

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumunun (IAEA) Kültür Mirası Çalışmalarına Katkısı

R. Padilla-Alvarez

Nükleer Spektrometri ve Uygulama Laboratuvarı, NAPC, IAEA

Viyana, Avusturya

Özet:

Son on yıl boyunca, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) kültürel miras nesnelerin karakterizasyonunu ve korunmasını destekleyen çeşitli etkinlikler düzenledi. Görev ve beşeri bilimler ve uygulamalı bilimler farklı alanlardan tamamlayıcı bilgiler birleştirme alaka görevlerin karmaşık doğası gereğinin yanı sıra ve beşeri ve uygulamaları bilimlerin farklı alanlardan tamamlayıcı bilgileri birleştirme ilgisi nedeniyle Ajans işbirliği bağlantıları kurulmasını teşvik etmiştir ve bu alanda disiplinler arası araştırmalar yönlendirmiştir. Bu bildiri Nükleer Uygulamalar ve Teknik İşbirliği Bölümü tarafından düzenli bütçe program dahilinde Teknik İşbirliği Projeleri Bölümü tarafından yürütülen Teknik İşbirliği Projelerinin ana faaliyetleri sunar

Anahtar Kelimeler : Nükleer teknik, arkeometri, disiplinlerarası araştırma, IAEA, teknik işbirliği, kültürel miras

Giriş:

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu Mevzuatının Madde III'ü, IAEA'nın (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu) dünya çapında atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanımına ilişkin araştırma, gelişim ve pratik uygulama çalışmalarını teşvik etmeye ve desteklemeye yetkili olduğunu ve atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanımına ilişkin bilimsel ve teknik bilgi alışverişini ve bilim adamı takaslarını teşvik etmeye yetkili olduğunu öngörmektedir.

Nükleer Bilimler ve Uygulamalar (NA) Departmanı, IAEA'nın Kalkınma ve Çevrenin Korunmasına ilişkin Nükleer Tekniklere dair Ana Program 2'sinin uygulanmasından sorumludur. Departman, insan sağlığı, tarım, su kaynaklarının idaresi, çevresel çalışmalar ve diğer uygulamalar dahil olmak üzere farklı uygulama alanlarında nükleer tekniklerin kullanımını başlatmak ve yaygınlaştırmak konusunda Üye Ülkeleri destekler. IAEA'daki tüm Teknik İşbirliği projeleri için teknik dayanak sağlayan Nükleer Bilimler ve Uygulamalar Departmanı Personeli aynı zamanda Nükleer Enerji'ye ilişkin Ana Program I dahilinde bulunan ve Nükleer Enerji Departmanı tarafından idare edilen nükleer bilimlerden de sorumludur.

Nükleer teknolojiler ve izotop tekniklerinin IAEA yetkisine giren çeşitli çalışma alanlarında kullanılmasından elde edilen yeni bilgi ve teknolojilerin elde edilmesini ve dağıtılmasını teşvik etmek amacıyla Toplantılar ve Eşgüdümlü Araştırma Etkinlikleri düzenlenir. Elde edilen sonuçlar tüm Üye Ülkelere ve IAEA'nın bilimsel ve teknik yayınları ile ilgili diğer uluslar arası veya ulusal yayınlar sayesinde uluslar arası bilim topluluğuna açıktır. Belirli bir çalışma alanındaki mevcut durumu, gelişmeleri, eğilimleri ve uygulamaları gözden geçirmek, IAEA ve Üye Ülkelere raporlar, teknik bilgiler içeren kılavuzlar ve tavsiyeler üretmek amacıyla Teknik Toplantılar düzenlenir. IAEA'nın eşgüdümlü araştırma etkinlikleri, IAEA Üyesi Ülkelerdeki bilim adamlarının seçili nükleer alanlarda yapacakları araştırmaların desteklenmesi ve koordine edilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Eşgüdümlü araştırma etkinlikleri normalde hem gelişmekte olan hem de gelişmiş Üye Ülkeleri ilgili araştırma konuları üzerinde işbirliği yapmak amacıyla bir araya getiren Eşgüdümlü Araştırma Projeleri (CPR) üzerinden uygulanır.

