

5

20.YILINDA

ÇERNOBİL

Çernobil Kazası'nın Diğer Ülkeler
Üzerindeki Etkileri



**ÇERNOBİL KAZASININ
ÜLKELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Takım no : ISBN 975-8898-19-1
ISBN 975 8898 24-8

Çernobil Serisi No: 5
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
2. Basım
Haziran 2007

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'ndan izin alınmaksızın çoğaltılabılır.
Referans verilerek kullanılabilir.



TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

Adres : Eskişehir Yolu 9. km 06530 Ankara/TÜRKİYE
Tel : +90 (312) 295 87 00 (pbx)
Fax : +90 (312) 287 87 61
Web : www.taek.gov.tr

**BASKI
MİLENYUM FORM OFSET**

İvedik Organize Sanayi Bölgesi, Ağaç İşleri Sitesi 21. Cadde No: 118 06190 Ostim / ANKARA
Tel : +90 (312) 395 19 39
Fax : +90 (312) 395 19 37
Web : www.milenyummatbaa.com

Önsöz

26 Nisan 1986 günü Ukrayna'da Kiev'e 130 km uzaklıkta yer alan Çernobil nükleer güç santralının 4'üncü ünitesinde meydana gelen kaza, tarihin en büyük nükleer kazasıdır. Yüksek radyasyon dozuna maruz kalan insanların bir kısmının hayatını kaybetmesi ile sonuçlanan bu ciddi kaza, kazadan etkilenen ülkelerde sağlık sorunlarının yanı sıra, kriz yönetimine ilişkin sorunları da gündeme getirmiştir. Bu kaza; sadece eski Sovyetler Birliği'nin değil, kazadan etkilenen pek çok ülkenin de kendi ülkeleri dışında meydana gelebilecek bir nükleer kazanın etkilerini azaltacak önlemleri almakta yetersiz kaldıklarını ortaya çıkarmıştır.

Kazadan sonraki 20 yıl boyunca, konu ile ilgili yetkin uluslararası kuruluşlar ve ülkeler tarafından yapılan çok sayıdaki bilimsel araştırma ve incelemelerin sonuçları halka ve uluslararası bilim çevrelerine aktarılmıştır. Ancak, aynı soruların halen soruluyor olması konunun yeterince anlaşılmadığını göstermektedir. Bunun en temel nedeni, radyasyonun insanlar tarafından doğrudan algılanamayışı ve radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkileri ile ilgili bilgilerin kapsamlı ve karmaşık olmasıdır. Bu durum, psikolojik, ekonomik ve sosyal yönden de önemli kayıplara neden olmuştur ve olmaya devam etmektedir. Ayrıca, kaza ile somut ilgisi ortaya konulmadan basında yer alan haberler, ülke yönetimlerine ve nükleer santrallere karşı öfkeli bir toplum yaratmıştır.

Kaza ile ilgili bugüne kadar yayımlanan raporların incelenmesinden görüleceği gibi kuzey yarım kürede yaşayan insanların çoğu Çernobil kazası nedeni ile çeşitli düzeylerde radyasyon dozuna maruz kalmıştır. Kazadan etkilenen değişik nüfus gruplarının aldıkları doz değerleri, kazadan sonraki 20 yıl boyunca yapılan ölçüm ve analizler sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli matematiksel modeller yardımıyla yeniden değerlendirilmiştir.

Kazadan en çok etkilenenler eski Sovyetler Birliği 'nde yaşayan insanlar olmuştur. Bugüne kadar yapılan bilimsel ve tıbbi gözlemler; eski Sovyetler Birliği'ndeki kirlenmiş alanlarda kaza sırasında radyasyona maruz kalan küçük çocuklar ve bebekler arasında tiroit kanseri vakalarında önemli bir artış olduğunu ancak lösemi ve diğer kanser türleri, doğum anomalileri, konjenital anomaliler ya da Çernobil kazasına bağlanabilecek radyasyonun sebep olduğu diğer hastalıklarda önemli bir artış olmadığını ortaya koymaktadır.

Ülkemiz, kazadan birçok Avrupa ülkesi gibi belirli bir seviyede etkilenmiştir. Kaza sonrasında Türk toplumunun alacağı radyasyon dozunu, psikolojik ve sosyal problemleri, ülkenin ekonomik kayıplarını en aza indirmek üzere pek çok çalışma ve bu kapsamda yüz binlerce ölçüm yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçları çeşitli raporlarda yer almıştır.

Bu doküman serisi, kazadan 20 yıl sonra, Çernobil nükleer santral kazasının etkilerini en son bilimsel bulgular ışığında yeniden değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kapsamda; 1000 civarında klasörden oluşan 20 yıllık Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)

arşivi taranmış, tüm veriler halkın bilgisine sunulmak üzere elektronik ortama aktarılmış, konu ile ilgili ulusal ve uluslararası yayın ve dokümanlar incelenmiş, doz hesapları en son bulgular ve hesap yöntemleri kullanılarak yeniden yapılmıştır. Bu çalışmaların yürütülmesinde, Sağlık Bakanlığı Kansere Savaş Dairesi Başkanlığı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Maden Tetkik ve Araştırma Genel Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu'ndan destek alınmıştır.

Bu doküman serisinin "Çernobil Kazasının Ülkeler Üzerindeki Etkileri" isimli 5 inci cildinde; kaza sonrası atmosfere yayılan radyonüklitlerin dağılımı, atmosferik hareketleri, ülkeler üzerinde birikimler, ülkeleri etkileme dereceleri, ülkelerin kaza sonrası faaliyetleri, alınan önlemler, ülkeler üzerindeki sağlık ve çevre etkileri ile ilgili en son bilimsel çalışmaların sonuçları yer almaktadır.

Halkın ve ilgili çevrelerin sorularına cevap verebilmek ve bilim insanlarımızın bu alandaki çalışmalarına katkı sağlamak amacıyla hazırlanan "20. Yılında Çernobil" isimli bu doküman serisinin ülkemize ve bilim dünyasına yararlı olmasını diliyorum. Bu seri, halen sürdürülen ve gelecekte yapılacak olan çalışmaları içeren yeni ciltlerle devam ettirilecektir.

Çernobil kazasının ülkemiz üzerindeki etkilerini tespit etmek ve kaza sonrası gerekli önlemleri almak üzere geçmişten bugüne görev yapan tüm TAEK çalışanlarına ve bu doküman serisinin hazırlanmasında büyük bir özveri ile çalışan TAEK personeline teşekkürlerimi sunarım.

*Okay Çakıroğlu
TAEK Başkanı*

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. RADYONÜKLİTLERİN ATMOSFERİK DAĞILIMI.....	2
2.1. Atmosfere Yayılan Radyonüklitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	2
2.2. Atmosferik Dağılımın Belirlenmesi.....	2
2.3. Yeryüzünde Radyoaktif Birikim.....	5
2.3.1. Eski Sovyetler Birliği.....	5
2.3.2. Eski Sovyetler Birliği Dışında.....	6
2.3.3. Türkiye.....	11
2.4. Radyonüklitlerin Davranışı.....	22
3. KAZA SONRASI ÜLKE FAALİYETLERİ VE ULUSLARARASI KRİTERLER.....	25
3.1. Ülke Faaliyetleri.....	25
3.1.1. ABD.....	25
3.1.2. Almanya.....	26
3.1.3. Avustralya.....	26
3.1.4. Avusturya.....	27
3.1.5. Danimarka.....	27
3.1.6. İsveç.....	28
3.1.7. İtalya.....	29
3.1.8. Polonya.....	30
3.1.9. Eski Sovyetler Birliği.....	30
3.1.10. Türkiye.....	31
3.1.11. Eski Yugoslavya.....	32
3.1.12. Yunanistan.....	32
3.1.13. Alınan Önlemler ile İlgili Genel Değerlendirmeler.....	32
3.2. Uluslararası Kriterler.....	34
4. ALINAN RADYASYON DOZLARININ BELİRLENMESİ.....	39
4.1. Sağlık Etkilerinin Belirlenmesinde Epidemiyolojik Çalışmalar.....	39
4.2. Tiroit Dozimetrisi.....	39
4.2.1. Tiroit Dozu Değerlendirmeleri.....	40
4.3. Tüm Vücut Dozları.....	43
4.3.1. Çalışanların Aldığı Dozlar.....	43
4.3.2. Eski Sovyetler Birliği'nde Genel Halkın Aldığı Doz.....	45
4.3.3. Eski Sovyetler Birliği'nde Tahliye Edilen Halkın Aldığı Doz.....	45
4.3.4. Eski Sovyetler Birliği'nde Kirlenmiş Bölgelerde Yaşayan Halkın Aldığı Doz.....	45
4.3.5. Eski Sovyetler Birliği Dışında Genel Halkın Aldığı Doz.....	47
4.3.6. Türkiye.....	48

5. ÇERNOBİL KAZASININ SAĞLIK ETKİLERİ	49
5.1. Ani ve Beklenen Ölümler	49
5.2. Tiroit Kanseri	50
5.3. Lösemi ve Diğer Kanserler	54
5.4. Doğum Anomalileri ve Genetik Etkiler	54
5.5. Diğer Hastalıklar ve Sağlık Sorunları	55
6. ÇEVRESEL ETKİLER	56
6.1. KARASAL ORTAM	56
6.2. Su Ortamı.....	56
6.3. Bitki ve Hayvanlarda Radyasyonun Etkileri	57
7. ALINAN DERSLER.....	58
8. KAYNAKLAR.....	60

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Kaza sonrası Avrupa ülkelerinde ¹³⁷ Cs yüzey radyoaktivite birikim alanları	11
Tablo 2. Türkiye’de 25 Nisan - 10 Mayıs 1986 tarihlerinde ölçülen yağış bilgileri	17
Tablo 3. 1986 yılından itibaren, Pripyat nehrinde ortalama radyoaktivite değişimi	23
Tablo 4. Çernobil kazasını takiben AET tarafından yayınlanan limit değerler.....	35
Tablo 5. AET dışında uygulanan müdahale seviyeleri	35
Tablo 6. Çernobil sonrası olabilecek kazalarda gıda ve hayvann yemleri için uygulanacak müsaade edilen maksimum düzeyler	37
Tablo 7. Ukrayna ve Beyaz Rusya’da yapılan tiroit doz ölçümlerinin geometrik ortalamaları	41
Tablo 8. Gomel ve Mogilev bölgelerinde 0-7 yaş arasında bulunan çocuklarda tahmin edilen tiroit doz dağılımı	41
Tablo 9. Beyaz Rusya’nın Gomel bölgesindeki 0-15 yaş grubu çocuklarının aldığı tiroit dozları dağılımı	42
Tablo 10. İyileştirme personelinin aldığı dış ışınlanma dozlarının dağılımı	44
Tablo 11. Çernobil kazası sonrasında kirlenmiş alanlarda yaşayan halkın ilk 10 yılda aldığı ortalama etkin dozların dağılımı (1986-1995), (Tiroit dozları hariç)	47
Tablo 12. Birinci yıl ülke ortalama doz eşdeğerleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından yapılan bir model çalışmasının sonuçları.....	3
Şekil 2. Çernobil bölgesi, ¹³⁷ Cs yüzey kirlilik haritası	6
Şekil 3. Avrupa, ¹³⁷ Cs yüzey kirlilik haritası.....	7
Şekil 4. Kuzey Avrupa, ¹³⁷ Cs yüzey kirlilik haritası	8
Şekil 5. İngiltere ve İrlanda, ¹³⁷ Cs yüzey kirlilik haritası.....	9
Şekil 6. İngiltere, İsveç, Avusturya'da ¹³⁷ Cs ile kirlenmiş bazı sıcak noktalar.....	10
Şekil 7. Türkiye yağış haritaları, 1 - 2 Mayıs 1986.....	12
Şekil 8. Türkiye yağış haritaları, 3 - 4 Mayıs 1986.....	13
Şekil 9. Türkiye yağış haritaları, 5 - 6 Mayıs 1986.....	14
Şekil 10. Türkiye yağış haritaları, 7 - 8 Mayıs 1986	15
Şekil 11. Türkiye yağış haritaları, 9 – 10 Mayıs 1986.....	16
Şekil 12. Türkiye, ¹³⁷ Cs yüzey kirlilik haritası (1986 yılına yansıtılmış değerlere göre).....	21
Şekil 13. Çernobil kazasından sonraki ilk aylarda, Rusya Federasyonu'nda kirlenmiş bölgedeki radyonüklitlerin hava dozuna katkısı	46
Şekil 14. Çernobil kazası sırasında 14 yaşından küçük olan çocuklarda teşhis edilen tiroit kanseri sayısının yıllara göre değişimi.....	50
Şekil 15. Çernobil kazası sırasında 14 yaşından küçük olan çocuklarda teşhis edilen tiroit kanseri sayısının yıllara göre görülme sıklığı.....	51
Şekil 16. Beyaz Rusya'da yıllara göre teşhis edilen tiroit kanseri sayısı	51
Şekil 17. Beyaz Rusya'da yaş ve yıllara göre erkeklerde teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı. 52	
Şekil 18. Beyaz Rusya'da yaş ve yıllara göre kadınlarda teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı. 52	
Şekil 19. Tahmin edilen kümülatif tiroit kanser sayılarının yıllara göre dağılımı.....	53
Şekil 20. Amerika'da 65 yaş altı kişilerde yıllara göre teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı (yüzbinde sayı olarak).....	54
Şekil 21. Beyaz Rusya'da yüksek ve düşük kirlenme bölgelerinde tespit edilen (bin doğum başına) doğumsal anomalilerin dağılımı	55

I. GİRİŞ

26 Nisan 1986 tarihinde meydana gelen Çernobil nükleer santral kazası, dünyada bugüne kadar meydana gelmiş en büyük nükleer kazadır. Bu ölçekteki bir kazaya hazırlıklı olunmaması, kazanın erken safhalarında kazaya ilişkin bilgilerin azlığı, ülke politikaları ve halkın radyasyon tehlikelerine karşı yeterince bilgili olmaması gibi nedenler, ülkelerin önlem almakla görevli yetkili otoriteleri üzerinde önemli ölçüde baskı yapmıştır. Bu durum, birçok ülkede gereksiz faaliyetlerin yapılmasına neden olmuştur.

Kazadan en çok etkilenen ülkeler; Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'dır. Bu üç ülke dışında, meteorolojik koşullar ve kaza yerine uzaklık başta olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olarak, Avrupa ülkelerinin hemen hepsi değişik düzeylerde etkilenmiştir. Türkiye de kazadan etkilenen ülkelerden biridir.

Kazadan bugüne kadar geçen zaman içinde, yetkin uluslararası kuruluşlar ve ilgili ulusal kuruluşlar tarafından pek çok bilimsel araştırma ve değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda, başlangıçta pek çok belirsizlik içeren atmosfere yayılan radyonüklitlerin miktarı, özellikleri, çevresel analizler ve sağlık etkileri konusunda daha gerçekçi bilgilere erişim sağlanmıştır.

Kazanın ülkemiz üzerindeki etkilerinin en gerçekçi ve bilimsel anlamda değerlendirilmesinde önemli katkıları olacağı düşüncesiyle, bu kitapta Çernobil nükleer santral kazasından sonra radyonüklitlerin atmosferik dağılımları, atmosferik hareketler, radyonüklit birikimleri, ülkelerin etkilenme dereceleri, sağlık ve çevre etkileri, alınan önlemler ve alınan dersler ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

2. RADYONÜKLİTLERİN ATMOSFERİK DAĞILIMI

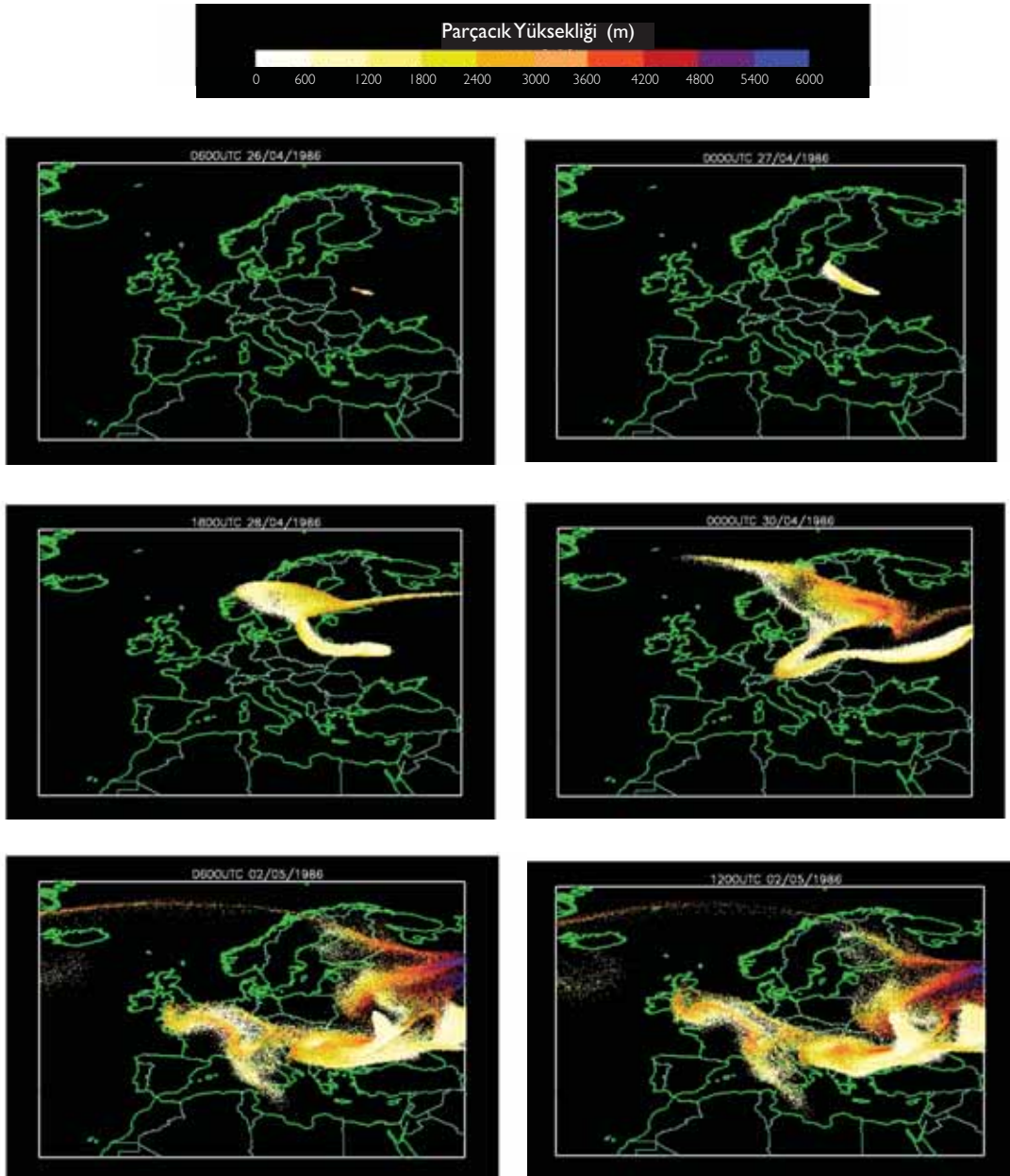
2.1. Atmosfere Yayılan Radyonüklitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kaza sonrasında atmosfere yayılan radyoaktif maddeler; gaz, aerosol ve küçük boyutlu nükleer yakıt parçacıklarından oluşmaktadır. Kaza sonrası yapılan ilk değerlendirmelerde kripton ve ksenon gibi asal gazların tamamının, iyot, tellüryum ve sezyum gibi uçucu elementlerin %10-20'sinin atmosfere dağıldığı tahmin edilmiş olup daha sonra yapılan çalışmalarda bu oranların daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. İyot salımının gaz, parçacık ve organik bağlı formlarda olduğu saptanmıştır. Sezyum ve tellüryum gibi diğer uçucu element ve bileşenler aerosollere karışarak yakıt parçacıklarından ayrı olarak havaya taşınmıştır. Kazanın ilk günlerinde atmosfere yayılan radyoaktif parçacıkların aerodinamik boyutları ile ilgili çok az ölçüm mevcuttur.

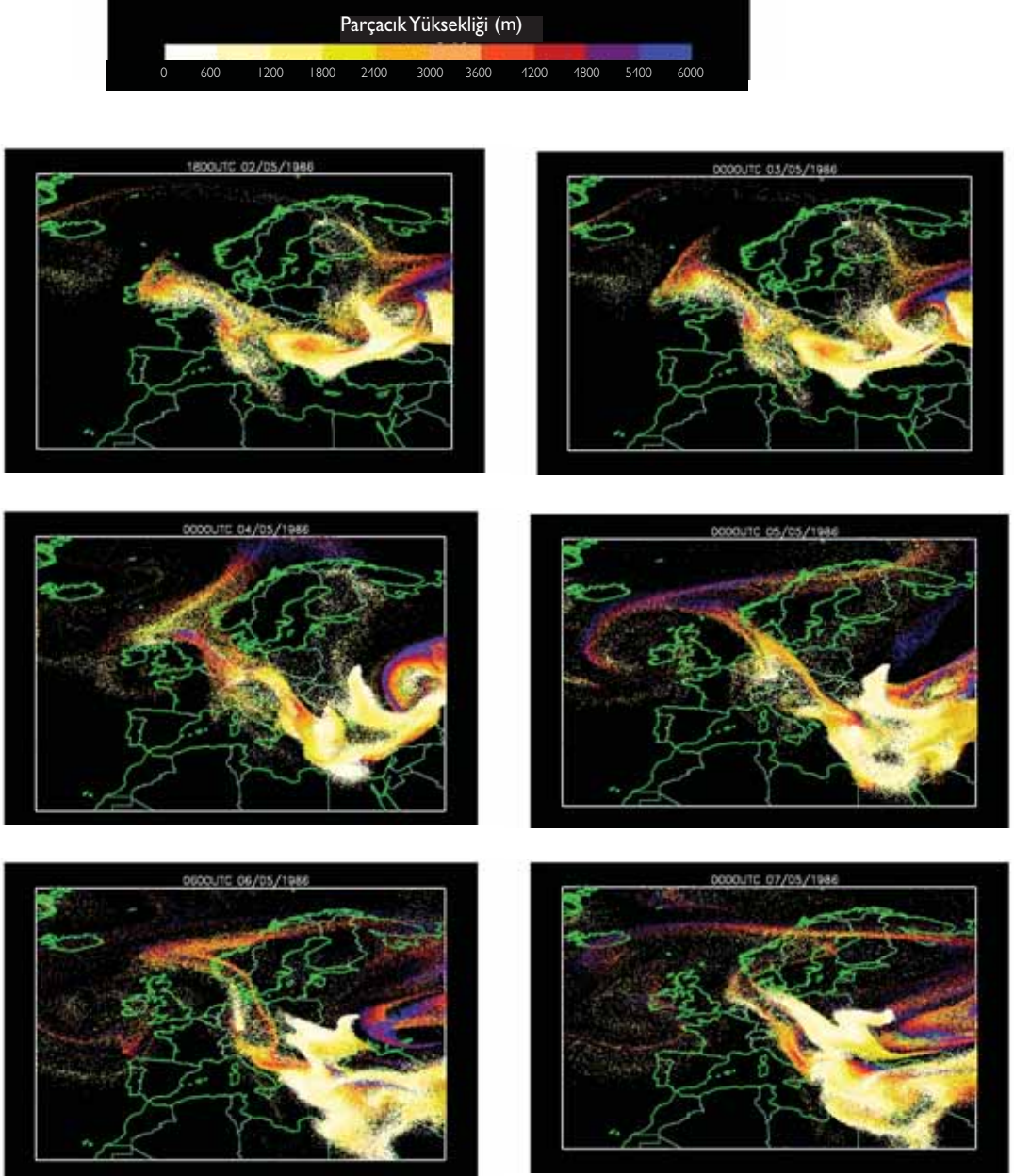
Grafit yangınından dolayı, yakıttaki malzemelerin uzun süreli ve geniş alanlara yayılımı, kaynak terimin belirlenmesinde beklenmeyen sonuçlara neden olmuştur. Büyük yakıt parçacıkları kaza yerine yakın bölgelerde birikmiş, küçük parçacıklar geniş bir alana dağılmıştır. Reaktöre yakın kirlenmiş alanlardaki (<100 km) radyonüklit dağılımı, yakıttaki radyonüklit içeriğini yansıtmakta ve uzak bölgelerdekinden (>100 km - 2000 km) farklılık göstermektedir. Yakın noktalardaki büyük parçacıklar; U, Pu, Zr, Mo, Ce, Np, Ru, Ba ve Sr'dan meydana gelmektedir. Yoğuşma sonucu parçacık yapısı oluşturan uçucu elementler (I, Te ve Cs) çok uzak bölgelere kadar yaygın olarak dağılmıştır. Yoğuşma sonucu metalik forma geçen rutenyum gibi parçacıklar ile küçük yakıt parçacıkları "sıcak parçacıklar" olarak adlandırılmaktadır. Sıcak parçacıklar kaza yerinden çok uzaklarda bile tespit edilmiştir. Sıcak parçacık başına özgün aktivite miktarı yakıt parçacıklarında 0.1-1 kBq, rutenyum parçacıklarında 0.5-10 kBq'dir.

