NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU



NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Mustafa Kemal Mah. Dumlupınar Bulvarı
No:192 06510 Çankaya/ANKARA

0312 293 46 00

444 NDK 6 (444 635 6)

www.ndk.gov.tr
ndk@ndk.gov.tr

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ i
TABLOLAR DİZİNİ ii
ÖZET iii

1. GİRİŞ 1

2. RADYASYON KAYNAKLARI 2
2.1 Tıbbi Radyoloji Cihazları 4
2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyoloji Cihazları 8
2.3 Radyoterapide Kullanılan Kaynaklar 10
2.4 Nükleer Tıp Uygulamaları 12
2.5 Endüstriyel Radyografi/Radyoskopi Cihazları 15
2.6 Nükleer Ölçüm Cihazları 17
2.6.1 Sabit Nükleer Ölçüm Cihazları 18
2.6.2 Taşınabilir Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları 20
2.7 Işınlama Tesisleri / Cihazları 21
2.8 Güvenlik Amaçlı Kullanılan Cihazlar 22
2.9 Araştırma ve Eğitim Uygulamaları 24

3. RADYASYON KAYNAKLARINA İLİŞKİN YETKİLENDİRME VE DENETİM FAALİYETLERİ 25

4. SONUÇ 29

NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ülkemizdeki radyasyon uygulamalarının dağılımı....3
Şekil 2. Tıbbi radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı....4
Şekil 3. Tıbbi grafi ve skopi cihazlarının illere göre dağılımı....5
Şekil 4. Anjiyografi cihazlarının illere göre dağılımı....6
Şekil 5. Bilgisayarlı tomografi cihazlarının illere göre dağılımı....6
Şekil 6. Mamografi cihazlarının illere göre dağılımı....7
Şekil 7. Kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının illere göre dağılımı....7
Şekil 8. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı....8
Şekil 9. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının illere göre dağılımı....9
Şekil 10. Radyoterapi cihazlarının türlerine göre dağılımı....11
Şekil 11. Radyoterapi cihazlarının illere göre dağılımı....11
Şekil 12. Nükleer tıp cihazlarının türlerine göre dağılımı....13
Şekil 13. Nükleer tıp cihazlarının illere göre dağılımı....13
Şekil 14. Nükleer tıp yataklı tedavi ünitelerinin illere göre dağılımı....14
Şekil 15. Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarının türlerine göre dağılımı....16
Şekil 16. Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı....16
Şekil 17. Nükleer ölçüm cihazlarının türlerine göre dağılımı....17
Şekil 18. Sabit nükleer ölçüm cihazlarının türlerine göre dağılımı....18
Şekil 19. Sabit nükleer ölçüm cihazlarının illere göre dağılımı....19
Şekil 20. Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı....20
Şekil 21. Kan ışınlama cihazlarının illere göre dağılımı....21
Şekil 22. Güvenlik amaçlı kullanılan cihazların türlerine göre dağılımı....23
Şekil 23. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı....23
Şekil 24. Lisansların uygulama alanlarına göre dağılım....25
Şekil 25. İzinlerin türlerine göre dağılımı....26
Şekil 26. İthal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri....26
Şekil 27. İthal izni düzenlenen tıbbi amaçlı kapalı kaynaklar....27
Şekil 28. İthal izni düzenlenen endüstriyel amaçlı kapalı kaynaklar....27
Şekil 29. İthal izni düzenlenen açık kaynaklar ve toplam aktiviteleri....27
Şekil 30. Radyasyon güvenliği denetimi ve yerinde inceleme faaliyeti yapılan kuruluşların uygulama alanına göre dağılımı....28
Şekil 31. Radyasyon kaynağı sayısının yıllara göre dağılımı....29

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Tıbbi radyoloji cihazları....4
Tablo 2. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazları....8
Tablo 3. Radyoterapi cihazları....11
Tablo 4. Nükleer tıp cihazları....13
Tablo 5. Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazları....15
Tablo 6. Sabit nükleer ölçüm cihazları....18
Tablo 7. Güvenlik amaçlı kullanılan cihazlar....22

NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

ÖZET

Bu dokümanda, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) ulusal radyasyon kaynakları kayıt sisteminde yer alan radyasyon kaynaklarının 2020 yılı sonu itibarıyla sayıları ve ülke genelindeki dağılımları ile 2020 yılında gerçekleştirilen yetkilendirme ve denetim faaliyetlerine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

NDK ulusal radyasyon kaynakları kayıt sistemine göre, ülkemiz genelinde radyoaktif kaynaklar ile radyasyon üreten veya yayan cihazlar (X-ışını cihazları, kapalı ve açık radyoaktif kaynaklar ile kapalı radyoaktif kaynak içeren cihazlar) olmak üzere çeşitli radyasyon kaynakları bulunmaktadır.

Bu kayıtlara göre 2020 yılı sonu itibarıyla 18031 adet tıbbi radyoloji cihazı ve 16398 adet diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazı ile radyoterapide kullanılan 374 adet cihaz bulunmaktadır. Ayrıca, açık kaynakların kullanıldığı nükleer tıp uygulamalarında 599 adet cihaz ve yataklı tedavi uygulanan toplam 72 ünite, radyofarmasötik üretimi yapan 11 adet radyoizotop üretim ve eğitim/araştırma amaçlı hızlandırıcı tesisi, 6 adet radyofarmasötik, radyoizotop jeneratörü üretimi/hazırlama ve kalibrasyon kaynağı hazırlama tesisi, I-125 ile radyoimmünoassay (RIA) çalışması yapan 45 laboratuvar, 53 adet kan ışınlama cihazı bulunmaktadır.

2020 yılı sonu itibarıyla toplam 761 adet endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazı, 4363 adet sabit nükleer ölçüm cihazı, 281 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı ile kuyu tipi (sondaj) ölçümü uygulamalarında kullanılan 99 adet radyoaktif kaynak ve/veya radyoaktif kaynak içeren cihaz bulunmaktadır. Gıda, tıbbi malzemeler ve diğer ürünlerin radyasyon ile ışınlanması amacıyla çalışmakta olan 5 adet ışınlama tesisi mevcuttur. Ayrıca TLD/OSL dozimetrelerin ve çeşitli malzemelerin ışınlanması amacıyla kullanılan 23 adet ışınlama cihazı bulunmaktadır. Güvenlik amacıyla kullanılan paket/bagaj kontrol, patlayıcı/kaçak madde tespit ve araç/konteyner tarama olmak üzere toplam 6467 adet cihaz bulunmaktadır. Araştırma ve eğitim uygulamalarında çeşitli laboratuvarlarda kullanılan 1337 adet kapalı ve açık kaynak bulunmaktadır.

2020 yılı sonu itibarıyla radyasyon kaynaklarının imalat veya bakım ve onarımı için 23 adet, radyoaktif maddelerin ithalat, ihracat ve taşıması için 105 adet, kullanılmayacak kapalı radyoaktif kaynakların sökümü ve taşınmasına yönelik 17 adet yetkilendirilmiş kuruluş mevcuttur.

2020 yılında NDK tarafından radyoaktif kaynak ve radyoaktif kaynak içeren cihazlara ithal, ihraç, taşıma, transit geçiş, geçici giriş-çıkış ve kaynak değişimine ilişkin 4176 adet izin işlemi gerçekleştirilmiştir. Sürdürülmekte olan yetkilendirme ve denetim faaliyetleri kapsamında 2020 yılı içerisinde lisanslamaya ilişkin 8873 işlem gerçekleştirilmiş, 3638 kuruluşta 5401 radyasyon kaynağını kapsamak üzere radyasyon güvenliği denetimi ve yerinde inceleme faaliyeti yürütülmüştür.

1 GİRİŞ

Radyasyon, enerji dalgaları veya enerjili parçacıklar şeklindeki bir enerji aktarımı olup kararsız atomlardan meydana gelebilir veya cihazlar tarafından üretilebilir. Radyasyon kavramı temelde iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olmak üzere iki başlık altında incelenir.

İyonlaştırıcı radyasyon daha yüksek enerjiye sahip olan, insan vücuduna nüfuz edebilen ve maddenin içinden geçerken enerjisini maddeye aktararak maddedeki atomları doğrudan veya dolaylı yollarla etkileyerek iyon çiftleri oluşturabilen radyasyon olarak tanımlanır. İyonlaştırıcı radyasyonun madde üzerindeki etkisi iyonlaşma olarak adlandırılır ve kurşun, çelik, beton, su, plastik veya insan dokusu gibi herhangi bir maddede meydana gelebilir. Diğer yandan radyasyonun daha az enerjili, iyonlaştırıcı olmayan türleri de (radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi ve görünür ışık) vardır.

İyonlaştırıcı radyasyon türleri, X-ışınları ve gama ışınları ile alfa parçacıkları, beta parçacıkları, ağır iyonlar ve serbest nötronlar gibi parçacıklardır. İyonlaştırıcı radyasyon ile bilgileri içeren bu dokümanda, iyonlaştırıcı radyasyon terimi kısaltılarak radyasyon olarak kullanılmıştır.

Radyasyon kaynakları doğal olarak çevremizde mevcuttur ve dünya üzerinde çok sayıda radyasyon kaynağı bulunmaktadır. Bu nedenle insanlar nerede oldukları veya ne yaptıklarına bakılmaksızın sürekli olarak radyasyona maruz kalmaktadır. Doğal radyasyona maruz kalınmasının iki önemli kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; dünya atmosferine giren yüksek enerjili kozmik ışınlar ve parçacıklar ile yer kabuğu kökenli olup çevremizde her yerde hatta insan vücudunda bile bulunan radyoaktif maddelerdir.

Radyasyon, doğal olarak çevremizde var olduğundan dolayı ortadan kaldırılamaz ancak radyasyona maruz kalma durumları kontrol altına alınarak radyasyon kaynaklı riskler azaltılabilir.

X-ışınları ve radyoaktivitenin 19. yy sonlarında keşfedilmesinden bu yana radyasyonun ve radyoaktif maddelerin yapay olarak elde edilmesi sağlanmış, radyasyon kaynakları, cihaz, sistem ve donanım teknolojisi geliştirilerek insanların yararına farklı uygulama alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde radyasyon kaynakları endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Radyasyon uygulamaları, radyasyonun bilinçli ve kontrollü olarak kullanıldığı yasal düzenlemelere tabi faaliyetlerdir. Bu düzenlemeler; mesleki, tıbbi ve halk ışınlanmalarına karşı radyasyondan korunmanın temini için radyasyon güvenliğinin ve radyoaktif kaynakların emniyetinin sağlanmasına ilişkin kural ve standartları kapsar, radyasyon kaynaklarının güvenli kullanımına yönelik bilimsel, teknik ve idari gereklilikleri belirler. Ülkemizde, radyasyon uygulamalarının yetkilendirilen kuruluşlarca güvenlik ve emniyet sağlanacak şekilde yürütülmesine ilişkin düzenleme, değerlendirme, yetkilendirme, denetim ve yaptırım faaliyetleri NDK tarafından yürütülmektedir.

Bu dokümanın amacı, ülkemizde bulunan radyasyon kaynakları (X-ışını cihazları, kapalı ve açık radyoaktif kaynaklar ile kapalı radyoaktif kaynak içeren cihazlar) ve bu kaynakların kullanımları ile ilgili olarak yapılan yetkilendirme ve denetim faaliyetlerine yönelik verileri sunmaktır. Sunulan verilerin NDK'nın sürdürdüğü düzenleyici kontrol faaliyetlerini kapsam ve miktar olarak göstermesi ve ülkemizde radyasyondan korunma, radyasyon uygulamaları ve bu uygulamalarla ilgili gelişmeleri inceleme gibi konularda çalışmalar yapacak kişi ve kuruluşlara bilgi sağlaması amaçlanmıştır.

2 RADYASYON KAYNAKLARI

X-ışınlarının ve radyoaktivitenin keşfedilmesinden bu yana radyasyon kaynakları yaşantımızda birçok farklı alanda giderek artan sayı ve çeşitlilikte kullanılmaktadır. X-ışınları, keşfedilmesinden sonraki altı ay içerisinde, ilk kez tıpta teşhis amacıyla kullanılmaya başlanmış; o zamandan beri radyasyonun ve radyasyon kaynaklarının yapay olarak elde edilmesinin yolları bulunmuş ve çok farklı uygulama alanları geliştirilmiştir. Bu bağlamda, nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynakları için artan ihtiyaç, tıp, endüstri, güvenlik ve ilgili diğer alanlarda radyoaktif kaynaklar, radyasyon üreten veya yayan cihazlar olmak üzere radyasyon kaynaklarının kullanımındaki artış yadsınamaz bir gerçektir.

Günümüzde X-ışını cihazları, kapalı ve açık radyoaktif kaynaklar ve radyoaktif kaynak içeren cihazlar/düzenekler endüstri, tıp, güvenlik, tarım, hayvancılık, araştırma, eğitim gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

▶ **X-Işını Cihazları:** X-ışınları, havası boşaltılmış bir tüp içinde hızlandırılan elektronların metal bir hedefe çarptırılmasıyla elde edilir. X-ışını cihazları; tıbbi radyasyon uygulamaları kapsamında radyoloji ve radyoterapi bölümleri ağırlıklı olmak üzere ameliyathaneler ve ortopedi, kardiyoloji gibi çeşitli kliniklerde, diş hekimliğinde, veterinerlikte teşhis ve tedavi amaçlarıyla kullanılır. Endüstriyel radyografi ve nükleer ölçüm sistemleri ile paket, bagaj ve araçların güvenlik amaçlı taramalarında da X-ışınları kullanılır.

