

614 73
B 314 0



TÜBİTAK

Basitleştirilmiş Radyasyon Fiziği
Kavram ve Birimleriyle

ÇERNOBİL KAYNAKLI RADYOAKTİF SERPİNTİLERİN ÇEVREYE VE İNSANA ETKİLERİ

ALMANYA'DAKİ ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME ÖRNEKLERİYLE
BU KONULARDAKİ YOL VE YÖNTEMLERİN AÇIKLANMASI VE
SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Derleyen / Yazan
Fizik Y. Müh. Dr. Yüksel Atakan

61 / 17

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU
1994

KİSA GÖSTERİM	FİZİKSEL BÜYÜKLÜK	SI - BİRİMLERİ	ESKİ BİRİMLER	DÖNÜŞÜMLERİ
A	AKTİVİTE	Becquerel (Bq) $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$ (Saniyede bir adet çekirdek parçalanması)	Curie (Ci)	$1 \text{ Ci} = 3,70 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ $1 \text{ Bq} = 2,70 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$
H	EŞDEĞER DOZ (İNSAN DOKUSU İÇİN)	Sievert (Sv) $1 \text{ Sv} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	rem	$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$ $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
H	EŞDEĞER DOZHIZI	$1 \text{ Sv} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{kg}} = 1 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$ Sv/h; Sv/min	rem/h; rem/s	$100 \text{ rem/h} = 1 \text{ Sv/h}$ $1 \text{ rem/h} = 2,78 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{kg}}$
D	SOĞURMA DOZU =ENERJİ DOZU (HERHANGİBİR MADDE İÇİN)	Gray (Gy) $1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$	Rad (rd) $1 \text{ Rd} = 100 \text{ erg/g}$	$1 \text{ rd} = 10^{-2} \text{ Gy}$ $1 \text{ Gy} = 100 \text{ Rd}$
D	SOĞURMA DOZHIZI =ENERJİ DOZHIZI	$1 \frac{\text{Gy}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{kg}} = 1 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$ Gy/h; Gy/d	rd/h; rd/s	$1 \frac{\text{Gy}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{rd}}{\text{h}}$ $1 \frac{\text{W}}{\text{kg}} = 3,6 \cdot 10^3 \frac{\text{Gy}}{\text{h}}$
J	IŞINLAMA DOZU =İYON DOZU (HAVA İÇİN)	$\frac{\text{C}}{\text{kg}} (= \text{As})$	Röntgen (R)	$1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$ $1 \frac{\text{C}}{\text{kg}} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ R}$
J	IŞINLAMA DOZHIZI =İYON DOZHIZI	$1 \frac{\text{A}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s} \cdot \text{kg}}$	R/h; R/s	$1 \frac{\text{R}}{\text{s}} = 2,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{A}}{\text{kg}}$ $1 \frac{\text{A}}{\text{kg}} = 1,4 \cdot 10^7 \frac{\text{R}}{\text{h}}$



TÜBİTAK

614.73

B 314 r

**Basitleştirilmiş Radyasyon Fiziği
Kavram ve Birimleriyle**

**ÇERNOBİL KAYNAKLI
RADYOAKTİF SERPİNTİLERİN
ÇEVREYE VE İNSANA ETKİLERİ**

ALMANYADAKİ ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRME ÖRNEKLERİYLE BU
KONULARDAKİ YOL VE YÖNTEMLERİN AÇIKLANMASI SONUÇLARIN
İRDELENMESİ

Derleyen / Yazan : Fizik Y.Müh.Dr.Yüksel Atakan

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

1994

7.

0

18179

1

2

3

4

5

6

7

8

ÖNSÖZ

Federal Almanyada son yıllarda, Çernobil radyoaktivitesiyle ilgili çok sayıda teknik ve bilimsel yayın yapılmıştır. Çeşitli enstitü, laboratuvar ve kurumlarca yapılan bu yayınlardan büyük bir bölümü, hava, su, toprak ve besinlerde ölçülen radyoaktivite değerlerinin yörel ve zamana göre değişimlerini göstermektedir. Ölçü sonuçlarının değerlendirilmesini, radyasyon doz hesabını ve insan vücudunda oluşabilecek kanser gibi hastalıklarla ilgili tahmin ve yaklaşımları içeren yayınlar da gitgide çoğalmaktadır. Özellikle, Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulunun Çernobil konusundaki yayınında /1/, ve Münih/Neuherberg'deki GSF ve ISH Enstitülerinin çok çeşitli bilimsel raporlarında radyoaktivite ölçümleri sergilenmekte, sonuçların genel bir değerlendirilmesi yapılmakta, Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle insanda kısa ve uzun sürede oluşacak dozların sağlığı ne ölçüde etkileyebileceği, bu konulardaki bilimsel çalışmaların dayandığı son 40 yılın deneyimleri göz önüne alınarak açıklanmaktadır.

Çernobil kazasından sonraki ilk günlerden başlayarak Federal Almanyada yapılmış olan Çernobil radyoaktivitesiyle ilgili bu çeşit yayınlardan birçoklarını gözden geçirerek, bunların önemlilerini yakından inceledim. Bunlardan özetleri, bazı açıklama ve katkılarımla da genişleterek, 1987 ve 1988 in Haziran aylarında Ankara ve İstanbul'da yapılan seminerlerle dinleyicilere aktarmaya çalıştım (Hacettepe Üniversitesi, TEAK/ANAEM ve ÇNAEM'de). Bu seminerleri izleyenlerden bazılarının, " bu konuda bir yayın yapma önerisini " göz önüne alarak, Türkiye'de radyasyonla uğrasanlara benzer çalışmalarında ışık tutabilir veya kendi çalışmalarıyla karşılaştırma olanağı sağlayabilir düşüncesiyle bu kitabın taslağını hazırlamaya başladım.

Bu kitabın I.Bölümünün hazırlanmasında, Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulunun bu konudaki ayrıntılı yayını /1/ ana kaynak olarak kullanılmıştır. Ayrıca, Almanya içi ve dışından kaynaklanan "Radyasyon Fiziği" ve "Çernobil Radyoaktivitesi" konularındaki önemli başka yayınlar da göz önüne alınmıştır. Kitabın her bölümü ve şekilleri, kaynaklandığı yayının, yayın listesindeki sıra numarasıyla gösterilmiştir (Bak: Yararlanılan Yayınların Listesi). Kendi katkılarımla olduğu bölümlerde /YA/ işareti bulunmaktadır.

Radyasyon fiziğinin 8-10 farklı uzmanlık dalındaki çalışmalarından özetleri kapsayan bu kitaptaki herhangi bir konuda daha fazla bilgi gerekiyorsa, okuyucuya, yayın listesindeki ilgili kaynakları ve özellikle Münih / Neuherberg'deki GSF ve ISH Enstitülerini sağlık vermek isterim (Ek 12 ve 13'e bakınız).

Radyasyon fiziği ile ilgili konuların, daha geniş bir okuyucu kitlesi tarafından daha kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla, kitapta radyasyon fiziği kavram ve birimleri de, oldukça basite indirgenerek anlatılmıştır. Ayrıca, çeşitli yayınlardan alınan bölümler yer yer genişletilerek ya da kısaltılarak okuyucunun konuları daha kolay izleyebilmesine çalışılmıştır. Böylece, radyoizotop ve radyasyonları çalışmalarında araç olarak kullananlar ile bu konulara yeni başlayanlara ve yüksek okul öğrencilerine yararlı olunabileceği düşünülmüştür.

Bu kitabın önemli sayılabilecek bir özelliği, gök yüzünden serpintiler halinde gelen radyoaktivitenin çevredeki dağılımı, bitki ve hayvanlar yoluyla insana geçtikten sonra, insanda oluşturma radyasyon dozlarının hesaplanma yöntemlerini Federal Almanya örneği ile oldukça ayrıntılı olarak açıklamasının yanı sıra, radyasyonun etkisiyle kanser gibi hastalıkların oluşup oluşmayacağı konularını, bilimin bugün

eriştiği yöntem ve yaklaşımların ışığında ortaya koymaya çalışmasıdır diyebilirim. Çernobil radyoaktivitesi ve oluşturduğu dozlar, 1960' lı yıllarda yapılan Nükleer Bomba Denemeleri Serpintilerinden ve ayrıca Doğal Radyasyondan kaynaklanan dozlarla karşılaştırılmıştır. Böylelikle Çernobilin katkısı daha iyi görülebilmektedir.

Radyasyon dozlarının oluşturabileceği hasar riski konularında, çeşitli bilim adamlarının ileri sürdükleri tez ve yaklaşımlar ile Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulunun izlediği yöntemler kitabın son bölümlerinde özetle verilmiştir. Ayrıca F. Almanya hükümetinin Çernobilden alınan derslerin ışığında ileriye dönük aldığı önlemler ile yapılacak çalışmalar da kitapta yer almaktadır.

Bunlardan baska, kitabın sonuna " Aktivite ve doz değerlerinin belirlenmesinde kullanılan ölçü aletleri " ile bazı önemli "radyoizotopların doz katsayıları" tablolar halinde verilmiştir. Bazı önemli radyonüklitlerin parçalanma şemaları da kitabın son bölümlerindedir. Bu şemalarda, radyasyonların enerjileri, yayınlanma olasılıkları ve "özgül gama doz katsayıları" da bulunmaktadır.

Bu kitabın I. Bölümü ilk 10 ekiyle, 1990 yılında ancak fotokopi yoluyla az sayıda çoğaltılıp dağıtılmıştır. Bugüne kadar geçen sürede yapılan yeni çalışmalar gözönüne alınarak kitap, II. Bölüm ve bazı eklerle genişletilmiştir.

Kitabın II. Bölümünde 1989 dan 1993'e kadar Almanyada yayınlanan son çalışmalardan örnekler verilerek I. Bölümdeki temel yol ve yöntemler ayrıntılarıyla irdelenmektedir. II. Bölümde, özellikle Münih'teki ISH-Enstitüsünün 140/89 nolu yayını ana kaynak olarak kullanılmıştır.

Yukarda belirtilen özellikleri nedeniyle bu kitabın, Türkiyede radyasyonlarla uğraşanlara, bu konularda Federal Almanyadaki bilimsel çalışmaları gösteren bir "pencere görevi" yapabileceğini ve kendi benzer çalışmalarında başvurabilecekleri bir "ELKİTABI" olabileceğini ümit ederim.

Kitabın yayına hazırlanmasında çeşitli önerileri, baştan sona kadar kontrol ve düzeltmelerin yapılmasında büyük katkıları nedeniyle, değerli arkadaşım, DSİ Araştırma Dairesi Başkanı Doç. Dr. Y. Müh. Ergün DEMİRÖZ'e ve eşim Fizik Y. Müh. Berksan Atakan'a burada teşekkürü bir borç bilirim.

Kitabın "ana örneğinden" çoğaltılarak basılmasına karar veren ve ayrıca ilgili kişi ve kuruluşlara ücretsiz olarak dağıtılmasını sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkürlerimi sunarım. Kitap, böylelikle tarımdan tıba; sanayiden üniversitelere kadar Türkiyede radyoaktif maddelerle araştırma ve geliştirme yapılan birçok kuruma ulaşarak, araştırmacılara çalışmalarında yardımcı olabilirse, bunda TÜBİTAK' ın büyük katkısı olacaktır.

Son olarak da, bu kitapta yer alan bir çok çalışmalarının, şekil ve tablolarla birlikte Almandan Türkçeye çevrilip yayınlanmasına izin vermeleri nedeniyle, F. Almanya Radyasyon Güvenlik Kuruluna (SSK), GSF ve ISH Enstitülerine ayrıca teşekkür ederim.

Y. Atakan
Yüksel ATAKAN

Mart 1994

64646 Heppenheim
Mannheimer Str.15 , Federal Almanya

YARARLANILAN BİLİMSEL YAYINLAR

- /1/ Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf B.R.Deutschland-Zusammenfassender Bericht der Strahlenschutzkommission (SSK)-Band 7, Gustav Fischer Verlag Stuttgart,1987.
- /2/ Radioaktivität und Strahlenfolgen, Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung (GSF) -Mensch+Umwelt- Dezember 1986 München.
- /3/ Umweltradioaktivität und Strahlenexposition in Südbayern durch den Tschernobyl-Unfall -GSF Bericht 16/86, München.
- /4/ Ergebnisse von Radioaktivitätsmessungen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, Institut für Strahlenhygiene (ISH) München ISH-Heft 99,September 1986-Bundesgesundheitsamt.
- /5/ Radioaktivität in der BR Deutschland und in der Schweiz nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, Fachverband Strahlenschutz, FS-86-39-AKU, Oktober 1986.
- /6/ Über die Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf die Bevölkerung in der Schweiz, Roman Spiess, Juni 1986, Eidg. Institut für Reaktorforschung, 5703 Würenlingen, Schweiz.
- /7/ Intercomparison of the Terrestrial FOOD-MARC and ECOSYS., GSF Bericht 18/86, München.
- /8/ Summary report on the post accident review meeting on the Chernobyl accident, Safety series No.75-INSAG-1,IAEA,1986
- /9/ Zwischenbericht der Strahlenschutzkommission (SSK),Umwelt Nr.4/5,25 Sept.1986
- /10/ Dosisfaktoren für Erwachsene, ISH-63, April 1985, ISH-München
- /11/ Dosisfaktoren für Kinder (1 Jahr), ISH-78, Nov.1985, ISH-München
- /12/ Strahlenschutzvorsorgegesetz, Bundesgesetzblatt Nr.69, 1986, Teil 1, Bonn, 30.12.1986
- /13/ Tschernobyl und seine Folgen, R.Ettemeyer, Grundremmingen, Offset Georg Deininger, Günzburg, 30.6.1986
- /14/ Die zwilisorisch bedingte Strahlenbelastung, H.Henk, Hamburgische Elektrizitätswerke AG,Hamburg, 1986
- /15/ Das Problem der kleinen Strahlendosen, Feinendegen, Institut für Medizin, Julich, 10.GRS-Fachgespräch, Köln,1986.
- /16/ Healt effects of low level radiation, B.L.Cohen,Pittsburg, Nuclear Energy,p.329-338 New York 1985
- /17/ Strahlenschutz, Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektronik, Köln, 1985
- /18/ Die Radioaktivität der bodennahen Luft der BRD, 4-15.Tag nach Tschernobyl,W.Weiss et al., Bundesamt f.Zivilschutz, Freiburg. 1986
- /19/ Dose to tissues and effective dose equivalent by inhalation of Rn 222, Rn 220, W.Jacobi, K.Eisfeld,feb.1980, GSF-S-626
- /20/ Strahlung und Risiko, W.Jacobi, Nr.20, Kernenergie und Umwelt, GSF-München/Neuherberg,1983
- /21/ Dosisfaktoren für die Kontamination der Haut und der Kleidung, K.Heinichs et.al., GSF-Bericht 7/85, Nov.1985, München
- /22/ Lungenkrebs nach Bestrahlung: Das Radon Problem, W.Jacobi,GSF, Naturwissenschaften 73,661-668(1986), Springer Verlag
- /23/ Experimentelle Bestimmung von Transferfunktionen,GSF-2/87
- /24/ Folgen des Reaktorunfalls in Tschernobyl, GSF, April 1987
- /25/ Strahlenexposition und Strahlenrisiko durch Tschernobyl, W.Jacobi,GSF,Phys.B144(1988) Nr.7
- /26/ Die Bedeutung der strahlenbiologischen Forschung für die Strahlentherapie, F.Niggli, ISH-Heft 88,1986
- /27/ Dosisfaktoren für Kinder (5 Jahre), ISH-79,1985, München
- /28/ Dosisfaktoren für Kinder (10 Jahre), ISH-80,1985, München
- /29/ Dosisfaktoren für Kinder (15 Jahre), ISH-81,1985, München

- /30/ Assessment of radiation dose commitment in Europe due to Chernobyl accident, ISH-108, April 1987, München
- /31/ Strahlung und Strahlungsmesstechnik in KKW's, E.Schrüfer, p.422-435, Elitera Verlag, 1974, BRD
- /32/ Radyoizotopların emniyetle kullanılmasında SAĞLIK FİZİĞİ, Çeviren: Y.Atakan, TAEK-Bilimsel Yayınlar B.18, Ankara 1966
- /33/ Preston, D.L., Pierce, D.A.: The effect of changes in dosimetry on cancer mortality risk estimates in the atomic bomb survivors. RERF TR 9-87, Radiation Effects Research Foundation, Hiroshima 1987
- /34/ Aktuelle Fragen zur Bewertung des Strahlenkrebsrisikos, Veröffentl.Str.Sch.kommission-Band 12, Gustav Fischer Verlag
- /35/ Strahlenexposition und Strahlenrisiko der Bevölkerung durch Tschernobyl - Unfall, W.Jacobi, GSF-München, 1988
- /36/ Standpunkt / Strahlenschutz-Aktuell, P.F.Sauermann, Julich, 1989
- /37/ Risiko durch ionisierende Str., H.G.Paretzke, GSF-München, 1989
- /38/ Info.bericht 3.Ergenz. über Tschernobyl, Reinland-Pfalz, 1987
- /39/ W.Jacobi., Environmental Radioactivity and Man/1988 Sievert Lecture, Health Phys.Vol.55, No.6, Dec. 1988
- /40/ W.Jacobi, Radon-Strahlenwirkung und Str.Schutz, GSF-München Physikalische Blätter Jahrg.45, Heft 11, 1989
- /41/ A.Bayer et. al, Erfassung, Dokumentation und strahlenhygienische Bewertung vorliegender Meßdaten aus der BRD als Folge des Reaktorunfalles im KKW Tschernobyl, ISH 140 / 89, Neuherberg / München
- /42/ W.Jacobi, Strahlenexposition und Strahlenrisiko, paper presented in "Journalistenseminar" in Munic 18/19.3.1991, Neuherberg / München
- /43/ D.Henschler, Krebsrisiken im Vergleich GSF-Heft "Risiko" 3/1993, Neuherberg / München
- /44/ Başbakanlık TAEK " Türkiye Çernobil Sonrası Radyasyon ve Radyoaktivite Ölçümleri" Nisan 1988
- /45/ G.Schaler et.al. "Cäsium-und Kalium-Aufnahme durch Pflanzen aus Böden, ISH-146/90, Nov.1990
- /46/ W.Jacobi, Die neuen Empfehlungen der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP), Nucl.-Med. 1991;30:212-219
- /47/ Proceedings of "Standing Conference on Health and Safety in the Nuclear Age", Commission of the European Communities, Radiation protection-40, EUR 11608 En, 5-7 Oct.1987
- /48/ W.Jacobi, Lungenkrebs nach Bestrahlung: Das Radon-Problem; Naturwissenschaften 73, 661-668(1986), Springer-Verlag 1986
- /49/ W.Jacobi, Radiation and lung cancer: problems and topics of future reasearch; BIR Report 22: The Future of Human Radiation Research , Session 2: Lung cancer
- /50/ L.E.Feinendegen und H.Mühlensiepen, "Hormesis, Hypothesen und Fakten", Vortrag, Fachverband für Strahlenschutz IVth European Cong./XIIIth Reg. Cong. of IRPA Salzburg, 15-19. Sept. 1986
- /51/ A.Brachner, B.Grosche, " Risikofaktoren für bösartige Neubildungen", ISH-153/91, Neuherberg, Juni 1991
- /52/ P.Jacob, R.Meckbach; External Exposure from Deposited Radionuclides, Proc. of the seminar on methods and codes for assessing the off-site consequences of nuclear accidents, Vol.1 Athens, 7-11 May 1990, Commission of the European Communities
- /53/ J.Burkhardt, D.Lux et.al. " Underlying data for derived emergency reference levels", ISH-142/90, Sept. 1990
- /54/ K.Martignoni et.al. " IV. Das strahlenbedingte Schilddrüsen-Krebsrisiko"; ISH-151/91, Mai 1990
- /55/ G.Frasch, K.Martignoni et.al. " III. Das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko"; ISH-150/91, Jan. 1990

