

## Elektron Demeti Hızlandırıcılar, Lineer Hızlandırıcılar, Elektrostatik Parçacık Hızlandırıcılar, Siklotronlar, Sinkrotronlar ve İyon Yerleştirme Sistemleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası FMO ([canguzel.taner@gmail.com](mailto:canguzel.taner@gmail.com))

Parçacık hızlandırıcıları ([particle accelerator](#)); çok yüksek hızlı ve enerjili yüklü parçacıkların iyi tariflenmiş demetler halinde sınırlandırılması suretiyle harekete geçirilmesi için elektromanyetik alanları kullanan sistemler olarak tanınmaktadır. İsviçre Geneva kenti yakınlarında CERN tarafından işletilen [Büyük Hadron Çarpıştırıcısı \(Large Hadron Collider - LHC\)](#) gibi dev hızlandırıcı kompleksi parçacık fiziği ([particle physics](#)) dalında temel bilimsel araştırmalar yapmak üzere faaliyet göstermektedir. Ürdün'de 16 Mayıs 2017 tarihinde kurulan Orta Doğu Uluslararası Parçacık Hızlandırıcı Tesisi ise ([International Centre for Synchrotron-Light for Experimental Science Applications in the Middle East](#)) SESAME ünitesi adı altında çalışmalarını sürdürmektedir. Parçacık hızlandırıcı kompleksleri türleri arasında sayılan İyon Yerleştirme Sistemleri ([ion implanters](#)), Elektron Demeti Hızlandırıcıları ([electron beam processing](#)), Doğrusal Parçacık Hızlandırıcıları ([Linear Particle Accelerator-Linac](#)), Siklotronlar ([cyclotron](#)), Sinkrotronlar ([Synchrotron](#)) ve Elektrostatik Parçacık Hızlandırıcıları ([Electrostatic Particle Accelerator](#)) bu yazıda kısaca ele alınmaktadır.

Parçacık hızlandırıcıları sayesinde atom ve atomaltı ölçekli protonlar, elektronlar, iyonlar vb yüklü parçacık demetlerinin ivmelendirilmesi ve oluşması sağlanmaktadır. Ayrıca, söz konusu yüklü parçacıkların hızlandırılması ve iyi tanımlanmış demetlerin oluşumu ise temel bilimsel araştırmalar yanında tıp, halk sağlığı, doğa dostu sürdürülebilir temiz enerji kaynakları, çevresel kirliliklerin kontrol ve denetim altında tutulması, gıda kalitesi ve güvencesi, uzay ve havacılık gibi çok sayıdaki sosyo ekonomik alanlarda kullanılan malzemelerin yapı taşlarının ayrıntılı incelenmesi çalışmalarına da olanak tanımaktadır. Bahse konu sahalarda yapılan bilimsel ve inovasyon odaklı teknolojik çalışmalar ise malzeme bilimi ([materials science](#)) içerisine girmektedir.

Öte yandan, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA) tarafından 23 – 27 Mayıs 2022 tarihleri arasında üye ülkelerin politika belirleyicileri, global girişimciler ve hızlandırıcı operatörleri için “**Bilimsel Araştırma ve Sürdürülebilir Gelişmeler Doğrultusunda Hızlandırıcıların Sosyo Ekonomik Etkilerine Yönelik İyi Uygulamaları**” ([International Conference on Accelerators for Research and Sustainable Development: From Good Practices Towards Socioeconomic Impact](#)) adlı bir konferans düzenlenmiştir. Güncel son ulaşılan küresel bilimsel sonuçlar, pratikte temin edilen yenilikçi gelişmeler aynı zamanda hızlandırıcı teknolojilerinin yönetimi ve idaresi sırasında sağlanan başarılı örnek çalışmalar ve en iyi uygulamalar konferans kapsamında gündeme gelmiştir.

Günümüzde dünya genelinde 20000'den fazla hızlandırıcı kompleksi işletilmektedir. Hızlandırıcı tesisleri boyutları açısından küçük ölçekli bir oda boyutunda olan tıbbi **lineer parçacık hızlandırıcısı (Linear Particle Accelerator - LINAC)** ve onlarca kilometre'ye kadar uzanan bir büyüklüğe sahip **sinkrotron (synchrotron)** kompleksi bir misâl teşkil etmektedir.

