

26.01.2009, Ankara

**Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Fizik Mühendisliği Bölümü**

F M ' İ N S E S İ T O P L U L U Ğ U

Y A Z I L I R Ö P O R T A J

Prof. Dr. Ömer Yavaş

Ankara Üniv. Fizik Müh. Bölümü

<http://eng.ankara.edu.tr/~yavas>

yavas@eng.ankara.edu.tr

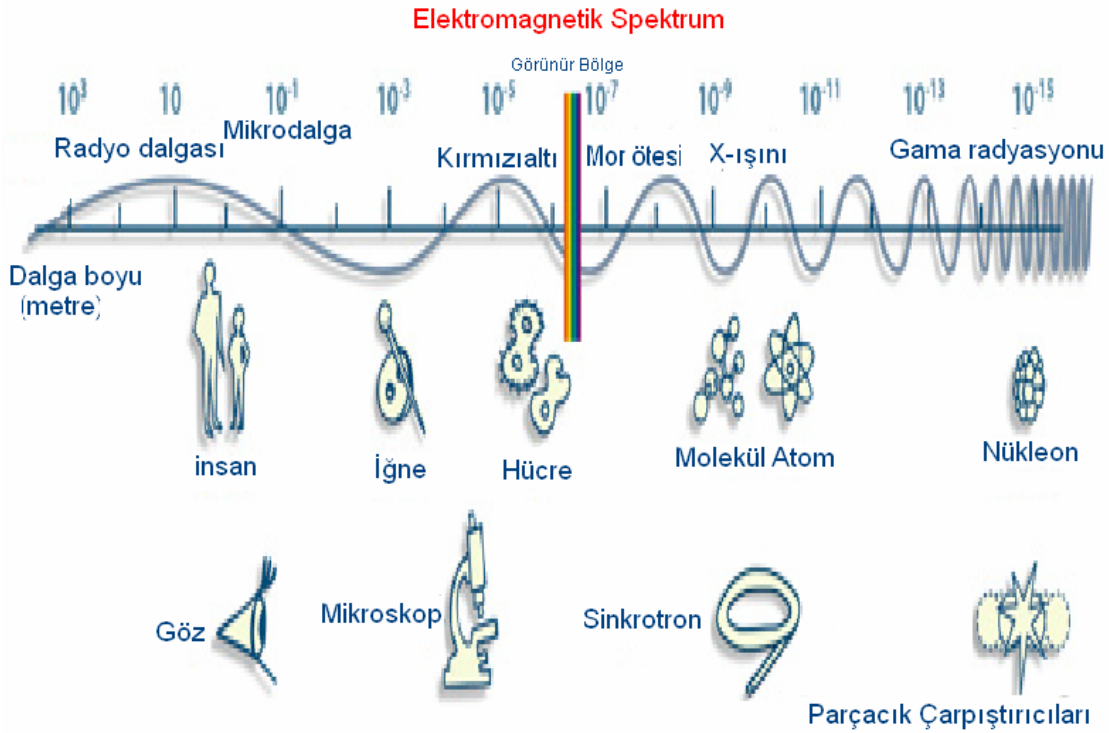
PARÇACIK HIZLANDIRICILARI VE TEKNOLOJİLERİ

FM'in Sesi: Parçacık Hızlandırıcıları nedir, Gelişim Çizgisi Nasıl Olmuştur?