2.2. Atmosferik Dağılımın Belirlenmesi

Atmosfere salınan radyoaktif maddelerin dağılımını değerlendirmek için yapılan çalışmalarda, çevresel radyoaktivite ölçümleri yapılmasının yanı sıra, eksik ölçüm noktaları için yorum yapabilmek, ölçümler öncesinde de olası etkilenebilecek bölgelerin büyüklük ve etkilenme boyutları hakkında tahminler yapabilmek için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Genel olarak, atmosferik dağılım modeli olarak adlandırılan bu modellerin kullanımı için kaza analiz değerlendirmeleri, beklenen radyoaktif salımı, güncel ve ileriye dönük kapsamlı meteorolojik verilerin (sıcaklık, basınç, yağış, yüksekliğe bağlı rüzgar yönü, hızı ve sıcaklık dağılımı vb.) kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Kaynak terim ile birlikte meteorolojik verilerin kullanımı sırasında, radyoaktif yarılanma, yeni bozunma ürünlerinin üretimi gibi özellikler de modellere dahil edilebilmektedir. Salınan maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun reaksiyonlar dikkate alınarak, kuru ve ıslak birikim için uygun faktörler ve parçacık parametrelerine göre radyonüklitlerin yeryüzünde birikim miktarları hesaplanabilmektedir. Bu kapsamda kullanılan modellere örnek olmak üzere, İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından yapılan bir model çalışmasının sonuçları, günlere bağlı olarak **Şekil 1**'de verilmektedir [8]. **Şekil üzerinde görülen renk dağılımı radyoaktivite konsantrasyonu olmayıp parçacık yüksekliğini göstermektedir. (Şekil üzerinde verilen UTC zaman gösteriminden Türkiye saatine geçiş için 3 saat eklenmelidir).**



Şekil 1. İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından yapılan bir model çalışmasının sonuçları



2.3.Yeryüzünde Radyoaktivite Birikimi

Yeryüzünde biriken radyoaktif kirlilik hemen tüm kuzey yarım küre ülkelerinde görülmüştür. Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan, Avrupa ülkelerinde ^{137}Cs toprak kirlenme haritalarından alınan bazı önemli sonuçlar ilgili bölümlerde şekiller halinde gösterilmektedir.

Çernobil kazasının neden olduğu ^{137}Cs radyoaktif kirlenmesinin en yoğun olduğu bölgeler **Şekil 2 - Şekil 6'**da gösterilmektedir [1].

2.3.1. Eski Sovyetler Birliği

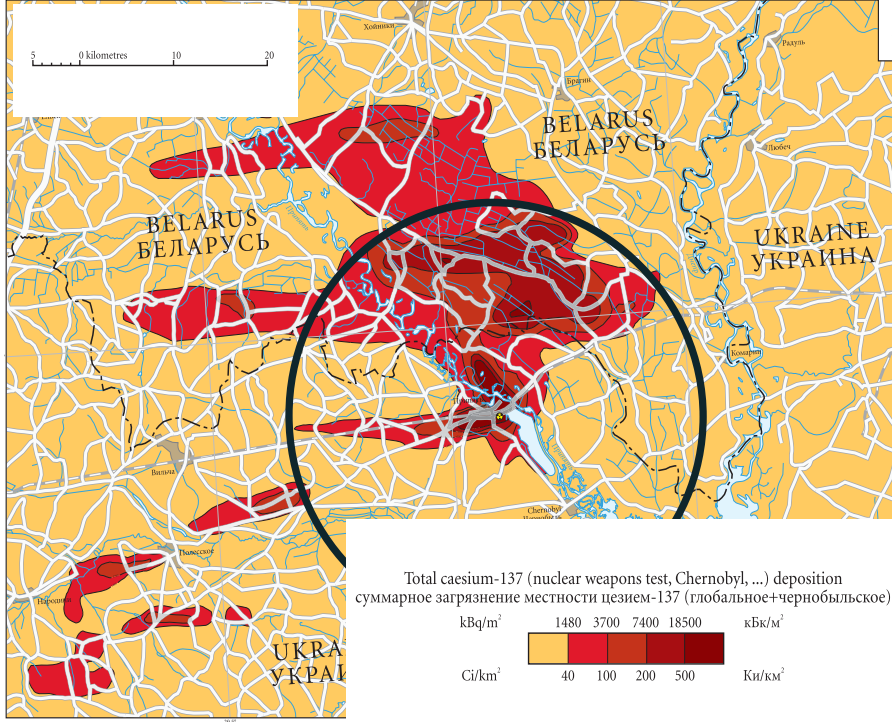
Radyoaktif salımın önemli olduğu ilk 10 gün boyunca meteorolojik koşulların sıklıkla değişmesi, dağılımın yönü ve birikim miktarlarında önemli değişikliklere neden olmuştur. Parçacık büyüklüğü ve yağış miktarı, radyoaktif birikimi belirleyen en önemli faktörlerdir. Yakıt parçaları gibi büyük boyutlu parçacıklar reaktörden 100 km mesafeye kadar olan bölgelerde çökeltme yoluyla birikmiştir.

Küçük parçacıklar rüzgar ile uzak mesafelere taşınarak, özellikle yağış olan yerlerde radyoaktif birikime neden olmuştur. Radyonüklit salımın içeriği ve çevresel birikim miktarı, sıcaklık ve diğer parametrelere bağlı olarak değişiklikler göstermiştir. Kazadan sonraki ilk bir hafta içerisinde, topraktaki birikimin önemli bir kısmı, kısa yarılanma ömürlü radyonüklitlerden oluşmuştur. Radyolojik yönden ^{131}I bunlar arasındaki en önemli radyonüklittir. Yerdeki radyoaktif birikimin büyüklüğünü karakterize etmek için ölçüm kolaylığı ve uzun yarılanma ömrü nedeni ile ^{137}Cs radyonükliti esas alınmıştır. ^{131}I radyonüklitinin radyoaktif bozunumundan sonra toplum dozuna katkı sağlayan en önemli izotoptur.

Eski Sovyetler Birliği tarafından hazırlanan haritalar, sınırlı sayıdaki ^{131}I ölçümlerine dayanmakta olup, ^{137}Cs ölçümleri rehber olarak kullanılmıştır. $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ birikim oranı konusunda yapılan çalışmalarda büyük oranda farklılıklar olduğundan bu haritalar çok dikkatle kullanılmalıdır. Bazı çalışmalarda; Beyaz Rusya için bu oran 5-10 arasında belirlenirken, bazı çalışmalarda reaktöre yakın bölgeler için 19, 1000 km'nin üzerindeki noktalarda 5'e kadar düştüğü belirtilmektedir. Beyaz Rusya'daki en fazla kirlenen bölgelerde bu oranın 60 olduğu çalışmalar da mevcuttur. Ancak pek çok ülke, bu oranlar üzerinde çalışma yapmamıştır [11].

En fazla kirlenmenin olduğu bölge ^{137}Cs toprak birikimlerinin 1480 kBq/m²'yi geçtiği, reaktörü çevreleyen 30 kilometrelik alandır. Uzak mesafelerde, ^{137}Cs 'nin neden olduğu kirlenmenin en yüksek olduğu bölgeler, o bölge üzerinden bulutun geçişi sırasında yağış alan yerlerdir.

^{90}Sr kirlenmesi, çoğunlukla kazanın meydana geldiği yakın bölgelerde görülmektedir. ^{239}Pu kirlenmesi açısından, plütonyum aktivitesinin 4 kBq/m²'yi geçtiği tek alan, 30 km'lik alan içerisinde yer alan Gomel, Mogilev, Bryansk bölgesidir [2].

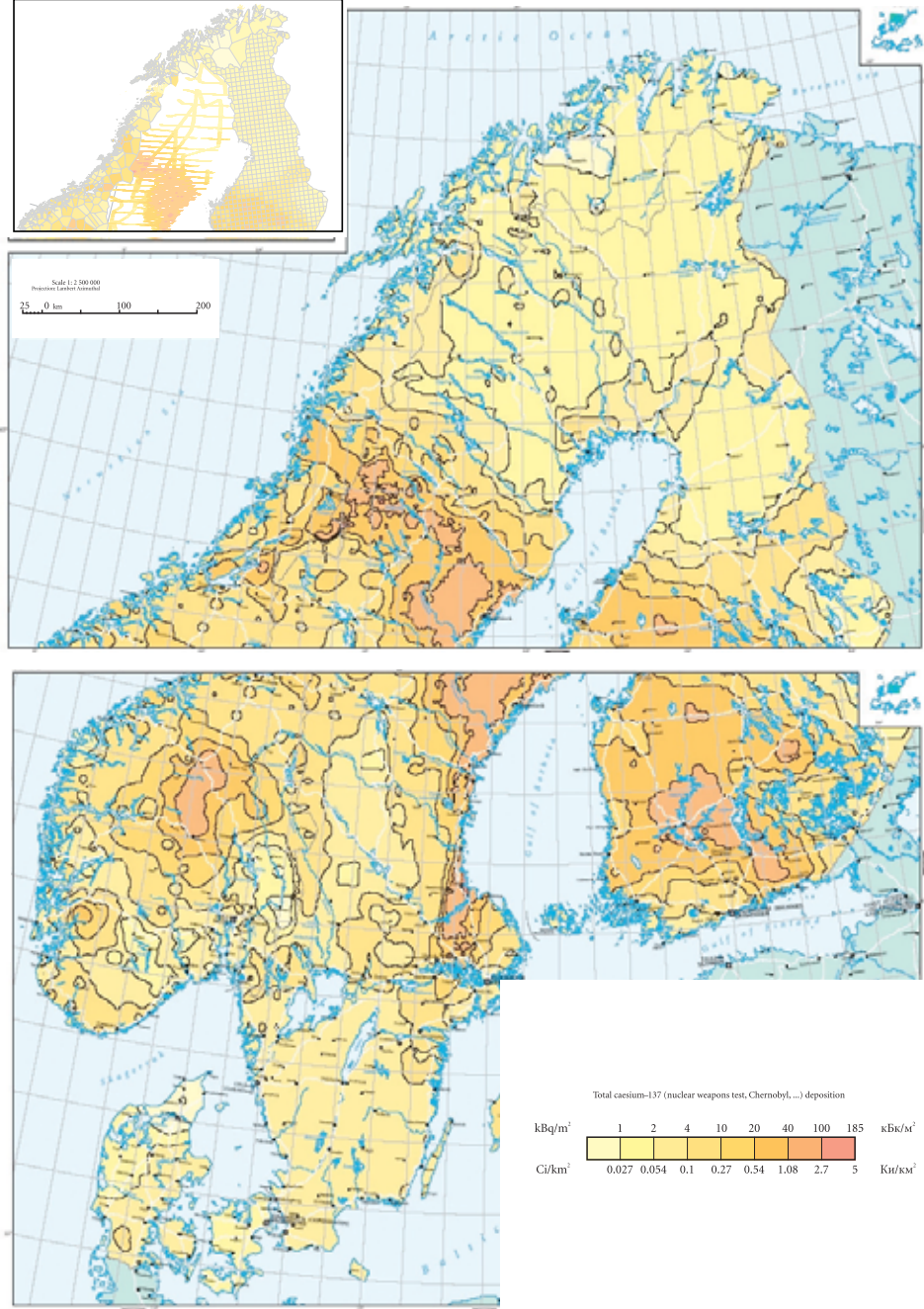


Şekil 2. Çernobil bölgesi, ¹³⁷Cs yüzey kirlilik haritası

2.3.2. Eski Sovyetler Birliği Dışında

Çernobil nükleer santral kazası ilk kez İsviçre'deki bir nükleer güç santralinde yapılan ölçümlerde çevresel radyasyon seviyesinde gözlenen yükselme sonucunda tespit edilmiştir. Başlangıçta, bu kirlenmenin İsviçre'deki bir reaktörden kaynaklandığı düşünülmüş, daha sonra geriye dönük olarak çalıştırılan atmosferik dağılım modelleri kullanılarak kazanın yeri hakkında tahminler yapılmıştır. Kazanın, Çernobil reaktöründen kaynaklandığının açıklanmasından sonra, tüm dünyada yoğun çevresel ölçüm programları başlatılmıştır. Kaza tarihinde, rüzgarın kuzeybatı yönünde olması nedeni ile İskandinav ülkeleri, Hollanda, Belçika ve İngiltere'de birikimler görülmüştür. Daha sonra rüzgar yönünün güneye doğru değişmesi ile Avrupa'nın orta ve güney bölgeleri ile Akdeniz'in kuzeyi ve Balkanlar'ın bazı bölgelerinde radyoaktif birikim meydana gelmiştir. Birikim miktarı bulut yüksekliği, rüzgar yönü ile hızı, bulutun geçişi sırasındaki yağışa bağlı olarak değişiklikler göstermiştir. Radyoaktif dağılımın etkileri, hemen tüm kuzey yarımkürede, hatta Japonya ve Kuzey Amerika'da saptanmış olmakla birlikte, Avrupa dışındaki ülkelerde çok az düzeyde görülmüştür. Güney yarımkürede, çevresel radyasyon ağı ile yapılan ölçümlerde radyoaktif birikim gözlenmemiştir.

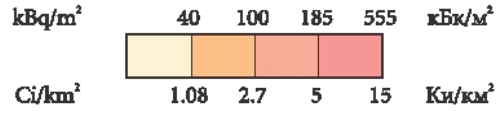
Radyoaktif bulutların Avrupa üzerinden geçişi sırasında, yağmur alan Avusturya, Doğu ve Güney İsviçre, Güney Almanya'nın bir bölümü ile İskandinav ülkelerinde, radyoaktif kirlenme diğer bir çok ülkeye göre çok daha fazladır. İspanya ve Portekiz en az düzeyde etkilenmiştir. Avusturya'da; yukarı Avusturya, Salzburg ve Carinthia bölgelerinde ortalama tahmini ¹³⁷Cs birikimi sırası ile 59;46 ve 33 kBq/m² olmasına rağmen Portekiz'de ortalama ¹³⁷Cs birikimi 0.02 kBq/m²'dir.



Şekil 4. Kuzey Avrupa, ¹³⁷Cs yüzey kirlilik haritası



Şekil 5. İngiltere ve İrlanda, ¹³⁷Cs yüzey kirlilik haritası



Şekil 6. İngiltere, İsveç, Avusturya'da ¹³⁷Cs ile kirlenmiş bazı sıcak noktalar

Çernobil kazası sonrası Avrupa ülkelerinde ölçülen ^{137}Cs yüzey kirlilik miktarlarının alan dağılımı **Tablo 1**'de verilmektedir [14].

Tablo 1. Kaza sonrası Avrupa ülkelerinde ^{137}Cs yüzey radyoaktivite birikim alanları

Ülke	Yüzey Radyoaktivite Birikimi Alanı (km ²)*			
	37-185 kBq/m ²	185-555 kBq/m ²	555-1480 kBq/m ²	>1480 kBq/m ²
Rusya Federasyonu	49800	5700	2100	300
Beyaz Rusya	29900	10200	4200	2200
Ukrayna	37200	3200	900	600
İsveç	12000	-	-	-
Finlandiya	11500	-	-	-
Avusturya	8600	-	-	-
Norveç	5200	-	-	-
Bulgaristan	4800	-	-	-
İsviçre	1300	-	-	-
Yunanistan	1200	-	-	-
Slovenya	300	-	-	-
İtalya	300	-	-	-
Moldova	60	-	-	-

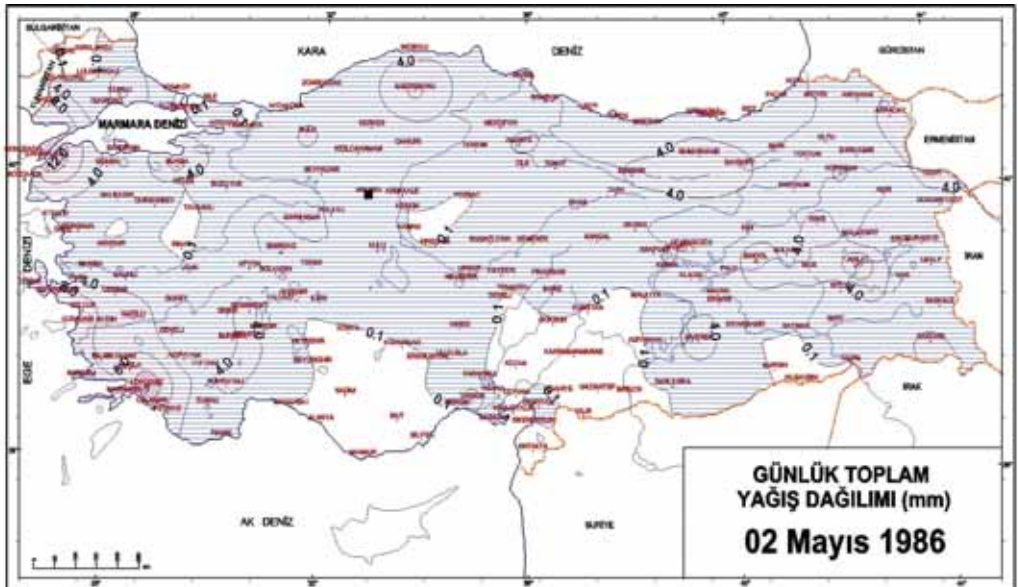
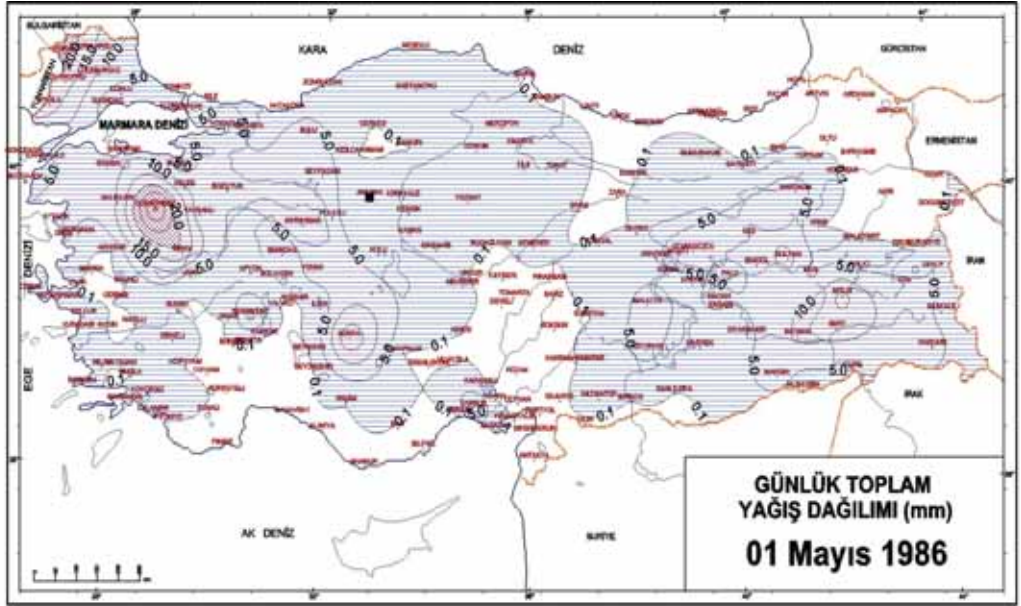
*Atmosferde 1961, 1962 yıllarında yapılan nükleer silah denemelerinden gelen 2-4 kBq/m²'lik katkı da, ^{137}Cs değerlerine dahildir.

Bu tabloya göre değerlendirildiğinde; Hopa-Pazar arasındaki kıyı bölgesi ve denize bakan dağ yamaçları dikkate alındığında, Türkiye'nin bu listenin alt sıralarında yer aldığı görülmektedir.