▶ **Kapalı Kaynaklar:** Normal kullanım ve olası kaza koşullarında sızdırmazlığı sağlamak üzere bir kapsül içerisine kapatılmış ya da kaplama malzemesi ile kaplanmış katı halde bulunan radyoaktif kaynaklar kapalı kaynak olarak adlandırılır. Radyoterapide kullanılan gama bıçağı cihazlarında bulunan yüksek aktiviteli kapalı kaynaklardan, endüstriyel radyografide kullanılan nispeten yüksek aktiviteli kapalı kaynaklara, kuyu tipi (sondaj) ölçüm uygulamalarındaki orta seviyeli aktivitedeki kapalı kaynaklara, nükleer tıp uygulamalarındaki PET görüntüleme cihazlarının ve diğer cihazların kalibrasyonlarında ve laboratuvar uygulamalarında kullanılan düşük aktivitedeki kapalı kaynaklara kadar çok farklı cins ve formda olmak üzere çeşitli radyasyon uygulamalarında kontrollü şekilde kullanılır.

▶ **Açık Kaynaklar:** Kapalı kaynak formunda olmayan katı, sıvı, gaz veya toz halindeki her türlü radyoaktif kaynak açık kaynak olarak kabul edilir. Açık kaynaklar, nükleer tıp ve bazı radyoterapi bölümlerinde teşhis ve tedavide, laboratuvarlarda araştırma, test, kalibrasyon amaçlı çalışmalarda kullanılır.

Aşağıdaki sınıflandırma ile bu dokümanın kapsamında olan; temel olarak tıp, endüstri, güvenlik, araştırma ve eğitim alanlarında faaliyet yürütülen radyasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan radyasyon kaynaklarının türleri verilmiştir.

1) Tıbbi radyasyon uygulamaları

- Tıbbi radyoloji uygulamaları (veterinerlik uygulamaları dâhil) kapsamında; grafi/skopi, anjiyografi, bilgisayarlı tomografi, mamografi, kemik yoğunluk ölçüm, mikrofilm cihazları
- Diş hekimliği uygulamaları kapsamında; periapikal (sabit/mobil), panoramik, diş tomografi cihazları
- Radyoterapi uygulamaları kapsamında; lineer hızlandırıcı, sonradan yüklemeli brakiterapi, siber bıçağı, gama bıçağı, tomoterapi, MR-Lineer hızlandırıcı, Co-60 teleterapi cihazları
- Nükleer tıp uygulamaları kapsamında; SPECT/SPECT-CT, PET/PET-CT/PET-MR, radyoizotop kullanılan yataklı tedavi üniteleri, RIA laboratuvarları, radyoizotop üretim ve eğitim/araştırma amaçlı hızlandırıcı tesisleri, radyofarmasötik, radyoizotop jeneratörü üretimi/hazırlama ve kalibrasyon kaynağı hazırlama tesisleri

2) Endüstriyel radyasyon uygulamaları

- Endüstriyel radyografi uygulamaları kapsamında; X-ışını radyografi, X-ışını radyoskopi, gamagrafi cihazları
- Nükleer ölçüm uygulamaları kapsamında; X-ışını ve radyoaktif kaynaklı analiz, X-ışını ve radyoaktif kaynaklı proses kontrol ve ölçüm cihazları ile taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazları
- Işınlama sistemleri kapsamında; gama ışınlama ve elektron demeti ışınlama tesisleri, kan ışınlama ve ışınlama cihazları

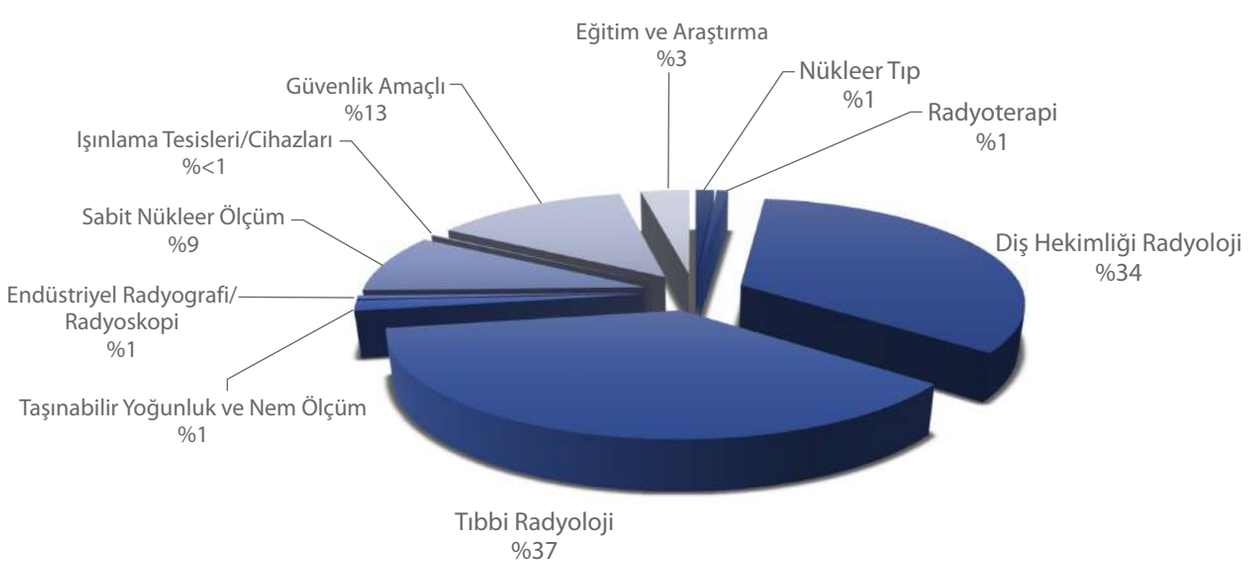
3) Güvenlik amaçlı radyasyon uygulamaları

- Güvenlik uygulamaları kapsamında; paket/bagaj kontrol cihazları, araç/konteyner tarama cihazları, patlayıcı/kaçak madde tespit cihazları

4) Araştırma ve eğitim amaçlı radyasyon uygulamaları

- Araştırma ve eğitim uygulamaları kapsamında; analiz, araştırma, geliştirme, eğitim, ışınlama, test, kalibrasyon gibi amaçlarla kullanılan açık veya kapalı kaynaklar

Dokümanda istatistiksel bilgi vermek amacıyla yukarıda belirtilen radyasyon uygulamaları kapsamında ülkemizde kullanılan radyasyon kaynaklarının türlerine göre sayıları ve il bazında dağılımları yer almaktadır. Ülkemizde radyasyon kaynaklarının kullanıldığı radyasyon uygulamalarının dağılımları Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. *Ülkemizdeki radyasyon uygulamalarının dağılımı*

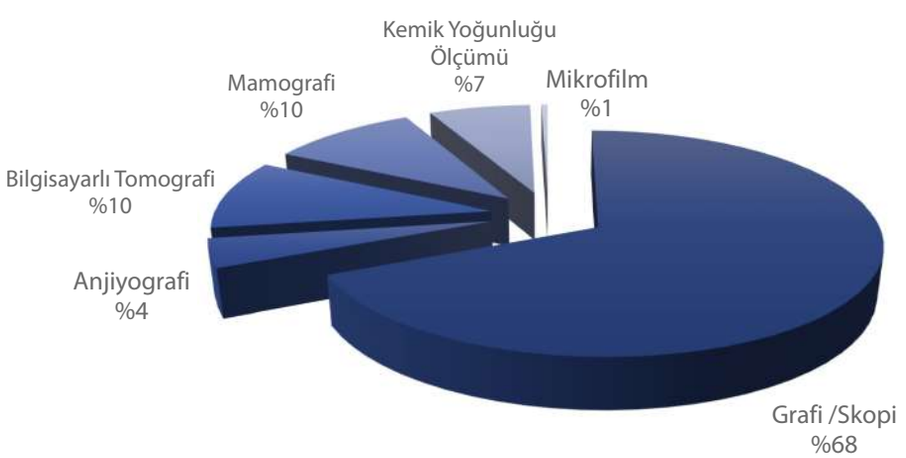
2.1 Tıbbi Radyoloji Cihazları

Tıbbi radyoloji uygulamaları tanısal ve girişimsel olmak üzere ikiye ayrılır. Bu uygulamalar organların direk ve kontrast madde kullanılarak hastanın iç organlarının yapısal durumlarının gerçek zamanlı dinamik olarak görüntüsünü inceleme teknikleridir. Tıbbi radyoloji uygulamalarında kullanılan radyoloji cihazları X-ışınlarının hastada farklı doku yoğunluklarına göre farklı şekilde soğurulması sonucu hastadan geçen ışınların radyografik film üzerine düşürülerek (grafi) veya görüntü şiddetlendirici vasıtasıyla bir monitöre aktarılarak (skopi) görüntü elde edilmesi prensibiyle çalışır. NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde kullanımda olan tıbbi radyoloji cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 1'de ve Şekil 2'de verilmektedir.

Tablo 1. *Tıbbi radyoloji cihazları*

Grafi/Skopi	Anjiyografi	Bilgisayarlı Tomografi	Mamografi	Kemik Yoğunluğu Ölçümü	Mikrofilm	TOPLAM
12317	764	1831	1802	1241	76	18031

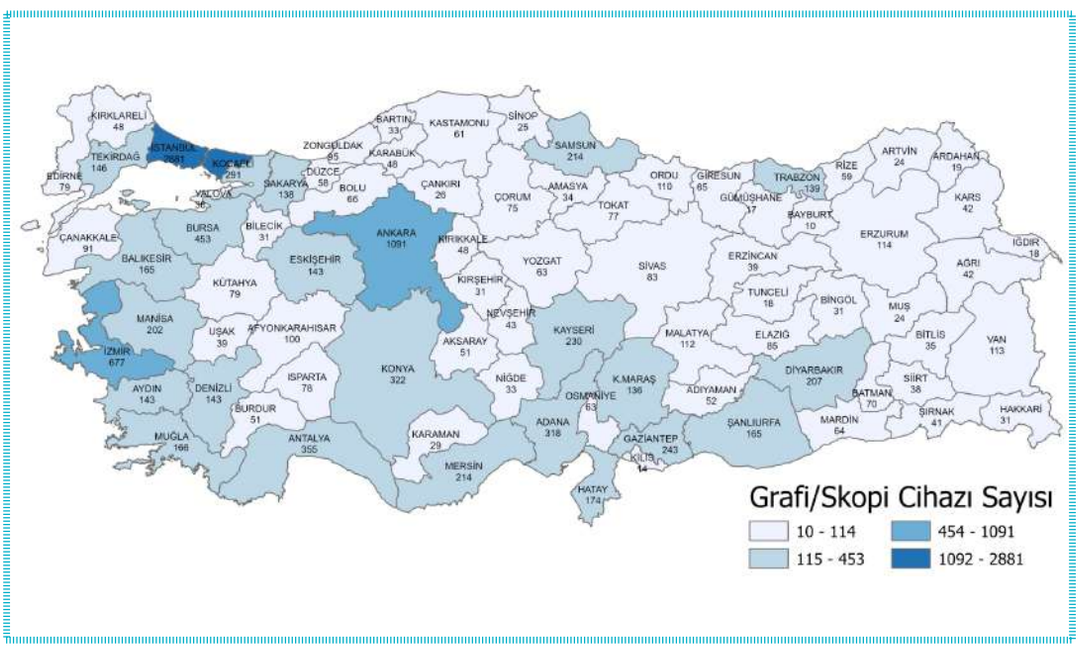
*Tablo'da yer alan cihazlar ve güvenli kullanımları hakkında detaylı bilgi, **www.ndk.gov.tr** adresinde yayımlanan kılavuzlardan elde edilebilir.*



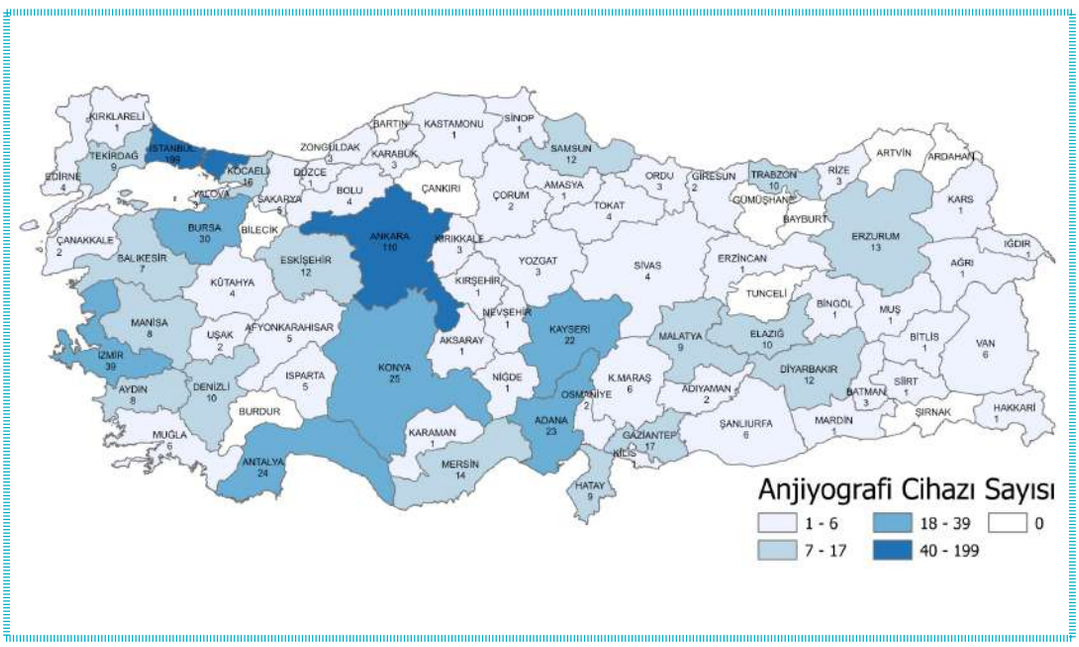
Şekil 2. *Tıbbi radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı*

Ülkemizde kullanılan tıbbi amaçlı grafi ve skopi cihazlarının dağılımı Şekil 3'te, insan vücudundaki tüm damarların, içlerine yüksek yoğunlukta bir madde verilerek grafilerinin çekilmesi amacıyla kullanılmakta olan anjiyografi cihazlarının dağılımı da Şekil 4'te verilmektedir.