Ö. Yavaş: Parçacık hızlandırıcıları, elektron (e^-), pozitron (e^+), proton (p) gibi yüklü temel parçacık demetlerinin istenen özelliklerde ve hedeflenen enerjilerde elde edilmesini sağlayan teknolojik donanımlardır. 20. yüzyıl başlarında Rudherford deneyi ile ortaya konulan yeni atom modeli sonrasında insanoğlunun maddenin derinliklerine başlattığı yolculukta, özellikle yüksek enerji fiziği (parçacık fiziği) ve nükleer fizik konusunda yapacağı yeni deneylerde yüksek enerjili elektron ve proton demetlerinin kullanılmasını gündeme getirmiştir [1]. Katod ışınları tüpleri katod-anod arasında elektron demeti oluşturan ilk hızlandırıcılar olarak anılabilir. 1928'de İsveçli fizikçi **Widereo** ilk kez RF salınımlı elektromanyetik alanların enerjilerini parçacıklara aktaran hızlandırıcı düzeneğini geliştirerek modern anlamda hızlandırıcıların ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamış ve ilk RF Linak dediğimiz doğrusal hızlandırıcıyı (linak) inşa ederek kullanımını sağlamıştır. Widereo Linak RF boşuklar ve sürüklenme tüplerinden oluşan bir yapıdır. **Cockcroft-Walton** elektrostatik hızlandırıcısı da yine aynı dönemde (1932) hayata geçirilmiş ve proton hızlandırıcısından alınan proton demeti Li çekirdekleri üzerine gönderilerek iki He çekirdeği ortaya çıkarılmıştır. Daha yüksek elektrostatik hızlandırma potansiyelleri ise **Van de Graff** jeneratörü

ile elde edilmiştir[1].. Bu hızlandırıcı ile enerji olarak MeV düzeyine ulaşılmıştır. 1 eV bir elektronun 1 voltluk potansiyel farkını geçmesiyle kazanacağı enerjidir.

Yükselen enerjilerde tüplerin ve uzunluklarının artması dairesel hızlandırıcı fikrini ortaya koymuştur. Sabit yarıçap üzerinde indüksiyon yoluyla uyarılan elektrik alanın yine sabit yarıçaplı yörüngelerde parçacıkları hızlandırması ilkesine dayanan **Betatron**, Aynı RF kaviteden geçilerek her defasında daha büyük yarıçaplar çizerek hızlandırma yapan **Mikrotron**, D şekilli karşılıklı iki magnet arasındaki boşlukta uygulanan RF hızlandırma geriliminden yararlanılarak spiral yörüngelerde hızlandırma yapan **Siklotron**, dairesel bir yörünge boyunca her defasında RF kavitenin frekansının eş zamanlılık koşulu ayarlanacak şekilde artırılması ilkesine dayanan ve sabit yarıçaplı yörüngelerde dipol magnetler aracılığı ile tutulan ve kuadropol magnetler aracılığı ile odaklanmanın yapıldığı **Sinkrotron** dairesel hızlandırıcılar olarak geliştirilmiştir [2]. 1940 lı yılların sonlarından başlayarak gelişen teknoloji ile ortalama her yedi yılda bir hızlandırıcılarla ulaşılan enerjinin üst sınırı 10 kat arttırmış ve günümüzde TeV (10^{12} eV) enerjilere ulaşılmıştır.



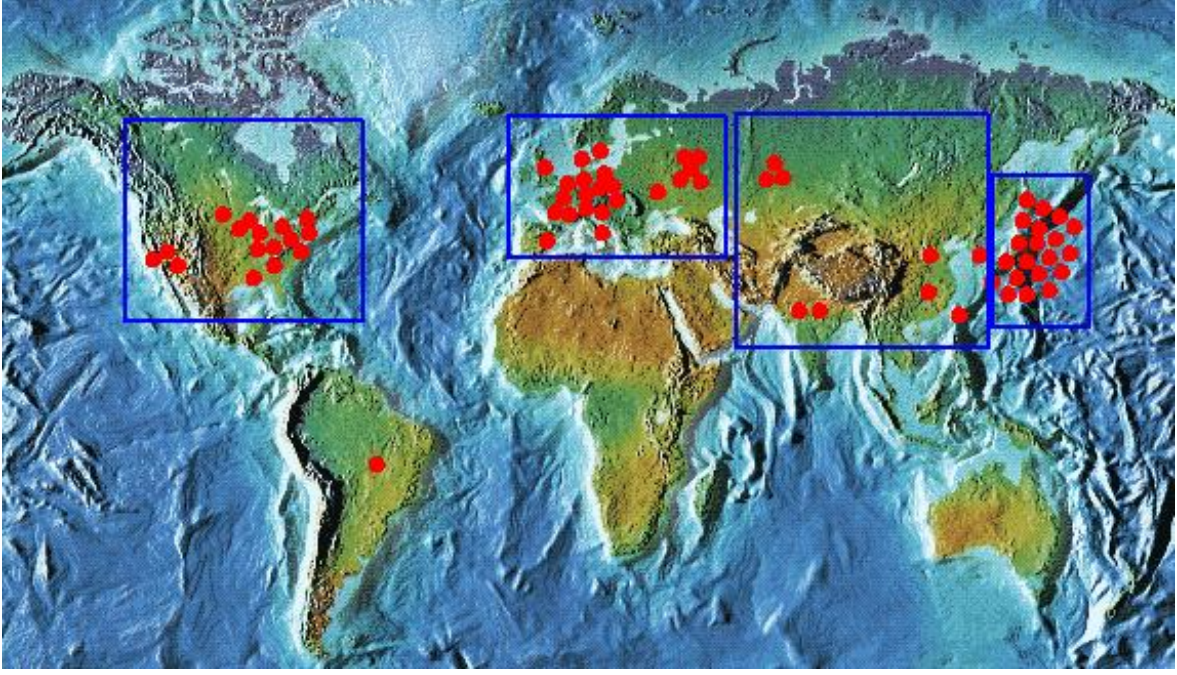
Şekil 1: Elektromagnetik spektrum ve araştırma için kullanılan donanımlar