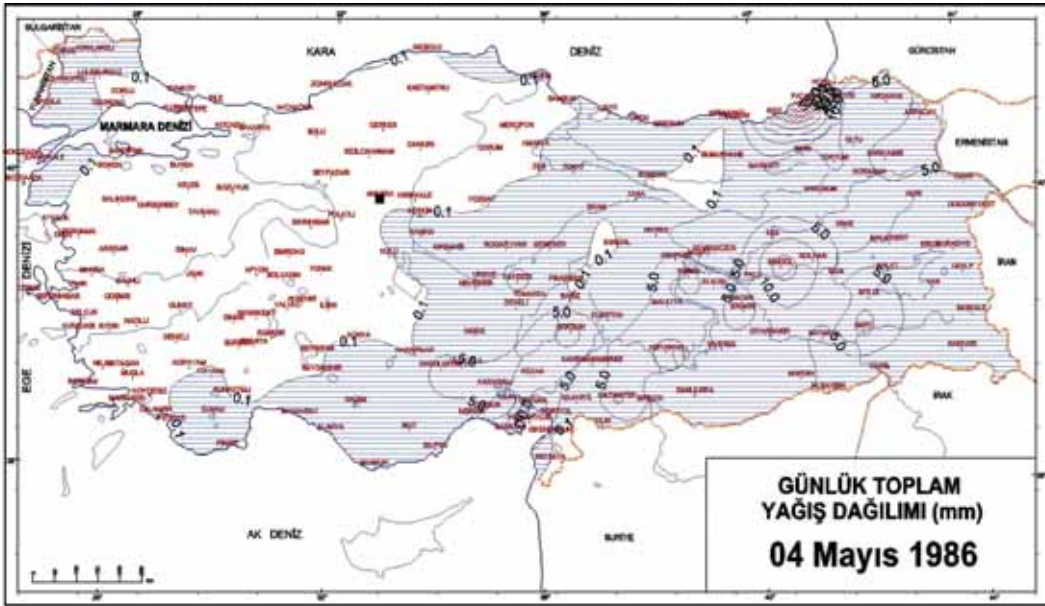
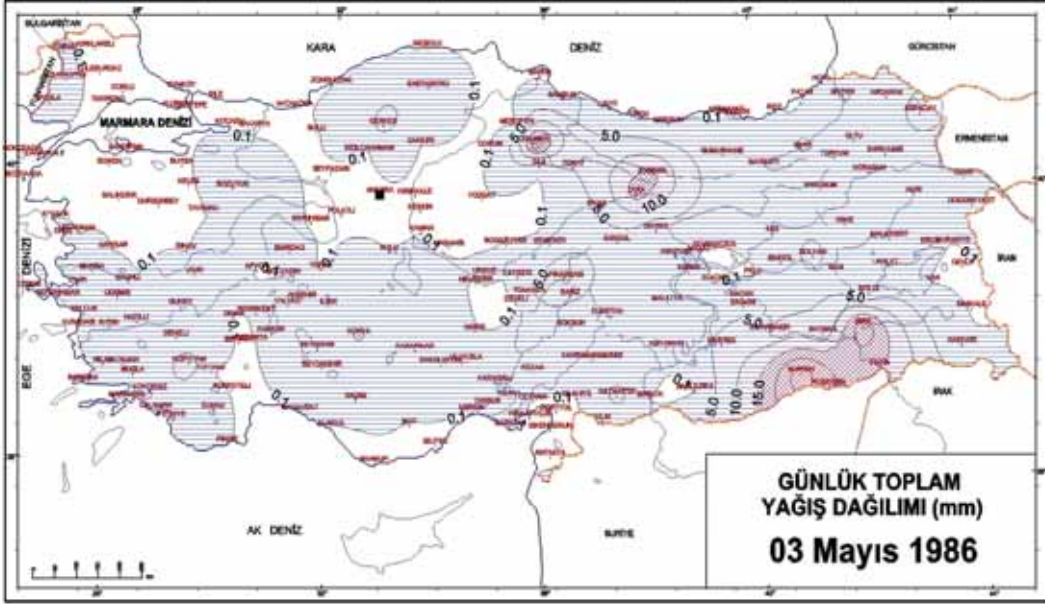
2.3.3. Türkiye

Atmosferik dağılımın Türkiye üzerindeki etkileri 1 Mayıs 1986 tarihinden itibaren görülmeye başlanmış ve radyoaktif bulut hareketi ile yağış miktarlarına bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılıklar göstermiştir. Türkiye genelinde Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki alanlarda ölçüm yapılan bölgelerin toprağındaki ^{137}Cs kirlilik düzeyi 1986 yılı için ortalama olarak 6 kBq/m² civarında bulunmuştur. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Pazar-Hopa arasındaki kıyı şeridinde yer alan, bulutun geçişi sırasında yoğun yağış alan yerlerde aktivitenin 181 kBq/m²'ye ulaştığı sıcak noktalar tespit edilmiştir. Bu doküman serisinin 7. cildinde bu bilgiler ayrıntılı olarak yer almaktadır.

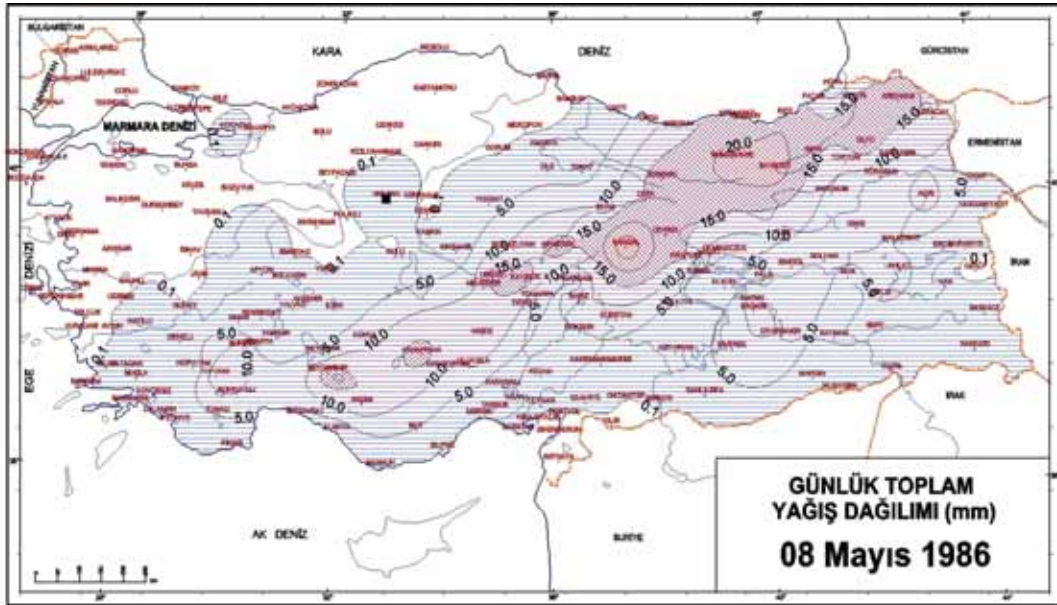
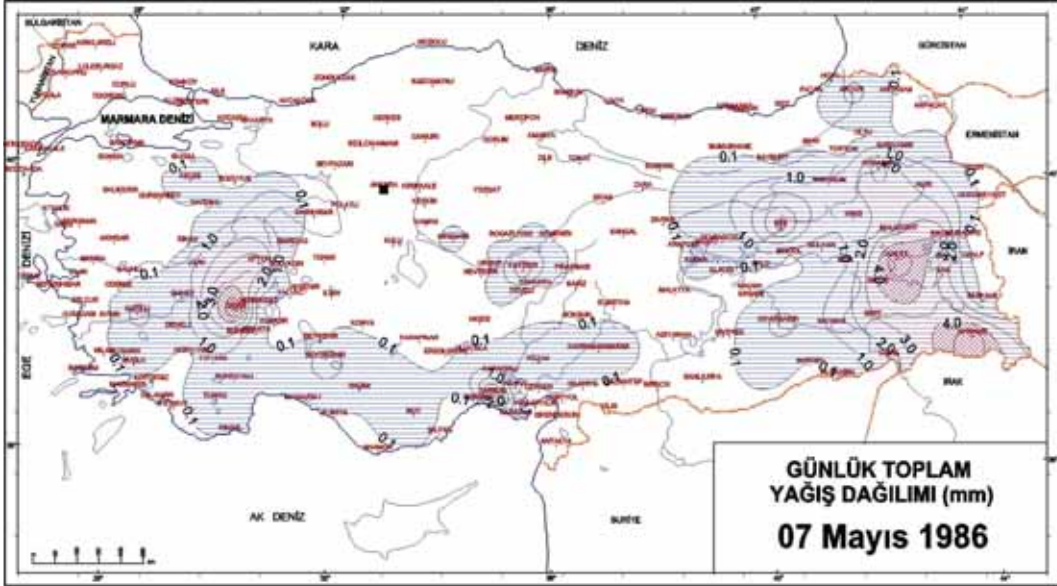
Topraktaki radyoaktivite kirlilik düzeylerinin incelenmesinden, en fazla etkilenen yerlerin, yoğun yağış alan bölgeler olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin etkilenme düzeyini belirlemek üzere, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1 - 9 Mayıs 1986 tarihleri için hazırlanan bölgesel yağış bilgileri **Şekil 7 - Şekil 11**'de gösterilmektedir [5].



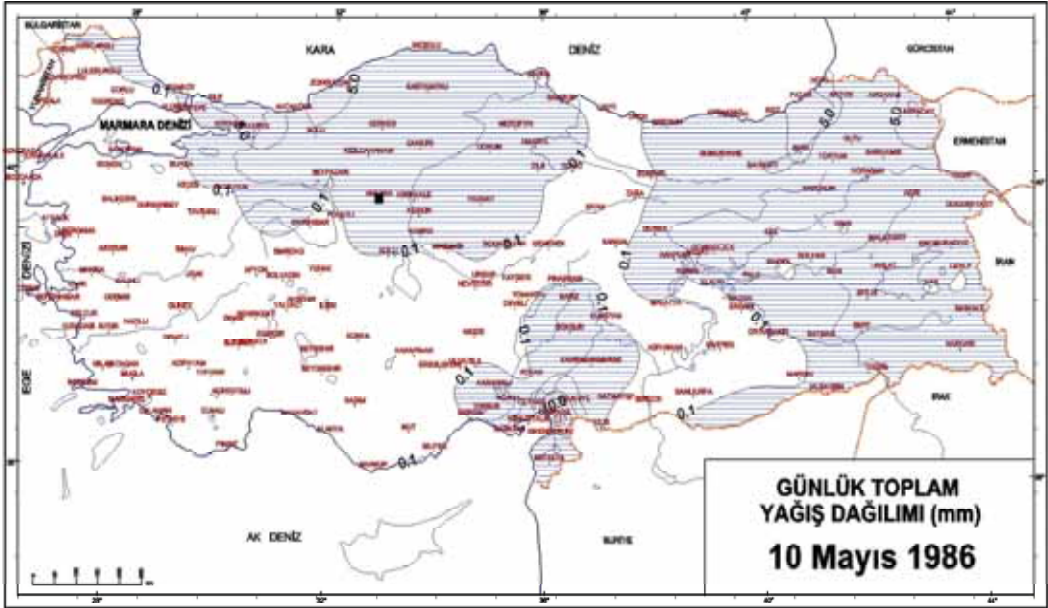
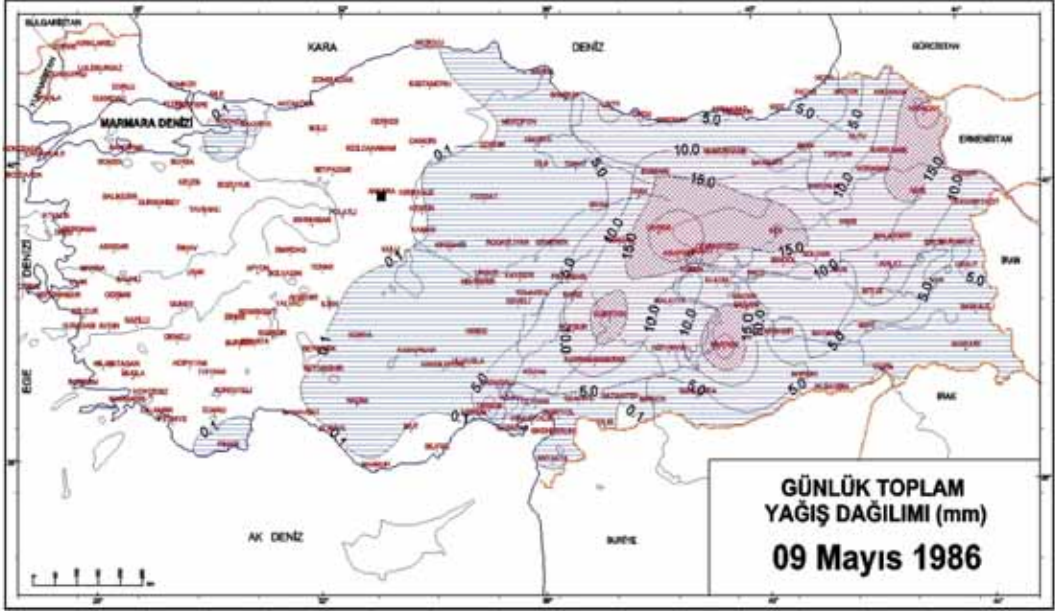
Şekil 7. Türkiye yağış haritaları, 1 - 2 Mayıs 1986



Şekil 8. Türkiye yağış haritaları, 3 - 4 Mayıs 1986



Şekil 10. Türkiye yağış haritaları, 7 - 8 Mayıs 1986



Şekil 11. Türkiye yağış haritaları, 9 – 10 Mayıs 1986

Tablo 2. Türkiye'de 25 Nisan - 10 Mayıs 1986 tarihlerinde ölçülen yağış bilgileri

25/04 – 10/05 1986 arasında günlük yağış miktarları (mm/m ²)																
ISTASYON ADI	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	09/05	10/05
ACIPAYAM								2.1	7.5					0.8		
ADANA									1	1.2	0			0.2	0.2	1.7
ADYAMAN							6.8		0.4	12				0.8	7.4	
AFYON					0.1		1.8	3.3		0.1			3.6	2.4		
AGRI				0.4				0.6		1.6	0.4	5.2	1.8	13.4	15.6	1.8
AHLAT			1	3.5		0.1	4.3	13.8	1.1	4.2	2.4	11.2	5.9	7	14.2	0.2
AKCAABAT										0.8	0.4	1.5		17.7	3.2	1.2
AKCAKOCA							3.1	0.8								4.3
AKHISAR								0.3								
AKSEHIR									4.6					1.5		
ALANYA										0.2			0	0		
AMASYA							1.3	6	25.2					0.8	3.8	2
ANAMUR										1.4						
ANKARA							1.7	4.2						1.3		2.7
ANTAKYA											25.1	2.2			0.4	9.6
ARAPGIR							5	0.3	5.6	5.8						
ARDAHAN			1.5	0.2	4.1	3.2		2.3	2.4	0.7	0.6			17.3	11	3.1
ARPACAY			0.4	4.1			0	5.1	6.7	6.6				13.8	22.5	8.7
ARTVIN	0.4				1.2	0.3		0.4	5.8	1		2.7	1.5	16.8	2.1	5
AYDIN								6.6	1.8							
AYVALIK							13.4									
BAFRA	4.4							0			0				2.9	
BALIKESIR	0	0	0	0	0		10.2	0.3	0	0		0			0	
BANDIRMA							9.1	0.7	0							
BASKALE		2.8	3	4.5	4.7	0.2	4.2	0.9		0.1	0.2	2.1	0	1	4.3	0.6
BATMAN				6.2		1.1	10.7		6.4	2.5	5.6	0.9	1.1	1.6	6.9	0.2
BAYBURT	0.1						0.4	5.9	2	2.7		1		22.9	10.1	2.9
BERGAMA							1.9	0.7								
BEYPAZARI							7.3	1.4								
BEYSEHIR						0.3			2.1					4.8		
BINGOL				0.3	1.4	4	6.1	8.8	1.5	18.8				8.8	11.4	
BIRECIK										4.3				0.3	1.7	
BITLIS				1.7		3	17	0.7	1.6	9.5	9.8	11.3	4	5.3	13.4	0.1
BODRUM							0.7	17.4	0				0			
BOGAZLIYAN								1	0.2	1.7				11.1	2	
BOLU							7.9	5.2								4.9
BOLVADIN							0.8	0.1	0				0	3.3		
BOZCAADA							0.6	1.5		0.9			0			
BOZUYUK						0.4	5.7	3	1.1							
BURDUR								2					1.2	12.5		
BURSA						0.1	3.3	10.4								
CANAKKALE						0.2	4.5	18.6	0.1	0.1		0.2				
CANKIRI																0.4
CEMISGEZEK							6.3			0.3			0.1	5.3	15.5	1.1
CERKES								1.5	6.3			0				1.2
CESME							1.3	5.2	1.3							
CEYHAN										13.7		6.3		2.3	2.4	2.2
CIZRE			4	0	1.3	0.4	5.1		15.5	0.4	2.7	7.4	1.4	1		
CORLU						1.6	3.5	9.6								
CORUM							1.6	0.8							0.1	0.4
DALAMAN							0	10.6	2.4			3		1.8		
DENIZLI						0	3	1.2	1.5				0.4			
DEVELI									0	1.6				9.3	0.7	
DIKILI						0.1	6.2	3.9	1.4							
DINAR							0.4	3.3					6.5	0.8		
DIVRIGI							0.3	0.9	0.6	2.9				16.5	22.7	0.3
DIYARBAKIR					14.5		3.6	0	5.4	10.2	2.8		1.4	9.8	1.5	0.1

Tablo 2'nin devamı

25/04 – 10/05 1986 arasında günlük yağış miktarları (mm/m ²)																
ISTASYON ADI	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	09/05	10/05
DOGUBEYAZIT			0.6	1.2	0.3	0.6		2	2.3	2.4	1.1	2.6		1.7	9.1	1.1
DORTYOL								0.5		5					3.7	33.4
DURSUNBEY							37.2	1.2					0			
EDIRNE						1.8	24.7		0.2	0.2						
EGIRDİR								1.3	0.9				0	0.1		
ELAZIG							4	1.1	0	8				0.6	14	
ELBİSTAN									2.7					7.2	18.2	
ELMALI								0.5	1	1.1			0.5	5.2		
EMIRDAG						0.5	1.9		1.1				0.2			
ERCİS				4.2		0.3		0.6	0.8	3.2	3.5	1.5	4	0.9	9.2	0.9
EREGLİ(KON)									0.5	7.8				7.7	1.3	
ERGANI							4.1	3.7	4.5	1.7				11	16.5	
ERZURUM				1.2	3.9	0	8.8	0.6	3.4	0.3			1.2	8.3	7.6	2.3
FETHİYE							0	6.8	5.3					1		
FINİKE									0.2				0.1		0.4	
FLORYA							3.3									0
GAZİANTEP							0.7		6.7	11.3						
GEMEREK	0.2						0.3	2.4	0.8	2.3				17.3	2.8	
GİRESUN								0.9	0.3	2.8	5.1	0.4		12.4	5.7	0.8
GOKCEADA						0.2	10.1		0							
GOKSUN						0			2.4	13.8				4.5	10.7	1.5
GONEN						0.4	6.2	3.2								
GOZTEPE	0					0	3.6									0.3
GUMUSHANE							0.5	7.3	1.6					21.9	11.3	1.1
GUNEY								1.9	0.9		1.7			0.2		
HADİM						0.7	0.2		0.7	5.5			0.2	13.9	1.1	
HAKKARI		1.3	4.7	4.2		10.9	5.8	5.1	0.7	1.6	3.8	12.5	6	4.7	2.8	4.2
HİNİS			5	6.6	0.7	3		5.4	2.3	2.5		0.4	1.1	6.5	12.9	
HOPA	1.1			0.1				0.4	1.3	34.9	3.6	10.2		5	1.4	3.8
HORASAN	0.1				1.9			4.7	5	2.8			3.7	6.5	14.1	
HOZAT							7			2.2			1	7.8	19.7	1.8
İGDIR				0.2				5.6	1.1	4.4	0.2	1.2		1.6	7.3	0.6
İLGİN							1.1	0.4	4	0			0	2	0	
İNEBOLU	0.5						0.2	2.7			0.2					0.8
İPSALA						0.5	17.4	11.7	0.2	1.7	0.8					
İSKENDERUN																2.2
İSLAHIYE														0.3	1.9	6
İSPARTA								8.5					0.4	2.4		
İSPIR	0.1							1.4			0.4			15.7	10.8	6.1
İZMİR								4.8	1.7							
KAHRAMANMARAS							0		2.2	2.3			0.5	3.4	14.2	2.6
KAMAN							3.2	0.1	0.1	1.4				0.8		0.3
KANGAL							0.2	1	2.6					30	13.6	
KARAIŞALI							0.7	0.5		7.2			0.3		8	1
KARAPINAR									2.8	0			0	17.7	0.5	
KARATAS										1.2				0.5		
KASTAMONU	1.3					0	3.8	9.4	4.8						0	2.4
KAYSERİ								0.6	0.5	7.1			3	17.9	2.3	
KEBAN							4.1	3	2.3	13.1			0.3	2.2	6.4	0.1
KELES							10.7	0.1					0.6	0	0.1	
KESKİN							2.6									1
KİGİ						3.1	8.7	0.6	2.6	8.3			4.6	10	20.1	0.6
KİLİS										0.2	0.3			0	0.9	
KIRIKKALE							3.2	3								5.1
KIRKLARELİ					0.2	0.9	14			0.6						
KİRSEHİR							1			0.1			0.2	0.4	0.8	
KIZILCAHAMAM								0.7	0.1							2.7
KOCAELİ							11.8	1.8						0.3	0.3	2.5

Tablo 2'nin devamı

25/04 – 10/05 1986 arasında günlük yağış miktarları (mm/m ²)																
ISTASYON ADI	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	09/05	10/05
KONYA						0.2	20.4		5.3				0	7.8	0.7	
KORKUTELI							0.1	5.4	0				0.5	9.8		
KOYCEGIZ							5.4	17.5	1.3					2.6		
KOZAN									0.6	7.6	4.4	1.4	1.1	0.2	7.5	
KULU						0	2.7	1	0.1					0.1		
KUMKOY							4.6									0.3
KUSADASI							2.3	9.1	0.1							
LULEBURGAZ						0.9	9.1									
MADEN							8	2.1	2.3	2.4				12.9	12	
MALATYA							6.8		0.4	5.6				2.1	6.3	
MALAZGIRT			2.7	6.9	0			0	4.3	5.1	0.2	0.8	2.7	4.3	12.2	1.5
MANAVGAT										0.6				3.3		
MANISA								0.3	4.3							
MARDIN				8.1	7	8.1			29	7	3.7	5.1		1.8	5.4	
MARMARIS							0.1	6.1	1.3					1.2		
MERSIN									0.1	2.4						0.1
MERZIFON							0.5		0.3						0.5	1.1
MILAS							0.2	6	0.3					0.3		
MUGLA							0	10	2.7				0.3	0.8		
MURADIYE		19.4	1.4	7.4				0.6		2.5	9.5	8.4	0.2	0.4	4	4
MUS				6.6	0.8	0.2	4	6.1	1.7	3.6	0.9		0.8	4.2	6.3	0.7
MUT						0.4				0.1			0.5	4.6		
NAZILLI								6.9	1.7			0	1.5	2.1		
NEVSEHIR							0.5	4.8		0.6				10.8	4.1	
NIGDE							0.1	0.5	0.2	1				14.6	4.2	
NUSAYBIN				9.4	7.7				20.7	3.3	6.5	3.4		1	1.4	0.7
ODEMIS							0.2	4.8	3.1							
OLTU			1.5	4.8				3	0.6	1.6		0.7		19.4	5.3	2
ORDU								0.2		2.5	1.6	0.4		8.3	4	
OZALP			3		2.6	0.6	5	2.8		1.3	2.8	0			5.6	
PALU					0		3.1	0.5		6.9				2.7	8.1	1
PAZAR								0.1		45.4	5.8	8.5		13.4	4.2	8
PINARBASI							0	1	11.3	0.1				1.4	5.5	
POLATLI							5.6	2.5								
RIZE	0.2								0.2	24.9	8.1	6.2		19.6	5.4	2.7
SAKARYA							2.9		0					0	0	7.5
SALIHLI							0.2	2.3	0.2							
SAMSUN	2.4							2.6			0.3	0		0	3.4	0.1
SANLIURFA								0.2		8.3	0.1			1.8	1.9	
SARIKAMIS			0.1	0.4	0.3	8.8		2.3	3	9.8	0	0.5	0.3	7.5	14.7	3.2
SARIZ								0.6	5.7	0.3				10.8	12.3	0.9
SEFERIHSAR							0.6	11								
SELCUK							1.3	11.2	0.2							
SENIRKENT							12.4	5.2	0.3		0.3		0.2	1		
SEYDISEHIR					0		0	0.1	3.1	0			1.8	19	0.3	
SIIRT			0.5	1.9	3.8	4.3	12	2.6	24.2	11.8	5.8	0.8	2.9	2.8	1.4	0.3
SILE	0						2.1									6.2
SILIFKE										4.8				0		
SIMAV	0.1						19.6				0					
SIVAS							0.1	0.8	4.7	0.2				11.4	2.6	
SIVEREK							0.4	6.4	6.7	6.6	1.2	1.1	0	8.8	24	
SIVRIHSAR						0.1	8.1	2								
SOLHAN			0.4	0.5	8.8	1	12.1	2.6	6.9	11.9			0.4	6.2	14.4	0.2
SUSEHRI								5.2	16.6			0		19.3	15	
TARSUS			1.4	4.4		3.8	14.6	7.8	2.9	5.2	5.7	5	6.2	5.3	16.2	1.4
TAVSANLI							6.4									
TEFENNI								3.2	0.2	0.2		0	0.7	13.5		

Tablo 2'nin devamı

25/04 – 10/05 1986 arasında günlük yağış miktarları (mm/m ²)																
ISTASYON ADI	25/04	26/04	27/04	28/04	29/04	30/04	01/05	02/05	03/05	04/05	05/05	06/05	07/05	08/05	09/05	10/05
TEKIRDAG						0.4	2.8				0.3					
TOKAT							0.6	2.9	5.2	1.9	0			2.6	1.8	
TOMARZA									4.6	3				2.7	2.9	
TORTUM			2.3	4	9.1	0.6	0.3	1.3		7.1		0		11.3	8.3	1.5
TRABZON							0			1.3	1	0.2		15.1	8.6	0.7
ULUKISLA								1.3	2.4	5.4			0.3	10.5	0.5	
UNYE	0					0					0.4			2.6	13	
URGUP								1.5	0.5	2.2				18.3	2.5	
USAK						0.3	1.4	0.1	3.7				1.2			
UZUNKOPRU		0				0.6	17.1	0.1	0.2	0.6	0					
VAN			0.6	1.4	1.3		6.2	1.6		0.2	0.1	1.7	2.4	0.5	2.8	
YALVAC								1.1	1.8					0.8		
YATAGAN							0.2	7	0.8			1.3	0.2	0.2		
YOZGAT							1.8							3.2	2.5	1.6
YUMURTALIK										27				1	2.7	0.1
YUNAK						0.2	7.1	1.8						0.1		
ZARA								1.2	17.1	0.2				15.3	11.6	
ZILE							0.2	0.5	0.5					3.3	2.6	0.2
ZONGULDAK							0.8					0.1				7

Türkiye'nin toprak radyoaktivite ölçümleri sonucunda bulunan değerler, kaza tarihindeki Türkiye yağış bilgileri ile birlikte değerlendirildiğinde, sonuçların uluslararası kuruluşlarca bu amaçla hazırlanmış atmosferik dağılım modelleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ülkemizde, topraklarda yapılan ölçümler sonucu hazırlanan, ¹³⁷Cs yüzey kirlilik haritası **Şekil 12**'de verilmektedir.