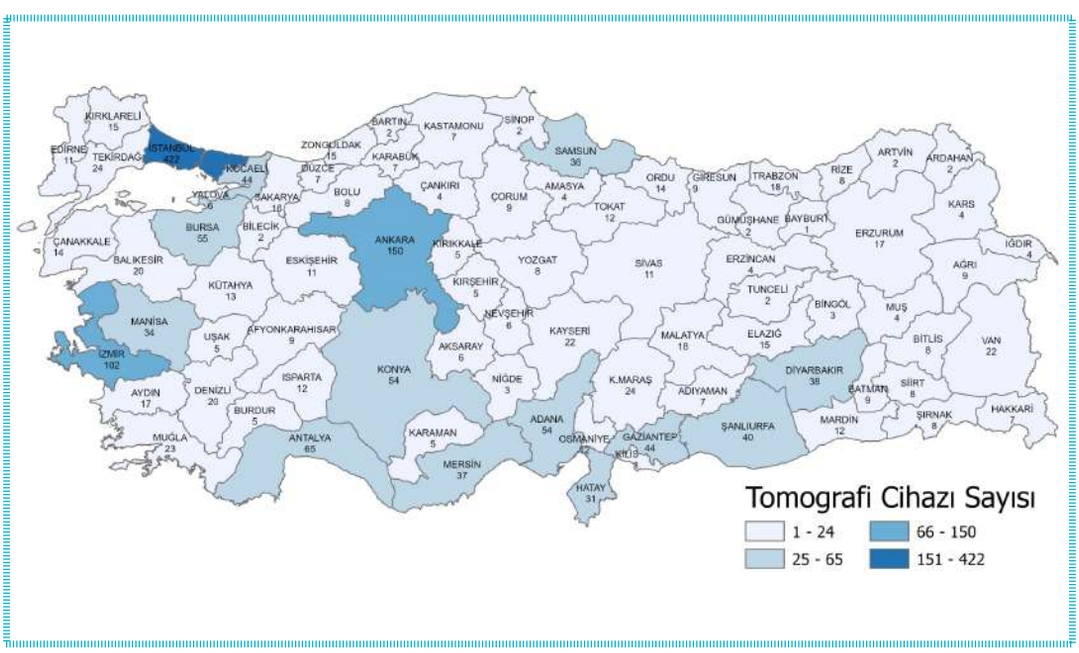
Değişik açılardan gelen X-ışınlarının bilgisayar yardımıyla değerlendirilmesiyle dokuların kesitler hâlinde görüntülerinin elde edilmesini sağlayan bilgisayarlı tomografi cihazlarının dağılımı Şekil 5'te, yumuşak dokularda muayene ile saptanamayacak kadar küçük anormalliklerin tespit edilmesi amacı ile düşük dozda X-ışını üreterek çalışan mamografi cihazlarının dağılımı Şekil 6'da, kemik kütlesindeki kayıp oranını değerlendirmede kullanılan kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının dağılımı Şekil 7'de verilmektedir.



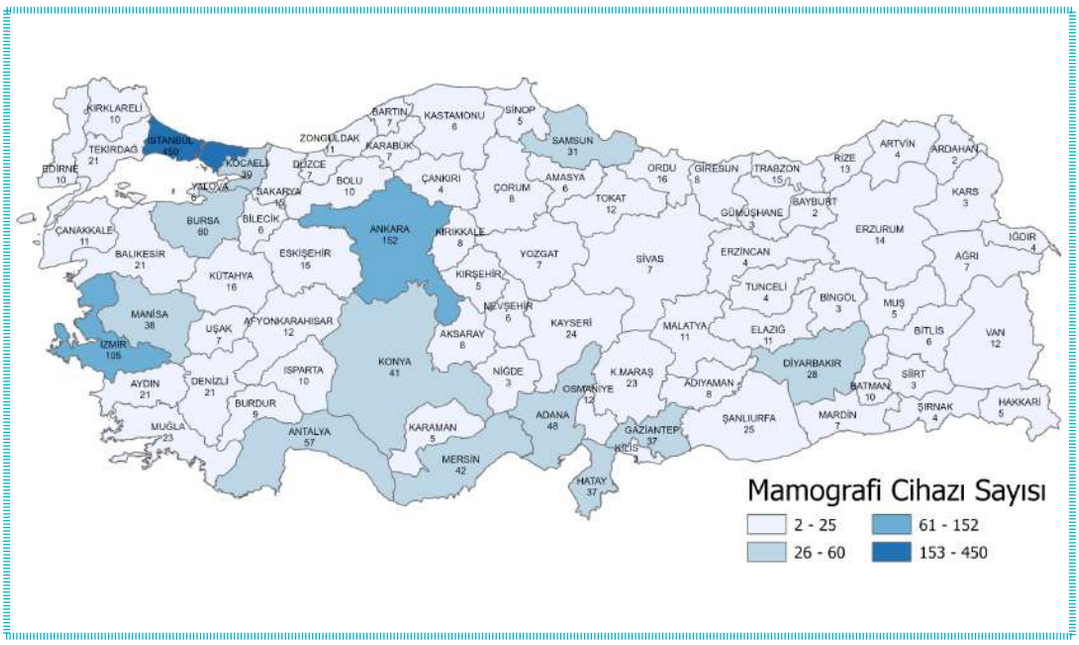
Şekil 3. *Tıbbi grafi ve skopi cihazlarının illere göre dağılımı*



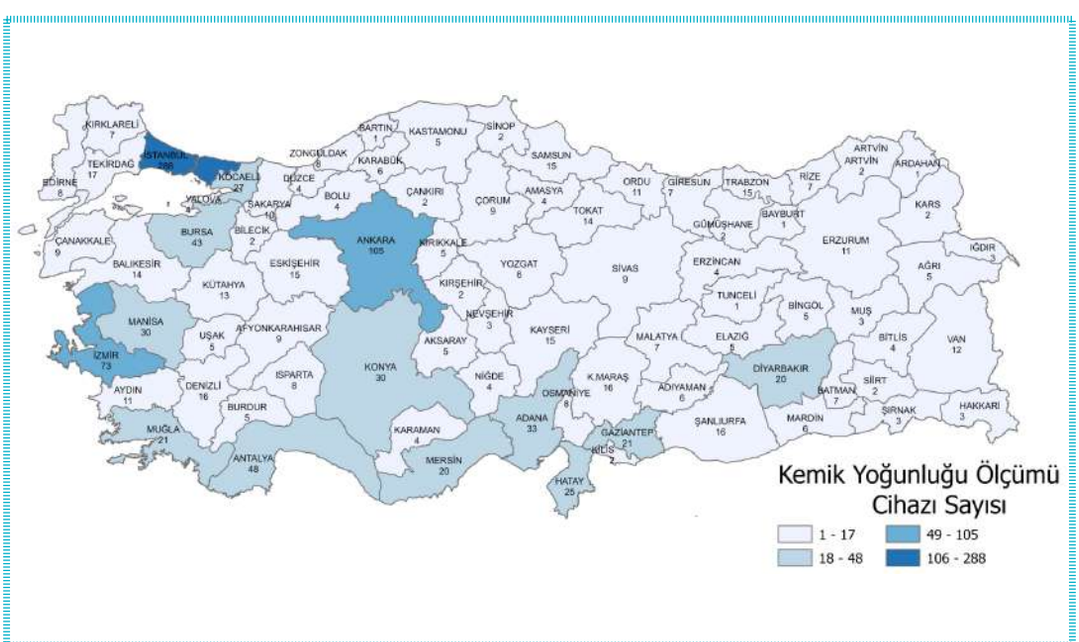
Şekil 4. *Anjiyografi cihazlarının illere göre dağılımı*



Şekil 5. *Bilgisayarlı tomografi cihazlarının illere göre dağılımı*



Şekil 6. *Mamografi cihazlarının illere göre dağılımı*



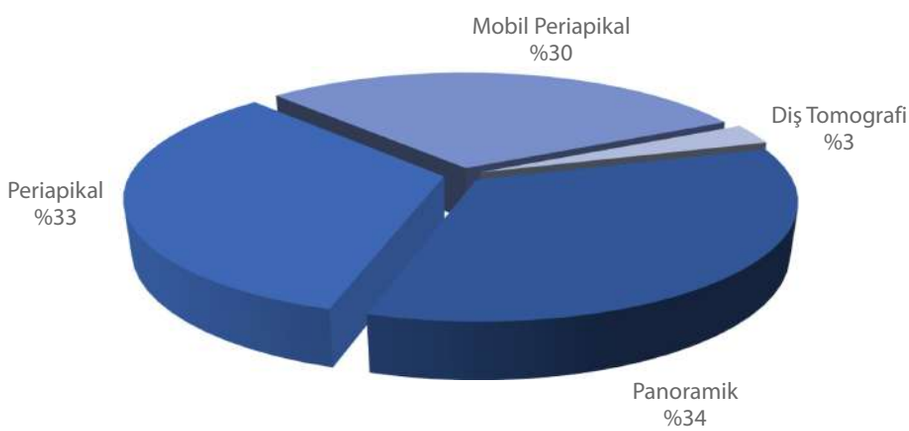
Şekil 7*. Kemik yoğunluğu ölçümü cihazlarının illere göre dağılımı*

2.2 Diş Hekimliğinde Kullanılan Radyoloji Cihazları

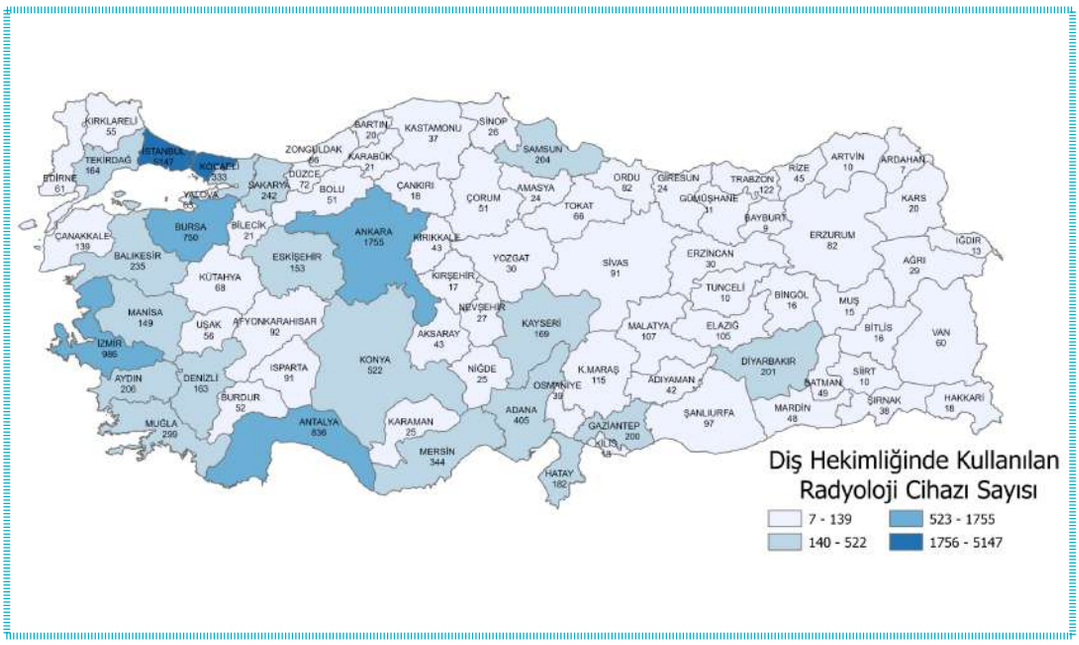
Gözle görülmeyen çürüklerin, apselerin, kemik içindeki oluşumların tespitinde kullanılır. Diş hekimliğinde görüntüleme amaçlı olarak kullanılan radyoloji cihazları inceleme tipine göre periapikal, panoramik ve diş tomografi olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir. NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde diş hekimliğinde kullanımda olan radyoloji cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 2'de ve Şekil 8'de verilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının ülke genelindeki dağılımı Şekil 9'da verilmektedir.

Tablo 2. *Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazları*

Periapikal	Mobil Periapikal	Panoramik	Diş Tomografi	TOPLAM
5450	4881	5604	463	16398



Şekil 8. *Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının türlerine göre dağılımı*



Şekil 9. *Diş hekimliğinde kullanılan radyoloji cihazlarının illere göre dağılımı*

2.3 Radyoterapide Kullanılan Kaynaklar

Işın tedavisi olarak adlandırılan radyoterapi, yüksek enerjili parçacıkların hücre üzerinde yarattığı etkiden yararlanmayı esas alan bir tedavi biçimidir. Radyasyon kaynakları çeşitli biçimlerde radyasyon onkolojisi bölümlerinde hastaların tümör tedavilerinde kullanılır. Amaç belirlenen hedef hacme maksimum ve homojen dozu verirken, radyasyona hassas kritik organları ve etrafındaki sağlıklı dokuları mümkün olduğunca korumaktır. Tümör bölgesinin belirlenebilmesi için X-ışınları yardımıyla filmler çekilir ve ışınların hangi açılardan uygulanması gerektiği hesaplanır. Bu ölçümler bir simülasyon cihazı yardımıyla yapılır.