BÖLÜM I: İLK GELİŞMELER VE TEMEL KAVRAMLAR

1.	GİRİŞ	1
2.	ÇERNOBİL NÜKLEER ELEKTRİK SANTRALI VE KAZA' NIN OLUŞU	3
2.1	Nükleer santralların işleyişi	3
2.2	Çernobil santralının yapısı ve işleyişi	6
2.3	Çernobil reaktörünün olayın boyutlarını etkileyen teknik özellikleri	6
2.3.1	Pozitif buhar kabarcığı olayı	7
2.3.2	Grafit yavaşlatıcı	8
2.3.3	Aşırı boyutlarda bir reaktör	8
2.3.4	Reaktör işlerken yakıt elemanlarının değiştirilebilmesi	11
2.4	Çernobil nükleer santral çevresi ve kazanın oluşu	11
3.	RADYASYON FİZİĞİ TEMEL KAVRAM VE BİRİMLERİ	13
3.1	Radyoaktif madde = ışın saçan madde	13
3.2	Radyoizotop (= Radyonüklit=Kararsız atom çekirdeği)	14
3.3	Radyasyon (=Işın : Işınım)	14
3.4	İyonizasyon	16
3.5	Yarılanma süresi (= Yarı ömür)	16
3.6	Radyoaktivite birimi : Bequerel (Bq)	16
3.7	Çernobil öncesi radyoaktivite üst sınır değerleri	18
3.8	Radyasyon dozu	19
3.9	Radyasyon dozu birimleri	19
3.10	Çevredeki radyoaktivite insanı nasıl etkilemektedir ?	23
4.	ÇERNOBİLDEN SALINAN RADYOAKTİF MADDELER	29
5.	ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN ATMOSFERDE TAŞINIMI	31
6.	FEDERAL ALMANYADAKİ RADYOAKTİVİTE VE RADYASYON ÖLÇÜMLERİ	33
6.1	Havadaki Çernobil radyoaktivitesi	34
6.2	Topraktaki Çernobil radyoaktivitesi	42
6.3	Yağışlardaki Çernobil radyoaktivitesi	48
6.4	Topraktaki radyoaktivitenin bitkiler / besinler yoluyla insana ulaşımı	49
6.5	Çernobil radyoaktivitesi çevre ve besinleri gelecekte nasıl etkileyecek ?	50
6.6	Çernobil radyoaktivitesinin nükleer bomba denemeleri serpintileriyle karşılaştırılması	50
6.7	Çevredeki Çernobil radyoaktivitesinin oluşturduğu radyasyon doz hızları	53
6.8	Besinlerdeki Çernobil radyoaktivitesi	53
6.8.1	Süt ve balık dışındaki besinler	57
6.8.2	Süt ve süt ürünleri	59
6.8.3	Balık	63
7.	HALKIN ETKİLENDİĞİ RADYASYON DOZUNUN HESAPLANMASI	65
7.1	Çernobil kazasından sonraki ilk yılda Federal Alman halkını etkileyen radyasyon dozunun tahmini	67
7.2	Gelecekteki radyasyon dozunun tahmini	71
7.3	Çernobil radyoaktivitesinin Federal Almanya Halkında oluşturduğu toplam radyasyon dozu	72

8.	ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN FEDERAL ALMAN HALKINDA OLUŞTURDUĞU RADYASYON DOZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE HASAR OLASILIĞI (RİSKİ) -----	74
8.1	Doğal Radyasyon Dozlarıyla karşılaştırma -----	74
8.2	Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle görülebilecek radyasyon hasarlarının tahmini -----	77
8.2.1	Gövdesel (somatik) geç hasarlar -----	77
8.2.2	Anne karnındaki bebeklerin gelişiminde ortaya çıkabilecek bozukluklar / özürlü doğumlar -----	82
8.2.3	Genetik etkilenme (kalıtım bozuklukları) -----	83
9.	FEDERAL ALMANYA RADYASYON GÜVENLİK KURULU ÖNERİLERİ ---	85
9.1	Önerilerin dayandığı temeller -----	85
9.2	3 000 mrem'lik guatr dozu sınırlamasının gerekçesi -----	85
9.3	İnek sütündeki I-131 ölçümleri gözönüne alınarak Radyasyon Güvenlik Kurulunca alınan ilk öneriler -----	86
9.4	Besinlerdeki sezyum (Cs 137, Cs 134) sınır değerleri -----	86
9.5	Kanalizasyon arıtma tesislerindeki artıkların radyoaktivitesi -----	86
9.6	Yapılardaki havalandırma tesisleri filtreleri -----	87
9.7	Çernobil radyoaktivitesinin anne karnındaki bebelere etkisi -----	87
9.8	Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulunun önlemleri sonucu halkın tasarruf ettiği radyasyon dozu -----	88
10.	ÇERNOBİLDEN ALINAN DERSLERİN İŞİĞİNDA F.ALMANYADA YAPILMAKTA OLAN ÇALIŞMALAR -----	90
BÖLÜM II. AYRINTILARIYLA SON ÇALIŞMALAR		
11.	MÜNİH İSH-ENSTİTÜSÜNCE YAPILAN ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN ALMANYADAKİ ETKİLERİYLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER -----	91
11.1	Almanya'da ölçülen Çernobil radyoaktivitesi -----	91
11.2	Sindirim yoluyla vücuda alınan radyoaktivitenin, ve oluşacak radyasyon dozunun "Yiyecek Sepeti Modelinden" gidilerek belirlenmesi -----	94
11.2.1	Yaşa bağlı Yiyecek Sepetleri -----	98
11.3	Tüm Vücut Radyasyonu Ölçümlerinden gidilerek, vücuda giren radyoaktif madde miktarının belirlenmesi -----	98
11.3.1	Kutu Modeli -----	100
11.4	Iyot-131 ile bulaşmış besinlerin yenilmesi sonucu oluşacak radyasyon dozunun tahmini -----	101
11.5	Nükleer bomba denemeleri ve Çernobil kazası sonucu vücuda alınan radyoaktif maddeler ve insanda oluşacak dozların karşılaştırılması -----	102
11.5.1	Nükleer bomba denemeleri ve Çernobil kazası sonucu dıştan ışınlanma yoluyla oluşacak radyasyon dozu -----	105
11.5.2	Dıştan ışınlanmanın belirlenmesinde temel yol ve yöntemler -----	108
11.5.3	Nükleer bomba denemeleri sonucu oluşan dıştan ışınlanma dozu ayrıntıları -----	110
11.6	Almanya'da Çernobil kaynaklı, dıştan ışınlanma sonucu ortaya çıkacak yaşam boyu dozları -----	112
11.7	Doğal radyasyon kaynaklarının insanı ışınlaması sonucu ortaya çıkan yaşam boyu dozları -----	115
11.8	Tüm dış ışınlanma sonucu oluşan yaşam boyu dozu -----	116
11.9	İçten ve dıştan ışınlanma sonucu tüm kaynakların katkısıyla oluşan toplam etkin radyasyon dozu -----	116
12.	ÇERNOBİL KAZASI SERPİNTİLERİNDEN KAYNAKLANAN MÜNİH YÖRESİNDEKİ HALKI ETKİLEYEN RADYASYON DOZU VE KANSER OLASILIĞIYLA İLGİLİ DAHA YENİ DEĞERLENDİRMELER -----	119
12.1	Çernobil kazası sonrası ilk 5 yılda ve yaşam boyunca oluşan dozlar -----	119
12.2	Çernobil kazası sonucu Almanya'da halkın ışınlanması nedeniyle kanser olasılığının belirlenmesi -----	120
13.	ÇEŞİTLİ KANSER OLASILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI-----	123

İçindekilerSayfa No. :

EK 1 : Hasar olasılık Katsayıları (risk faktörleri) ve bazı gözlemler -----	124
EK 1a: Radyasyon kanser riski konusunda yeni yaklaşımlar (YENİ MODEL) ve bir irdeleme -----	125
EK 2 : Çeşitli kurum ve bilim adamlarının Çernobil kanseri tahminleri -----	128
EK 3: 1 inrem'lik radyasyon dozunun insanda hasar yaratma olasılığı (Bernhard L. COHEN'a göre) -----	130
EK 4 : Bazı gözlemler / bilim adamlarının önerileri-----	131
EK 5 : Türk çayındaki radyoaktivitenin oluşturacağı dozla ilgili tahmin -----	132
EK 5a: Türkiye Atom Enerjisi Kurumunca (TAEK) Çernobil sonrası yapılan radyoaktivite ölçümleri ve radyasyon dozu değerlendirmeleri -----	132a
EK 6 : Aktivite ve doz değerlerinin belirlenmesinde kullanılan ölçü aletleri ve özellikleri -----	133
EK 7 : Alfa, beta ve gama saçan birkaç nüklit ve özellikleri -----	135
EK 8 : Doz katsayıları (Doz faktörleri) -----	136
EK 9 : Bazı önemli radyonüklitlerin parçalanma şemaları -----	158
EK 10: F.Almanyada radyasyon ölçümleriyle uğraşan enstitüler -----	171
EK 11: Radyasyon riski konusundaki önemli yayınlar -----	173
EK 12: Münihdeki ISH-Enstitüsü yayınları listesi (1991) -----	174
EK 13: Radionüklitlerin besinler yoluyla insana ulaşımıyla ilgili çalışmalar (BAK: Bölüm 6.4 Sayfa 49) -----	184
EK 14: Çernobil Tartışmasına Dışardan Bir Katkı / Cumhuriyet Gazetesi 9.4.1993 -----	186
EK 15: Yatağandaki Radyasyonun Kaynağı ve Önlemler ? Mart 1993/94 -----	188

RADYASYON FİZİĞİNE YABANCI OLANLAR İÇİN

KİTABIN KOLAYCA ANLAŞILABİLECEK İLGİNÇ BÖLÜMLERİ

SAYFA

-Giriş / Çernobil kazası sonrası F.Almanyada alınan önlemler. Halkın tepkisi	1-3
-Çernobil Radyoaktivitesi neden çok uzaklara etkili olabildi ?	9-10
-Kazanın oluşu, Atom Bombası Patlamasından farkı ?	11-13
-Radyoaktivite, Radyasyon, Bequerel, milirem vb. nedir ? (İlgi duyanlar için)	13-20
-Çevredeki radyoaktivite insanda nasıl hasar oluşturmaktadır ? Biyolojik organizasyon ve iletişim nedir ?	23-28
-Çernobil Radyoaktivitesi çevre ve besinleri gelecekte nasıl etkileyecek ?	50
-Halkın etkilendiği radyasyon dozu nasıl hesaplanıyor (İlgi duyanlar için)	65-67
-Doğal Radyasyon nedir ? Kanseri olasılığını arttırmamak için neden evlerimizi sık sık havalandırmalıyız ?	74-76
-Özürü Doğumlar ?	82 ve 87
-F.Almanyada alınan önlemler sonucu halkın tasarruf ettiği Radyasyon Dozu ne kadardır ?	88-89
-Çernobil kazası sonucu Almanyadaki kanser olasılığı ne kadardır ?	120
-Beslenme ve Sigara içme vb. sonucu kanseri olasılıkları karşılaştırmaları	123
-Radyasyon Riski konusunda yeni yaklaşımlar nelerdir ? (İlgi duyanlar için) (Ek 1a)	125
-1 milirem'lik Radyasyon Dozunun insanda hasar yaratma olasılığı nelerle karşılaştırılabilir ? (Ek 3)	130
-Türk Çayındaki Radyoaktivite ve oluşturabileceği Radyasyon dozu yaklaşık olarak ne kadardır ? (Ek 5)	132
-Aktivite ve doz değerlerinin belirlenmesinde hangi ölçü aletleri kullanılmaktadır ? (Ek 6)	133
-Çernobil Tartışmasına Dışardan Bir Katkı / Cumhuriyet Gazetesi 9.4.1993	186
-Yatağandaki Radyasyonun Kaynağı ve Önlemler /Mart 1993/94	188

BÖLÜM I

BÖLÜM 1: İLK GELİŞMELER VE TEMEL KAVRAMLAR

1. GİRİŞ, /YA/

26 Nisan 1986 günü Çernobil Nükleer Elektrik Santralında oluşan kazadan sonra bir çok ülkeyi etkileyen **ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİ** özellikle ilk yıl süresince en önemli güncel konular arasına girmiştir.

Çernobil santralından bir kaç günlük aralarla salınan radyoaktif maddelerle yüklü sıcak dumanlar önce atmosferin 2000 metre yüksekliğine kadar erişmiş, sonra o günlerdeki etkin rüzgarların yönlerine göre hava akımlarıyla önce İskandinavya, daha sonra Orta Avrupaya ve Güneydoğu Avrupa ile Türkiyeye ulaşmış, özellikle Mayıs 1986'nın ilk günlerindeki yağışlarla bitki örtüsü ve toprağa bulaşmış, insanları hem dıştan ve hem de besinler yoluyla vücut içinden, yerleşim bölgelerine göre, az ya da çok ışınlamıştır.

Sovyetler Birliğinin kazayı zamanında açıklamaması nedeniyle Çernobil kazası ancak İskandinavdaki radyasyon aletlerinin aşırı değerler göstermesi sonucu 28 nisan 1986 akşamı belirlenebilmiş ve buradan dünyaya duyurulmuştur.

Kazanın duyulmasının hemen ardından Federal Almanyanın bir çok yöresinde radyasyon ölçümleri başlatılmış; hava, yağmur, bitki, toprak, sebze, meyva, et ve süt gibi her çeşit ortamda radyoaktif maddeler hemen hergün ölçülerek sonuçlar bildiriler halinde açıklanmıştır (Şekil 1A).

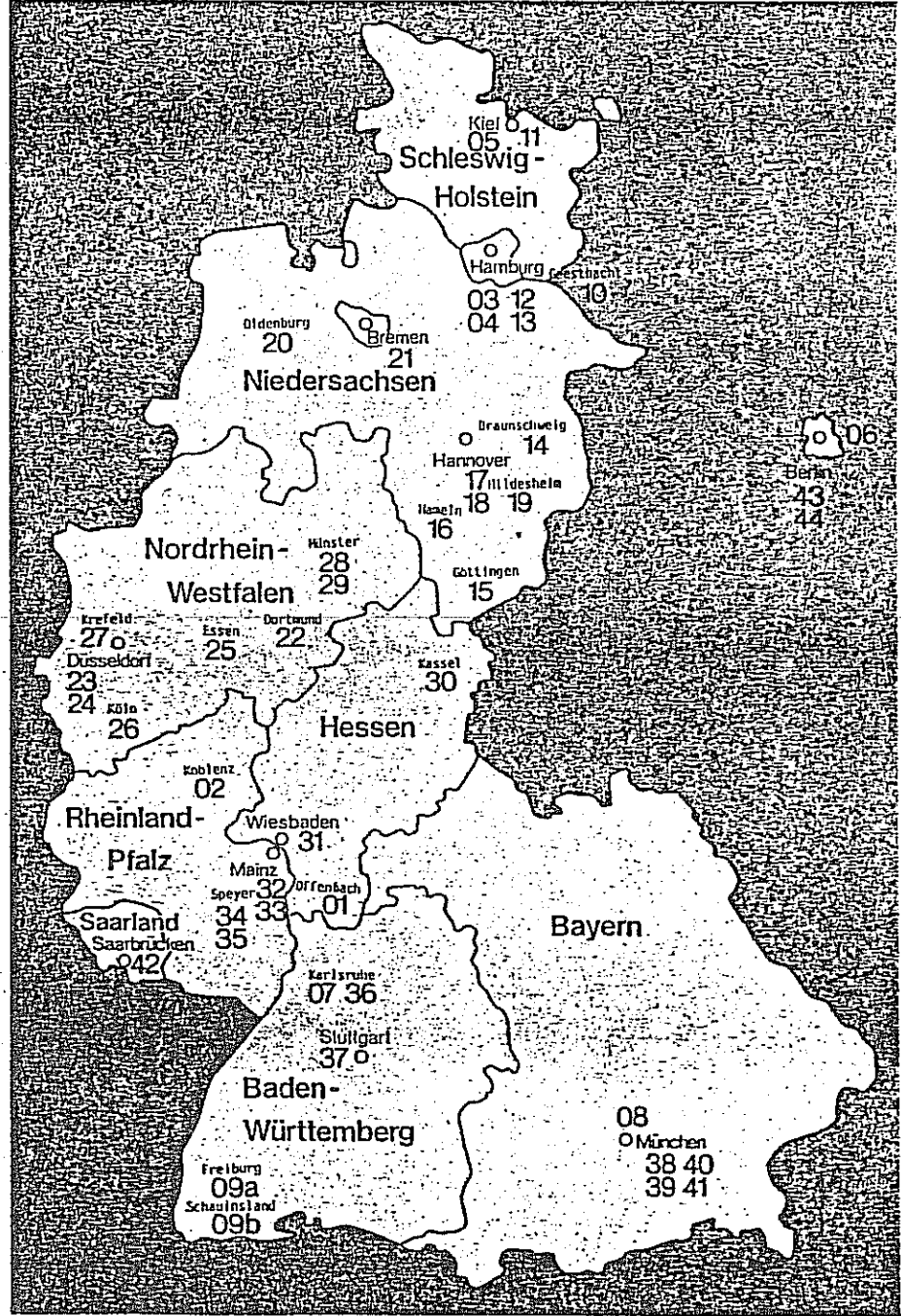
Ayrıca şehir içlerinde, bahçe, park ve yollarda, çocuk oyun alanlarında ve kum havuzlarında yapılan radyasyon ölçümleriyle buralarda bulunabilecek çocuk ve yetişkinlerin hava ve yerde biriken radyoaktif madde taneciklerinden ne derece ışınlanabilecekleri saptanmış, önlemlerin gerekip gerekmediği belirlenmiştir.