2.4. Radyonüklitlerin Davranışı

Radyonüklitlerin çevresel davranışı; radyoaktif yağışın oluşumuna, radyonüklitlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine, yer yüzeyindeki birikimin ıslak veya kuru oluşuna, parçacıkların boyutu ve biçimi ile çevresel özelliklere bağlıdır.

Kısa yarılanma ömürlü radyonüklitlerden insanların doza maruz kalması; birkaç gün içerisinde tüketilen yapraklı bitkiler ya da radyoaktif kirlenmenin olduğu meralarda otlanan inek ve keçi sütlerinin tüketilmesi sonucunda meydana gelir. Örneğin, iyot-131'in yarılanma ömrünün 8 gün olması nedeni ile uzun vadeli etkilenme söz konusu değildir.

Yerleşim bölgelerindeki park, sokak, meydan, çatı, duvar ve yollar gibi açık alanlar radyonüklitler ile en çok kirlenmiş alanlardır. Evlerin çevresindeki ¹³⁷Cs kirliliği artışının en önemli nedeninin çatılardan yağış nedeni ile taşınan radyoaktif maddeler olduğu görülmüştür.

Çevresel kirliliğin çok yüksek olduğu bölgelerdeki insanların tahliyesi ile rüzgar, yağmur, yolların yıkanması, yüzeylerin temizlenmesi gibi insan aktiviteleri sonucunda radyasyon düzeylerinde önemli azalma sağlanmıştır. Ancak, bu önlemler kanalizasyon sisteminde radyoaktivite artışına neden olmuştur.

Toprakta biriken radyonüklitler zamanla toprağın alt katmanlarına doğru geçiş yapmakta ve toprağın alt kısmına doğru sızarak, bitkilerin köklerine kadar ulaşmakta ve bitkilerin gelişimi sırasında, bitkilere transferi söz konusu olmaktadır. Bu durum, özellikle ¹³⁷Cs ve ⁹⁰Sr gibi uzun yarılanma ömürlü radyonüklitlerde dikkate alınmalıdır. Radyonüklitlerin topraktaki hareket yönü ve hızı; toprağın yapısı, içeriği, bitkinin cinsi, sulama koşulları, hava durumu gibi pek çok doğal süreçten özellikle de birikimin olduğu dönemdeki şartlara bağlıdır.

Ormanlardaki ağaç çileği, mantar ve av kuşlarının tüketimi ile orman ürünlerinin sanayi amaçlı olarak kullanımı sonucunda yüksek dozda radyasyon alındığı görülmektedir. Avrupa'nın kuzeyindeki ormanlardan radyoaktif olarak kirlenmiş biyoyakıtlar kullanılarak üretilen enerji ve atık ürünler ya da küllerin kullanımı ile bunların ormana gübre olarak geri dönüşümünün radyolojik yönden önemli olduğu anlaşılmıştır. Bu ormanlardaki podzolik toprakların mineral katmanlarında ¹³⁷Cs birikiminin artabileceği belirtilmektedir. Çernobil kazasından sonra geçen süreye rağmen, kuzey ormanlarındaki çam ağaçlarında toplam ¹³⁷Cs envanterinin halen artmaya devam etmesi bu şekilde açıklanmaktadır. Bölgede, bataklık dışındaki alanlarda, su ile yıkanma sonucunda beklenen aktivite azalımı neredeyse hiç görülmemektedir. **2005 yılında Doğu Karadeniz Bölgesi toprak numunelerinde yapılan ölçüm sonuçları da; topraktaki radyoaktivite miktarının radyoaktif bozunma ve çevresel azalım faktörleri kullanılarak yapılan öngörülerden daha fazla olduğunu ortaya koymuştur.**

Su kütleleri üzerine çöken radyoaktif maddeler çok büyük su hacmi içerisinde seyredtiğinden, ¹³⁷Cs ve ⁹⁰Sr'ın gıda yoluyla alınmasında su yolu ile geçiş genellikle çok az olmaktadır. Ancak, İskandinav ülkeleri ve Rusya'nın bazı bölgelerinde göllerde, su yolu ile etkilenme nispeten daha fazla önem taşımaktadır. Dağların alçak kısımlarında radyoaktif kirlenmenin tekrar arttığı gözlenebilmektedir. Örneğin; Fransız Alplerinin Güney kısımlarında toprak numunelerinde 1992 yılındaki ¹³⁷Cs kirliliği 1760 Bq/kg'dır. Bazı belirli küçük bölgelerde (metrekarenin kesri kadar) **sıcak noktalar; 1992**

yılında 55800 Bq/kg, 1995 yılında 314000 Bq/kg ve 2000 yılında 500000 Bq/kg olarak ölçülmüştür. Bu sıcak noktalar, dağın üst kısımlarında 1986 yılındaki kirlenmeden sonra yağın karın erimesi ve kar suyunun aşağılara inmesi sonucunda oluşmuştur. Bu noktalar ormanın alt kısımlarındaki küçük havzalar veya karın biriktiği karaçamlarda bulunmaktadır. Ancak, küçük yüzeyli (cm^2 den m^2 'ye) bu sıcak noktalar yürüyüş yolu üzerinde yer almamakta, dağa tırmananlar için çok az radyasyon riski taşımaktadır. Örneğin, bir dağcı bu gibi sıcak bir noktanın bulunduğu bir çevrede 4 saatliğine vereceği bir mola ile yaklaşık olarak 0.001 mSv doz alacaktır [2].

Etkilenen bölgelerdeki içme suları çok az kirlenmiş olup ^{137}Cs veya ^{90}Sr aktivite değerleri 1 Bq/l'den azdır. Pripyat nehri ile Kiev rezervuarındaki suyun içeriğindeki ^{137}Cs 'nin yıllık ortalama aktivitesi 0.2-1 Bq/l seviyesinde dengelenmiştir. Bu değer, 1986'daki kazadan önce elde edilen değerden on kat daha fazladır.

1986 yılından 1998 yılına kadar Pripyat nehriindeki yıllık ortalama ^{137}Cs ve ^{90}Sr seviyeleri **Tablo 3**'de gösterilmektedir [2].

Tablo 3. 1986 yılından itibaren, Pripyat nehriinde ortalama radyoaktivite değişimi

Yıl	Yıllık ^{137}Cs Akı Miktarı (TBq/yıl)	Ortalama ^{137}Cs Aktivitesi (Bq/l)	Yıllık ^{90}Sr Akı Miktarı (TBq/yıl)	Ortalama ^{90}Sr Aktivitesi (Bq/l)
1986	66.20	6.95	27.60	2.90
1987	12.80	1.65	10.40	1.34
1988	9.48	0.73	18.70	1.44
1989	6.44	0.52	8.97	0.73
1990	4.63	0.36	10.10	0.78
1991	2.90	0.21	14.40	1.03
1992	1.92	0.21	4.14	0.45
1993	3.48	0.21	14.20	0.84
1994	2.96	0.20	14.20	0.95
1995	1.15	0.11	3.40	0.33
1996	1.30	0.13	3.42	0.34
1997	1.70	0.16	2.68	0.25
1998	2.95	0.14	6.37	0.30

Kazadan sonra bazı ülkelerde ahşap imalat pazarı yasalarla yeniden düzenlenmiştir. Kesilen ağaçların kullanım amacına bağlı olarak düzenlenen limitler, ^{137}Cs için 740-11000 Bq/kg olarak belirlenmiş olup kazadan etkilenen bölgelerde çam ağaçlarının %30'u kesilemeyecek seviyede bulunmuştur. Klasik tarım uygulamasında toprağın sürülmesi, gübre kullanımı gibi mekanik işlemler etkili bir

koruyucu önlem olarak uygulanmıştır. Kazadan bir yıl sonra, kazadan etkilenen bölgede meydana gelen bir fırtına, yeryüzünde biriken radyoaktif maddelerin tekrar havaya kalkarak dağılmasına ve Pripjat kentinde havadaki radyoaktivitenin 1000 kat artarak 300 Bq/m^3 değerine ulaşmasına neden olmuştur. Orman yangınları da radyoaktivitede artışa yol açmıştır. 1992 yılında, etkilenen bölgedeki orman yangınlarının yol açtığı radyoaktivite, beta yayımlayıcı radyonüklitlerde 20 Bq/m^3 , plütonyum izotoplarında ise 70 mBq/m^3 değerine çıkmıştır **[2]**.

3. KAZA SONRASI ÜLKE FAALİYETLERİ VE ULUSLARARASI KRİTERLER

3.1. Ülke Faaliyetleri

Bu bölümde, **Çernobil nükleer santral kazasından kısa süre sonra ülkeler tarafından alınan önlemler ve yapılan faaliyetlerle ilgili bazı ülkelerin raporlarından alınan bilgiler** sunulmaktadır. Kaza dönemindeki ülke isimleri kullanılmış ve alfabetik sırayla verilmiştir.

3.1.1.ABD

Radyoaktif kirlilik içeren bir bulutun 3-4 Mayıs 1986 tarihinde yağışla birlikte Japonya'nın orta kesimlerini etkilediği dönemde, atmosferik hava hareketleri ve Kanada - ABD radyasyon ölçüm ağıları sürekli olarak izlenmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilmiştir:

- ABD süt ölçüm ağında yapılan ilk ölçümlerde, hiçbir örnekte yüksek radyoaktiviteye rastlanmamıştır.
- Çernobil'deki diğer 3 reaktörün durumu izlemeye alınmıştır.
- 6 Mayıs 1986'da Denver, Colorado, Cheyenne, Wyoming'den alınan hava örneklerinde eser miktarda radyoaktivite tespit edilmiş, 7 Mayıs'ta bu değerler doğal fon radyasyonu seviyesine inmiştir.
- Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) ile Tarım Bakanlığı'nın Gıda Güvenliği ve Kontrol Servisi tarafından geliştirilen yöntemlerle, yabancı ülkelere gelen gıdaların yerinde analizi gerçekleştirilmiştir. Avusturya, Çekoslovakya, Danimarka, Doğu Almanya, Finlandiya, Macaristan, Japonya, Norveç, Polonya, Sovyetler Birliği, İsveç ve Batı Almanya kaynaklı ürünlere daha fazla titizlik gösterilerek, bu ülkelere gelen taze süt ürünleri, taze sebze, meyve ile taze balıkta daha fazla ölçüm ve analizler yapılmıştır.
- ABD'ye et ve tavuk ürünleri ihraç eden ülkelere, ihracat öncesinde, ölçümler yapılmıştır.
- Bir ülkeden ABD'ye herhangi bir ürün gönderilmeden önce radyoaktivite ölçümünde veya alınan bilgilerde şüpheli bir durum söz konusu olduğunda, ürünler bekletilerek radyoaktivite analizinin yapılması sağlanmıştır.

- 9 Mayıs 1986 itibari ile radyoaktif bulutun çok fazla dağılmış olması nedeni ile konumu hakkında tahmin yapılamayacağı belirtilmiştir.
- Moskova, Varşova ve Bükreş'e radyasyon ölçümleri yapmak üzere teknik personel gönderilmiştir.

Kazadan etkilenen bölgelerde bulunan Amerikan halkı için;

- Taze süt ve diğer süt ürünlerinin tüketilmemesi,
- Mümkünse işlenmiş gıdalar tüketilmesi, taze ürünlerin yıkanarak, soyularak yenilmesi,
- Yerel su kaynaklarının yerine şişelenmiş su ve diğer içeceklerin tüketilmesi,
- Bu bölgelere gidecek Amerikan vatandaşlarının basın bültenlerini takip etmesi tavsiye edilmiştir.

3.1.2. Almanya

Yapılan ölçümlerde bazı bölgelerde sıcak noktalar ve yağmur sularında çok yüksek aktiviteler tespit edilmiştir. Dışarıda otlayan hayvanlar ile içeride beslenen hayvanların sütlerindeki ¹³¹I miktarları arasında önemli farklar görülmüştür. Örneğin; Almanya/Glatzbach'da süt aktiviteleri sırasıyla 335 Bq/l ve 19 Bq/l olarak ölçülmüştür.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda;

- Hamile kadınlar ve çocukların taze süt içmemeleri,
- Yapraklı taze bitkilerin tüketilmemesi,
- Kök bitkilerin güvenle tüketilebileceği,
- Çocukların toprakta ve oyun alanlarında oynamamaları,
- Ayakkabıların dikkatle temizlenmesi,
- Çocukların yağmurda oynamasına izin verilmemesi, bu sağlanamazsa, oyun sonrasında duş almalarının temin edilmesi,
- Musluk suyunun güvenle içilebileceği tavsiyeleri yapılmıştır.

3.1.3. Avustralya

Nükleer kazalarda uluslararası işbirliği konusunda; etkin bir erken uyarı sistemi kurulması, karşılıklı acil durum yardımlaşma düzenlemelerinin çok taraflı yapıya kavuşturulması önerilmiştir. Uluslararası boyutta geniş kapsamlı katılımın olmaması ve uluslararası boyutta yasal yaptırımların yeterli olmaması konularındaki eksikler ön plana çıkarılarak yeni öneriler sunulmuştur.

3.1.4. Avusturya

Yapılan değerlendirmeler sonucunda;

- Çocukların kum bahçelerinde oynamaması,
- Dış ortamda (çevrede bulunan) tozlarla mümkün olduğunca az temas edilmesi,
- Pastörize edilmemiş sütler ve son 48 saatte kapalı ortamda beslenmeyen koyunların sütlerinin içilmemesi,
- Sebze ve meyvelerin yenilmeden önce titizlikle yıkanması,
- Su depolarında biriken yağmur sularının içme veya yemek pişirmede kullanılmaması tavsiye edilmiştir.

Ayrıca;

- Sovyetler Birliği'nden gelen yolcular için sistematik bir kontrol yapılmayıp, sadece gelen yolculardan talep edenlerin ölçümleri yapılmıştır.
- Sovyetler Birliği'nden gelen uçakların radyasyon kontrollerinin yapılması için Viyana havaalanına gerekli ekipman gönderilmiştir. Ancak cihazları kullanacak personelin radyasyon ölçümleri konusunda eğitilmiş olmadığı görülmüştür.
- Çernobil'den yaklaşık 160 km uzakta çalışan bir Avusturya firmasının 50 civarındaki personeli bölgeden tahliye edilerek özel bir uçakla 1 Mayıs 1986 tarihinde Avusturya'ya getirilmiştir. Uçak ve yolcular titizlikle radyasyon kontrolünden geçirilmiş, bazı yolcular detaylı incelemeler yapılmak üzere Seibersdorf'daki Nükleer Araştırma Merkezi'ne gönderilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda tehlikeli yüksek radyasyon seviyeleri gözlenmemiştir.

3.1.5. Danimarka

RISO Ulusal Laboratuvarı bölgesinden düzenli olarak alınan numunelerde ve 28 Nisan 1986 tarihinde saat 10:00 civarında alınan çim örneklerinde yüksek radyoaktivite değerleri okunmuştur. İlave alınan örnekler ile durum teyit edildikten sonra olayın RISO'daki nükleer tesislerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. İlgili kurumlar ile yapılan görüşme ve değerlendirmelerden sonra benzer yükselmelerin İsveç'in kuzeyindeki Forsmark nükleer güç santralında da tespit edildiği ancak reaktörde anormal bir durum olmadığı bilgisi alınmıştır. İsveç tarafından benzer yüksek radyoaktivite değerlerinin İsveç ve Finlandiya'nın farklı bölgelerinde de ölçüldüğü ancak Finlandiya nükleer güç reaktörlerinde anormal bir durum olmadığı bildirilmiştir.

Bu tespitlerden hareketle, doğudan esen hakim rüzgar yönü dikkate alınarak olayın kaynağının Finlandiya'nın daha doğusunda olduğu değerlendirilmiştir. Çim numuneleri ve 24 Nisan 1986 tarihinden beri kullanılan hava numune alma filtresi değerlendirmeleri ile olayın kaynağının bir nükleer reaktör kazası olduğu sonucuna varılmıştır.

Olay, Danimarka basınına 28 Nisan 1986 tarihinde 19:00'da, Sovyetler Birliği resmi açıklamasından çok kısa bir zaman sonra açıklanmıştır.

3.1.6. İsveç

28 Nisan 1986 tarihinde Forsmark reaktöründe sabah vardiyası değişimi sırasında çalışanlar kapı monitöründen geçerken cihazın alarm vermesi ile reaktörde bir problem olduğu düşünülmüştür. Çimlerde yapılan ölçümlerin sonucunda radyasyon seviyesinde yükselmeler tespit edilmesini takiben reaktör saha içi kısmen tahliye edilmiştir. Daha sonra İsveç'in tüm doğu sahillerinde radyoaktif kirlenme olduğu tespit edilmiştir. İsveç Ulusal Savunma Enstitüsü tarafından kirlenmenin nükleer bombadan çok nükleer reaktör kazası nedeniyle olduğu açıklanmış, İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü tarafından yapılan geriye dönük rota izleme analizleri ile başlangıçta olay kaynağının Litvanya, Beyaz Rusya ve Ukrayna olabileceği yorumlanmış, büyüklüğü ve yakınlığı nedeniyle öncelikle Litvanya'daki İgnalina nükleer güç santralından şüphe edilmiştir.

1 - 8 Mayıs 1986 tarihlerinde Gävle şehri yakınlarında havada yapılan ölçümlerde en yüksek 400 $\mu\text{R/h}$ ve yukarı değerler ölçülmüş, daha küçük yerel bölgelerde orta değer (medyan) olarak 1000 $\mu\text{R/h}$ ve yukarısında ölçümler alınmıştır. Yüksek seviyelerin ölçüldüğü bölgeler, 28 - 29 Nisan 1986 sabahı yağış alan bölgelerdir.

Çevre ve insan sağlığı açısından İsveç için ^{131}I ve ^{137}Cs en önemli izotoplar olarak görülmüş, yapılan ^{137}Cs ölçümlerinde tüm nükleer denemeler sonucu oluşan birikimin 20 katına kadar olan değerler saptanmıştır.

Kuru birikim ve (yağış sonucu) ıslak birikim olan bölgelerde farklı izotop dağılımları gözlenmiştir. ıslak birikim olan bölgelerdeki $^{132}\text{Te}/^{131}\text{I}$ oranı kuru birikim olan bölgelere göre 5 kat kadar daha yüksek olmuştur. Göreceli olarak yüksek aktivite içeren ıslak birikim bölgelerinde ^{132}Te 'nin göreceli kısa yarılanma ömrü (3.25 gün) nedeni ile radyoaktivite düzeyinin azalma hızı başlangıçta daha yüksek olmuştur.

Acil önlem olarak, ineklerin kapalı mekanlarda tutulması dolayısıyla sütlerdeki ^{137}Cs ve ^{131}I miktarı müdahale düzeylerinin çok altında kalmış ^{131}I için 20 Bq/l'den, ^{137}Cs için 2 Bq/l'den küçük olmuştur. Domuzların kapalı alanda tutulması ve önceki yıldan kalan yemlerle beslenmesi neticesinde, etlerde ^{131}I ve ^{137}Cs seviyeleri 10 Bq/kg'ın altında kalmıştır.

Araç ve uçakların hava filtrelerinde ve diğer parçalarında ölçümler yapılmış, yüksek aktiviteler beklenmesine rağmen alarm seviyesini gösterecek değerler gözlenmemiştir.

İsveç'te yetişen ve satılan ürünlerde; (et, süt, taze sebze, meyve ve balık) radyoaktivite düzeyleri düşük olduğundan sağlık üzerinde olumsuz etkisi olmamıştır.

Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; hamileler için endişeli bir durumun söz konusu olmadığı, bebeklerin emzirilmesinde, çocukların toprakta oynamasında sakınca olmadığı belirlenmiştir. Şehir şebeke suyu ve kuyu sularının içme amaçlı kullanımında sakınca görülmediği ancak birikinti yağmur sularının içilmemesi tavsiye edilmiştir.

İneklerin otlatılmasında sakınca olmayan alanlarda yetişen sebzelerin tüketiminde kısıtlama yapılmamış, ancak açık alanda yetişen yeşil sebzelerin tüketiminden kaçınılması önerilmiş, sadece bu sebzelerin haşlama suları döküldükten sonra pişirilmesi tavsiye edilmiştir.

İyot tableti dağıtımına gerek görülmemiştir.

Halka yeni duyurular yapılıncaya ve çimlerde ölçümler tamamlanıncaya kadar süt üretiminde kullanılan hayvanların kapalı alanlarda tutulması, dışarıda otlatılan hayvanların sütlerinin analiz için yetkili otoriteye gönderilmesi tavsiye edilmiştir. Et üretimi için beslenen hayvanlar etkilenmemiştir.