Radyoterapi, hastaya vücut dışından veya vücut içinden uygulanabilir. Dıştan uygulanan elektron demeti, X-ışınları veya gama ışınlarının uygulandığı radyoterapi uygulamalarında lineer hızlandırıcı, tomoterapi, siber bıçağı gibi hızlandırıcılar ile teleterapi, gama bıçağı, brakiterapi gibi Co-60, Ir-192 radyoaktif kaynaklı cihazlar kullanılarak hastaya elektron demeti, X-ışınları veya gama ışınları gönderilir.

Lineer hızlandırıcı cihazları ile hızlandırılmış yüksek enerjili elektronlar doğrudan yüzeysel tedavilerde kullanılabileceği gibi bir hedefe çarptırılarak derin tedaviler için yüksek enerjili X-ışınları da elde edilebilir.

Beyin tümörlerinin cerrahi işleme gerek kalmaksızın tedavisi için tümü bir odaksal nokta üzerine yönlendirilmiş çok sayıda sabit Co-60 kaynağı içeren gama bıçağı geliştirilmiştir.

Günümüzde, radyasyon tedavileri için robot kollu lineer hızlandırıcı siber bıçaklar ön plana çıkmıştır. Siber bıçağı cihazı, gama bıçağı ile aynı prensibi kullanarak çalışır. MRI ile görüntülenen tümör bölgesine odaklanmış hassas bir ışın gönderilerek tümörün etrafı 3 boyutlu olarak çevrelenir ve canlı dokudan ayrılır. Ayrıca sadece baş bölgesindeki değil vücudun herhangi bir bölgesindeki tümörü ışınlayabilir.

Ayrıca gelişen teknoloji kapsamında dikkat çeken tomoterapi cihazlarında 6 MV enerji mertebesinde X-ışını üreten kaynak, CT gantrisine yerleştirilmiştir. Tomoterapi cihazları, tedaviden hemen önce tümörün CT görüntüsünün alınarak tedavi için uygulanacak X-ışını demetinin tümörün boyutlarına, şekline ve yerine göre doğru yönlendirilmesine olanak sağlar.

Brakiterapi olarak da adlandırılan vücut içinden uygulanan radyoterapide ise radyoaktif kaynak, vücut içinde kanserli dokuya olabildiğince yakın bir noktaya yerleştirilerek gama ışını ile tedavi uygulanır.

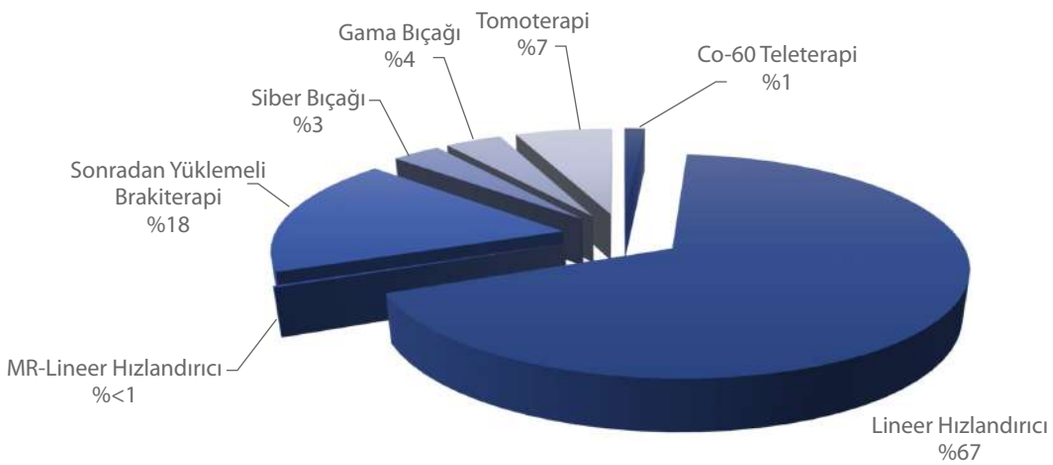
Ayrıca yeni gelişen teknolojilerle ortaya çıkan MR-Lineer Hızlandırıcı cihazları da tümörün MR ile görüntüsünün alınmasına ve lineer hızlandırıcı cihazı ile hastaya radyasyon demeti yönlendirilmesine olanak sağlar.

NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde kullanımda olan radyoterapi cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 3'te ve Şekil 10'da, illere göre dağılımı Şekil 11'de verilmektedir.

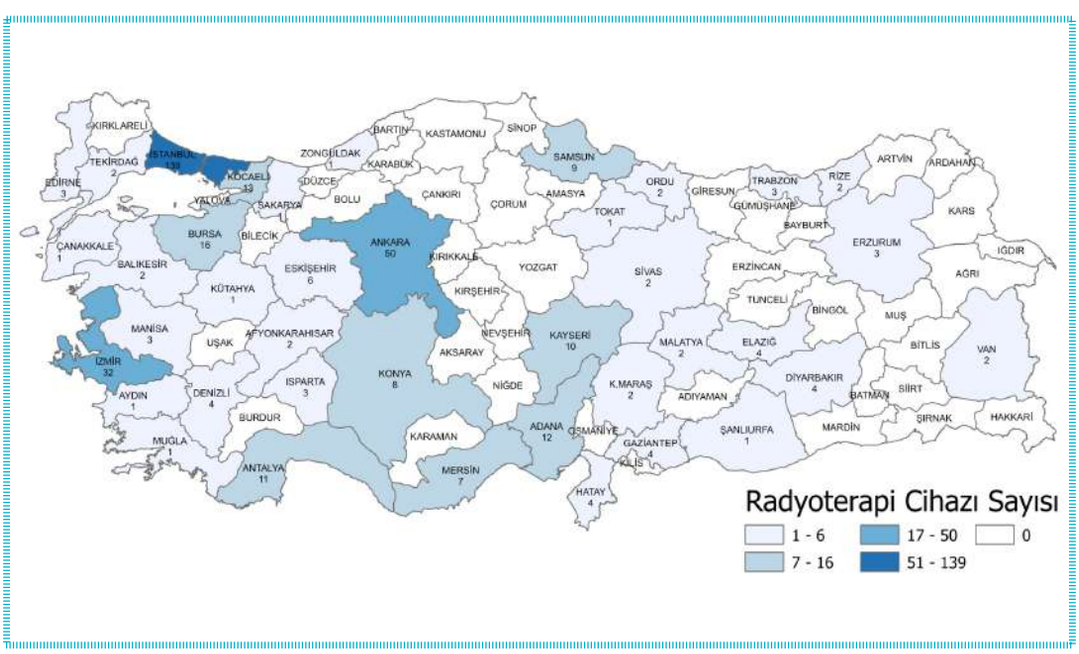
Ayrıca, NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizdeki radyoterapi uygulamalarında, simülasyon amaçlı olarak, 108 CT simülatör ve 17 adet simülatör cihazı kullanılmaktadır.

Tablo 3. *Radyoterapi cihazları*

Co-60 Teleterapi	Lineer Hızlandırıcı	MR-Lineer Hızlandırıcı	Sonradan Yüklemeli Brakiterapi	Siber Bıçağı	Gama Bıçağı	Tomoterapi	TOPLAM
5	252	1	66	12	14	24	374



Şekil 10. *Radyoterapi cihazlarının türlerine göre dağılımı*



Şekil 11. *Radyoterapi cihazlarının illere göre dağılımı*

2.4 Nükleer Tıp Uygulamaları

Nükleer tıp uygulamalarında hastalıkların tanı ve tedavisinde açık radyoaktif kaynaklar (radyofarmasötikler) kullanılmaktadır. Nükleer tıp tanı ve tedavi amacıyla kullanılan radyofarmasötikler, hastaya genellikle sıvı halde; teşhis amacıyla enjeksiyon yolu ile, tedavi amacıyla ise daha çok ağızdan verilir. Tanısal ve tedavi amaçlı yürütülen nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyoizotoplar başlıca Tc-99m, F-18, I-131, Ga-68, Lu-177, Ra-223 olmak üzere I-125, Tl-201, Ga-67, Cu-64, Cu-67, Zr-89, Ac-225, Y-90 mikro küre ve In-111'dir.

Görüntüleme sistemleri tetkik edilecek organa göre seçilen radyofarmasötiğin radyoaktif bir izotop ile kimyasal olarak bağlanarak hastaya verilmesi ve kaynak haline gelen organdan çıkan ışınların algılanması prensibi ile çalışır. Radyofarmasötiğin normal yapıdaki bir organdaki tutulum mekanizması belli olduğundan, bu sayede elde edilen görüntüden organın şekli, büyüklüğü ve fonksiyonları ile ilgili önemli bilgiler elde edilir. Genel olarak, nükleer tıp görüntüleme sistemleri; tomografik tek foton görüntüleme (SPECT) ve pozitron emisyonu tomografisi (PET) olarak ayrılır.

SPECT, SPECT/CT görüntüleme cihazları ile hastadan üç boyutlu görüntü alınmaktadır. Görüntünün alınması için görüntülenecek organa uygun hazırlanmış radyofarmasötik verilmektedir. Radyofarmasötiğin kan yolu ile hedef organda, kemikte, yumuşak doku veya tümörde tutulması sonucu hastadan fonksiyonel, dinamik, anotomik görüntüler alınmaktadır. Hastanın hedef organının yaydığı gama ışınları, görüntüleme cihazı ile kesit görüntüler alınarak bilgisayar yardımı ile yapılan işlemler sonucu doku, organ veya tüm vücut görüntüleri oluşmaktadır.

PET, PET/CT görüntüleme cihazları, SPECT, SPECT/CT cihazları ile benzer özellikleri taşımakla birlikte milimetre boyutlarındaki tümörlerin belirlenmesinde ve incelenmesinde kullanılmaktadır.

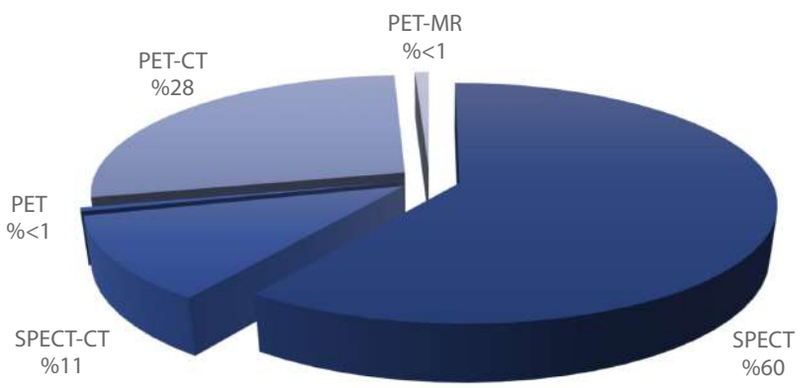
PET, PET/CT uygulamalarında radyofarmasötikler kullanılarak kanser hücrelerindeki metabolik değişikler tespit edilmektedir. Böylece hastalığın seviyesi, takibi ve tekrarlama durumu hakkında bilgi edinilir. Bu uygulama ile merkezi sinir sistemi ve kardiovasküler sistem hastalıklarının teşhisi de yapılabilmektedir. Ayrıca PET, PET/CT'ye göre bazı avantajları nedeniyle tercih edilen PET/MR görüntüleme cihazları da kullanılmaktadır.

Görüntüleme dışında, radyoizotopların kanserli dokuyu yok etmek veya azaltmak için çeşitli kullanımları da mevcuttur. Nükleer tıp ünitelerinde bulunan yataklı tedavi ünitelerinde yataklı tedavi odalarında, hastalara radyonüklit tedavisi uygulanarak tiroit tümörü ve hastalıklarının tedavisi sağlanır.

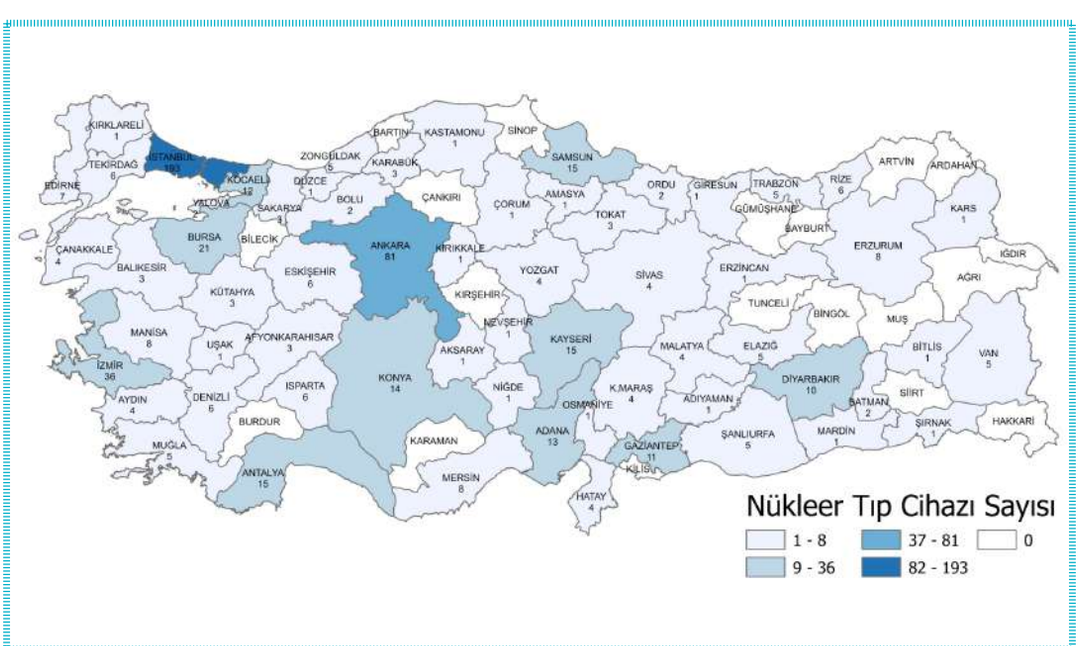
NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde nükleer tıp uygulamalarında yaygın olarak kullanımda olan nükleer tıp görüntüleme cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 4'te ve Şekil 12'de, illere göre dağılımı Şekil 13'te verilmektedir. Şekil 14'te radyoizotop ile yataklı tedavi uygulanan toplam 72 ünitenin Türkiye genelinde dağılımı verilmektedir.