Diğer taraftan Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulu, Çernobil radyoaktivitesinden Alman halkının mümkün olduğu kadar az etkilenmesini sağlamak amacıyla bir dizi önlem önermiş ve besinlerdeki radyoaktif madde üst sınır değerlerini belirlemiştir. Bazı eyalet hükümetleri bu önerileri göz önüne almakla birlikte, aynen uygulamamışlar ve halkın daha çok korunması için, önerilen üst sınır değerlerin kat kat altındaki değerleri kendi eyaletleri için üst sınır değerler olarak uygulamışlardır.

Kazadan sonraki ilk haftalarda ve daha sonraki aylarda televizyon, radyo ve gazetelere Radyasyon Güvenlik Kurulu Başkanından başlayarak, radyasyonla uğraşan herhangi bir kimseye kadar birçok kişinin açıklamada bulunması

Sekil 1A:

FEDERAL ALMANYADA RADYASYON ÖLÇÜMLERİNİN YAPILDIĞI ENSTITÜLERİN YERLERİ NUMARALARLA GÖSTERİLMİŞTİR (Enstitülerin adresleriyle ölçü dalları EK 10'dakilistede bulunmaktadır):



sonucu, ortaya çelişkili açıklama ve önlem önerileri çıkmıştır. Ayrıca, alışılmamış Radyasyon Fiziği kavram ve birimleri pek anlaşılmamış ve hatta bunlar bazı yetkililerce eksik ya da yanlış açıklanmıştır. Halk, televizyonlarda uzmanların yaptıkları açık oturumları telefonlarla soru yağmuruna tutmuş, çocuklarını ve ailesini ve hatta kendisinden çok daha sonraları dünyaya gelecek kuşakları, radyasyonun uzun süreli olduğunu duyduğu zararlı etkisinden mümkün olduğu kadar çok koruyabilmek için, bilinçli bir bilgi edinme ve ilgili makamları uyarma çabasına girişmiş, toplantılarla, gazetelere gönderdiği yazılarla, telefon görüşmeleriyle varlığını duyurmuş, ağırlığını koymuştur.

Yetkililerin, Çernobil kazasındaki gibi aşırı ölçüdeki bir radyoaktivite yayılmasına haliyle hazır olmamaları, halkın topyekün aydınlatılmasının olanaksızlığı; çok sayıda bilim adamı, teknik eleman, radyasyon ölçü istasyon ve laboratuvarı bulunmasına karşılık, bunlar arasındaki koordinasyon yetersizlikleri sonucunda ortaya çıkan karışık durum, halkın kafasının karışmasına ve huzursuzluğuna sebep olmuştur denebilir.

Bütün bunlara rağmen, birçok kişi, gazetelerde tablolar halinde verilen, çeşitli besinlerdeki radyoaktif madde miktarlarını, radyasyon fiziği kavram ve birimlerini tam olarak bilmesede, birbirleriyle karşılaştırarak günlük yiyecek alışverişini radyoaktif madde değerleri daha az olan yiyecekleri seçerek yapmış, üst sınır değerlerinin altında olmasına rağmen diğerlerine göre daha yüksek radyoaktifiteli bazı sebze, meyva, av eti gibi yiyecekleri pek satın almamış, bunun sonucu olarak bu çeşit yiyeceklerin fiyatları da düşmüştür.

Diğer yandan, eyaletlerdeki laboratuvar ekipleri, süt toplama merkezlerinde, sebze tarlalarında, meyva bahçelerinde, et ve balık kurumlarında sürekli olarak ölçümler yaparak, belirlenen üst sınır değerlerini aşan yiyeceklerin halka ulaşmasını önlemişlerdir. Örneğin aşırı radyoaktifiteli yaprak salataları çiftçinin satması yasaklanarak, bunlar önce tarlalarda bekletilmiş daha sonra da toplatılarak, belirli yerlerde toprağa gömülmüştür. Bu önlemlerin sonucu çiftçinin uğradığı zarar ise Federal hükümet tarafından karşılanmıştır (çiftçiye ödenen toplam miktarın 1 milyar DM olduğu tahmin edilmektedir). Ayrıca, Almanya dışından gelen belirli yiyeceklerle ^{yükü} kamyonlar, sınır kapılarında yiyeceklerden örnekler alındıktan sonra mühürlenmiş, ancak ölçüm sonuçları üst sınır altında radyoaktivite değerleri gösterdiğinde bunların halka ulaşmasına izin verilmiştir.

Federal Almanyaya özellikle doğu ¼lkelerinden gelen araçların bir çoğu radyasyon ¼l¼ aletleriyle sınır kapılarında kontrol edilerek bunların tekerlek, karoseri, tente ve hava filtrelerinde radyoaktif maddelerle bulaşma olup olmadığı saptanmış, gerektiğinde hortumla yıkama, filtre değiştirme gibi ¼nlemler alınarak, Almanya ilerine daha fazla Çernobil radyoaktivitesinin taşınması ¼nlenmeye çalışılmıştır.

Bazı yerlerde ocuk parklarında, toprakta ve kum havuzlarında yapılan kontrol ¼l¼mlerinde aşırı radyoaktif madde bulaşmaları g¼r¼lm¼ř, buralardaki toprak veya kum makinalarla kazılarak g¼t¼r¼lm¼řt¼r. Bunun yapılamadığı yerlerde ise aşırı radyoaktiviteli ocuk parkları çevresine zincir çekilerek ve radyasyon ikaz işaretleri konarak çocukların buralara girmesi ¼nlenmeye çalışılmış, basın radyo ve TV ile velilere durum bildirilmiştir, Şekil 1.1 .

Kazadan sonraki ilk hafta ve aylarda yukarda belirtilen ¼l¼m ve ¼nlemler s¼rerken bir yandan da çeşitli enstit¼, makam ve bilim adamlarınca kazanın Federal Almanya halkını ne ¼l¼de etkilediği konusunda ilk değerlendirmeler yapılmıştır. Yayınlanan çeşitli teknik raporlarla Federal Almanyada hava, toprak, su ve besinlerin Çernobil radyoaktivitesinden ne derece etkilediği, radyoaktivitenin b¼lgesel, yerel ve zamana g¼re değişimlerinin ne olduğu, binlerce ¼l¼ sonucu değerlendirilerek yayımlanmıştır. Çeşitli b¼lgelerde yaşayan insanların beslenme Şekilleri ve yiyeceklerde ¼l¼len radyoaktif madde değerleri esas alınarak, v¼cut içinden ve ayrıca g¼vde dışından insanı etkileyen radyasyonlar g¼z ¼n¼ne alınarak, kazadan sonraki " ilk yıl " ve "yaşam boyu" için oluşabilecek toplam işınlanmalar (kişi başına toplam radyasyon dozları) hesaplanmış ve bunların doğurabileceği kanser gibi hastalık olasılıkları tahmin edilmiştir.

2. ÇERNOBİL N¼KLEER ELEKTRİK SANTRALI VE KAZANIN OLUŞU, /13/

2.1.N¼kleer Santralların İşleyişi

Her çeşit yakıtla çalışan santralda olduğu gibi, Çernobil n¼kleer santralında da elektrik enerjisi, t¼rbinlerin çevirdiği elektrik ¼reticileri(jenerat¼rler) yardımıyla olmaktadır. T¼rbinler, n¼kleer santralın uranyum yakıt elemanlı reakt¼r kazanında ısınan suyun oluşturduğu buharla d¼nmektedir. Suyun ısınması için gereken enerji, yakıt elemanlarında bulunan Uranyum 235 nolu atom çekirdeklerinin, dıştaki bir n¼tron kaynağından yayınlanan n¼tron tane-

çikleriyle bombardımanı sonucunda, bölünmeleriyle ortaya çıkmaktadır. Uranyum 235 atom çekirdeğinin bölünmesiyle :

- (1) Suyu ısıtıp buharlaştıran yüksek bir enerji,
- (2) iki üç adet yeni nötron,
- (3) İki adet yeni atom çekirdeği (bölünme ürünleri),

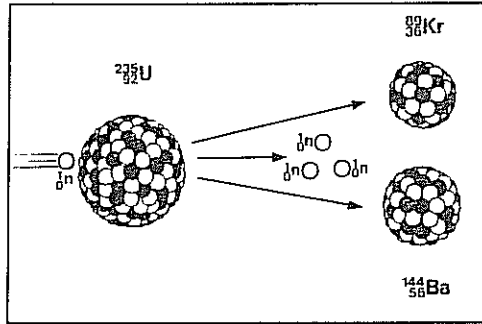
oluşmaktadır. Uranyum 235 çekirdeğinin bölünmesinden, Baryum 140, Kripton 85; Sezyum 137, Stronsyum 90; iyot 131, Zirkonyum 95 gibi daha birçok bölünme ürünü "radyoaktif (ışın saçan) maddeler olarak" yakıt elemanları içinde ortaya çıkmaktadır, Şekil 2.1.

Çekirdekten yayınlanan iki üç nötron, başka Uranyum-235 çekirdeklerini bölerek yeni nötronların yayınlanmasına ve bunların da başka çekirdekleri bölmesiyle, ortaya " atom bombasında görülen " aşırı enerji çıkmaktadır."Zincirleme Reaksiyon" denilen bu olayın, ortalama olarak sadece bir nötronla sürdürülmesi sağlanarak, nükleer santralda " kontrollu enerji" üretilmektedir. Bu amaçla, her atom çekirdeğinin bölünmesiyle oluşan 1-2 adet " fazla nötron", reaktör kontrol çubuklarında bulunan " Bor " gibi nötronları iyi bir şekilde yutan bir madde yardımıyla soğurtularak reaksiyon dışı bırakılır. Zincirleme reaksiyonun bu şekilde kontrollu sürdürülmesi halinde, " reaktör kritik haldedir " ya da reaktörün kritik kalitesi 1 dir denmektedir. Reaksiyon, ortalama olarak, bir nötrondan fazla nötronla sürüyorsa " reaktör kritik üstü ", reaksiyon birden daha az nötronla sürüyorsa " reaktör kritik altı " olmuştur denir. Uranyum 235 atom çekirdeklerinin bölünmelerinin, ardı sıra düzgünce sürmesi, ancak nötronların hızlarının aşırı derecede olmaması halinde sağlanabilmektedir, örneğin saniyede 2 km dolayında. Halbuki, çekirdek bölünmesi sonucu ortaya çıkan yeni nötronların hızları saniyede 10000 km'nin üstündedir. Bu nedenle, aşırı hızdaki yeni nötronların, su ve grafit(kömür) gibi " moderatör = yavaşlatıcı " maddelerle frenlenmeleri gerekmektedir.

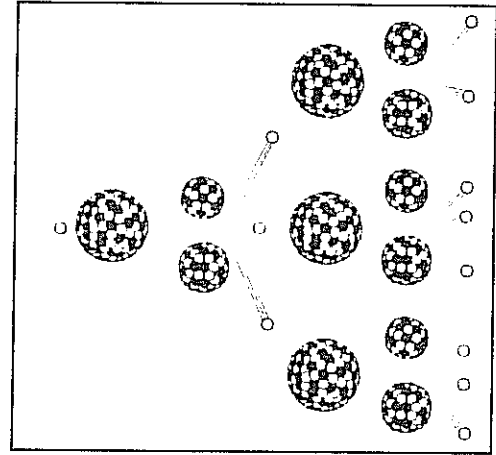
Çernobil reaktörünün yakıt elemanlarında, Uranyum 235 miktarı % 2'ye yükseltilmiş (zenginleştirilmiş) uranyum dioksit bulunmaktaydı(Doğal Uranyumun sadece % 0.7 kadarı Uranyum 235 çekirdeklerinden, kalanı ise, çekirdekleri bölünemeyen Uranyum 238 den oluşmaktadır, % 99.3).



Şekil 1.1 : Federal Almanyada Çernobil radyoaktivitesiyle bulaşmış bir çocuk parkında alınan önlemler,/2/.



a) U-235 çekirdeğinin bölünüşü ve iki yeni izotopla üç yeni nötronun oluşumu



b) Uranyumun 235 nolu izotopunun nötron etkisiyle bölünüşü ve zincirleme reaksiyonla nötronların çoğalışı.

Şekil 2.1 : Uranyum 235 in bölünüşü

2.2. Çernobil Santralının Yapısı ve İşleyişi

Çernobil Reaktörü, yaklaşık olarak 12 m çapında ve 7 m yüksekliğinde grafit dolgu maddesi içinde, düşey olarak açılmış 2000 kadar delikli bir silindir görünümündedir. Grafit dolgu, yukarıda belirtildiği gibi, aşırı hızdaki nötronları yavaşlatmaya yaramaktadır, Şekil 2.2. Bu deliklerden 1693'üne, içlerine uranyumlu yakıt elemanlarının girdiği, zirkonyum alaşımlı borular yerleştirilmiştir. Bu borular 88 mm çapında ve 4 mm kalınlığındadır. Boruların kalın olmalarının nedeni, içlerindeki 70 bar'lık basınca dayanabilme zorluğudur. Grafit dolgudaki başka 179 delikte ise, nötronları soğurmaya yarayan " bor maddeli kontrol çubukları " bulunmaktadır. Kontrol çubuklarının yukarı çekilmesi ya da aşağıya indirilmesiyle, uranyumlu yakıt elemanlarından salınan nötronların az ya da çok oranda soğurulması sağlanarak, zincirleme reaksiyonun kontrolü ve reaktör gücünün gereğince düzenlenmesi mümkündür. Uranyum atom çekirdeklerinin bölünmeleriyle ortaya çıkan enerji, zirkonyumlu borulardaki uranyum yakıt elemanlarını yalıtılarak yükselmekte olan suya aktarılır ve su düzenli olarak buharlaşır.

Boruların üst ucuna erişen su-buhar karışımı, buradan yan boru bağlantılarıyla 4 buhar ayırıcısına iletilir ve buhardaki su ayrılır. Buhar ayırıcılarından türbinlere (toplam 2 adet) ulaştırılan saf buhar, türbinlerin dönmesiyle, herbiri 500 MW'lık 2 üreticinin çalışmasını sağlar. Çernobilde kaza geçiren santralın toplam elektriksel gücü 1000 MW'dır.

Türbinlere enerjisini aktaran buhar, yoğunlaştırıcılarda (kondansatör) tekrar suya dönüştürülür; arıtma ve ilk ısıtmadan sonra tekrar 4 buhar ayırıcısına, oradan da 4 su pompası yardımıyla 1693 adet boruya alttan basılan su, reaktörde tekrar buharlaştırılır ve bu olaylar bu şekilde tekrarlanarak elektrik enerjisi üretimi sürer.

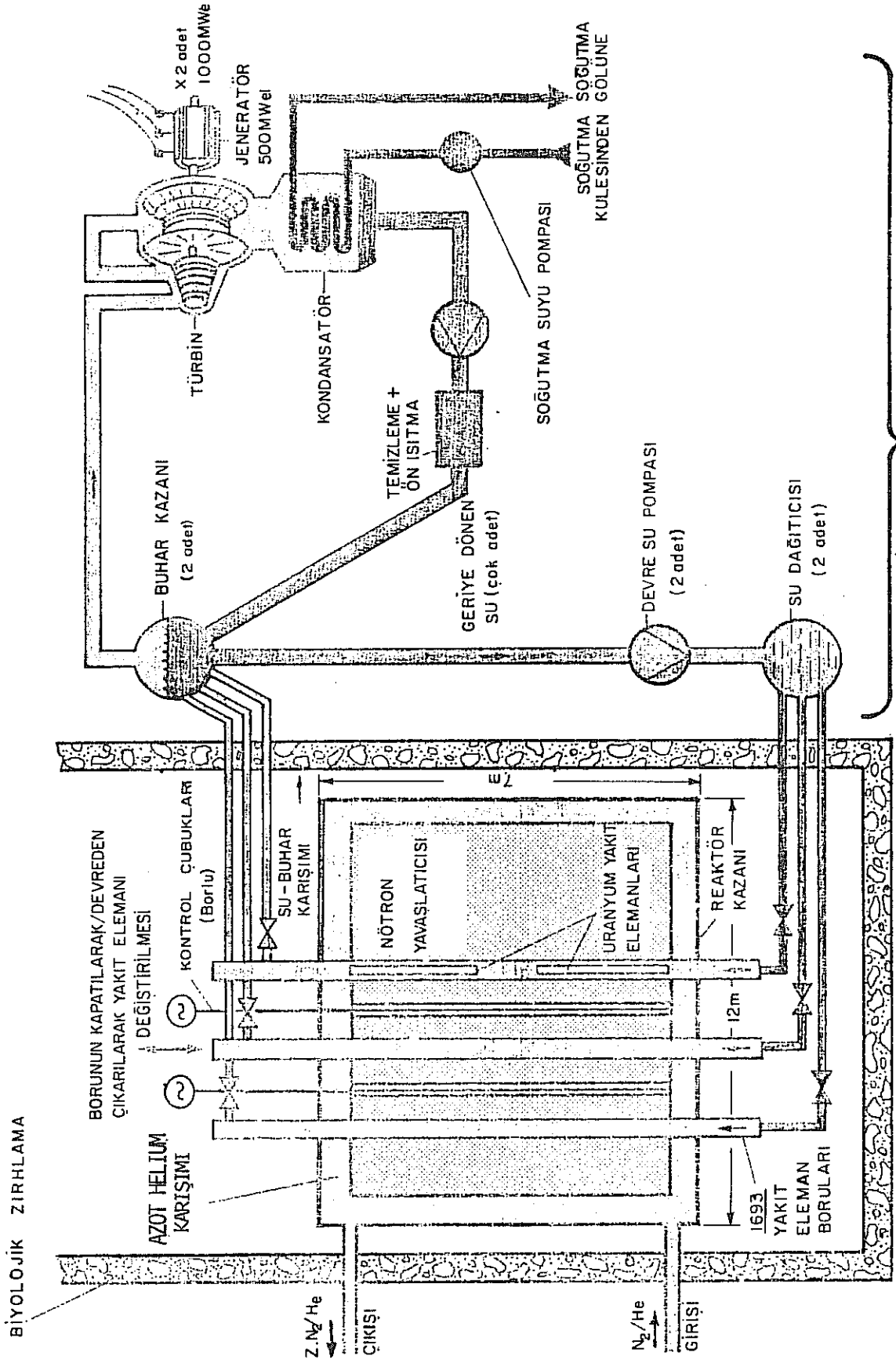
Çernobil reaktörüne, " Grafit Yavaşlatıcılı, Suyla Soğutmalı Basınç Borulu, Kaynar Sulu Reaktör" denebilir.

