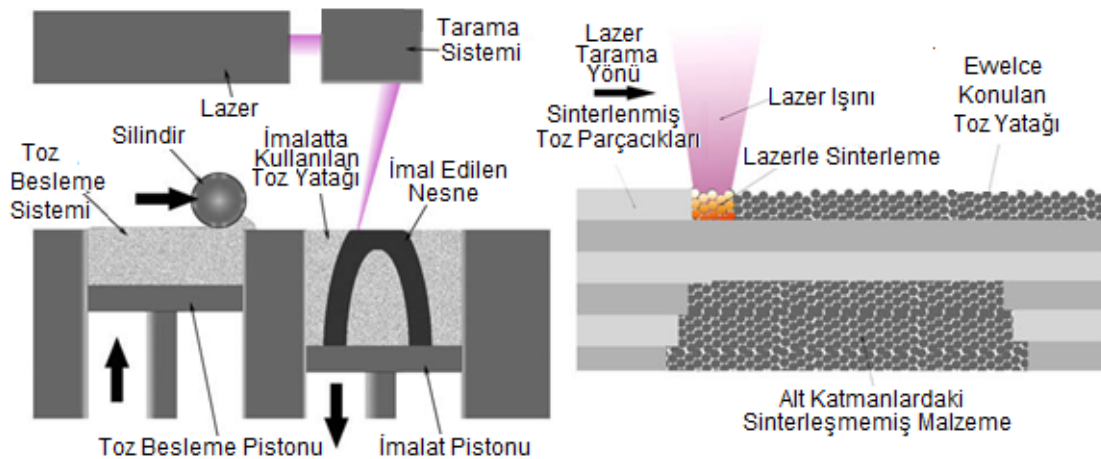
*Eriterek Biriktirmeyle Modelleme (FDM), hızlı prototip üretimi:*

- 1 - Erimiş (plastik) malzemenin püskürtülmesi
- 2 - Malzemenin Kaplanması (Modellenen Parça)
- 3 - Kontrol Edilebilen Hareketli Zemin

FDM teknolojisi, bir makaradan açılan plastik iplikçığı veya metal teli kullanarak ve malzemeyi açma kapama fonksiyonu olan bir ekstrüzyon (: çekme) memesine besleyerek çalışır. Meme içinden geçen malzemeyi eritmek için ısıtılır. Ayrıca, bir bilgisayar destekli üretim (CAM) yazılım paketi tarafından denetlenen bir sayısal kontrol mekanizmasıyla hem dikey hem de yatay doğrultularda hareket edebilir. Memeden çıkan eritilmiş malzeme katmanları oluşturur. Malzeme hızla donduğu için hedeflenen nesne oluşturulur. Bu teknoloji en sık olarak iki ayrı plastik iplikçik ile kullanılır: ABS (Akrlonitril Bütadiyen Stiren) ve PLA (Polilaktik asit); ama talaş tozu, iletken, bükülgen vd özelliklerde pek çok diğer malzemeyle de kullanılır.

FDM teknolojisini 1980 sonlarında Scott Crump keşfetti. Teknolojinin patentini aldıktan sonra, 1988 yılında Stratasys adlı şirketi kurdu. Bu teknolojiyle gündeme gelen yazılım gereken destek yapılarını oluşturur. Makine, biri modeli oluşturmak, diğeriye geçici destek yapılarını oluşturmak için iki ayrı malzemeyi enjekte eder.

Bu proseslerde en yaygın kullanılan teknoloji Lazerle Seçimli Sinterleme (SLS)'dir.)

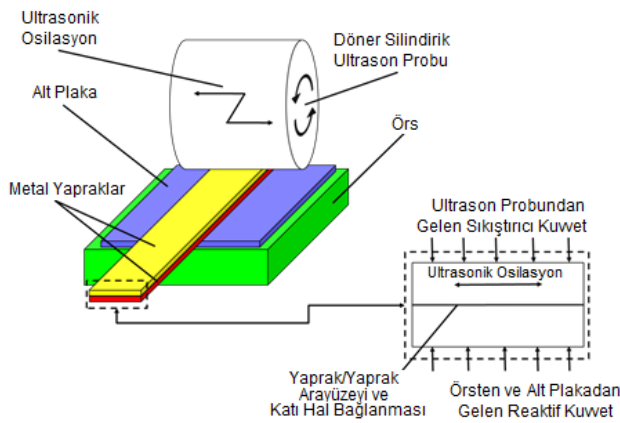


*SLS Sisteminin Şematik Görünümü*

Bu teknolojide, küçük boyutlu plastik, metal, seramik veya cam parçacıkları istenen üç boyutlu biçime sahip bir kütleyi oluşturmak üzere eriten yüksek güçte bir lazer kullanılır. Lazer, 3B modeli üretmeye yönelik programın oluşturduğu kesitleri ya da katmanları tarar ve toz malzemeyi seçimli biçimde eritir. Her bir kesit tarandıktan sonra, toz yatağının kalınlığı bir katman kalınlığı kadar incelmış olur. Ardından, en üste yeni toz malzeme eklenir ve aynı süreç nesnenin oluşturulması bitene kadar tekrarlanarak devam eder.

Dokunulmamış durumdaki toz, oluşturulan nesne için bir destek yao-pısı olarak görev yapar. Dolayısıyla, ayrı bir destekleyici yapıya gereksinim yoktur. Kullanılmayan tozun tümü bir sonraki baskı sırasında kullanılabilir. SLS teknolojisi Teksas Üniversitesi'nden Dr. Carl Deckard tarafından 1980lerin ortasında patentlenmiştir.

Yaprakların Kat Kat Eklenmesi (: Sheet Lamination)



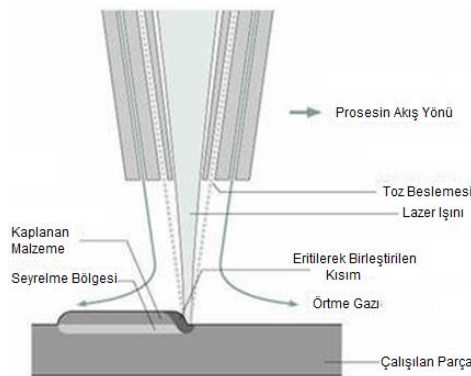
Yaprakların Kat Kat Eklenmesi teknolojisinde, malzeme yapraklar halindedir ve yapraklar bir dış kuvvetin etkisiyle birbirlerine bağlanırlar. Metal yapraklar ultrasonik kaynaklamayla birleştirilir ve sonra da CNC'de işlenerek uygun şekle sokulur. Kağıt yapraklar da kullanılabilir. Bunlar, yapıştırıcı tutkalla birleştirilir ve sonra da hassas bıçaklarla biçimlendirilir.

*Ultrasonik yolla birleştirilen metal yapraklarla*

*3 boyutlu baskı alma teknolojisinin basitleştirilmiş gösterimi.*

### Yönlendirilmiş Enerjiyle Malzeme Biriktirme

Bu süreç , çoğunlukla yüksek teknoloji metal sanayisinde ve hızlı üretim uygulamalarında kullanılır. 3B baskı aygıtı genellikle çok eksenli bir robot koluna bağlanır ve istenen yüzeylerin üzerine toz veya tel halindeki metali kaplayan bir memeye ve metali eriterek bütünleşmiş bir katı nesneye dönüştürecek bir enerji kaynağına ( lazer,elektron ışını veya plazma arkı) sahiptir.



*Doğrudan enerji uygulayarak metal tozları ile kaplama ve lazerle eritme.*

### 3B Baskının Örnekleri ve Uygulama Alanları

Uygulama alanları hızlı prototip üretimi,mimari ölçekte model ve maket yapma,sağlık (3B teknolojisi ile protez ve insan dokusu üretme) ve eğlence sektörü (film ve sahne dekorları üretimi) olarak özetlenebilir.

3B teknolojisi ile yapılan baskının uygulama örnekleri arasında paleontoloii bilimi içerisinde kendine yer bulan fosillerin tekrar üretimi, arkeolojik kazılarda bulunan

antik eserlerin kopyalanması, tıp alanında ise adli patoloji çalışmalarına ışık tutulması için kemiklerin ve vücut parçalarının ağır hasar gören kısımlarının kopyalarının yapılması şeklinde sıralanabilir.

### **3B Baskı Endüstrisi**

Dünya genelinde 3B teknolojisinin 2013 yılında 3,07 milyar ABD Doları olan pazar hacminin 2018 de 12,8 milyar'a 2020 de ise 21 milyar'a ulaşması bekleniyor. 3B teknolojisi geliştikçe bütün temel sanayi sektörlerinde yerini alacak ve gelecekte yaşama, iş yapma ve oyun oynama biçimlerimizi önemli ölçüde değiştirecektir.

### **Tıbbi Sanayi**

Görünen o ki ,uzmanların 3B teknolojisini çok daha ileri biçimde kullanmaya başlamalarıyla birlikte 3B teknolojisinin tıbbi uygulamaları son derece hızlı gelişim göstermeye başlamıştır. Dünya genelinde hastalar, 3B teknolojisi sayesinde, bugüne kadar görülmemiş implantlar ve protezler sayesinde hayat kalitelerinin iyileştiğini deneyimleme şansına sahip oluyor.

### **Biyo –Baskı**

2000 li yılların başından itibaren 3B baskı teknolojisi biyoteknoloji şirketleri ve akademi dünyası tarafından organ ve beden parçalarının inkjet teknolojisi ile üretildiği doku mühendisliği uygulamalarında kullanılmak üzere araştırılmaktadır. Canlı hücre tabakaları bir jel ortamının üzerine kaplanır ve yavaşça üç boyutlu yapıyı oluşturmak üzere üretilirler. Bu tür çalışmalara terminolojide biyo-baskı (: bio-printing) adı veriliyor.

### **Uzay ve Havacılık Sanayileri**

3B baskı tekniğinin uzay ve havacılık sanayilerindeki kullanımının gelişmesi, büyük ölçüde, eklemeli imalata dayalı metal sektöründeki gelişmelere bağlanmaktadır.

Örneğin NASA iç kaplamalarını lazerle seçmeli eritme yöntemini kullanarak üretmekte ve 2015 yılı Mart ayından bu yana da ABD'deki Federal Havacılık İdaresi (FAA) General Elektrik Havacılık şirketinin 3B baskıyla üretilmiş jet motor parçalarının uçuşlarda kullanılmasını onaylamıştır. Bu parçalar yanma kompresör giriş sıcaklığı sensörlerinin yerleştirileceği yuvalardır; lazer sinterlemeyle üretilmişlerdir.

### **Otomotiv Sanayisi**

Otomotiv sanayisi 3B baskı teknolojisini gündemine ilk alan sanayilerin içinde olmasına karşın onlarca yıldır 3B baskı teknolojisini sadece küçük boyutlu prototip üretimi uygulamalarıyla sınırlamıştır. Günümüzde, Otomotiv sanayisindeki 3B baskı kullanımı nispeten kolay konsept modellerden test taşıtlarında, motorlarda ve platformlarda kullanılan işlevsel parçalara doğru evrilmektedir. Beklentiler, 3boyutlu basımın, 2019'a kadar otomotiv sanayisinde üreteceği değer 1,1 milyar ABD Doları'na ulaşacağı yolundadır.

### **Sınai 3B Basımı**

Son yıllarda 3B baskı teriminin bilinirliği giderek artmakta ve teknoloji daha geniş halk kitlelerine ulaşmaktadır. Yine de, teknoloji bir kaç onyıdır kullanılmasına karşın, pek çok insan bu terimi hiç duymamış durumdadır. Ama, özellikle imalatçılar, yerleşik üretimlerinde veya araştırmalarda kullanılacak prototipleri tasarlama süreçlerinde bu prosesi yıllardır kullanmaktadırlar. 3B yazıcıların bu amaçla kullanımına *prototip üretimi* adı verilir.

Bu süreçte 3B yazıcıların neden kullanıldığını kendinize sorabilirsiniz. Günümüzde, hızlı 3B yazıcıları bir kaç onbin ABD Doları'na alınabiliyor ve şirketlere prototip oluşturma sürecinde bunun defalarca üzerinde tasarruflar sağlıyor. Örneğin Nike firması, çok renkli ayakkabı prototiplerini yaratmakta 3B yazıcıları kullanmaktadır. Önceleri, bir prototip için binlerce ABD Doları harcamakta sonucu haftalarca beklemekteydiler. Günümüzdeyse, aynı sonucu almanın maliyeti birkaç yüz dolardır, değişiklikler anında bilgisayar üzerinde yapılmakta ve prototip aynı gün içinde basılabilmektedir. Hızlı prototip üretiminin yanısıra, 3B baskı *hızlı üretim*de de kullanılmaktadır. *Hızlı üretim* yeni bir üretim yöntemidir ve şirketler, kısa sürede üretilen siparişe özel üretimler için 3B yazıcıları kullanmaktadır. Bu şekilde üretilen nesnelere prototipler

değil nihai kullanıcıya gönderilen ürünler olmaktadır. Bu alanda, kişisel istekler doğrultusundaki özel ürünlerin artması beklenebilir.

### **Kişisel Kullanımda 3B Baskı**

3B baskının kişisel ya da evsel kullanımına esasen hobileri olanlar ve meraklı bireyler ilgi duymaktadır ve 2011'de gerçek bir gelişme başlamıştır. Bu piyasadaki hızlı gelişim nedeniyle yazıcılar giderek ucuzlamakta ve fiyatlar 250 ile 2500 ABD Doları arasında bulunmaktadır. Bu, 3B yazıcıları giderek daha fazla kullanıcıya ulaştırmaktadır

Açık kaynaklı RepRap projesi hobicilere yönelik piyasayı ateşlemiş durumdadır. Kişilerin bin ABD Doları düzeyinde bir ücretle 3B yazıcı alabilmekte, kendi yazıcılarını monte edebilmekteler. Ayrıca RepRap konusunda çalışan herkes bilgilerini açık erişim ortamında paylaşabilmektedir.

Geçmiş ;

Üretim tarihi boyunca, önceliği hep eksiltmeli (: subtractive) yöntemler gündeme gelmiştir. Yüksek hassasiyetle net biçimlerin oluşturulması genellikle talaşlı işleme yoluyla yapılmıştır.

Ekleme üretim ilk uygulamaları takımhanelerde prototip yapımıyla başlamıştır. Evvelce eksiltmeli üretim yoluyla yapılan prototipler, artık eklemeli üretimle çok daha kısa sürede ve düşük maliyetle yapılabilmektedir. Yıllar ilerledikçe eklemeli üretim teknolojilerdeki gelişmeler, uygulamanın prototip yapımının yanısıra nihai ürün üretimini de kapsamına yol açmaktadır.

Ancak, yeni gelişen eklemeli üretim teknolojilerinin ticari üretim faaliyetiyle gerçek bütünleşmesinin eksiltmeli ve eklemeli üretim yöntemlerini, birbirlerini tamamlayacak biçimde combine etmekle mümkün olacağı anlaşılmaktadır.

Gelecek;

Bazı eklemeli üretim uzmanları, bu teknolojik gelişmenin ticaretin karakterini değiştireceğini öngörmektedir. Bu görüşlere göre, kullanıcılar, ihtiyaçlarını sağlamak için başka kişi ve kuruluşlarla ticari ilişkilere girmek yerine, çoğunlukla kendileri üretmeyi tercih edeceklerdir.

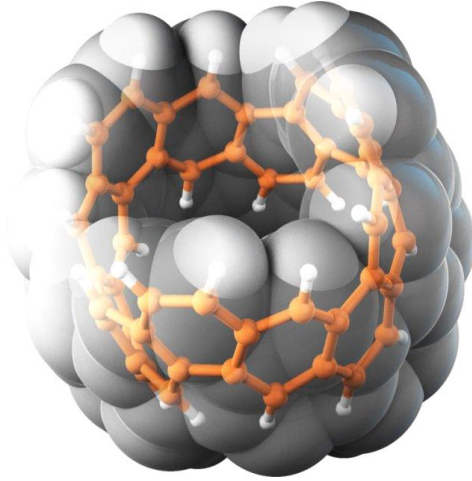
Halen 3B yazıcılarla, birden fazla malzemedan oluşan renkli çıktılar üretmek mümkündür ve gelişme hızla sürmektedir. Gidişat daha çok sayıda işlevsel ürünün üretilmesi doğrultusundadır. Enerji kullanımı, atık azaltımı, ihtiyaca özel istenen ürünün yapılabilmesi, tıbbi, bilimsel ürünlerle inşaat ürünleri üzerinde oluşturacağı etkilerle 3B baskı alma prosesleri bildiğimiz üretim dünyasını değiştirecektir.

## SONUNDA GÜZEL VE UYGUN KARBON NANOKEMERLER YAPILDI

Nanoteknolojide potansiyel uygulamaları olan bir karbon nanokemer sentezi yapıldı

**Temel Kaynaklar:** *Science Daily* , *Institute of Transformative Bio-Molecules (ITbM)*, Nagoya University, *Phys.org*; 11 May 2017

**Derleyen :** İlhan ASLAN, 23 Mayıs 2017



*Bir karbon nanokemer, toplar ve çubuklardan oluşan bir modelle ve bir boşluk doldurma modeli ile şekildeki gibi temsil edildi. Karbon atomları turuncu ve gri renkle, hidrojen atomları beyaz renk ile renklendirildi.*

Bilim adamları karbon nanokemerlerini 60 yıldan fazla bir zamandır sentezlemeye çalışmaktaydı, ancak şu ana kadar hiçbir bilim adamı başarılı olamamıştı. Nagoya Üniversitesi'nden bir ekip, *Science* dergisinde bir karbon nanokemerinin ilk organik sentezini yaptıklarını yayınladı. Karbon nanokemerlerinin karbon nanotüpleri oluşturmak için faydalı bir şablon olarak hizmet vermesi

ve yeni bir nanokarbon bilim alanı açması bekleniyor.

Çapı 0.83 nanometre (nm) olan yeni nanokemer, Nagoya Üniversitesi'ndeki JST-ERATO Itami Moleküler Nanokarbon Projesi araştırmacıları ve Transformatif Biyo-Moleküller Enstitüsü (ITbM) tarafından geliştirildi. Dünyadaki bilim adamları, 1950'lerden beri karbon nanokemerlerini sentezlemeye çalışmaktalar ve Profesör Kenichiro Itami'nin grubu ise 12 yıldır kendi sentezini geliştirme üzerinde çalışmakta.

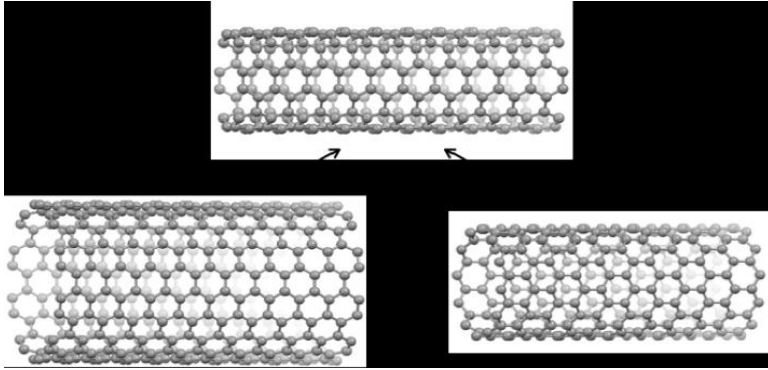
Bu çalışmanın liderlerinden biri olan ve sentezini 7.5 yılda tamamlayan Segawa, "Karbon nanokemerin organik sentezinin mümkün olup olmadığını dahivkimse kestiremiyordu. Ancak, bu güzel molekülün sentezi zihnimde vardı " diyor.

Karbon nanokemerler, altı karbon atomu içeren aromatik halkalar benzen halkalarının kaynaşmasıyla oluşan kemer şekilli moleküllerdir. Karbon nanokemerler, eşsiz fiziksel özelliklerinden dolayı elektronik ve foton biliminde çeşitli uygulamalara sahip olan bir karbon nanotüp türüdür.

Günümüzdeki sentetik yöntemlerle, tutarsız çaplara ve yan duvar yapılarına sahip karbon nanotüpler üretilmektedir ve bu tutarsız çap ve farklı kenar yapılarına sahip olma tüplerin elektrikselsel ve optik özelliklerini değiştirmektedir. Bu durum, belirli bir çap, uzunluk ve yan duvar yapısı olan tek bir karbon nanotüpünün izole edilmesini ve saflaştırılmasını son derece zorlaştırmaktaydı. Bu nedenle, yapısal olarak üniform karbon nanotüplerinin sentezini tam



olarak kontrol edebilmek, yeni ve son derece fonksiyonel materyallerin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.



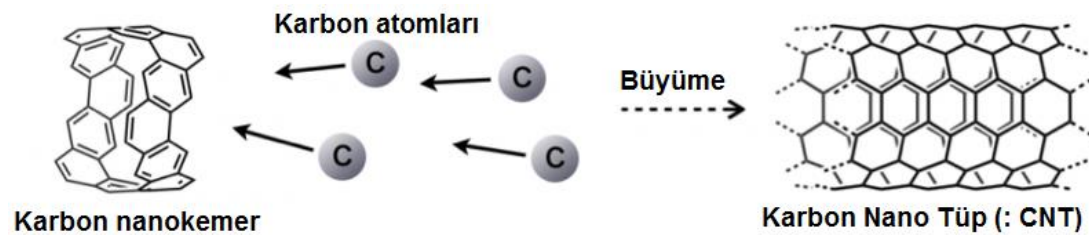
**Şekil 1:** Farklı çap ve farklı kenar yapısına sahip Karbon nanotüpler

Karbon nanokemerler, yapısal olarak aynı ve eşit karbon nanotüpleri oluşturmak için bir yol olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, karbon nanokemerleri sentezlemek son derece yüksek olan gerilme enerjileri nedeniyle zorlayıcı olmaktadır. Çünkü benzen düz olduğunda dengelidir, ancak halkaların kaynaşmasıyla bozulduğunda dengesizleşir.

Bu sorunun üstesinden gelmek için JST-ERATO projesinin doktora sonrası araştırmacısı Guillaume Povie, JST-ERATO projesinin grup lideri Yasutomo Segawa ve JST-ERATO projesinin direktörü ve ITbM'nin merkez müdürü Kenichiro Itami, başlangıç maddesi p-ksilen (1,4- (para-) konumunda iki metil grubu olan bir benzen molekülü) olan bir karbon nanokemerin 11 basamakta gerçekleşen ilk kimyasal sentezini başarmışlardır.

Bu başarının anahtarı, sentezde benimsenen stratejinin, kemer şekilli oluşumu sağlamakta nispeten düşük halka gerginliğine sahip bir makrohalkalı başlangıç maddesini (aromatik halkalardan oluşan makromolekül kastediliyor) temel alması olmuştur. Stratejide, 10 adımlık bir süreç sonunda, p-ksilen'den yola çıkılarak bir makrohalkalı molekül hazırlandı ve bu moleküllerin bağlanma (: coupling) reaksiyonu ile kemer şeklindeki aromatik bileşik oluşturuldu. Nikel, bağlanma sürecine aracılık etmekte kullanıldı.

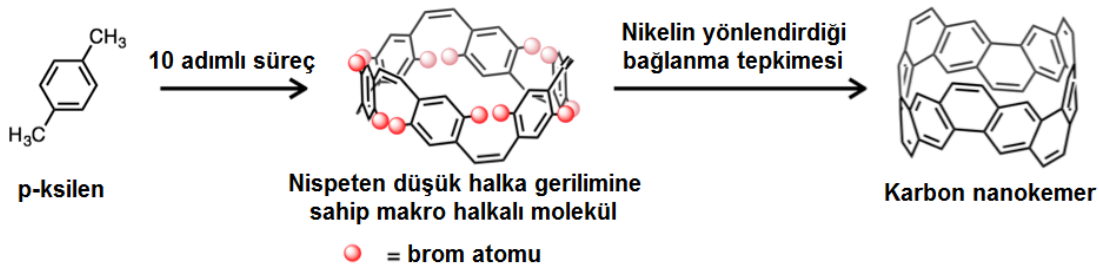
Povie, "Bu araştırmanın en zor kısmı, makrohalkalı öncülünün kilit bağlanma reaksiyonuydu" diyor. "Tepkime süreci her geçen gün iyi bir şekilde ilerlemedi ve çeşitli koşulları test etmek için üç dört ayımı harcadım. Yeterince arzunuz varsa, bir yolu bulacağınıza hep inanmışımdır."



**Şekil 2:** Bir karbon nanokemerini şablon olarak kullanarak karbon nanotüp büyümesi için genel strateji.

Itami, 2015 yılında özellikle karbon nanokemerin sentezine odaklanmak için ERATO projesinde yeni bir girişim başlattı. "Kemer festivali" adını verdikleri etkinlikte, karbon nanokemer için çeşitli yeni sentetik yollar önerildi ve 10'dan fazla araştırmacı projeye dahil edildi. Festivalin başlangıcından tam bir yıl sonra 28 Eylül 2016'da, karbon nanokemer yapısı, en sonunda, Itami grup üyelerinin önünde X-ışını kristalografisi ile ortaya çıkarıldı.