FM'in Sesi: Hızlandırıcıların Kullanım Alanları ve Dünyadaki Dağılımı Hakkında Neler Söylemek İstersiniz?

Ö. Yavaş: Parçacık hızlandırıcılarının günümüzde başta parçacık fiziği ve nükleer fizik deneyleri olmak üzere malzeme fiziğinden yüzey fiziğine, x-ışınlarından nötron terapisine, proton terapisinden iyon implantasyonuna, petrol ve gaz yataklarının aranmasından çevre atıklarına, gıda sterilizasyonundan izotop üretimine, nükleer atıkların temizlenmesinden toryuma dayalı nükleer santrallere, polimerizasyondan litografiye, anjiyografiden baca gazlarının temizlenmesine, mikrospektroskopiden güç mühendisliğine, sinkrotron ışınımından serbest elektron lazerlerine, ağır iyon füzyonlarından plazma ısıtılmasına, biyoteknolojiden nanoteknolojiye 300'ün üzerinde kullanım alanı mevcuttur.

Bugün dünyada 4 kıtaya dağılmış 15.000 civarında küçüklü büyüklü parçacık hızlandırıcısı mevcuttur. Daha çok parçacık fiziği ve nükleer fizik deneyleri, sinkrotron ışınımı üretimi ve yeni teknoloji geliştirme amacıyla kurulan büyük ölçekli olanların sayısı 115 civarındadır [3]. Ziyaretçi bilim adamları ile birlikte CERN'de [4] 10.000, DESY'de [5] de ise 4000 civarında bilim adamı araştırma yapmaktadır.

1970'li yıllardan sonra hızla gelişen, elektron ve pozitron demetlerinin kullanımına dayalı olarak hızla gelişen ve yaygınlaşan hızlandırıcılara dayalı ışınım kaynakları olan **sinkrotron ışınımı** (Synchrotron Radiation, SR) ve **serbest elektron lazerlerinin** (Free Electron Laser, FEL) kullanımı ile günümüzde fizik, biyoloji, kimya, tıp, madencilik, çevre, arkeoloji v.b. alanlarda çok önemli araştırmaların yapıldığını görmekteyiz. Tipik 3. nesil bir sinkrotron ışınımı kaynağında (çevresi 300 m civarında bir sinkrotronda, enerjisi ~ 3 GeV olan bir elektron demetinin kullanımı) yılda yaklaşık 1000 civarında araştırmanın tamamlanabildiği bugün bilinen bir gerçektir. En tipik örnekler HASYLAB, BESSY (Almanya), ESRF (Fransa), ELETTRA (İtalya), APS, ALS (USA), SPring-8 (Japonya) laboratuvarları sayılabilir. Hızlandırıcılara dayalı ışınım kaynakları konusunda kapsamlı bilgi için [6]'daki linkten edinilebilir. Ayrıca sinkrotron ışınım kaynaklarının dünya üzerindeki dağılımı aşağıdaki şekilde görülmektedir. Gelişmiş bölgelerde yoğunlaşması dikkat çekicidir. Doğal olarak bunları kurdukça geliştiler, geliştikçe kurdular.