2.2.Çernobil Reaktörünün " Olayın Boyutlarını Etkileyen " Teknik

Özellikleri

2.3.1. Pozitif Buhar Kabarcığı Olayı

Çernobil reaktörünün önemli özelliklerinden biri, bu reaktörde pozitif buhar



Şekil 2.2 : Çernobil nükleer santralının işleyişi, /13/ .

kabarcığı denilen olayın oluşabilmesidir. Bu ne demektir?

Reaktör gücünün arttırıldığı herhangi bir anda, zirkonyumlu borularda daha öncesine göre daha çok buhar kabarcığı oluşacağı açıktır. Böyle bir durumda, buhar kabarcıklarında daha az su molekülü bulunması sonucu, daha az sayıda nötron soğurulacaktır. Sayıları bu şekilde gittikçe çoğalan hızlı nötronlar, yerinde sabit duran grafit yavaşlatıcıda frenlenerek daha çok sayıda uranyum 235 çekirdeğinin bölünmesine, ortaya çıkan enerji sonucu reaktör gücünün gitgide artmasına ve daha çok buhar kabarcığı oluşmasına neden olurlar, ve bu böyle sürüp giderse ortaya reaktörü patlatabilecek ölçüde çok büyük bir enerji çıkabilir ki, Çernobilde bu olmuştur.

Bu nedenle, Çernobil reaktörü işletilirken su/buhar oranının son derece duyarlı bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Reaktörün altındaki 1693 su borusunun herbirinden yukarıya doğru basılan suyun debisinin, 1693 adet duyarlı vana ile sürekli olarak kontrolü ve gereğince düzenlenmesi zorunludur.

Batı ülkelerindeki nükleer santrallarda ise, örneğin kaynar sulu bir reaktörde, su içinde oluşan buhar kabarcıkları, Çernobildekinin aksine, reaktör gücünü azaltıcı yönde etkili olmaktadır. Bunun nedeni, suda buhar kabarcıklarınının çoğalmasıyla, daha az sayıda nötronun yavaşlatılabilmesi ve böylece daha az sayıda Uranyum-235 çekirdeğinin bölünerek reaktörün gücünün düşmesidir. Bu tip bir reaktörde, hızlı nötronları frenleyen Çernobildeki gibi grafit bir yavaşlatıcı bulunmadığından, buhar kabarcıklarınının çoğalmasıyla gitgide artan hızlı nötronlar Uranyum-235 çekirdeklerini bölemediklerinden, tehlikeli bir durumun ortaya çıkması söz konusu olamaz.

2.3.2. Grafit Yavaşlatıcı

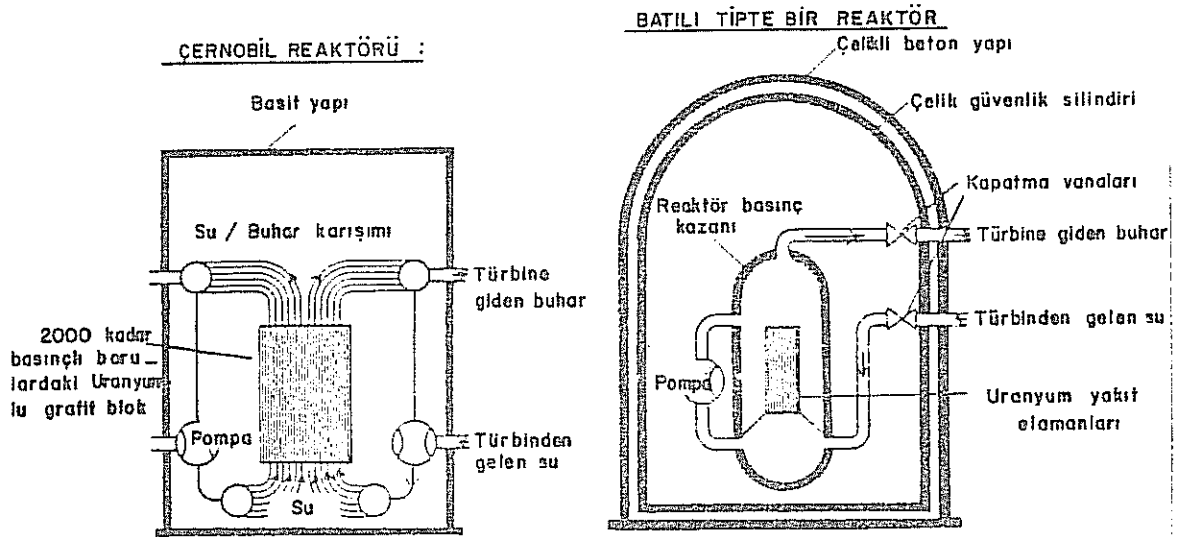
Hızlı nötronları yavaşlatıp, Uranyum-235 çekirdeklerinde bölünme oluşturan Çernobildeki grafit yavaşlatıcısının normal sıcaklığı 500 ile 700°C arasındadır. Reaktörün normal işleyişi sırasında, grafitin ateş almasını önlemek için grafit yavaşlatıcı çelik bir silindir içine kapatılmıştır, Şekil 2.2. Çelik silindirin içi azot ve helyum atmosferli olup silindirin hava almaması gerekmektedir. Çelik silindir, örneğin bir patlama sonucu hasara uğrarsa, grafit havayla temas edeceğinden yanabilir; Çernobilde bu olmuştur.

2.3.3. Aşırı Boyutlarda Bir Reaktör

Uranyumlu yakıt elemanlarını soğutan suyun 1693 soğutma kanalına ay-

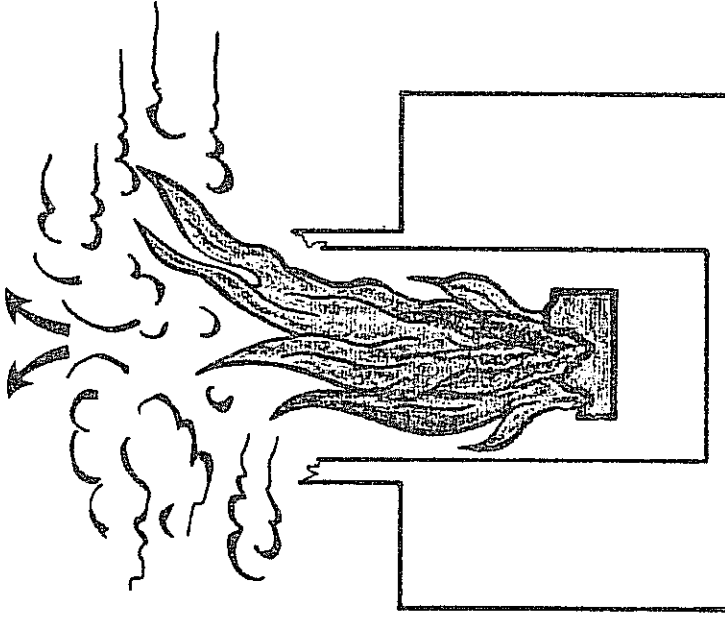
rılmış olması ve 4 büyük buhar ayırıcısı ile 4 büyük su pompasına gereksinme duyulması nedeniyle Çernobil Reaktör Sistemi aşırı bir büyüklük göstermektedir. Bunun sonucu olarak, reaktör ile buna bağlı ana devre ya da sistemlerin tümünü içine alabilecek, Batıdaki ülkelerde alışılmış tipte bir Güvenlik Küresinin yapımı teknik yönden güç ve masraflı olduğundan, Çernobilde böyle koruyucu bir küre ya da silindir yoktu.

Çernobil radyoaktivitesinin çok uzaktaki birçok ülkeyi etkileyebilmesinin en önemli nedeni, batıdaki tipte bir güvenlik küresinin bulunmamasıdır. Grafitlerin yanması ve reaktörün kısmen erimesi sonucu güvenlik küresinde tutulamayan çok çeşitli ve yüksek aktivitedeki radyoaktif maddeler çevreye ve atmosfere yayılarak, etkin rüzgarlarla çok uzaklara taşınabilmişlerdir. Şekil 2.3'de Çernobil reaktörü ile batıdaki bir reaktör bu yönden karşılaştırılmaktadır. Şekil 2.4'de ise yapı farklılığı nedeniyle, " Güvenlik Küresi olması ve olmaması hallerinde" ortaya çıkan iki büyük nükleer santral kazasında (Harrisburg/TMI 1979 ve Çernobil 1986) çevreye yayılan I-131 aktiviteleri(yaklaşık olarak) karşılaştırılmaktadır.



Şekil 2.3 : Çernobil Reaktörü ile Batıdaki(hafif suyla soğutmalı) bir reaktörün karşılaştırılması, /6/ .

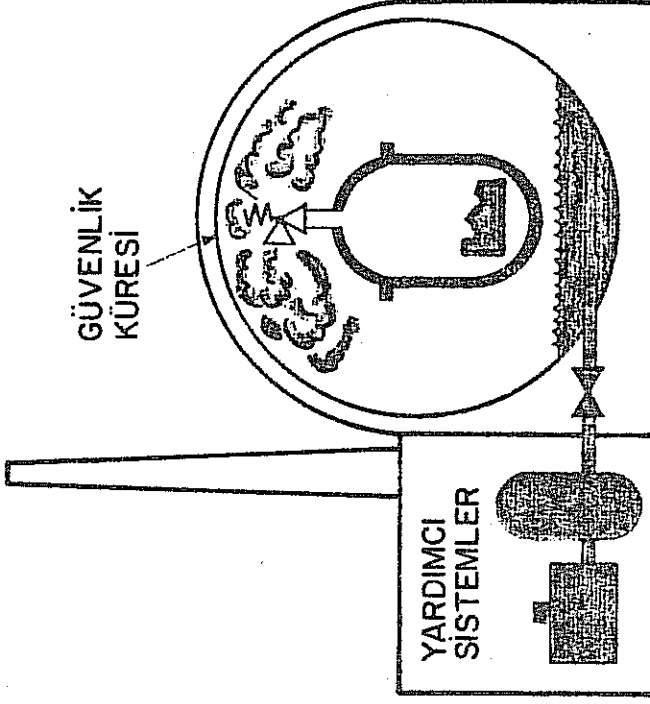
>1.000.000 Curie I 131



ÇERNOBİL

(1986)

15 Curie I 131



TMI

HARRISBURG

(1979)

Şekil 2.4. İki büyük nükleer santral kazasında, güvenlik küresinin olup olmaması sonucu, çevreye salınan radyoaktif iyotun (I 131) karşılaştırılması./13/

2.3.4.Reaktör İşlerken Yakıt Elemanlarının Değiştirilmesi

Çernobil tipi bir reaktör işleme halindeyken gerektiğinde yakıt elemanları değiştirilebilmektedir. Bu amaçla, 1693 yakıt elemanının bulunduğu borulardan herhangibirine basılan su ve bu borudan alınan buhar kesilip, yakıt elemanı değiştirilebilmektedir. Bu tip bir reaktörün sağlayabileceği önemli bir olanak, birkaç hafta reaktörde bekletilen bir yakıt elemanının, istendiğinde çıkartılarak, bundan atom bombası yapımı için kullanılabilir Plütonyum 239 elde edilebilmesidir.

Plütonyum 239 aslında, herçşit reaktörün yakıt elemanlarında bol miktarda bulunan Uranyum 238 çekirdeklerinin nötronları soğurması sonucu oluşmaktadır. Plütonyum 239'da aynı Uranyum 235 gibi nötronların etkisiyle bölünebilmekte ve ortaya aşırı enerji çıkmaktadır. Herhangibir nükleer santralın yaklaşık olarak enerjisinin % 25'i, reaktörde oluşan Plütonyum 239'dan kaynaklanmaktadır.

Yakıt elemanlarının batıdaki reaktörlerde olduğu gibi, ancak bir yıl sonra değiştirilmesi halinde ise, reaktörde daha uzun ışınlanma sonucu, Plütonyumun 240, 241 ve 242 nolu çekirdekleri de oluşmaktadır. Bunlar, Plütonyum 239'un yanında "kirlilik" teşkil ettiğinden, batıdaki reaktörlerden çıkarılan yakıt elemanları atom bombası yapımı için elverişli olmamaktadır.

Bu nedenle, reaktörde sadece birkaç hafta gibi kısa bir süre bekletilen yakıt elemanlarında, atom bombası yapımında kullanılabilir saflıkta Plütonyum 239 bulunmaktadır.

2.4.Çernobil Nükleer Santralı Çevresi ve Kazanın Oluşu, /1, YA/

Çernobil Nükleer Santralı, Sovyetler Birliğinde Kiev ilinin kuzeyinde, Dnyeper nehrinin Pripyat kolu kıyısında, ormanlık bir bölgede bulunmaktadır. Çevredeki halk yoğunluğu az olup ortalama olarak kilometrekarede 70 kişi yaşamaktadır. Kazadan önce işlemekte olan 4 reaktörden ilki 1977, ikincisi 1978, üçüncüsü 1982 ve dördüncüsü de 1984 yılında işletmeye açılmış olup, kaza dördüncü reaktörde olmuştur. Kaza sırasında, santrallerin çevresinde, ayrıca 2 reaktör daha yapım halinde idi. Bu tip reaktörler ikili bloklar halinde çalıştırılmakta olduğundan, müşterek olan yardımcı sistemler binası 3 ve 4 nolu reaktör binalarının arasında yer almaktaydı. Türbin binası da müşterek olup, her bir reaktör için ikili türbin ve jeneratör grubu bu binada bulunmaktaydı.

Çernobil kazasının oluş nedenleri, Sovyetlerin yetkili soruşturma ve değerlendirme komisyonunca elde edilen ölçü değerleri ve bilgisayar benzetmeleri (simülasyonlar) göz önüne alınarak özetle şöyle açıklanmıştır:

Santraldeki iki turbo jeneratörden birinde yapılmak istenen bir deneme bu kazaya yol açmıştır. Amaç, santralda bir ceryan kesilmesi halinde, mazotlu jeneratörlerin bir dakika içinde devreye girmelerine kadar, turbo jeneratörlerin daha bir süre dönmesiyle üretilecek elektrik enerjisinin, reaktöre su basan ana pompalardan birini çalıştırıp çalıştıramayacağını denemektir. Benzer denemeler, Çernobilde daha önceleri de yapılmış olmakla birlikte, bu kez ilk olarak bu deneme reaktör çalışmakta iken yapılmıştır. Ayrıca, deneme bu kez iyi hazırlanmadığı gibi, gerekli izin de alınmamış ve denemeyi yapan kişiler, ortaya çıkabilecek çok tehlikeli durumun bilincinde olmadıklarından, deneme programının dışına çıkmakta bir sakınca görmemişlerdir. Programdan ve reaktörün işletme talimatlarından önemli sapmalar şunlar olmuştur:

- Reaktör, kontrolü çok güç ve çalıştırılması yasaklanmış bir duruma getirilmiştir, örneğin reaktöre su basan ana pompalar test nedeniyle durdurulurken, kontrol çubukları da iyice yukarı çekilerek reaktör kritik üstü duruma sokulmuştur.

- Mutlaka uyulması gereken güvenlik sinyalleri ekip tarafından yarar-sız hale sokulmuştur.

- Reaktör planlanan zamanda durdurulmamıştır.

Ayrıca, kontrol sistemlerinin ancak çok azının otomatik oluşu ve kontrol çubuklarının yasaklı pozisyonlarının içten kilitli olmayışı, Nükleer santrallerde bugüne kadar ortaya çıkan en büyük kazaya neden olmuştur.

Kaza, ardı sıra iki patlamayla olmuştur: ilk patlama, kontrolsüz hale gelen zincirleme reaksiyon sonucu bir anda muazzam bir enerjinin reaktördeki suyu buharlaştırmasıyla, reaktör silindirisinin tavanı patlamış ve binayı da çatıdan delmiştir. Bu olay sırasında reaktörün gücünün, bir saniye içinde, bin kat arttığı tahmin edilmektedir(Bölüm 2.3.1'e bak).İkinci patlamanın oluş nedeni, Sovyetlere göre kimyasaldır. Batılılar ise, reaktörün yukarı bölümünde olan ilk patlamadan hemen sonra, daha aşağılardaki suyun kaynamasıyla oluşan buharın ikinci bir kritik üstü duruma yol açmış olabileceklerini ileri sürmektedirler.

Reaktörde ortaya çıkan bu çeşit bir kritik üstü zincirleme reaksiyon ile, bir atom bombasındaki reaksiyon ve patlama arasında bir benzetme bulmak doğru olmaz. Enerjinin açığa çıkış şekli ve bununla ilgili fiziksel olaylar temelde ayrıdır. Atom bombası çok çabuk ve çok yüksek düzeyde kritik üstü yapılarak, kritik üstü kütlelerin mümkün olduğu kadar uzun bir süre bir arada kalması sağlanır. Böyle bir durum reaktör için söz konusu değildir. Atom bombasındaki gibi aşırı enerji daha ortaya çıkmadan, yakıt elemanları hasara uğradığından, reaktör kritik altı duruma düşmüş olacaktır.

3.RADYASYON FİZİĞİ TEMEL KAVRAM VE BİRİMLERİ, /YA/

Çernobil kazasından sonra, RADYOAKTİVİTE, RADYASYON, DOZ, BEQUEREL, RÖNTGEN ve MİLİREM gibi, Radyasyon Fiziği temel kavram ve birimleri çok duyulur oldu. Bunların, bu bölümde oldukça basite indirgenerek açıklanması, bundan sonraki bölümlerin radyasyon fiziği konularına yabancı olanlarca da izlenmesine yardımcı olacaktır.

3.1.Radyoaktif Madde = Işın Saçan Madde(= Kararsız Madde)

Maddenin temel yapısını ATOM'lar oluşturmaktadır. Herhangibir atom, genellikle PROTON ve NÖTRON taneciklerini içine alan bir çekirdek ile, bunun çevresinde dönmekte olan Elektronlar'dan oluşmaktadır. Herhangibir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı protonlarınkenden oldukça fazla ise, bu takdirde bu çeşit bir madde KARARSIZLIK göstermekte, örneğin çekirdeğindeki nötronlar, BETA IŞINLARI (= çekirdekten yayınlanan elektronlar) saçarak, parçalanmaktadır. Çevresine bu şekilde IŞIN (= RADYASYON) saçarak parçalanan maddelere RADYOAKTİF ya da IŞIN SAÇAN MADDELER denmektedir. Radyoaktif madde, dışardan enerji almadan, kendiliğinden parçalanarak, çevresine radyasyon saçan bir madde olarak da tanımlanabilir(=RADYOAKTİFLİK ya da RADYOAKTİVİTE veya sadece AKTİVİTE ÖZELLİĞİ).

Her radyasyonun belirli bir enerjisi olduğundan, radyoaktif maddeler çevrelerine, bu çeşit ışınlar yoluyla enerji aktarırlar ki bu da, RADYASYON DOZ kavramını oluşturmaktadır.