Kaza sahasına 500 km ve ötesindeki göl ve diğer su kaynaklarında yüzme konusunda sınırlama getirilmemiştir.

27 Nisan - 3 Mayıs 1986 tarihlerinde büyük endüstriyel tesislerde kullanılan hava filtrelerini değiştiren personelin solunum maskesi kullanımı tavsiye edilmiştir.

Kaza sahasına 100 km'ye kadar olan bölgelere seyahat edilmesi tavsiye edilmemiş, kaza sahasına 100-500 km mesafedeki yerlere seyahat edilmesi, seyahatin önemine, eski Sovyetler Birliği otoritelerinin tavsiyelerine ve kişilerin inisiyatifine bırakılmış, 500 km'den uzak mesafeler için kısıtlama önerilmemiştir. Seyahat açısından pilot ve diğer uçuş personelinin normal halk ile aynı kriterlere uymaları tavsiye edilmiştir.

Eski Sovyetler Birliği'nden et, balık, süt, süt ürünleri, patates ve diğer sebze ithalatı durdurulmuş, diğer Doğu Avrupa ülkelerinden sebze, meyve, süt ürünlerine radyoaktivite kontrolleri yapılması şartıyla ithalat izni verilmiştir. Bulgaristan, Çekoslovakya, Macaristan, İtalya, Polonya ve Romanya'dan ithal edilen tüm taze sebze, meyve, süt ve süt ürünleri radyoaktivite ölçümü yapıldıktan sonra piyasaya sürülmüştür. 30 Nisan 1986 tarihinden itibaren Sovyetler Birliği'nden et, balık, taze meyve, sebze, süt ve süt ürünleri ithalatı yasaklanmıştır.

3.1.7. İtalya

Yeşil yapraklı sebzelerin tüketimi ile 10 yaşından küçük çocuklar için taze süt tüketimi kısıtlanmış, bazı yerel otoriteler tarafından çocukların sonraki iki hafta boyunca mümkün olduğunca uzun süre evlerde tutulması tavsiye edilmiş ve bazı bölgelerde taze peynir tüketimi yasaklanmıştır. 1 Mayıs 1986 tarihinde taze sebzelerin tüketiminden önce bol su ile yıkanması, sığırların eski yemlerle beslenmesi, taze yemlerin 15 günden önce hayvanlara verilmemesi tavsiye edilmiştir.

Mozarella peyniri üreten bölgelerde raf ömrü daha uzun olan peynir türlerinin üretimine karar verilmiş, iki büyük süt üreticisi tarafından 17 Mayıs 1986 tarihinden itibaren tüketilmek üzere, uzun ömürlü (UHT) süt üretiminin artırılmasına karar verilmiştir.

İthalat sınırlamaları konusunda eski Sovyetler Birliği, İsveç, Norveç, Finlandiya, Polonya, Çekoslovakya, Macaristan, Avusturya ve İsviçre'den canlı hayvan, evcil ve yabani et ürünleri ithalatı yasaklanmıştır. İspanya ve Fransa, İtalya'dan yapılacak tüm ithalatta ürünlerin Batı Almanya limit değerlerine uyduğunu belgeleyen resmi garanti sertifikası istemiştir.

Avusturya, İtalya'dan sebze ve meyve ithalatını durdurmuştur,

Piyasaya sürülmeyen tarım ürünleri için üreticilerin zararlarını telafi etmek üzere çalışmalar yapılmıştır.

3.1.8. Polonya

Bazı bölgelerde referans seviye olan 1000 Bq/l üzerinde (2000 Bq/l) değerleri okunmuş, bu bölgelerdeki taze süt tüketimi engellenmiş, 17 yaşın altındaki çocuklara iyot tabletleri dağıtılmıştır.

3.1.9. Eski Sovyetler Birliği

26 Nisanda geç saatlerde şehrin boşaltılmasına karar verilmesinden sonra boşaltılanların taşınması ve konaklaması için düzenlemeler yapılmıştır. 27 Nisan saat 11:00'de boşaltma duyurusu yapıldıktan sonra saat 14:00'de tahliye işlemi başlatılmış ve Pripyat iki buçuk saat içerisinde boşaltılmıştır. Daha sonra yapılan ölçüm sonuçları ve doz değerlendirmelerine göre reaktör çevresindeki 30 km yarıçaplı alanda yaşayanların da kademeli olarak boşaltılması ile boşaltılanların toplam sayısı 135000 civarına ulaşmıştır.

Radyoaktif kirlenmenin giderilmesi için binaların yıkanması, ikamet alanlarının temizlenmesi, kirlenen toprağın taşınması, yolların temizlenmesi ve su kaynaklarında kirlenmenin giderilmesi çalışmaları askeri personel tarafından yapılmıştır.

İyot tabletleri dağıtımı yapılmıştır.

Sovyet Ulusal Radyasyondan Korunma Komitesi halkın yeni bir alana sürekli yerleştirilmesi için müdahale seviyesi olarak, Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP-International Commission on Radiological Protection) tarafından aynı önlem için tavsiye edilen değer yaklaşık 3'te 1'i (1 Sv 'e karşın 350 mSv ömür boyu doz değeri) sınır olarak önermesine rağmen çok yüksek olduğu iddiasıyla şiddetle eleştirilmiştir. Bu durum, eski Sovyetler Birliği'nde o dönem varolan siyasi ve sosyal gerilim nedeni ile daha da karmaşık hale gelmiş, yapılan öneri eski Sovyetler Birliği'nin yetkili kurumları tarafından da benimsenmediği için müdahale düzeylerini belirlemek ve yeni tavsiyelerde bulunmak üzere özel bir komisyon kurulmuştur. Yeni komisyon tarafından yapılan öneriler ^{137}Cs , ^{90}Sr ve ^{239}Pu radyonüklitlerinin toprak kirlenme seviyelerine dayandırılmıştır. Müdahale kriterleri toprakta ^{137}Cs kirlenme düzeyinin 1480 kBq/m²'den büyük olduğu yerlerde yaşayan halkın yeni bir alana sürekli yerleştirilmesi, 555 - 1480 kBq/m² arasında olan yerlerde yaşayanların ise başka bir alana geçici yerleştirilmesi esas alınarak belirlenmiştir.

Kirlenmiş bölgelerde ikamet edenler tıbbi gözlem altına alınmış, ağır şekilde kirlenmiş bölgelerde yaşamaya devam eden halka tazminat verilerek hükümet tarafından yıllık tıbbi kontrollerinin yapılması sağlanmıştır. Kirlenmiş alanlardaki bazı bölgelerde yerel olarak üretilen süt ve mantar kullanımına sınırlamalar getirilmiştir.

Genel olarak eski Sovyetler Birliği'nde kısa süreli önlemler zamanında, makul ölçülerde ve etkin olarak alınmış olmakla birlikte uzun vadede kirlenmiş alanların yönetimi ve insanların gruplar halinde tahliyeleri ile ilgili kriterlerin belirlenmesinde güçlüklerle karşılaşmıştır. İnsanların yeni yerleşim yerlerine intikali veya kirlenmiş bölgelerden tahliyesi radyasyondan korunma şartları ve ekonomik tazminat bedelleri bir arada tutularak uygulanmış ve bu uygulama, karışıklık ve suiistimallere neden olmuştur.

3.1.10. Türkiye

Kazanın dünya kamuoyuna açıklandığı 28.04.1986 gününden itibaren TAEK tarafından ölçümler başlatılmış, meteorolojik verilerden elde edilen bilgiler doğrultusunda Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesinde yerinde ölçüm ve değerlendirmeler yapmak üzere ekipler görevlendirilmiştir. Tehlike durumu TAEK Başkanlığı tarafından yönetilmiş, bu kapsamda 24 saat çalışmak üzere ekipler kurulmuştur. Bu ekipler; ülke çapında örnek toplama ve radyasyon ölçümlerinin yapılması, ölçüm sonuçlarını değerlendirilmesi, doz ve risk hesaplarının yapılması, ölçüm ve hesaplama sonuçlarına göre teknik kararların alınması, uluslararası ilişkiler, ithal ve ihracat edilen gıdaların etkin kontrolünü temin etmek üzere gümrüklerde ve ihracatçı birliklerinde radyasyon ölçümleri yapılması ve radyasyondan arı belgesi düzenlenmesi, basın ve halktan kişilerce talep edilen bilgi ve belge verilmesi, gerekli haberleşmenin sağlanması ve idari sekreteryaya hizmetlerinin yapılması için görevlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, radyoaktif bulut hareketleri hakkında düzenli ve sürekli bilgi almak üzere DMİ Genel Müdürlüğü ve mevcut imkanlarını kullanarak yaptıkları radyasyon ölçüm sonuçlarını TAEK'e bildirmek üzere Genelkurmay Başkanlığı ile koordinasyon sağlanmıştır.

3 Mayıs 1986 günü saat 22:45'te TAEK Başkanı tarafından Türkiye Radyo Televizyon Kurumu ve Anadolu Ajansı aracılığı ile alınması gerekli önlemler konusunda kamuoyu açıklaması yapılmıştır. Ayrıca, alınacak önlemler konusunda Edirne Valiliği bilgilendirilmiştir. Bu kapsamda;

- o Halkın yağmur altında kalmaması,
- o Çamurlanan ayakkabı ve elbiselerin akan su altında yıkanması,
- o Sebze ve meyvelerin bol akan su ile yıkandıktan sonra yenmesi tavsiye edilerek;
 - § kirlenmiş sütlerin toplatılarak peynir yapılması ve radyasyon riski ortadan kalktıktan sonra tüketime sunulması,
 - § hayvanların kapalı yerlerde tutulması, radyoaktif yağışten etkilenmiş otlar ile beslenmesinin önlenerek suni yem ile beslenmesi sağlanmıştır.

Bu talimatlar Edirne Valiliği tarafından titizlikle yerine getirilmiştir. Yapılan tavsiyelere rağmen radyasyonlu ot yedirilmiş büyükbaş hayvanlar jandarma ekipleri tarafından karantinaya aldırılmış, sahiplerine radyasyonsuz yem temin etmek üzere faizsiz taksitlerle geri ödemeli tazminat verilmiştir. Bu hayvanlar takip edilerek etlerindeki radyasyon düzeyinin izin verilen sınırların tamamen altına indiği tespit edildikten sonra kesilmelerine izin verilmiştir.

Alınan önlemler sonucunda, Trakya bölgesindeki halkın kişi başına etkin doz ve tiroit dozunun ülke genelindeki kişi başına ortalama değer düzeyinde tutulması sağlanmıştır.

Diğer bölgelerde yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda, Doğu Karadeniz Bölgesinin de etkilendiği belirlenmiştir. Bu bölgenin iki önemli ürünü olan ancak temel gıda maddesi kapsamına girmeyen fındık ve çayda radyoaktif kirlenme tespit edilmiş, radyoaktivite seviyesi tüketime izin verilen değerlerden büyük olanlar uygun alanlarda depolanmıştır.

Kazanın dünya çapında büyük boyutlar göstermesi üzerine konunun bir hükümet yetkilisi tarafından

takip edilmesi için Başbakan'ın emri ile Sanayi ve Ticaret Bakanı başkanlığında **26 Mayıs 1986** tarihinde **“Türkiye Radyasyon Güvenliği Komitesi”** kurulmuştur. Komite üyeleri; Başbakanlık, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı, Sağlık Bakanlığı, Genelkurmay Başkanlığı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlıkları ile Çevre Genel Müdürlüğü yetkililerinden teşkil edilmiştir [12].

3.1.1.1. Eski Yugoslavya

Yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucunda yetişkinler için etkin eşdeğer doz orta değeri (medyan) 0.57 mSv, çocuklar için 1.27 mSv düzeylerinde olduğu belirtilmektedir.

Tiroit dozları yetişkinler için maksimum 459 mSv, çocuklar için 178 mSv olarak belirlenmiştir. Ülke raporlarında, sadece sütte önlem alınmış olmakla bu değerlerin yetişkinler için 90 mSv, çocuklar için 35 mSv, 1 yaşından küçük bebeklerin koyun sütü yerine anne sütü ile beslenmesi durumunda etkin eşdeğer dozun 5 mSv yerine 3 mSv, tiroit dozunun 460 mSv yerine 90 mSv'e düşürülmesi sağlanabilecek iken bunun yapılamadığı belirtilmektedir.

3.1.1.2. Yunanistan

Kazadan sonraki ilk dönemlerde yayınlanan ülke raporunda kazanın Yunanistan'daki etkilerinin düşük olduğu açıklanmıştır.

3.1.1.3. Alınan Önlemler ile İlgili Genel Değerlendirmeler

Ülkeler tarafından kazanın etkilerini azaltmak üzere pek çok önlem alınmış olmakla birlikte, bu önlemlerin beklenen düzeyde sonuç vermediği görülmüştür. Bunun temel nedenleri aşağıda belirtilmektedir:

- Ulusal yetkililer tarafından yapılan bazı tavsiye ve duyurulara halkın vereceği tepkinin doğru tahmin edilememesi, beklenmeyen sonuçlara neden olmuştur. Örneğin bazı Avrupa ülkelerinde, yeşil yapraklı sebzelerin yıkanarak tüketilmesi tavsiyesi, halkın bu sebzeleri satın almayı durdurması ile sonuçlanmıştır. Bu durum, radyasyondan korunmanın sağlık açısından getireceği potansiyel kazancı çok ötesinde önemli ekonomik kayıplara neden olmuştur.
- Bazı ülkelerde halka riskin çok küçük olduğu söylenmiş, aynı zamanda bu düşük riski azaltmaları için tavsiyeler verilmiştir. Riskin çok küçük olmasına rağmen azaltılmasının tavsiye edilmesi, radyasyon korunması açısından bilimsel bir yaklaşım olduğu halde halk tarafından anlaşılmasının güçlüğü toplumda çelişki yaratmıştır. Bu durum ulusal yetkili kuruluşların medya tarafından eleştirilmesindeki en temel konulardan biri olmuş ve haklılığı kanıtlanmamış tutarsız, bilinçsiz eylemlere yol açmıştır.
- En yaygın uygulanan tedbirler; taze sebze ve meyvelerin tüketilmeden önce yıkanması, yağmur suyunun içme ya da pişirme amaçlı kullanılmaması ve potansiyel olarak kirlenmiş olan bölgelerden gelenlere önemli yükler getirmeyecek uygulamalar olmuştur.

Deneyimler, bu tip önlemlerin bile önemsiz sayılmayacak negatif bir etkisi olduğunu göstermiştir.

- Kazanın ilk safhalarında eldeki yetersiz bilgiler ile birlikte, hazırlıksızlık, şaşkınlık ve halkın radyasyondan korunma kavramlarını yeterince değerlendirememesi sonucunda; karar vericiler üzerinde kurulan siyasi baskılar; hataya meyilli, bilimsel ve uzman yargısına dayanmayan kimi zaman hatalı, bazen de aşırı ihtiyatlı tedbirlerin alınmasına neden olmuştur.
- Kaza yerinden uzak bölgelerde kirliliğin giderek yayılması eski Sovyetler Birliği dışındaki bir çok ülkede önemli derecede endişe yaratmıştır. Bu durum karşısında, bazı ülkeler özel olarak herhangi bir önlem almaksızın normal çevresel izleme programlarını yürütürken bazı ülkeler gıda maddelerinin pazarlanması ve tüketilmesi ile ilgili olarak zorunlu kısıtlamalar getiren aşırı önlemler alma yoluna gitmiştir. Alınan önlemlerin uygulanmasında başlama tarihi ve uygulama süreleri açısından da büyük farklar görülmüştür.
- Radyoaktif kirlilik düzeyleri ile düzenleyici ve kamu sağlığı sistemleri arasındaki farkların yanı sıra, koruyucu önlemlerin uygulanmasında ve müdahale düzeylerinin belirlenip hayata geçirilmesinde de farklar görülmüştür.

Ülkelerin tepkilerindeki farklar:

- Özellikle gıda kirliliği ile ilgili uluslararası radyasyondan korunma kılavuzunun yanlış yorumlanıp kullanılmasından,
- Birçok koşulda önlemlerin belirlenmesinde ekonomik, sosyal, politik ve psikolojik faktörler gibi radyasyonla ilgisi olmayan faktörlerin baskın bir rol oynamasından,
- Radyoaktif kirlilik düzeylerinin farklılığı ile idari, düzenleyici ve halk sağlığı sistemlerindeki değişikliklerden,
- Koruyucu eylemlerin uygulanması için benimsenen müdahale seviyelerinin seçimi ve uygulanmasındaki ölçütlerden,
- Halk arasında, endişe ve karmaşanın neden olduğu şaşkınlık sonucu ulusal yetkili kuruluşların özellikle kamu önündeki inandırıcılıklarını koruma konusundaki zorluklardan kaynaklanmıştır.

Ülkeler arasındaki uygulama farklarının en iyi gösterilebileceği alan, radyoaktif bulaşmanın görüldüğü gıdalar için yapılması gereken uygulamalar olmuştur. Eski Sovyetler Birliği dışındaki ülkelerde genel halkın radyasyona maruz kalmasının ana kaynağı kirlenmiş gıdalar olmuştur. Kazadan itibaren birkaç hafta içinde, yerel olarak üretilenler ile birlikte ithal edilen kirlenmiş gıdaların kontrolüne yönelik mekanizmaların belirlenmesi büyük güçlükler yaratmıştır. Hızlı ve dikkatli hareket ederek halkın gıda kaynaklarının “safiğini” korumaya yönelik önlemlerin etkin olarak ortaya konulmasının zorunluluğu o zaman için bile aşırı tepki gibi görünen ve bilimsel olarak doğrulanmamış bazı kararların alınmasına yol açmıştır. Uzmanlar arasındaki fikir ayrılıkları karar vericilerin durumunu daha da güçleştirmiştir.

Nükleer güç programı olmayan ve kendi gıda maddeleri radyasyonlu olmayan bazı ülkeler herhangi bir ‘kirliliği’ yiyeceğinin ithaline ihtiyaç duymadıklarını belirterek radyonükleer içeren her gıdayı

reddetmişlerdir. Pratik yarar sağlamayan bu aşırı önlem, bu ülkelerin halk sağlığına verdiği önemin göstergesi gibi değerlendirilmiş, bu durumun bazı komşu ülkeler arasında çekişmeleri teşvik ettiği görülmüştür. Bunun sonucu, önemsiz derecede kirlenmiş gıdanın imhası ve ithalatın reddedilmesi olmuştur.

Eski Sovyetler Birliği'nde kazanın etkilerinin hafifletilmesi için geniş kapsamlı ve çok büyük mali ve bilimsel kaynaklar kullanılarak kısa ve uzun dönemli çevresel önlemler alınmıştır.

Kirlenmiş bölgelerin temizlenmesi, dış ışınlanma ile alınan dozların azaltılmasında başarılı olmasına rağmen, bu işlemler sonucunda düşük seviyeli çok miktarda atık ortaya çıkmıştır.

Uzun dönemli en büyük problem, eski Sovyetler Birliği ve Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerindeki et ve süt ürünlerindeki sezyum kirliliği olmuştur. Bu problemin çözümü için tarım arazilerinin rehabilitasyonu, hayvanlar için temiz yemlerin sağlanması, sezyum tutan (prusya mavisini gibi) kimyasalların kullanılması sonucunda hayvansal ürünlerin tüketilmesiyle alınan dozlarda önemli azalmalar sağlanmıştır.

Kazadan etkilenen BDT ülkelerinde uygulanan tarımsal önlemler, ekonomik nedenlerden dolayı 1990 ortalarından sonra azalmıştır. Bu durum sonucunda, bitki ve hayvansal ürünlerde radyonükleit konsantrasyonunda artışlar gözlenmiştir.

Radyonükleitlerin topraktan suya taşınımı yoluyla su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi için, kazadan sonraki aylar, yıllar boyunca çoğunluğu yeterince etkili olmayan, pahalı pek çok önlem alınmıştır. En etkili önlem, içme su kaynaklarının kullanımının kısıtlanarak alternatif kaynakların kullanımı olmuştur.

Taze balık tüketiminin kısıtlanması önlemi; Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da tam olarak uygulanmasa bile, İskandinav ülkeleri ve Almanya'da etkin olarak uygulanmıştır.

Ormanlarla ilgili olarak, eski Sovyetler Birliği, BDT ülkeleri, İskandinav ülkelerinde; halkın ve orman çalışanlarının ormanda bulunmaları ile ilgili kısıtlamalar konulmuş, av hayvanları, çilek türleri ve mantar gibi yiyeceklerin tüketimine kısıtlamalar konulmuş, (BDT ülkelerinde pek çok diyetle mantar ayrılmaz bir ürün olduğu için, bu önlem özellikle önemli olmuş) halk tarafından yakacak odun toplanmasının engellenmesi ile ağaçların yakılmasıyla ortaya çıkan küllerin depolanması ve gübre olarak kullanılması önlenmiştir.

Mevsimsel olarak sezyumun yüksek olduğu dönemde, et tüketiminden sakınmak için avlanma sezonu değiştirilmiştir.

3.2. Uluslararası Kriterler

Çernobil kazasını takiben Avrupa Ekonomik Topluluğu (AET) Komisyonu tarafından yayınlanan limit değerleri **Tablo 4**'te AET ülkeleri dışında kalan ülke ve kurumlarca uygulanan müdahale seviyeleri **Tablo 5**'de verilmektedir [12].

Tablo 4. Çernobil kazasını takiben AET tarafından yayınlanan limit değerler

Tarih	¹³¹ I (Bq/l, Bq/kg)	
	Süt ve Süt Ürünleri	Meyve ve Sebzeler
6.5.1986	500	350
16.5.1986	250	175
26.5.1986	125	90
	¹³⁴ Cs , ¹³⁷ Cs (Bq/l, Bq/kg)	
	Süt ve Süt Ürünleri	Diğer Gıdalar
Haziran 1986	370	600
2.7.1987	1000	800
22.8.1989	1000	1250

Tablo 5. AET dışında uygulanan müdahale seviyeleri

Ülke, kurum	¹³¹ I (Bq/l, Bq/kg)		
	Et, süt ve süt ürünleri	Sebze ve Meyve	
WHO	2000	250	
IAEA	1000	250	
İSVEÇ	(¹³¹ I)	2000	5000
	(¹³⁷ Cs)	1000	10000
POLONYA	1000	1000	
NORVEÇ	2000	1000	
AVUSTURYA	(¹³¹ I)	185	111
	(¹³⁷ Cs)	74	-
S. ARABİSTAN	75 (et) - 30	75	
KUVEYT	93 (et) – 18.5	93	
JAPONYA	-	370	

Avrupa Birliği tarafından, **Çernobil kazasına ilişkin uygulamalar için, gıda ithalatında uygulanacak limit değerler;**

- 22.3.1990 tarih ve 90/737/EEC numaralı Avrupa Birliği Konsey Yönetmeliđi ile süt ve süt ürünleri için **370 Bq/kg**, diğer gıdalar için **600 Bq/kg** olarak belirlenmiş,
- 20.3.2000 tarih ve 2000/616/EC Konsey Yönetmeliđi ile yapılan düzenlemelerde aynı limitlerin kullanımının 31.3.2010 yılına kadar uygulanması kararlaştırılmış,
- 24.7.2000 tarih ve 2000/1609/EC sayılı Komisyon Yönetmeliđi ile çay ve bazı baharatlar için limit değerlerin ayrı tutulması gerektiği belirtilmiş,
- 27.7.1999 tarih ve 99/1661/EC numaralı Komisyon Yönetmeliđi ve 24.7.2000 tarih ve 2000/1627/EC numaralı Komisyon Yönetmeliđi ile detaylı uygulama kuralları belirtilmiştir **[4]**.