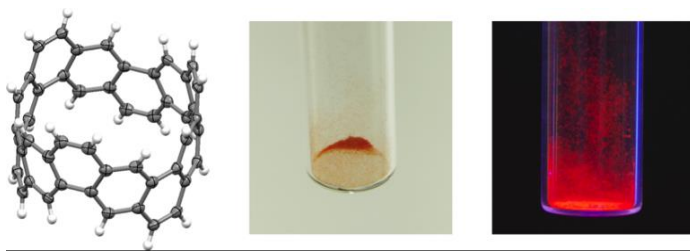
Itami, "Hayatımdaki en heyecanlı anlardan biriydi ve bunu asla unutmayacağım" diyor. "Bu on yıl süren uzun bir araştırmanın sonucudur, grubun geçmiş ve şimdiki üyelerine destek ve teşvik için çok teşekkür ediyorum, tüm üyelerinin yetenek, dayanıklılık, duyu ve güçlü iradeleri sayesinde bu başarılı sonucu yakaladık."



**Şekil 3 :** 11 adımda p-ksilen'den karbon nanokemerin sentezlendiği yaklaşım

Sentezlenen karbon nanokemer kırmızı renkli bir katıdır ve koyu kırmızı flüoresan görünümüne sahiptir. X-ışını kristalografisi ile analiz, karbon nanokemerin karbon nanotüpleriyle aynı biçimde silindirik bir şekle sahip olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar, ultraviyole-görünür absorpsiyon floresansı ve Raman spektroskopisi incelemeleri ile teorik hesaplamalarıyla ışık emilimini ve emisyonunu, elektrik iletkenliğini ve yapısal sertliğini ölçtüler.

"Aslında sentez kısmı geçen Ağustos ayında bitti ancak karbon nanokemerin X-ışını yapısını teyit edene kadar dinlenemedim," diyor Povie. "X-ışını yapısını gördüğümde gerçekten mutluydum."



**Şekil 4:** Soldan sağa : Karbon nanokemerinin x ışını yapısı, oda ışığında ve UV ışığı altında nanokemer kristalleri,

Karbon nanokemer gelecekte piyasaya sürülecektir. Segawa ve Itami, "Dünyadaki araştırmacılar ile birlikte biz de karbon nanokemerin yeni özelliklerini ve işlevlerini keşfetmek için sabırsızlanıyoruz" diyor.

## ATOM ÇAĞI, 75 YIL ÖNCE İLK KONTROLLÜ ZİNCİRLEME NÜKLEER REAKSİYON İLE BAŞLADI

Yazarlar : Artemis Spyrou, Wolfgang Mittig , Michigan State University, THE CONVERSATION, <http://www.chicagotribune.com/sns-atomic-age-began-75-years-ago-with-the-first-controlled-nuclear-chain-reaction-87154-20171130-story.html>

Derleyen: İlhan Aslan, 30 Kasım 2017



İlk kez insanlığı, atom fisyonunun gücünden yararlandı.

1938 yılı Noel tatilinde, fizikçiler Lise Meitner ve Otto Frisch, nükleer kimyager Otto Hahn'dan gelen özel bir mektupla şaşırtıcı bilimsel haberler aldılar. Hahn, Uranyumu nötronlarla bombardımana tuttuğunda, atomların iç çekirdekleri hakkında bilinen her şeyden farklı olan bazı şaşırtıcı gözlemler yapmıştı.

Meitner ve Frisch nükleer fizik alanında devrim yaratacaklarını gördükleri için bu duruma bir açıklama getirdiler: Bir uranyum çekirdeği, fisyon ürünleri diye adlandırılan iki yeni çekirdek üreterek, fisyon olarak adlandırılan yarıya bölünme işleminin uğratılabiliyordu. Daha da önemlisi, bu fisyon işlemi çok büyük miktarda enerji ortaya çıkarmaktaydı ve II. Dünya Savaşı'nın başlangıcındaki bu bulgu, bu yeni atom gücünü anlama ve kullanmada bilimsel ve askeri bir yarışa başlatmış olmaktadır.



Leo Szilard fisyon süreci üzerine dersler veriyor.

Argonne Ulusal Laboratuvarı,

Bu bulguların akademik çevreye hemen dağıtılması, birçok nükleer bilim adamına nükleer fisyon sürecini daha derinlemesine araştırmak için ilham kaynağı oldu. Fizikçi Leo Szilard önemli bir gerçekliğe ulaştı: Eğer fisyon nötron yayarsa ve nötronlar fisyonu

sebeplendirir, bir çekirdeğin fisyonundan çıkan nötronlar başka bir çekirdeğin fisyonuna neden olabilir. Her şey kendi kendini sürdüren-tetikleyen bir "zincirleme" prosese basamak oluşturabilirdi.

Böylece deneysel olarak bir nükleer zincirleme reaksiyonun mümkün olduğunu ispatlama arayışı başlamış oldu. Ve 75 yıl önce, Chicago Üniversitesi'ndeki araştırmacılar bunu başararak nükleer çağa giden yolu açmış oldular.

### Fizyonu harekete geçirmek

II. Dünya Savaşı sırasında atom bombası üretmek için Manhattan Projesi'nin bir parçası olan Szilard, dünyanın ilk deneysel nükleer reaktörü oluşturmak için Chicago Üniversitesi'ndeki fizikçi Enrico Fermi ve diğer meslektaşları ile birlikte çalıştı.

Sürekli ve kontrollü bir zincirleme reaksiyon için, her bir fisyon yalnızca bir ilave fisyonu tetiklemeliydi. Bundan fazlası olursa, patlama olurdu. Daha az sayıda olursa, reaksiyon dururdu.

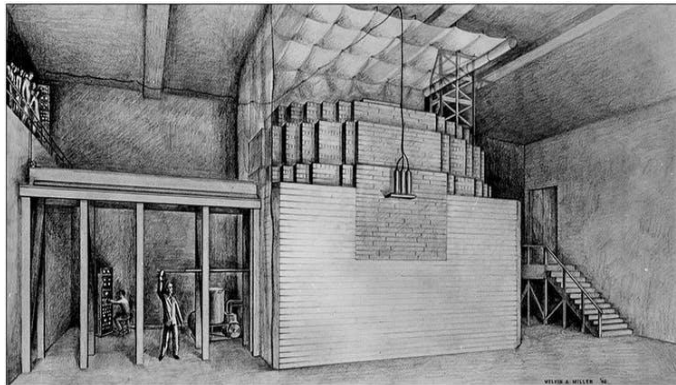


Nobel ödüllü Enrico Fermi, projeye öncülük etti. Argonne Ulusal Laboratuvarı,

Fermi önceki araştırmalarında, nötronların nispeten yavaş hareket etmesi durumunda, uranyum çekirdeklerinin nötronları daha kolay absorblayacağını bulmuştu. Fakat uranyumun fisyonundan çıkan nötronlar hızlıdır. Bu nedenle, fizikçiler Chicago deneyinde, yayılan nötronları çoklu saçılma işlemleri yoluyla yavaşlatmak için grafit kullandılar. Buradaki fikir, nötronların başka bir uranyum çekirdeği tarafından absorblanma-emilme şansını

arttırmaktı.

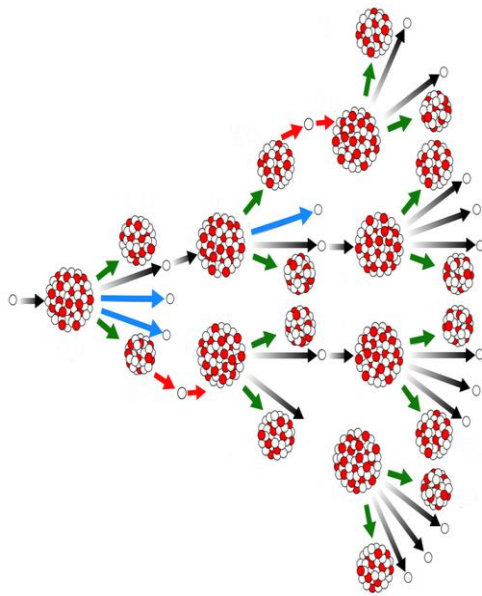
Ekip, zincirleme reaksiyonunu güvenle denetleyebileceklerinden emin olmak için "kontrol çubukları" olarak adlandırdıkları şeyleri bir araya getirdi. Bunlar, mükemmel bir nötron absorbe edici olan kadmiyum elementinden yapılmış basit levhalardı. Fizikçiler kontrol çubuklarını uranyum-grafit yığınları arasına serpiştirdi. Sürecin her aşamasında Fermi, beklenen nötron emisyonunu hesapladı ve beklentilerini doğrulamak için yavaş yavaş kontrol çubuğunu çıkardı. Bir güvenlik mekanizması olarak, eğer bir şeyler yanlış gitmeye başlarsa, zincirleme reaksiyonunu durdurmak için kadmiyum kontrol çubukları hızlıca sisteme ilave edilebilecekti.



Chicago atom reaktörü 1, 1942'de Chicago Üniversitesi'nde atletizm sahasında inşa edildi. ,

Bilim adamları bu yapıyı, 20x6x25 feet'lik yapı Chicago Bir numaralı atom reaktörü veya kısaca CP-1 olarak adlandırdılar. Ve burada 2 Aralık 1942'de, dünyanın ilk kontrollü nükleer zincirleme reaksiyonu ürettiler. Fizikçilerin CP-1' i kurması sonrasında, tek bir rastlantısal nötron, zincirleme reaksiyon sürecini başlatmak için yeterli olmuştu. İlk nötron, bir uranyum çekirdeğinde fisyonu neden olur ve bir dizi yeni nötron yayar. Bu ikincil nötronlar grafitin karbon çekirdeğine çarparlar ve yavaşlarlar. Daha sonra diğer uranyum çekirdeklerine girerler ve ikinci bir fisyon tepkimesine neden olurlar, böylece daha da fazla nötron yaymaya peşi sıra devam ederler. Kadmiyum kontrol çubukları, sürecin sonsuza kadar sürmemesine emin olmamızı sağlar, çünkü Fermi ve ekibi zincirleme reaksiyonu kontrol etmek için onları tam olarak nasıl ve nerede ekleyeceklerini seçebilirlerdi.

Bir nükleer zincir reaksiyonu. Yeşil oklar, yeni nötronları yayan iki fisyon parçacıklı bir uranyum çekirdeğinin bölünmesini göstermektedir. Bu nötronlardan bazıları yeni fisyon reaksiyonlarına neden olabilir (siyah oklar). Bazı nötronlar diğer işlemlerde kaybolabilir



(mavi oklar). Kırmızı oklar, radyoaktif fisyon parçacıklarından sonra gelen ve yeni fisyon reaksiyonlarını yapabilmeyen gecikmeli nötronları göstermektedir.

Zincirleme reaksiyonunu kontrol etmek son derece önemlidir: Üretilen ve emilen nötronlar arasındaki denge tam olarak doğru değilse, zincirleme reaksiyonlar hiç başlamayacak veya çok daha tehlikeli olan diğer zincirleme reaksiyonların başlamasıyla ortaya muazzam miktarlarda enerji çıkışı olacaktır.

Bazen, nükleer zincirleme reaksiyonunda fisyon oluşuktan birkaç saniye sonra ek nötronlar serbest bırakılır. Fisyon ürünleri genellikle radyoaktiftir ve bunlar arasında nötronlar olmak üzere farklı radyasyon türlerini yayabilirler. Enrico Fermi, Leo Szilard, Eugene Wigner ve diğer bilim adamları, zincirleme reaksiyonunun kontrolünde "gecikmeli nötronlar" olarak adlandırılanların önemini hemen fark ettiler.

Bu "gecikmeli nötronlar" hesaba katılmazlarsa, bu ek nötronlar beklenenden daha fazla fisyon reaksiyonu oluşturabilecek, sonuç olarak, Chicago deneyindeki nükleer zincirleme reaksiyonu, kontrolden çıkarak, potansiyel olarak yıkıcı sonuçlar veren bir durum oluşturabilecekti. Daha da önemli olarak, fisyon ve fazla nötron salınması arasındaki bu zaman gecikmesi, insanlara reaksiyona müdahale etmek ve ayarlamalar yaparak zincirleme reaksiyonun gücünü kontrol ederek çok hızlı ilerlememesini sağlamak için biraz zaman yaratmaktadır.



Nükleer enerji santralleri bugün 30 ülkede faaliyet göstermektedir.

2 Aralık 1942 de elde edilen sonuçlar, nükleer zincirleme reaksiyonlar çalışmalarının gelişmesinde büyük bir kilometre taşı oluşturmuştu. Nükleer zincirleme reaksiyonun nasıl oluşturulacağını ve kontrol edileceğini bulmak bugün dünya çapında enerji üreten 448 nükleer reaktörün temelini oluşturmuştur. Şu anda, 30 ülkenin enerji-güç üretim birimlerinde nükleer reaktörler bulunmaktadır. Bu ülkelerde, nükleer enerji

toplam elektrik gücünün ortalama yüzde 24'ü sağlamaktadır ve bu oran Fransa'da yüzde 72 gibi yüksek bir orana sahiptir.

CP-1'in başarısı, Manhattan Projesinin devamı ve İkinci Dünya Savaşı sırasında kullanılan iki atom bombasının yaratılması için de gereklidi.

### **Fizikçilerin aklında bulunan sorular**

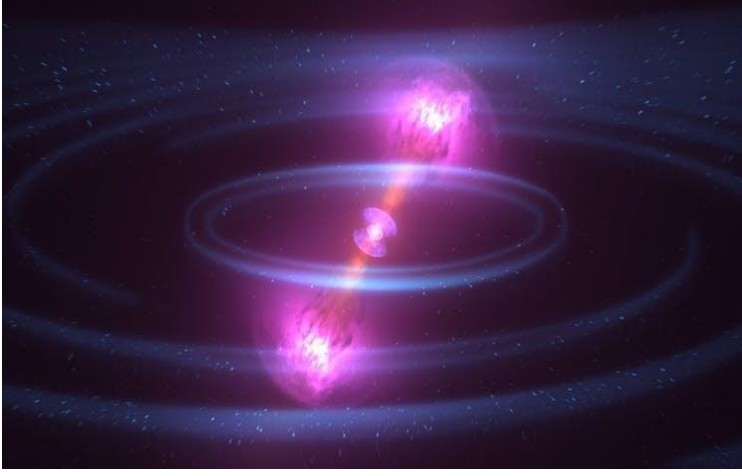
Modern nükleer fizik laboratuvarlarında gecikmeli nötron emisyonunu ve nükleer fizyonu anlamaya çalışma çabaları sürmektedir. Bugünkü yarış atom bombaları ya da nükleer reaktör yapmak için değil; deney ve teori arasındaki yakın iş birliği vasıtasıyla çekirdeğin temel özelliklerini anlamak içindir.

Araştırmacılar, fisyonu deneysel olarak sadece az sayıda izotop için gözlemler - bir elementin kaç tane nötrona sahip olduğuna dayanan çeşitli versiyonları - ve bu karmaşık sürecin ayrıntıları henüz tam olarak anlaşılmamıştır. En son teknoloji teorik modeller, gözlemlenen fisyon özelliklerini, ne kadar enerjinin serbest bırakıldığı, yaydığı nötronların sayısı ve fisyon ürünlerinin kütleleri gibi konuları açıklamaya çalışmaktadır.

Gecikmeli nötron emisyonu, sadece doğal olarak oluşmayan çekirdekler de olurlar ve bu çekirdekler sadece kısa bir süre var olurlar. Deneyler, gecikmeli nötronlar üreten çekirdeklerin bir kısmını ortaya koyarken, yine de hangi izotopların bu özelliklere sahip olması gerektiğini güvenilir şekilde tahmin edemiyoruz. Ayrıca, nükleer reaktörlerde enerji üretiminin detaylarını anlamak için çok önemli olan gecikmeli nötron emisyonu veya salınan enerji miktarı için kesin olasılıkları da bilememekteyiz.

Ayrıca, araştırmacılar, nükleer fisyonun mümkün olabileceği yeni çekirdekleri öngörmeye çalışıyorlar. Tüm bu özellikleri doğrudan ölçmek amacıyla daha önce hiç çalışılmamış

çekirdeklere ulaşarak yeni deneyler ve güçlü yeni tesisler inşa ediyorlar. Hiç durmadan yapılan yeni deneysel ve teorik çalışmalar, bizim nükleer fisyonu daha iyi anlamamızı ve bu durum da nükleer reaktörlerin performansını ve emniyetini iyileştirmemize yaramaktadır.



İki nötron yıldızının birleşmesi, fisyonun oluştuğu bir başka durum.

Hem fisyon hem de gecikmeli nötron emisyonu, yıldızlar arasında da gerçekleşen süreçlerdir. Özellikle gümüş ve altın gibi ağır elementlerin

yaratılması, egzotik çekirdeklerin fisyon ve gecikmeli nötron emisyon özelliklerine bağlı olabilir. Fisyon (atom çekirdeğinin parçalanması), en ağır elementleri parçalar ve daha hafif olanlarla (fisyon ürünleri) değiştirerek bir yıldızın element kompozisyonunu tamamen değiştirebilir. Gecikmeli nötron emisyonu yıldız ortamına daha fazla nötron ekleyerek yeni nükleer reaksiyonlara neden olabilir. Örneğin, yakın geçmişte dünya çevresindeki yer çekimi dalgası ve elektromanyetik gözlem evleri tarafından keşfedilen nötron yıldızı birleşme olayında, nükleer özellikler hayati bir rol oynadı.

Szilar'dın vizyonundan bu yana bilim uzun bir yol kat etmiştir ve Fermi'nin kontrollü bir nükleer zincirleme reaksiyonunun olabilirliği kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, aynı zamanda yeni sorular ortaya çıkmıştır, zincirleme reaksiyonu tetikleyen temel nükleer özelliklerin dünyada ve evrenin başka yerindeki enerji üretimi üzerindeki etkisi hakkında hala öğrenilmesi gereken çok şey bulunmaktadır.

## EK BİLGİ:

### TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

#### Bölüm 02: Nükleer Enerjinin Temel Prensipleri

Yayın:Salı, 24 Ağustos 2010, <http://www.taek.gov.tr/lisans-izin-islemleri/156-radyasyon-guvenligi-kapsaminda-lisans-izin-islemleri/belgeler-formlar/func-startdown/436/>

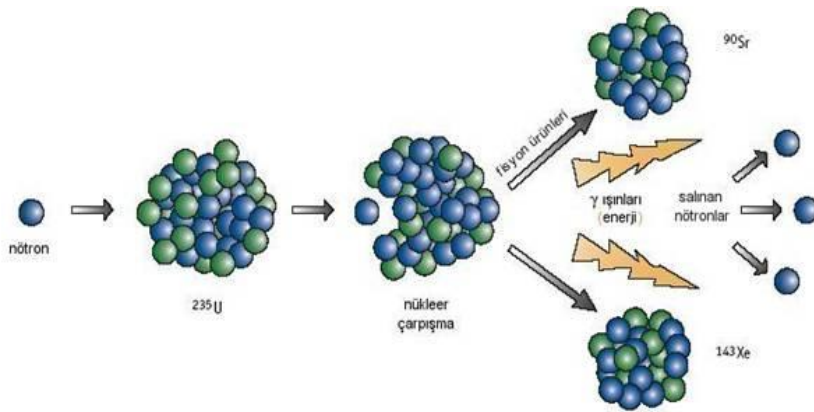
Bir nükleer reaktör, temel olarak, suyu kaynatacak ısıyı ve sonra elektriğin elde edildiği jeneratör türbinlerine yollanacak buharı üretir.

Nükleer reaksiyon, herhangi bir atom çekirdeğinin alfa parçacıkları, gamma ışınları, nötronlar, protonlar veya herhangi bir atom gibi diğer fiziksel bir varlıkla çarpışması sonucu değişmesiyle meydana gelir. Bu nükleer reaksiyonlardan ikisi olan *fisyon* ve *füzyon*, büyük miktarda enerji

açığa çıkardıkları için özel ilgi çekmektedir. Günümüzde bu ikisinden sadece fisyon reaksiyonundan elektrik üretimi için yararlanılmaktadır.

## Nükleer Fisyon

Doğada bulunan veya yapay olarak üretilen uranyum ve plütonyum gibi bazı ağır elementler kararsızdırlar. Böyle bir elementin çekirdeğine bir nötron çarptığında çekirdek iki parçaya bölünür (fisyon veya split). Bu esnada iki veya üç nötron ve bir miktar enerji açığa çıkar (Şekil 2.1). Fisyon sonucu ortaya çıkan ve birçok kombinasyonu mümkün olan bu parçalar *fisyon ürünleri* diye isimlendirilirler. Reaksiyon ürünlerinin (fisyon ürünleri ve nötronlar) toplam kütlesi atomun ve çarpan nötronun orijinal kütlesinden biraz daha azdır. Enerjiye dönüşen bu fark Einstein'ın meşhur  $E=mc^2$  formülü ile izah edilir.



**Şekil 2.1. Tipik Bir Fisyon Reaksiyonu**

Şekil 2.2.- 235U'nin fisyonu sonucu ortaya çıkan fisyon ürünlerinin olasılıklarını verir. 235U'nin fisyonu ile olasılık ve radyoaktive

açısından ortaya çıkacak önemli fisyon ürünleri, Brom (Br), Sezyum (Cs), İyot (I), Kripton (Kr), Stronsiyum (Sr) ve Ksenon (Xe)'dir. Herhangi bir radyoaktif element gibi bu izotoplar da her biri değişik periyotlarla ölçülen ve yarı ömür diye isimlendirilen sürelerle bozunuma uğrarlar. Miktarları ve radyoaktiviteleri sebebiyle bu izotoplar ve bozunma ürünleri nükleer atıkların önemli bir parçasını oluştururlar.

İlk çarpışmadan sonra dışarı atılan fisyon ürünleri yakınında bulunan diğer atomlarla çarpışmaya başlarlar ve hareket enerjilerinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı daha sonra soğutucunun ısıtılmasında (dolayısıyla elektrik üretiminde) kullanılır.

Fisyon sonucu ortaya çıkan nötronlar yakınlarındaki fisyona müsait atomlarla reaksiyona girerler ve bu atomlar da fisyon yaparak bir çok nötron serbest bırakırlar. Bu şekilde devam eden bu olaya zincirleme reaksiyon denir. Alternatif olarak bazı nötronlar da çekirdeğe çarparak saçılıp (scattering), reaksiyon yapmaksızın sistemden kaçabilirler veya basit olarak fisyona neden olmadan çekirdek tarafından yakalanabilirler.

Kaçma ve yakalanmayla kaybedilen sayıyı dengeye getirmek için yeterince serbest nötronun oluşturulduğu pozisyonda, fisyon reaksiyonu kendi kendini devam ettirme durumuna gelir ve bu noktada sistem kritiklik durumuna ulaşmış olur. Kritik kütle, belirli koşullarda zincirleme reaksiyonunun sürdürülebilmesi için gereken minimum bölünebilen (fisol) madde miktarıdır.

Uranyum veya plütonyumda fisyon oluşmasında en verimli olan nötronlar termal nötronlar olarak adlandırılan, göreceli olarak düşük kinetik enerjiye sahip [0.1 elektron volt (eV) dan



küçük] nötronlardır Yüksek kinetik enerjili yani 10 Milyon eV (MeV) civarında enerjilere sahip nötronlar ise hızlı nötronlar diye isimlendirilir. Fiyon reaksiyonu sonucu ortaya çıkan bütün nötronlar hızlı nötronlardır.Günümüzdeki ticari nükleer güç reaktörleri çoğunlukla fiyon reaksiyonun termal nötronlarla gerçekleştirilmesine dayanan tasarımlardır. Fiyon oluşumuna uygun olan enerji seviyelerindeki termal enerjili nötronlar oluşturabilmek için fiyon sonucu ortaya çıkan hızlı nötronların yavaşlatılması gerekir ve bu bir yavaşlatıcı (moderatör) kullanılarak gerçekleştirilir.

Bir atom çekirdeği bir nötron yakaladığı zaman fiyon oluşmazsa başka bir elemente dönüşebilir. Nükleer reaktörlerde bu sonuç, tabiatta bulunmayan yada nadir bulunan uzun ömürlü elementlerin ortaya çıkmasına sebep olur (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 de listelenen bütün elementler radyoaktiftirler ve bazıları – özellikle plütonyum– nükleer yakıt olarak kullanılabilir. Bu izotoplar uzun yarı ömürleri, yüksek radyolojik ve biyolojik toksisiteleri sebebiyle nükleer atıkların önemli unsurları ve bazı atıkların çok uzun periyotlarla izole edilmesinin nedenidir.

Nükleer fiyon yüksek enerji yoğunluğuna sahip çok güçlü bir enerji kaynağıdır (enerji/birim yakıt kütlesi). Fosil yakıtların yanması gibi kimyasal reaksiyonlarla karşılaştırıldığında, fiyon reaksiyonu kullanılarak, fosil yakıtlarla üretilen miktara eşdeğer enerji üretmek için çok küçük bir hacimde malzemeye ihtiyaç vardır.

Tipik bir reaktörde 1 kg uranyumdan elde edilen fiyon enerjisi ile 45000 kg odun, 22000 kg kömür, 15000 kg petrol ve 14000 kg likit doğal gazdan elde edilen enerji eş değerdir (Tablo 2.2).