Doğal ve yapay olmak üzere, çok sayıda radyoaktif madde bulunmaktadır. Yapay olanları, örneğin araştırma reaktörlerinde (Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi gibi) üretildikleri gibi, nükleer santrallerde Uranyum 235 ve Plütonyum 239 çekirdeklerinin, yavaş nötronlarla bombardımanıya da ortaya çıkmaktadır. Bunlar, çoğunlukla yakıt elemanları içinde kalmakla birlikte, çabuk-

larda zamanla oluşabilecek ince çatlaklardan sızarak reaktör soğutma suyuna karışmaktadırlar. Reaktör soğutma suyunun ve oluşan gazların çeşitli aygıtlarla arıtılması ve filtre sistemleriyle tutulması sonucunda, yapay radyoaktif maddelerin, nükleer santrallardan çevreye ulaşması büyük ölçüde önlenmektedir.

3.2. Radyoizotop (= Radyonüklit = Kararsız Atom Çekirdeği)

Bir elementin, atom çekirdeklerinde farklı sayıda nötronlar bulunduğu, bu çeşit çekirdeklere bu elementin İZOTOPLARI; bunların radyoaktivite özelliği göstermeleri halinde ise bunlara bu elementin RADYOİZOTOPLARI denmektedir. Belirli bir elementin atom çekirdeklerindeki proton sayıları değişmediğinden, bu elementin radyoizotoplarında da aynı sayıda proton bulunacağı açıktır. Radyoizotopların kısa gösterimi aşağıdaki örnekteki gibidir. Uranyum elementinin radyoizotopları olan Uranyum 235 ve Uranyum 238 için:

Çekirdekteki proton ve nötronların toplam sayısı: ${}_{92}^{235}\text{U}$ ${}_{92}^{238}\text{U}$
Çekirdekteki toplam proton sayısı : 92 92

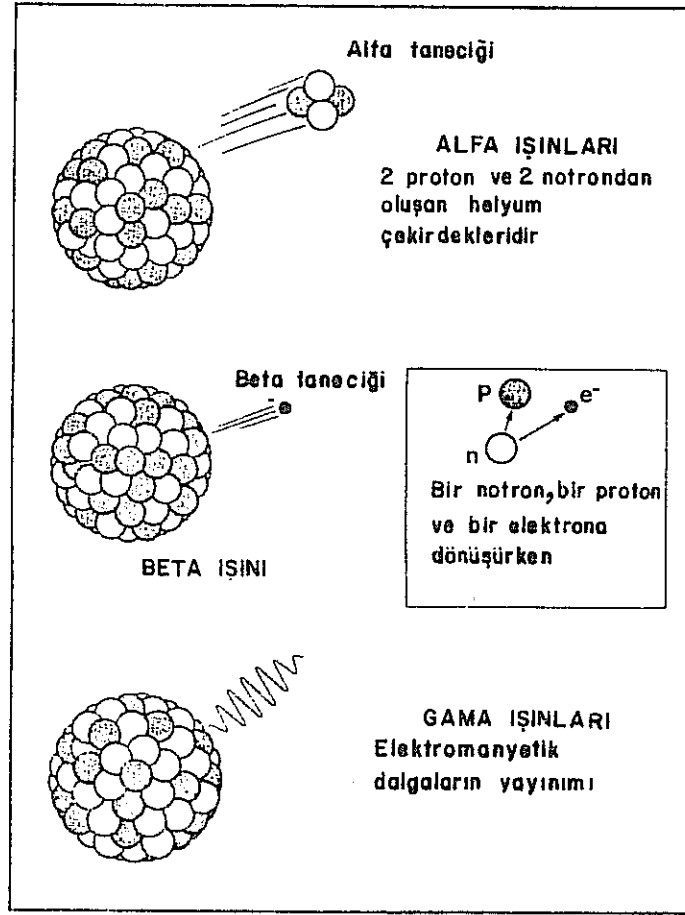
(Bak: Ek 9 Bazı Radyonüklitlerin parçalanma şemaları).

3.3. Radyasyon (= Işın, Işınım)

Radyoaktif maddelerin atom çekirdeklerinden etrafa saçılan radyasyonların en önemlileri ALFA, BETA ve GAMA'lardır, Şekil 3.1. ALFA'lar, iki proton ve iki nötrondan oluşan HELYUM atomu çekirdekleri olup, büyük kütleleri nedeniyle çevrelerindeki maddeyi geçerken, çabucak söğruldüklerinden fazla ilerleyemezler (örneğin birkaç cm sonra tutulurlar). İnce kağıt, herçeşit giyecek ya da insanın derisi Alfaları söğürmeye yeterli olduğundan, alfa saçan radyoaktif maddeler, solunum veya sindirim gibi herhangi bir yolla gövde içine girmedikleri sürece, etkileri sadece yüzeyseldir. ALFA SAÇAN RADYOAKTİF MADDELERE örnek olarak RADYUM (Ra 226), RADON (222), PLÜTONYUM (Pu 238) gösterilebilir.

BETA'lar, atomların çekirdeklerinden salınan artı yada eksi yüklü elektronlar olup, çevrelerindeki madde içinde, alfalara oranla daha uzun yol alabilirler (örneğin havada 3-5 metre, pleksiglasta 3-5 mm gibi). BETA SAÇAN MADDELERE örnekler: STRONSYUM (Sr 90), KRİPTON (Kr 85), TALYUM (Tl 204).

GAMA'lar, yüksek enerjili fotonlardan oluşan elektromanyetik dalgalar halinde yayıldıklarından, çevrelerindeki maddeye daha çok girerler. Örneğin havada birkaç yüz metre, kurşunda da 8-10 cm gittikleri halde, yine de



Şekil 3.1 : Atom çekirdeğinden yayılan Alfa, Beta ve Gamalar, /14/ .

tümüyle soğurulamazlar. Hemen hemen bütün radyoaktif maddeler, alfa ya da beta ışınları yayınladıktan hemen sonra GAMA IŞINLARI yayınlayarak, TABAN ENERJİ DÜZEYİNE inmeye çalışırlar. GAMA SAÇAN MADDELERE bir kaç örnek: SEZYUM (Cs 137), KRİPTON (Kr 88), KOBALT (Co 60). Alfa, beta ve gama saçan radyonüklitler ve özellikleri için Ek 7'ye bakınız.

RADYASYON ENERJİSİ BİRİMİ " ELEKTRON VOLT (eV) olup, bir elektronun 1 voltluk bir potansiyel farkı altında kazanacağı kinetik enerjiye eşdeğerdir. Bir elektron volt çok küçük olduğundan, bunun bin katı olan "kilo elektron volt" (keV) ve milyon katı olan "Milyon elektron Volt" (MeV) pratikte çok kullanılmaktadır.

3.4. İyonizasyon

Radyoaktif maddelerden yayınlanan alfa, beta ve gama gibi ışınların, başka çeşit birçok ışınlarda olmayan (örneğin güneş ışınlarında) giricilikleri nedeniyle çevrelerindeki maddenin atomlarına kadar girip, enerjilerinin bir bölümünü ya da tümünü, atomu oluşturan taneciklere aktarırlar. Örneğin, bir atomun en dış tabakasındaki bir elektronla, bilardo topu gibi çarpışan bir ışın, bu elektronu atomdan kopararak bunu serbest hale getirirki bu olaya **İYONİZASYON** denilmektedir; böylelikle elektriksel yönden daha önce yüksüz olan bir atom, elektron yitirmesi nedeniyle artı yüklü hale geçer; yitirilen eksi yüklü elektron ile birlikte bir **İYON ÇİFTİ** oluşmuş olur, Şekil 3.2. Radyasyonların, gövdede hasar yaratabilme olayı, bu şekilde oluşan iyonların, molekül ve hücre yapısı içindeki düzenli işlevleri, elektriksel yükleri nedeniyle etkin olup bozmalarından kaynaklanmaktadır:

3.5. Yarılanma Süresi (= Yarı Ömür)

Bir radyoaktif maddenin parçalanması sonucu, yarılanmasına kadar geçen süredir (Fiziksel Yarılanma Süresi = $T_{Fiziksel}$). Örneğin:

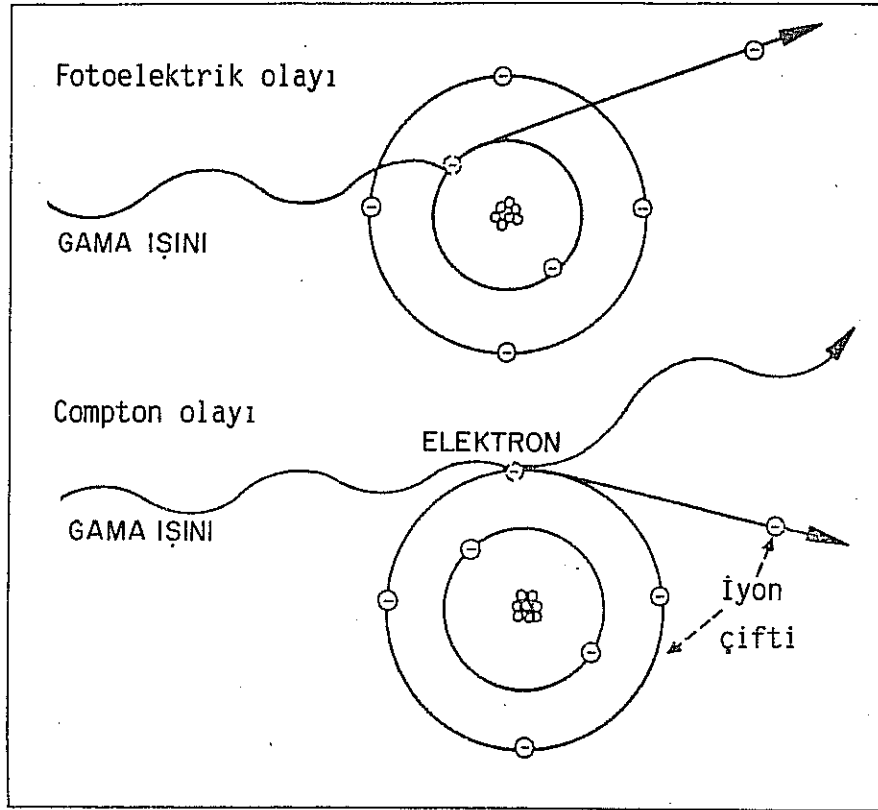
^{131}I (İyot 131)'in yarılanma süresi	: 8 gün
^{137}Cs (Sezyum 137)'nin yarılanma süresi	: 30 yıl
^{235}U (Üranyum 235)'in yarılanma süresi	: 704 milyon yıl

Bir elementin proton sayısı değişmediğinden, yukarda görüldüğü gibi, elementlerin sembollerinin sol üst köşesine, sadece ilgili radyoizotopun çekirdeğindeki proton ve nötron sayılarının toplamını yazmak yeterli olmaktadır.

Biyolojik Yarılanma Süresi: Vücuda giren bir elementin, biyolojik yollarla atılması sonucu, vücutta yarılanmasına kadar geçen süredir ($T_{Biyolojik}$).

Etkin Yarılanma Süresi : Bir radyonüklidin, radyoaktif parçalanma ve biyolojik yollarla, vücutta yarılanmasına kadar geçen süredir.

$$1/T_{Etkin} = 1/T_{Fiziksel} + 1/T_{Biyolojik}$$



Gama ışınlarının maddeyle etkilenmesi özellikle Fotoelektrik ve Compton olaylarıyla olmaktadır. Bu olayların ortaya çıkma olasılığı oldukça küçük olduğundan, gama ışınları madde içinde etkilenmeden uzun mesafeler katederler. Bu olaylar sonucu, enerjileri artan elektronlar başka atomlarla etkilenerek enerjilerini kaybederler, /2/.

Şekil 3.2 : İyon çiftinin oluşumu.

3.6. Radyoaktivite Birimi : Becquerel (Bq)

Radyoaktivite, aşırı nötron fazlalığı nedeniyle kararsızlık gösteren atom çekirdeklerinin kendiliğinden parçalanması sırasında çevreye radyasyon yayma olayı olduğundan, radyoaktivite biriminin de çekirdek parçalanmasından kaynaklanması doğaldır. Bu nedenle, saniyede bir adet parçalanma gösteren radyoaktif madde miktarına, ya da bu maddenin radyoaktivitesine "RADYOAKTİVİTE

BİRİMİ" olan **BECQUEREL(Bq)** denmektedir. Becquerel'in radyoaktivite eski birimi olan **CURIE(Ci)** ile bağlantısı şöyledir:

$$\begin{aligned} 37\ 000\ 000\ 000\ \text{Bq} &= 1\ \text{Ci (Curie)} \\ 37\ 000\ 000\ \text{Bq} &= 1\ \text{mCi (mili Curie)} \\ 37\ 000\ \text{Bq} &= 1\ \mu\text{Ci (mikro Curie)} \\ 37\ \text{Bq} &= 1\ \text{nCi (nano Curie)} \\ 0.037\ \text{Bq} &= 1\ \text{pCi (piko Curie)} \end{aligned}$$

1 Bq, son derece az bir radyoaktiviteyi gösterdiğinden, örneğin vücudumuzdaki doğal radyoaktiviteyi dahi gösterirken, ortaya oldukça büyük Bq sayıları çıkmaktadır.

Vücudumuzda doğal olarak bulunan radyoaktif maddelerden Potasyum 40 ile karbon 14'ün radyoaktiviteleri sırasıyla 4400 Bq ve 3600 Bq dolayındadır. Çernobil sonrası yayımlanan Bq birimlibüyük sayılı ölçü sonuçlarının ve üst sınır değerlerinin, halk arasında, aşırı radyoaktiviteleri gösterdiği sanılmıştır. Eğer benzetmek gerekirse, Bq birimi ile radyoaktiviteyi göstermek, örneğin Ankara- İstanbul arasındaki uzaklığı mm ile göstermek gibi olabilir:

$$\begin{aligned} 430\ \text{km} &= 430\ 000\ 000\ \text{mm} \\ (\text{mCi}) & \quad (\text{Bq}) \end{aligned}$$

Diğer yandan, Çernobil sonrası ölçülen ve daha sonraki bölümlerde verilecek olan Bq birimli radyoaktivite değerleri, ancak Çernobilden önceki değerler göz önüne alındığında anlamlı olacaktır.

3.7.Çernobil Öncesi Radyoaktivite Üst Sınır Değerleri(FederalAlman-ya İçin)

Besinlerde: $10\ \text{pCi/gram} = 0.37\ \text{Bq/gram} = \underline{370\ \text{Bq/kg}}$

Yüzeysel Bulaşmalarda: Alfalar dışında:

$$0.1\ \mu\text{Ci/metre kare} = \underline{3700\ \text{Bq/metre kare}}$$

Toplam Radyoaktivite Serbestisi Üst Sınırı:

(iyot 131 ve Sezyum 137 için) $0.1\ \mu\text{Ci} = \underline{3700\ \text{Bq}}$

3.8. Radyasyon Dozu

Daha önce belirtildiği gibi, radyoaktif bir maddenin atom çekirdekleri kendiliğinden parçalanırken salınan radyasyonlar çevredeki bir maddeye, örneğin insan vücuduna çarptığında enerjilerinin bir bölümünü ya da tümünü gövdeye aktarmaları **RADYASYON DOZU** ya da **DOZ** kavramını oluşturmaktadır. Çernobil kazasından sonra, radyasyon doz birimlerinden en çok Röntgen(R); rem ve milirem duyulmuştur. Radyoaktif bir maddeden salınan ışınlar yoluyla vücutta aktarılan radyasyon dozunu belirleyebilmek, ancak hangi enerji ve şiddetteki radyasyonların ne oranda vücuda erişip, enerjilerinin ne kadarını aktardıklarının bilinmesiyle mümkün olabilir. Başka bir deyişle, radyasyon dozunu hesaplayabilmek için, radyoaktif maddenin Bq ile belirlenen radyoaktivitesinin yanı sıra radyoizotopun cinsini ve dolayısıyla hangi enerjide ışınlar yayınladığının bilinmesi ve bu ışınların maddeyi geçerken enerjilerinin ne oranda soğurulacağıının hesaplanması gerekir. Bu da ancak, radyasyon kaynağı ile madde arasındaki uzaklığın, ara ve hedef maddelerin cinsi ile geometrilerinin bilinmesiyle mümkündür.

Radyoaktif maddelerin, örneğin solunum ya da sindirim yollarıyla vücut içine girmeleri halinde, bunların çeşitli organlarda zamanla birikip ve sonra biyolojik ve fiziksel yarılanma sürelerine bağlı olarak azalmaları nedeniyle, bu organların ışınlanmaları zamana bağlı değişimler gösterdiğinden, doz hesapları oldukça karışık yol ve yöntemleri gerektirmektedir. Bu konuya ilerde tekrar değinilecektir.

Radyasyon doz hızı: Birim zamandaki doz miktarı olup, pratikte "saatteki radyasyon dozu" olarak çok kullanılmaktadır.

3.9. Radyasyon Dozu Birimleri

İyon Dozu: Röntgen(R)

Radyoaktif maddelerin saldığı radyasyonlar enerjilerini çevrelerindeki havaya aktarıyorlarsa, **HAVANIN SOĞURDUĞU RADYASYON DOZU**, bu birimle gösterilir. 1 R, havanın gramı başına 88 erg'lik enerji soğurumuna eşdeğerdir.

Röntgenin binde biri: 1 mili Röntgen(mR); ve doz hızı: mR/h

Röntgenin milyonda biri: 1 mikro Röntgen(μ R); ve doz hızı: μ R/h

(mR)/saat ve (μ R/saat) olarak radyasyon fiziğinde, örneğin radyasyon ölçü aletlerinde, çok kullanılmaktadır.

Enerji Dozu: rad(radiation absorbed dose)

Röntgen gibi sadece hava için olmayıp, herhangi bir maddeye aktarılan radyasyon enerjisini ya da dozunu göstermede kullanılmaktadır. 1 rad, herhangi bir maddenin gramı başına 100 erg'lik enerji soğurumuna eşdeğerdir.

SI birim sistemindeki Enerji Dozu Birimi **GRAY** olup:

1 Gray = 100 rad'dır.

Eşdeğer Doz: rem(rad equivalent man)

(rad'ın insan için eşdeğeri)

Vücut için eşdeğer doz olarak tanımlanan rem, çeşitli radyasyonların vücuttaki biyolojik etkinliklerini hesaba katmaktadır.

Örneğin, kütleleri büyük olan ALFA'lar hücreleri geçerken enerjilerinin büyük bir kısmını öndeki hücrelere aktararak bunların bozunumuna(hasarına) neden olabilirler. Aynı enerji dozundaki BETA'lar ise, kütlelerinin çok daha küçük olmaları nedeniyle, daha derinlerdeki hücrelere kadar girebildiklerinden, enerjilerinin soğurumu sadece öndeki hücrelerde olmayıp, yol boyunca rastladıkları bir çok hücrede olur. Böylece hücre başına düşen enerji soğurumu ve hasar olasılığı Alfa'lara göre azalır.