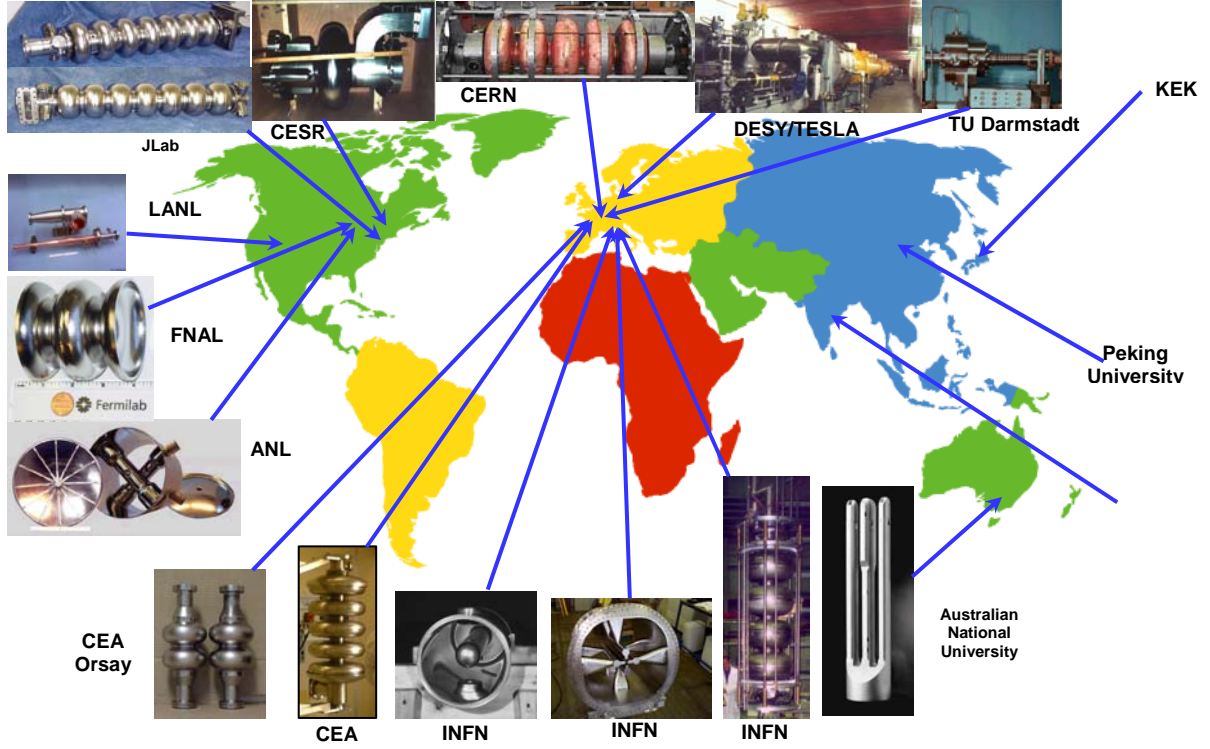


Şekil 2: Sinkrotron ışınımı kaynaklarının dünyadaki dağılımı

FM'in Sesi: Hızlandırıcı Teknolojileri Nedir? Bu anlamda CERN'ün yeri ve önemi nedir? CERN'e Üye Olmanın Önemi Nedir?