Tablo 4. *Nükleer tıp cihazları*

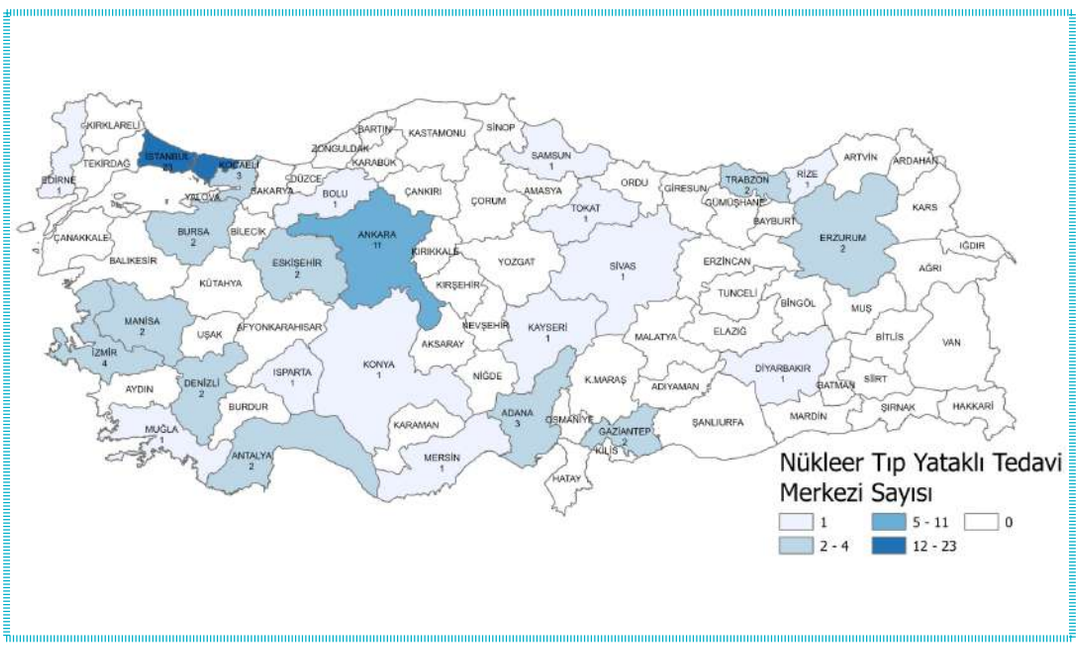
SPECT	SPECT-CT	PET	PET-CT	PET-MR	TOPLAM
358	68	3	165	5	599



Şekil 12. *Nükleer tıp cihazlarının türlerine göre dağılımı*



Şekil 13. *Nükleer tıp cihazlarının illere göre dağılımı*



Şekil 14. *Nükleer tıp yataklı tedavi merkezlerinin illere göre dağılımı*

Ülkemizde nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyofarmasötiklerin üretimini yapan; Adana'da 1, Ankara'da 3, İstanbul'da 3, İzmir'de 1 ve Kocaeli'de 3 olmak üzere toplam 11 adet radyoizotop üretim ve eğitim/araştırma amaçlı hızlandırıcı tesisi bulunmaktadır.

Ankara'da 1, Kocaeli'de 2 ve İstanbul'da 3 olmak üzere toplam 6 radyofarmasötik, radyoizotop jeneratörü üretimi/hazırlama ve kalibrasyon kaynağı hazırlama tesisi bulunmaktadır.

Ülkemizde radyoizotop ile özellikle hormon ölçümleri kapsamında antikor veya antijenin varlığını ve miktarını tespit etmek için I-125 ile radyoimmünoassay (RIA) çalışması yapan 45 laboratuvar bulunmaktadır.

2.5 Endüstriyel Radyografi/ Radyoskopi Cihazları

Radyografi tekniği, radyasyon kaynakları kullanılarak malzemelerdeki hataların tahribatsız olarak malzemedeki yoğunluk farkından faydalanılarak tespit edilmesi esasına dayanır.

Radyasyon kaynağı olarak X-ışını tüpleri veya gama ışınları yayan radyoizotoplar kullanılır. X-ışını ile yapılan çalışmalar X-ışını grafi/skopi, gama ışınları ile yapılan çalışmalar ise gamagrafi olarak, her ikisi birden ise radyografi olarak adlandırılır.

Bu teknikte radyasyon kaynağından çıkan ışınlar malzeme içinden geçtikten sonra, malzeme üzerine yerleştirilen bir film üzerine düşürülür. Malzemede bulunabilecek hatalar, yoğunluk farkı nedeniyle film üzerinde farklı kararmalar oluşmasına neden olur.

Radyografi cihazları özellikle boruların, basınçlı kazanların, uçak kanatlarının ve her türlü makine aksamlarının kaynak dikişlerinin, malzeme hata ve aşınmalarını tespit etmekte kullanılır.

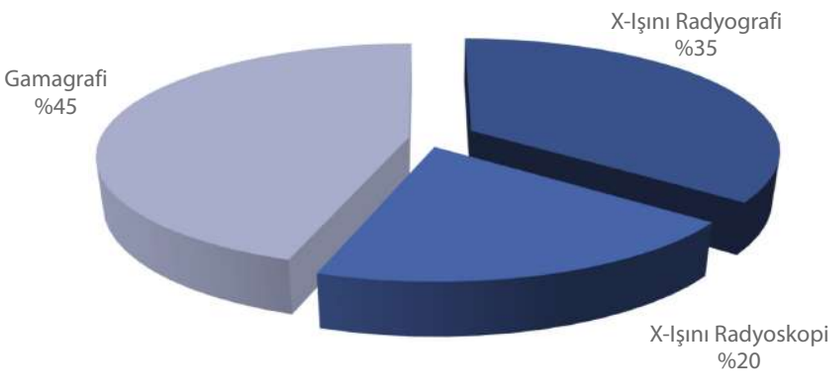
Radyasyonun malzemeden geçerek görüntünün film yerine monitörden alınması ise radyoskopi olarak adlandırılır. Bu teknik özellikle jant, lastik, elektronik kart gibi malzemelerin yapısındaki hataların izlenmesinde yaygın olarak kullanılır.

Gamagrafi cihazları ise genellikle elektrik enerjisinin bulunmadığı açık alanlarda (doğal gaz ve petrol boru hatlarında) kullanılır. Cihaz içerisinde yaygın olarak Ir-192 ve Se-75 radyoaktif kaynakları bulunur.

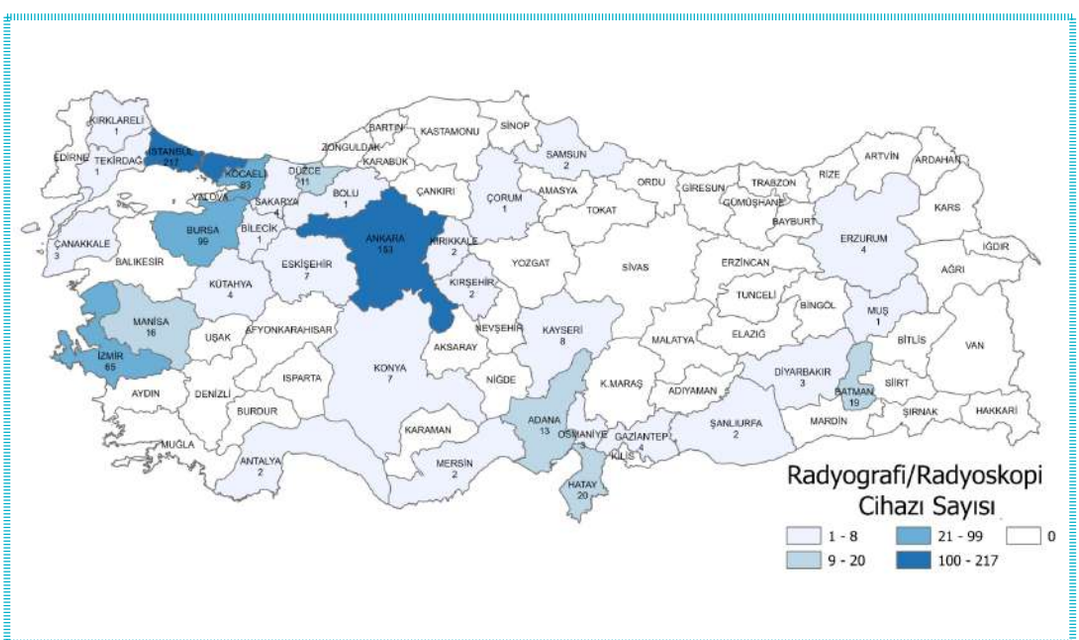
NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 5'te ve Şekil 15'te verilmektedir. Ayrıca endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarına sahip kuruluşların bulunduğu illere göre dağılımları Şekil 16'da verilmektedir.

Tablo 5. *Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazları*

X-Işını Radyografi	X-Işını Radyoskopi	Gamagrafi	TOPLAM
269	151	341	761



Şekil 15. *Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarının türlerine göre dağılımı*



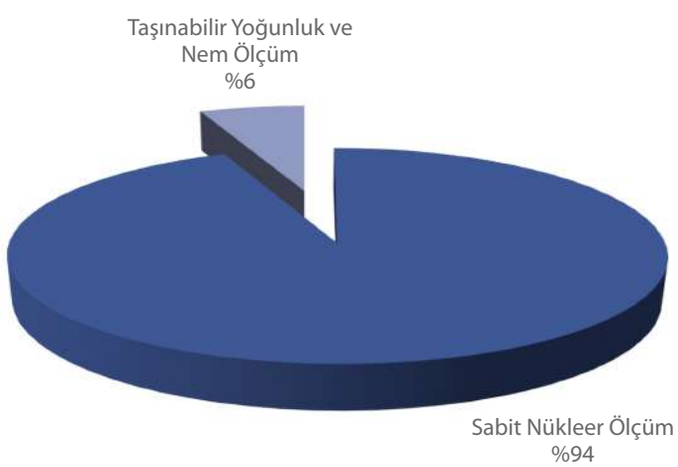
Şekil 16. *Endüstriyel radyografi/radyoskopi cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı*

2.6 Nükleer Ölçüm Cihazları

Ürünlerin kalitesini ve üretim yöntemlerini kontrol etmek için devamlı çalışabilen ölçüm sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür ölçümler çoğu kez, radyasyonun özelliklerinin kullanıldığı kalite kontrol sistemleri ile gerçekleştirilir. Bu tür sistemlere nükleer ölçüm sistemleri denir. Nükleer ölçüm sistemlerinde radyasyon yayan cihaz ve kaynaklar kullanılarak ürünlerin kalınlık, ağırlık, yoğunluk, nem ve seviye ölçümleri yapılır. Bu tür sistemlerde radyasyon kaynağı ölçümü yapılan malzeme ile temas halinde değildir. Başlıca uygulama alanları ise; aşırı sıcak veya zararlı kimyasal özellikleri olan malzemeler, temas edilmesi halinde zarar görecek hassas malzemeler ile paketlenmiş çeşitli ürünlerin kontrolü ve yüksek akış hızında malzemelerin üretim kontrolleridir. Bu sistemlerde kullanılan alfa, beta, gama ve X-ışını radyasyon kaynakları, kontrolü yapılan malzemeye zarar vermez ve malzemenin özelliklerini değiştirmez. Ayrıca analiz gibi amaçlarla yapılan ölçümlerde nötron yayan radyasyon kaynakları kullanılarak malzemede radyoaktivite oluşturulur ve bu aktivite ölçülerek malzeme hakkında bilgi edinilir.

Nükleer ölçüm cihazları, maden, petrol, doğalgaz arama ve zemin etütleri çalışmalarında, Ar-Ge ve eğitim çalışmalarında, demir-çelik işletmelerinde, dolum tesislerinde, silolarda ve kimyasal işleme tesislerinde, kâğıt, plastik, lastik ve benzeri üretim tesislerinde vb. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Nükleer ölçüm cihazları, sabit nükleer ölçüm cihazları ile taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazları olarak iki kategoride ele alınmakta olup bu cihazların dağılımı Şekil 17'de verilmektedir.



