

AKKUYU NÜKLEER REAKTÖRLERİ İÇİN İŞLETME ÖNCESİ ÇEVREDE YAPILMASI GEREKEN RADYASYON VE RADYOAKTİVİTE ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRMELERİ

Bu IAEA TEKNİK RAPORUnun İNGİLİZCE ASLI 80'Lİ YILLARDA, RADYASYON FİZİKÇİSİ Dr.Yüksel Atakan TARAFINDAN AKKUYU BÖLGESİNDE 5 HAFTA YERİNDE İNCELEMELER YAPILARAK TAEK'ya SUNULMUŞTUR (Türkçeye YZ katkısıyla çevrilmiştir 07.07.2025)

Not: Akkuyu ilk reaktörünün işletmeye açılmasına az bir süre kaldığı halde (2026?) böyle bir ölçüm programının başlatıldığıyla ilgili ROSATOM ya da NDK tarafından bir açıklama yapılmamıştır

İçindekiler

1. Giriş 1.Syf.
2. Çevresel Radyolojik İzleme Programı 1
3. İşletme Öncesi Çevresel Radyolojik İzleme Programı 2
 - 3.1 Amaçlar 2
 - 3.2 Örneklem ve ölçüm lokasyonlarının seçimi 2
 - 3.3 Planlanan AKKUYU NGS için önerilen işletme öncesi radyolojik izleme programı 3
4. Çevresel izleme programlarının tasarımı ve uygulanmasından sorumluluklar 6
5. Çevresel radyasyon izleme için ekipman ve cihazlar 7
 - 5.1 Hava örneklem ekipmanları 7
 - 5.2 Toprak yüzeyi kirlilik ölçüm cihazı 7
 - 5.3 Doz hızı ölçüm cihazı 7
 - 5.4 Dozimetreler 8
 - 5.5 Laboratuvar ekipmanları ve cihazlar 8
 - 5.6 Ankara'daki laboratuvarlar ve radyasyon ölçüm sistemleri 8

1. GİRİŞ

1. Ajansın iş birliği programı çerçevesinde, 14 Aralık 1981 ile 13 Ocak 1982 tarihleri arasında Türkiye'ye yapılan uzman görevinin amacı, Türkiye Elektrik Kurumu'na (TEK, Ankara), planlanan Akkuyu Nükleer Santrali (NGS) için bir işletme öncesi çevresel radyolojik izleme programı konusunda danışmanlık yapmaktır. Bu rapor, uzmanın Türkiye'deki çalışmalarının sonuçlarını ve program için önerileri özetlemektedir.
2. Türkiye'nin ilk nükleer santrali için seçilen saha, ülkenin güneyinde, orta Akdeniz bölgesinde, Silifke kasabasının yaklaşık 43 km güneybatısında, deniz kıyısında yer almaktadır. Sahaya yakın çevrede nüfus şu anda oldukça seyrek. Planlanan santralin 10 km yarıçapında yalnızca birkaç köy ve yaklaşık 1000 kişi bulunmaktadır. 25.000'den fazla nüfusa sahip en yakın yerleşim yeri ise Silifke'dir. Santralin üretim kapasitesi 600-1000 MWe olacaktır. BWR, BHWB veya CANDU tipinde olup deniz suyu soğutmalı olacaktır.

II. ÇEVRESEL RADYOLOJİK İZLEME PROGRAMI

3. Santral için çevresel radyolojik izleme programı şunları içermelidir:
 - (a) İşletme öncesi radyolojik izleme programı
 - (b) İşletme sırasında radyolojik izleme programı
 - (c) Acil durum radyolojik izleme programı.

Bu rapor yalnızca yukarıdaki ilk programı kapsamaktadır. İşletme ve acil durum programları, işletme öncesi programın sonuçları elde edildikten sonra gelecekte hazırlanabilir.

III. İŞLETME ÖNCESİ RADYOLOJİK İZLEME PROGRAMI

4. İşletme öncesi izleme programının temel amacı, santral inşaatı ve işletmeye alma aşamalarından önce bölgedeki doğal radyasyon seviyelerini ve çevresel radyoaktivite dağılımını belirlemektir. Bu veriler, santralin faaliyete geçmesinden sonra olası etkilerin değerlendirilmesi için referans oluşturacaktır.
5. Program kapsamında aşağıdaki çalışmalar yürütülmelidir:

- **Hava, su, toprak ve biyolojik örneklerde** radyonüklid konsantrasyonlarının ölçülmesi
- **Arka plan radyasyon seviyelerinin** haritalanması
- **Meteorolojik verilerin** toplanarak radyoaktif madde dağılım modellerinin oluşturulması

IV. PROGRAMIN TASARIMI VE UYGULANMASI

6. İzleme programının tasarımında aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır:
 - Santral sahasının coğrafi ve jeolojik özellikleri
 - Bölgedeki nüfus dağılımı ve hassas gruplar
 - Tarım ve balıkçılık gibi yerel ekonomik faaliyetler
7. Programın uygulanmasından **Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)** ve ilgili diğer kuruluşlar sorumlu olacaktır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından sağlanacak teknik destek ve eğitimler, programın etkinliğini artıracaktır.