Ö. Yavaş: Bir parçacık hızlandırıcısı temel olarak parçacık kaynağı, demete yapısını veren paketleyici RF sistemleri, hızlandırıcı üniteler (RF kavite v.b.), demet taşınım hatları, saptırıcı ve odaklayıcı magnetler, diyagnostik (teşhis) aygıtları, veri (data) iletimi, saklanması ve görüntülenmesi, kontrol sistemleri, demet durdurucular v.b. alt sistemleri içermektedir. Dolayısıyla, başta malzeme, görüntüleme, vakum, süperiletkenlik olmak üzere değişik iletişim, kontrol, yazılım, elektronik v.b. teknolojilerle bütünleşmekte ve bu teknolojilerin önünü açmaktadır. Bu anlamda parçacık hızlandırıcı teknolojileri 21. yüzyılın yaklaşık 10 jenerik teknolojisinden birisidir.

CERN, 12 Avrupa ülkesinin kurucu ortaklığında 1954 yılında İsviçre'nin Cenevre kenti yakınlarında İsviçre-Fransa sınırında konuşlandırılmış dünyanın en büyük parçacık fiziği ve hızlandırıcı uygulamaları merkezidir (www.cern.ch). Günümüzde tam üye olan ülke sayısı 20'dir. Ülkemizin de dahil olduğu 7-8 ülke ise gözlemci sıfatıyla üyedirler. Bu statüdeki üyelerin kararlarda söz hakkı yoktur ve üyelik aidatı ödemezler.



Şekil 3: Hızlandırıcı teknolojilerinin geliştirildiği merkezler

Günümüzde parçacık hızlandırıcıları ile ilgili akla gelebilecek tüm araştırma, geliştirme ve uygulamalar CERN’de mevcuttur. 2002-2008 yıllarında CERN’de inşa edilen Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (Large Hadron Collider, LHC). LHC yerin yaklaşık 100 m altında 27 km’lik tünel içine yerleştirilmiş ve zıt yönlerde dolaşan her biri 7 TeV enerjili iki proton demeti içermektedir. Bu halka üzerinde deneysel amaçlarla ATLAS, CMS, LHC-B ve ALICE isimli dört büyük dedektör (deney) mevcuttur. Gerek LHC’ye kadar olan dönemde (1954-2000) gerekse LHC üretim sürecinde geliştirilen ve kullanılan malzeme ve teknolojiler dikkate alındığında özellikle CERN’e tam üye ülkelerden olan araştırmacıların bu uygulama ve teknolojilerin doğrudan içinde olabildiği görülmektedir. Bu durum özellikle bilgi üretimi ve teknoloji transferi gibi süreçlerde daha etkin rol almak ve başarı sağlamak adına çok önemli bir hale gelmektedir. Sadece gözleyerek bir şeye sahip olunmayacağını daha fazla irdelemeye sanırım gerek bile yok. Özellikle LHC’de üretilecek bilginin tüm dünyaya dağıtımını, işlenmesini ve geri dönüşünü sağlamak üzere CERN tarafından geliştirilen ve uygulamaya konulan GRID sisteminin (ağının) yarınların internet sistemi (İnternet-2, GGG sistemi) anlamına geldiğini biliyoruz. Kıtalar arasında saniyede Tera Byte’ların aktarımına olanak sağlayan bu alt yapının günlük hayatımıza getireceği yenilikleri öngörmekte bile



Şekil: CENEVRE (İsviçre) - Fransa sınırında (noktalı çizgiler) kurulu CERN ve LHC