Avrupa Birliği tarafından, **Çernobil sonrası olabilecek kazalar için belirlenen limit değerler;**

- 22.12.1987 tarih ve 87/3954/EURATOM numaralı Konsey Yönetmeliđinde limit değerler; süt ürünleri için **1000 Bq/kg**, diğer gıdalar için **1250 Bq/kg** olarak belirlenmiş,
- 18.7.1989 tarih ve 89/2218/EURATOM Konsey Yönetmeliđi ile bebek gıdaları ile süt dışındaki sıvı gıdalar için uygulanacak limit değerler belirlenmiş,
- 12.4.1989 tarih ve 89/944/EURATOM Konsey Yönetmeliđi ile az miktarda tüketilen gıdalar için, diğer gıdalar için uygulanan limitlerin 10 katının uygulanabileceği belirtilmiş,
- 29.3.1990 tarih ve 90/770/EURATOM sayılı Konsey Yönetmeliđi ile hayvan yemleri için uygulanacak limit değerler belirlenmiştir.

Önerilen limit değerler toplu olarak **Tablo 6**'da verilmektedir **[4]**.

Tablo 6. Çernobil sonrası olabilecek kazalarda gıda ve hayvan yemleri için uygulanacak müsaade edilen maksimum düzeyler

Gıda Maddeleri için Müsaade Edilen Maksimum Düzeyler ^a (Bq/kg)					
	Bebek Gıdaları ^b	Süt Ürünleri ^c	Genel Tüketim Gıdaları ^d	Düşük Miktarda Tüketilen Gıda Maddeleri	İçecekler ^e
Stronsiyum izotopları, özellikle ⁹⁰ Sr	75	125	750	7500	125
İyot izotopları, özellikle ¹³¹ I	150	500	2000	20000	500
Plütonyum ve transplütonyum elementlerinin alfa yayıcı izotopları, özellikle ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am	1	20	80	8000	20
Yarılanma ömrü 10 günden fazla olan diğer bütün izotoplar, özellikle ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs ^f	400	1000	1250	12500	1000
Hayvan Yemleri için Müsaade Edilen Maksimum Düzeyler ^{gh} ¹³⁴ Cs ve ¹³⁷ Cs (Bq/kg)					
Domuz yemi	1250				
Kümes hayvanı, kuzu, sığır yemi	2500				
Diğer	5000				

^{a)} Konsantre veya kurutulmuş gıdalara, tüketime hazır hale geldikten sonra bu limitler uygulanır.

^{b)} 4-6 aylık bebeklerin beslenmesi amaçlı perakende satışa sunulan gıda maddeleridir.

^{c)} Gümrük Birliği Tarifesi 0401 ve 0402 CN Kodundaki ürünlerdir (0402 29 11 hariç).

^{d)} Düşük miktarda tüketilen gıda maddeleri dışındaki gıda maddeleridir. Düşük miktarda tüketilen gıda maddeleri için bu sütunda verilen değerlerin 10 katı kullanılabilir.

^{e)} İçme suyuna da bu değerler uygulanır.

^{f)} Karbon-14, Tiryum ve Potasyum-40 bu gruba dahil edilmemiştir.

^{g)} Bu değerler, insan tüketimi amaçlı gıda maddeleri için verilen maksimum müsaade edilebilir seviyelerin sağlanmasına katkıda bulunması amacıyla konulmuş olup, insan tüketimi amaçlı hayvansal gıdalar için izleme gereklerini ortadan kaldırmaz ya da azaltmaz.

^{h)} Bu değerler, tüketime hazır yemler içindir.

1986 yılında Avrupa Ekonomik Topluluğu tarafından getirilen limitler ile önemsiz miktarda tüketilen baharat gibi gıdalar ile yüksek oranda tüketilen sebze gibi ürünler için aynı kriterlerin uygulanmasının pek çok problem ve karmaşaya neden olduğu görülmüştür. Ancak, daha sonra yapılan düzenlemeler ile bu tutarsızlıkları gidermek amacıyla bazı gıdalar için sınırlar yeniden türetilmiştir.

Bazı özel durumlar için de kararların yerel durumlar esas alınarak belirlenmesi gerekli görülmüştür. Örneğin; bazı Kuzey Avrupa topluluklarında, et tüketiminin ana öğelerinden biri olan ren geyiğinin, ekolojik şartlar nedeni ile sezyum depolama eğiliminin yüksek olmasından dolayı ren geyiği eti tüketiminin yoğun olduğu ülkeler için, bu durum dikkate alınarak bazı önlemlerin alınması ihtiyacı doğmuştur. Çözümlerin çeşitliliği, karmaşaya yol açmış, bu çeşitlilik gıdalar için türetilmiş müdahale düzeyleri ile ilgili uluslararası fikir birliğine varılmasını çok zor hale getirmiştir.

Uluslararası örgütlerin müdahale kriterlerinin uyumlu hale getirilmesine yönelik çalışmaların ve ülkelerin bu çabaya yardımcı olmalarının bir sonucu olarak radyasyondan korunma prensiplerine dayalı ortak kriterler yeniden oluşturulmuştur. Gelecekte olası bir kaza durumunda bu kriterlerin uygulanmasında göreceli olarak bir uyum sağlanabileceği beklenmektedir.

Bu rehber değerlerin sadece uluslararası gıda dolaşımını kolaylaştırmak için geliştirildiği ve bunların altındaki değerlerde radyoaktif kirlenmeye sahip gıdalar için radyolojik nedenlerden dolayı ticari kısıtlama uygulanmasına gerek olmadığı unutulmamalıdır. Bunların üstündeki değerler için uygulanacak yöntem ve kriterlerin ulusal yetkili otoriteler tarafından belirlenmesi gerekmektedir.

4. ALINAN RADYASYON DOZLARININ BELİRLENMESİ

Çernobil nükleer santral kazasının radyolojik açıdan etkilerinin değerlendirilmesinde;

- radyoaktif iyot nedeni ile tiroitin maruz kaldığı doz,
- ağırlıklı olarak radyoaktif sezyumdan kaynaklanan tüm vücut dozu belirleyici olmuştur.

Bu bölümde, kaza nedeniyle alınan dozların belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalar ve belirlenen dozlar hakkında bilgiler sunulmaktadır.

4.1. Sağlık Etkilerinin Belirlenmesinde Epidemiyolojik Çalışmalar

Çernobil kazasının gecikmiş sağlık etkilerinin belirlenmesinde;

- Hiroşima ve Nagazaki'de atom bombası patlatılmasından sonra hayatta kalan insanlar üzerinde yapılan çalışmalardan giderek Çernobil'den etkilenenler için yapılan risk yaklaşımları,
- Çernobil'den etkilenen insanlar üzerinde yapılan incelemeler sonucunda elde edilen bulguların değerlendirilmesi olmak üzere iki temel yaklaşım kullanılmaktadır.

Bu yaklaşımların çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır. Birinci yaklaşımda, Çernobil'den etkilenen insanların aldığı dozlardan daha büyük dozlara maruz kalan insanlarda ortaya çıkan etkiler esas alınır. Bu yaklaşımın avantajı, istatistik olarak anlamlı sayıda veri olması nedeniyle belirlenecek risk değerlerindeki sapmanın az olmasıdır. Bu yaklaşımın dezavantajı; radyasyondan etkilenen insanların aldığı yüksek doz seviyesi, doz hızı, genetik dağılım gibi faktörlerin göreceli olarak düşük doz alan başka insan gruplarına (ekstrapolasyon yöntemi kullanılarak) uygulanmasıdır. Çernobil nükleer santral kazası ile Hiroşima, Nagazaki atom bombası nitelik olarak çok farklı seviyelerde ışınlanmaya neden olduğu halde niceliksel risk faktörlerinin üretilmesinde bu husus dikkate alınmamaktadır.

Diğer taraftan, genellikle, Çernobil'den etkilenen halkın aldığı dozun ölçümlerle tespitine dayalı yöntem, değerlerin düşük olması nedeni ile (tiroit dozları dışında) istatistiksel olarak hatalar içermekle birlikte ekstrapolasyon gerektirmeme avantajına sahiptir. Bu değerlendirmeler; Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da yapılan epidemiyolojik çalışmalara dayanmaktadır.

4.2. Tiroit Dozimetrisi

Çernobil kazasından alınan tiroit dozları dört ayrı bileşenden kaynaklanmaktadır:

- (1) ^{131}I alımından dolayı iç ışınlanma,
- (2) Kısa yarılanma ömürlü; ^{132}I , ^{133}I , ^{135}I , ^{131}Te , ^{132}Te alımından dolayı iç ışınlanma,
- (3) ^{134}Cs , ^{137}Cs gibi uzun yarılanma ömürlü radyonüklitlerin alımından dolayı iç ışınlanma,
- (4) Yeryüzünde ve çevredeki diğer malzemelerde biriken radyonüklitler nedeni ile dış ışınlanma,

Vücuda alınan ^{131}I 'den kaynaklanan iç ışınlanma dozları, tiroit dozuna neden olan en önemli etkendir. ^{131}I 'den alınan doz, temel olarak, taze inek sütü tüketimine bağlıdır. Özellikle çocuklarda, tiroit bezi

hacminin küçük olması ve süt tüketim miktarının fazlalığı nedeni ile tiroit dozu yetişkinlerden daha yüksek olmuştur. Sindirim yolu ile vücuda alınan aynı miktardaki ¹³¹I aktivitesinin neden olduğu radyasyon dozları, yetişkinlere göre; yeni doğan bebeklerde 16 kat, 1-4 yaş arasındaki çocuklarda 8 kat, 5 yaşın üzerindeki çocuklarda 4 kat daha yüksek bulunmuştur [10].

Vücuda, solunum ve sindirim yoluyla ¹³¹I alımından kaynaklanan tiroit dozunun belirlenmesi için, kaza sonrasındaki birkaç hafta içerisinde Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da yaklaşık 350000 kişide radyasyon dedektörleri kullanılarak, doğrudan boyun bölgesinden tiroit ölçümleri yapılmıştır. Tiroit dozlarının hesaplanması için tiroit ölçümleri ile belirlenen doz hızının zamana bağlı değişiminin belirlenmesi gerekmektedir. Doz hızının zamana bağlı değişimi; tiroit ölçümleri öncesi ve sonrasındaki ¹³¹I alım miktarı ile ¹³¹I'in vücuttaki metabolizması dikkate alınarak hesaplanır. Çoğu kişide ¹³¹I alımı, radyoaktivite ile kirlenmiş süt, süt ürünleri ve yeşil yapraklı sebzelerin tüketimi yoluyla gerçekleşmiştir. Solunum yolu, sadece, kirlenmiş gıdaların tüketilmediği durumlarda önem kazanmaktadır.

Aynı bölgede yaşayan doğrudan ölçümleri yapılmamış insanlar için doz hesapları, beslenme alışkanlıkları ve ölçüm yapılan kişilerden alınan verilerin istatistik dağılımları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Çok az veya hiç tiroit ölçümü yapılmayan bölgelerde yaşayan kişiler için tiroit dozları, kazadan sonraki birkaç hafta içerisindeki ¹³¹I/¹³⁷Cs oranları, ışınlama hızı veya süttteki ¹³¹I konsantrasyonu dikkate alınarak belirlenmiştir.

Olay sırasında henüz anne karnında bulunan bebekler için tiroit dozu hesapları anne tarafından alınan ¹³¹I ile anneden bebeğe geçiş faktörleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Kısa yarılanma ömürlü ¹³²I, ¹³³I, ¹³⁵I, ¹³¹Te, ¹³²Te alımından kaynaklanan tiroit dozunun hesaplanmasında genellikle ¹³¹I'in radyoaktif salım içerisindeki miktarı, çevreye dağılım oranı ve insan vücudundaki birikim oranları kullanılmıştır.

¹³¹I dışındaki izotoplar arasında, tiroit dozuna anlamlı katkı sadece uzun yarılanma ömürlü ¹³⁴Cs ve ¹³⁷Cs'den kaynaklanmıştır.

4.2.1. Tiroit Dozu Değerlendirmeleri

Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da kirlenmiş bölgelerde yaşayan halkın, radyoaktif iyot ile kirlenmiş gıdaların tüketimi nedeni ile aldığı tiroit dozları; insanların yaşına ve yeryüzündeki kirlenmeye bağlı olarak çok büyük değişiklikler göstermiştir. Ortalama tiroit dozları, yaşanan bölgenin kirlenme seviyesi ve olay sırasındaki yaşa bağlı olarak ortalama 0.03–0.3 Gy arasında olup bazı Rus köylerinde ortalama tiroit dozu 1 Gy'i ve kişisel tiroit dozları 10 Gy'i aşmıştır. 50 Gy'e kadar çıkan değerler tespit edilmiştir.

Kırsal kesimdeki tiroit dozlarının kent bölgelerinden yaklaşık iki kat daha fazla olduğu görülmüştür.

Doğrudan tiroit ölçümleri kullanılarak, **yerleşim bilgileri, beslenme alışkanlıkları ve diğer gerekli bilgiler dikkate alınarak** Beyaz Rusya ve Ukrayna'da yaklaşık 25000 kişi üzerinde yapılan ayrıntılı çalışmaların sonuçlarına göre, tiroit dozu için orta değer (medyan) 0.3 Gy, önemli

sayıda da 1 Gy üzeri doz değerleri görülmüştür. Bu çalışma sonucu bulunan, kişisel tiroit doz dağılımları **Tablo 7**'de verilmektedir [7].

Tablo 7. Ukrayna ve Beyaz Rusya'da yapılan tiroit doz ölçümlerinin geometrik ortalamaları

Tiroit doz aralığı (Gy)	Kişi Sayısı	
	Ukrayna	Beyaz Rusya
0.00 - 0.30	7589	5039
0.31 - 1.00	3404	3438
>1.00	2227	3273
Tümü	13220	11750

Kişisel dozların farklılık göstermesi nedeni ile doz dağılım tahminleri zorlaşmaktadır. Mevcut doz tahminleri, özellikle tiroit dozlarında ölçümlerin az olduğu bölgelerde pek çok belirsizlik içermektedir. **En yüksek doza, Beyaz Rusya'da Gomel bölgesinde bulunan çocuklar maruz kalmıştır.** 0-7 yaş arasındaki çocuklarda hesaplanan tahmini tiroit dozlarının dağılımı **Tablo 8**'de gösterilmektedir [2].

Tablo 8. Gomel ve Mogilev bölgelerinde 0-7 yaş arasında bulunan çocuklarda tahmin edilen tiroit doz dağılımı

Doz aralığı (Gy)	0-7 Yaş Çocuk Sayısı		
	Gomel	Mogilev	Toplam
<0.05	784	256	1040
0.05-0.1	527	339	866
0.1-0.3	1762	586	2348
0.3-1	3573	476	4049
1-2	1983	119	2102
>2	5727	44	5771

Beyaz Rusya'da 0-7 yaşlarındaki çocuklar için ortalama tiroit dozu 1 Gy civarında bulunmuştur. Gomel bölgesindeki çocuklarda tiroit doz dağılımı, **Tablo 9**'da gösterilmiştir [2].

Tablo 9. Beyaz Rusya'nın Gomel bölgesindeki 0-15 yaş grubu çocukların aldığı tiroit dozları dağılımı

Doz aralığı (Gy)	Çocuk Sayısı		
	<1 yaş	1-7 yaş	8-15 yaş
<0.05	134	650	1058
0.05-0.1	58	469	884
0.1-0.3	224	1538	2998
0.3-1	587	2986	4729
1-2	318	1665	1563
>2	3667	2060	1107

Anne karnındaki bebeklerin tiroit dozları hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Mayıs 1986 ve Şubat 1987 arasında doğan 250 çocukta yapılan çalışmada hesaplanan tiroit dozları 4.3 Gy'e kadar yükselmiştir, 135 çocuk 0.3 Gy'den daha az, 95 çocuk 0.3 ve 1 Gy arasında ve 20 çocuk 1 Gy'den fazla dozlara maruz kalmıştır.

Nükleer kaza sonrasında yayılan radyoaktif iyotun insan vücuduna alınımından önce, tiroit bezinin radyoaktif olmayan iyot verilerek doyuma ulaştırılması, **beklenen doz değerleri dikkate alınarak belirlenen kriterler içerisinde sadece gerekli durumlar için** acil önlemler sınıfında yer almaktadır. İyot tabletlerinin etkinliğinin artırılması için, tabletlerin kazadan önce veya hemen sonra alınması gerekmektedir. Polonya iyot tabletlerinin etkin dağıtım ile tiroit dozlarının azaltılmasına iyi bir örnek sergilemiştir. Bu uygulama eski Sovyetler Birliği'nde sadece iyileştirme personeli ile çoğunluğu Pripyat halkı olmak üzere 30 km'lik alandan boşaltılan insanlar için kısmen uygulanmıştır. İyot tabletlerinin kazadan sonraki ilk 6-30 saat içerisinde alınması sonucunda tiroit dozu, Pripyat halkı için ortalama 6 kat, iyot tableti ile birlikte evde kalan (sığınma) halk için yaklaşık 10 kat daha düşük olmuştur.

Eski Sovyetler Birliği'nde genel olarak iyot tabletlerinin bir hafta gecikme ile dağıtılması ve nüfusun sadece bir kısmını kapsaması nedeniyle solunum yoluyla maruz kalınan tiroit dozları değişmezken sindirim yolu ile kirlenmiş sütte alınan kollektif tiroit dozu miktarının yaklaşık %30'u önlenmiştir.

Kazadan en çok etkilenen üç ülke dışında kalan ülkelerde **ortalama olarak**; Avrupa ülkelerinde, bebeklerde tiroit dozları 1-25 mGy aralığında, Asya'da 0.1-5 mGy ve Kuzey Amerika'da yaklaşık 0.1 mGy ölçülmüştür. Tiroit dozu değeri pek çok parametreye bağlı olup, kazadan etkilenen bazı Avrupa ülkelerinde 500 mSv civarına varan değerler saptanmıştır. Yetişkin tiroit dozları ise yaklaşık 5 kat daha düşüktür.

4.3. Tüm Vücut Dozları

Çernobil kazası sonrasında, halkın dış ışınlanması esas olarak gama yayan ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{131}I , ^{132}Te , ^{132}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La radyonüklitlerinden kaynaklanmıştır. Kirlenmiş bölgelerde yaygın olarak ^{137}Cs ölçümleri yapıldığı için diğer radyonüklitlerin yoğunluğu ^{137}Cs ile ilişkilendirilmiştir. Dış ışınlanma doz hızları, taşıyım modelleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Kazadan sonraki ilk yıllarda, yerel olarak üretilen süt tüketimi insanların sezyum alımının temel nedeni olmuştur.

Bir çok yerleşim yerinde mantar tüketimi sezyum alımına önemli katkıda bulunmuştur. Çünkü; süt kirliliği zaman içerisinde azalırken mantar kirliliği sabit kalmış ve eski Sovyetler Birliği'nde ekonomik koşulların değişmesi nedeniyle kazanın ilk yıllarına göre daha fazla mantar tüketilmiştir.

Çernobil kazası nedeniyle halkın aldığı doz, kazanın ilk zamanlarında ^{131}I başta olmak üzere kısa yarılanma ömürlü radyonüklitler daha sonra ^{134}Cs , ^{137}Cs nedeni ile dış ışınlanma ve radyoaktiviteyle kirlenmiş gıdaların tüketilmesi sonucunda iç ışınlanma yolu ile olmuştur.

Dış ışınlanmaların etkisi, radyonüklitin cinsi ve birim alan başına konsantrasyonuna bağlıdır. Havada gama doz hızı ölçümlerinin yapılması çevredeki kirlenme hakkında ön bilgi edinilebilmesinde uygulanan en pratik yöntemlerden biridir.

Acil durum çalışanları dışında, çevresel kirlenme nedeni ile en yüksek doza orman işçileri ve ağaçtan yapılan evlerde yaşayan diğer işçiler maruz kalmıştır. Halk arasında en fazla etkilenenler ise kırsal kesimlerde yaşayanlar olmuştur. Yerel olarak üretilen gıdaların büyük bir kısmında görülen yüksek radyoaktivite, sezyumun bitkiler tarafından topraktan emilimi konusundaki araştırmaların önemini göstermektedir. Örneğin; orta dereceli toprak kirlenmesi görülen Ukrayna'daki Rovno bölgesinde maruz kalınan çok yüksek dozların nedeni bölge toprağının yüksek transfer faktörlerine sahip olmasıdır. Transfer faktörlerini azaltmak üzere bu bölgelerde turbalık toprak, kumlu podzol (asidik verimsiz orman toprağı), balçıklı podzol, ve zengin siyah toprak çernozem kullanılmıştır.

4.3.1. Çalışanların Aldığı Dozlar

Kaza ile ilgili olarak çalışanlar iki ana gruba ayrılabilir;

(1) Yangının söndürülmesi ve kazanın ilk gününde acil önlemleri almak üzere görevlendirilen **acil durum çalışanları**,

(2) Santralde, santralin yakın çevresinde; kirlenmenin giderilmesi, reaktör enkazı üzerine koruyucu lahitin inşası, diğer kurtarma operasyonları ve nükleer santralin diğer ünitelerinin işletiminde görevli olarak 1986-1990 yıllarında faaliyet gösteren **iyileştirme personeli**dir.

Bu iki grupta çalışanların tümü, reaktörde ve reaktörün etrafındaki 30 km'lik alanda temizleme faaliyetlerinde, bölgeyi çalışılabilir ve yaşanabilir duruma getirmek üzere çalışan yaklaşık 400000 kişiden oluşmaktadır (Bu sayı, Çernobil konusunda hazırlanan bir çok raporda 600000 olarak geçmektedir. Ancak, kayıtlar üzerinde yapılan çalışmalardan gerçek sayının 400000 civarında olduğu anlaşılmıştır). Kazanın ilk günlerinde en fazla radyasyona maruz kalanlar itfaiyeciler ve santral personeli olmuştur. Bu çalışmalarda alınan dozun büyük bir kısmı yakıt parçalarından ve çeşitli

yüzeylerde biriken radyoaktif parçacıklardan yayılan dış ışınlanmalardan kaynaklanmıştır. Özellikle 1986-1987 yıllarında, 30 km'lik bölgede çalışan 200000 civarında kişi en yüksek dozu almıştır. 1986 Haziran ayının ortalarına kadar dozimetri servisinin kurulumu için girişimlerin yetersiz olmasından dolayı alınan dozlar hakkında bilgiler tam olarak mevcut olmayıp, bölgenin radyasyon ölçümlerinden hesaplanmıştır. Ancak, daha sonra yapılan çalışmalarda, sınırlı sayıda işçi üzerinde gerçekleştirilen biyolojik doz ölçümlerinin fiziksel doz hesapları ile uyumluluk gösterdiği görülmüştür.

Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da, iyileştirme personelinin aldıkları doz değerleri hakkında ulusal veri tabanlarında yer alan bilgiler, personelin sayısı ve aldıkları doz değerleri (sadece dış ışınlanma dozları) **Tablo 10**'da verilmektedir. Bu bilgilere göre, alınan dozların yıldan yıla azaldığı görülmektedir [7].