5. ÖNERİLER VE SONUÇ

8. Uzman ekibin önerileri şunları içermektedir:
 - İzleme istasyonlarının santralin rüzgar yönü hakim rüzgar yönlerine göre stratejik olarak yerleştirilmesi
 - Deniz suyu ve sediment örneklemelerinin düzenli aralıklarla yapılması
 - Yerel halkın bilgilendirilmesi ve katılımının sağlanması
9. Bu ön çalışmalar, Türkiye'nin nükleer enerji alanındaki ilk büyük ölçekli projesi olan Akkuyu NGS'nin güvenli ve şeffaf bir şekilde işletmeye alınmasına önemli katkı sağlayacaktır.
10. Özel radyasyon tarama aracı ve teknesinin temini (eğer tarama ekipmanları halihazırda mevcutsa),
 - FS1 için ekipman siparişi,
 - F81'in tasarım ve inşaat çalışmalarına başlanması,
 - Radyasyon tarama programının yukarıda ve Tablo 2'de belirtildiği gibi %20'den yaklaşık %30'a çıkarılması,

- TEK personelinin eğitim programının taslağının hazırlanması,
- Gerekli prosedürlerin taslağının hazırlanması,
- Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve operasyonel radyolojik izleme programının taslağının hazırlanması.

(c) Faz III (reaktör binasının inşaatının tamamlanması sırasında)

- FS2 ve FS3 için ekipman siparişi,
- Operatör köyü ve iskele halihazırda inşa edilmişse, FS2 ve FS3'ün tasarım ve inşaat çalışmalarına başlanması,
- Tüm gerekli ekipmanların sipariş edilmesi,
- TEK personelinin eğitime başlanması,
- Radyasyon tarama programının %30'dan yaklaşık %50'ye çıkarılması,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve belgelenmesi,
- Acil durum radyolojik izleme programının taslağının hazırlanması.

(d) Faz IV (reaktör operasyonundan önceki iki yıl içinde)

- Tablo 2'de belirtilen ölçümler için gerekli tüm ekipmanların temini,
- Yukarıda ve Tablo 2'de belirtilen iki yıllık, bir yıllık ve altı aylık programların tamamlanması,
- Prosedürler üzerindeki çalışmaların tamamlanması,
- TEK personelinin eğitiminin tamamlanması,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi ve belgelenmesi.

V. ÇEVRESEL İZLEME PROGRAMLARININ TASARIMI VE UYGULANMASINDAN SORUMLULUKLAR

11. Operatör (TEK) ve düzenleyici otorite – Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) – arasındaki sorumluluklar şu şekildedir:

(a) Operatör: Operatör, etkili çevresel izleme programlarına temel oluşturmak için gerekli tüm operasyon öncesi araştırmaları yapmakla yükümlüdür.

(b) Düzenleyici otorite: Yetkili otorite, genellikle (i) operatör tarafından yapılan izlemeleri kontrol eder ve (ii) durumun yeterince kontrol edilip edilmediğini

belirlemek için operatörün programlarını genişleterek bazı durumlarda seçilen diğer yolları da araştırır.

12. Yukarıda görüldüğü gibi, izleme sorumluluğu tesis operatörü (TEK) ve düzenleyici otorite (TAEK) tarafından ortaklaşa paylaşılmalıdır.

13. 9 Ocak 1978 tarihli TEK ve TAEK arasındaki temel anlaşmaya göre, operasyon öncesi çevresel radyolojik araştırmalar için belirtilen ölçümler, TAEK'in Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Laboratuvarları (ANAEM) tarafından gerçekleştirilecektir. TEK'in şu anda bu ölçümleri yapacak laboratuvar olanakları veya personeli bulunmadığından, operasyon öncesi aşamada TEK'in bu işlevinin ANAEM'e devredilmesi mantıklıdır. Ancak, laboratuvar ölçüm sonuçlarını değerlendirmek için ikinci bir laboratuvar tarafından (örneğin TAEK'in İstanbul'daki Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) bazı çapraz doğrulama ölçümlerinin yapılması önerilir. NPP sahasında TEK'in laboratuvarlarının kurulması ve personel eğitim programının tamamlanmasından (reaktör operasyonunun başlamasından kısa bir süre önce) sonra, operatör ve düzenleyici otoritenin sorumlulukları (12. paragrafta belirtilen) normalleştirilmelidir.