**Tablo 2.1. Nükleer Reaktörlerde Nötron Yakalamayla Oluşan Önemli İzotoplar**

Element	Yaklaşık yarı ömür
Neptünyum (237Np)	210 000 yıl
Plütonyum (239Pu)	24 000 yıl
Amerisyum (234Am)	7 400 yıl

**Tablo 2.2. Muhtelif Yakıtların Enerji İçerikleri**

Yakıt	1 tonunun yaklaşık enerji içeriği (GJ)
Odun	14
Kömür	29
Petrol	42
Doğal gaz (sıvılaştırılmış)	46
Uranyum (LWR, tek geçişli)	630 000

Benzer olarak, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında da aynı miktarda güç üretmek için nükleer enerjinin daha küçük bir alana gereksinimi olduğu görülür. Örneğin günümüzde mevcut teknolojilerle 900 MWe kapasiteli bir nükleer güç santralinin bir yılda ürettiği elektrik, verimlilik ve emre amadelik dikkate alınarak 70 km<sup>2</sup>'lik güneş panelleri ve binlerce rüzgar değirmeni ile elde edilebilir.

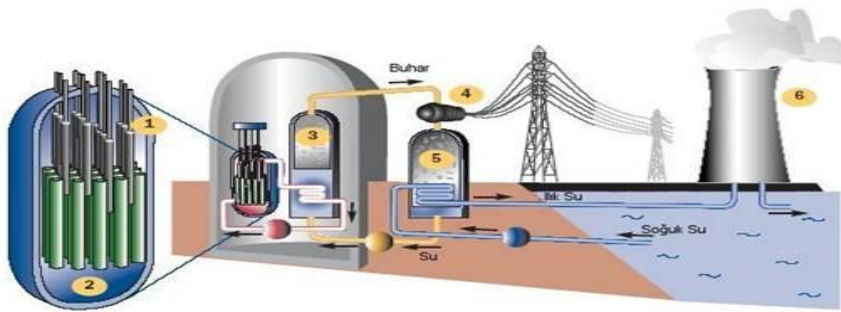
### Nükleer Reaktörlerin Temel Bileşenleri

Nükleer fisyon enerjisinden faydalanan ana teknoloji nükleer reaktör teknolojisidir. Bir çok reaktör tipi olmasına rağmen bütün reaktörlerde genellikle yakıt, yavaşlatıcı (moderatör), soğutucu ve kontrol çubukları gibi bileşenler mevcuttur (Şekil 2.3).

#### Yakıt

Doğal uranyum, büyük oranda <sup>238</sup>U izotopunu ve az miktarda <sup>235</sup>U izotopunu içermektedir. Tabiatta doğal olarak bulunan tek bölünebilen madde ise <sup>235</sup>U'tür. <sup>235</sup>U termal veya hızlı nötronların çarpması ile kolayca fisyon yapabilir. Yaygın ticari reaktörler için üretilen Uranyum yakıtlarında, tabiatta bulunan orandan (%0,711) daha yüksek konsantrasyonlarda <sup>235</sup>U kullanılmaktadır (%2-5). Bu yüksek konsantrasyon zenginleştirme ile elde edilir. Doğal uranyumu yakıt olarak kullanan ticari reaktörler de mevcuttur.

Uranyum yakıtının <sup>235</sup>U dışındaki kısmı (<sup>238</sup>U) ancak belirli enerji seviyelerindeki nötronların çarpmasıyla fisyonla uğrayabilir. Ancak bu çarpışmalar genellikle nötronun yutulması sonucunda <sup>238</sup>U'in Plütonyum-<sup>239</sup>a (<sup>239</sup>Pu) dönüşmesi ile sonuçlanır. Plütonyumun bu izotopu termal veya hızlı nötronların çarpmasıyla fisyonla uğrayabilir; ve hafif sulu reaktörler için enerji üretimine katkısı, üretilen gücün %30'u oluncaya kadar yavaş yavaş artar. Bazı reaktörler başlangıçta plütonyumla karıştırılmış yakıt kullanırlar, buna karışık oksit yakıt (mixed-oxide veya MOX) denir. Bu tip yakıt kullanmak, kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesiyle elde edilen plütonyum stoklarının tüketilme yollarından biridir. Kullanılmış yakıt yeniden işlenmediği takdirde plütonyum atık olarak muamele görür.



erdirmek için nötronları yutar.

2. Soğutucu ve yavaşlatıcı: Soğutucu ve yavaşlatıcı olarak hizmet etmek için yakıt ve kontrol çubukları su ile çevrelenmiştir.
3. Buhar üretici: Reaktörde oluşan sıcak su yüksek basınçlı buhar üretmek için ısı değiştiricisine (buhar üreticine) pompalanır.

1. Reaktör: Yakıt (yeşil) basınçlı suyu ısıtır, kontrol çubukları (gri) fisyon reaksiyonunu kontrol etmek veya sona

4. *Türbin jeneratörü: Buhar elektrik üretmek üzere elektrik jeneratörüne yönlendirilir.*
5. *Kondansatör: Yoğunlaştırıcı, Buharı suya dönüştürmek için ısıyı soğurur.*
6. *Soğutma kulesi: Dönen soğutma suyundaki ısıyı yakın çevre ısısına dönüştürür.*

### **Şekil 2.3. Bir Nükleer Reaktörün (Basınçlı) Temel Bileşenleri**

#### **Yavaşlatıcı**

Fisyon sonucu ortaya çıkan hızlı nötronların ileri evredeki fisyon oluşumunda verimliliğini attırmak için bu nötronları termal enerji düzeyine kadar yavaşlatacak bir yavaşlatıcı (moderatör) gereklidir. Yavaşlatıcı, nötronların yutulmadan/tutulmadan yavaşlatılmasını sağlayacak hafif bir malzeme olmalıdır. Genel olarak bu yavaşlatma işlemi için normal su kullanılır, alternatifleri ise bir karbon formu olan grafit ve ağır sudur.

#### **Soğutucu**

Nükleer fisyon sonucu oluşan ısıyı yakıttan çekmek ve yakıtın sıcaklığını kabul edilebilir sınırlar içinde tutmak için bir soğutucu gereklidir. Daha sonra bu soğutucu elektrik üreten türbinleri çalıştırmak için ısını iletir. Eğer soğutucu olarak su kullanıldıysa elektrik üretimi için, elde edilen buhar doğrudan türbinleri beslemek üzere gönderilebilir veya alternatif olarak soğutucu, gerekli buharı üreten ısı değiştiricisinden geçer. Diğer muhtemel soğutucular karbondioksit, helyum gibi gazlar, ağır su ile sodyum, kurşun veya bizmut gibi sıvı metallerdir. Günümüzde yaygın bir çok reaktörde olduğu gibi, bir soğutucu aynı zamanda yavaşlatıcı görevini görebilir.

#### **Kontrol çubukları**

Bor, gümüş, indiyum, **kadmiyum** ve hafniyum gibi nötron yutucu malzemelerden yapılan kontrol çubukları gerektiğinde nötron sayısını azaltarak fisyonun durdurulması veya çalışma esnasında güç seviyesinin ve reaktördeki lokal güç dağılımının kontrol ve düzenlenmesi için kullanılır.

## PEROVSKİT GÜNEŞ PİLLERİ SİLİKONDAN DAHA VERİMLİ OLABİLİR..

Yükselen bir malzeme olan perovskitten, halen yaygın olan silikon teknolojisine göre daha ucuz ve verimli güneş pilleri yapılabilir.

Yararlanılan Kaynak: Varun Sivaram, Samuel D. Stranks ve Henry J. Snaith, Scientific American Volume 313, 16 Haziran 2015, Issue 1

Derleyen: Mustafa Tunçgenç



O sıralar lisansüstü öğrencisi olan Michael Lee, Japonya'daki loş bir barda akşam olurken, bir kimyasal malzeme listesini, henüz unutmadan, bira altlığının üzerine yazmaya çalışıyordu. Aynı günün erken saatlerinde, Yokohama'daki Toın Üniversitesi'nden bilimciler, alışlagelen silikon malzemesi yerine perovskit adı verilen yeni bir malzemeden güneş pilleri yapmaya yarayan çığır açıcı reçetelerini kendisiyle cömertçe paylaşmışlardı. Piller güneş ışığının sadece % 3,8'ini elektriğe dönüştürebildiği için dünyanın

ilgisini çekmiyordu. Ama, bu reçete Lee'de yeni esinlenmelere neden oldu. 2011'deki veri toplama görevinden sonra, üçümüzün bir arada çalıştığı ve reçetede bir dizi ince ayar çalışması yaptığımız Oxford Üniversitesi'ndeki Clarendon Laboratuvarı'na döndü. Değişiklikler,

verimliliği yüzde 10'un üzerine çıkan ilk perovskit pillerinin oluşumuna yol açtı. Lee'nin buluşu, petrole eşdeğer olabilecek bir temiz enerji seçeneğini ateşledi ve şimdi tüm dünyada araştırmacılar perovskit pillerini daha da ileriye taşımak konusunda yarış içindeler.

Kore Kimyasal Teknoloji Araştırma Enstitüsü'nde 2014 yılının Kasım ayında elde edilen % 20,1'lik son rekor, verimliliğin sadece üç yıl içinde beş kat arttığına işaret etmektedir.

Karşılaştırmak gerekirse, on yıllardır sürmekte olan geliştirmeler sonucunda bugünkü durumuna gelen silikon

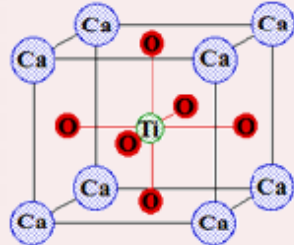
### Perovskit Yapısı Hakkında Genel Bilgiler

Kalsiyum titanyum oksit'ten ( $\text{CaTiO}_3$ ) oluşan kübik kristal yapılı mineral, Rus mineralog Lev Perovski'nin anısına, "perovskit" olarak anılır.

Kübün köşelerinde kalsiyum, altı yüzünün her birinin merkezinde oksijen ve

kübün merkezinde titanyum iyonlarının bulunduğu kristal, bu iyonların büyüklüklerinin birbirlerine oranları nedeniyle hatasız kübik yapıdadır.

Bu doğal mineralden esinlenerek, benzer büyüklükte kristal elemanları içerecek biçimde tasarlanan hatasız kübik yapıdaki organometalik bileşikler de "perovskit" yapıları olarak anılmaktadır. Perovskit yapılı organometalik bileşikler, mükemmel kübik yapıları sayesinde üstün nitelikli yarıiletkenler olarak kullanılabilirler.



güneş pillerinin verimliliği %25 düzeyinde durmuş görünmektedir. Bizler de, aramızdan Snaith' in kurucuları arasında olduğu Oxford Photovoltaics gibi, üniversitelerden çıkan bir şirketle ticari bir başlangıcı yapmayı planlıyoruz. Perovskitler çeşitli nedenlerle umut yaratmaktadır. Öncelikle, perovskit yapımında kullanılan girdiler boldur ve bunların araştırmacılar tarafından düşük harcamalarla bir araya getirilmesiyle, oda sıcaklığında ince filmler oluşturmak mümkün olabilmektedir. Bu filmler, yüksek sıcaklıkta, yüksek maliyetlerle elde edilen silikon gofretler kadar yüksek kristallik oranlarına ulaşabilmektedir. Birgün, kalın ve rijid silikon gofretlerin yerine, ince ve esnek, perovskit filmlerini hafif, katlanabilir ve renkli güneş pili levhaları olarak bir yazıcı çıktısı biçiminde almak mümkün olabilecektir.

Silikon güneş pillerinin hakimiyetini yenebilmesi için perovskitlerin hala aşması gereken belirli engeller var. Bugün mevcut prototipler tırnak büyüklüğündeler; bu teknoloji silikon panellerle yarışacaksa araştırmacıların çok daha büyüklerini yapacak yöntemleri bulmaları gerekiyor. Ayrıca, kullanıcı açısından güvenliğin ve uzun vadeli dış dayanımın büyük ölçüde artırılması gerekiyor.

### **Verimlilik Yarışını Kazanmak**

Günümüzdeki en iyi silikon piller yüzde 25,6 verimliliktedir. Güneş pilleri güneşin ışık enerjisinin neden yüzde yüzünü çeviremiyorlar? Ve perovskitlerin, silikonların rekorunu alt edebilmeleri neden mümkün görünüyor?

Bu soruların yanıtları uyarılabilen ve “başiboş” dolaşan elektronlarda gizlidir. Güneş pili karanlıktayken, malzemenin elektronları ilgili atomlara bağlı durumda olurlar. Elektrik akımı olmaz. Ama, pile güneş ışığı çarptığında bazı elektronları serbestleştirir. Aldığı enerjiyle uyarılan elektronlar pil ünitesinin bir ucundan çıkana kadar, ünitenin kristal örgüsü içinde sarhoş gibi yalpalayarak hareket ederler ve elektroda doğru giderek yararlı akımı oluştururlar. Veya bir engel ya da tuzağa takılıp enerjilerini ısı biçiminde yitirirler.

Kristal kalitesi arttıkça elektronları yolculukları sırasında raydan çıkaracak kristal hataları azalır. Silikon pilleri, kristal hatalarının giderilmesi için 900 derece kadar yüksek sıcaklıklara ısıtılır. Perovskitler ise, oda sıcaklığına çok daha yakın olan 100 °C dolayındaki sıcaklıklarda proses edilmelerine karşın büyük ölçüde hatasız kristaller verir. Sonuç olarak, ışığın uyardığı elektronlar başarıyla perovskit pilinden dışarı çıkarlar. Bunların, yol üzerindeki engellere çarpıp enerji yitirmeleri silikonlardaki kadar olmaz. Elektriksel güç üreten bir pilin gücü, pilden çıkan elektron debisi (yani akım) ile bu elektronların sahip oldukları enerjinin (yani voltajın) çarpımına eşit olduğu için, perovskitlerin verimliliği çok daha az proses çabası gösterilerek silikonlarınkinele yarışır düzeye gelebilir.

Fakat, silikon ve perovskit gibi yarıiletkenlerin güneş ışığındaki enerjinin ne kadarını elektrik gücüne çevirebileceğinin bir sınırı vardır. Bu esas olarak, yarıiletkenlerin bir özelliğini oluşturan ve elektronların serbestleştirilebilmesi için gerekli en düşük enerji düzeyi demek olan “şerit

genişliği” ile ilgilidir. Günüşđi ışđın tüm dalgaboylarını içerir, ancak bunların sadece bir bölümü enerji şeridi genişliğini aşmayı sağlayabilir. Diğer dalgaboyları hiçbir etki yapmadan malzemenin içinden geçip gider.

Farklı yarıiletkenler için şerit genişlikleri de farklılaşır ve şerit genişliği olgusu temel bir takas durumunu gündeme getirir; şerit genişliği azaldıkça güneş tayfının daha büyük bir bölümü elektronları uyarmak üzere soğurulabilir, ancak bu durumda da her bir elektronun sahip olduğu enerji azalır. Elektriksel güç elektronların hem sayısı hem de enerjisine bağlı olduğu için ideal bir bant genişliğine sahip bir pil dahi güneşin enerjisinin en fazla yaklaşık yüzde 33’ünü elektriğe çevirebilir.

Silikon, tam ideale karşılık gelmeyen bir şerit genişliğine sahiptir, ama teknolojisinin üretilmesine yönelik etkin yöntemler gayet net olarak aydınlatıldığı için güneş enerjisi sektörüne hükmetmektedir. Oysa, perovskitleri yaparken araştırmacılar girdileri istedikleri doğrultuda değiştirerek şerit genişliğini ayarlayabilir ve silikon verimliliklerini aşma olanaklarını arttırabilirler. Araştırmacılar, farklı şerit genişliklerine sahip farklı perovskit katmanlarını birbirleri üzerine de yayabilirler. İki-katlı perovskitlerin yüzde 33’lük tavanı yıkmaları beklenir: bazı öngörüler, bunların, güneşin enerjisinin yüzde 46’sını işe dönüştürebileceğine işaret etmektedir.

### **Eski Bir Malzemeye Yeni Hüneler Öğretmek**

Mineraloglar dünyanın kabuğundaki doğal perovskitleri 19. yüzyıldan beri biliyorlar. 1988 dolayında bilim insanları, bu kristallerin yüksek sıcaklık süperiletkenlerini oluşturacaklarını düşünüyorlardı (bu konuda hala bazı çalışmalar sürmektedir). Geçen yirmi yıl içinde de mühendisler insan yapımı perovskitlerle deneysel elektronik devreler oluşturdular ama malzemenin güneş pillerinde kullanılma olanağına sahip olduğunu farketmediler.

Sonuçta, 2009’da Japonya’daki Toın Üniversitesi’nden bir grup, ilk kez 1978’de sentezlenen bir kurşun halojenür olan insan yapımı perovskiti güneş piline dönüştürdüler. Araştırmacılar, belirledikleri kimyasallardan bir çözelti hazırladılar, sonra da çözeltiyi camdan bir lamın üzerine püskürtüp kuruttular. Kurutma işlemi sonunda, camın üzerinde, denizlerdeki buharlaştırmalı tuz havuzlarında oluşan tuz kristallerine benzeyen nanometre ölçeğindeki perovskit kristallerini içeren bir film oluştu. Film günüşđini soğurduğunda elektronlar açığa çıkıyordu ama bu durum pek de mükemmel değildi. Araştırmacılar, serbest hale geçen elektronların harici bir elektrik devresine aktarılıp yararlı elektrik gücü sağlayabilmeleri amacıyla, perovskit kristallerinin alt ve üst yanlarına başka malzemelerden ince levhacıklar koydular. Bu ilk minik piller sadece yüzde 3,8 verimliydiler ve bir kaç saat içinde bozulacak ölçüde kararsız yapıdaydılar. Lee, perovskitin bileşiminde değişiklik yaptı ve pildeki sorunlu katmanı

değiştirerek verimi yüzde 10'un üzerine çıkardı. Lozan'daki İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nden Michael Grätzel ile Kore'deki Sungkyunkwan Üniversitesi'nden Nam-Gyu Park'ın birlikte yönettikleri bir diğer araştırmacı grubu da benzer bir gelişmeyi gerçekleştirdiler

Yakınlarda elde edilen yüzde 20 düzeyindeki verimliliğe ulaşma, zekice yapılmış bazı yenilikçi girişimler sonucunda oluştu. Hatasız bir kristal filminin oluşturulması akıllıca film oluşturma yöntemlerini gerektiriyor. Bu amaçla, Kore Kimyasal Teknoloji Araştırma Enstitüsü'nden Sang İl Seok'un başkanlığını yaptığı bir grup, çözeltiyi döner başlıktan damlacıklar halinde püskürterek daha düzenli yapıda kristal oluşumunu sağlayacak çok adımlı bir proses geliştirdiler. Seok, 2014 yılında prosesi optimize ederek, ardarda üç rekor verimlilik elde ederek verimliliği yüzde 16,2'den yüzde 20,1'e yükseltti.

Diğer bilimciler malzemelerin tabakalar halinde elde edilmesini basitleştirdiler. En yeni perovskit pilleri artık üstüste istiflenmiş katmanlı görünüşleriyle silikon pillerine daha çok benziyorlar. Silikonlar için, bu tasarım daha düşük maliyetli üretimi mümkün kılmıştı. Yakınlarda, perovskit araştırmacıları hem çözeltiyi hem de çözeltinin üzerine uygulanacağı camdan lamı ısıtarak ilk pillerdekine oranla çok daha büyük kristaller elde ettiler. Bu, kristal oluşumuyla ilgili olarak halen yeni gelişmelerin olabileceğine işaret etmesi açısından cesaret vericidir.

Bilimciler başka yeni özellikler de geliştirmektedirler. Kimyasal oranlarını değiştirerek zarif sarı renklere canlı kırmızılara değişen pillerin oluşumu sağlanabilmektedir. Perovskitleri tek bir ince tabaka yerine cam üzerinde adacıklar halinde uygulayarak opak, saydam ya da ikisinin arasındaki geçirgenliklerde filmler oluşturulabilmektedir. Esnemeyen özellikteki, opak, mavimsiyah silikon pillerine oranla ek seçenekler sunan bu yenilikler, çatı pencereleri, normal pencereler ve bina cepheleri tasarlayan mimarlara renki perovskit filmleri sağlayarak yardımcı olabileceklerdir. Perovskitlerle renklendirilmiş pencerelerin, güneş ışığını elektriğe çevirerek soğutma masraflarını azaltıp elektrik üretimi sağlarken bir yandan da sıcak ışığı süzüp iç mekanlara aktaran gökdelenleri hayal edin.

### **Ticarileşmeye Giden Uzun Yol**

Bu hayallerin içini doldurmak açısından perovskitlerin almaları gereken uzun bir yol bulunuyor. Gerçi, Kore'li ve Avusturalya'lı araştırmacılar, yakınlarda, 10 x 10 cm boyutlarında, yani ticari olarak yarışabilir ürünler için yeterince büyük boyutlarda olan ve yazıcılardan çıktı olarak alınabilen güneş pillerini gösterdiler, ama asıl yüksek verime sahip perovskit pilleri hala çok küçük prototipler halinde yapılabiliyorlar. Start-up şirketlerinin ve laboratuvarların, pillerle ilgili ölçek büyütme çalışmalarını yaparken, ticarileşme açısından üç gerek koşulu yerine getirmeleri gerekmektedir: pillerin on yıllarca elektrik üretebilecek kararlılıkta olmasının sağlanması,

müşterilerin evlerine ve binalarına kurdurturken güven duyacakları bir ürünün tasarlanması, ve perovskitlerin verimliliği konusunun abartıldığı konusunda uyarılar yapan eleştirmenlerin tatmin edilmesi.

Perovskit güneş pilinin en zayıf noktasının stabilitesi olduğu söylenebilir. Neme duyarlı olmaları nedeniyle perovskitler hızla bozunabilirler, dolayısıyla, su geçirmez bir zırh içine alınmaları gerekir. Bizim inert atmosferde üretilen epoksi içine aldığımız perovskit pilleri, sürekli ışığa maruz bırakıldıklarında 1000 saatten daha fazla süreyle stabil olarak çalışmaktadır. Çin'deki Huazhong Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nden araştırmacılar da, Grätzel'le birlikte yaptıkları çalışmalarda 1000 saate ulaştılar, hem de ürünü reçine içine almadan. Yakınlardaki bir yayında da, tasarımlarının gerçek dünya koşullarında da çalıştığını göstermek için test panellerinin Suudi Arabistan'da dış ortama bıraktıklarını belirttiler. Malzeme Araştırma Topluluğu'nun yakınlarda San Fransisco'da yapılan bir toplantısında bizler, Oxford Photovoltaics'in sonuçlarıyla, 2000 saatten uzun süreyle tamamen güneşli ortama maruz kalan perovskit pillerinin stabil biçimde güç üretebildiğini gösterdik.

Ama, güneş pilleriyle ilgili olarak sanayideki beklenti 25 yıl garantinin verilmesidir. Bu, sürekli ve kuvvetli güneş ışığı altındaki 54000 saate karşılık gelir. Bu süre boyunca oluşacak sıcaklık değişimlerine rağmen pilin neme dış ortamdaki nemden yalıtılabilmesi hayati önem taşımaktadır. Silikon üreticileri bunu, pilleri cam levhaların arasına alarak çözmüşlerdir. Bu, yere kurulan büyük kurulumlar için mükemmel bir çözümdür. Ama, perovskitler, cam üzerine yerleştirilen pillerden daha esnek ve çok daha hafif filmler halinde yapılabildiklerinden, uygun alternatif yalıtım stratejileri bulunduğu takdirde duvarlar veya pencereler bunlarla kaplanarak elektrik üretililecek ve uygulama alanları genişleyecektir.

Neyse ki *bakır indiyum galyum selenür*den yapılmış yarı iletkenler gibi diğer bükülebilir güneş pillerini ticarileştirmeye çalışan şirketler, bu konuda bazı ilerlemeler kaydetmiş durumdadır. Bu pillerde kullanılan yalıtım teknolojileri iyi çalışmakta olmasına karşın, verimlerinin daha düşük ve maliyetlerinin daha yüksek olması nedeniyle bu pillerle ilgili girişimler silikondan pazar payı almada zorlanmaktadır. Veriminin daha yüksek ve proses maliyetlerinin daha düşük olması beklenen perovskitlerin yalıtımla ilgili bu ilerlemelerden yararlanması mümkün olabilecektir.

Dışarıdan nem girişini önlemek kadar, pil içeriğinin dışarı çıkmasını önlemek de önemlidir. Çünkü, perovskit reçetelerinde çok küçük miktarda kurşun da bulunmaktadır. Kurşun toksiktir, dolayısıyla, piyasadan, perovskitle elde edilecek enerjinin güvenilir olduğunun kanıtlanması yönünde kuvvetli bir talep gelecektir. Esin kaynağı olması için, araştırmacılar, silikon dışında ticari başarı sağlayan tek alternatif güneş pili tipi olan kadmiyum tellürün öyküsüne tekrar göz atabilirler. First Solar firmasının üretilen kadmiyum tellür panelleri, içeriklerinde



bulunan ve kurşundan çok daha toksik olan kadmiyuma rağmen standartların üzerine çıkan güvenlik düzeyine ulaşmış dünyanın dört bir yanına yayılmıştır. First Solar şirketi, toplumu, panellerinin 1000 °C'yi bulan çöl yangınları dahil hiçbir koşulda kadmiyum kaçağı olmayacak derecede iyi yalıtıldığına ikna edebilmiştir. Gerçi panellerde kullanılan cam yüzeyler, perovskitlerdeki gibi esnek ve hafif olmalarını engellemektedir. Ama, yine de perovskit şirketleri, First Solar'ın, ürünlerinin yalıtımı ve titizlikle kontrolü konusundaki başarısından ders çıkarabilirler.