Teknik İşbirliği Departmanı, nükleer teknolojinin barışçıl uygulamalarına ilişkin ülkelerin bilimsel ve teknolojik kapasitelerini artırmalarına yardım eder ve böylelikle sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlar. Tüm üye ülkeler destek

alabilirler, fakat uygulamada teknik işbirliği etkinlikleri az gelişmiş ülkelerin ihtiyaçlarına ve önceliklerine yoğunlaşmaktadır. Söz konusu destek, Ulusal, bölgesel ve Bölgeler Arası projeler uygulamak suretiyle sağlanır.

Kültür mirası çalışmalarının desteklenmesi ile ilişkisi.

Bir ülkenin kültür mirası geçmişine ilişkin temel bilgi kaynaklarından biridir: geçmişten gelen bir miras ve kültürel kimliği yansıtan güçlü bir ışıktır. Kültür mirası temelde topluma ait değerler ve varlıklardan oluştuğu için bu mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması toplumun tamamını kapsayan bir sorumluluktur.

Bu nesnelerin sınıflandırılması, korunması ve restore edilmesi bilimsel, teknik ve tarihi bilgi birikimi gerektirir. Bu nesnelerin kimyasal yapıları, bunların nitelenmesinde asli bir rol üstlenmektedir: bu bağlamda, nükleer analitik teknikler özellikle kullanışlı olmaktadır. Literatürde, seramik, taş ve metal eserler, resimler, heykeller ve arkeolojik kalıntılar gibi çok çeşitli kültür mirası nesnelere ne ilişkin çalışmalarda bu tekniklerin uygulandığı birçok örnek bulunmaktadır. Bazı durumlarda, bu bilgiler eserlerin orijinalliğini doğrulama işlemlerinde tamamlayıcı bilgiler sağlamak suretiyle yasa dışı eser kaçakçılığı ile mücadelede de faydalı olabilmektedir. Kültür ürünlerinin kopyalanması veya kaçakçılığı hususunda nükleer analitik teknikler, doğrudan tarih belirleme teknikleri veya nesnelerin yerleşik kimyasal yapı örgüleri ya da orijinal eserin yapımında kullanılan ham maddelerin yapıları ile kıyaslama yoluyla bir eserin belirli bir tarih dönemi veya kültüre ait olduğunun tespit edilmesinde de kullanılır.

Çapraz başvurular ve belgelendirme kanıtları ile tarihi eserleri belgelendiren veri tabanları oluşturulması, ve nitelendirme verileri de büyük önem arz etmektedir. Veritabanları, eski müze koleksiyonlarının yeni bilgi kaynakları olarak kullanılmasına, yeni bulguların kıyaslanmasına veya kuşku eserlerin kimyasal özellikleri belirlenmiş yapı özellikleri ile karşılaştırılmasına veya koruma, restorasyon, tarihi arkeoloji ve bu alanlarda yapılacak araştırmalara imkan sağlar.

Aşağıdaki Tabloda bazı nükleer ve nükleer ile alakalı teknikler ve bu tekniklerin kültür mirası eserleri üzerindeki çalışmalarda kullanımı özetlenmiştir:

Bilgi türü	Teknikler
Yaşı, tarihi	¹⁴ C, Termal ve Foto-Işıma
Kimyasal yapı	Nötron Aktivasyon Analizi (NAA), X-ray Flüoresans (XRF), İyon Işını Analiz Teknikleri (IBA), Elektron Mikroskopi Taramasında Enerji Dağılımlı x-ray Spektrometrisi (SEM-EDS)
Mineral yapı	X-ray Kırılması (XRD), SEM-EDS
Yapısal / morfoloji	SEM, mikro-XRF, X-ray radyografi, x-ray tomografi
Koruma	Radyo-sterilizasyon, radyasyon tedavisi

İşbirliği bağlantılarının önemi.