Şekil 17. *Nükleer ölçüm cihazlarının türlerine göre dağılımı*

2.6.1 Sabit Nükleer Ölçüm Cihazları

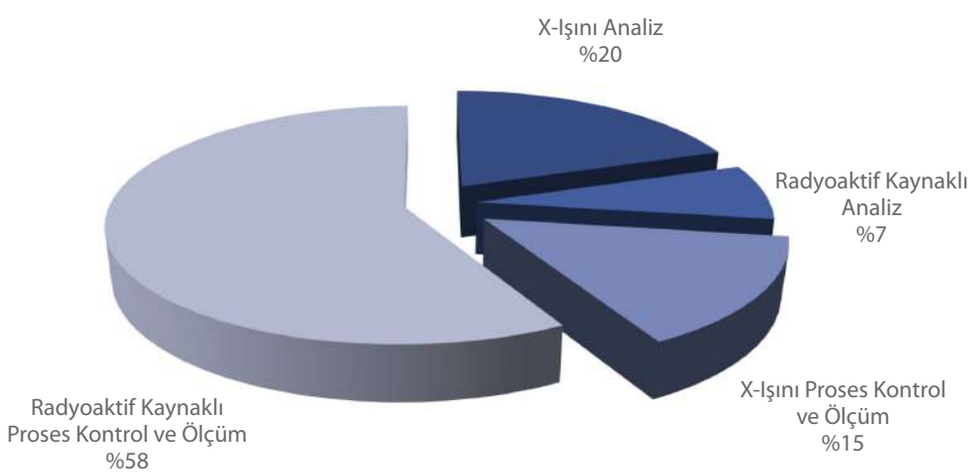
Demir, çelik, lastik, kağıt, plastik, çimento, şeker gibi birçok sanayi ürününün üretim aşamasındaki kalınlık, seviye, nem, yoğunluk gibi ölçümler radyasyon kaynaklarından yararlanılarak yapılmaktadır. Kalınlık, seviye, nem ve yoğunluk ölçümü, malzemenin içerisinden geçen radyasyon şiddetinin zayıflaması esasına dayanmaktadır. Ayrıca cevher ve mamul maddelerde hassas içerik analizleri de radyasyon kaynakları (X-ışını, Fe-55, Cd-109) kullanılarak yapılmaktadır.

Bu ölçümlerde genellikle; X-ışınları ve Cs-137, Sr-90, Kr-85, Co-60, Am-241, Am-241/Be, Cf-252 gibi radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır.

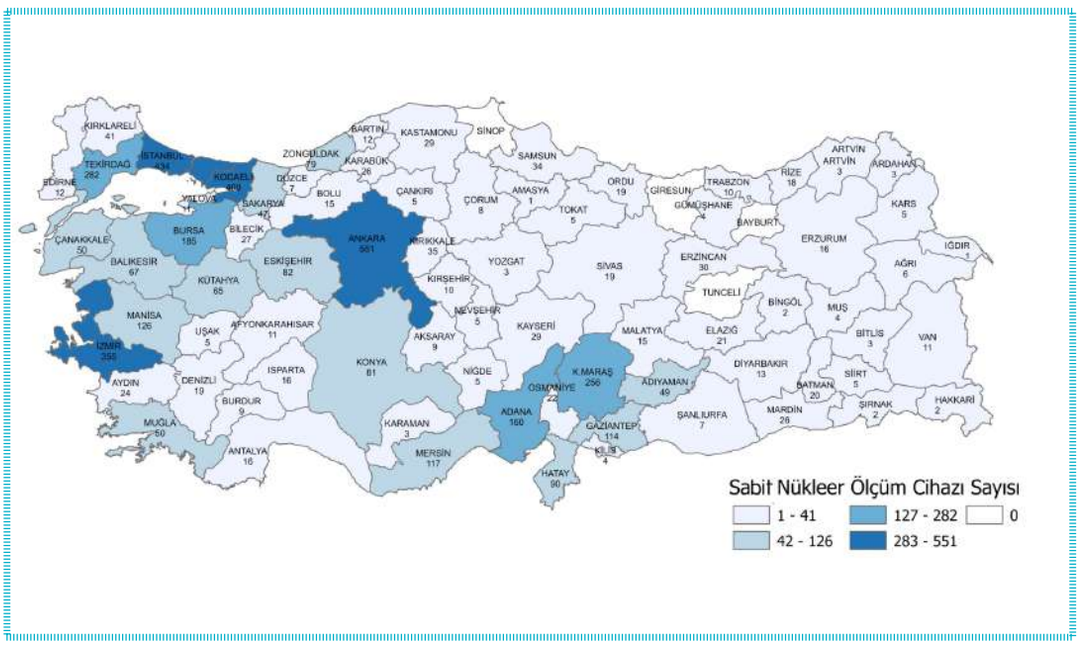
NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde çeşitli amaçlarla kullanılan sabit nükleer ölçüm cihazlarının sayıları ve türlerine göre dağılımı Tablo 6'da ve Şekil 18'de, illere göre dağılımı Şekil 19'da verilmektedir.

Tablo 6. *Sabit nükleer ölçüm cihazları*

X-Işını Analiz	Radyoaktif Kaynaklı Analiz	X-ışını Proses Kontrol ve Ölçüm	Radyoaktif Kaynaklı Proses Kontrol ve Ölçüm	TOPLAM
861	329	647	2526	4363



Şekil 18. *Sabit nükleer ölçüm cihazlarının türlerine göre dağılımı*



Şekil 19. *Sabit nükleer ölçüm cihazlarının illere göre dağılımı*

2.6.2 Taşınabilir Yoğunluk ve Nem Ölçüm Cihazları

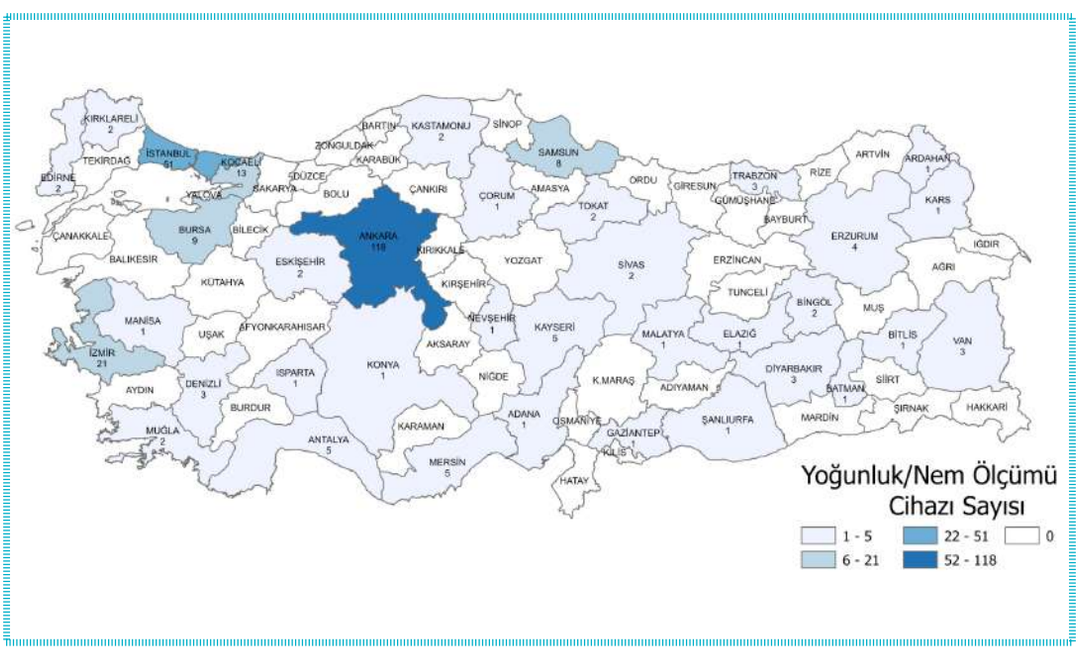
Baraj, yol, havaalanı inşaatı çalışmalarında yoğunluk ölçümü ve zirai çalışmalarda nem ölçümleri taşınabilir radyasyon kaynaklarından yararlanılarak yapılmaktadır. Petrol, doğal gaz aramalarında belirli derinliklerdeki nem ve yoğunluk ölçümünde de radyoaktif kaynaklar kullanılmaktadır.

Yukarıda belirtilen amaçlarla kullanılan taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarında dedektör, malzeme ile etkileşim sonucu geri saçılan ikincil radyasyon miktarını ölçerek malzemenin yoğunluğunu tespit eder. Nötron kaynağı kullanıldığında geri saçılan radyasyon şiddeti ile yoğunluk ve nem miktarı tespit edilir.

Kuyu tipi (sondaj) ölçüm uygulamaları (kuyu loğu uygulamaları) açılan sondaj kuyularında geçirgenlik, gözeneklilik ve iletkenlik gibi jeolojik katman özelliklerinin, derinliğin bir fonksiyonu olarak ölçülmesini ve kaydedilmesini sağlamaktadır. Böylece alanda bulunan hidrokarbonların yeri ve niteliği karakterize edilir. Özellikle radyoaktif kaynakların kullanıldığı kuyu loğu uygulamalarında, yoğunluk veya nem ölçmek amacıyla radyasyonun yer ile etkileşimini incelemek için kuyuya radyoaktif kaynak gönderilir.

Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm ile kuyu tipi (sondaj) ölçümü uygulamalarında en yaygın kullanılan radyasyon kaynakları Cs-137 ve Am-241/Be'dir.

NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde 281 adet taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazı bulunmaktadır. Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı Şekil 20'de verilmektedir. Ayrıca ülkemizde kuyu tipi (sondaj) ölçümü uygulamalarında yoğunluk, nem, analiz vb. ölçüm için kullanılan 99 adet radyoaktif kaynak ve/veya radyoaktif kaynak içeren cihaz ile nötron jeneratörü bulunmaktadır.



Şekil 20. *Taşınabilir yoğunluk ve nem ölçüm cihazlarına sahip kuruluşların illere göre dağılımı*

2.7 Işınlama Tesisleri/ Cihazları

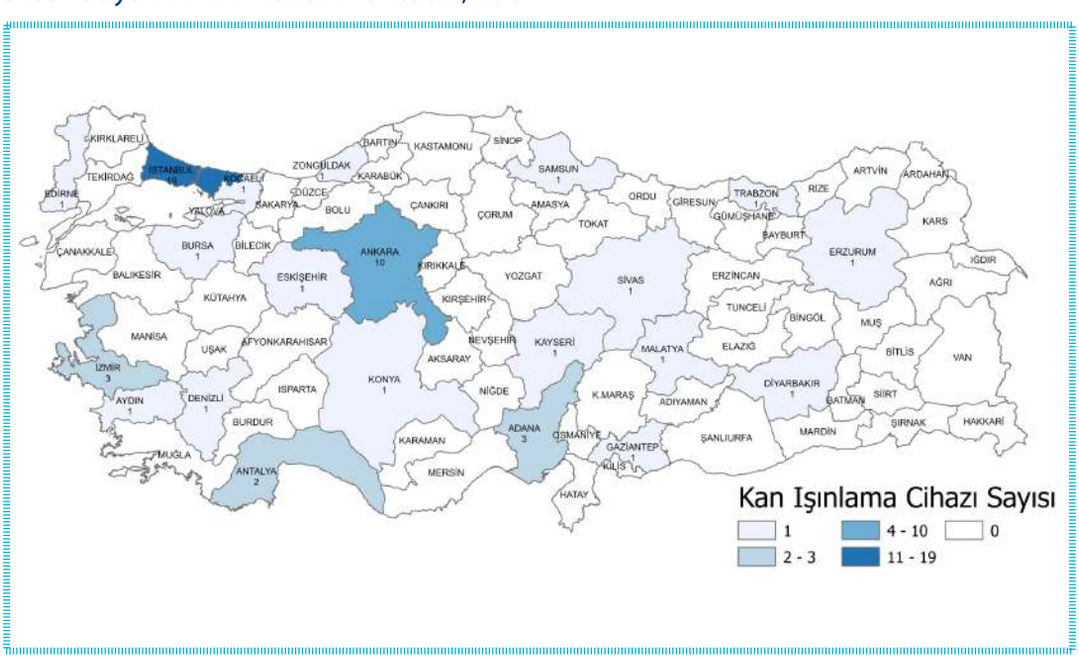
Nesne ve malzemeleri belirli bir amaç için ışınlamak üzere gama ve elektron demeti ışınlama sistemlerini içeren tesisler işletilmektedir.

Bu tesislerde; sterilizasyon (tek kullanımlık malzemeler, ilaçlar, ilaç hammaddeleri ve ilaç kapları, sağlık bakım ürünleri, kozmetik ürünleri ve hammaddeleri), gıda ışınlaması (gıda ürünlerinde filizlenme, çimlenme ve böceklenmenin önlenmesi, gıdaların korunması ve raf ömürlerinin artırılması, gıdaların patojen mikroorganizmalardan arındırılması, gıdaların bozulmasına neden olan küf, maya vb. mikroorganizmaların kontrol altına alınması), polimer yapı değişikliği (polimerler ışınlanmak suretiyle moleküller arasında çapraz bağlama meydana getirilerek ürünlerde erime noktası yükselmekte dayanıklılık kazanmaktadır, bu yöntemle dayanıklı plastik, gaz ve su boruları, kablo izolasyonları ve makina parçaları elde edilmektedir), tohum ıslahı, kanalizasyon arıtma ve baca gazı arıtma (elektron demeti) amacıyla faaliyetler yürütülmektedir.

Ankara ve Tekirdağ'da 1'er adet olmak üzere 2 adet gama ışınlama tesisi ile Ankara'da 2 adet ve Bursa'da 1 adet olmak üzere 3 adet elektron demeti ışınlama tesisi bulunmaktadır.

Araştırma merkezleri ve üniversitelerde eğitim ve araştırma amacı ile TLD/OSL dozimetrelerin ve çeşitli malzemelerin ışınlanması amacıyla kullanılan ışınlama cihazları ve hastalara verilecek kan ürünlerinin ışınlanarak steril edilmesi için kullanılan kan ışınlama cihazları bulunmaktadır.