Tablo 10. İyileştirme personelinin aldığı dış ışınlanma dozlarının dağılımı

Tarih	İyileştirme personeli sayısı	Doz değeri bilinenlerin oranı, %	Dış ışınlanma dozu (mGy)			
			Ortalama	Medyan değer	%75'lik dilim	%95'lik dilim
Beyaz Rusya						
1986	68000	8	60	53	93	138
1987	17000	12	28	19	29	54
1988	4000	20	20	11	31	93
1989	2000	16	20	15	30	42
1986-1989	91000	9	46	25	70	125
Rusya Federasyonu						
1986	69000	51	169	194	220	250
1987	53000	71	92	92	100	208
1988	20500	83	34	26	45	94
1989	6000	73	32	30	48	52
1986-1989	148000	63	107	92	180	240
Ukrayna						
1986	98000	41	185	190	237	326
1987	43000	72	112	105	142	236
1988	18000	79	47	33	50	134
1989	11000	86	35	28	42	107
1986-1989	170000	56	126	112	192	293

26 Nisan 1986 akşamında Çernobil nükleer güç santrali alanında bulunan yaklaşık 400 işçi solunum ve dış ışınlanma yolu ile radyasyona maruz kalmıştır. İşçilerin kullandığı dozimetrelerin tümünün aşırı ışınlanmış olması nedeni ile doz tahminlerinde kişisel dozimetre değerleri kullanılamamıştır. Bununla birlikte başlangıçta Akut Radyasyon Sendromu (ARS) teşhisi konularak hastaneye kaldırılan 237 kişinin aldığı dozlar hakkında bilgiler mevcuttur. Biyolojik dozimetre kullanılarak yapılan ölçümlerde bu hastaların;

- 41'inin dış ışınlanmadan kaynaklanan tüm vücut dozunun 1-2 Sv aralığında,
- 50'sinin 2-4 Sv aralığında,
- 22'sinin 4-6 Sv aralığında,
- Geriye kalan 21'inin 6-16 Sv aralığında doz aldıkları görülmüştür. Bu ölçüm sonuçlarına göre daha önce 237 olarak bildirilen ARS sayısının 134 kişi olduğu görülmüştür.

İyileştirme personeli tarafından alınan doz, kazadan sonraki ilk 4 yıl için 500 mSv'e kadar ulaşmıştır. Ortalama doz 100 mSv civarındadır.

4.3.2. Eski Sovyetler Birliği'nde Genel Halkın Aldığı Doz

Genel halkın aldığı doz değerlendirmelerinde, ¹³¹I kazadan sonraki birkaç hafta içinde iç ışınlama yolu ile tiroit dozu için en fazla katkısı sağlarken, tiroit dışındaki organ ve dokular için iç/dış ışınlama yolu ile en fazla katkısı ¹³⁷Cs sağlamıştır.

4.3.3. Eski Sovyetler Birliği'nde Tahliye Edilen Halkın Aldığı Doz

Kazadan sonraki ilk birkaç hafta içerisinde, Ukrayna ve Beyaz Rusya'da en çok kirlenmiş alanlarda, özellikle reaktörün 30 km çevresinde yaşayan halktan, 100000'den fazla kişi, kazayı takip eden ilk günlerde tahliye edilmiştir. Tahliyeden önce bu bireyler, bulutlardan yayılan radyoaktif maddelerin solunum yoluyla alınmasıyla iç ışınlamaya maruz kalmakla birlikte, bulutlarla taşınan ve toprağa yayılan radyoaktif maddelerden yayılan dış ışınımına da maruz kalmıştır. Tahliye edilenlerin maruz kaldıkları tüm vücut dozları temel olarak değişik yüzeylere biriken ¹³²Te, ¹³²I, ¹³⁴Cs ve havadaki kısa yarılanma ömürlü radyonüklitlerden kaynaklanmıştır.

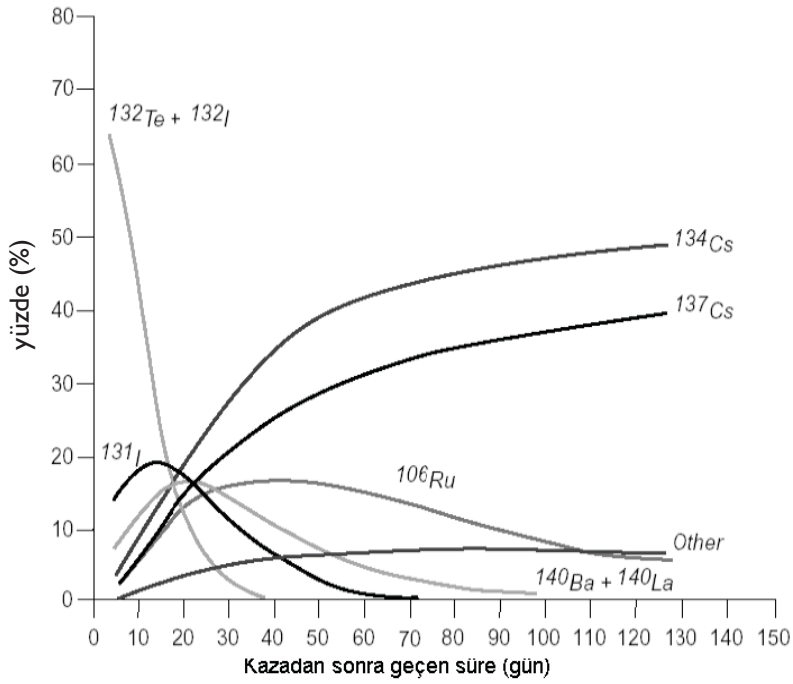
Ukrayna'da tahliye edilenlerin etkin doz değerleri, 0.1-380 mSv arasında, ortalama 17 mSv düzeyindedir. Beyaz Rusya'da ortalama dozun 31 mSv civarında olduğu en yüksek değerlerin gözlemlendiği iki köyde ise ortalama doz değerinin 300 mSv olduğu hesaplanmıştır.

4.3.4. Eski Sovyetler Birliği'nde Kirlenmiş Bölgelerde Yaşayan Halkın Aldığı Doz

Eski Sovyetler Birliği'nde ¹³⁷Cs kirliliğinin 37 kBq/m²'den büyük olduğu, kirlenmiş alanlarda yaşayan tahliye edilmemiş yaklaşık 5 milyon kişi için de doz değerlendirmeleri yapılmıştır. Bunlar arasında "Sıkı kontrol bölgeleri" olarak adlandırılan, 555 kBq/m²'den daha yüksek ¹³⁷Cs aktiviteye sahip birikim bölgelerinde, yaklaşık 400000 kişi yaşamaktadır. Bu bölgede gıda ürünlerinin tüketiminin kontrolü de dahil olmak üzere, yoğun koruma önlemleri uygulanmıştır.

Kazadan sonraki ilk birkaç haftada radyasyon ışınlanmalarının esas kaynağı ^{131}I olurken, daha uzun yarılanma ömürlü radyonüklitlerin katkısı daha az olmuştur. 1987'den itibaren kirlenmiş alanlarda yaşayan halkın aldığı dozlarda, yeryüzünde ^{134}Cs , ^{137}Cs kirlenmesinden gelen dış ışınlanma ve gıdalarda ^{134}Cs , ^{137}Cs kirlenmesinden dolayı iç ışınlanma etkili olmuştur. Gıdalarda ^{90}Sr kirlenmesi, ^{239}Pu içeren aerosollerin solunum yolu ile alınması gibi diğer radyonüklitlerin katkısı genellikle çok küçük miktarlarda kalmıştır.

Çernobil kazasından sonraki ilk aylarda, Rusya Federasyonu'nda kirlenmiş bölgede radyonüklitlerin havada soğurulan dozdaki katkısı, zamana bağlı olarak **Şekil 13**'de verilmektedir [2].



Şekil 13. Çernobil kazasından sonraki ilk aylarda, Rusya Federasyonu'nda kirlenmiş bölgedeki radyonüklitlerin hava dozuna katkısı

Kirlenmiş alanlarda yaşayan halkın, ^{134}Cs , ^{137}Cs kirlenmesinden dolayı, ilk 10 yılda aldığı ortalama etkin doz değerleri **Tablo II**'de verilmektedir. Ancak, bu değerler farklı yaş grupları için farklılık gösterebilmektedir [7].

Tablo 11. Çernobil kazası sonrasında kirlenmiş alanlarda yaşayan halkın ilk 10 yılda aldığı ortalama etkin dozların dağılımı (1986-1995), (Tiroit dozları hariç)

Ülke	Ortalama Etkin Doz (mSv)		
	Dış Işınlanma	İç Işınlanma	Toplam
Beyaz Rusya	5	3	8
Rusya Federasyonu	4	2.5	6.5
Ukrayna	5	6	11

Genel olarak, eski Sovyetler Birliği'nde temizleme tedbirleri ile genel nüfus dozlarının %15'inden azının, okul çağındaki çocuk dozlarının ise %35'inin önlenemediği tahmin edilmektedir.

Son 20 yılda, kirlenmiş bölgelerde yaşayan halkın aldığı ortalama etkin doz, bölgeden bölgeye 10-20 mSv arasında değişiklik göstermektedir. Bazı yerlerde birkaç yüz mSv'e ulaştığı bazı yerlerde ise daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir [3].

4.3.5. Eski Sovyetler Birliği Dışında Genel Halkın Aldığı Doz

Çernobil kazası sırasında salınan radyoaktif maddeler, esas olarak Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'yı etkilemiş olmakla birlikte atmosferde yayılmış ve öncelikli öneme sahip uçucu radyonüklitler kuzey yarım küre ülkelerine dağılmıştır. Genel olarak, pek çok yerde alınan dozlar, eski Sovyetler Birliği bölgelerinden çok az olsa da, ¹³⁷Cs'nin birikim seviyeleri, radyoaktif bulutların yağmur ile karşılaştıkları bazı bölgelerde yüksek seviyelerde ölçülmüştür. **Genel olarak değerlendirildiğinde, bazı istisnalar dışında dozlar, reaktörden uzaklaştıkça azalmıştır.**

Daha sonraki dönemde, iç ve dış ışınlamadan alınan dozların büyük bir kısmı ¹³⁴Cs ve ¹³⁷Cs'den kaynaklanmıştır. Kazayı takiben ilk yıl boyunca alınan tüm vücut dozları genel olarak Avrupa'da 0.05 ile 0.5 mGy aralığında, Asya'da 0.005 ile 0.1 mGy aralığında, Kuzey Amerika'da 0.001 mGy olarak hesaplanmıştır. UNSCEAR-1988 raporuna göre, ilk yıl için ülkelerin ortalama doz eşdeğerleri **Tablo 12**'de gösterilmektedir [13].

Tablo 12. Birinci yıl ülke ortalama doz eşdeğerleri

Ülke	Tiroit Doz Eşdeğeri (mSv)		Etkin Doz Eşdeğeri (mSv)
	Bebek	Yetişkin	
Avusturya	9.4	1.8	0.67
Batı Almanya	1.7	0.44	0.13
Belçika	2.3	0.46	0.041
Bulgaristan	25	2.9	0.76
Çekoslovakya	2.2	2.7	0.35
Danimarka	0.16	0.064	0.03
Doğu Almanya	5.1	0.97	0.21
Finlandiya	1.8	1.2	0.46
Fransa	1.6	0.36	0.063
Hollanda	0.94	0.39	0.058
İngiltere	0.71	0.13	0.027
İrlanda	2.5	0.54	0.12
İspanya	0.11	0.024	0.004
İsveç	1	0.34	0.15
İsviçre	15	2.3	0.27
İtalya	3.4	1.5	0.3
Lüksemburg	2.7	0.58	0.098
Macaristan	6	1	0.23
Norveç	1	0.57	0.23
Polonya	8.1	1.4	0.27
Portekiz	0.009	0.004	0.002
Romanya	18	2.8	0.57
Yugoslavya	14	5.5	0.39
Yunanistan	20	5	0.59

4.3.6. Türkiye

Türkiye için çeşitli yaş gruplarının tiroit ve etkin doz değerleri ile ilgili bilgiler bu doküman serisinin 7. cildinde ayrıntılı olarak yer almaktadır.

5. ÇERNOBİL KAZASININ SAĞLIK ETKİLERİ

Çernobil kazasının sonuçlarını incelemek üzere günümüze kadar tamamlanan çalışmaların büyük çoğunluğu halkın aldığı ortalama dozların sağlık etkileri ve kaza öncesi ve sonrasında kanser görülme sıklığının bölgesel dağılımının karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Kişisel dozimetri yapılmadığı sürece, sağlık etkilerinin nicel olarak belirlenmesi mümkün değildir.

5.1. Ani ve Beklenen Ölümler

Reaktör çalışanları ve acil durum müdahale ekipleri dış ışınlama nedeni ile 1 -20 Gy arasında yüksek dış ışınlama dozuna maruz kalmıştır. ARS tespit edilenlerin sayısı 134'dür. Bunlardan 28 kişi ilk 4 ay içerisinde radyasyon ve yanıklar nedeni ile ölmüştür. Diğer 19 kişi 2004 yılına kadar olan süreçte çeşitli nedenler ile yaşamını kaybetmiştir. ARS ve diğer nedenlerle ölen acil durum çalışanlarının toplamı 50 kişidir. Gelecek yıllarda, ARS teşhisi konulan kişilerden de ölümler beklenmektedir. Çernobil'den etkilenen genel toplum üyeleri arasında ARS nedeni ile ölüm görülmemiştir.

Çernobil kazası nedeni ile ölen veya gelecekte ölmesi beklenen insan sayısının abartılmış yaklaşım ve rakamlar ile 4000 civarında olacağı tahmin edilmektedir.

Bu rakam;

- ARS sonucu yaşamını kaybeden 50 acil durum çalışanı ile tiroit kanserinden dolayı yaşamını kaybeden 9 çocuk,
- 1986-1987 arasında görev yapan ve yüksek doz alan 200000 acil durum ve iyileştirme çalışanı, tahliye edilen 116000 kişi ve en fazla kirlenmiş alanda yaşayan 270000 kişi olmak üzere yaklaşık 600000 kişilik grup içerisinde radyasyon kökenli çeşitli kanserlerden ölmesi beklenen kişi sayısının matematiksel beklenen değeri olan yaklaşık 3940 kişiyi kapsamaktadır.

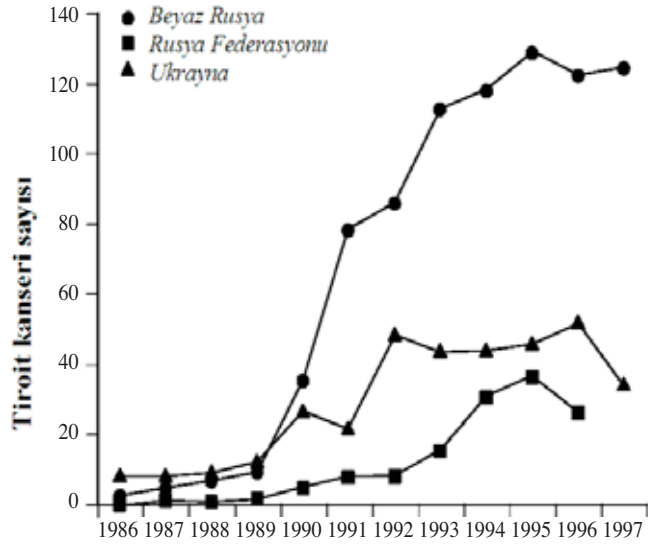
Ancak, bu değer olasılık hesabına dayalı bir yaklaşımla bulunduğundan, **4000 civarında kişinin kesinlikle radyasyon kökenli kanser nedeniyle öleceği anlamını taşımamaktadır.** Bu tür kavramların doğru olarak anlaşılabilmesi için panığe neden olmaktadır. Halk tarafından bu kavram, 20 yılda toplam 59 kişi öldüğü göre, önümüzdeki yıllarda 3941 kişinin daha kesinlikle radyasyon kökenli kanserden öleceği şeklinde yanlış anlaşılmaktadır.

Pek çok ülkenin uzmanları tarafından, acil durum çalışanları ve iyileştirme personeli ile Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da en fazla kirlenmiş alanda yaşayan halk üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda; (çocuk ve yetişkinlerdeki tiroit kanserine bağlı 9 ölüm dışında) lösemi, diğer kanserler veya kanser dışı nedenlerden dolayı oluşan ölüm hızında herhangi bir artış olmadığı saptanmıştır.

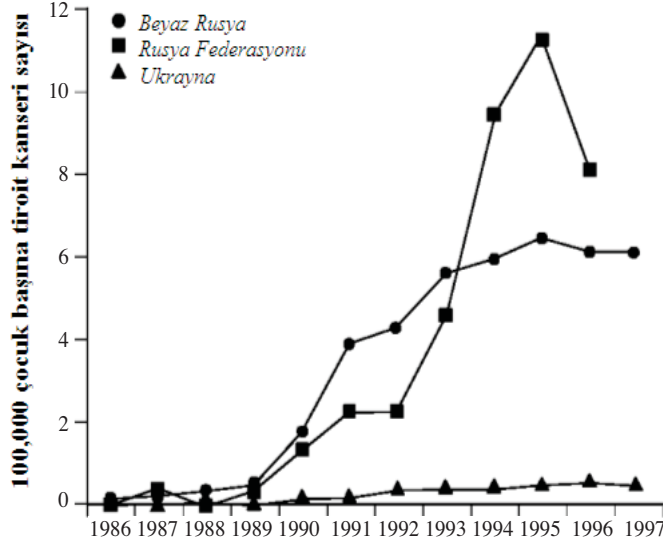
5.2. Tiroit Kanseri

Tiroit kanseri vakalarından büyük bir çoğunluğunun yüksek tiroit dozu alan kişilerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Çocuklarda tiroit bezi, kemik iliği ile birlikte radyasyon hassasiyeti en yüksek olan organ ve dokulardandır. Işınlanma sırasındaki kişilerin yaşı, risk konusunda en belirleyici faktördür. Çeşitli çalışmalarda riskin ilerleyen yaş ile azaldığı belirlenmiştir. Atom bombasından hayatta kalanlar üzerinde yapılan çalışmalarda, tiroit kanseri vakalarının, ışınlanma sırasında 10 yaş ve altındakilerde olduğu ve en yüksek riskin ışınlanmadan 15-29 yıl sonra görüldüğü, 40 yıl sonrasına kadar bile riskin yükselebileceği bilinmektedir [14].

Kazadan önceki dönemlerde yapılan çalışma sonuçlarına dayanılarak, tiroit kanseri kuluçka döneminin ışınlanmadan 10 yıl sonra ortaya çıkması beklenirken, Çernobil kazası sonrasında tiroit kanseri artışı kazadan en fazla etkilenen Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da ilk 5 yıl içerisinde görülmüştür (Şekil 14 ve Şekil 15[14]).



Şekil 14. Çernobil kazası sırasında 14 yaşından küçük olan çocuklarda teşhis edilen tiroit kanseri sayısının yıllara göre değişimi

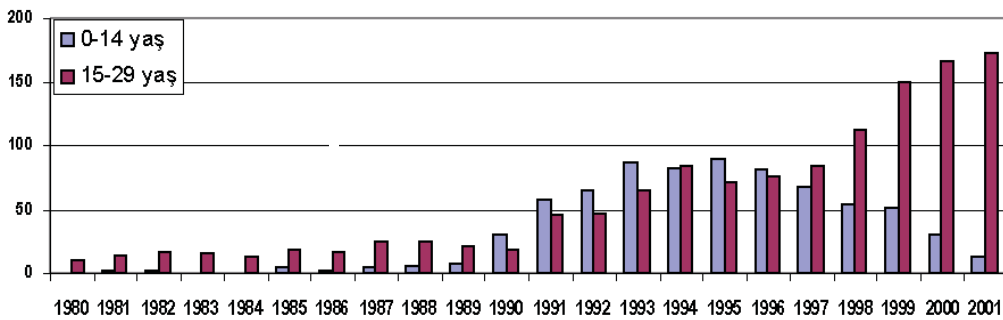


Şekil 15. Çernobil kazası sırasında 14 yaşından küçük olan çocuklarda teşhis edilen tiroit kanseri sayısının yıllara göre görülme sıklığı

1992-2000 yıllarında, **Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da** kaza tarihinde, 0-18 yaşında olan çocuklar arasında ortaya çıkan **4000 tiroit kanseri** vakasından 3000'i kaza tarihinde 0-14 yaşında olan çocuklardır [3].

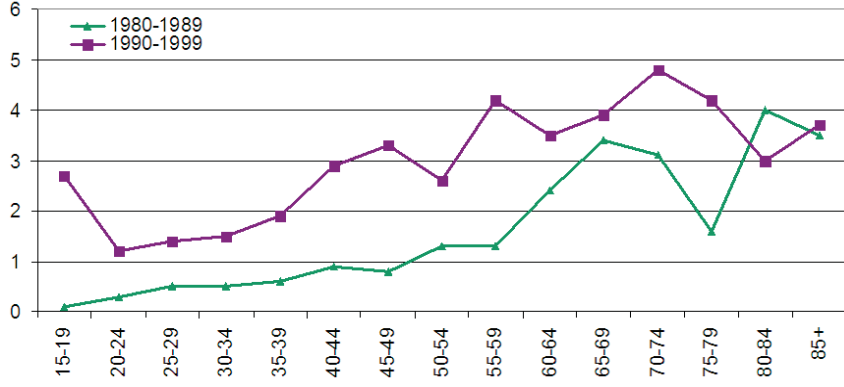
1986–2002 arasında Beyaz Rusya'da, çocuklarda 1152 tiroit kanseri teşhis ve tedavi edilmiştir. Bunlardan %98.8'i hayatta kalmış, 8 kişi tiroit kanseri nedeni ile 6 kişi de diğer nedenlerden dolayı yaşamını kaybetmiştir. Tiroit kanseri nedeni ile Rusya'da 1 kişi hayatını kaybetmiştir.

Çernobil kazası sonucunda Beyaz Rusya'da ortaya çıkan tiroit kanserlerinin sayısının yaş gruplarına göre dağılımı verilmiştir (**Şekil 16 [6]**).