Kurşun konusunda cesaretlendirici bir gelişme de yakınlarda Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde olmuştur. Angela Belcher ve çalışma arkadaşları kurşunlu taşıt akülerinin, içlerindeki kurşunu, perovskit pillerinde kullanılmak üzere geri kazanılabileceklerini göstermiştir. Belcher tek bir araba aküsündeki kurşunun 700 m<sup>2</sup>'lik perovskit pili üretimine yeteceğini, bunun da %20 verimle çalışma durumunda, Las Vegas gibi bir iklimdeki 30 evin elektriğini sağlamaya yeteceğini öngörmektedir.

Diğer bir yol da kurşun kullanımını tamamen ortadan kaldırmaktır. Hem bizim grubumuz hem de Northwestern Üniversitesi'nden diğer bir grup kurşun yerine kalayın kullanıldığı pillerle ilgili ön raporları yayımladı. Kalayın zaman içinde perovskitin kristal yapısında bozulmalara yol açarak elektronların pilden çıkabilmelerini engelleme yatkınlıkları nedeniyle u pillerin gerek verimliliği gerekse stabilitesi daha kötü bulunmuştur. Kalayın, kurşunun uzun erimli performansını yakalaması için köklü bir iyileştirme gerekecektir.

Burada belirtilenlere ek olarak, araştırmacıların, daha küçük fakat karmaşık bir diğer sorunu daha çözmeleri gerekiyor. Eleştirmenler, olasılıkla pilin bir ucundan diğerine göçen yüklü moleküllerin neden olduğu bir ölçüm belirsizliği nedeniyle perovskitlerde ölçülen verim sayılarının yüksek görüldüğünü, bunun da daha büyük akım elde edildiği izlenimine yol açtığını öne sürmekteler. Ancak bu iyon göçü son derece sınırlı düzeydedir. Bilimciler bunu durdurmaya yarayacak yolları araştırmaktadır. Fakat, erken vadede alınacak önlem basittir: iyon göçünün bitmesini beklemek ve ölçümü daha uzun bir zaman aralığını kapsayacak biçimde yapmak. Birçok durumda, bu okumalar, başlangıçta yapılan hızlı okumalarla benzer sonuçlar veriyor, ama araştırmacılar okumalardan daha yüksek olanını bildirme eğiliminde oluyorlar. Dünya üzerindeki kontrolörlerle birlikte çalışarak ölçüm prosesini standart hale getirip sonuçlarımızın yüksek bir titizlik standardını yakalaması üzerinde çalışıyoruz.

Sonuç olarak, ticari başarı için, perovskitleri geliştirenlerin, üretimde ölçek büyütme için gereken yatırımı çekmek amacıyla etkileyici ekonomik açıklamalar üretmeleri gerekiyor. Perovskitler için gerekli malzemelerin bolluğuna ve pillerin düşük sıcaklıklarda proses edilerek filme dönüştürülmelerinin ucuz donatıları olanaklı kılmasına rağmen, perovskit şirketlerinin

silikonlarla fiyat rekabetine girme tuzağına düşmemeleri gerekir. Silikon panel maliyetlerinin altına inebilmek için fazla bir rekabet alanı yoktur. Çünkü, kurulum içindeki maliyetin en büyük bölümü “sistemin kalanı” denilen ve kurulum malzemeleri, işçilik, izinler, denetimler ve sistem kurulumuyla ilgili diğer harcamalardan oluşan bölümdür. ABD’de, 2014 yılında, ortalama bir evsel güneş pili panelinin watt başına çıplak maliyeti 72 sent olmasına karşın, pilin kurulumunun toplam fiyatı 3,48 dolar/watt olmuştur. Perovskit paneller, araştırmacıların düşündüğü gibi, watt başına 10 ile 20 sent arası gibi çok düşük maliyetlere ulaşsa da, bu gelişme, nihai maliyette küçük bir yüzdelerle düşüşe yol açabilecektir.

Perovskit şirketleri, bu küçük tasarruflarla başlamakla birlikte, ancak silikon verimliliğini geçen ürünler de yaparlarsa başarılı olabileceklerdir. Yüksek verimlilikteki perovskit güneş panelleri, daha az arazi ya da çatı alanı, dolayısıyla da daha az işgücü ve donatı gerektirerek toplam kurulum maliyetini düşürebileceklerdir. Kuralları değiştirecek olan, duvar, çatı ve pencerelerde kullanılan inşaat malzemelerine kaplanmış filmler gibi, silikonun rekabet edemeyeceği daha hayal gücüne dayalı uygulama örneklerinin pazara sunulmasıyla olabilecektir.

## **Hibrit Çözüm**

Bugün için perovskitlerin pazara ulaşmasıyla ilgili en yüksek şans silikonla rekabet etmek yerine işbirliği yapmak olabilir. Perovskitler 50 milyar dolarlık bir pazara girebilmek için silikonun başarısını arttırmakta kullanılabilirler.

Bu işbirliği, silikon katmanının üzerine bir perovskit katmanı yerleştirilerek, yani “ardışık (: tandem)” bir güneş pili yaparak oluşturulabilir. Perovskitler, güneş ışığının, silikonun yakalayamadığı yüksek enerjili mavi ve morötesi kısımlarından yararlanabilir ve böylelikle elektronların voltajını çok arttırabilirler. Stanford Üniversitesinden ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nden araştırmacılar, yakınlarda, yalıtılmış bir silikon pili üzerine bir perovskit pili katmanını sererek silikonun %11 olan verimini %17’ye yükselttiler. Ayrıca, perovskit pilini yalıtılmamış bir silikonun üzerine serip bütünleşik bir panel de oluşturdular. Bu birleşik yapı sadece %14 verimliliğe ulaşabildi, ama kuşkusuz ki, üretim detaylarının geliştirilmesiyle bu düzey yükseltilebilecektir. İki ayrı deney sonucunda, araştırmacılar, günümüzdeki en gelişmiş silikon bileşeniyle yine günümüzdeki en gelişmiş perovskit bileşeninin akıllıca bir mühendislik uygulayıp biraraya getirilmesi durumunda, bu teknolojilerin hiçbirinde köklü bir ilerleme olmaksızın %30 verimliliğin üzerine çıkılabileceğini kestirebiliyorlar

Ardışık (: tandem) güneş panelinin %30 verime ulaşması “sistemin kalanı”nın maliyetini çok düşürecektir. Aynı gücü üretmek için, %20 verimlilikteki paneller için gereken arazi veya çatı alanı ve dolayısıyla malzeme, işçilik, donanım gerkesimleri büyük ölçüde azalacaktır.

Snaith'in kurduğu Oxford Photovoltaics şirketi, yerleşik silikon üreticileriyle ortaklaşa olarak, silikon piller üzerine perovskit kaplama yapıp verimi arttırma yönünde çalışmaktadır. Şirket, ardışık pillerin prototiplerini bu yıl oluşturmayı hedeflemektedir. Sonuçta, çatı malzemesine ya da bina cephe kaplamalarına uygulanan boya türü ucuz kaplamalarla güneş-enerjili binaların tüm maliyet yapıları değişecektir.

### **Ters Yönde İlerlemek**

Perovskit güneş pillerinin hızlı yükselişı, bilimcilere ve mühendislere, ileride pazara sunulabilecek başka prototipler yapma konusunda esin vermişlerdir. Cambridge Üniversitesi'ndeki meslekdaşlarımızla birlikte, yakınlarda, metal halojenür perovskit pillerini kullanarak ışık yayan diyotlar (LED'ler) ve lazerler yaptık. Bu malzemeler ışığı soğurmak yerine, luminesans denilen süreç sonunda yüksek verimle ışık yayabilmekteler. Bu ters yöndeki işleyiş şaşırtıcı değildir. Tersine çalıştırıldığı zaman, dünyanın en iyi güneş pilleri olan galyum arsenür bir LED haline gelir. Ucuz ve baskıyla üretilebilen LED'ler ve lazerler büyük ölçekli aydınlatmalardan tıbbi görüntüleme alanına kadar çeşitli ilginç uygulamalara yol açabilirler

Bu yeni ürünlerle ilgili araştırmalar henüz çok erken aşamadır, ama çalışmaların yaygınlaşacağını tahmin ediyoruz. Perovskitler bilimcileri şeker dükkanındaki çocuklara döndürmüş durumdalar. Yüksek verimlilik, düşük maliyet, hafiflik, esneklik ve estetik görünüm gibi neredeyse istek listemize koyabileceğimiz herşeyi karşılayan özelliklerde bir malzeme bulmuş durumdayız. Öte yandan, perovskitlerin silikon çağının ötesine geçmemizi sağlayacak potansiyellerinin tümüyle anlaşılması, akademik çevrenin, sanayinin ve hükümetlerin eşgüdümlü ve küresel boyutlu çabalarıyla sağlanabilecektir. Fakat, ucuz ve temiz enerji konusunda ve de elektronikte gelecek nesilde olabilecek gelişmeler konusunda vaad ettikleriyle biz şimdiden perovskitlerin iyi bir seçenek olduğunu düşünüyoruz.

### **YAZARLAR**

**Varun Sivaram** ABD Dış İlişkiler Konseyi üyesidir ve enerji, teknoloji, ulusal güvenlik konularında araştırmalar yapmaktadır.

**Samuel D. Stranks** Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde çalışmaktadır ve perovskitlerin optik ve elektronik uygulamaları üzerine çalışmaktadır.

**Henry J. Snaith** Oxford Üniversitesi'nde fizik profesörüdür ve kurucuları arasında olduğu Oxford Photovoltaics şirketinin Bilim Sorumlusudur.

## TÜRK BİLİM İNSANLARI BUZLANMAYI GECİKTİREN

### BİR KARAYOLU KAPLAMA MALZEMESİ GELİŞTİRDİLER..

Hazırlayan: Mustafa Tunçgenç

Tarih: 24.01.2016



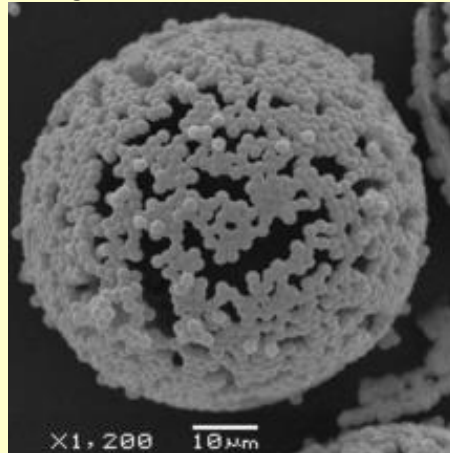
Kışla birlikte her yıl, yolların buzlanması ve buzlanmayla mücadele çalışmaları gündeme geliyor. Yerel yönetimler ve karayolu teşkilatları kamyonlar dolusu tuzu yollara serpiyorlar. Bu amaçla, daha yaygın olarak sofra tuzu, nadiren de başka kimyasal karışımlar kullanılıyor. Böylelikle, oluşan buzun erimesi ve yollarda birikmemesi hedefleniyor. Ancak, eriyerek suya dönüşen buzla birlikte, çözünmüş duruma geçen buz eriticilerin de yol kenarlarına akması kaçınılmaz oluyor. Dolayısıyla, tekrar buz oluşumunu engellemek için aralıklarla tekrar buz eritici kullanılması gerekli oluyor. Sonuçta, buz eritici uygulamaları, çoğunlukla, kullanılan malzemenin ancak sınırlı bir bölümünün işlevini yerine getirdiği, düşük verimli kısır döngülere yol açmaktalar.

Bunun ötesinde, ucuz olması nedeniyle, yollarda buz çözücü olarak büyük ölçüde kullanılan sodyum klorür, hem donma sıcaklığında sınırlı bir düşüşe yol açması, hem başta karayolu taşıtları olmak üzere metalik malzemeleri tahrip eden kuvvetli bir korozyon yapıcı olması ve hem de çevre üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, sodyum klorüre alternatif olarak kullanımı gündeme gelen magnezyum klorür ve kalsiyum klorürün, hem daha etkin buz eritici özellikleri, hem de korozyon yapıcılık açısından sodyum klorüre oranla "daha masum" olmaları nedeniyle kullanımları tercih edilmekte, ancak sodyum klorüre oranla yüksek olan maliyetleri kullanımlarını kısıtlamaktadır.

#### Katı Parçacıklarla Kararlı Hale Getirilmiş Pickering Emülsiyonları

Karışabilir özellikte olmayan iki sıvıdan birinin diğeri içinde mikron ya da nanometre ölçeğindeki kürecikler halinde dağılmasından oluşan karışımlar olarak tanımlayabileceğimiz emülsiyonları kararlı kılmamanın kritik bir adım olduğu biliniyor.

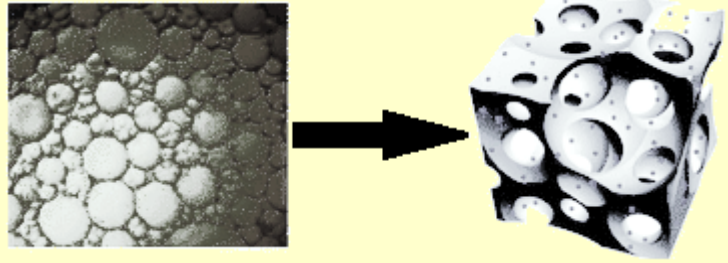
Yaygın olarak, düşük yüzey gerilimli emülsiyon katkıları (emülgatörler) kullanılarak kararlı hale getirilen emülsiyonları kararlı kılmakta yararlanılan bir diğer yaklaşım da, kürecik yüzeylerinde biriktirilen nano ölçekli katı parçacıkların kullanılmasıdır. Bu olguyu ilk kez 1907 yılında açıklayan İngiliz kimyacı Spencer Pickering'in anısına, bu biçimde kararlaştırılan emülsiyonlar *Pickering emülsiyonları* olarak adlandırılmaktadır. Pickering emülsiyonlarında, emülsiyon damlacığının yüzeyine kaplanan nano ölçekli katı parçacıklar, emülsiyonun kararlılaşmasını sağlarlar.



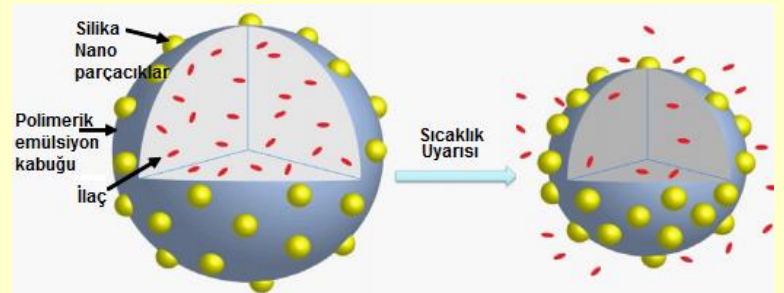
Koç Üniversitesi'nden Seda Kızılel ve bir grup çalışma arkadaşı, bu düşük verimli döngüyü kırmak amacıyla, buzlanmayı geciktiren bir yol kaplama malzemesi geliştirme sürecini başlattılar. Araştırmacılar, Pickering emülsiyonları oluşturarak, buzlanmayı önleme özelliği çok daha fazla olan, buna karşın korozyon yapma potansiyeli daha düşük olan potasyum formatı, stiren-bütadyen-stiren (SBS) içine dağıtıp, zaman içinde kontrollü salımını sağlayan bir mekanizmayı geliştirdiler. Ardından da, SBS'nin bitümlü uyuşurluğundan yararlanarak, potasyum format – SBS kompozitini bitümlü karıştırıp bir yol kaplama malzemesi geliştirdiler. Deneylerde, yeni yol kaplama malzemesinin, standart bitüme göre buz oluşumunun başlamasını 10 dakikadan fazla geciktirdiği görüldü. Buzlanmanın 10-15 dakika gecikmesinin sorunu tamamen çözmeyeceği aşikar, ama bunun, çalışmanın erken aşaması için iyi bir başlangıç olduğu belirtiliyor. Öte yandan, laboratuvar ortamında yapılan deneylerde, yeni yol kaplama malzemesinin iki ay boyunca buzlanma önleyici özelliğini koruduğu gözlemlendi. Fakat araştırmacılar, gerçek yolların üzerinde, bu sürenin daha uzun olabileceğini öngörüyorlar. Araştırmacılar, bundan sonraki aşamada, bir miktar karayolunu

Gıda sanayisinde yaygın uygulama alanları bulan Pickering emülsiyonlarının, yakın zamanlarda kozmetik sanayisi ürünlerinin üretiminde de kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. Ancak, günümüzde, Pickering emülsiyonlarını esas alan çalışmaların en fazla ilaç sanayisinde yapıldığı ve özellikle de kontrollü ilaç salımı konusuna odaklanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda, sıcaklık, basınç, pH vd dış uyaranlara farklı tepkiler veren "stimuli-responsive" Pickering emülsiyonlarının geliştirilmesi yoğun bir çalışma alanı olarak dikkati çekmektedir.

Pickering emülsiyonlarında, emülsiyon damlacığını bir zırh gibi saran katı parçacıkların sağladığı kararlılık, bu küresel yapıların, karışımın kurutulmasından sonra da şeklini korumasına olanak sağlayabilmektedir. Bu yolla, "yağ içinde su" tipindeki (oil in water, o/w) Pickering emülsiyonları kurutulmuş gözenekli yapılar elde edilebilmektedir.



Katı fazda da küresel yapıların korunmasına olanak veren bu yaklaşımdan yararlanmadaki bir sonraki adımı ise, emülsiyon damlacıkları içinde kılıflanan yani enkapsüle edilen kimyasalların, istenen aşamada kontrollü biçimde kılıflardan dışarıya salınması düşüncesi oluşturmuştur. Bu düşüncenin, dış uyaranlara tepki veren "stimuli-responsive" yapılar oluşturma düşüncesiyle birleştirilerek uygulamaya konması, kontrollü ilaç salımı çalışmalarını tetiklemiştir.



Koç Üniversitesi'nden Seda Kızılel ve çalışma arkadaşları, buzlanmayı geciktiren yüzey kaplama malzemesi geliştirmek amacıyla, Pickering emülsiyonları oluşturma yaklaşımından yararlanmışlardır. Hidrofobik özellikte olan stiren-bütadyen-stiren (SBS)'in heptan içindeki çözeltisi içinde, sulu potasyum format çözeltisini emülsifiye etmişler ve nano boyutlu hidrofobik silika parçacıkları kullanarak emülsiyonu kararlı hale getirmişlerdir.

denenen malzemeye kaplayıp, malzemenin gerçek yol koşullarındaki performansını görmeye hazırlanıyorlar.

Bir sonraki aşamada, “yağ içinde su” tipindeki bu emülsiyon kurutulmuş ve bitüme eklenmiştir. Böylece oluşturulan kompozit yapının, su uçurulduktan sonra da biçimini koruyan ve silika taneciklerinin oluşturduğu kılıf içinde bulunan küresel boşluklarda potasyum format içermesi sağlanmıştır. Bu sayede, yol kaplama malzemesinin suyla teması durumunda, kuvvetli bir buzlanma önleyici olan potasyum formatın, uzun bir zaman aralığı boyunca, kontrollü biçimde salınacağı bir yapı elde edilmiştir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

Christopher Intagliata, “Asphalt Roads Could De-Ice Themselves”, Scientific American, Dec. 2015 <http://www.scientificamerican.com/podcast/episode/asphalt-roads-could-de-ice-themselves/>

“Toward roads that de-ice themselves”, ACS News Service Weekly PressPac: December 16, 2015 <http://www.acs.org/content/acs/en/pressroom/presspacs/2015/acs-presspac-december-16-2015/deicing-roads.html>

David Nield, “Scientists are developing road surfaces that can de-ice themselves”, Science Alert, 18 Dec 2015, <http://www.sciencealert.com/scientists-are-developing-road-surfaces-that-can-de-ice-themselves>

“Pickering emulsion”, Wikipedia, the Free Encyclopedia, 14 Oct. 2015, [https://en.wikipedia.org/wiki/Pickering\\_emulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/Pickering_emulsion)

Derya Aydın, Rıza Kızılel, Ramazan O Canıaz, Seda Kızılel\* "Gelation Stabilized Functional Composite-Modified Bitumen for Anti-icing Purposes" DOI: 10.1021/acs.iecr.5b03028, Industrial and Engineering Chemistry Research, Nov 2015.

Selin Kanyas, Derya Aydın, Rıza Kızılel, A. Levent Demirel, Seda Kızılel, “Nanoparticle and Gelation Stabilized Functional Composites of an Ionic Salt in a Hydrophobic Polymer Matrix”, PLOS ONE | [www.plosone.org](http://www.plosone.org) 1 February 2014 | Volume 9 | Issue 2 | e88125, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3916421/pdf/pone.0088125.pdf>

Juntao Tang, Patrick James Quinlan and Kam Chiu Tam, “Stimuli-responsive Pickering emulsions: recent advances and potential applications”, Soft Matter, 2015,11, 3512-3529

Akartuna, I., Tervoort, E., Wong, J., Studart, A., and Gauckler, L., “Macroporous polymers from particle-stabilized emulsions”, Polymer, Vol. 50, No. 15, 2009, pp. 3645 - 3651

## 2017'DEKİ ÇIĞIR AÇICI 10 TEKNOLOJİ

**Temel Kaynak:** MIT Technology Review, Mart/Nisan 2017,  
<https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2017/>

**Hazırlayan:** Mustafa Tunçgenç, 11 Mayıs 2017



Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT)'nin periyodik olarak yayınladığı MIT Technology Review dergisinin Mart/Nisan 2017 sayısında, 2017 yılının 10 çığır açıcı teknolojisi konusundaki seçimleri açıklandı. Bu teknolojilerin bazıları halen hayata geçirilme aşamasındayken diğer bir bölümünün uygulanabilir hale gelmesi belki on yıldan fazla zaman alabilecek. Öyle de olsa, yaşadığımız dünya üzerindeki ekonomiyi, siyaseti, tıbbi gelişmeleri, ya da kültürümüzü en çok etkileyecek teknolojiler olmaları beklenen bu yenilik alanlarından haberdar olmakta yarar var.

**1. Felcin İyileştirilmesi:** Beynin vücudun bir bölümünü hareket etirme isteğine karşın hareketin gerçekleştirilememesi olarak tanımlanabilecek olan felcin iyileştirilmesi konusundaki çalışmalarda umut verici bir gelişmeye ulaşılmış durumda. Çalışmaların özü, beynin korteks bölümüne yerleştirilen son derece elişmiş çiplerin, hareket ettirme arzusu nedeniyle beynin oluşturduğu değişimi algılamasına ve bu algıdan hareketle elektromanyetik sinyaller üretmesine dayanıyor. Uzun sağlamsa ve hareketin gerçekleşememe nedeni, beyinle uzuv arasındaki sinir iletim sorunlarından kaynaklanıyorsa, uzvun uygun bir bölgesine yerleştirilen elektrodlarla çip arasında kablosuz iletim sağlanarak sorun aşıyor. Yok, uzuv işlevini yerine getiremez durumdaysa ya da mevcut değilse, o zaman algılayıcı elektrodlar yüksek teknolojik protezlerin üzerine yerleştiriliyor. Böylece, çipten alınan sinyaller, protezin hareket yeteneklerinin belirlediği düzeyde hareketlere dönüştürülüyor. Daha da ötesinde, protezden sağlanabilen geri besleme sinyalleriyle de dokunulan cismin dokusunu, sıcaklığını ve algılamanın oluşturacağı duygular da yaratılmaya çalışılıyor. Halen, araştırma düzeyindeki darboğazlarının en kritik olanları aşılacak teknolojinin somut kullanıma geçmesinin 10 ile 15 yıllık bir zamanda tamamlanabileceği öngörüyor.

**2. Kendi Giden Kamyonlar:** Sürücüsüz gidebilen binek otolarıyla ilgili yatırımlar ve medyatik denemeler giderek artan ölçüde işitilip görülse de, bu alandaki ilk somut gelişmenin

sürücüsüz kamyonların yollara çıkması olacağı belirtiliyor. Bunda, ABD’de çok yaygın olan kamyonla nakliyat faaliyetlerinin yaklaşık üçte birini sürücü maliyetlerinin oluşturması rol oynuyor. Araştırma kuruluşları, bu konuyla ilgili teknolojik güçlüklerin 2017 yılında büyük ölçüde aşılabileceğini, 2020’de binlerce sürücüsüz kamyonun yollarda olacağını, 2025’te ise bu sayının 600.000’e ulaşacağını öngörüyorlar. Avrupa’da Volvo, Scania, Mercedes, MAN, DAF; ABD’de de Navistar sürücüsüz kamyonları geliştirme konusunda kıyasıya bir yarışa girmişken, Otto adlı nisbeten küçük boyutlu bir ABD teknoloji girişim şirketi, 2016 yılında yarışın kurallarını değiştirecek buluşlarıyla devreye girdi. Otto, sürücüsüz çalışabilecek kamyonları üretmek yerine, mevcut kamyonlara takılarak sürücüsüz kullanılabilmesini sağlayacak kitler geliştirdi. Öte yandan, herkesin taşıtını taksi olarak kullanma fikrini hayata geçirerek 2016 yılında 6,5 Milyar Dolar ciro elde eden Uber şirketi de, 2016 Kasım ayında Otto adlı teknoloji kuruluşunu satın alarak yarışa katıldı. Dolayısıyla, sürücüsüz kamyonların önümüzdeki iki üç yıl içinde gerçekleşmesi artık bir hayal olmaktan çıkmışa benziyor.