NDK kayıtlarında 2020 yılı sonu itibarıyla, Türkiye genelindeki dağılımları Şekil 21'de verilen toplam 53 adet kan ışınlama cihazı bulunmaktadır. Bunların dışında 23 adet ışınlama cihazı bulunmaktadır.



Şekil 21. *Kan ışınlama cihazlarının illere göre dağılımı*

2.8 Güvenlik Amaçlı Kullanılan Cihazlar

Paket/bagaj kontrol cihazları; kamu binası, havaalanı, AVM, iş merkezi, site vb. yerlerin giriş alanlarında içerisinden çanta, paket, valiz, koli vb. eşyaların geçirilmesiyle içlerindeki malzemelerin cihaza bağlı ekranda izlenmesi sonucu güvenliği tehdit eden bir unsurun olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla kullanılan radyasyon üreten cihazlardır. Bu cihazlarda radyasyon kaynağı olarak X-ışını tüpü bulunmaktadır.

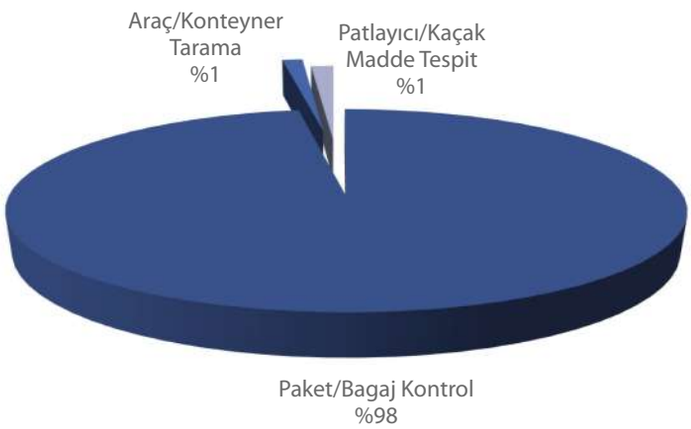
Patlayıcı/kaçak madde tespit cihazları; kargo, paket ya da mektupların araştırılmasında, kontrol noktalarında, havaalanlarında, limanlarda, gümrük kapılarında vb. gibi yerlerde çanta, paket, valiz, koli vb. eşyalardan alınan numunelerin cihazlarda analiz edilmesi sonucu patlayıcı, kaçak ve narkotik maddelerin tespit edilmesi amacıyla kullanılan ve radyasyon yayan veya üreten cihazlardır. Güvenlik amaçlı patlayıcı ve kaçak madde tespit cihazlarında radyasyon kaynağı X-ışını tüpü veya radyoaktif kaynak (Ni-63, Sr-90, Ba-133, Am-241 vb.) olabilmektedir.

Sınır kapılarında kaçakçılığın önlenmesi amacıyla tır/yük treni/konteyner gibi taşıma araçlarının içerisinin görüntülenmesinde, araç/konteyner tarama sistemleri olarak lineer hızlandırıcı cihazları (LINAC) veya Co-60 kaynaklı cihazlar kullanılmaktadır.

NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla, ülkemizde güvenlik amaçlı kullanılan cihazların sayıları Tablo 7'de, türlerine göre dağılımı Şekil 22'de verilmektedir. Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı Şekil 23'te gösterilmektedir.

Tablo 7. *Güvenlik amaçlı kullanılan cihazlar*

Paket/Bagaj Kontrol	Patlayıcı/Kaçak Madde Tespit	Araç/Konteyner Tarama	TOPLAM
6304	85	78	6467



Şekil 22. *Güvenlik amaçlı kullanılan cihazların türlerine göre dağılımı*



Şekil 23. *Paket kontrol cihazlarının illere göre dağılımı*

2.9 Araştırma ve Eğitim Uygulamaları

Üniversiteler, enstitüler, eğitim ve araştırma merkezleri gibi kuruluşlardaki laboratuvarlarda analiz, araştırma, geliştirme, eğitim, ışınlama, test, kalibrasyon gibi amaçlarla açık veya kapalı kaynaklar kullanılmaktadır.

Açık kaynaklar ile yapılan araştırma uygulamaları, kapalı kaynaklar ile yapılan kalibrasyon ve araştırma uygulamaları, radyasyon ölçüm cihazlarının kalibrasyonunda kullanılan kapalı radyoaktif kaynaklar ile yapılan uygulamalar, radyografi uygulamalarında kullanılan Cs-137 kılavuz kaynakları ve kuyu log uygulamalarında kullanılan blanket tipi (Th-232, K-40, U-238) kalibrasyon kaynakları ile yapılan uygulamalar olmak üzere laboratuvarlarda yürütülen çeşitli çalışmalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Araştırma ve eğitim uygulamalarında en yaygın kullanılan açık veya kapalı kaynaklar Am-241, Am-241/Be, Ba-133, C-14, Co-57, Co-60, Cs-137, H-3, Na-22, Ra-226, Sr-90 radyoizotoplarıdır.

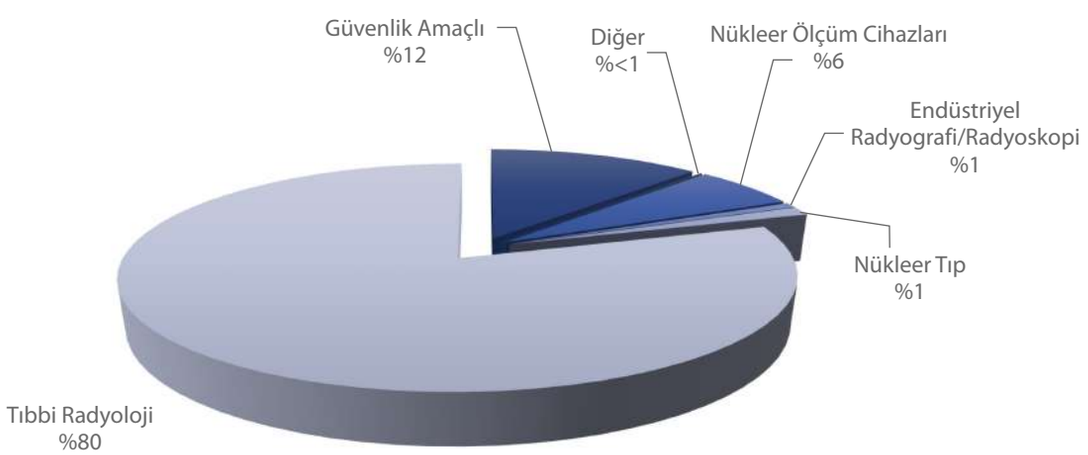
NDK kayıtlarına göre 2020 yılı sonu itibarıyla ülkemizde çeşitli laboratuvarlarda kullanılan 1337 adet kapalı ve açık kaynak bulunmaktadır.

3 RADYASYON KAYNAKLARINA İLİŞKİN YETKİLENDİRME VE DENETİM FAALİYETLERİ

Radyasyon Tesislerine ve Radyasyon Uygulamalarına İlişkin Yetkilendirmeler Yönetmeliği hükümleri gereğince radyasyon kaynaklarıyla çeşitli alanlarda faaliyet gösterilen radyasyon tesislerinin işletilmesi ve radyasyon uygulamalarının yürütülmesi için NDK'dan lisans alınması zorunludur.

Radyasyon tesislerini işletecek ve radyasyon uygulamalarını yürütecek gerçek ya da tüzel kişiler tarafından lisans almak için NDK tarafından belirlenen usulle başvuruda bulunulur, mevzuat kapsamında gerekli bilgi ve belgeler NDK'ya sunulur. NDK tarafından yetkilendirilmek üzere başvuran kişilerin sunduğu bilgi ve belgeler değerlendirilir ve bunların doğrulanması amacına yönelik olarak yerinde inceleme yapılır. Radyasyon uygulamasına ilişkin lisans başvurusuna ve yerinde incelemenin sonuçlarına ilişkin değerlendirmenin NDK tarafından uygun bulunması halinde lisans verilir.

2020 yılında, radyasyon kaynakları ile radyasyon uygulamalarını yürüten kişi ve kuruluşların lisanslanmasına ilişkin düzenleyici kontrol faaliyetleri kapsamında 8873 işlem gerçekleştirilmiştir. Verilen lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı Şekil 24'te verilmektedir.

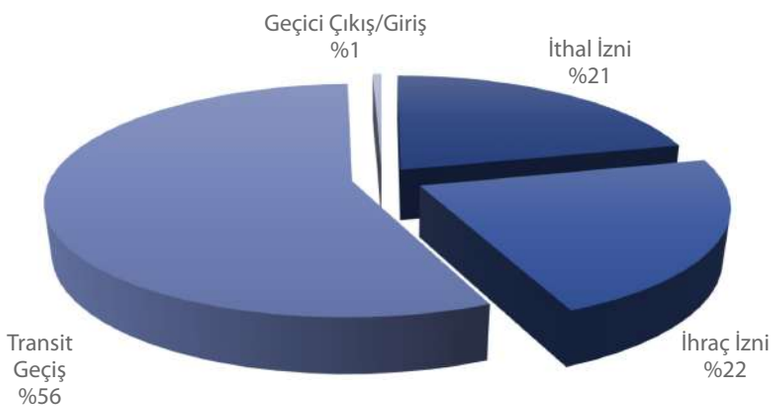


Şekil 24. *Lisansların uygulama alanlarına göre dağılımı*

Radyoaktif kaynakların ithali, ihracı ve taşınması için lisans almış kişi ve kuruluşlar, ayrıca her ithal, ihraç ve taşıma için izin almakla yükümlüdür.

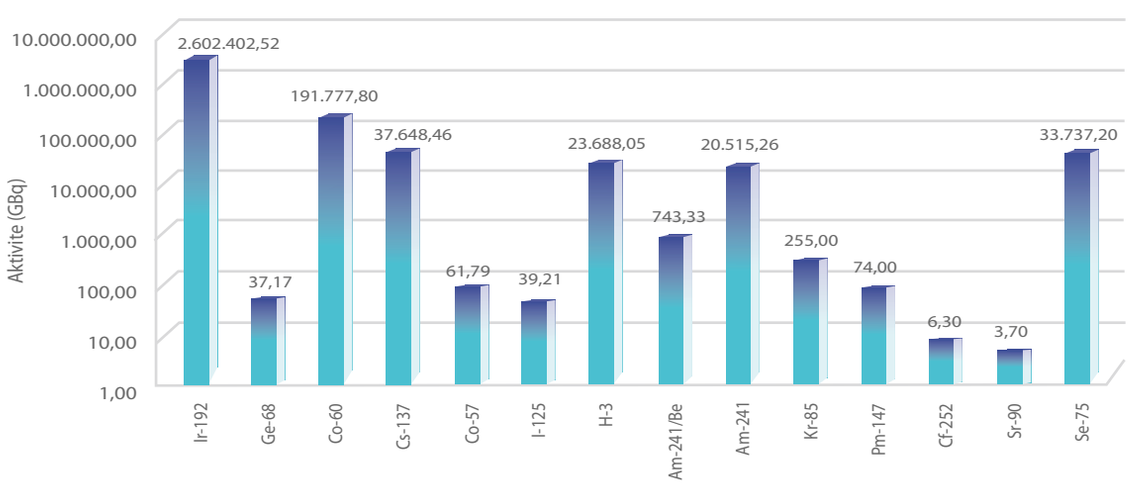
Bu çerçevede radyoaktif kaynakların güvenliğinin ve emniyetinin sağlanması amacıyla kaynak hareketlerinin takibi için radyoaktif kaynak ve radyoaktif kaynak içeren cihazlara ithal, ihraç, taşıma, transit geçiş, geçici giriş-çıkış ve kaynak değişimi izinleri düzenlenmektedir.

Bu kapsamda 2020 yılında NDK tarafından çeşitli radyoaktif kaynaklara yönelik 4176 izin işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilen izinlerin türlerine göre dağılımı Şekil 25'te verilmektedir.

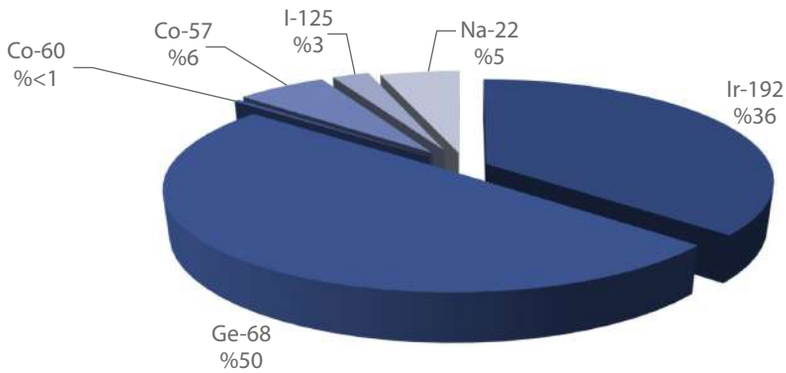


Şekil 25. *İzinlerin türlerine göre dağılımı*

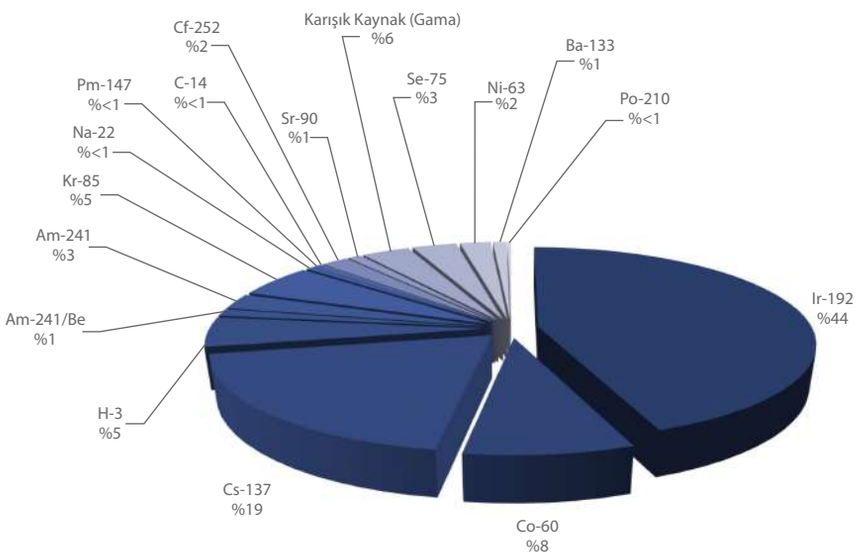
2020 yılında ithal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri Şekil 26'da verilmektedir. Bu kaynakların tıbbi ve endüstriyel olmak üzere kullanım alanlarına göre dağılımları ise Şekil 27'de ve Şekil 28'de verilmektedir.