Küçük bir odaya yerleştirilen tıbbi **LINAC** hızlandırıcı makinesi ve boyutu kilometrelerce mesafeye kadar uzanan **sinkrotron (synchrotron)** hızlandırıcı tesisi aşağıdaki resimde temsili olarak gösterilmektedir.

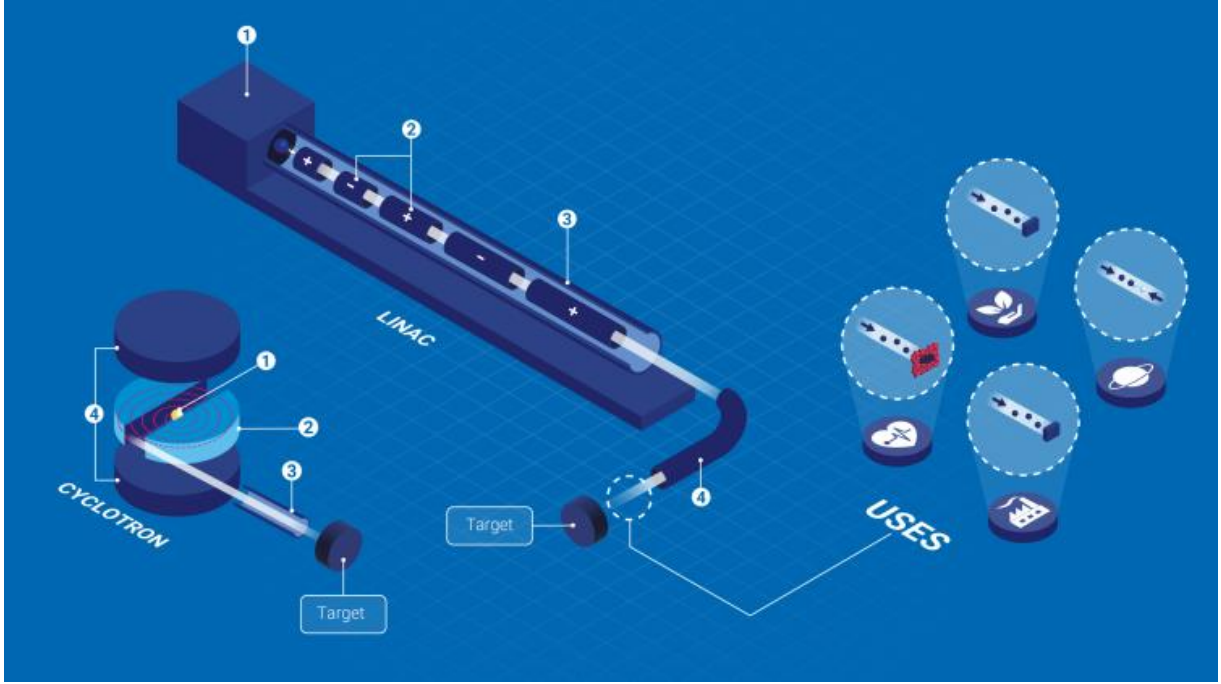


**Kaynak:** Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA)

Dünyada çok sayıda farklı boyutlu parçacık hızlandırıcıları bulunmakta olup, şekillerine göre de doğrusal (lineer) parçacık hızlandırıcıları ve dairesel parçacık hızlandırıcıları çalıştırılmaktadır. Parçacık hızlandırıcıları; tıp ve sanayi sektörleri ile beraber aynı zamanda bilimsel temel araştırma dalları olmak üzere pek çok uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Parçacık hızlandırma makineleri sayesinde elektron ve proton gibi yüklü parçacıklar aşırı derecede yüksek hızlara hatta ışık hızına kadar hızlandırılmaktadır. Sağlık sektöründe elektron demeti hızlandırıcıları uygulamaları ile iyonlaştırıcı radyasyonlarla tıbbi malzemelerin sterilizasyonu ve radyoizotop üretimleri gerçekleştirilmektedir. Üretilen radyofarmasötik ürünler ise beyin, kanser, kalp ve damar hastalıklarının teşhis ve tedavisi yöntemleri arasında yer almaktadır. Çok büyük hızlandırıcılar ile kanserli habis hücrelerin yok edilmesi de sağlanmaktadır. Aynı zamanda proteinler ve virüslerin yapıları ortaya çıkarılarak inovatif aşuların en uygun hale getirilmesi ve yenilikçi ilaçların optimizasyonu temin edilmektedir. Bazı dev hızlandırıcı türleri kanalıyla yaklaşık ışık hızı düzeyinde atomaltı parçacıklar çarpıştırılarak kâinatın keşfi, evrenin orijininin bilimsel ve teknolojik araştırılması süreçleri yürütülmektedir.