14. Yerel izleme organizasyonlarını karakterize eden temel unsurlar Ref. (2)'de verilmiştir.

(e) Faz V (Reaktörün İşletmeye Alınmasından Sonraki Dönem)

- Reaktör işletmeye alındıktan sonra, çevresel radyolojik izleme programlarının sürekli olarak uygulanması ve güncellenmesi,
- Acil durum müdahale planlarının periyodik olarak test edilmesi ve iyileştirilmesi,
- TEK ve TAEK arasında veri paylaşımı ve koordinasyonun sağlanması,
- Radyasyon seviyelerinin düzenli olarak ölçülmesi ve halk sağlığı açısından değerlendirilmesi,
- Çevresel etki değerlendirme raporlarının hazırlanarak ilgili kurumlara sunulması.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

15. Nükleer santralin güvenli bir şekilde işletilmesi ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi için operatör (TEK) ve düzenleyici otorite (TAEK) arasındaki iş birliği kritik öneme sahiptir. Özellikle:

- Operasyon öncesi ve sonrası dönemlerde radyolojik izleme programlarının eksiksiz uygulanması,
- Laboratuvar altyapısının güçlendirilmesi ve personel eğitimlerinin sürekli hale getirilmesi,
- Verilerin şeffaf bir şekilde paylaşılması ve bağımsız doğrulama mekanizmalarının işletilmesi gerekmektedir.

17. Bu süreçte uluslararası standartların ve en iyi uygulamaların takip edilmesi, nükleer güvenlik ve çevre koruma açısından büyük önem taşımaktadır.

Not: Belgelerde geçen "AEK" kısaltması, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) eski adı olan "Atom Enerjisi Komisyonu"nu ifade etmektedir. Güncel metinlerde TAEK kullanılmalıdır.

Ek Bilgi:

- **ANAEM:** Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
- **Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi:** İstanbul'da bulunan TAEK'e bağlı bir diğer önemli nükleer araştırma laboratuvarıdır.

V. ÇEVRESEL RADYASYON İZLEME EKİPMANLARI VE CİHAZLARI

A. Hava örnekleme ekipmanları

16. Havadaki partiküllerin örnekleri, bir hava pompası ve debi ölçüm cihazı kullanılarak bir filtre üzerinde toplanabilir. İyot toplamak için ana filtrenin arkasına bir kömür filtresi yerleştirilebilir. Deşarj noktası, havanın yeniden sirkülasyonunu önleyecek şekilde konumlandırılmalıdır.
17. FS1 gibi sabit bir istasyon için haftalık örnek toplama ile sürekli çalışan bir örnekleme gereklidir. Bu nedenle, yaklaşık 5 m³/saat hava akış hızına sahip bir örnekleme sistemi uygundur.
18. Aralıklı örnekleme için, örnekleme süresinin çok uzun olmaması gerektiğinden yüksek hava akış hızına (örneğin 100 m³/saat) sahip güçlü bir hava örnekleme

sistemi gereklidir. Bu nedenle, radyasyon tarama aracı ve/veya tekne için bu tür taşınabilir bir hava örnekleme sistemi önerilir.

B. Toprak yüzeyi kirlilik ölçüm cihazı

19. Toprak yüzeyindeki radyoaktivite kirliliğini ölçmek için taşınabilir bir beta/gama kirlilik ölçüm cihazı kullanılabilir.

C. Doz hızı ölçüm cihazı

20. Sabit istasyonlarda doz hızını sürekli ölçmek için bir grafik kaydedicili dijital radyasyon ölçüm sistemi kullanılabilir.

21. Akkuyu NGS sahasında yaz aylarında nispeten yüksek sıcaklıklar nedeniyle doz hızı ölçüm sistemlerinde sintilasyon dedektörlerinin kullanılmaması önerilir (radyasyon dedektörü, sabit istasyonun çatısına monte edilmelidir).

D. Dozimetreler

22. Havadaki radyoaktif maddelerden gelen doğrudan radyasyon dozu, entegre edici veya sürekli kayıt yapan cihazlar (filmler, termoluminesans dozimetreler veya cam dozimetreler gibi) seçilen noktalara yerleştirilerek belirlenebilir (bkz. Tablo 2, No. 2.1). Dozimetreler genellikle yerden 1 m yüksekliğe yerleştirilmelidir. Entegre dozimetreler toplandıktan sonra mümkün olan en kısa sürede okunmalı ve taşınmaları gerekiyorsa, diğer radyoaktif kaynaklardan ek maruziyeti önlemek için önlemler alınmalıdır.

E. Laboratuvar ekipmanları ve cihazları

23. Laboratuvar analiz ve ölçümleri için birçok ekipman ve cihaz bulunmaktadır ve bunlar iyi bilinmektedir. Bu nedenle, bu raporda ayrıntılı olarak belirtilmemiştir.