- 3. Yüzünüzle Ödeme Yapılabilmesi:** Yüz algılama teknolojilerinin suçluları teşhis etmekte, kontrollü alanlara giriş yapmakta kullanılmasını, bir süredir, yüz tanımayla ödeme yapılması uygulamaları izliyor. **Face++** adlı Çinli şirketin giderek geliştirdiği geliştirdiği teknolojide geline nokta, yüz belirlemede, yüz üzerindeki 83 ayrı noktadan alınan bilgilerin değerlendirilmesi yapılıyor. Güvenlikle ilgili pek çok testten geçmesinin ardından Çin’de uygulaması giderek yaygınlaşan, Türkiye’de de, kısa bir süreden beri bankacılıkta kullanımına başlanan teknolojinin, yıl içinde çığ gibi büyüyerek tüm dünyayı sarması bekleniyor.
- 4. Pratik Kuantum Bilgisayarları:** Bit adı verilen ve sadece “0” ve “1”den oluşan iki değer seçeneğine sahip olan günümüz bilgisayarlarına göre olağanüstü yüksek miktarda bilgiyi depolama ve olağanüstü hızlarda işleme kapasitesine sahip olan kuantum bilgisayarları, yakın zamana kadar sadece sınırlı araştırma merkezlerinde ve öncü birkaç üniversitede bulunan deneysel “süper bilgisayar”larla gündemimize geliyordu. Hesaplamalarda, kuantum mekaniğinin gücünü kullanan kuantum bilgisayarları bit’ler yerine, “0” ve “1”den çok daha fazla değer alabilen “kuantum bit” ya da kısaca “qubit” denilen temel bilgi birimlerini eas alıyor. Google’ın araştırma ekibi, 500 qubit’lik kuantum bilgisayara prototipleri günümüz bilgisayarlarından onbinlerce kez hızlıyken, geliştirdikleri 1000 qubit’lik makinenin, mevcutlardan yüz milyonlarca kez daha hızlı çalışabildiğini geçtiğimiz yıl açıkladı. Son birkaç yılın gelişmeleri, bu bilgisayarların daha pratik ve yaygın bir biçimde hayatımıza gireceğine işaret ediyor. Bu yıl Google, IBM, Intel ve Microsoft’un da aralarında olduğu kuruluşların, kuantum bilgisayarlarıyla ilgili araştırmalara ve üretim teknolojilerine devasa fonlar yatırdıkları ve bunun bu süper hızlı bilgisayarların 4-5 yıl içinde günlük hayata girmesini sağlayacağı öngörülüyor.
- 5. 360 Derecelik Özçekim:** Çevresini küresel biçimde 360 derece t arayarak fotoğraf ve video çeken makinelerin gerek fotoğrafçılık gerekse insanların günlük hayatta paylaşacakları



deneyimler konusunda yaygın biçimde kullanılacak yeniliklere yol açması öngörülüyor. Kodak, Allie, Ricoh, Samsung gibi firmaların da katıldığı bir yarışa konu olan ve bu yıl içinde yaygın kullanıma girmesi öngörülen 360 derecelik özçekim (: selfie) kameralarının fiyatlarının 500 Dolar'ın altında olacağı varsayılıyor.

- 6. Sıcak Güneş Pilleri:** Silikon esaslı fotovoltaik güneş pillerinin hatırı sayılır bir yaygınlığa ulaşmasına karşın, gerek maliyetlerinin yüksekliği gerekse verimliliklerinin düşüklüğü, alternatif arayışlarını teşvik ediyor. Bunlar arasında, MIT'deki bir araştırma grubunun geliştirdiği "sıcak güneş pilleri" nin görünür gelecekteki en umut verici seçenek olduğu belirtiliyor.

Mevcut silikon pillerinin verimlilikle ilgili temel kısıtı, elektrik elde etmede, güneş ışığının sadece *görünür bölge* olarak adlandırılan 380 nm ile 750 nm arasındaki, yani kırmızıyla viyole arasındaki aralığı kullanabilmesinden kaynaklanıyor. Bu da, silikon güneş pillerinin elektriğe çevirebileceği güneş enerjisi oranının hiç bir şekilde %32'yi aşamaması durumuna yol açıyor. Oysa, "Sıcak Güneş Pilleri" olarak adlandırılan yeni buluşun anahtar noktasını, güneş ışığının çok daha büyük bölümünü kullanabilmesi oluşturuyor. Yeni güneş pilleri, ilk aşamada, güneşten gelen tüm ışınların enerjisini ısıya çeviriyorlar. İkinci aşamada ise, bu ısı enerjisinden tekrar ışık üretiyorlar. Ancak, bu kez oluşturulan ışık ışınları, tamamı, elektriğe dönüştürülmeye uygun dalga boyu aralığında (yani 380 nm – 750 nm arasında) oluyor. Dolayısıyla, verimlilikte bir sıçrama olacağı öngörülüyor. "Sıcak Güneş Pilleri"nin 10 ile 15 yıl içinde kütleli kullanıma gireceği tahmin ediliyor.

- 7. Gen Tedavisi 2.0:** Gen tedavisi, bir gen bozukluğu nedeniyle hastalığa sahip olan kişinin söz konusu geninin, vücuda verilen sağlam bir genle değiştirilmesi işlemine dayanıyor. Bu işlem için, sağlam gen, üreme yeteneüi yok edilmiş bir virüse yerleştirilmekte ve virüs hastanın vücuduna verilmektedir. Vücuttaki bozukluk içeren genin yerini, virüs aracılığıyla vücuda verilen sağlam genin alması hedeflenir. Ancak, çeşitli başarısız girişimler nedeniyle gen tedavisi gerek uzmanlar gerekse toplum tarafından tereddütle karşılanıyordu. Son çalışmalarla, gen tedavisinde kullanılan virüslerin sağlam genleri taşımada daha verimli hale getirilmesi, bu tedavinin *Gen Tedavisi 2.0* olarak anılan yeni ve güvenilir bir aşamaya gelmiş görünüyor. Genetik firmalarının birbiri ardınca kalp hastalıklar, Parkinson hastalığı ve kanserlerin bu yolla tedavisi için geliştirdikleri çözümleri ABD'deki *Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)* sunmaya başlamaları, önümüzdeki bir kaç yıl içinde çok sayıda tedavi seçeneğinin hayata geçebileceğinin düşünülmesine neden oluyor.

- 8. Hücre Atlası:** İnsan genomu projesinin başarısı, şimdi de, bir *Hücre Atlası* projesinin başlatılmasına yol açtı. Yeni teknikler sayesinde, kılcal yapıları sinir hücreleri olan nöronlardan, yağ hücrelerine kadar 300 farklı tipi olduğu düşünülen insan hücrelerinin tüm detaylarıyla çözümlenmesi öngörülüyor. Her hücre türünün, kendisini oluşturan tüm moleküller temelinde çözümlenmesiyle, en ayrıntılı tanımını yapmayı hedefleyen projenin önümüzdeki 2-3 yıl içinde bitirilmesi planlanıyor. Hangi hastalığın nasıl önlenebileceğini ya

da tedavi edilebileceğini belirlemenin, hücreleri çok ayrıntılı biçimde tanımakla büyük ölçüde hızlanacağı tahmin ediliyor.

**9. Nesnelerin Bilgisayar Ağı (: Botnet):** Bilgisayar ağları olgusu, günümüzde, çok sayıda bilgisayarın belleklerinin ve proses yeteneklerinin birleştirilmesiyle yaratılan büyük saldırı aygıtlarının yarattığı kabuslar dolayısıyla zaman zaman gündemimize geliyor. İngilizce’de “botnet” olarak adlandırılan bu saldırgan bilgisayar ağlarının, önümüzdeki dönemde hızla gelişmesi beklenen *nesnelerin interneti (: Internet of things, IoT)* olgusu nedeniyle daha büyük tehlikeler yaratmasından endişe ediliyor. Birçok evsel ve ya da sınai cihazın çalışma verilerini bir sinyal yayıcı aracılığıyla internet üzerinden bir araya toplayarak daha verimli kullanım yaratmayı amaçlayan *nesnelerin interneti* yaklaşımı, yukarıda anılan örgütlü saldırganlıklar için iştah açıcı bir av niteliği taşıyor. Yeni gelişen “Sanayi 4.0” döneminde yoğun kullanılması beklenen *nesnelerin interneti* olgusuna paralel olarak gelişmesi beklenen bu saldırgan örgütlenmesi, anımsatıcı bir adlandırmayla *nesnelerin bilgisayar ağı* olarak anılıyor.

**10. Pekiştirmeli Öğrenme:** Büyükşehirlerin karmaşık kavşaklarında, trafiğin akışını düzenlemeye yönelik trafik ışıklarının, trafiğe göre değişen aralıklarla yanıp sönmelerini planlayan yazılımlarla günlük hayatımıza giren ve büyük satranç ustalarını yenen yazılımlarla popülerliği artan *yapaya zeka (: İngilizcesi “artificial intelligence”)* olgusunun arkasında, değişen somut koşulların gerektirdiği olası reaksiyonların depolandığı bir bellekten yararlanma yaklaşımı bulunmuyor. Bunun yerine, somut koşulların gerektirdiği davranışların neler olduğunu yazılımın “öğrenmesi”ni sağlayacak algoritmalar kullanılıyor. “Pekiştirilmiş öğrenme” olarak anılan bu yaklaşım, aslında, psikoloji biliminin kullandığı bir terim. Bir öznenin, ortaya konan bir ödüle ulaşabilmek için yapılması gerekli eylemleri öğrenmesi için, öğrenme süreçleri, çok sayıda tekrar ile pekiştiriliyor. Binlerce yıl önce, evcilleştirilen köpeklere, yakaladıkları avı yemeden getirmelerini öğretmek için atalarımızın kullandığı yöntemi, şimdi *öğrenen makineler* oluşturmak amacıyla kullanmaya çalışıyoruz açıkçası.

## AKILLI CEP TELEFONLARI NEDEN PATLIYOR?

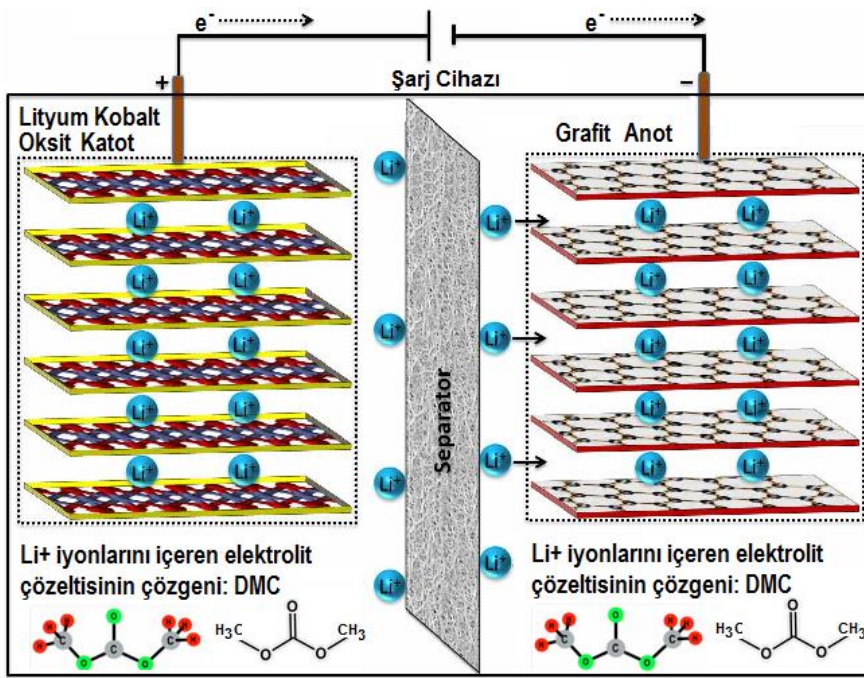
Hazırlayan: Mustafa Tunçgenç, 29 Kasım 2016



Samsung firmasının, tüm zamanlardaki en iyi akıllı telefon olarak da nitelenen geniş ekranlı ve ekran kalemli kullanılan Galaxy Note 7 modelinin 19 Ağustos 2016'da piyasaya sunulmasını izleyen bir hafta içinde iki cihazda, şarj sırasında patlama olması, gözlerin bu modelin üzerine çevrilmesine neden oldu. Piyasaya sürümden iki hafta sonra, yani 2 Eylül 2016'da, Samsung firması cihazların satışını askıya aldı ve bir geri toplama programını uygulamaya koydu. Ancak, bir yandan da, karşılaşılan kazaların sayısı artmaktaydı. Otomobillerde ve uçaklarda da yaşanan telefon yanmaları ve patlamaları ve bunlara bağlı olarak giderek artan sayıda havayolu şirketinin Note 7 model telefonların uçakların gerek kabin gerekse valiz bölmelerine alınmasını yasaklamaları, üretici firma Samsung'un 11 Ekim 2016'da cihazın üretimini tamamen durdurmasına yol açtı. Yaşanan devasa sorunun, teknoloji tarihinde bir üreticinin yaşadığı en yüksek maliyetli ürün güvenliği vakasına dönüşeceği tahmin ediliyor. Samsung firması yaşanan sorunların cihazın piliyle ilgili bozukluktan kaynaklandığını, ilk kez 31 Ağustos 2016'da belirtti. Ancak, geçen dört aylık sürede, sorunun arkasında yatan mekanizmaya ya da mekanizmalara ilişkin ayrıntılı bir açıklama yapılmadı.

Öte yandan, Samsung'un Galaxy Note 7 model cep telefonlarında yanma/patlama olaylarıyla net olarak daha sık karşılaşılmakla birlikte, şarj edilebilir lityum pillerinin kullanıldığı dizüstü bilgisayarlarda ve diğer akıllı cep telefonu markalarında da benzer sorunların yaşandığını belirtmek gerekir. Bunların içinde belki de en ürkütücü olanı, Japon Havayolları'na ait bir Boeing 787-8 uçağının, bu iddialı modelin kullanıma sunulmasından kısa bir süre sonra, Ocak 2013'te, yedek güç ünitesi olarak görev yapacak olan lityum pil grubunun uçuş sırasında tutuşarak yangına yol açması nedeniyle Boston Havalimanı'na acil iniş yapmak zorunda kalması olmuştu. Kaza, kullanımdaki tüm Boeing 787-8'lerin sorun çözülene kadar uçuştan men edilmesine yol açmıştı.

Bu yazımız, Amerikan Kimya Topluluğu ACS'nin yayını olan Kimya ve Mühendislik Haberleri (Chemical & Engineering News) dergisinde; ABD Ulusal Bilim Vakfı NSF tarafından kurulan



Sürdürülebilir Nano (Sustainable Nano) adlı blogda, Scientific American dergisinde ve Michigan Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde yayınlanan yazılardan yararlanılarak hazırlandı. Yazımızda, neredeyse tüm akıllı telefonlarda ve daha birçok cihazda kullanılan

şarj edilebilir lityum pillerinin yapısı hakkında bilgilere yer verecek ve nasıl çalışıklarına ve pilde oluşabilecek aşırı ısınma, yanma, patlama gibi sorunların olası nedenlerine değineceğiz.

### Lityum Pillerinin Yapısı

Tüm piller gibi lityum pillerinde de iki elektrot ve bir de elektrotların içine batırıldığı elektrolit bulunuyor. Elektrotlardan, **katot** konumunda olan, üstüste yerleştirilmiş çok sayıdaki ince lityum metal oksit yapraklarından oluşur (Akıllı telefonların da aralarında bulunduğu çoğu cihazın katotları metal olarak kobaltı içeriyor. Yani katot malzemesi çoğunlukla lityum kobalt oksit oluyor). **Anot** konumundaki elektrot ise benzer biçimde üstüste dizilmiş olan grafit yapraklardan oluşur. İki elektrotun içine daldırıldıkları **elektrolitin** elektriği iletmeye yarıyan bileşeni lityum iyonudur. Lityum iyonlarını içeren lityum tuzunun içinde bulunduğu çözücü ortam olarak da genellikle dimetil karbonat, DMC, kullanılır. Dimetil karbonat, parlama noktası 17°C olan çok parlayıcı bir organik çözügendir. Pilin dördüncü elemanını ise **separatör** olarak anılan yarı geçirgen zar oluşturur. Yalıtkan bir polimer filminden oluşan separatörün önemli bir görevi katotla anotun temas ederek kısa devre yapmasını önlemektir.

### Lityum Pillerin Çalışması

Lityum pilinin şarj edilmesi sırasında, lityumkobaltoksit, LiCoO<sub>2</sub>, yaprakları arasında tutunmuş olan lityum iyonları, Li<sup>+</sup>, şarj cihazının sağladığı harici voltajın etkisiyle LiCoO<sub>2</sub> yapraklarını terk ederek elektrolit ortamını geçip grafit anotu oluşturan yaprakların arasına yerleşir.

Pilin kullanımı yani deşarj olması sırasındaysa lityum iyonları grafit anottan LiCoO<sub>2</sub> katota doğru gider ve gelen her bir lityum iyonuna karşılık bir elektron, LiCoO<sub>2</sub> katottan çıkıp harici devreyi oluşturan kabloya doğru itilir ve böylece gerek duyulan elektrik akımı üretilmiş olur. Lityum pillerinde oluşan elektrot tepkimeleri tersinin olduğu için bu piller tükendikten sonra harici voltaj kullanılarak tekrar şarj edilebilirler.

Elektrotlar, elektrolit çözeltisi ve seperatörden oluşan devrede oksijen ve suyun bulunması, aşağıda değinilecek olan bozulma süreçlerini hızlandıracağı için istenmez. Bu nedenle, tüm devre elemanları gerek malzeme geçişi gerekse elektrik iletimi açısından yalıtkan olan hafif bir torbanın içine alınırlar. Bu nedenle, malzeme “torba pil” adını alır.



Torba Pil

### Lityum Pillerinin Bozulması

Lityum pillerinin bozulma sürecinin en önemli üç temel mekanizması aşağıda belirtilmiştir.

#### a) Seperatör Bozulması

Evvelce belirtildiği gibi, anot ile katotun birbirlerine değmesi “kısa devre” oluşumuna yol açar. Bu durumda pilin enerjisi çok kısa sürede çok küçük bir kesitten geçerek boşalır. Dolayısıyla, küçük kesit alanı ısınarak elektrolitin çögeninin tutuşmasına yol açar. Seperatör bozulmalarına yol açan tipik nedenlerden başta geleni üretim hatası sonucu seperatörde metalik safsızlıkların bulunmasıdır. Seperatör üzerindeki metalik safsızlıklar, elektrotlar arasında kısa devrelerin oluşmasına neden olabilir. Ayrıca, pilin sürekli şarjda bırakılması da Lityum’un iğne biçimli dendritler oluşturarak zamanla seperatörü mekanik olarak tahrip etmesine yol açar. Bu da seperatörün elektrotları birbirinden yalıtma görevini yapmasını önleyerek kısa devre oluşumuna yol açabilir.

#### b) Katot Bozulması

Cep telefonları başta olmak üzere pek çok gereçte kullanılan lityum pillerinin katotları lityum kobalt oksitten oluşur. Lityum kobalt oksit,  $\text{LiCoO}_2$ , bileşiminde bulunan geçiş metali kobalt, şarj sırasında +3 değerlikten +4 değerliğe yükselip, kullanım yani deşarj sırasında +4 değerlikten +3 değerliğe indirgenerek tersine elektrod tepkimelerinin oluşumunda anahtar rolünü oynar.

Ancak, şarj sırasında, tanımlı voltaj aralığının üzerinde gerilim uygulanması,  $\text{LiCoO}_2$ 'nin tersinmez bir biçimde parçalanarak  $\text{Li}^+$  iyonu ile  $\text{Co}_3\text{O}_4$  oluşturmasına ve oksijen gazı açığa çıkarmasına yol açar. Buna  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 'ün kötü bir iletken olması da eklenince pilde ısınma ve tutuşmanın durumu için uygun bir ortam ortaya çıkar. Yanlış şarj cihazı kullanmak veya uygun olmayan pil değişimleri yapmak gibi kullanım hataları katot bozunumunun en çok rastlanan nedenleri arasındadır.

#### c) Elektrolitin Parçalanması ve Pilde Basınç Oluşumu

Elektrolit sıvısında kullanılan organik çözücülerin  $\text{CO}_2$  çıkışlı karbonatlardan oluşması (örn: dimetil karbonat), pilin şarj edilmesi sırasında molekülün parçalanması ve  $\text{CO}_2$  'nin

açığa çıkması olasılığını doğurmaktadır. Pilin dış ortamla madde geçişine izin vermeyen kalitede bir yalıtıma sahip olması, bu CO<sub>2</sub> 'nin birikip basınç oluşturmaya ve yanıcı çözgenin de parlamasıyla önemli kazalara yol açma potansiyelindedir. Pilin direkt güneş ışığına maruz kalarak ısınması, bu tür riskleri arttırmaktadır.

Sonuç olarak, lityum pillerinin yanması ve patlamasıyla ortaya çıkan kazaların oluşmasında yukarıdaki üç mekanizmadan birinin ya da birkaçının rol oynaması, olasılığı yüksektir.

### **Samsung Galaxy Note 7'de Daha Sık Sorun Yaşanmasının Sebebi Nedir?**

Akıllı telefonlarda ve bu bağlamda Samsung Galaxy Note 7'lerde yaşanan kazaların nereden kaynaklandığına gelirsek, bu konuda net konuşmaya yardımcı olacak bilgilerden ne yazık ki yoksunuz. Samsung, kuşkusuz konuyu yoğun biçimde araştırıyor, ancak bu konuda kamuya yansıyan bir açıklama henüz mevcut değil. Tahmin edilebileceği gibi, internet ortamında çok fazla yoruma rastlamak mümkün. Ancak, bunların veriye dayalı güvenilir analizlerden çok, spekülasyona dayalı oldukları görülüyor. Aynı yazılarda öne sürülenlerin, temel kaynaklara kadar izlenebilmeye olanak veren bir üslupla dile getirilmemiş olması da, ne yazık ki gerçeği aramaya dönük tezlerle, sansasyon merakı ve ticareti yönlendirme dürtüsüyle yapılan yönlendirmeleri ayırdetmeyi zorlaştırıyor.

### **Lityum Pillerinde Yapısal Olarak Güvenlik Sorunları Var mı?**

Lityum pillerinde yaşanan yanma ve patlamaları mümkün kılan zaafiyet noktası pilin elektrolitinin parlayıcı bir çözgen olan dimetil karbonatı içermesidir. Bu, mevcut lityum pillerinin kazalara yol açmasında etkili bir yapısal zayıflıktır. Bilim insanları bu sorunu aşabilmek için farklı çalışmalar yapıyorlar. Bu çalışmalar arasında pratik uygulamaya geçmeye yakın aşamada olan ikisine değinmek mümkündür. Birincisi elektrolit çözeltisine küçük oranlarda eklenen organosilikon katkılarıdır. Böylelikle, hem ısınma hem de elektrolit çözgeninin parçalanması riskleri azaltılmaktadır. Diğeriyse, Michigan Üniversitesi'nde geliştirilen, seramikten yapılmış katı elektrolitlerdir. Bu çalışmaların da yakın zamanda sonuçlanması beklenmektedir. Öte yandan, parlayıcı çözgenin parlamasına yol açan kök sebep ise, çeşitli nedenlere bağlı olarak pilde oluşan ısınma ve basınç birikimidir. Başlıca ısınma nedenleri arasında, seperatörde bulunabilen metalik safsızlıkların neden olduğu kısa devrelerden ve yüksek voltajdan yapılan şarj etme işlemlerinden kaynaklanan katot bozunmasından söz etmiştik. Metalik safsızlıkların bulunması bir imalat sorunudur. Ancak, cihazın yanlış kullanımlara toleransını arttırmak, üzerinde çalışılması gerekli bir konudur. Nitekim, bilim insanları ve mühendisler, katotolarak lityum kobalt oksit yerine, yüksek voltajda bozulma direnci daha yüksek olan "lityum karışık metal oksit" lerin kullanımı üzerinde yoğun olarak çalışıyorlar.