Farklı tesislere ve bilgi ve deneyim alışverişine erişim sağlanması, nükleer tekniklerin kullanımını farklı araştırma çalışmalarına veya uzman analitik hizmetlere uygulama konusunda oldukça önemlidir. Birden çok bilim alanında ilerlemenin en üretken yöntemi disiplinler arası yaklaşımdır. Arkeologlar, tarih ve sanat uzmanları, restorasyon uzmanları, kimyasal analiz uzmanları ve diğer uzmanlar arasında etkileşim gerekliliği göz önüne alındığında bu yöntem kültür mirası nesnelere üzerinde çalışmalarda özellikle faydalı olmaktadır. Numune alma stratejileri ile projelerin tanımlanmasından başlayarak istatistiksel analizlere ve elde edilen verilerin yorumlanmasına kadar etkileşimli ve disiplinler arası

yaklaşımından çok büyük faydalar elde edilebilir. Gruplar arasında işbirliği ile fikir ve görüş alışverişi imkanları, her grubun elde edeceği sonuçların yorumlanmasını güçlendirir.

Örneğin, arkeolojik çanak-çömlekler analiz edilirken hem problem formülasyonu hem de üzerinde çalışan eserden elde edilen verilerde oluşabilecek varyasyonların yorumlanmasına katkı sağlaması adına çalışmaya konu alanların jeokimyası konusunda bilgi sahibi bir jeologun katılım göstermesini sağlamak oldukça önemlidir. Ayrıca verilerin işlenmesi ve yorumlanması için bir istatistik uzmanı ve/veya jeo-istatistik uzmanının katılımı da oldukça faydalı olacaktır.

IAEA tarafından koordine edilen kültür mirası çalışmalarını destekleyici araştırma etkinlikleri.

Kültür mirası çalışmaları ve koruma etkinliklerine olan ilginin sürekli artması nedeniyle IAEA 1997 yılından bu yana bir dizi işbirlikçi araştırma etkinlikleri düzenlemiştir. Bu uygulama alanına ilişkin farklı konu başlıkları üzerine görüşmek amacıyla bir dizi Teknik ve Danışma Toplantıları düzenlenmiştir. Aşağıdaki Eşgüdümlü Araştırma Projeleri (CRP) başarıyla uygulanmıştır:

- *Arkeolojik incelemelerde nükleer analitik teknikler (F 23015, 1997-2000)*

Katılımcı ülkeler: Arjantin, Brezilya(2), Şili, Küba, Meksika, Peru, Amerika Birleşik Devletleri.

Bu CRP'nin amacı, nükleer analitik teknikleri kullanarak analitik kimyagerler arasında ve Latin Amerika bölgesindeki arkeologlar arasındaki disiplinler arası araştırmaları desteklemektir. Bu CRP'de, kimya ve arkeoloji alanında yakın işbirliğinden doğan sinerjik etkiler görülmüştür. Açıkça tanımlanmış arkeolojik problemler dahilinde her iki alan birbirlerinin kendine özgü gereksinim ve gerekliliklerini tanımıştır. İşbirlikçi çalışmalar, problem çözme yaklaşımları için bölgede mevcut bulunan nükleer analitik tesislerden faydalanarak bilimsel incelemeler için yeni bakış açıları getirmiştir. Büyük veri setlerinin yorumlanması için istatistik işleme tekniklerinin getirilmesi (küme analizi, varyans analizi, temel bileşen analizi), elementler arası ilişkinin anlaşılmasına ve arkeolojik eserlerden elde edilen analitik sonuçların yorumlanmasına yardımcı olmuştur. Latin Amerika'da arkeolojik çanak-çömlek eserlerin nitelenmesi için nötron aktivasyonu analizi uygulanmasına ilişkin deneyimleri özetleyen bir Teknik Rapor yayınlanmıştır [7].

- *Sanat eserlerin orijinalliğini incelemek için Nükleer analitik teknikler uygulanması (F23023, 2004-2009)*

Katılımcı ülkeler: Dünya çapında 16 laboratuvar.