Diğer taraftan, proton hızlandırıcı tesisleri ile hava, su ve topraktaki kimyasal eser elementler de araştırılmaktadır. Örneğin, analitik teknikler vasıtasıyla tasarlanmış özel filtreler hazırlanarak hava numuneleri içindeki kimyasal maddeler toplanmaktadır. Elde edilen bilimsel veriler ve sonuçlar doğrultusunda farklı çevre kirleticilerinin konsantrasyonu ve kompozisyonu tespit edilerek hava kalitesinin en iyi formatı saptanmaktadır. Öte yandan, hızlandırıcı demetlerinin hedef materyallerin atomları ile etkileşmesi sağlanarak endüstri sektöründe çok daha dayanıklı malzemelerin üretimleri de yapılmaktadır.

**Siklotron (Cyclotron)** tipi dairesel hızlandırıcı türleri ve **LINAC** tipi lineer hızlandırıcı çeşitleri ile kullanım alanları aşağıdaki resimde canlandırılmaktadır.



- (1) Yüklü parçacığın üretildiği kaynak,
- (2) Uygulanan statik ya da salınımlı elektrik alanı ile yüklü parçacığın enerjisi ve hızının artırılması yönünde çalışan çok parçadan ibaret cihaz,
- (3) Demetin dağılması ve saçılmasına neden olabilecek moleküller ve tozlar ile çarpışmaların önlenmesi aynı zamanda parçacıkların serbestçe hareketine imkân veren vakumlu metalik tüpler dizisi,
- (4) Hedef numunelerinin bombardımanından önce parçacık yollarının değişimi, odaklanması ve yönlendirilmesini sağlayan electromagnet sistemi ve elektromanyetik düzenek yukarıdaki resimde temsil edilmektedir.

Belli başlı küresel parçacık hızlandırıcı tipleri olarak iyon yerleştirme makineleri ([ion implanters](#)), elektron demeti hızlandırıcıları ([electron beam processing](#)), lineer parçacık hızlandırıcıları ([linear particle accelerator - linac](#)), siklotronlar ([cyclotron](#)), sinkrotronlar ([synchrotron](#)) ve elektrostatik parçacık hızlandırıcı makineleri ([electrostatic particle accelerator](#)) dikkat çekmektedir.

**İyon yerleştirme hızlandırıcıları (ion implanters)**: Yaygın biçimde sanayi sektörü dallarında devreye girmektedir. Örneğin, malzeme bilimi ([materials science](#)) dalında malzemelerin kullanım ve eskime nedenleri ile ortaya çıkan sorunların önlenmesi aynı zamanda materyallerin dayanıklılıklarının artırılması açısından iyon yerleştirme sistemleri ([ion implantation](#)) önem taşımaktadır. Öte yandan, mobil telefonlar ve doğa dostu karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** odaklı güneş panelleri çerçevesinde kullanılan yarı iletken yapıların üretimleri için iyon yerleştirme hızlandırıcıları ünitelerinden faydalanılmaktadır. Ayrıca, malzeme yüzeylerinin sertleştirilmesi, dayanıklılığı ve kullanım ömürlerinin uzatılması yönünde metal, seramik ve cam cilaları (glass finish) üretimleri de söz konusu hızlandırıcılar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan, insan vücudu içerisine yerleştirilen tıbbi implantlar (medical implants) gibi biyomalzemelerin güvenilirliği ve kullanım

sürelerinin yükseltilmesi de iyon yerleştirme hızlandırıcıları ve sistemleri sayesinde sağlanmaktadır.

**Elektron demeti hızlandırıcıları** ([Electron beam processing](#)): Dünyada sayıları 10000 lere kadar ulaşmakta olup, sanayinin hemen her dalının ana unsurları arasına girmektedir. Örneğin, bahse konu hızlandırıcılar yoluyla aşırı sıcak ortamlarda materyallerin dayanıklılığı ve malzemelerin kimyasal maddeler karşısındaki direnç yeteneği artırılmaktadır. Elektron demeti hızlandırıcı cihazları, özellikle tek kullanımlık tıbbi ürünlerin sterilizasyonu, gıdaların raf ömürlerinin uzatılması, kanalizasyon sularının dezenfeksiyonu, tıbbi atık sularının yok edilmesi ve fosil yakıtlı termik santraller ünitesinde atmosfere salınan baca gazlarının temizlenmesi yöntemleri içinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, otomobil, uzay ve havacılık endüstrisi ile makine yapımı ve tıbbi malzeme üretimlerinin muhtelif safhaları sırasında söz konusu hızlandırıcı makineleri komplekslerinden yararlanılmaktadır.