### **YARARLANILAN KAYNAKLAR**

1. Samsung Galaxy Note 7, Wikipedia the Free Encyclopedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung\\_Galaxy\\_Note\\_7#cite\\_ref-cnet-recalled\\_34-0](https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Galaxy_Note_7#cite_ref-cnet-recalled_34-0) , erişim tarihi: 28.11.2016
2. Samuelson, Kate, A Brief History of Samsung's Troubled Galaxy Note 7 Smartphone, time.com , <http://time.com/4526350/samsung-galaxy-note-7-recall-problems-overheating-fire/> , erişim tarihi: 28.11.2016
3. Irfan, Umair, How Lithium Ion Batteries Grounded the Dreamliner, Scientific American, Dec. 18, 2014, <https://www.scientificamerican.com/article/how-lithium-ion-batteries-grounded-the-dreamliner/> , erişim tarihi: 28.11.2016
4. Hamers, Bob, What's With All Those Flaming Cell Phones? A Primer on Battery Safety, Sustainable Nano, Oct. 13, 2016, <http://sustainable-nano.com/2016/10/13/flaming-cell-phones/> , erişim tarihi: 27.11.2016
5. Jacoby, Mitch, Making batteries fire-resistant with solid electrolytes , C&EN, Vol.94, Issue 45, pp. 30-32, erişim tarihi: 27.11.2016
6. O'Sullivan, Kelly, Lithium ion batteries: Why they explode, Michigan Eng, Oct. 27, 2016, <http://www.engin.umich.edu/college/about/news/stories/2016/october/lithium-ion-batteries> , erişim tarihi: 28.11.2016

# DONALD TRUMP'IN BAŞKANLIK DÖNEMİ VE ABD'DE BİLİM

Hazırlayan: Mustafa Tunçgenç, Ocak 2017



8 Kasım 2016 günü gerçekleşen ABD seçimleri, Donald Trump'ın zaferiyle sonuçlandı. Bu yazıda, Trump'ın 20 Ocak 2017'de başlayacak olan başkanlık döneminin genel olarak bilim ve özel olarak da kimya dünyası için neler ifade edeceğini ele almaya çalıştık. Bunu yaparken, genelde yaptığımız gibi, veriler sunmaya ağırlık verdik. **Kendimizi, yorum yapmaktan**

**olabildiğince alıkoymaya, bunu okurların kendilerine bırakmaya gayret ettik.**

Değineceğimiz verileriye üç öbekte sunuyoruz:

- Kurucularının içinde 29 Nobel ödüllü bilim insanının ve çok sayıdaki saygın bilim kuruluşunun yer aldığı "sciencedebate.org" internet sitesi, seçimlerden iki ay kadar önce, tüm ABD başkanlık adaylarına bilim, mühendislik, teknoloji, sağlık ve çevre konularında en yüksek öneme sahip olduğu düşünülen yirmi soruyu yöneltti. Bu yazıda, Donald Trump'ın bu sorulara verdiği yanıtlar yer alıyor.
- Donald Trump veya onu resmen temsil eden bazı ekip üyeleri, politik kariyerlerinin çeşitli aşamalarında ve son olarak da seçim kampanyası sırasında, sınırlı sayıda da olsa, bilim, teknoloji ve çevre konularında açıklamalarda bulundular. İkinci veri kümesi olarak, bu açıklamaların bir özetini bulacaksınız.
- Amerikan Kimya Topluluğu, ACS, seçimlerden sonra, 2 Aralık 2016'da "Kristal Küreye Bakmak: Hükümet, Siyaset ve Kimya" başlıklı bir internet semineri süzenledi. Son olarak da, bir panel formatında gerçekleştirilen bu internet seminerinin bir özetini sunuyoruz.

**A. 2016 ABD Başkanlık Yarışına Katılan Dört Adaya "sciencedebate.org" İnternet Sitesi'nce Sorulan 20 Soruya Trump'ın Verdiği Yanıtlar**  
(<http://cen.acs.org/articles/94/web/2016/11/Trump-views-major-science-policy-issues.html> )

## 1. İnovasyon (:Yenilikçilik)

2. Dünya Savaşı'ndan bu yana ABD ekonomisinin yarısından fazlası bilim ve mühendisliğin sağladığı katma değerlere dayanıyor. Fakat, bazı raporlarda, Amerika'nın bu alanlardaki liderliği sorgulanıyor. Amerika'nın, inovasyon konusundaki öncülüğünü sürdürmesi açısından en uygun politikalar hangileridir?

**Trump:** Yenilikçilik her zaman serbest piyasa sistemlerinin büyük yan ürünlerinden biri olmuştur. Girişimciler, her zaman, tüketicilerin arzuladıkları ürünler hakkında farklı seçenekler vermek üzere piyasalara girme yollarını bulmuşlardır. Hükümetler, adil ticaretin serbest ticaret



kadar önemli olduğu bir iş ortamını yaratmak ve pazarlara girmenin önündeki engelleri azaltmak için ellerinden geleni yapmalıdırlar. Benzer biçimde, federal hükümet hem uzay araştırmaları hem de tüm akademik dünyada araştırma ve geliştirmeye yönelik yatırım yapılması konularında yenilikçiliği desteklemelidir. Harcamaları kısmak ve federal bütçeyi denk tutmak için artan taleplerin varlığına rağmen, Amerikalıların hayatlarını daha iyi, daha güvenli ve müreffeh kılacak olan bilim, mühendislik, sağlık vd alanlara yatırım yapmayı taahhüt etmeliyiz.

## 2. Araştırma

Bir çok bilimsel ilerleme, siyasetçilerin yönetim dönemlerini kapsayan iki, dört veya altı yıldan daha uzun süreler boyunca araştırmalara parasal destek sağlanmasını gerektirmektedir. Mevcut bütçe kısıtlamaları ortamında bilim ve mühendislik araştırmalarıyla ilgili öncelikleriniz nelerdir ve kısa vadeli desteklerle uzun vadeli destekler arasında nasıl bir denge kuracaksınız?

**Trump:** Bu sorunun temelinde yatan kesinlikle doğru bir bakıştır; bilimsel ilerlemeler uzun vadeli yatırım gerektirir. Bu nedenle, gerçekleştirilebilir bir uzay programı ve gerek birçok alanda bilim ve mühendisliğin ilerlemesi gerekse yenilikçilik için kuluçka görevi görecek olan kurumsal araştırma konularında programlarımızın olması gerekiyor. Ayrıca, konunun taraflarını bir araya getirmeli ve ulus için gerekli öncelikleri incelemeliyiz. Kaynakların korunması ve dünyanın beslenebilmesi için yollar bulmamız konusu ile ilgili yatırımları yapmakta kararlı olmamıza gerek var. Ulusa en iyi hizmet edecek olan Başkan'ın ve yönetiminin daha büyük ve daha iyi bir Amerika vizyonunun olması gerekiyor.

## 3. İklim Değişikliği

Dünyanın iklimi değişiyor ve bu konudaki politik tartışma bilim cephesiyle "iyimserler" arasında bölünmüş durumda. İklim değişikliği konusundaki görüşleriniz nelerdir; bu konularda yönetiminiz ne yapacaktır?

**Trump:** "İklim değişikliği" konusunda araştırılması gereken çok şey var. Belki, kısıtlı parasal kaynaklarımızı en iyi kullanmanın yolu, dünya üzerindeki her insanın temiz suya sahip olmasını sağlamakla ilgilenmek olmalıdır. Belki, sıtma gibi tüm dünyayı saran hastalıkların ortadan kaldırılmasına odaklanmalıyız. Belki, fosil yakıtlarına bağımlılığı azaltacak enerji kaynaklarını ve güç üretimini geliştirmeye odaklanmalıyız. Hayatlarımızı daha iyi, güvenli ve müreffeh yapabilmek konularında en fazla ilerlemeyi nasıl sağlayacağımıza karar vermeliyiz.

## 4. Biyoçeşitlilik

Biyolojik çeşitlilik, her gün bağımlısı olduğumuz gıda, elyaf, ilaçlar, temiz su ve daha birçok hizmete ve ürüne sahip olmamızı sağlıyor. Bilim insanları, hayatın çeşitliliğinin ve değişkenliğinin, insan faaliyetlerinin sonucu olarak korkutucu bir hızla yok olmakta olduğunu keşfediyorlar. Biyolojik çeşitliliği korumak için ne adımlar atacaksınız?

**Trump:** Çok uzun zamandır Başkanlar ve federal hükümetlerin icra ekipleri etkilerini ve etkinliklerini arttırmaya devam ediyorlar. Öte yandan, günümüzde, dairelerimiz özel çıkarları besleyen kurallar ve düzenlemeler yazmakta olan ve hükümetin halkın taleplerini dinlemek gibi temel görevlerini gözardı eden atanmış görevlilerle dolu durumda. Seçilmiş temsilcilerimiz

ise yeminlerinin gereğini yerine getirmek için çok az şey yapmakta ve sorumluluklarını ihmal etmekte. Bu ortamların oluşması, özel çıkarları ödüllendiren ve ABD'deki habitatın ve türlerin korunmasından en fazla yarar elde etmesi beklenen halkı cezalandıran dengesiz bir durum yaratıyor. Trump yönetiminde, kamu alanlarının ortak yönetişimi gerçekleşecek ve hem devlet hem de yerel hükümetler vahşi hayatı ve balık avlaklarını koruma konusunda günlendirilecektir. Terazinin ibresini özel çıkarlara doğru kaydıran yasalar, değerli canlı kaynaklarımızın korunması için toplumun gereksinimlerini dengeleyecek yönde değiştirilmelidir. Yönetimim, bu dengeyi sağlamak için tüm paydaşları masaya çağırarak en iyi yaklaşımın belirlenmesine çalışacaktır.

## 5. İnternet

İnternet ekonomik, toplumsal, yasal düzen ve askeri faaliyetlerin temellerinden biri haline gelmiş durumda. Riske açık altyapıyı ve kurumları siber saldırıdan korumak ve bir yandan elektronik araçlarla internet konusunda bireysel mahremiyeti korurken diğer yandan ulusal güvenliği sağlamak için hangi adımları atacaksınız?

**Trump:** ABD hükümeti yurttaşlarının casusu olmamalıdır. Trump yönetiminde bu olmayacaktır. İnternetin korunmasıyla ilgili olarak, internete yönelen herhangi bir saldırı, en üst düzeyde koruma ve en azından, internet altyapımıza yönelik tehditleri ortadan kaldıracak orantılı bir cevabı gerektiren bir kışkırtma olarak değerlendirilecektir.

## 6. Akıl Sağlığı

Akıl hastalığı en acı veren ve kişiyi damgalayan hastalıklardan biridir ve Ulusal Akıl Sağlığı Enstitüsü bunun Amerika'ya yıllık maliyetinin 300 milyar dolardan fazla olduğunu tahmin etmektedir. Akıl hastalıklarının insani ve ekonomik maliyetini azaltmak için ne yapacaksınız?

**Trump:** Bu, günümüzde, Amerika'nın büyük ve büyüyen trajedilerinden biridir. Eyaletlerin akıl sağlığına verdikleri önem azalmakta ve hapishanelerimiz akıl sağlığı tedavisine ihtiyaç duyan kişilerle dolmuş durumda. Ülkede yapacağımız sağlık reformu çabalarımızın içinde akıl sağlığı reformu da yer almalıdır. Ciddi ruhsal rahatsızlık çeken yurttaşlarımızın tedavisi için yatırım yapmamız gerekiyor. Bu, şiddetli akıl hastalığına tutulmuş kişilerin aile üyelerinin de tedaviye dahil edilmesine olanak tanımayı da içermelidir. Ulusal hükümet, devletin ve eyalet hükümetlerinin, akıl sağlığına yönelik sağlık hizmetlerini, yerel ölçekte halka götürmelerini sağlamalıdır. Bu alan incelenmeli ve kapsamlı çözümler geliştirilerek halkın güvenlik içinde ve verimli halde olması temin edilmelidir.

## 7. Enerji

ABD enerji dosyasının stratejik yönetimi ekonomik, çevresel ve dış politika alanlarında güçlü etkiler yaratabiliyor. Önümüzdeki 4 ile 8 yıllık dönemde enerji alanındaki gelişmeleri nasıl görüyorsunuz ve Başkan olursanız enerji stratejiniz ne olacak?

**Trump:** Amerikan halkının ve hükümetinin hedefi, en kısa sürede enerji bağımsızlığına kavuşmak olmalıdır. Enerji bağımsızlığı rüzgar, güneş, nükleer ve biyo-yakıtlar dahil olmak üzere mümkün olan her enerji kaynağının araştırılması ve geliştirilmesi demektir. Canlı bir piyasa sistemi tüketicilerin gelecekteki enerji tüketiminde en iyi kaynakların ne olacağını

belirleyebilmesini olanaklı kılacaktır. Ayrıca, büyük enerji üreticileri olarak, bizler, yani ABD, Kanada ve Meksika da, daha güvenli, verimli ve müreffeh bir dünyada yaşayabileceğiz.

## 8. Eğitim

Bilim ve matematik performansı ile ilgili olarak yapılan bir çok uluslararası derecelendirmeye göre Amerikalı öğrenciler düşüş gösteriyorlar. Ayrıca, halk karmaşık bilimin etkisiyle oluşan ve giderek artan sayıdaki temel politika sorunlarıyla yüzyüze geliyor. Yönetiminiz, kadınlar ve azınlıklarda dahil olmak üzere tüm öğrencilerin 21. yüzyılın sorunlarını karşılamaya hazırlaması için nasıl çalışacak? Ayrıca, karmaşık bilim ve teknolojinin egemenliğindeki bir çağda, halkın bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik konularındaki bilgi durumunu yeterli düzeye çıkarmak için neler yapacaksınız?

**Trump:** Bilim, teknoloji, mühendislik ve matematikle ilgili halen uygulanmakta olan çok sayıda program mevcuttur. Federal hükümetin yapması gereken eğitim fırsatlarının herkes için erişebilir olmasıdır. Yani, piyasa koşullarının daha iyi, daha yüksek kaliteye sahip eğitim ortamlarını daha çok sayıda çocuğa ulaştırabilmesini sağlamalıyız. Şehirlerimiz, daha iyi eğitim ortamlarına erişim ihtiyacında olanlara seçenek sunamadığımız durumlarda neler *yapılmaması* gerektiği konusunda örnek olgular halindedir. Tepeden tırnağa herkese uyan bir eğitim sunma yaklaşımımız başarısız olmaktadır ve çocuklarımıza sağladığımız eğitsel çıktıların bozuk/yanlış olmasına yol açmaktadır. Eğitim konusundaki pozisyonumuzu değiştirmekte ciddiysek, eğitim modellerimizi değiştirmeli ve çocuklarımızı eğitmek için mümkün olan en çok sayıdaki seçeneği oluşturmalıyız. Halkımızın eğitiminin yönetimi, eyaletlerde ve yerel düzeyde yapılmalıdır, Eğitim Bakanlığı'nda değil. Şehirlerimizdeki seçenek sayısı artırılmadıkça, eğitimin sonuçlarıyla ilgili kaygılarının çığırkanlığını yapan kişiler ciddiye alınamaz.

## 9. Halk Sağlığı

Sigara içmenin durdurulması, alkollü araç kullanmaya karşı yasalar, aşılama ve suyun florlanması gibi halk sağlığı çabaları sağlığın ve verimliliğin gelişimini sağlamış ve milyonlarca hayatı kurtarmıştır. Federal araştırma kurumlarının ve halk sağlığı sistemimizin, Amerikalı'ları yeni gelişen hastalıklardan ve antibiyotiğe dirençli mikroplar gibi diğer halk sağlığı tehditlerinden korumasını nasıl iyileştireceksiniz?

**Trump:** Bu sorunuzda, potansiyel sağlık risklerinin önüne geçmeyi temin etmek için araştırmaya ve halk sağlığı kurumlarına daha fazla kaynak ayrılmasının gerekli olduğu ima ediliyor. Kaynakların sınırlı olduğu bu dönemde, ulusumuzun para bulma konusunda en büyük zorluklarla karşılaşacağını bilmesi gerekiyor. Parayı bu kurumlara saçıp ulusumuzun iyi hizmet alacağını varsayamayız. Odaklanmamız gereken, ulus olarak bulunacağımız pozisyonun ne olduğunu değerlendirmek ve kaynaklarımızı üzerinde en çok çalışma gerektiren sahalara harcamak olmalıdır. Halk sağlığı inisiyatiflerini ve araştırmaları destekleme çabalarımızı, kısıtlı kaynaklarımıza gerek duyan diğer talepleri de dikkate alarak dengelemeliyiz. Kongre'yle, yani halkın temsilcileriyle çalışırken ulusal öncelikleri oluşturmaya çalışacak ve hedeflerimize ulaşmak için yeterli kaynakları ayırdığımızdan emin olarak hareket edeceğiz.

## 10.Su

Temiz su kaynaklarının uzun vadeli güvenliği, altyapının eskimesi, yeraltı sunununun azalması, kirlenme ve iklimdeki değişkenliğe bağlı olarak tehdit altındadır. Amerika'daki bazı bölgelerde yaşayan topluluklar artık suya erişemiyorlar ve bu onların yaşamlarını sürdürbilmelerini, evlerinin değerini olumsuz etkiliyor. Seçilirsanız bütün Amerikalı'ların temiz suya erişimini sağlamak için hangi adımları atacaksınız?

**Trump:** Bu, ulus olarak gelecek nesilde karşımıza çıkacak olan en önemli konu olabilir. Dolayısıyla, herkesin ucuz ve temiz suya erişimini sağlamak için temiz suyla ilgili altyapılarımıza yatırım yapmamız gerekiyor. Tuz giderme işlemini daha ucuza gerçekleştirebilmek de dahil olmak üzere tüm seçenekleri araştırmalı ve bu kısıtlı kaynağı yurttaşlarımıza ve dünya ölçeğinde gıda üreticilerine götürmek için uygun dağıtım altyapısı üzerinde çalışmalıyız. Bu konunun yönetimimde en yüksek önceliğe sahip olması gerekiyor.

### 11. Nükleer Güç

Nükleer güç, sera gazları üretmeksizin elektrik talebini karşılayabiliyor. Fakat bir yandan da ulusal güvenlikle ve çevreyle ilgili çekincelerin doğmasına yol açıyor. Nükleer gücün kullanılması, yaygınlaştırılması veya durdurulması konularındaki planlarınız nelerdir ve kullanım ömürleri boyunca nükleer güç kaynaklarının izlenmesi, yönetimi ve emniyet altında tutulması konularında hangi adımları atacaksınız?

**Trump:** Nükleer güç değerli bir enerji kaynağıdır ve uzun bir gelecek boyunca enerji sağlayacak planın bir parçası olmalıdır. Yapılması gereken yatırımları yaparsak, nükleer gücü güvenli hale getirebilir ve olağanüstü çıktılarını kullanabiliriz. Nükleer güç Amerika'nın enerji bağımsızlığının ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

### 12. Gıda

Tarım arazi ve enerji kullanımıyla, işçi sağlığı ve güvenliği, su kullanımı ve kalitesi ve de sağlıklı ve ucuz gıdaya erişim arasındaki karmaşık bir dengeyi içeriyor. Bu unsurların hepsi de bilimden elde edilen nesnel bilgiyi girdi olarak kullanıyorlar. ABD tarım sektörünü, en sürdürülebilir biçimde en yüksek faydayı sağlamak üzere nasıl yönetmeyi düşünüyorsunuz?

**Trump:** Sorunuzda Amerikan tarımının federal hükümet tarafından merkezi biçimde kontrol edilmesinin gerektiği ima ediliyor. Bu kesinlikle uygun değildir. Tarım sanayisi en iyi çözümlerini piyasa sistemi içinde araması için özgür olmalıdır. Buna karşın, gıda üretimi bir ulusal güvenlik konusudur ve konu çiftçilerimizin ve hayvancılık yapanların doğanın yarattığı kayıplara karşı korunmasına geldiğinde federal hükümet yardımlarına koşmalıdır.

### 13. Küresel Sorunlar

Günümüzde, büyük ve artan bir nüfusa sahip küresel bir ekonominin içinde yaşıyoruz. Bu faktörler, ulusal sınırları dinlemeyen ekonomi, halk sağlığı ve çevre sorunlarını yaratabiliyor. Yönetiminiz, ulusal sınır tanımayan ve, bilimsel açıdan net olan salgın hastalık ve iklim değişikliği gibi tehditlerle uğraşırken ulusal çıkarlarımızla küresel işbirliğini nasıl dengeleyecektir?

**Trump:** Küresel konularda yardımcı olabilmemizin en büyük teminatı ABD'nin ekonomik olarak doğru rotada ilerleyebilmesidir. Geçtiğimiz on yıl içinde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'mızdaki

büyümenin, altyapımızın iyileştirilmesi, ordumuzun finansmanı, eğitimimize yatırım yapılması ve enerji bağımsızlığımızın teminat altına alınması için yeterli kaynak sağlayamadığını gördük. Kendimize bakacak ölçüde sağlıklı olmadıkça, dünya lideri konumunda olamayız. Bu şu anlama geliyor: vergi reformu, ticaret reformu, göçmenlik reformu ve enerji bağımsızlığı konularındaki hedeflerimize ulaşmalıyız. Müreffeh bir Amerika, bu ulusun ulusal hedeflerine ulaşmasını da etkileyecek olan küresel sorunların üstesinden gelmekte çok daha iyi bir partner olacaktır.

#### **14. Yasal Düzenlemeler**

Amerikalılar'ın güvenli ve güvence içinde olmasını sağlayacak olan kanunlar ve politikaların çoğunun oluşturulmasında bilim temel öneme sahiptir. Federal yasal düzenlemeler, ilaveler, değişiklikler ve iptallerin yapılmasında yönetiminiz kararlar alırken bilim nasıl bir rol oynayacaktır? Bir yandan Amerikalılar'ı halk sağlığı ve çevre ile ilgili risklerden korurken, diğer yandan da dinamik bir iş dünyasını teşvik etmek için neler yapacaksınız?

**Trump:** Bu bir denge hususudur. Dinamik bir ekonomiyle kaynaklarımızın korunması ve yurttaşlarımıza yönelik tehditlerin önlenmesi arasında bir denge oluşturmalıyız. Hangi düzenlemeleri koruyacağımız veya kaldıracığımız ya da ekleyeceğimiz konusunda bilimden yararlanacağız. Canlı ve sağlıklı bir serbest piyasa sistemi özel sektörü düzene sokacaktır.

#### **15. Aşılama**

Halk sağlığı ilgilileri, Ebola ve Zika gibi virüslerin yol açtığı uluslararası salgınları önlemek için atılması gereken daha fazla adıma gerek olduğu uyarısını yapıyorlar. Bu arada aşılama oranlarındaki azalmaya bağlı olarak kısımların tekrar dirildiği görülüyor. Yönetiminiz aşılama bilimini nasıl destekleyecek?

**Trump:** Halkı kapsamlı bir aşılama programının kıymeti konusunda eğitmeliyiz. Halka yönelik diğer hizmetlerde başarılı olduk, bu konunun da yeterli kaynak ayırmayı gerektirecek önemde olduğu görülüyor.

#### **16. Uzay**

Amerika'nın uzayı keşfetmesi ve bundan yararlanması konusundaki ulusal yaklaşımıyla ilgili bir siyasi münakaşa var. Uzay yolculukları ve dünyanın uzaydan gözlemlenmesi konularında Amerika'nın ulusal hedefleri ne olmalıdır? Yönetiminiz bu hedeflere ulaşmak için hangi adımları atacaktır?

**Trump:** Uzay seyahatlerinin Amerika'ya olağanüstü bir gururun ve de bilim ve mühendislik alanlarındaki üstünlüğümüzün de bulunduğu bir çok getirisi olmuştur. Güçlü bir uzay programı çocuklarımızı bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarında daha başarılı olmaya teşvik edecektir ve bu ülkede milyonlarca kişiye iş ile tirilyonlarca dolarlık yatırım kazandıracaktır. Dinamik bir uzay programı devasa bir domino etkisi yaratacak ve ülke olarak kendimizle gurur duymamızda, kendimize yön çizmemizde olumlu, yapıcı bir etki yapacaktır. Önceliklerimiz, uzaydan gözlem yapma ve yakın uzaysal çevremizin ötesini keşfetme olmalıdır. Ayrıca, bu konuda küresel ortaklar aramalıyız çünkü uzay sadece Amerika'nın mülkü değildir. Yıldızlara ulaşmak tüm insanlığa yarar sağlayacaktır.

#### **17. Uyuşturucular**

ABD'nin giderek büyüyen bir uyuşturucu sorunu var ve bu insan hayatı, aileler ve de toplum üzerinde trajik sonuçlara mâl oluyor. Yönetiminiz, araştırmacıları, tıp doktorlarını ve ilaç şirketlerini bu konuya yönelmeye sevk etmek için nasıl yaklaşacak?

**Trump:** İlk olarak ABD'ye uyuşturucu girişini durduracağız. Bunu yapabiliriz ve Trump yönetiminde yapacağız. Bunun Amerika'ya milyarlarca dolarlık verimlilik kaybına yol açan ulusal bir sorun olduğunu dikkate alarak, sorunu azaltmak için gerekli kaynağı devreye sokmalıyız. Bu sorunla ilgili olarak yatırılacak dolarlar, ulusun zenginliğini ve sağlığını artırmanın yanısıra kazanılan hayatlar ve verimlilik de dikkate alındığında çok daha fazlasını kazandıracaktır.