Bu CRP, nükleer analitik laboratuvarlarından elde edilen sonuçların kalitesinin artırılmasına ve Üye Ülkelerin kendi nükleer analitik teknikleri uygulamalarına akreditasyon sağlamasına yardımcı olmuştur. Bu ikinci husus, nükleer bilginin sürdürülmesi ve nükleer analitik tekniklerde yeni gelişimlerin teşvik edilmesi amacıyla radyo-kimyagerler yetiştirilmesine katkıda bulunmuştur. Yapılan bu incelemelerin sonuçlarından bazıları yayınlanan bir kitapta verilmiştir [1].

- *Nükleer Spetrometri Uygulamalarının Birleştirilmesi: Materyal Araştırmalarında Yeni bir Araç olarak Entegre Teknikler (G42002, 2006-2009)*

CRP, materyallerin daha iyi nitelenmesi, birden çok tekniğin birleştirilmesi amacıyla entegre/birleşik araçlar ve analitik yöntemler geliştirerek Üye Ülkelerce nükleer spetrometri kullanımının geliştirilmesine ve güçlendirilmesine yardımcı olmuştur. Çevresel kirliliği gözlemlenme, sanayi, kültür mirası çalışmaları, insan sağlığı, tarım ve başka alanlara destek sağlayan yeni uygulamalar geliştirilmiştir. Kültür mirası çalışmalarının da arasında bulunduğu bir dizi uygulama alanından elde edilen sonuçlar yayınlanan bir Teknik belge ile sunulmuştur [11].

- *Homojen Olmayan Toplu Arkeolojik Örnekler ve Büyük Nesnelere için Büyük Örnek Nötron Aktivasyonu Analiz Tekniklerinin Uygulanması (F23027, 2008-2012)*

X-ray ve nötron sonda metodu ilkelerine dayalı nükleer teknikler, hem uygulamalı araştırmalarda hem de pratik uygulamalarda önemli bir rol üstlenir. Tahribatsız X-ray ışınım teknikleri genellikle element niteliklerini belirlemek için kullanılır fakat bu teknik yüzey katmanlara ilişkin bilgi sağlarken cismin toplu yapısına dair bilgi sağlamaz. Nötron aktivasyon analizi (NAA) oldukça köklü bir nükleer teknik olup özellikle mikro-yapısal veya element kompozisyonunu

incelemek için uygundur ve çok çeşitli numuneler üzerindeki çalışmalara da uygulanabilir. Fakat toplu analizlerde ve bilhassa arkeoloji ve kültürel sanat eseri, bulgular, adli materyal ve jeolojik çalışmalarda toplu analizlerin uygulanmasında numune boyutlarından kaynaklı kısıtlamalar mevcuttur. Bunun nedeni NAA'nın toplu numune çalışmalarında uygulanması için gerekli, doğrulanmış ve geçerliliği tasdik edilmiş deney prosedürleri bulunmamasıdır.

CRP, yeni uygulama alanlarına imkan sağlayacak Büyük Numune Nötron Aktivasyon Analizi (LSNAA) tekniklerinin planlanmasını, uyumlulaştırılmasını ve uygulanmasını destekleme yönünde eşgüdümlü çalışmalar başlatmıştır. CRP temelde LSNAA'nın arkeolojik ve jeolojik programlarda uygulanması alanına odaklanmış ve diğer endüstri ve araştırma alanlarında kullanılması olasılığı da göz önünde tutulmuştur.

Uygulanan IAEA Teknik İşbirliği Projeleri.

Arkeolojik ve sanatsal nesnelerin nitelenmesi ve korunması amacıyla nükleer tekniklerin kullanımı için bir dizi Ulusal Teknik İşbirliği Projesi uygulamaya koyulmuştur. Uygulama teknikleri arasında sanat nesnelere radyo-sterilizasyonu ve radyasyon polimerizasyonu; element analizi için büyük numune nötron aktivasyon analizi; kimyasal nitelendirme için INAA ve/veya XRF ve tarih belirleme için radyokarbon veya termal-ışınma bulunmaktadır. TC Ulusal projelerinden, Arnavutluk, Hırvatistan, Yunanistan, Lübnan, Peru, Suriye Arap Cumhuriyeti, Makedonya Cumhuriyeti, Türkiye ve Birleşik Arap Emirliklerindeki kurumlar faydalanmıştır.