Zorlanıyoruz, ancak biliyoruz ki yine CERN tarafından 1980'lerin sonunda ortaya konulan **www** internet sistemi bugün hayatımızın ayrılmaz bir parçası olmuştur. Görüntülemeyen terapiye, iletişimden veri işlemeye, soğutmadan akıllı malzemelere ve nano teknolojiye kadar bir çok sahayı yakından etkisi altına alan hızlandırıcı teknolojileri yarının en kritik, stratejik ve jenerik teknolojileri olmaya devam edecektir. Ülkemiz, 2005'ten bu yana siyasi iradenin ortaya koyduğu yaklaşım ve bu anlamda kuruluş yasası gereği görev ve sorumluluk üstlenmiş Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) yoğun ve düzenli uğraşları sonucu CERN'e tam üye olmanın bir ön adımı olarak 14.04.2008 tarihinde CERN ile tarihi bir işbirliği anlaşması imzalamıştır. Türkiye'nin tam üye olma isteği ve iradesi resmi olarak 2009 yılı başlarında CERN'e iletilmiş durumdadır. CERN Konseyinin tam üyelik kapsamında geliştirdiği bazı Bilimsel, Endüstriyel ve Siyasi ölçütlerin sağlanmasını amaçlayan bir tam üyelik müzakere ve hazırlanma sürecinin sağlıklı yaşanması ve başarılması sonrası umuyoruz ki Türkiye CERN'ün tam üyesi olacaktır. CERN'e tam üyelik, yukarıda belirtildiği gibi hızlandırıcı teknolojileri ve uygulamaları ile doğrudan temasın en kestirme ve en efektif yollarından birisi olacak, bilgi ve teknoloji transferi bir o kadar kısa yoldan mümkün hale gelecektir. Bu süreç muhtemelen 2009-2014 yılları arasını kapsayacaktır ve ülkemizin AB üyelik süreci ve müzakerelerinin son periyoduna paralel olarak gelişecektir. Bu iki üyelik (CERN'e tam üyelik ve AB üyeliği) bir bütünün iki yarısı gibidir. Doğrudan olmasa da biri diğerinin ön koşulu gibi algılanmalıdır. Geri dönüşü olmayan bu süreçler doğru algılanmalı ve ülkemizin geleceği adına bir seferberlik anlayışı içinde sürüklenmeli ve başarılmalıdır.

FM'in Sesi: Parçacık Hızlandırıcıları Konusunda Ülkemizde Ne Tür Çalışma ve Uygulamalar Yapılmaktadır? Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) Projesi İle Ne Hedeflenmektedir?

Ö. Yavaş: Ülkemizde parçacık hızlandırıcıları konusunda zaman zaman öne çıkan girişimler, çabalar ve projelendirmeler yaşanmış olsa da, günümüzde parçacık hızlandırıcıları kullanılarak çağdaş anlamda Ar-Ge'de kullanımını sağlayacak bir merkezimiz veya laboratuvarımız mevcut değildir. Bunun yanı sıra, ülkemizde özellikle sağlık alanında kamu ve özel sektörde kullanılan değişik tipte elektron lineer hızlandırıcılarının (medikal linak) tedavi amacıyla kullanıldığını ve bunların sayılarının 60 civarında olduğunu biliyoruz. Daha sağlıklı bilgiler Fizik Mühendisleri Odası (FMO) veya TAEK'ten edinilebilir. Bir başka deyişle dünyadaki yaklaşık 17.000 hızlandırıcının yaklaşık binde dördü (% 0.4) ülkemizde bulunmaktadır. Ancak, bilinmektedir ki ülkemizde çağdaş anlamda doğrudan parçacık hızlandırıcılarına dayalı Ar-Ge ve teknoloji geliştirmeyi amaçlayarak kurulmuş bir kurum veya tesisimiz mevcut değildir.

Ülkemizde bazı öne çıkmış ve ilerlemiş hızlandırıcı projelerinden ve tesislerinden bahsedebiliriz. TAEK'in Ankara Sarayköy'de bulunan SANAEM içerisinde kurulum çalışmaları sürdürülen elektron (e-beam) ve proton hızlandırıcı (siklotron) tesisleri konusunda sona yaklaşmıştır. Ayrıca, DPT desteği ile Ankara Üniversitesi öncülüğünde 1997'de başlatılan ve Ulusal düzeyde bir hızlandırıcı merkezinin projelendirilmesini ve kurulumunu amaçlayan proje serisinin fizibilite ve içerik tasarımı çalışmalarını kapsayan I. ve II. adımları sırasıyla 2000'de ve 2005'te başarıyla tamamlanmıştır. Proje sonuç raporlarına proje web sayfasından ulaşılabilir [8].