### **18. Okyanuslardaki Sağlık**

Balıkçılığın ve toplu bir bakışla okyanusların sağlığının gerilemekte olduğu konusunda büyüyen bir endişe var; bilim insanları, sürdürülebilirlik sınırlarının %90'ı seviyesinde veya bunun da üzerindeki balık stoğunun avlandığı okyanuslarda asidik oluşumlar nedeniyle mercan kayaları gibi habitatların tehdit altına girdiği ve geniş okyanus alanları ile kıyıların kirlendiği yönünde öngörülerde bulunuyorlar. Yönetiminiz, okyanusların ve kıyılarımızın sağlığını iyileştirmek için hangi çabalarda bulunacak? Okyanus balıkçılığının uzun vadeli sürdürülebilirliğini artırmak için neler yapacak?

**Trump:** Yönetimim Kongre'yle birlikte çalışarak hükümetimizin önceliklerini oluşturacak ve kısıtlı parasal kaynaklarımızdan ne kadar pay ayıracağımızı belirleyecektir. Bu yaklaşım, bu konuda da diğer konularda da halkın sesinin işitildiğinin teminatı olacaktır.

### **19. Göçmenlik**

Göçmenlik politikası ve sınırların denetlenmesi konusunda çok fazla tartışma oluyor. Mezuniyet derecelerini Amerikan üniversitelerinden alan bilim insanları ve mühendislerle ilgili göçmenlik politikalarında değişiklik yapılmasını destekliyor musunuz? Ters yönden bakarsak, istihdam ile H1-B\* vize programı konusunda yakınlarda yaşanan çatışma konusundaki düşünceniz nedir?

**Trump:** Göçmenlik, kampanyamın temel taşlarından bir oldu. Sorunuzla gündeme getirilen hususlar, göçmenlik reformuyla ilgili yapmamız gerekenler arasında kesinlikle yer almalıdır. Eğer bireylere, yasal olarak eğitimlerini bu ülkede yapma hakkını veriyorsak, ekonomiye katkıda bulunmak istemeleri durumunda kalmalarına izin vermeliyiz. Böylesi sıradışı hedefleri elde etmelerinin hemen ardından onları ülkeden atmamız hiç mantıklı olmaz. H1-B programına gelince, şirketlerin bunu kötüye kullanmalarına izin veremeyiz. Amerikan yurttaşları ve ABD'de yaşayanlar, yerlerine daha "ucuz" işgücü koymak amacıyla yüksek ücretli işlerden yasal yollarla çıkartılıyorsa, burada bir yanlış vardır. Söz konusu pozisyonlar nitelikli Amerikalılarla ve yasal olarak ABD'de yaşama hakkına sahip olanlarla doldurulamıyorsa, H1-B sistemi ancak o zaman devreye girmelidir.

### **20. Bilim**

Bilimsel kanıtlara dayanmak, bizi adil ve doğru bir toplum siyasetine götüren en sağlam temeldir. Fakat bu ancak kanıtla onun üretiminde kullanılan bilimsel prosesin etik uyumu

olduğunda sağlanabilir. Yani uygulanan prosesin hem şeffaf olması hem de tarafsızlık ve baskıdan uzak olması gereklidir. Bir yandan bilim insanlarını ve federal görevlileri işlerini yaparken siyasi etkilerden korurken, bunun paralelinde şeffaf bir bilimsel kültürü oluşturmayı ve hükümetin hesap verebilir olmasını nasıl sağlayacaksınız?

**Trump:** Bilim bilimdir ve gerçek gerçektir. Yönetimim mutlak şeffaflık ve hesap verebilirliği hiç bir siyasi etki olmaksızın sağlayacaktır. Amerikan halkı bunu hak ediyor ve ben bunun yönetimimin kültürü olacağını taahhüt ediyorum.

## B. Donald Trump'ın ve Ekibindeki Temsilcilerinin Bilim, Teknoloji ve Çevre Konularındaki İfadelerinden Alıntılar

- "Küresel ısınma kavramı Çinliler tarafından ve Çinliler'in çıkarları için, ABD üretim sistemini rekabetçilikten uzaklaştırmak amacıyla yaratılmıştır.", Trump'ın 6 Kasım 2012 tarihli Twitter mesajı, [https://twitter.com/realDonaldTrump/status/265895292191248385?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/265895292191248385?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "Bu son derece pahalı KÜRESEL ISINMA saçmalığı durdurulmalıdır. Gezegenimiz donuyor, rekor düşük sıcaklıklar var ve küresel ısınma bilimcilerimiz buz tutmuş durumdadır.", Trump'ın 1 Ocak 2014 tarihli Twitter mesajı,
- "Az önce NBC "büyük don" ifadesini kullandı – yıllardır görülen en soğuk hava. Ülkemiz hala KÜRESEL ISINMA UYDURMASI için para harcamaya devam ediyor mu?", Trump'ın 25 Ocak 2014 tarihli Twitter mesajı, [https://twitter.com/realDonaldTrump/status/427226424987385856?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/427226424987385856?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "Tüm hava olayları KÜRESEL ISINMA UYDURUKÇULARI tarafından, gezegenimizi kurtarmak için yüksek vergiler toplamalarının gerekçesi olarak kullanılıyor.", Trump'ın 26 Ocak 2014 tarihli Twitter mesajı, [https://twitter.com/realDonaldTrump/status/427556692109574146?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/427556692109574146?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "Sızan e-postaların da ispatladığı gibi küresel ısınmanın temelinde hatalı bilimsel bakış ve veri manipülasyonu yatmaktadır.", Trump'ın 2 Kasım 2012 tarihli Twitter mesajı, <https://twitter.com/realDonaldTrump/status/264441602636906496>
- "Buz fırtınaları Texas'tan Tennessee'ye kadar ortalığı sarmış durumda – Şu anda Los Angeles' teyim ve hava donuyor. Küresel ısınma tam olarak ve çok pahalı bir uydurmacadır.", Trump'ın 6 Aralık 2013 tarihli Twitter mesajı, <https://twitter.com/realDonaldTrump/status/408977616926830592>
- "EBOLA hastalarının ABD'ye girmelerini engelleyin. Onları, buldukları yerde, en iyi şekilde tedavi edin. ABD'NİN YETERİ KADAR SORUNU VAR!", Trump'ın 1 Ağustos 2014 tarihli Twitter mesajı, [https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495182739310936064?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495182739310936064?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "EBOLA'ya yakalanmış kişileri tekrar ABD'ye alamayız. İnsanların yardımcı olmak için uzaklara gitmesi çok güzel bir şey – ama sonuçlarına da katlanmaları gerekir!", Trump'ın 2 Ağustos 2014 tarihli Twitter mesajı, [https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495379061972410369?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495379061972410369?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "EBOLA'nın görüldüğü ülkelerden ABD'ye yapılan uçuşlar acilen durdurulmalıdır. Yoksa bu veba başlayacak ve sınırlarımızın içinde de yayılacaktır. Hızlı davranın! , Trump'ın 2 Ağustos

- 2014 tarihli Twitter mesajı,  
[https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495531002505494528?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/495531002505494528?ref_src=twsrc%5Etfw)
- "Sağlığı mükemmel durumda bir çocukları olan kişiler tınyordum, çocuklarına aşı yaptırmaya gittler ve bir ay sonra çocuk artık sağlıklı değildi", Trump'ın 2012 yılında Fox TV'ye yaptığı açıklamadan,  
[https://www.youtube.com/watch?v=pxBACsmis\\_0&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=pxBACsmis_0&feature=youtu.be)
  - "Otizm oranları tavana sıçramış durumda - Obama yönetimi, neden doktorların neden olduğu otizme karşı bir şeyler yapmıyor. Denemekle bir şey kaybetmiş olmayız.", Trump'ın 22 Ekim 2012 tarihli Twitter mesajı,  
<https://twitter.com/realDonaldTrump/status/260415099452416000>
  - "Obama sağlık sistemi yasadışı göçmenlere ücretsiz sigorta sağlıyor. Ama, Barack Obama birliklerimize verilen sağlık hizmetlerini azaltıyor", Trump'ın 28 Şubat 2012 tarihli Twitter mesajı,  
<https://twitter.com/realDonaldTrump/status/174571702091644928>
  - "Rüzgar türbini çiftlikleri sadece iğrenç görünmekle kalmıyor, daha da kötüsü insanların sağlığını da olumsuz etkiliyorlar", Trump'ın 23 Nisan 2012 tarihli Twitter mesajı,  
<https://twitter.com/realDonaldTrump/status/194493341302394880>
  - "Unutmayın. Yeni "çevre dostu" ampuller kansere neden olabiliyorlar. Dikkatli olun – bu şeyleri gündeme getiren aptallar bu durumu umursamıyor!", Trump'ın 17 Ekim 2012 tarihli Twitter mesajı,  
[https://twitter.com/realDonaldTrump/status/258593090107998208?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/258593090107998208?ref_src=twsrc%5Etfw)
  - "Asbest karşıtı hareketin başını çekenlerin cahil sürüler olduğuna inanıyorum, çünkü asbestin kaldırılmasını isteyen şirketlerin çoğu cahil kalabalıklarla ilişki içindeki şirketler olmuştur. Politikacılara büyük baskı uygulanmış ve genelde olduğu gibi, politikacılar da direnç gösterememişlerdir.", Trump'ın 1997 tarihinde yayınlanani *The Art of the Comeback* kitabından,  
[http://www.huffingtonpost.com/entry/donald-trump-and-the-art-of-asbestos\\_us\\_581b2e4ee4b0570d6d6f0c1d](http://www.huffingtonpost.com/entry/donald-trump-and-the-art-of-asbestos_us_581b2e4ee4b0570d6d6f0c1d)
  - "İnanılmaz derecede yangın önleyici özelliğe sahip asbesti çıkarıp yerine işe yaramaz döküntüleri koymasaydık Dünya Ticaret Merkezi asla yanmazdı" Trump'ın 17 Ekim 2012 tarihli Twitter mesajı,  
[https://twitter.com/realDonaldTrump/status/258655569458651136?ref\\_src=twsrc%5Etfw](https://twitter.com/realDonaldTrump/status/258655569458651136?ref_src=twsrc%5Etfw)
  - "Siyaset sınıfından medyadan yükselen isterik çığlıkların tersine sigara içmek öldürmez.", Başkan Yardımcısı Pence'in 2001 yılında, Kongre'de yaptığı konuşmadan,  
<https://fortunedotcom.files.wordpress.com/2016/07/pence-smoking.png>
  - "Son iki yıl içinde ortaya çıkan bilimsel buluşlar, bilim adına insan embriyolarının yok edilmesini gerektiren bir ihtiyaç olmadığını göstermiş ve embriyonik kök hücre araştırmalarının işe yaramaz olduğunu ortaya koymuştur.", Başkan Yardımcısı Pence'in 2003 yılında, The Hill'de yayınlanan makalesinden,  
<http://thehill.com/blogs/congress-blog/politics/25777-the-empty-promise-of-embryonic-stem-cell-research-rep-mike-pence>
  - "Ne yazık ki, embriyonik kök hücre araştırması bu ülkede tamamen yasaldir ve gerek üniversitelerde gerekse araştırma kuruluşlarında yıllardır sürdürülmektedir. ", Başkan Yardımcısı Pence'in bir demecinden,  
[http://www.azquotes.com/author/11490-Mike\\_Pence/tag/stem-cell-research](http://www.azquotes.com/author/11490-Mike_Pence/tag/stem-cell-research)
  - "Mevcut Başkan'ın insanların faaliyetlerinin iklimi etkilediğine inandığını biliyorum. Dünya'nın düz olduğuna ilişkin de, evrenin merkezi olduğumuza ilişkin de hakim bir bilimsel anlayışlar vardı. Bilimsel topluluğun benimsediği bir çok yanlışın olduğunu biliyoruz."



Trump'ın danışman olarak seçtiği Anthony Scaramucci'nin 2016 aralık ayında verdiği röportajdan, [https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/12/14/a-trump-team-member-just-compared-climate-science-to-the-flat-earth-theory/?utm\\_term=.d57bf55478ee](https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/12/14/a-trump-team-member-just-compared-climate-science-to-the-flat-earth-theory/?utm_term=.d57bf55478ee)

- "Bu tartışma çözümlenmiş değildir. Bilim insanlarının, küresel ısınmanın derecesi ve kapsamı ve de insani eylemlere bağlı olup olmadığı hakkındaki görüş ayrılıkları devam ediyor.", Trump'ın yeni Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nin başkanı olarak seçtiği Scott Pruitt'in Mayıs 2016 tarihli demecinden, <https://www.theguardian.com/us-news/2016/dec/07/trump-scott-pruitt-environmental-protection-agency>

### C. Amerikan Kimya Topluluğu ACS'nin 2 Aralık Tarihli İnternet Seminerinin Özeti

( <https://www.acs.org/content/acs/en/acs-webinars/popular-chemistry/congress/video.html.html> )

Söz konusu internet Seminerinde, ilk olarak, gazeteci **John Kraushaar**, 2016 yılı ABD başkanlık seçimlerinin bir siyasi analizini yaptı. Seçimle ilgili en büyük belirleyici faktörün mavi yakalı beyaz seçmenin, tarihi bir oy oranıyla Trump'ı desteklemesi olduğunu belirten Kraushaar, bu seçmen kesiminin yoğun yaşadığı ve geleneksel olarak Demokratlar'a oy veren işçi kentlerinde, deyim yerindeyse, Trump'ın ortalığı silip süpürdüğünü belirtti. Buna karşın, Cumhuriyetçiler'in geleneksel olarak güçlü olduğu kırsal kesimlerde, Trump'ın nisbeten daha düşük oy aldığını belirtiyor ve bunu, Trump'ın popülist söylemlerinin, muhafazakar kırsal seçmenin gözünde, onun Demokratlar'a yakın durduğu algısına yol açması olasılığına bağlıyor. Sandık çıkış anketlerini incelediğinde, Kraushaar, önemli bulduğu dört tespit yapıyor: Birincisi, beyaz işçi sınıfı erkeklerindeki yoğun Trump tercihi. Bu anketler, Trump'a verilen oyların %71'e ulaştığını gösteriyor. Aynı kesimlerdeki beyaz kadınlardaki tercih düzeyinin, Trump'ın cinsel ayrımcı / aşağılayıcı bulunan konuşmalarına rağmen %53'e ulaştığı (Hillary Clinton'a aynı kesimin sandık çıkış anketlerine göre desteği %43) görülüyor. İkincisi, üniversite mezunu seçmenle ilgili. Trump'ın bu kesimde de, beklenenin aksine, Clinton'un 4 puan kadar önünde olduğu görülüyor. Konuşmacı, bunu, son bir iki haftada yoğunlaşan e-posta sızmaları ve FBI soruşturmaları gibi faktörlerin etkisine bağlıyor. Üçüncüsü, yukarıda da andığımız gibi, kırsal kesimden Trump'a verilen desteğin, aynı kesimlerin geleneksel olarak Cumhuriyetçiler'e verdiği desteğe ulaşamadığı görülüyor. Son tespit ise Latin Amerikalı ve Afrika kökeni Amerikalı seçmenin, Trump için, önceden tahmin edildiği ölçüde bir hezimet yaratması olarak yapılıyor. Kraushaar, sonuçları, önceki seçimlerde "değişim" vaadiyle gelen Obama'ya verilen oyların bir bölümünün, yine köklü değişiklik söylemleriyle gelen Trump'a yönelmesine bağlıyor. Ortaya çıkan tablo, uzun zamandır ilk kez, Başkanlık'ın yanısıra Senato'da, Temsilciler Meclisi'nde ve Yüksek Mahkeme'de çoğunluğun Cumhuriyetçiler'e geçtiğini gösteriyor. Ama, Kraushaar, Cumhuriyetçi parlamenterlerin, hiç değilse bir süre, Trump'ın bir Cumhuriyetçi gibi mi yoksa kampanya sırasında yaptığı gibi parti politikalarının dışına çıkarak mı davranacağını izleyeceğini düşünüyor. Başkan'la parlamento arasında uyum oluşması durumunda, az rastlanan bir irade bütünlüğünün ortaya çıkacağına işaret ediyor.

---

\*H1-B - ABD’li iş verenlerin, yabancı işçileri uzmanlık gerektiren işlerde geçici olarak çalışmasına olanak tanıyan bir vize işlemi.

İkinci olarak söz alan ACS’nin Halkla İlişkiler Yöneticisi **Glenn S. Ruskin**, ACS’nin mevcut şöhretini ve güvenilirliğini sürdürmek için tüm partilere siyasi olarak aynı uzaklıkta durma yaklaşımını koruyacağını belirtiyor ve ekliyor: “Partilerle ilişkimiz, onların bilim politikalarının değerlendirilmesini temel almaktadır ve bu yaklaşım devam edecektir”. Bu bağlamda, Kasım 2016 seçimleriyle sona eren Obama döneminin son derece “bilim dostu” bir profil çizdiğini, ACS’nin de aralarında bulunduğu bilim topluluklarının bu dönemde önemli kurumsal kazanımlar elde ettiklerini belirtti. Obama yönetiminin araştırma çalışmalarına, kısıtlı sayılabilecek bütçe olanaklarına rağmen önemli destek sağladığını da ifade etti. Aynı bakış açısından Trump yönetimini değerlendirmenin erken olduğunu, henüz ,cratlerin başlamamış olduğunu, bilimle ilgili politikalar konusunda da etraflı kararların henüz açıklanmadığını söyledi. Ama, kampanya sırasında ifade edilen, Çevre Koruma Ajansı’nın lağvedileceği, çevre mevzuatı için para harcanmayacağı, uluslararası iklim çalışmalarının desteklenmeyeceği söylemlerinin tedirgin edici olduğunu söyledi. Ek olarak, Trump’ın Ulusal Güvenlik Bakanlığı adayları arasında adı geçen James J. Carafano, *Heritage Foundation* tarafından yayınlanan “Bilim Politikası” başlıklı makalede, Başkan’a, “Beyaz Saray Bilim ve Teknoloji Politikası Ofisi”ni kapatmayı, federal ArGe çalışmalarını, özel sektörün dışta bırakılacağı dar bir kadronun kararlarıyla, kısıtlamasını önermiş durumda. Ruskin bunu da tedirgin edici olarak not ediyor.

Daha sonra, ACS’nin seminer sırasında görevde olan başkanı Profesör **Donna J. Nelson**, 1 Ocak 2017’de görevi devralan **Dr. Allison Campbell** ve ACS’nin önceki başkanı Profesör **Diane Grob Schmidt** konuştular. Üç konuşmacı da, yeni yönetimle iyi işbirliği içinde çalışma dileklerini ve bilimsel çabaların hükümetçe desteklenmesi yolundaki arzularını ifade ettiler. Erken yorumlarda bulunmaktan çekindiler.

Sonuç olarak, Trump döneminin bilim, teknoloji, çevre, sağlık, eğitim politikalarında önemli değişiklikler getireceğine ilişkin yeterince işaret var. Bu değişikliklerin, ABD’deki bilimsel çevrelerce algılanışının pozitif doğrultuda olmadığı da bir sır değil. Öte yandan, ABD’nin dev ekonomik, bilimsel, teknolojik ve askeri gücünün, ABD’de olan değişikliklerin diğer ülkeleri de şiddetle etkilemesine yol açabildiği de biliniyor. 20 Ocak 2017’de başlayacak olan yönetim döneminde, Trump’ın ve ekibinin bu yazıda aktarılan bilimle ilgili görüşlerini nasıl uygulamaya koyacaklarını, bilim çevrelerindeki suskun bekleyişin nasıl bir etkilenmeyle şekilleneceğini göreceğiz.

## DENİZ SUYUNU TUZSUZLAŞTIRMADA YENİ BULUŞ: DENİZLERİ FAZLA TUZDAN KORUMA

Bir kimyacı Ortadoğu'da şehir şebeke suyu eldesi için hem deniz suyunun tuzdan arıtılmasında sıkça görülen konsantre tuz atığının denize gönderilmesini hem de petrol ve doğal gaz tesislerinde açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazının atmosfere bırakılmasını önlemek için bir yöntem geliştirdi.

*Temel Kaynak: Erica Gies, Desalination Breakthrough: Saving the Sea from Salt, Scientific American, 6 Haziran 2016*

*Hazırlayan: Müjgan İlter, 29 Haziran 2016*



Farid Benyahia İran Körfezi ( Arap Körfezi ) nde yaşanan iki önemli problemi aynı anda çözmeyi hedeflemektedir. Havadaki fazla oranda CO<sub>2</sub> ve İran Körfezi'nde deniz suyunun sürekli artan aşırı tuz oranı. Petrol ve doğal gaz bölgenin ekonomisinin belkemiğidir fakat

beraberinde işleme sırasında fazla CO<sub>2</sub> gazı oluşumu sorun yaratmaktadır. Bu bölgede içme ve kullanım suyunun çoğunluğu deniz suyunun tuzdan arındırılması ile elde edilmektedir, fakat bu işlem sonucunda oluşan aşırı konsantre tuzlu su atığının yeniden körfeze salınması da ayrıca sorun yaratmaktadır.

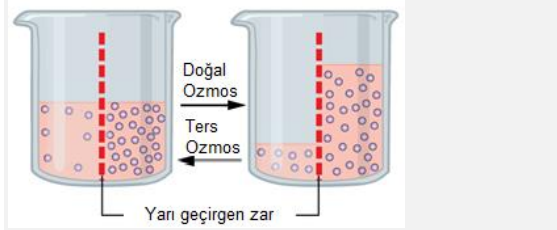
Katar Üniversitesinde kimya mühendisi olan Benyahia konunun çözümü için temiz ve etkili bir yol bulabilirim diye düşünür. Benyahia çalışmalarını " iki kötü çevre problemini bir akıllı yöntemle çözmek ve faydalı, pazarlanabilen, CO<sub>2</sub> depolama maliyetini kısmen dengeleyecek ürünler elde edebilmek " olarak amaçlamaktadır.

Bu işin sırrı 150 yıllık geçmişi olan ve kimyacıların halen daha da iyileştirilmesi için uğraştıkları SOLVAY prosesinin bir çeşidi gibi olmalı diye düşünür. Solvay prosesi "**Sodyum Karbonatın, yedi basamaklı bir dönüşümle üretilmesinde yaygın kullanılan bir metottur**".

Benyahia projesinde sodyum karbonattan ziyade sodyum bikarbonat –günlük kullanımda KARBONAT ( veya kabartma tozu veya yemek sodası ) olarak da bilinir- üretimine yoğunlaşır ve böylelikle kimyasal tepkime basamağını 2 basamağa indirir. İlk basamakta amonyaklı ortamda saf karbon dioksit gazı körfez suyunun tuzdan arındırılması sonucu elde edilen konsantre tuzlu su atığı ile tepkimeye sokulup katı sodyum bikarbonat ve amonyum klorür çözeltisi elde edilir. İkinci basamakta da amonyum klorür çözeltisi kalsiyum oksit ile tepkimeye sokulup amonyak gazı ve kalsiyum klorür çözeltisi elde edilir. Bu basamakta elde edilen Amonyak gazı birinci basamakta tekrar kullanılarak işlem maliyeti düşürülmüş olur.

### **DENİZ SUYUNDAN İÇME SUYU ELDESİ NEDEN AŞIRI TUZLU SU ATIĞINA NEDEN OLUYOR?**

Tuzlu sudan içme suyu eldesi yaygın olarak ters ozmos teknolojisi kullanılarak yapılmaktadır. Bu işlem sonrasında, neden aşırı tuzlu su oluştuğunu anlayabilmek için önce doğal ozmos sürecine, sonra da, bu süreçten esinlenilerek geliştirilen ters ozmos yöntemine bir göz atmak yararlı olacaktır.



Ters ozmos (İngilizce terimi reverse osmosis) teknolojisini canlılarda doğal olarak var olan ozmos olayından geliştirilmiştir. Canlılarda, organlardan kana su geçişi, bitkilerin köklerinin topraktan suyu alması v.b. doğal olarak meydana gelen ozmos olayı ile gerçekleşir. Ozmos, yarı geçirgen bir zarla birbirinden ayrılmış olan az derişik çözelti ortamından çok derişik çözelti ortamına su geçişidir. Doğal olarak meydana gelen ozmos olayını ters yönde yürütebilmek için, çok derişik ortama basınç uygulanarak, suyun çok derişik ortamdan (örneğin deniz suyu ortamından) az derişik ortama (örneğin içme suyu deposuna geçmesi hedeflenir. Ters ozmos adı verilen bu süreci gerçekleştirmek için kullanılan yarı geçirgen membran, 12 angström açıklığında gözeneklere sahiptir. Su molekülleri 5 angströmden küçüktür ve nötr elektrik yüküne sahiptir. Bu sayede membrandan kolaylıkla geçerler. Fakat suda yer alan artı ve eksi yüklü iyonlar ve moleküller, bakteri ve virüsler 5 angströmden büyük olduklarından zarı geçemezler ve doğrudan atık hattına yönelirler. Eksi ve artı yüklü iyonların bir kısmı birbirini çekerler, nötr moleküller oluştururlar ve membrandan geçebilirler fakat bu moleküllerin miktarı pratikte toplam iyonların göre %3'ünü aşmadığı için, bu yöntemle, kaliteli kaynak suyu özelliğinde su elde edilebilir. Ters ozmos üniteleri öncesinde, genel olarak ön filtrasyon adımları uygulanır. Su önce parçacı tutucu filtreden geçirilir. Bu filtrasyon, suyun içinde bulunan 12 mikrondan daha büyük olan tüm partikülleri tutar. (1 mikron = 0.001 mm) Parçacı filtrasyonu membranların tıkanmasını engellemek amacıyla kullanılır. Parçacı filtrasyondan sonra, su istenmeyen koku, tat ve kloru tutmak için aktif karbon filtreden ve sonra da 1 mikronluk parçacı filtrasyonundan geçirilerek daha ince tanecikler tutulur. Artık su ters ozmos membranına verilmeye hazırdır. Ters ozmos membranı suyun içindeki çözünmüş iyonları tutar. Suyun içindeki bu iyonlar arasında, sodyum ve klorürün yanısıra diğer bir çok zararlı iyonlar da bulunur. Sonuçta, ters ozmos ünitesindeki membranların bir tarafından güvenilir kalitede içme suyu elde edilerek depolanır, diğer tarafından ise giriş akımındaki ham sudan (örneğin deniz suyundan) çok daha yüksek iyon derişimine sahip bir çikti akımı elde edilerek atık hattına verilir.