**Lineer parçacık hızlandırıcıları** ([Linear particle accelerator - Linac](#)): Büyüklükleri metre boyutundan birkaç kilometre'ye kadar değişmektedir. Çoğunlukla araştırma-geliştirme **Ar-Ge** çalışmaları kapsamında kullanılmaktadır. Ayrıca, hastanelerde kurulu tıbbi doğrusal (lineer) hızlandırıcılar (medical linacs), oluşturdukları yüksek enerjili iyonlaştırıcı X – ışınları sayesinde radyoterapi dalında vücutta ortaya çıkan kötü huylu tümörlerin bertarafı da temin edilmektedir. Dünyada yaklaşık 1000 adet tıbbi **linac** makinesi işletilmektedir.

**Siklotronlar** ([Cyclotron](#)): Yeryüzünde 1200 adet olup, tıbbi amaçlı kullanılan proton ve döteron üretimi sağlamaktadır. Kanser, beyin, uykusuzluk, kalp ve damar gibi öldürücü hastalıkların tanı ve tedavisi prosesleri açısından son derece önem taşımaktadır. Çoğunlukla hastanelere kurulu siklotronlar, kısa yarı ömürlü radyoizotoplar olan ve hayat kurtaran radyofarmasötikler üretmektedir.

**Sinkrotronlar** ([Synchrotron](#)): Dev parçacık hızlandırıcılar sınıfı içeriğinde olan sinkrotronlardan dünyada 70 adet bulunmaktadır. Ciddi bilimsel araştırmalar yoluyla evrenin keşfi, kâinatın temel yasalarının anlaşılması ve incelenmesi çalışmaları çok büyük sinkrotron kompleksleri vasıtasıyla yürütülmektedir.

**Elektrostatik parçacık hızlandırıcılar** ([Electrostatic particle accelerator](#)): Daha düşük maliyetli ikili sistemler halinde işletilmekte olup, malzeme özellikleri ve niteliklerinin tetkiki, çevresel kontrol ve denetim çalışmaları, biyomedikal (biomedical) araştırmalar, tarihi kültürel miras objelerinin açığa çıkarılması ve benzeri çok sayıda alanlarda bilim insanları tarafından kullanılmaktadır. Son zamanlarda kapasitelerinin yükseltilmesi ile birlikte halen 300 adet olan elektrostatik hızlandırıcı makineleri sayılarının gelecek yıllarda artması beklenmektedir. Sonuçta inovatif parçacık hızlandırıcıları; tıp, sanayi, enerji, uzay ve havacılık, gıda, iletişim ve çevre kirliliği sektörleri başta olmak üzere çağımızın hemen her dalında vazgeçilmez konumunu muhafaza etmekte aynı zamanda günümüzde çok büyük bir atılım fırsatları ve yatırım olanakları doğurmaktadır.

#### **Kaynaklar:**

-Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, Ahmet Cangüzel Taner Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.

- Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Yeni Kuşak Radyasyon Teknolojileri Uygulamaları ve Kobalt-60 (Co-60) Gama Işınlama Tesisleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Orta Doğu **Parçacık Hızlandırıcısı (Particle Accelerator) SESAME** Uluslararası Yeni **Siklotronu (Synchrotrons)** Deneysel Bilim ve Uygulamaları Merkezi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Çin İyonlaştırıcı Radyasyon Elektron Demeti (**Electron Beam - EB**) Teknolojisi Uygulamaları Kanalıyla Tıbbi Atık Suların Sterilizasyonu ve Bertarafı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Kanser, Alzheimer, Parkinson, Kalp ve Damar Hastalıkları Teşhis ve Tedavisi İçin Siklotron (Cyclotron) Tesisleri Yoluyla Radyofarmasötik İlaç Üretimleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
- What Are Particle Accelerators?**, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - **UAEA** (International Atomic Energy Agency - **IAEA**) Yayını, 10 Mayıs 2022.

Fizik **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler  
[www.fmo.org.tr/\\_yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler)

Daha sonra izle  
Paylaş