Bu doğrultuda yürütülen çalışmalar 2006 yılı başında DPT desteği ile uygulamaya konulan, 10 üniversiteden yaklaşık 75 araştırmacının yer aldığı Yaygınlaştırılmış Ulusla ve Uluslar arası Proje (YUUP) ile yeni bir boyut kazanmıştır. "Türk Hızlandırıcı Merkezi Teknik tasarımı ve Test Laboratuvarları" isimli bu projenin 2011 yılı sonuna kadar ulaşılması amaçlanana 3 ana hedefi vardır:

- i. Türk Hızlandırıcı Merkezi'nin teknik tasarımı yapmak, bu merkezde yer alacak hızlandırıcılarını, bunların parametrelerini ve teknolojilerini, araştırma ve uygulama potansiyellerini belirlemek,

- ii. Ülkemizin hızlandırıcıya dayalı ilk Ar-Ge laboratuvarlarını inşa etmek. Bu ilk tesisi A.Ü. Gölbaşı kampüsü alanında yaklaşık 6000 m² lik bir kapalı alanda ve 30 dönümlük arazi üzerinde inşa edilecek ve elektron hızlandırıcısına dayalı olarak elde edilecek IR Serbest Elektron lazerleri ve frenleme ışınları (Bremsstrahlung) Ar-Ge amacıyla kullanılacaktır.
- iii. Ülkemizin ilk "Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü" hayat geçirilecektir.

Proje çalışmaları konusundaki tüm çalışmalar ve gelinen noktalar 2-5 Aralık 2008 tarihlerinde Ankara Üniversitesinde düzenlenen VI. THM Çalıştayında ele alınmıştır [8].

Tüm bu çalışmaların yanı sıra bazı üniversitelerimizde ve değişik endüstri kollarında sterilizasyon, izotop üretimi, iyon implantasyonu v.b. amaçlarla bazı küçük ve orta ölçekli hızlandırıcılar kullanıldığını söyleyebiliriz.

Bu başlık altında iki önemli hususu daha vurgulamak isterim. Konuya dikkat çekmek, oluşan ulusal birikimi fark etmek ve ulusal boyutta farkındalık yaratmak amacıyla bazı ulusal kongre ve yaz okulu çalışmaları başarıyla gerçekleştirilmiştir. TFD, FMO, TAEK, TÜBİTAK ve Üniversitelerin desteği ile belirli periyodlarla düzenlenen Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Kongresinin ilki 2001'de Ankara'da TAEK'te (**UPHUK-I**), ikincisi 2004'te Ankara'da ATO'da (**UPHUK-II**) ve üçüncüsü ise 2007'de Bodrum'da (**UPHUK-III**) düzenlenmiştir.

Benzer şekilde yine Türk Fizik Derneği (TFD) tarafından TAEK, TÜBİTAK ve Üniversitelerin desteği ile bu alana yönelmiş ve yönelmek isteyen lisansüstü öğrencileri bilgilendirmek ve bilinçlendirmek amacıyla düzenlenmiş olan ve ilki 2005 yılında Ankara Üniversitesinde gerçekleştirilen Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Dedektörleri Yaz Okulu (**UPHDYO-I**) serisinin ikincisi 2006'da (**UPHDYO-II**), üçüncüsü 2007'de (**UPHDYO-III**) ve dördüncüsü 2008'de (**UPHDYO-IV**) Bodrum'da gerçekleştirilmiştir. Bu kongre ve yaz okullarının tüzeti, bildiri ve ders notlarına <http://thm.ankara.edu.tr> adresinin [8] **Bilimsel Etkinlikler** linkinden ulaşılabilir.

Ayrıca, 1990-2004 yılları arasında TÜBİTAK desteği ile bazı Türk araştırma grupları CERN'de yürütülen araştırmalara ve inşa edilen LHC ve Dedektörleri çalışmalarına katılmışlardır. CERN'de yürütülen bilimsel çalışmaların ve

desteklerin koordinasyonunu 2005 yılından buyana TAEK üstlenmiş ve bu konuda 10'un üzerinde büyük ölçekli araştırma projesine destek sağlanmıştır. Bu projeler halen sürmekte ve verilen destekler yaklaşık 100 araştırmacının CERN'de fiilen araştırma yapmasını ve oluşan bilgi birikiminin ulusal projelere dönmesini sağlamaktadır.