Bir dizi bölgesel teknik işbirliği projelerinin organize edilmesi sayesinde bölgesel işbirliği güçlendirilmiştir. Bu projeler arasında şunlar bulunur:

- *RLA 8043: Ulusal Kültür Mirası Nesnelere Korunması ve Nitelenmesi için Nükleer Analiz Tekniklerinin Kullanılması ve Veritabanları Geliştirilmesi (ARCAL XCIV, 2007-2011).*

Arjantin, Brezilya, Şili, Kosta Rika, Küba, Ekvador, Meksika ve Peru'dan kurumlar ve özellikle kültür ve tarih mirası ile ilgilenen ajans ve kurumlar, ulusal, vilayet ve belediye müzelerindeki müze müdürleri, küratörler ve araştırmacılar, arkeoloji ve sanat tarihi alanındaki araştırmacılar, bu projede elde edilen başarılarından fayda görmüştür. Kültür mirası nesnelere ilişkin bölgesel bilgi birikimi ve bunların bağlam çerçevesinde ele alınması, korunması ve muhafaza edilmesi çalışmaları güçlendirilmiştir. Nükleer Analiz tekniklerinin uygulanması ile elde edilen faydalara ilişkin bölgesel bilinç düzeyleri artırılmıştır.

Ortaya çıkan nicel bilgiler sayesinde, hem bölgesel koruma uzmanları hem ed karar merciler, kültür mirası nesnelere daha iyi tespit edilmesi, sınırlandırılması ve korunması için strateji ve poliçe geliştirmelerine yardım edecek yeni araçlara kavuşmuştur. Kültür mirasının incelenmesi ve korunması amacıyla nükleer tekniklerin kullanılmasına ilişkin beşeri kapasite geliştirilmiştir; özellikle de istatistik araçlarının kullanılması bakımından. Kültür mirasının incelenmesi ve korunmasına ilişkin bölgesel teknik kapasiteler güçlendirilmiştir.

Depolanan analitik sonuçlara erişim amacıyla gelişmiş sorgulama arayüzü bulunan bir veritabanı oluşturulmuştur (1787 örnek). Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) of Quito tarafından projenin faydaları ve başarılarına ilişkin bilgileri dağıtmak amacıyla bir dizi çalışma yayınlanmış ve bir kitap basılmıştır (Ecuador, ISBN: 978-9978-92-968-1).

- *RER 1006: Akdeniz Bölgesinde Kültür Mirası Eserlerinin Korunmasında Nükleer Teknikler (2006-2009).*

Arnavutluk, Ermenistan, Hırvatistan, Kıbrıs, Yunanistan, Malta, Karadağ, Romanya, Sırbistan, Slovenya, Makedonya Cumhuriyeti ve Türkiye'de ulusal düzeyde kültürel ve nükleer kurumlar arasında daha iyi bir anlayış ve işbirliği oluşturulmuştur.

Bu proje sayesinde alt bölgesel bir müze müdürleri ve nükleer bilim adamları ağı oluşturulmuş, böylelikle bölgesel işbirliğinin artırılmasına katkı sağlanmıştır. Kültür mirasının korunması, nükleer araçların ve sistemlerin geliştirilmesi ve onarımı, nükleer analitik tekniklerin geliştirilmesi amacıyla gama ışınlarının kullanılması da bu proje sayesinde birçok ülkede elde edilen bir başarıdır. Katılımcı laboratuvarların personeli, taşınabilir X-ray ışınımı, iyon ışını analizi, tabi vaziyette ölçümler ve kemometrinin de dahil olduğu birçok farklı teknik ve araştırma yöntemi üzerine eğitim görmüştür.