Şekil 3.3, Alfa'ların Beta'lara oranla, hücrelerde çok daha yoğun enerji birikimine neden olduklarını göstermektedir. Başka bir deyimle, Alfa'ların Beta'lara göre BİYOLOJİK ETKİNLİĞİ çok daha büyüktür. Radyasyonların farklı cins ve enerjileri nedeniyle hücrelerdeki farklı biyolojik etkinlik EŞDEĞER DOZ KAVRAMINI doğurmuştur.

Eşdeğer Doz(rem) = Enerji Dozu(rad) x Değerlendirme Katsayısı

Değerlendirme katsayısı, radyasyonların cins ve enerjilerine göre değişim gösterir, örneğin bir çok:

Beta ve Gama'lar için: 1

Alfa'lar için : 10

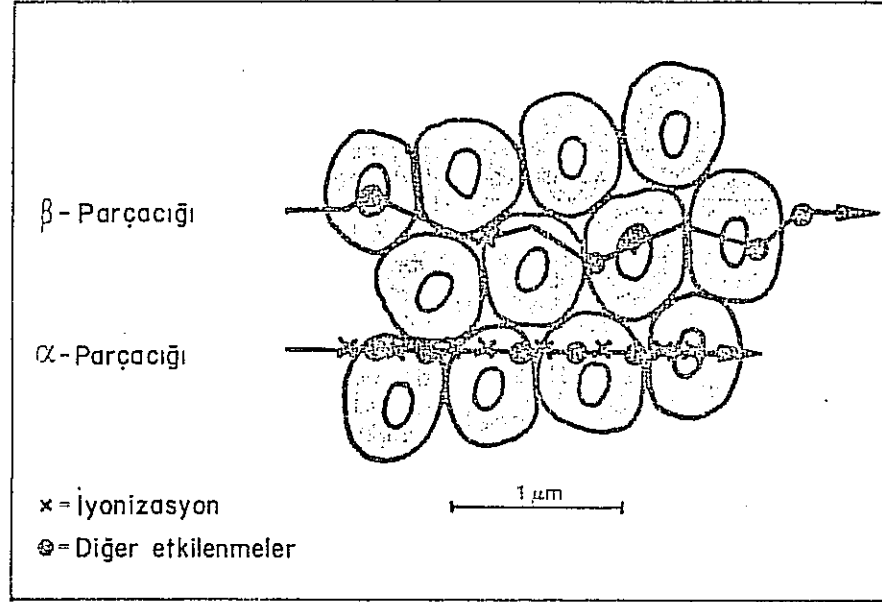
Eşdeğer doz hızı: rem/h ; mrem/h

SI birim sisteminde Eşdeğer Doz Birimi: Sievert(Sv)

1 Sv = 100 rem

1 mSv= 0.1 rem = 100 mrem

1 μ Sv= 100 μ rem



Şekil 3.3 : Kütleleri, Betalara oranla çok daha büyük olan Alfa'lar, ortamda yolları boyunca yoğun derecede iyon çiftleri oluşturarak(enerjilerini kaybederek) soğurulurlar. Şekilde, Alfa ve Beta'ların, dokudaki izleri kabaca gösterilmiştir. Beta'lar bir hücreyle sadece bir adet etkilenirlerken, aynı enerjideki Alfa'ların etkilenmesi bin adet dolayındadır. Bunun sonucunda, Alfa'ların biyolojik etkinliğinin çok daha fazla olacağı ve vücutta hasar oluşturma olanağının artacağı açıktır,/2/.

Özel Doz Deyimleri ve Tanımları

Aşağıdaki özel doz deyim ve kavramları, radyasyon fiziğinin önemli doz kavramı olan Eşdeğer Doz'dan türetilmiştir:

Yerel(=Yörel=Noktasal) Doz(Ortsdosis): Belirli bir noktada ölçülen, yumuşak doku için geçerli olan eşdeğer doz.

Kişisel Doz(personel dozu)= personen dosis: Işınlanan vücut yüzeyi bölgesini temsil eden bir yerde ölçülen, yumuşak doku için geçerli olan eşdeğer doz.

Tüm vücut dozu: Tüm vücudun homojen ışınlanması durumunda; baş, göğüs, üst kol ve üst bacakların etkilendiği ortalama eşdeğer doz.

Parçasal vücut dozu: Belirli bir vücut parçası veya organ hacmini etkileyen ortalama eşdeğer doz. Derinin ışınlanması halinde, ışınlanan kritik

deri yüzeyini etkileyen ortalama eşdeğer doz.

50 yıllık birikim dozu(=committed dose equivalent): Radyoaktif maddelerin, bir defada vücuda girip yerleşmesi(inkorporasyonu) sonucu, 50 yıl süresince bir organ veya dokuyu etkileyerek biriktireceği eşdeğer doz.

Sonsuz birikim dozu(= dose equivalent committment): Bir veya birçok radyonüklidin vücuda girip yerleşmesi sonucu, bir organ veya dokuyu sonsuz süre boyunca etkileyerek biriktireceği eşdeğer doz.

Topluluk dozu(= kollektif doz): Işınlanan halk, belirli bir topluluk ya da çalışma ekiplerinde, radyasyonun etkisiyle ortaya çıkabilecek hasarları tahmin edebilmek için türetilen topluluk dozu kavramı şu şekilde tanımlanabilir:

Örneğin i ile gösterilen belirli bir topluluk grubu için, kişi başına ortalama eşdeğer doz \bar{H}_i ve bu gruptaki insan sayısı n_i ise, tüm topluluk eşdeğer dozu (H_{kol}):

$$H_{kol} = \sum_i \bar{H}_i \times n_i$$

Topluluk dozu, kişiSv (manSv) ya da kişirem(manrem) şeklinde gösterilmektedir.

Etkin Eşdeğer Doz

Vücut içine solunum, sindirim gibi bir yolla giren radyoaktif maddeler cinslerine göre, tercihan belirli organlarda zamanla birikir ve daha sonra da doğal yollarla vücuttan atılarak azalır. Örneğin, radyoaktif olsun ya da olmasın, iyot elementinin izotopları GUATR'da birikirler. Radyoiyotun guatr'da oluşturduğu belirli bir radyasyon dozu sonucu bu organın kansere yatkalanma olasılığı, aynı radyasyon dozunun TÜM VÜCUT IŞINLAMASI sonucu alınması halinde gövdede oluşabilecek kanser olasılığına nazaran çok daha düşüktür. Başka bir deyişle, Guatr Bezi, tüm vücuda ve başka organlara nazaran, radyasyon dozunun doğuracağı hasara karşı daha çok dirençlidir.

Organlardaki bu çeşit hasar olasılığını göz önüne alan AĞIRLIK KATSAYILARI(w_i) yardımıyla "Etkin Eşdeğer Doz(H_{etk})" şu şekilde hesaplanır(H_i eşdeğer doz, rem veya Sv olmak üzere):

$$\text{Etkin Eşdeğer Doz: } H_{etk} = \sum_i (w_i \times H_i) \quad (\text{rem veya Sv})$$

Uluslararası Radyasyon Güvenlik Kurulu'nca(= ICRP), çeşitli organlar için be-

lirlenen AĞIRLIK KATSAYILARI(w_i):

Üreme organları	: 0.25
Göğüs	: 0.15
Kemik iliği	: 0.12
Ak ciğerler	: 0.12
Kemik yüzeyi	: 0.03
Guatr bezi	: 0.03
Arta kalan vücut	: 0.30

Guatr bezi için olan 0.03'lük ağırlık faktörünün anlamı, örneğin 100 rem'lik bir guatr dozunun guatrdaki kanser olasılığı ile, 3 rem'lik Tüm Vücut Dozunun vücutta başlatabileceği kanser olasılığının kabaca aynı olduğudur(100 remx 0.03 = 3 rem).

3.10.Çevredeki Radyoaktivite İnsanı Nasıl Etkilemektedir? /YA/,/15/.

Çernobilden hava akımlarıyla çeşitli ülkelere taşınarak yağışlarla yeryüzüne inen radyoaktif maddeler, insanı "DIŞTAN" ve "İÇTEN" olmak üzere iki yönden ışınlamışlardır. Radyoaktif maddeli taneciklerin, hava, toprak ve bitkilere bulaşması sonucu, vücudumuz DIŞTAN ışınlanırken, solunum ve sindirim yoluyla vücut içine taşınan " radyoaktif maddeli hava ve besinler" de bizi İÇTEN ışınlamışlardır.

Radyoaktif maddeli taneciklerden çevrelere yayılan giriciliği çok yüksek olan radyasyonlar, daha önce belirtildiği gibi, hücre ve organlarda bozunma(=hasar) oluşturabilmekte ve çok seyrek olarak da kanser gibi ölümle sonuçlanabilecek hastalıklara neden olabilmektedirler.

Aslında insan, milyonlarca yıldan beri çevresinde ve vücudunda bulunan DOĞAL RADYOAKTİF MADDELER'den saçılan radyasyonlarla birlikte yaşamaktadır. Örneğin, besinler yoluyla gövdemize Çernobilden önce girip yerleşen doğal potasyumdaki K-40 radyoizotopunu, her insanda 4400 Becquerel'lik bir radyoaktivite göstermektedir. Hücreler, bu gibi doğal radyoizotopların saldırdığı radyasyonlara karşı gerekli savunmayı yaparak kendilerini korumaktadır. Burada, şunu da belirtmek yararlı olacaktır: Belirli bir radyoizotopun doğalı ile, örneğin reaktörlerde üretilen yapayı arasında hiç bir fark olmayacağı açıktır (Bak Bölüm 3.2. Radyoizotop).

İnsan vücudu, kendi içindeki ve çevresindeki doğal radyoaktif madde-

lerin yayınladığı 15000 kadar radyasyona her saniye hedef olmaktadır. Hatta, vücudumuzdan yayınlanan radyasyonlar, çevremizde bize yakın kişileri az da olsa ışınlamaktadırlar. Diğer yandan, bir röntgen filmi çektiğimizde, vücudumuzu 100 milyar kadar radyasyon ışınlamakta ve bu nedenle belirgin bir hasar ya da hastalık başgöstermemektedir. Her ne kadar tek bir radyasyonun dahi kanser gibi bir hastalık oluşturması söz konusu olabilir ise de, bunun olasılığı yok denecek kadar azdır.

Vücudun dıştan ya da içten ışınlanması sonucu hasarın oluşup oluşmaması neye bağlıdır, ya da hasar oluşumunun mekanizması nedir?

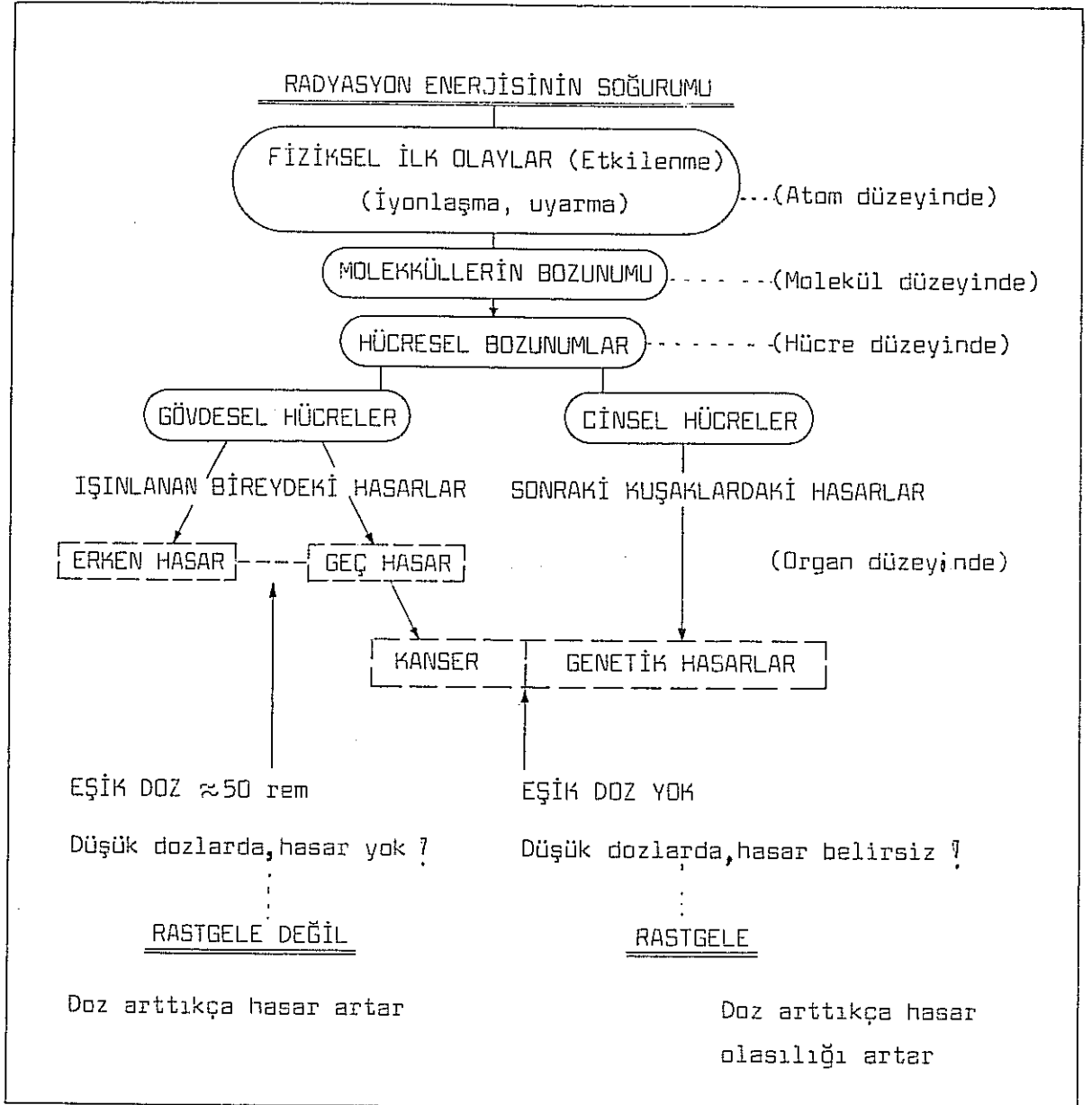
Bir hücrede, aşırı ışınlanma sonucu bozunum(hasar) arttığında hücre ölebilir. Onarılamayan ya da üretilemeyen hücreler, organlardaki işlevleri yönünden önemsiz iseler ve sayıları da çok değilse, ilgili organda belirlenebilecek bir bozunum görülmemektedir. Buna karşılık, işlevleri önemli olan hücrelerin sayıları az da olsa radyasyonun etkisiyle öldürülmesi, ya da başka hücrelerin çok sayıda bozunması sonucunda organlarda önemli hasar ya da hastalıklar başgösterebilir.

Radyasyon bu şekilde, ışınlanan kimsenin hücrelerinde ANİ(ERKEN) ve GEÇ HASAR'lar oluşturabileceği gibi, ÜREME HÜCRELERİ yoluyla da SONRAKİ KUŞAKLARDA ortaya çıkabilecek GENETİK HASARLARA ya da KALITIM BOZUKLUKLARINA neden olabilir.

Şekil 3.4, radyasyonun vücutta izlediği olayların gelişmelerini ve ortaya çıkabilecek hasarları göstermektedir. Görüldüğü gibi, radyasyonlar atom düzeyinden başlayarak, molekül hücre ve organ düzeylerinde çeşitli bozunumlara neden olmaktadır. Işınlanan bireydeki "rastgele olmayan hasar lar" erken ya da geç ortaya çıkmakta; kanser ve genetik hasarlar ise bir toplumda RASTGELE bazı kişilerde görülmektedir.

Işınlanan bir kimsenin vücudunda kısa sürede bir hasar ortaya çıkması, ancak radyasyon dozu belirli bir EŞİK DEĞER'in üstünde ise görülmektedir(EŞİK DEĞER: 50 000 mrem = 500 mSv dolayındadır.. Bu değer aşıldıktan sonra, radyasyon dozu arttıkça hasarın derecesi de artmaktadır. Eşik doz değerinin aşılması halinde hasarın görülmesi rastgele olmadığı için, bu çeşit hasarlara RASTGELE OLMAYAN HASARLAR denmektedir.

Işınlanan kimsenin vücudunda ortaya çıkan kanser gibi GEÇ HASARLAR ile sonraki kuşaklarda görülebilen GENETİK HASARLAR için eşik bir radyasyon



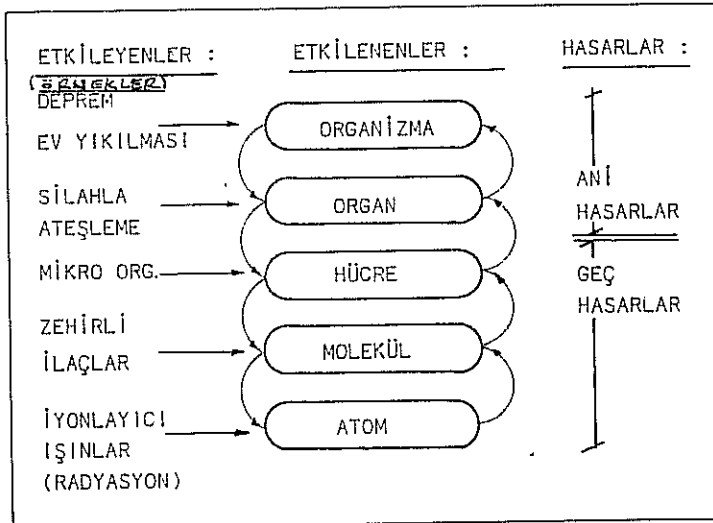
Şekil 3.4: Radyasyonun vücutta oluşturduğu olaylar ve ortaya çıkabilecek hasarlar, /2/.

dozu olmayıp, radyasyon dozu arttıkça sadece hasar olasılığı artmakta ve fakat doz arttıkça hasarın derecesi artmamaktadır ki, bu çeşit hasarlar ancak tüm topluluk ışınlanmasında gözlenebilmektedir. Bu nedenlerle, bu çeşit hasarlara, toplulukta kime isabet edeceği önceden kestirilemediği için RASTGELE HASARLAR denmektedir.

Radyasyonun, vücuttaki biyolojik etkilerini daha iyi açıklayabilmek için Şekil 3.5'de basitçe gösterilen " biyolojik organizasyon ve iletişim düzeylerini inceleyelim:

Her düzeydeki hasarları oluşturan etkenler şeklin yanında gösterilmiştir. Herhangibir düzeydeki etken sonucunda, bu düzeyin hasar görmesi diğer düzeyleri de etkilemektedir. Örneğin, ev yıkılması sonucu organizmanın hasarı ya da ölümü, organ ve hücrelerin ani hasarı ya da ölümü ile sonuçlanır. Buna karşılık, hücreleri oluşturan moleküllerdeki atomların, radyasyonların etkisiyle hasarı, molekül, hücre, organ ve organizmada daha geç hasar ortaya çıkarabilir.