FM'in Sesi: Bu Alana Yönelmek İsteyen Öğrencilere ve Genç Araştırmacılara Neler Önerirsiniz?

Ö. Yavaş: Üniversitelerin, Fizik, Kimya, Makine, Elektronik, Bilgisayar v.b. teknik bölümlerinde **temel bilim ve mühendislik eğitimi** alan gençlerin iyi bir araştırmacı ve akademisyen olmak için gerekli ön koşul olarak algılanabilecek üç konuya çok önem vermeleri gerekir:

- i. Kendi alanında temel bilgi düzeyi ve iyi bir mezuniyet notu
- ii. Okuma ve yazma konusunda gelişmiş bir yabancı dil bilgisi
- iii. Bilgisayar okur yazarlığı (işletim sistemleri, programla adilleri, sayısal yöntemler v.b.)

Bunların yanı sıra edinilecek takım çalışması yeteneği, pratik bazı laboratuvar ve iş yeri uygulamaları, yazılım uygulamaları, dünyadaki gelişmeleri ve projeleri takip etme, bunlarla ilgilenme, ulusal projelerde ve oluşumlarda yer almayı öngörme gibi bazı diğer konularda sayılabilir.

Bilimsel kariyer açısından, gençlerin, ilgili alanlarda yüksek lisans ve doktora eğitimi planlaması ve uygulamasına dikkat etmeleri, imkanlar ölçüsünde bazı ulusal ve uluslararası yaz okulu, kış okulu, workshop, seminer, kongre ve konferanslara katılımı önemsemesi yerinde olacaktır.

Ayrıca, mevcut yasalar ve yönetmelikler çerçevesinde bazı istihdam olanaklarının bulunduğu bilinmektedir. Mezuniyet notu, yabancı dil bilgisi ve belgesinin yanı sıra bazı sınavların (ALES, KPSS, ÜDS, TOEFL v.b.) sonuçlarının bu süreçlerde etkili ve gerekli olduğu bilinmelidir.

Mevcut bazı istihdam olanakları ise şöyle sıralanabilir:

- Üniversitelerin ve Yüksek Teknoloji Enstitülerinin asistanlık (50/d) kadroları
- Üniversitelerin ve Yüksek Teknoloji Enstitülerinin uzmanlık kadroları
- 35. madde kapsamında asistanlık (başka üniversitede doktora yapmak)
- Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) kapsamında asistanlık
- Bilim İnsanı Yetiştirme Programı (BİYEP) kapsamında asistanlık
- Yurtdışı ve Yurtiçi araştırma kurumlarınca (TÜBİTAK v.b.) verilen burslar
- Araştırma projeleri kapsamında sözleşmeli (4/B v.b.) kadrolar
- MEB ve YÖK'ün Yurtdışı Master ve Doktora Bursları
- Özel sektör kuruluşlarında araştırmacı ve mühendis olarak çalışmak
- TAEK, TÜBİTAK, TSE, MKE, TRT, Meteoroloji, Bakanlıklar v.b. gibi kamu kurumlarında ve TAI, Roketsan, Aselsan, Havelsan v.b. yarı özel kuruluşlarda araştırmacı ve mühendis olarak çalışmak

FM'in Sesi: Bilgilerinizi paylaştığınız için teşekkür eder, THM projesinde başarılar dileriz.

Cevap: Ben teşekkür ederim. Ben de topluluk olarak sizlere başarılar diliyorum.

Kaynaklar

- [1] S. Weinberg, **Atomaltı Parçacıklar**. Tübitak Bilim Kitapları (2005, 6. Baskı)
- [2] H. Wiedemann, **Particle Accelerators**. Springer-Verlag (1993)
- [3] http://www-elsa.physik.uni-bonn.de/accelerator_list.html
- [4] <http://www.cern.ch>
- [5] <http://www.desy.de>
- [6] <http://www.lightsources.org>
- [8] <http://thm.ankara.edu.tr>