Şekil 26. *İthal izni düzenlenen kapalı kaynaklar ve toplam aktiviteleri*

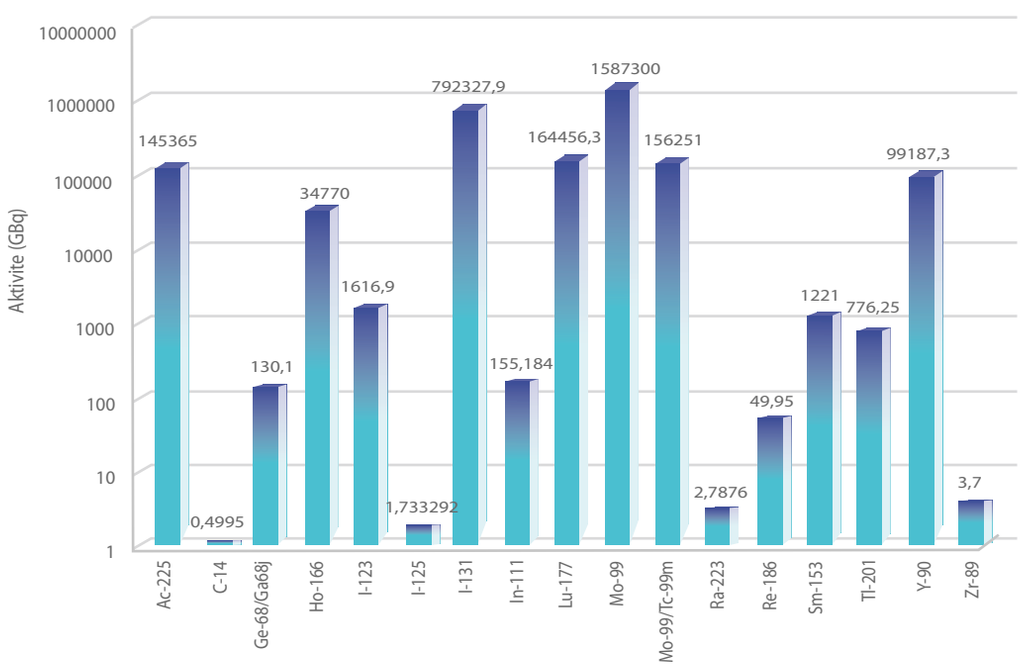


Şekil 27. *İthal izni düzenlenen tıbbi amaçlı kapalı kaynaklar*



Şekil 28. *İthal izni düzenlenen endüstriyel amaçlı kapalı kaynaklar*

Tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere ithal izni verilen açık radyoaktif kaynaklar ve toplam aktiviteleri Şekil 29'da verilmektedir.



Şekil 29. *İthal izni düzenlenen açık kaynaklar ve toplam aktiviteleri*

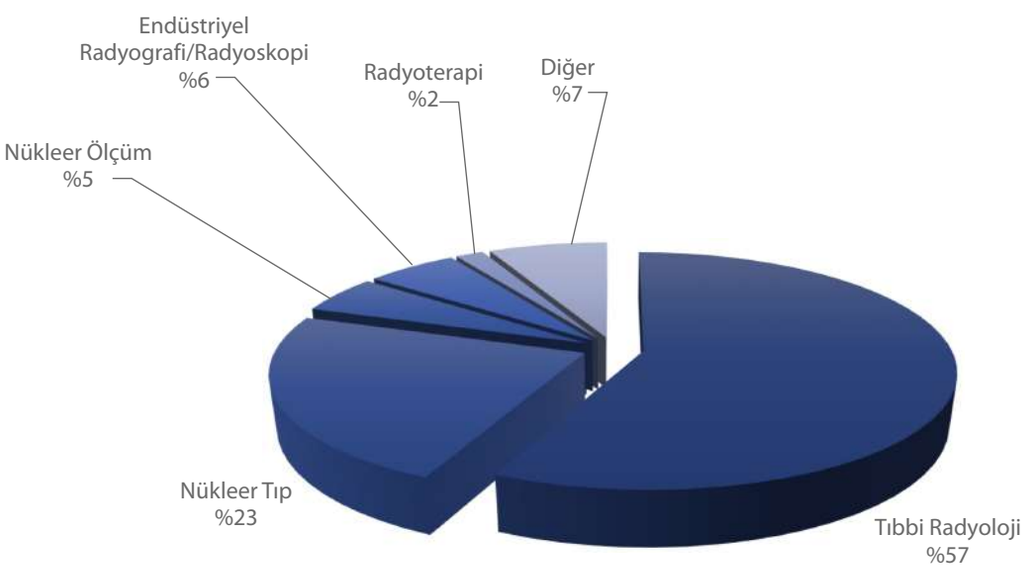
Ayrıca ABD, Almanya, Azerbaycan, Avusturya, Bahreyn, Bangladeş Birleşik Arap Emirlikleri, Bosna Hersek, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Endonezya, Fas, Filipinler, Finlandiya, Fransa, Gana, Gürcistan, Güney Afrika, Hong Kong, Hindistan, Irak, İran, Japonya, İsrail, KKTC, Kanada, Karadağ, Katar, Kırgızistan, Kolombiya, Kosova, Kuveyt, Libya, Lübnan, Madagaskar, Makedonya, Malezya, Mauritius, Meksika, Mısır, Moldova, Mynmar, Nepal, Nijer, Nijerya, Norveç, Pakistan, Romanya, Senegal, Sırbistan, Srilanka, Suudi Arabistan, Tanzanya, Tayland, Tayvan, Umman, Ürdün, Vietnam, Yunanistan'a gönderilmek üzere, ülkemizde üretim lisansına sahip kuruluşlarca üretimi gerçekleştirilen F-18, I-131, Tc-99m, Ge-68/Ge-68 jeneratörleri ve Tl-201 gibi radyoaktif kaynakların ihracı için izin düzenlenmiştir.

Ayrıca 2020 yılı sonu itibarıyla radyasyon kaynaklarının imalat veya bakım ve onarımı için 23 adet, radyoaktif maddelerin ithalat, ihracat ve taşıması için 105 adet, kullanılmayacak kapalı radyoaktif kaynakların sökümü ve taşınmasına yönelik 17 adet yetkilendirilmiş kuruluş mevcuttur.

Öte yandan NDK tarafından yürütülen düzenleyici kontrol faaliyetleri kapsamında, çalışanların, halkın ve çevrenin radyasyondan korunmasını sağlamak amacıyla; radyasyon kaynaklarının bulunduğu ve kullanıldığı yerlerde koşulların yetkilendirmeye uygunluğunun tespitine yönelik olarak yerinde inceleme ve yetki koşullarının devamlılığının sağlanıp sağlanmadığının tespitine yönelik olarak radyasyon güvenliği denetimleri yapılmaktadır.

Bu kapsamda, 2020 yılında ülke genelinde toplam 3638 kuruluşta 5401 radyasyon kaynağını kapsamak üzere radyasyon güvenliği denetimi ve yerinde inceleme faaliyeti gerçekleştirilmiştir.

Radyasyon güvenliği denetimi ve yerinde inceleme faaliyeti yapılan kuruluşların uygulama alanlarına göre dağılımları Şekil 30'da verilmektedir.



Şekil 30. *Radyasyon güvenliği denetimi ve yerinde inceleme faaliyeti yapılan kuruluşların uygulama alanına göre dağılımı*

4 SONUÇ

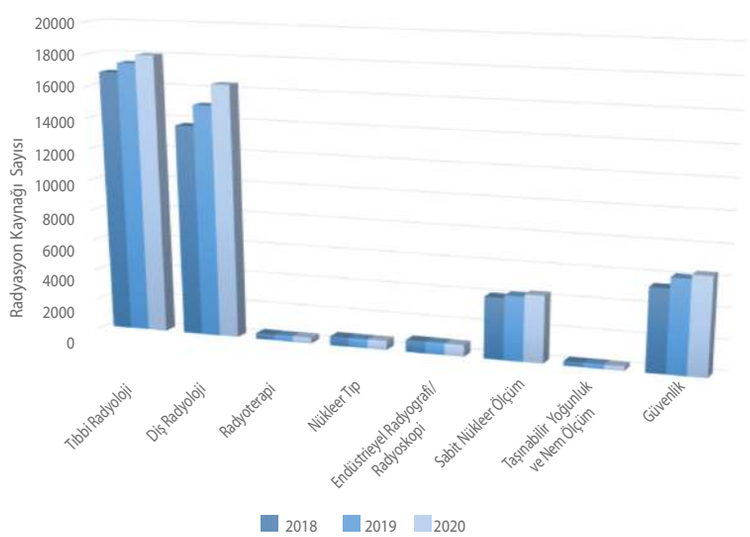
Radyasyon kaynakları, bilim ve teknolojideki gelişmeler paralelinde günümüzde birçok alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu bağlamda, nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynakları için artan ihtiyaç ve tıp, endüstri, güvenlik, tarım vb. alanlarda çeşitli amaçlarla radyoaktif kaynaklar, radyasyon üreten veya yayan cihazlar olmak üzere radyasyon kaynaklarının kullanımındaki artış yadsınamaz bir gerçektir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yakından takip edildiği ülkemizde gelişmiş teknolojik imkânlar çerçevesinde kullanılan radyasyon kaynaklarının sayıları hızla artmaktadır. Şekil 31'de ülkemizdeki radyasyon kaynaklarının sayılarının 2018, 2019 ve 2020 yıllarındaki dağılımı verilmiş olup radyasyon uygulamalarıyla faaliyet gösterilen alanlara göre radyasyon kaynağı sayılarında geçmişten günümüze artış olduğu görülmektedir.

Ülkelerin sınırları dâhilindeki tüm radyasyon kaynaklarının kontrol altında tutulmasına ilişkin ulusal altyapıları mevcut olmalıdır. Bu kapsamda radyasyon kaynaklarının kontrol altında tutulabilmesi ve takibinin yapılabilmesi için, düzenleyici kurumların ülkelerinde mevcut olan tüm radyasyon kaynaklarını uygun şekilde kayıt altında tutması gerekmektedir. Düzenleyici kurumların ülkedeki tüm radyasyon kaynaklarının coğrafik dağılımıyla ilgili kapsamlı bir kayıt sisteminin olması ve bunun sürekli güncel tutulması gerekmektedir.

Bu çerçevede NDK tarafından tıbbi, endüstriyel, güvenlik, araştırma ve eğitim gibi amaçlarla kullanılan bütün radyasyon kaynaklarına ilişkin verilerin temin edilmesi, veri güvenliğinin sağlanması ve radyasyon kaynağı takibinin yapılması amaçlarına yönelik olarak yürütülen çalışmalarda sistemin daha ileri seviyelere getirilmesi hedeflenmektedir.

Öte yandan radyasyon kaynaklarıyla faaliyet yürütecek kuruluşların ise NDK tarafından lisanslanması veya gerekli izinleri alması yoluyla yetkilendirilmesi zorunlu olmakla birlikte radyasyondan korunmanın etkin olarak sağlanması ancak yetkilendirilen kuruluşların radyasyon güvenliği mevzuatını ve temel kuralları benimseyerek günlük görevlerinin bir parçası olarak değerlendirmesi ve bunlara öncelik vermesi ile başarılabilir. Bu nedenle radyasyondan korunmanın temininde, radyasyon uygulamalarını yürüten kuruluşların yönetimlerinin gerek personel gerekse ekipman açısından idari, teknik ve mali olarak yeterli altyapı oluşturması esastır. Bu altyapı ile birlikte belli bir kalite yönetimi sistemi dâhilinde çalışanların yetki, görev ve sorumluluklarının belirlenmesi, gerekli eğitimlerin sağlaması, yeterli sıklıklarla güvenlik değerlendirmesi yapılarak gerekli önlemlerin alınması, güvenliğin birincil önceliğe alınarak çalışmaların yürütülmesi için güvenlik kültürünün benimsenmesi, geliştirilmesi ve sürdürülmesi ile radyasyondan korunmanın etkin şekilde sağlanabilmesi mümkün olacaktır.



Şekil 31. *Radyasyon kaynağı sayısının yıllara göre dağılımı*

NÜKLEER DÜZENLEME KURUMU

Türkiye'de Radyasyon Kaynakları 2020

Raporu Hazırlayan

Radyasyon Uygulamaları Dairesi Başkanlığı
Radyasyondan Korunma Dairesi Başkanlığı
Emniyet ve Güvence Dairesi Başkanlığı
Denetim Dairesi Başkanlığı

İletişim

ndk@ndk.gov.tr