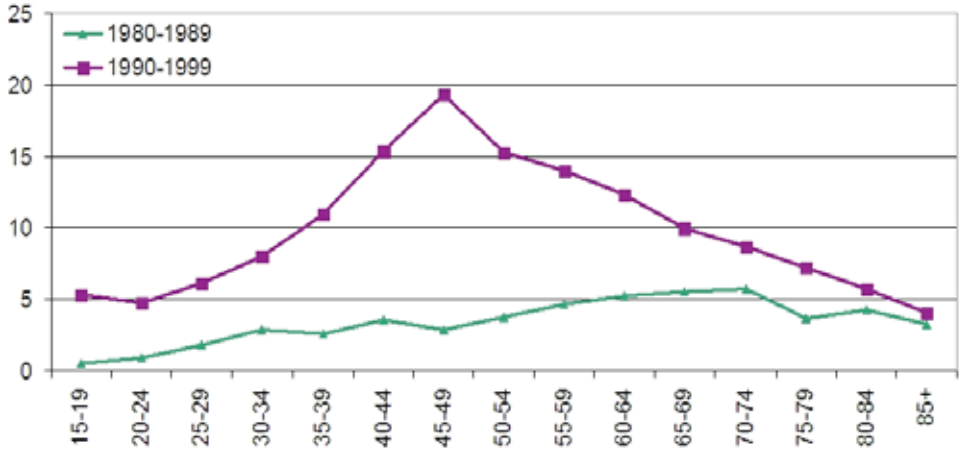


Şekil 16. Beyaz Rusya'da yıllara göre teşhis edilen tiroit kanseri sayısı

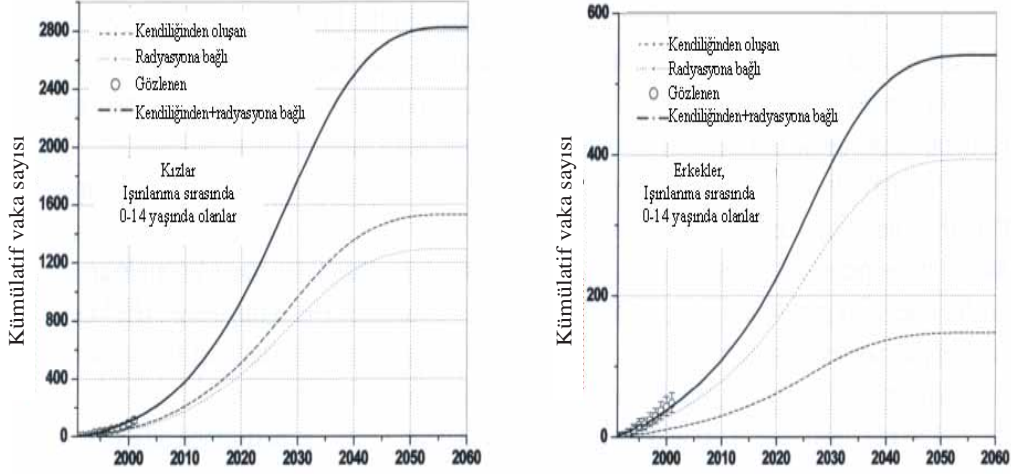
Beyaz Rusya'da kadın ve erkeklerde yaşa bağlı tiroit kanseri görülme sıklığı **Şekil 17** ve **Şekil 18**'de verilmektedir [6].



Şekil 17. Beyaz Rusya'da yaş ve yıllara göre erkeklerde teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı



Şekil 18. Beyaz Rusya'da yaş ve yıllara göre kadınlarda teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı



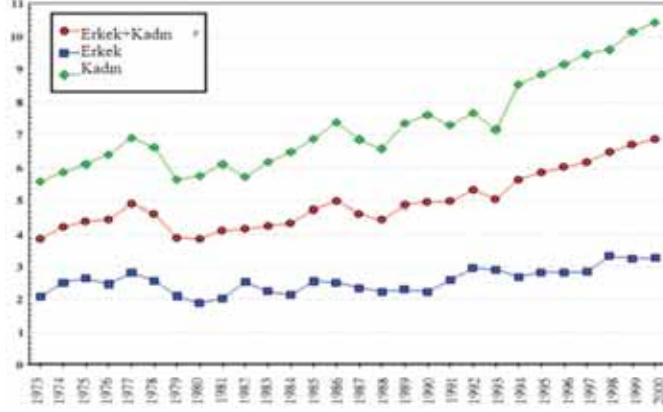
Şekil 19. Tahmin edilen kümülatif tiroit kanser sayılarının yıllara göre dağılımı

Rusya Federasyonu'nda Bryansk bölgesinde yaşayan 184919 kız ve 188908 erkek çocukta 1991-2001 yılları arasında tiroit kanseri konusunda yapılan çalışma sonuçlarına göre [9];

- Tiroit kanseri vakalarının 2050 yılına kadar görülebileceği,
- 1991-2050 yılları süresince
 - kızlarda; kendiliğinden oluşan 1529 ve radyasyona bağlı 1293 vaka olmak üzere toplam 2822,
 - erkeklerde; kendiliğinden oluşan 147 ve radyasyona bağlı 397 vakanın görülebileceği,
 - kız ve erkeklerde toplam olarak; kendiliğinden oluşan 1676 ve radyasyona bağlı 1685 tiroit kanser vakasının ortaya çıkabileceği tahmin edilmektedir.

Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da yapılan detaylı çalışma sonuçlarına göre, **tiroit kanseri için izleme programlarının sistematik olarak devam edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Şekil 19 [9]).**

Tiroit kanseri insidansı için karşılaştırma yapmak üzere ABD'de 1973-2000 yılları arasında teşhis edilen tiroit kanseri vakalarının cinsiyet ve yıllara bağlı dağılımı aşağıda verilmektedir. Şekilden ABD'de de tiroit kanserlerinde genel olarak artış olduğu görülmektedir (Şekil 20 [6]).



Şekil 20. Amerika'da 65 yaş altı kişilerde yıllara göre teşhis edilen tiroit kanseri görülme sıklığı (yüzbinde sayı olarak)

5.3. Lösemi ve Diğer Kanseler

150 mGy'in üzerinde doz alan **acil durum çalışanları ile iyileştirme personeli** arasında 1986-1996 döneminde lösemi vakalarında 2 katlık bir artış gözlenmiştir. Lösemi vakalarındaki artış konusunda çalışmalar devam etmektedir. Ancak, ışınlamanın üzerinden geçen süre nedeni ile radyasyon kökenli lösemi riski azaldığından, zamanla lösemiden ölüm veya hastalık oranları da gittikçe önemini kaybedecektir.

Epidemiyolojik çalışmalar lösemi riskinin radyasyon ile yükseldiğini açıkça göstermiştir. Ancak, Çernobil kazası nedeni ile ciddi olarak kirlenmiş eski Sovyetler Birliği ve diğer bölgelerde; **çocuklarda ve genel halkta bugüne kadar iyonlaştırıcı radyasyona bağlı olarak lösemi riskinde artış görülmemiştir.**

Uzun dönemli epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, radyasyon nedenli lösemi dışındaki kanserlerin ortaya çıkma süreci 10 yıllık kuluçka döneminden sonra başlamaktadır. Bu nedenle, **yüksek dozda ışınlanan kişilerin tıbbi takibi için yıllık kontrollerin yapılmasına devam edilmelidir [3].**

5.4. Doğum Anomalileri ve Genetik Etkiler

Çernobil'den etkilenen bölgelerde yaşayanlar üzerinde yapılan çalışma sonuçlarına göre, kadın ve erkeklerde üreme fonksiyonları açısından radyasyona ilişkilendirilebilecek herhangi bir azalma gözlenmemiştir. Doğum anomalileri, düşük, erken doğum gibi vakaların meydana gelmesi olası görülmemektedir.

Çernobil'den etkilenen bölgelerde çocuk sahibi olma kaygılarından dolayı doğum hızında azalma görülebilmektedir.

Beyaz Rusya'da, düşük ve yüksek kirlenme bölgelerinde yapılan çalışmalarda, doğumsal anomalilerde, çok düşük düzeyde ancak kararlı bir artış görülmektedir (**Şekil 21 [3]**). **Bu artışın kayıt sistemindeki gelişmeler sonucunda ortaya çıktığı, radyasyon ile ilişkili olmadığı düşünülmektedir.**



Şekil 21. Beyaz Rusya'da yüksek ve düşük kirlenme bölgelerinde tespit edilen (bin doğum başına) doğumsal anomalilerin dağılımı

Genetik etkilerle ilgili olarak önceki yıllardaki raporlarda da belirtildiği gibi herhangi bir artış beklenmemektedir.

5.5. Diğer Hastalıklar ve Sağlık Sorunları

Son zamanlarda, bazı çalışma grupları içerisinde, yüksek dozda radyasyonla ilişkilendirilebilecek kardiyovasküler hastalıklarda artışa işaret eden bulgular gözlenmiştir.

Rus **acil durum çalışanları ve iyileştirme personelinde**, son zamanlarda dolaşım sistemine bağlı ölüm ve hastalıklarda bir miktar artış görülmektedir. Dolaşım sistemi hastalıklarının ortaya çıkması, stres ve sağlıksız yaşam koşulları gibi diğer etken faktörlere de bağlı olabileceğinden dikkatle incelenmelidir.

Çernobil kazasından sonra, çocuklar, acil durum çalışanları, iyileştirme personelinin gözlerinde yapılan incelemeler radyasyon nedeni ile katarakt gelişimini açıkça ortaya koymuştur. Yapılan araştırma sonuçlarına göre 250 mGy üzerindeki dozların katarakt oluşumuna neden olabileceği tespit edilmiştir.

Bazı araştırmacılar, kirlenmiş bölgelerde yaşayan insanlarda geçici işgücü kaybı rapor etmiştir. Sindirim, sinir, iskelet, kas ve dolaşım sistemlerinde yüksek oranda kronik etkiler rapor edilmiştir. Ancak, pek çok araştırmacı bu bulguları, yaş dağılımında değişim, yaşam kalitesinin kötüleşmesi ve kaza sonrası yeniden yerleştirme gibi önlemlere bağlamaktadır.

Son on yılda, Çernobil kazasından kaynaklanan radyasyon nedeni ile bağışıklık sisteminde etkilenmeler konusunda pek çok yayın hazırlanmıştır. Ancak, özellikle enfeksiyonlar ve beslenme düzeni gibi tüm sonuçları değiştirecek diğer faktörlerin dikkate alınmasındaki belirsizlikler nedeni ile sonuçları yorumlamak zordur.

6. ÇEVRESEL ETKİLER

6.1. Kara Ortamı

Çernobil'den etkilenen bölgelerde halen üretilen tarım ürünlerinde ^{137}Cs konsantrasyonu genel olarak ulusal ve uluslararası müdahale düzeylerinin altındadır. Ancak, Beyaz Rusya'da Gomel ve Mogilev'in bazı bölgeleri ile Rusya Federasyonu'nda Bryansk ile organik toprak yönünden fakir olan Ukrayna'nın Zhytomir ve Rovno bölgelerinde yüksek radyonüklit konsantrasyonu olan yerlerde üretilen sütlerde ulusal müdahale seviyeleri olan 100 Bq/l üzerinde ^{137}Cs aktivitesi mevcuttur. Bu bölgelerde, çevresel ölçümlerin alınmasına devam edilmesi gereklidir.

Uzun dönemde et ve süt ürünlerindeki ^{137}Cs miktarı ile daha düşük oranlarda olmakla birlikte bitkilerdeki ^{137}Cs miktarı insanlarda onlarca yıl daha iç ışınlamaya neden olmaya devam edecektir.

Kaza sonrasında en yüksek ^{137}Cs aktivitesi, orman ve dağlarda yetişen bitki ve hayvanlarda ölçülmüştür. Ormanlık alanlardaki yüksek aktivite seviyeleri, sezyumun orman ekosistemindeki kapalı döngünün sürekliliği ile açıklanmaktadır. Yüksek ^{137}Cs aktivitesi özellikle mantar, çilek türleri ve av hayvanlarında tespit edilmiş ve yüksek seyrinin devam ettiği gözlenmiştir. Tarım ürünleri yolu ile insanların ışınlanması genel olarak düşme eğiliminde olmasına rağmen, ormanlarda yetişen gıdalar pek çok ülkede müdahale seviyesinin üzerindedir.

6.2. Su Ortamı

Kiev su havzalarındaki yüksek aktivite konsantrasyonu kazadan sonraki ilk haftalarda önemli olmuş, daha sonra seyrelme, radyoaktif bozunum ve nehir yataklarında sedimentlerde birikim nedeni ile hızla azalmıştır. Nehir yatağı sedimentlerindeki birikim, uzun dönemli radyasyon kaynağı olarak depo işlevi görmüştür.

Balıklarda iyot birikimi başlangıçta hızlı olmasına rağmen kısa yarılanma ömrü nedeni ile hızla azalmıştır.

En çok etkilenen bölgelerdeki sular ile İskandinav ülkeleri ve Almanya'daki bazı göllerde radyoaktif yağış ve biyobirikim sonucunda görülen ^{90}Sr balıkların iskeletlerinde biriktiğinden su ürünlerinin tüketimi nedeniyle alınan dozlar sezyum ile karşılaştırıldığında anlamlı değildir.

Yapılan çalışmalar; uzun yarılanma ömürlü ^{137}Cs ve ^{90}Sr 'in kirlenmiş topraklardan taşınarak su kaynaklarına karışması nedeni ile bu izotopların su ortamlarında az miktarda da olsa halen mevcut olduğunu ve günümüzde balık ve sularda aktivite değerlerinin düşük olduğunu ortaya koymaktadır.

Dış ortama açık göl, rezervuar, nehir suyu ve balıklarda ^{137}Cs , ^{90}Sr kirliliği düşük olmasına rağmen Beyaz Rusya, Rusya Federasyonu ve Ukrayna'da dışarıya su akışı olmayan bazı kapalı bölgelerde ^{137}Cs kirliliğinin yüksek olduğu ve gelecek onlarca yıl daha yüksek olmaya devam edeceği rapor edilmektedir.

Karadeniz ve Baltık denizinde mesafenin uzak olması ve seyrelme nedeni ile deniz suyu aktivite seviyeleri çok düşüktür.

6.3. Bitki ve Hayvanlarda Radyasyonun Etkileri

Kazadan sonra yayılan radyonüklitlerden ışınlama sonucunda yüksek kirlenmenin olduğu reaktöre 20-30 kilometreye kadar olan bölgede bulunan bitki ve hayvanlarda çok sayıda akut etki görölmüş, tahliye bölgesi dışındaki alanlarda bu tür etkiler rapor edilmemiştir.

Tahliye bölgesi içinde;

- İğne yapraklı bitkilerde, toprakta yaşayan omurgasızlarda ve memelilerde ölümlerin arttığı,
- Bitki ve hayvanlarda üretkenliğin azaldığı tespit edilmiştir.

Kazadan sonra geçen süre ve radyonüklitlerin ortamdaki seyrelmesi sonucunda, organizmalarda akut radyasyon etkilerinden kurtulma süreci başlamıştır. Kazadan sonraki ilk zamanlarda bile üreme ve daha az etkilenen bölgelerden göç eden canlıların katılımı ile biyoçeşitlilik artmıştır. Tahliye bölgesinde, insan aktiviteleri, tarımsal ve endüstriyel aktivitelerin olmayışı etkilenen canlıların normal haline dönüşmesine yardımcı olmuştur. Bunun sonucunda, tahliye bölgesindeki bitki ve hayvan sayısında ve çeşitliliğinde artış meydana gelmiştir.

Kazadan sonraki birinci ayda 0.3 Gy'in altında doz alan bitki ve hayvanlarda olumsuz etkiler rapor edilmemiştir.

Kazadan sonraki ilk birkaç yıl içerisinde, tahliye bölgesindeki bitki ve hayvanların, vücut ve üreme hücrelerinde radyasyonun etkileri gözlenmiştir. Bitki ve hayvanlarda yapılan çeşitli çalışmalarda, hem tahliye bölgesi hem de tahliye bölgesi dışında çeşitli genetik anomaliler bildirilmektedir. Vücut hücrelerinde görülen anomalilerin biyolojik olarak anlamlı olup olmadığı henüz tam olarak bilinmemektedir.

7. ALINAN DERSLER

Çernobil kazası sonrasında çeşitli ülkelerdeki kamu yetkililerinin gösterdikleri tepkilerden; ülkelerin bu büyüklükte bir kaza ile başa çıkmak için hazırlıklı olmadıkları, acil durum planlama ve hazırlıklar konusunda teknik ve kurumsal eksiklikler bulunduğu, çok önceleri alınması gereken kararların kaza sürecinde alınmak zorunda kaldığı görülmüştür.

Çernobil kazasından alınacak dersler; reaktör güvenliği, büyük kazaların yönetimi, müdahale kriterleri, acil durum müdahale yöntemleri, hızlı haberleşme sistemleri, radyasyona maruz kalanların izlenmesi ve tıbbi tedavisi, çevresel izleme yöntemleri, radyoekolojik süreç, arazi ve tarımsal yönetim, kamuoyunun bilgilendirmesi gibi pek çok alanı kapsamaktadır.

Kazadan alınan en önemli ders, büyük bir nükleer kazanın sınırlar ötesi etkisinin kaçınılmaz olduğu, yol açtığı sonuçların kaza yerinden çok uzak bile olsa bir çok ülkeyi doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyeceğinin anlaşılmasıdır. Bu sonuç bazı ülkelerde ulusal acil durum uygulama planları yapılmasına vesile olmuştur.

Acil durum yönetim kriterlerinin belirlenmesi ve koordinasyon sağlanması gibi alanlarda uluslararası işbirliğinin genişletilmesi ve kuvvetlendirilmesi yapılan faaliyetlerin en önemlilerindedir.

Bu çalışmalar kapsamında 1987 yılında;

- “Nükleer Kazaların Erken Bildirimi Anlaşması”
- “Nükleer ve Radyolojik Kazalarda Acil Yardım Anlaşması” hazırlanmıştır.

Bu anlaşmalara dayanılarak UAEA, etkilenen ülkelerin talebi üzerine yardım sağlama ağı ile birlikte acil nükleer ya da radyolojik durumlarda bildirimde bulunma ve bilgi alış verişi sağlamak üzere bir sistem kurmuştur.

Avrupa Konseyi'nin 87/600 kararına istinaden de Avrupa Topluluğu Acil Radyolojik Bilgi Değişim Sistemi (ECURIE) oluşturulmuştur.

OECD/NEA tarafından “Uluslararası Nükleer Acil Durum Tatbikatı” (INEX-International Nuclear Emergency Exercises) programı oluşturulmuş, FAO ve WHO tarafından Çernobil kazası ve daha sonraki olası kazalar için uluslararası ticarette gıdalara uygulanacak radyoaktivite limitleri belirlenmiş ve kaza büyüklüklerini tanımlamak üzere UAEA tarafından “Uluslararası Nükleer Kaza Şiddeti Ölçeği” (INES-International Nuclear Event Scale) hazırlanmıştır.

Çernobil kazası, ülkelerin radyasyondan korunma ve nükleer acil durumlar için kendi planlarını gözden geçirmelerini sağlamıştır. Bunun sonucunda bir çok ülkede ulusal düzeyde nükleer acil durum planlarının yapılması sağlanmıştır. Özellikle büyük nükleer kazaların yönetimine ilişkin bu yeni anlayış, radyasyonun zararlı etkileri ve tıbbi tedavisi ile ilgili bilgileri arttırma çabalarına yeni bir bakış açısı getirmiş ve radyoekolojik araştırmalar ve çevresel izleme programlarını yeniden canlandırmış, çevresel örneklerde radyoaktivite analizleri için yöntem ve standartların geliştirilmesine neden olmuştur.

Kaza ve sonrasında kamuoyunun bilgilendirilmesi kriter ve yöntemlerinin önemi daha iyi anlaşılmış, bu konuda önemli ilerlemeler sağlanmıştır.

Daha önceleri kirlenme düzeylerinin doğal bozunma süreci ile azalacağı düşünülürken durumun genel olarak bu şekilde gelişmediği görülmüştür. Özellikle yüksek düzeyde etkilenmiş ülkelerdeki kirlenmiş bölgelerin tarıma elverişli hale getirilmesi politikaları önem kazanmıştır. Kirliliğin devam etmesine rağmen, kirlenmiş bölgelerde yaşayanlar ile ilgili yaklaşımların belirlenmesinde hükümetlere önemli görevler düşmektedir.

Bir çok ülkede, kurumlar arasında yetki ve sorumluluk dağılımı açısından, belirlenmiş ortak bir anlayış olmamasından kaynaklanan karmaşa nedeni ile pek çok problem yaşanmıştır. Bu durum, kazadan önce üstlenilmesi gereken sorumluluk ve yetki sınırlarının belirlenmiş olmasının önemini ortaya koymuştur. Koruyucu önlemlerin etkin bir biçimde uygulanabilmesi için altyapının yeterliliği ve sürekliliğin önemi anlaşılmıştır. Hızlı iletişim sistemleri, müdahale ekipleri ile çevresel izleme programlarının altyapı kapsamına alınmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Kaza sırasında, kısa süre zarfında yapılması gereken işlemlerin çok karmaşık ve zaman alıcı olması nedeni ile (iyot tabletleri dağıtımı, tahliye gibi) müdahale planlarıyla ilgili lojistik sorunların karşılanmasına hazır olunmalı ve tehlike durumu planlarının düzenli olarak tatbikatlar ile denenmesinin gerekliliği belirgin biçimde görülmüştür. Müdahale eylemleri ve bu müdahalelerin hangi seviyelerde yapılacağı hususunda, uluslararası platformda mutabakat sağlanmasının ve en kısa zamanda etkin bir biçimde uygulamaya konulmasının önemi ortaya çıkmıştır.

Çağdaş endüstriyel dünyanın tarihi Çernobil kazasına benzer ve hatta çok daha şiddetli bir çok felaketlerden etkilenmiştir. Ancak, bu kazanın yarattığı sosyal ve psikolojik etkiler nedeni ile yaşanan sorun ve karmaşalar kazanın sonuçlarından daha ciddi ve vahim olaylar yaşanmasına neden olmuştur.

Kısa vadede üç ülkede ortaya çıkan ciddi sağlık sonuçları, fiziksel, ekonomik ve endüstriyel zararlarının yanı sıra uzun vadede beklenen sağlık sorunları, sosyoekonomik bozulma, psikolojik stres ile birlikte nükleer enerjinin imajının bozulmasına yol açmıştır. Uluslararası toplum bu olaydan alınan dersleri kavramak, değerlendirmek ve gelecekte olası başka olaylar ile başa çıkabilmek için çaba göstermiş olup bu çalışmalar devam etmektedir.

Kazaya ve radyoaktif kirlenmeye dair güvenilir bilgilerin o dönemdeki eski Sovyetler Birliği yönetimi tarafından 2 yıl boyunca verilmemesi, verilen bilgilerin yeterli olmaması kazadan etkilenen ülkelerde halkta resmi bilgiye olan güvensizlik, pek çok hastalık ve sağlık probleminin hatalı olarak radyasyondan kaynaklandığına dair inanç oluşmasına neden olmuştur. Bu olumsuz sonuçlar, diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de yaşanmıştır.

8. KAYNAKLAR

- 1 ATLAS of Caesium Deposition on Europe After the Chernobyl Accident, 1998
- 2 Chernobyl, Assessment of Radiological and Health Impacts, 2002 update of Chernobyl Ten Years On, Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development, 2002
- 3 Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine, The Chernobyl Forum, IAEA, 2005.
- 4 Community Radiation Protection Legislation, European Commission, September 2000
- 5 DMİ Türkiye için meteorolojik yağış harita ve bilgileri, (sözlü ve yazılı görüşmeler)
- 6 French-German Initiative for Chernobyl, Long Term Health Effects After the Chernobyl Accident, IRSN, 2004
- 7 Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" (EGH), WHO, 2005
- 8 http://www.metoffice.com/environment/name_movie2.htm
- 9 Medical Radiological Consequences of the Chernobyl Catastrophe in Russia, Estimation of Risks, V. Ivanov, A. TSYB, S. Ivanov, V. Pokrovsky, 2004
- 10 Radiation Exposure From Iodine 131, Case Studies in Environmental Medicine, Course: SS3117, US Department of Health and Human Services. ATSDR-HE-CS-2004-0001
- 11 Reconstruction of ¹³¹I radioactive contamination in Ukraine caused by the Chernobyl accident using atmospheric transport modelling, N. Talerko, Journal of Environmental Radioactivity 84 (2005) 343-362
- 12 TBMM Tutanak Dergisi, Dönem 19, Cilt 53, Yasama Yılı 3, 71. Birleşim, 15.2.1994
- 13 UNSCEAR-1988, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, 1988
- 14 UNSCEAR-2000, Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, 2000