F. Ankara'daki laboratuvarlar ve radyasyon ölçüm sistemleri

24. Tablo 2'de belirtilen analiz ve ölçümlerin bir kısmı için Ankara'da bulunan laboratuvarlar ve radyasyon ölçüm sistemleri aşağıda açıklanmıştır.

25. **ANAEM Laboratuvarları:** Aşağıdaki iki laboratuvar mevcuttur:

(a) Radyokimya Laboratuvarı:

- Alfa/beta aktivite ölçümleri için bir argon-metan akış sayım sistemi (CANBERRA) bulunmaktadır (bu sistem yenidir ancak Ankara'daki iki farklı şirketten argon-metan karışımının temin edilmesindeki zorluk nedeniyle henüz çalışmamaktadır).
- Nispeten yüksek radyoaktivite ölçümleri için 4096 kanallı bir çok kanallı analizör (CANBERRA) ve Ge(Li) dedektörü bulunmaktadır.
- Her iki ölçüm sistemi, çeşitli düşük seviyeli radyoaktif örneklerin analizlerinin yapıldığı bir radyokimya laboratuvarında kuruludur. Dedektörler kısmen kurşun tuğlalarla korunmaktadır.
- Akkuyu sahasından alınan örnekler için düşük seviyeli radyoaktivite analizleri yapabilmek amacıyla aşağıdaki iyileştirmeler gereklidir:
 - Ölçüm sistemleri, yeterli duvar korumasına sahip ayrı bir odaya (mümkünse yeraltı odası) taşınmalıdır. Bu odaya radyoaktif örnek veya kaynaklar getirilmemelidir.
 - Dedektörler, Tablo 2'de belirtilen en düşük tespit limitlerini sağlayacak şekilde kurşun tuğlalarla korunmalıdır.
 - Sistemler kalibre edilmeli ve tespit limitleri belirlenmelidir.
 - Teknikleri test etmek ve gerekli ölçüm sürelerini belirlemek için Ankara'dan alınan çeşitli örnekler üzerinde kontrol analizleri yapılmalıdır.
 - Elde edilen sonuçlar değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır.

(b) Sağlık Fiziği Laboratuvarı: Bu laboratuvarda şu ekipmanlar bulunmaktadır:

- Kalsiyum florür dozimetreler ve bir TLD okuma sistemi (HARSHAM 2000 a/b),
- Alfa/beta/gama ölçümleri için taşınabilir bir kirlilik ölçüm cihazı (Nuclear Enterprises No. 1828),
- Beta/gama doz hızı ve doz ölçümleri için çeşitli taşınabilir radyasyon tarama cihazları.

DSİ (Devlet Su İşleri) Tritiyum Laboratuvarı:

- Bu laboratuvar (Ankara Esenboğa'daki Araştırma ve Geliştirme Dairesi Laboratuvarları'na bağlıdır), düşük seviyeli trityum gaz sayım sistemine sahiptir. En düşük tespit limiti 10 ± 4 T.U. 10 ± 4 T.U. (yaklaşık 50 pCi/l)'dir.
- Akkuyu sahasından alınacak trityum ölçümleri için bu sistem yeterlidir (Tablo 2'de belirtilen 5 nCi/l limitinin 100 katı kabul edilebilir).
- Akkuyu sahasından alınan deniz, nehir, yağmur ve yeraltı suyu örneklerinin analizleri için TEK ve DSİ arasında özel bir anlaşma yapılması gerekecektir.
- Trityum ölçümleri için bir sıvı sintilasyon sistemi de mevcuttur, ancak bu ekipman şu anda arızalıdır.

Not:

- **T.U. (Tritium Unit):** Trityum konsantrasyon birimi.
- **pCi/l (pikoküri/litre):** Radyoaktivite ölçü birimi.
- **Ge(Li) Dedektörü:** Yüksek çözünürlüklü gamma spektroskopisi için kullanılan germanyum dedektörü.

KAYNAKLAR

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER İÇİN AŞAĞIDAKİ LİNK'in SON SAYFALARINA BKZ.

/1/ [AKKUYU PREOPERATIONAL RADIOLOGICAL MEASUREMENTS TO ASSESS THE PREVIOUS](#)

[RADIATION LEVELS BEFORE OPERATION IN THE VICINITY - Fizik Y. Müh. Dr. Yüksel Atakan](#)

Diğer önemli IAEA Kaynaklar:

/2/ [draft_ds505.pdf](#) IAEA SAFETY STANDARDS for protecting people and the environment Status: Step 8 Soliciting comments by Member States Radiological Monitoring for Protection of the Public and the Environment DRAFT SAFETY GUIDE DS505 Revision of RS-G-1.8 2023

/3/ [Microsoft PowerPoint - DGD-mod26.7monitoring.ppt](#)