#### **Temel kaynak:**

<http://www.zetaskimyasu.com/index.php?option=content&pcontent=1&task=view&id=45&Itemid=75>

Benyahia'nın metodu aslında konsantre tuzlu su atığı sorununu çözmesi açısından alışılmışın dışında bir uygulamadır. Sonucunda sodyum bikarbonat ve kalsiyum klorür elde edilmektedir. İkinci basamakta elde edilen amonyağın ilk basamakta kullanılıyor olması da önem taşır. Ayrıca tepkimede saf karbondioksit gazı, CO<sub>2</sub> gazı kullanılmaktadır. Solvey metodunda ise karışımında % 10 kadar CO<sub>2</sub> içeren baca gazı kullanılır. Solvey metodunda baca gazı kullanımı saf CO<sub>2</sub> eldesi için ayrı bir işlem gerektirir ve bu da maliyeti arttırır. Katar'da zaten doğal gaz işlem fabrikası vardır. Aşırı tuzlu suyun denize verildiği nokta yakınındaki doğal gaz tesisinde açığa çıkan saf CO<sub>2</sub> gazı tuzlu su atık istasyonuna pompalanmakta ve depolanmaktadır. Bu da Benyahia'nın projesine maliyet avantajı getirmektedir.

Orta Doğu ülkelerinde konsantre tuzlu su atığı büyük problem yaratmaktadır. Genelde deniz suyuna geri gönderilen bu atıklar Basra Denizi ile birlikte Kızıl Deniz ve Akdenizin daha da tuzlu olmasına neden olmaktadır. Deniz suyunu tuzdan arındırma ile musluk suyu eldesi Sudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Kuveyt, Bahreyn, Katar, Umman gibi ülkelerde oldukça yaygın bir uygulamadır ve dünya genelinde %45 kadarını oluşturur. İşlem atığı deniz suyunun iki katı kadar konsantrasyonda tuz içerirler. En gelişmiş tuz giderme tesislerinde halen bir metreküp arıtılmış temiz su için iki metreküp atık tuzlu su oluşturmaktadır. Konsantre tuzlu su atığı Orta Doğu'da büyük sorundur

Bu bölgedeki deniz suyu konsantrasyonunun yüksek olmasında bölgenin coğrafi durumu da etkilidir. Bölgedeki denizler kapalı deniz niteliğindedir. Ayrıca, büyük kapasiteli barajların olması nehirlerin denizi taze su ile beslemesini azaltmaktadır. Yapılan ölçümler, körfezdeki tuzluluk derecesinin 1996 yılından 2008 yılına kadar geçen sürede ikiye katlandığını göstermektedir. Bu değer bu günden (2016 yılından) 2050 yılına kadar geçecek sürede tekrar iki katından fazla artması beklenmektedir İsveç Bund Üniversitesi Su kaynakları Mühendisi Raed Bastisihashaer "

Bu değer eğer içme suyu eldesi için tuzsuzlaştırma projeleri aynı seviyede artışa devam ederse 2050 yılında daha bile fazla artış " demektedir. Körfez bölgesindeki tuzsuzlaştırma yatırım kapasitesinin 2012-2030 yılları arasında iki kat artması planlanmaktadır.

Körfez kıyı şeridi petrol ve gaz üretim endüstriyel kompleksleri , kuvvet santralleri, atık su arıtma tesisleri ile her geçen gün gelişmektedir. Bu tesisler suları ısıtır, ve ham petrol, kimyasallar gıda atıkları ve tuz atıkları nedeni ile çevre kirliliği oluşur. Dubai'nin emlak konusuna yatırım yapılan önemli bir merkez olması da bu soruna çözüm getirilmesi açısından bir diğer stress faktörüdür. Nitekim 2008-2009 yıllarında, zararlı bir alg yayılması çok miktarda balık ölümüne yol açmış ve mercan kayalıklarına zarar vermiştir. Bu konularda körfez bölgesi dışında başka bölgelerde yapılan çalışmalar da tuzlu suyun deniz e atılmasının deniz yaşamına zararlı olduğunu göstermektedir. Ama yine de körfezde bu konuda çok az araştırma yapılmaktadır.

Bastialshaaer "Tuzlu su atığının denize akıtılması gelecekte temiz su eldesini de tehlikeye sokacaktır . Su ne kadar tuzlu ise temizlenmesi de o kadar zorlaşmaktadır" diyor. " Temizlenecek olan suyun tuz oranı yüksek olması işlem için daha fazla enerji gerektirir, ters ozmos işletmelerinde membranların daha sık değişmesini gerektirir, bu da fazladan maliyet demektir. " 2050 yılına kadar planlanan işletme programını inceledim, bu şekilde devam ederlerse körfezde tuzsuz su eldesini devam ettirmek çok zorlaşacaktır" diye de ekliyor.

Bastialshaaer sorunu çözmek için bir şekilde sudaki tuzun seyreltilmesi enazından daha fazla tuzlandırılmaması görüşündedir. Bunun için de tuzlu su atığının denizden uzağa atılması veya işlem görmüş atık sularının güç santralleri atık suları ile karıştırıp seyreltilerek denize verilmesi yolunu önermektedir. Ayrıca Sudi Arabistan'ın, yeni tuzsuz su elde etme tesislerini, henüz daha tuz konsantrasyonunun artışından fazlaca etkilenmemiş olan Kızıl Deniz'e kurmasının faydalı olabileceğini dile getiriyor. Benyahia'nın projesi hakkında bilgisinin sınırlı olduğunu ama Solvay tipi proseslerin ekonomik açıdan uygun olduğu konusunda kuşkuluları olduğunu dile getirmektedir.

Fakat Benyahia, önerdiği proses sonucunda elde edilecek soda ve kalsiyum klorür gibi kolay pazarlanabilir ürünlerin satışından ve saf CO2 gazına kolay ulaşılabilir olmasından sağlanacak avantajları gerekçe göstererek Bashitialsaaer'in görüşünü reddetmektedir.

Katar Entelektüel Mülkiyet ve Teknoloji Transferi Vakfı'na teknoloji pazarlayan James Keating : "Sodanın yaygın evsel kullanımının yanı sıra atıksu arıtma işlemlerinde pH ayarlayıcı, ayrıca boya sökücü olarak kullanımları da vardır. Bunlara ilaveten sodanın yani sodyum bikarbonatın petrol ve gaz endüstrisinde kullanımı da yaygındır" diyor. Çözelti olarak elde edilen kalsiyum klorür sebze konserveleme sanayinde koruyucu olarak, deri sanayisinde tabaklamada (deriye renk verici olarak) kullanılmaktadır. Keating'e göre Benyahia'nın bu uygulaması ile enazından bu iki ürünün normal tedarikçi satışlarından çok daha ucuz temini sağlanabilir.

Uluslararası teknolojiler pazarlayıcısı Keating "Benyahia metod u ile deniz suyu temizleme işlemi ekonomik olması açısından tüm ülkelerde uygulanabilir , atmosfere karbon salımı olmadığı için karbon vergisi ödeme gereksinimi de olmayacaktır. Bunun, temiz su eldesi işleminin çokça uygulandığı ve sonucunda ekosistemin çok etkilendiği **Körfez Birliği Ülkeleri'nde uygulanması** daha da önemlidir" diye belirtiyor.

## LASTİK GİBİ ESNEK CAM ÜRETİMİ YAKINDA

Kaynak: Catherine Baurzac, Scientific American,17 ŞUBAT 2015

Hazırlayan : Müjgan İlter

Yeni cam karışımı hem elastikiyet hem de sertlik gösteriyor.



Cam eğer kırılmazsa sağlam yapıda bir maddedir. Eğer kauçuk gibi esnek yapıda olabilse, kırılmaya dayanıklı cam, esnek elektronik gösterici(display) olarak kullanılabilir yada havacılıkta olduğu gibi yüksek sıcaklıkta çalışan mekanik algılayıcılarda moda yaratabilir.

Cam aslında birbirine belirli bir düzende sıkıca bağlanmış, kristal yapıda olmayan ,üç boyutlu fosfor yada silikon bazlı moleküllerden oluşmaktadır. Bir gurup bilim adamı; Tokyo Teknoloji Enstitüsü'nden Seiji Inaba ve arkadaşları , alternatif cam yapısı üzerine yaptıkları çalışma sonucu kendi camlarını dizayn ettiler. Üretilen cam kauçuğun zincir yapısına benzemekte, birbirlerine zayıfça bağlanmış daha uzun fosfor oksit zincirlerinden oluşmaktadır.Bu bilim adamları ürettikleri cama yüksek sıcaklıkta germe baskısı uyguladıklarında, baskı kalktığında % 35 çekme oluştuğunu gördüler. Bu elastikiyet demektir ve cam yapısında daha önce görülmemiş bir özelliği. Gerilebilen cam çalışması geçen Aralık'ta Nature Materials'da ( Scientific American, Nature Publishing Group üyesidir) çevrimiçi olarak anlatılmıştır.

Yokohoma'da Asahi Glass da çalışmakta olan Inaba, daha pek çok çalışmaya gerek olduğunu söylemektedir. Yaptıkları çalışmada cam 220-250°C da esneme özelliği göstermektedir ama tasarımcılar bu özelliğin oda sıcaklığına daha yakın sıcaklıkta geçerli olmasını istemektedirler. Massachusetts Institute of Technology'de çalışan malzeme bilimci Michael Demkowicz, mühendislerin, Inaba 'nın camı modifiye etmeye yönelik reçetesini kullanarak zaten iyi bir iletken haline getirilebildiği bilinen bir camı, aynı zamanda elastik hale de getirebileceklerini belirtiyor. Böylece belki yakınlarda bir gün cep telefonunuz ya da şarap kadehiniz yere düştüğünde daha az ihtimalle kırılma yaşanacaktır.

# DÜNYA KİMYA SEKTÖRÜ AÇISINDAN 2015 YILININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hazırlayan: Mustafa Tunçgenç, Ağustos 2016



ABD Doları'nın diğer paralar karşısında değerlendirildiği, petrol fiyatlarının ucuzladığı ve dünya ekonomisinin

durgun seyrettiği 2015 yılında, dünya kimya sanayisi ürünlerinin satışında, 2014 yılına oranla %3 ile %4 arası bir azalma olduğu tahmin ediliyor. Avrupa Kimya Sanayisi Konseyi CEFIC'in yayınladığı sayılara göre, dünya kimya sanayisinin 2014 yılı cirosu 3234 milyar Avro (ya da 2014 yılı ortalama çapraz kuru olan 1,33 ABD Doları/Avro üzerinden 4299 milyar ABD Doları) olmuştur<sup>i</sup>.

Chemical & Engineering News dergisinin Haziran 2016'da yayınladığı raporda, dünyanın en büyük 50 kimya şirketinin sıralanışı ve çeşitli mali büyüklükler yer alıyor<sup>ii</sup>. Bu 50 şirketin 2015 yılı cirolarının toplamı 775,2 milyar ABD Doları oldu. Bu değer, aynı şirketlerin 2014 yılı cirolarına oranla %10,9 dolayında daha az olduğu belirtiliyor. Buna karşın, aynı 50 şirketin karlarının ise 2014 yılı karlarına oranla %15,1 arttığı görülüyor. Bu şirketler, 2014 yılında, satış tutarları üzerinden %10,6 kar etmişken, 2015 yılı karları %13,5'e çıkmış durumda.

2014 yılında 93 ABD Doları düzeyinde olan petrol fiyatlarının, 2015 yılında 49 ABD Doları'na inmesinin kimyasal maddelerin rim fiyatlarında oluşturduğu düşüşün satış cirolarını aşağıya çektiği, buna karşın, kimya şirketlerinin satın aldığı hammadde fiyatlarında daha fazla düşüşe yol açarak karlarının artması sonucunu oluşturduğu çıkarımı yapılıyor. Diğer taraftan, ABD ve Orta Doğu ülkeleri gibi, kimyasal madde üretimleri daha yüksek oranda doğal gazla dayalı olan ülkelerin üreticileri karşısında dezavantajlı konumda olan Avrupa ve Asya ülkelerindeki kimyasal madde üreticilerinin bu petrol fiyatı düşüşünden yararlandıkları anlaşılıyor.

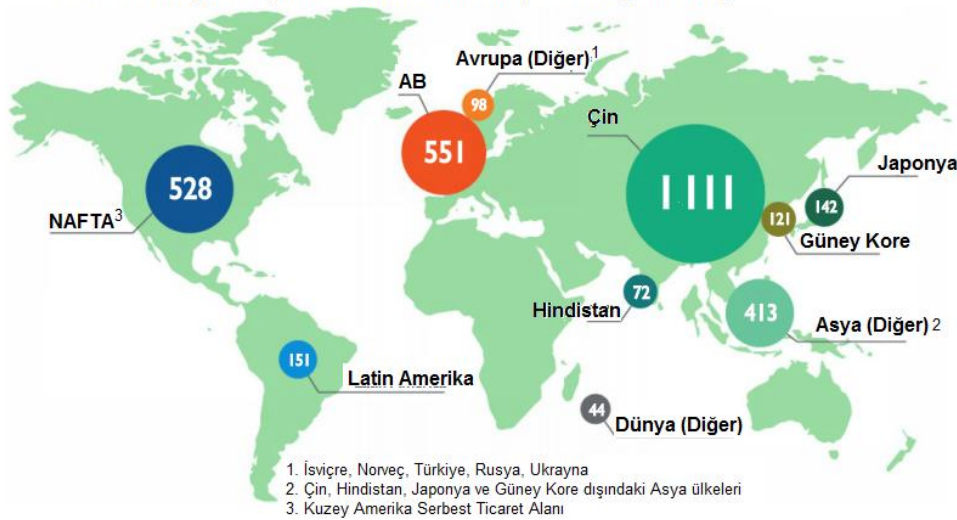
2015 yılında Avro, Japon Yeni, Kore Won'u gibi paraların, ABD Doları karşısında 2014 yılına oranla değer kaybetmelerinin de bu ülke üreticilerinin cirolarında, çapraz kurlarla orantılı bir azalma görünümüne yol açtığı görülüyor. Paraları dolar karşısındaki konumunu koruyan Çin'li üreticilerinde bu etkilenmeye uğramadığı anlaşılıyor. Önceki üç yılda dünya sanayisinde hız kestiği görülen şirket birleşmeleri ve alımları, 2015 yılında belirgin ölçüde canlandı. Milyar Dolar'lık birleşme ve alım girişimlerinin, aşağıda en büyük 5'i hakkında bilgiler yer alan bir bölümü yıl içinde tamamlandı<sup>iii iv</sup>. Örneğin Alman Merck firması, ABD'li Sigma-Aldrich'i 17 milyar ABD Doları'na; China National Chemical Corp adlı Çin dev, İtalyan Pirelli'yi 9 milyar ABD Doları'na; ABD'li Albemarle firması, yine ABD'li Rockwood'u yaklaşık 6,5 milyar ABD Doları'na;

Belçika'lı Solvay ABD'li Cytec'i 6,2 milyar ABD Doları'na; ABD'li Olin, yine ABD'li Dow Chemicals'ın epoksi ve klorlu organikler işini 5 milyar ABD Doları'na satın aldılar. 2015 yılı içinde tamamlanan birleşme ve alımların toplam tutarının ise 110 milyar ABD Dolarını bulduğu belirtiliyor.

Ancak, 2015 yılında gündeme gelip henüz tamamlanamayan ya da 2016 yılı içinde gündeme gelen birleşme ve alım girişimlerine bakıldığında, ölçeğin olağanüstü büyüdüğü görülüyor. Bunların içinde, kuşkusuz büyük farkla en dikkat çekici boyutta olanı, dünyanın ikinci büyük kimyasal üreticisi olan Dow Chemicals ile dünya sırlamasında dokuzuncu olan DuPont'un birleşmesi başta geliyor. Dow'un yaklaşık 69 milyar ABD Doları ödeyerek DuPont'u bünyesine kattığı, iki ABD'li firma arasındaki bu birleşmeyi, China National Chemical Corp'un İsviçre'li Syngenta'yı 43 milyar ABD Doları'na satın alması girişimi izliyor. Fransız Air Liquide firmasının ABD'li Airgas'ı 13,4 milyar ABD Doları'na; ABD'li CF Industries'in, Hollanda'lı OCI NV'yi yaklaşık 8 milyar ABD Doları'na ve Japon firması JX Holding'in yine bir Japon firması olan Tonen General Sekiyu'yu 6,2 milyar ABD Doları'na alma girişimleri de süren girişimlerin önde gelenleri arasında belirtmek gerekiyor.

Geçen yüzyılın son 10 yılında hızlanan ve halen süren tüm bu şirket alım satımları ve birleşmeleri, dünya kimya sanayisinin 19. Yüzyılın sonlarından yirminci yüzyılın sonlarına kadar süren dönemde yerleşik hal alan Kuzey Amerika ve Avrupa temelli yapısını kökten değiştirmiş

#### 2014 Yılı Dünya Kimyasal Madde Satışları (3 232 milyar Avro)



durumda. Şekil 1, bu değişimin 2014 sonu itibarıyla geldiği noktayı çarpıcı bir biçimde gösteriyor.

Şekil 1. Dünya Kimyasal madde satışlarının coğrafi dağılımı 2014 (CEFIC)

Yukarıda, özet bilgileri verilen 2015

yılıının en büyük 50 kimya şirketinin cirolarına göre sırlandığı ve bazı mali değerlerinin belirtildiği bir çizelge de bir sonraki sayfada yer alan Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: 2015 Yılında En Fazla Ciro Yapan Dünyanın En Büyük 50 Kimya Şirketi ile İlgili Sıralama ve Mali Bilgiler – 2015



SIRALAMA	2015	2014	ŞİRKET	KİMYASAL SATIŞI (MİLYON \$)	2014'E GÖRE % FARK	TOPLAM SATIŞININ İÇİNDEKİ KİMYASAL SATIŞININ % PAYI	MERKEZİNİN OLDUĞU ÜLKE	KİMYASAL FAALİYET KARI (MİLYON \$)	2014'E GÖRE % FARK	TOPLAM FAALİYET KARI İÇİNDE KİMYASAL FAALİYET KARININ PAYI	KİMYASAL FAALİYET KARININ KİMYASAL SATIŞINA % ORANI
1	1	BASF	\$63,749	-2.9%	81.5%	Almanya	\$5,743	-12.8%	82.8%	9.0%	
2	2	Dow Chemical	48,778	-16.1	100.0	ABD	6,373	7.1	100.0	13.1	
3	3	Sinopec	43,799	-22.9	13.9	Çin	3,134	?	38.0	7.2	
4	4	SABIC	34,349	-20.7	87.0	Suudi Arabistan	10,683	-11.2	93.1	31.1	
5	6	Formosa Plastics	29,209	-16.1	63.9	Tayvan	2,502	80.5	57.8	8.6	
6	9	Ineos	28,493	15.2	100.0	İsviçre	4,248	83.9	100.0	14.9	
7	5	ExxonMobil	28,134	-26.3	10.8	ABD	5,697	-0.1	26.4	20.2	
8	7	LyondellBasell Industry	26,676	-23.4	81.5	Hollanda	6,353	3.8	97.9	23.8	
9	11	Mitsubishi Chemical	24,348	5.0	77.1	Japonya	1,456	90.8	63.0	6.0	
10	8	DuPont	20,700	-30.9	82.4	ABD	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
11	13	LG Chem	18,173	-9.0	100.0	Güney Kore	1,612	4.6	100.0	8.9	
12	15	Air Liquide	17,316	8.0	95.3	Fransa	3,363	9.3	97.8	19.4	
13	17	Linde	16,831	8.5	84.5	Almanya	4,606	8.2	94.1	27.4	
14	16	AkzoNobel	16,488	3.9	100.0	Hollanda	1,622	36.4	100.0	9.8	
15	21	Toray Industries	15,520	4.5	89.3	Japonya	1,326	23.3	103.9	8.5	
16	20	Evonik Industries	14,988	4.6	100.0	Almanya	2,038	40.7	100.0	13.6	
17	24	PPG Industries	14,241	-0.1	92.9	ABD	2,287	6.1	94.3	16.1	
18	14	Braskem	14,174	2.7	100.0	Brezilya	2,325	123.6	100.0	16.4	
19	23	Yara	13,869	17.4	100.0	Norveç	2,499	44.4	100.0	18.0	
20	--	Covestro	13,407	2.7	100.0	Almanya	721	30.0	100.0	5.4	
21	18	Sumitomo Chemical	13,297	-14.6	76.6	Japonya	1,065	17.1	78.4	8.0	
22	22	Reliance Industries	12,854	-14.9	29.8	Hindistan	1,594	23.3	28.6	12.4	
23	25	Solvay	12,258	3.9	100.0	Belçika	1,282	6.3	100.0	10.5	
24	10	Bayer	11,504	-51.0	30.2	Almanya	2,087	-22.8	30.8	18.1	
25	19	Mitsui Chemicals	11,102	-13.3	100.0	Japonya	643	62.1	100.0	5.8	
26	29	Praxair	10,776	-12.2	100.0	ABD	3,571	-8.6	100.0	33.1	
27	31	Shin-Etsu Chemical	10,573	1.9	100.0	Japonya	1,723	12.5	100.0	16.3	
28	26	Lotte Chemical	10,357	-21.2	100.0	Güney Kore	1,424	359.1	100.0	13.8	
29	32	Huntsman Corp.	10,299	-11.0	100.0	ABD	706	-10.3	100.0	6.9	
30	33	Syngenta	9,925	-12.1	74.0	İsviçre	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
31	28	DSM	9,915	-3.7	100.0	Hollanda	352	24.3	100.0	3.5	
32	38	Air Products & Chemicals	9,895	-5.2	100.0	ABD	1,870	16.6	100.0	18.9	
33	39	Eastman Chemical	9,648	1.3	100.0	ABD	1,567	26.5	100.0	16.2	
34	27	Chevron Phillips Chemicals	9,248	-31.1	100.0	ABD	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
35	41	Mosaic	8,895	-1.8	100.0	ABD	1,357	-12.1	100.0	15.3	
36	35	Lanxess	8,768	-1.3	100.0	Almanya	638	40.9	100.0	7.3	
37	34	Borealis	8,544	-7.6	100.0	Avusturya	797	192.9	100.0	9.3	
38	43	Arkema	8,525	29.1	100.0	Fransa	670	35.1	100.0	7.9	
39	36	Asahi Kasei	8,449	-9.0	51.7	Japonya	626	-3.9	41.3	7.4	
40	37	Sasol	8,282	-6.3	57.1	Güney Afrika	1,796	23.3	49.2	21.7	
41	30	SK Innovation	8,212	-26.5	19.2	Güney Kore	381	19.9	21.8	4.6	
42	42	DIC	7,124	-0.8	100.0	Japonya	463	22.1	100.0	6.5	
43	45	Hanwha Chemical	7,106	-0.2	100.0	Güney Kore	298	139.0	100.0	4.2	
44	--	Lubrizol	7,000	1.4	100.0	ABD	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
45	49	Ecolab	6,863	-4.9	50.7	ABD	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
46	47	Indorama	6,854	-3.8	100.0	Tayland	211	33.6	100.0	3.1	
47	50	Johnson Matthey	6,510	-2.5	39.8	İngiltere	627	0.1	86.1	9.6	
48	--	Honeywell	6,486	-8.6	16.8	ABD	veri yok	veri yok	veri yok	veri yok	
49	40	PTT Global Chemical	6,428	-28.8	54.6	Tayland	666	14.5	73.8	10.4	
50	--	PotashCorp	6,279	-11.7	100.0	Kanada	1,720	-19.8	100.0	27.4	

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

<sup>i</sup> CEFIC: Facts and Figures 2016, <http://fr.zone-secure.net/13451/186036/#page=4>

<sup>ii</sup> Tullio, A.H., "C&EN's Global Top 50", Chemical & Engineering News, Vol 94 Issue 30 | pp. 32-37, July 25, 2016, <http://cen.acs.org/articles/94/i30/CENs-Global-Top-50.html>

<sup>iii</sup> Deloitte, "2016 Global chemical industry mergers and acquisitions outlook A quest for focus"

<sup>iv</sup> AT Kearney, Chemicals Executive M&A Report 2016