- *RAS 1010: Küçük hızlandırıcıların sanat ve arkeoloji alanında nükleer analitik aracı olarak kullanılması (2006-2010).*

Projenin amacı İyon Işını Hızlandırıcıları nükleer analiz aracı olarak kullanarak sanat ve arkeoloji nesnelere orijinalliğini ve kökenini belirlemektir. Sonuç olarak, bölgede kültür mirası nesnelere bağlam çerçevesinde ele alma, koruma ve muhafaza etme amacıyla nükleer teknikleri kullanma kapasitesi güçlendirilmiştir. Proje kültür mirası nesnelere için nükleer tekniklerin uygulanmasının, son kullanıcılara (müzeler, üniversiteler vs.) sağladığı faydalara ilişkin bilinç düzeyinin artırılmasına katkı sağlamıştır. Farklı Üye Ülkelerdeki bilim adamları arasında işbirliği çalışmaları başlatılmıştır. Zaten deney tesisleri bulunan Suriye ve Lübnan artık kendi uzmanlıklarını diğer katılımcı Üye Ülkelerle paylaşmaktadır. Örnek olarak, Yemen, Irak, Birleşik Arap Emirlikleri gibi ülkelerdeki numuneler ölçümler için Lübnan'a gönderilmiş ve sonuçların analizi numuneyi gönderen ülke ve Lübnan arasında ortak çalışma şeklinde yürütülmüştür.

- *RAS 1011: ARASIA Ülke Taraflarında Materyal Nitelendirme Çalışmaları için İyon Işını Analizi ve Tamamlayıcı Nükleer Teknikler (2006-devam ediyor).*

RAS 1011 projesi İyon ışını analizi ve X-ray ve ışınım gibi tamamlayıcı nükleer tekniklerin arkeolojiye ilişkin materyallerin ve yeni incelenmiş materyallerin nitelendirilmesinde kullanılmasını güçlendirmeyi ve teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bazı durumlarda, çevreye ilişkin örnekler de değerlendirilebilmektedir. Bu projeye Irak, Ürdün, Lübnan, Suudi Arabistan, Suriye Arap Cumhuriyeti, Birleşik Arap Emirlikleri ve Yemen'den kurumlar katılmaktadır.

- *RER 8015: Avrupa Bölgesinde Kültür Mirası Eserlerinin Nitelendirilmesi ve Korunması için Nükleer Tekniklerin Kullanılması (2009-2011).*

Bu projeye Arnavutluk, Azerbaycan, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Yunanistan, Hırvatistan, Malta, Karadağ, Polonya, Portekiz, Romanya, Sırbistan, Slovenya, Makedonya, Türkiye ve Ukrayna'dan kurumlar katılmıştır.

Proje ile Kültür Mirası (CH) nitelendirme ve koruma alanında çalışan nükleer bilim ve koruma kuruluşları arasında alt bölgesel bir ağ oluşturulmuştur. Tüm Üye Ülkelerde, nükleer uzmanlar ile koruyucular arasındaki ülke içi işbirliği bir araya toplanmış, katılımcı Üye Ülkeler arasında iki ve çok yönlü işbirlikleri oluşturulmuştur. Ulusal TC projeleri ve benzeri çalışmalar, güncel ekipman tedarik edilmesine ilişkin ulusal katkılar sayesinde tüm Üye Ülkelerin analitik kapasiteleri önemli ölçüde artırılmıştır. TCEU'nun temel değerleri olan "kapsayıcılık" ve "dayanışma" çerçevesinde ortak Üye Ülkelerdeki özel tesislere erişim, İsviçre ve Fransa gibi alıcı olmayan ülkeler de dahil olmak üzere, artırılmış ve tüm bölgeye fayda sağlamıştır. Bilhassa proje dahilinde ve hedeflenen uzman misyonlarında üretilen referans materyallerin ve katalog oluşturma yöntemlerinin paylaşılması sayesinde analitik ve CH envanter verilerinin bölgesel düzeyde uyumlu hale getirilmesi için gerekli ilk adımlar atılmıştır.

Bu alana ilişkin IAEA Yayınları:

-
- i. STI/DOC/010/416: [Nuclear Analytical Techniques in Archaeological Investigations](#), IAEA, Viyana, Avusturya, 2003.
 - ii. STI/PUB/1501: [Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research](#), IAEA, Viyana, Avusturya, 2011
 - iii. TECDOC 1669: Integration of Nuclear Spectrometry Methods as a New Approach to Material Research, IAEA, Viyana, Avusturya, 2012.