İyonlayıcı radyasyon esas olarak atomlarla etkilenmekle birlikte, biyolojik sistemin radyasyona karşı duyarlılığı homogen değildir. Heterojenliğin nedeni, atom, molekül ve organ düzeylerindeki biyolojik yapının karmaşık olması, her düzeydeki çok çeşitli görevler ve her düzeyin diğerleriyle iletişim halinde olmasıdır.



Şekil 3.5: Biyolojik organizasyon ve iletişim düzeyleri, /15/.

Her düzeyde "özel bir hareketlilik ya da türbülans" mevcut. Atom düzeyinde; atomlar Kuantum Mekaniği kurallarına göre bir araya gelerek molekülleri, bunlar da daha büyük molekülleri oluşturmakta, ortaya yeni bilgilerle donatılmış düzeyler çıkmaktadır. Her yeni organizasyon düzeyinde karmaşıklık artmakta ve biyolojik sistemin herhangi bir parçasının ne gibi bilgilerle donatılacağı önceden kestirilememektedir.

Büyük molekül "DESOKSİRİBON NÜKLEİN ASİTİ" nin, genetik madde olarak, radyasyon biyolojisinde özel bir yeri vardır. Belirli şartlarda, bu büyük molekülde belirli bir yerdeki tek bir atomun başkasıyla yer değiştirmesi, ilgili hücrenin kansere dönüşmesine ve bunun da kanser tümörü oluşturmaya neden olabilir. Diğer yandan, bu genetik madde yaşam için zorunlu olup, hasara uğradığında yenisi üretilmez. Böylece molekül yapısının değişimi sonucu, hücre kolaylıkla hasara uğrayabilir.

Enzimler gibi daha büyük moleküller çok sayıda mevcut olup, tek molekül olarak yaşam için zorunlu değildir ve hasar görünce yenileri üretilmektedir. Bunların hafif ya da ağır hasarları biyolojik sistemde bir tehlike yaratmaz. Biyolojik yapının korunumundan sorumlu olan enzimlere "uzman işçiler" gözüyle bakılabilir. Enzimler, genetik maddenin emri ve kontrolü altında çalışmaktadırlar.

Genetik madde, enzimler ve bunların oluşturduğu büyük moleküller, canlılığın bireyi olan " hücre "yi oluşturmaktadır. Vücudumuzun her gramı, çok çeşitli yapıda, bir milyar kadar hücreden oluşmakta, bunlar özel görevler alarak birbirleriyle iletişim halinde bulunmaktadırlar. Bu nedenlerle, Şekil 3.5' deki aşağıdan yukarıya doğru olan düzeylerdeki hasarlar, radyasyon şiddeti aşırı derecede yüksek olmadığı takdirde, geç ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.6' da, radyasyonun maddeyle etkilenme zincirleri, bunların incelendiği bilim dalları ve etkilenme süreleri gösterilmektedir.

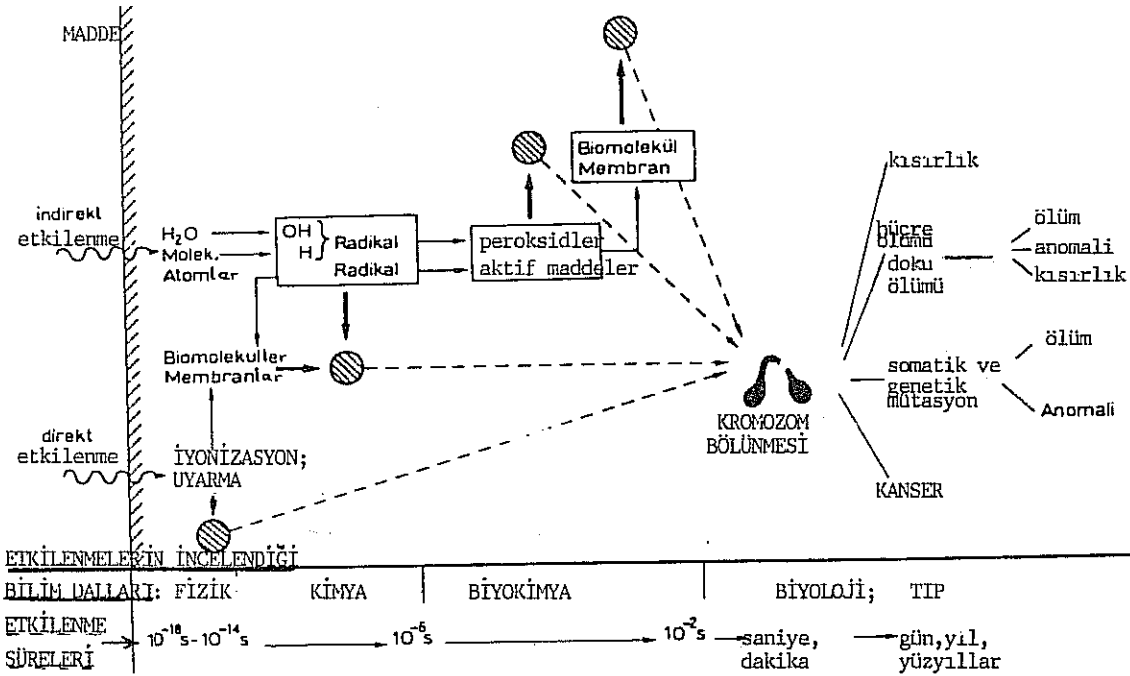
Yaklaşık olarak son 40 yıldır radyasyonun canlılara etkisi konusunda yapılan bilimsel çalışmalar gerek 2. Dünya Şavaşı'nda Japonya'ya atılan atom bombalarının insanlar üzerindeki bugüne kadarki etkileri ve gerekse hayvanlar üzerinde yapılan ışınlama denemeleri, radyasyon dozunun düşük değerlerde olması halinde (örneğin, bir kaç yüz miliremlik Çernobil dozu gibi) canlılarda kısa sürede gözlenebilir bir hasara neden olabileceğini kanıtlamaktan uzaktır.

Radyasyondan başka etkilerle, herhangi bir kimsenin tesadüfen kansere

yakalanma olasılığı çok yüksektir. Örneğin, Federal Almanya'da ölen her 10000 kişiden 2000'ni kanserden ölmektedir ve bu değer zamanla ve yörel olarak salınım göstermektedir. Kanser yapabilecek kimyasal maddeler, sigara vb. gibi daha bir çok etken bulunduğundan, düşük bir radyasyon dozunun kansere yol açıp açmayacağı saptanamamaktadır. Bunun sonucu olarak ilgili bilim kurumlarınca izlenen tek çıkar yol şudur:

Hasarın saptanabildiği yüksek dozlardan hareket ederek, çeşitli varsayım ve hesaplamalarla, düşük radyasyon dozlarının ne miktar hasar yapabileceğini, ancak KİTLE(TOPLULUK) IŞINLAMASI halinde tahmin etmektir. Bu nedenlerle, bazı bilim adamlarınca ileriye dönük yapılmakta olan, Çernobil sonrası kaç kişinin kanserden ölebileceği hesaplamaları, doğru olup olmadığı hiçbir zaman kanıtlanamayacak tahminler olarak kalacaktır. Bu konuya, Çernobil Radyoaktivitesinin yol açabileceği kanser olasılığının tahmini sırasında, ileride tekrar değinilecektir.

RADYASYONUN MADDEYLE ETKİLENME ZİNCİRLERİ; İLGİLİ BİLİM DALLARI VE ETKİLENME SÜRELERİ /26/



Şekil 3.6: Radyasyonun maddeyle etkilenme zincirleri, ilgili bilim dalları ve etkilenme süreleri, /26/.

4.ÇERNOBİL'DEN SALINAN RADYOAKTİF MADDELER /1/,/8/

Çernobil reaktöründen radyoaktif maddelerin salınması dört sürede incelenebilir:

1. süre: 26 Nisan 1986 günkü patlamalar sırasında ve hemen ardından, radyoaktif asal gazların dışında, reaktördeki tüm radyoaktif maddelerin % 1'i kadarı, yakıt eleman parçacıkları halinde, yapıdan dışarıya atılmıştır. Aşırı sıcaklıktaki duman nedeniyle, radyoaktif maddeler atmosferde çok yükselmişlerdir.

2. süre: 27 Nisan'dan 1 Mayıs'a kadarki bu sürede, dışarıya atılan radyoaktif madde miktarında önemli ölçüde düşme olmuştur. Bunun nedeni, 27 Nisan günü alınan karşı önlemlerdir. Aynı zamanda, duman sıcaklığının azalması sonucu, havadaki etkin dağılma yüksekliği düşmüştür. Asal gazların hemen hemen tümü, kazadan sonraki ilk günlerde salınmıştır.

3. süre: 2-5 Mayıs arasındaki bu sürede, reaktörün havadan atılan malzemeyle kapatılması sonucu, reaktörün sıcaklığı artmış ve bu nedenle radyoaktif madde salınmasında yükselme olmuştur.

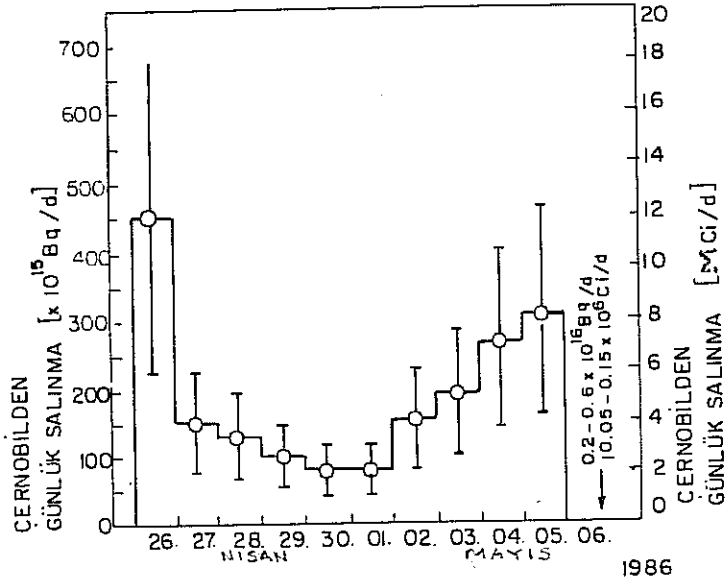
4. süre: Dördüncü süre 6 Mayısta başlamıştır. Azot soğutma sisteminin kurulup, başarıyla çalıştırılması sonucu, radyoaktif madde salınması büyük ölçüde azalmıştır. Daha sonraki sürede, radyoaktif maddelerin salınması sürekli olarak azalma göstermiştir.

Sovyetlerce yapılan, kazadan sonraki günlerdeki radyoaktif madde salınmasıyla ilgili tahminler % 50 hata ile Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Bu tahminlere göre, Çernobilden salınan radyoaktif maddelerin toplam miktarları:

Radyoaktif asal gaz dışındakiler : 50 M Ci (Milyon Ci)

Sadece radyoaktif asal gazlar : 50 M Ci (Milyon Ci)

Tablo 4.1'de, reaktördeki radyoizotopların başlangıçtaki toplam değerlerine (envanter) oranla, yüzde olarak, bunlardan ne kadarının reaktörden salındığı gösterilmiştir. Şekil ve Tablo'daki değerler, 6 Mayıs günkü radyoaktiviteyi göstermekte olup, bunlar Sovyetlerce yapılan hesaplamalara dayanmaktadır. 6 Mayıstan önceki sürede, kısa yarılanma süreli radyoizotoplar "radyoaktif parçalanma sonucu" yok olduklarından, reaktörden salınan radyoaktivitenin gerçekte, buşekil ve Tablo'daki değerlerden daha büyük olacağı açıktır.



Şek: 4-1 - Çernobilden günlük salınan radyoaktif madde miktarları. /1/.

Element	Yarılanma Süresi (gün) (d)	İnventar (Bq)	Çernobilden Salınma Yüzdeleri
Kr 85	$3,93 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^{16}$	~ 100
Xe 133	5,27	$1,7 \cdot 10^{18}$	~ 100
I 131	8,05	$1,3 \cdot 10^{18}$	20
Te 132	3,25	$3,2 \cdot 10^{17}$	15
Cs 134	750	$1,9 \cdot 10^{17}$	10
Cs 137	$1,1 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^{17}$	13
Mo 99	2,8	$4,8 \cdot 10^{18}$	2,3
Zr 95	65,5	$4,4 \cdot 10^{18}$	3,2
Ru 103	39,5	$4,1 \cdot 10^{18}$	2,9
Ru 106	368	$2,0 \cdot 10^{18}$	2,9
Ba 140	12,8	$2,9 \cdot 10^{18}$	5,6
Ce 141	32,5	$4,4 \cdot 10^{18}$	2,3
Ce 144	284	$3,2 \cdot 10^{18}$	2,8
Sr 89	53	$2,0 \cdot 10^{18}$	4
Sr 90	$1,02 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^{17}$	4
Np 239	2,35	$1,4 \cdot 10^{17}$	3
Pu 238	$3,15 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^{15}$	3
Pu 239	$8,9 \cdot 10^6$	$8,5 \cdot 10^{14}$	3
Pu 240	$2,4 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^{15}$	3
Pu 241	$4,8 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^{17}$	3
Cm 242	164	$2,6 \cdot 10^{16}$	3

Tablo 4-1 : Reaktördeki radyoaktif madde envanteri ve salınma yüzdeleri /1/,/ 8/.

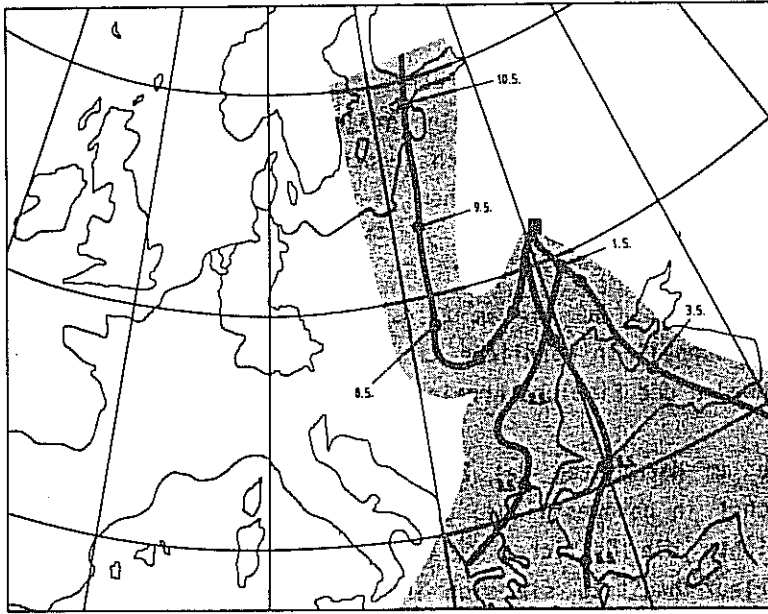
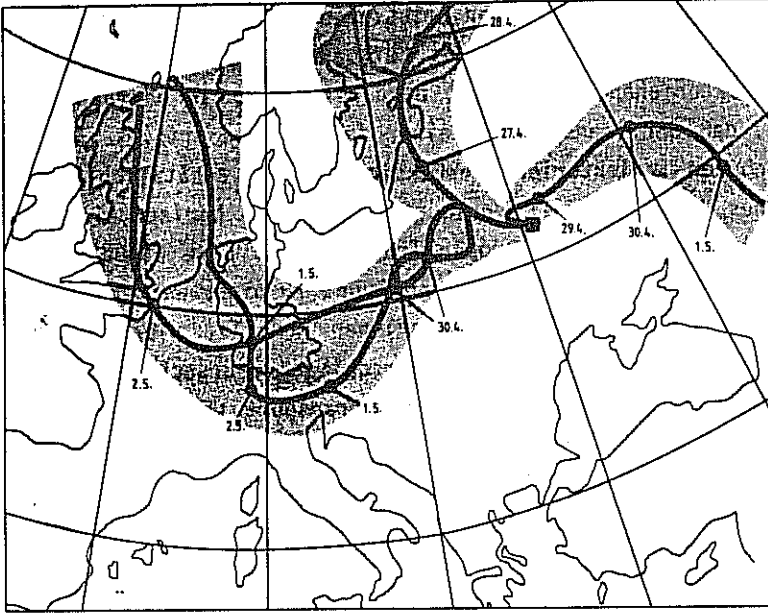
Ayrıca, hesaplanan bu değerler, Çernobil çevresinde ve ötesindeki radyoaktif madde birikimlerini kapsayan bazı ölçümlere dayanmakta olup, Sovyet toprakları dışındaki birikimler göz önüne alınmadığından, reaktörden salınan radyoaktif maddelerin gerçekte daha fazla olması gerekir. Sovyetlerce daha sonra yapılan tahminler, reaktördeki tüm radyoaktif maddelerden % 3.5 kadarının dışarı atıldığını göstermektedir. Bu miktarın:

- % 0.3 - 0.5 santraller alanında
- % 1.5 - 2.0 santral ile 20 km arasında
- % 1.0 - 1.5 20 km ötesinde

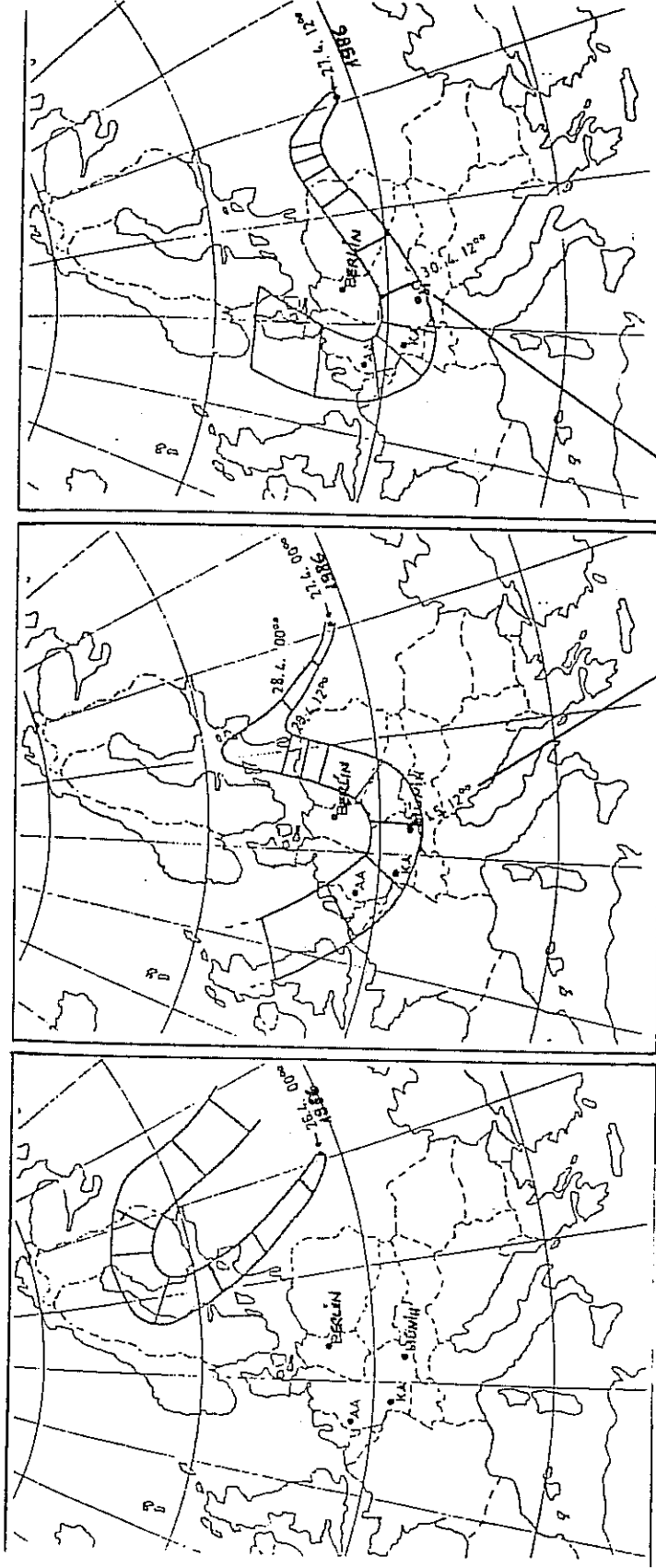
dağıldığı tahmin edilmektedir.

5. ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN ATMOSFERDE TAŞINIMI /1/

Çernobil kazasının olduğu 25/26 Nisan gecesi, Avrupadaki hava durumunu, merkezi Uralların batısında olan yüksek basınç alanı ile, Batı Avrupadaki alçak basınç alanı belirlemekteydi. Etkin hava akımı İskandinavya ülkeleri yönündeydi. 27-28 Nisan günleri, yüksek basınç merkezi yavaş yavaş doğuya doğru kayma göstermiş, Çernobildeki hava akımı yön değiştirerek güneydoğu ve doğu yönünden esmeye başlamıştır. Fransa üzerindeki alçak basınç merkezi ağır ağır kuzeye doğru yönelmiştir. 30 Nisanda kuzeyden gelen soğuk hava dalgasının etkisiyle, özellikle güney Almanyada fırtına ile karışık sağnak yağış olmuş ve bu sırada Çernobilden gelen hava dalgası da Almanyaya ulaştığı için, bu yağışlarla havadaki radyoaktivite toprağa bulaşmıştır. Bu nedenle, Almanyada toprak yüzeyindeki en çok radyoaktivite, güneyde Münih bölgesinde ölçülmüştür. 1-5 Mayıs arasında, hava akımları güneye yöneldiğinden, Çernobil radyoaktivitesi güneydeki bölge ve ülkeleri, özellikle Türkiye ve Yunanistanı etkilemiştir, Şekil 5.1 . Çernobil radyoaktivitesinin atmosferde taşınımı, başlangıçta 1000-2000 metre yüksekliğinde, daha sonra 850 hekto Paskal(veya milibar)'ın üstündeki 4-5 km yükseklikteki hava tabakalarında, günde 10000-15000 km'lik hızlarda olmuştur. Şekil 5.1'den görüldüğü gibi 26 Nisan 1986'da Çernobilden yayılan radyoaktif maddeler, çabucak kuzeye doğru yönelerek 28 Nisanda İsveç ve Finlandiyaya ulaşmıştır. 27.4.1986 öğleden sonra Çernobilden bir kez daha salınan radyoaktif maddeler önce kuzeybatıya, daha sonra da batıya yönelmiş ve 30 Nisanda da Almanyanın güneydoğusuna erişmiştir. Bundan sonra yayılma, batı ve kuzeybatı yönünde olmuş, radyoaktivite Fransanın kuzeyinden geçerek 2 Mayısta İngiltereye ulaşmıştır. 28 Nisan günü, Çernobilde



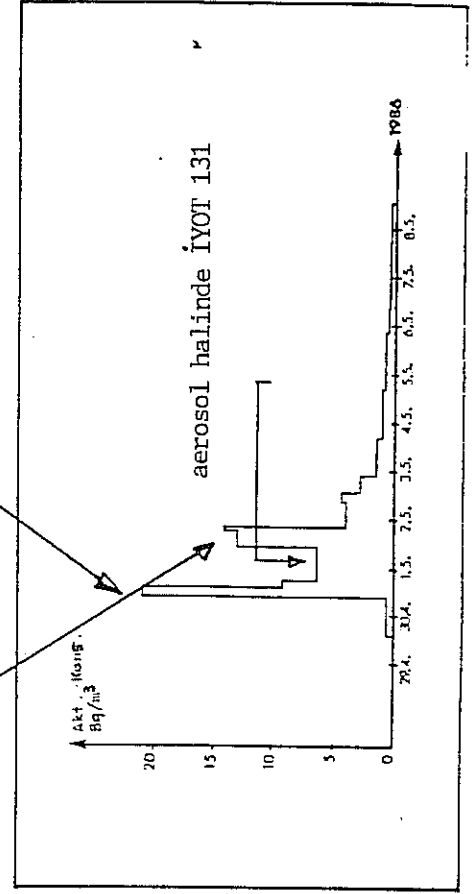
Şekil 5.1 : Çernobilden yayılan radyoaktivitenin Mayıs 1986nın ilk günlerinde çeşitli ülkelere taşınımı. 850 hPa 'lık basınç eğrilerinin analizi sonucu radyoaktivitenin varış günleri şekilde gösterilmiştir/1/.



Şekil 5.1A : ÇERNOBİL KAZASINDAN SONRAKİ
HAVA AKIMLARIYLA RADYOAKTİVİTENİN TAŞINIMI
(F. ALMANYA METEOROLOJİ ENSTİTÜSÜ YAKLAŞIMLARI)
/24/:

850 h Paskal eğrileri

Münih-Neuherbergdeki havadaki Aerosol
halindeki İyot 131 Aktivite konsantrasyonları →
(Bq / m³)



rüzgârın 180 derece dönmesi sonucu, radyoaktif maddeler Çernobilin doğusunda-ki Sovyet topraklarını ve 29 Nisan sabahından itibaren de birkaç gün süreyle güneydeki bölge ve ülkeleri etkilemiştir. Türkiye ve Yunanistanın etkilenmesi 2-3 Mayıs 1986 günleri olmuştur. 10 Mayıs'ta, İskandinavya ikinci kez etkilenmiştir. Radyoaktivite, 3.5.1986'da Japonya'ya ve 5.5.1986'dan itibaren de Kanada'ya ve ABD'ye ulaşmıştır. 9-10 Mayıs'ta Amerikanın tüm kuzeyinde, havadaki radyoaktivitede ani I-131 ve Cs-137 artışları gözlenmiştir.

Çernobil radyoaktivitesi dünyayı ilk kez döndükten sonra, 25 Mayıs günü, Almanyada Freiburg yöresindeki Schauinsland'da tekrar ölçülmüştür. Mayıs sonunda, havadaki radyoaktivite iyice düşmüştür. Örneğin Cs-137 konsantrasyonu "mili Becquerel" dolayında olmuştur. Temmuz sonunda değerler, 10 mikro Becquerel ve 1986 sonunda da mikro Becquerel düzeyine kadar inmiştir.

Çernobil radyoaktivitesi, tahmin edildiği gibi, Güney yarım küresini etkilemediğinden, bu yarım kürede Çernobil kaynaklı herhangi bir radyoizotop ölçülmemiştir.

6. FEDERAL ALMANYADAKİ RADYOAKTİVİTE VE RADYASYON ÖLÇÜMLERİ /1,2/

Federal Almanyanın çeşitli eyaletlerindeki 50 dolayındaki enstitü ve laboratuvar(*) yaklaşık olarak 30 yıldan beri, radyoaktivite ve radyasyon doz hızı ölçümleriyle uğraşmaktadır. Çernobil kazası duyulunca, ölçümler yoğunlaştırılarak, çevredeki hava, toprak, su ve bitki gibi her çeşit ortam ve besinlerde sürekli olarak radyoaktivite ölçümleri yapılmış ve bunlar bildiriler halinde yayınlanmıştır. Ölçümler, daha sonra yörelere göre değerlendirilerek, buralarda yaşayanların, Çernobil radyoaktivitesinden ne ölçüde etkilendikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Değerlendirme sonuçları, aynı güne ait radyoaktivite değerlerinde, bölgesel ve yörel büyük farklılık olduğunu göstermiştir. Özellikle 30 Nisan 1986 günü sağnak yağışlarla, Çernobil radyoaktivitesi en çok güney Almanyada yere inerek, bu bölgeyi diğer bölgelere nazaran daha çok etkilemiştir. Çeşitli ortamlarda ölçülen radyoizotopların cins ve birbirlerine oranları da büyük farklılık göstermiştir. Bunun başlıca nedenleri:

- Çernobil reaktöründen radyoaktif maddeler dışarı atılırken, uçuculuk ve yapıştıkları taneciklerin büyüklüğüne göre, ardı sıra atılma sürelerinde, radyoizotop cins ve miktarları da farklılık göstermiştir.

- Çeşitli radyoizotopların birbirlerinden farklı yarılanma süreleri

(*) Adresler için Ek 10'a bakınız

nedeniyle, karışımdaki radyoizotop cins ve miktarları sürekli olarak değişmiştir.

- Farklı kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle, radyoaktif maddelerin havadan yağışa, yağıştan bitki ve su yüzeyine geçişleri farklı olmuştur.

- Radyoizotopların çevrelerindeki maddelerle etkileşmeleri farklılık göstermiştir.

6.1.Havadaki Çernobil Radyoaktivitesi

Federal Almanyada ilk olarak, Çernobil radyoaktivitesiyle yüklü bulutlar 29 Nisan 1986 günü Batı Berlin ve Braunschweig illerindeki ölçü istasyonlarının, toprağa yakın düzeydeki aletleriyle belirlenmiş ve 30 Nisan günü de bütün Güney Almanya radyoaktif maddeli bulutların etkisi altına girmiştir. Radyoaktif maddelerle yüklü bulutlar güneyden batı ve kuzeye doğru yayılarak, daha sonraki günlerde bütün Almanyada havanın radyoaktivitesinin artmasına neden olmuştur.

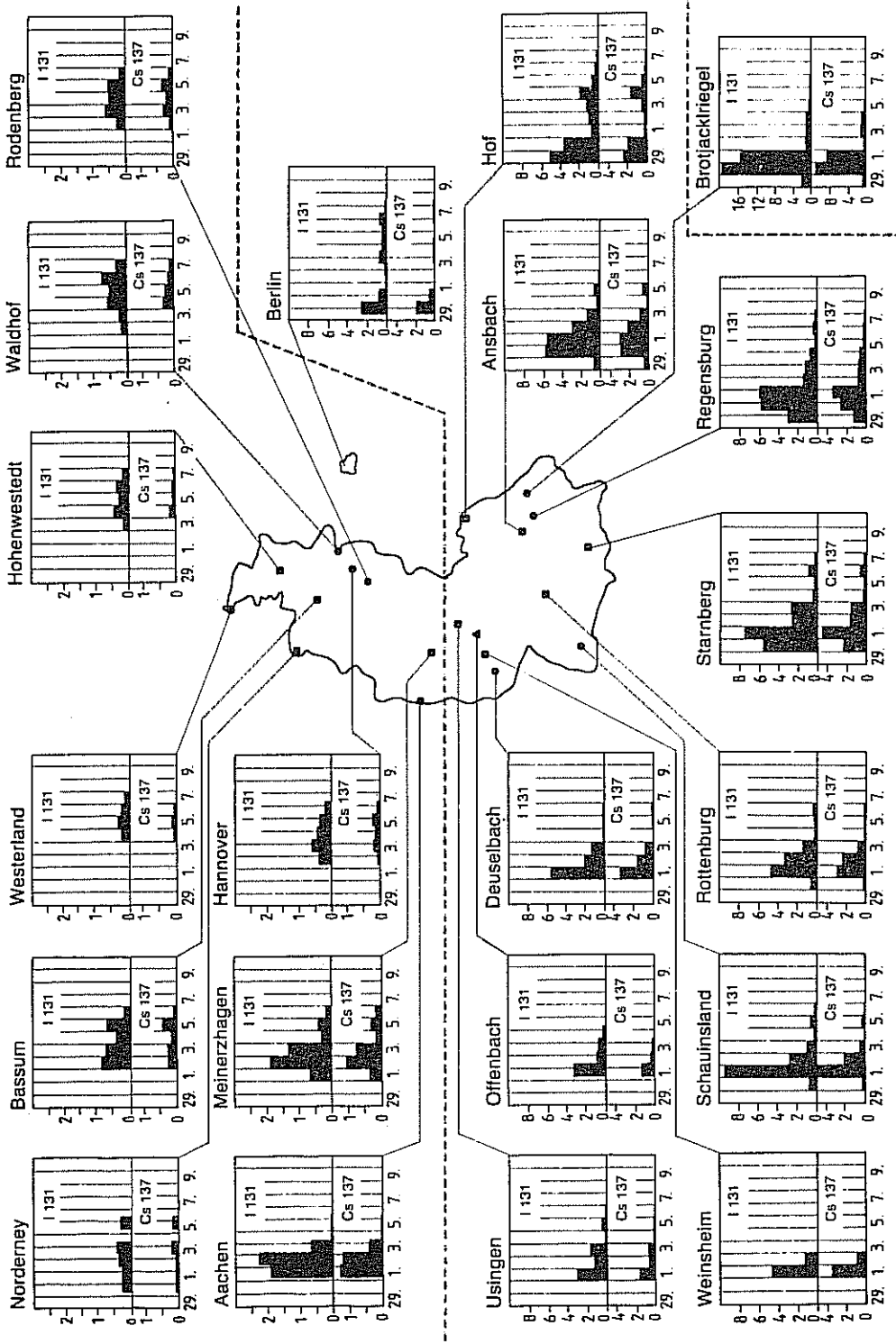
Havadaki iyot ve sezyum

Havada, Çernobilden kaynaklanan 30 kadar radyoizotop belirlenmiş, bunlardan I-131 ve Cs-137, insanda doğuracağı radyasyon dozu yönünden karakteristik radyoizotoplar olarak gözönüne alınmışlardır. Şekil 6.1, bu iki radyoizotopun çeşitli bölgelerdeki yere yakın yükseklikteki havada, günlük ortalama konsantrasyonlarını, 29 Nisan ile 10 Mayıs 1986 günleri arasında, Bq/m³ olarak göstermektedir.

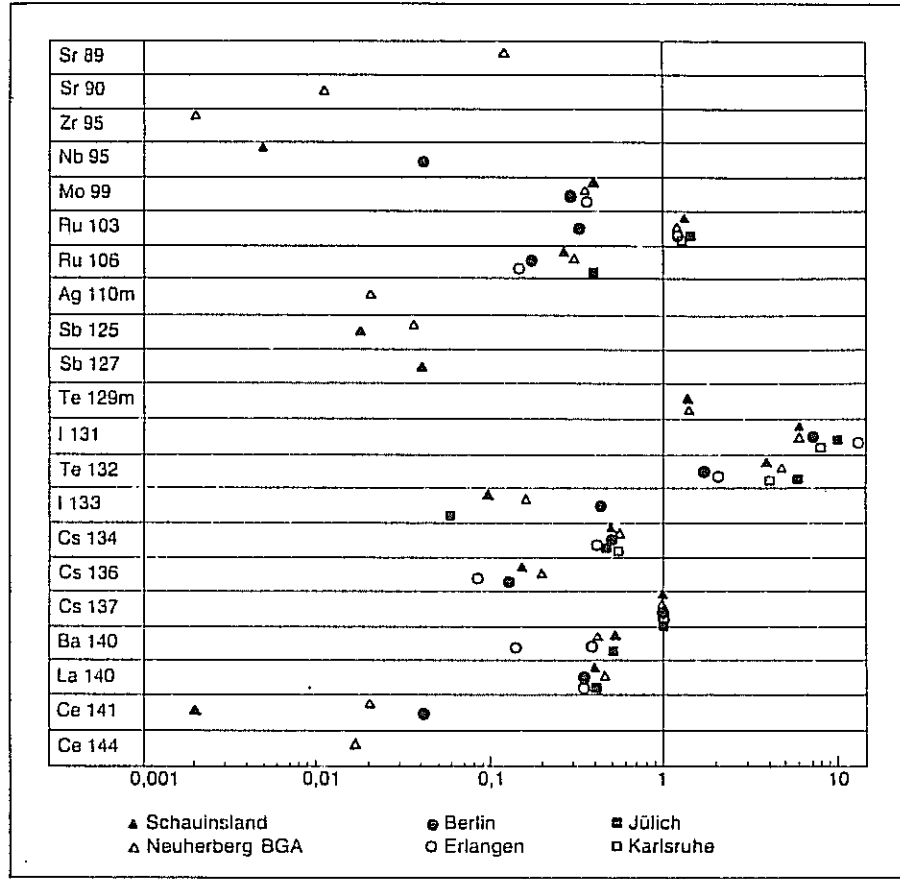
İyot izotopları, havada gaz (I₂) ve organik (Metiliyodür) bileşimlerde ve ayrıca inorganik aerosollar (toz tanecikleri gibi parçacıklar) halinde bulunabildiklerinden, bunlar bazı ölçü istasyonlarında, özel filtreli aletler kullanılarak toplanmış ve daha sonra laboratuvarında ayrı ayrı ölçülmüşlerdir. Belirlenen İyot-131 toplam aktivitesinin üçte birini aerosol ve üçte ikisini de gaz halindeki iyotun oluşturduğu görülmüştür. Federal Almanyadaki havada, en yüksek I-131 ve Cs-137 değerleri, Almanyanın güney doğusundaki Brotjack-riegel ölçü istasyonunda gözlenmiştir, Şekil 6.1.

Havadaki parçacıklara tutulu diğer radyoizotoplar

Şekil 6.2 havadaki 30 kadar radyoizotopun, Cs-137'ye göre oranlarını göstermektedir. Çeşitli ölçü istasyonlarının değerlerini iyi bir şekilde karşılaştırabilmek için, radyoizotop konsantrasyonlarının ZAMAN ENTEGRALLERİ



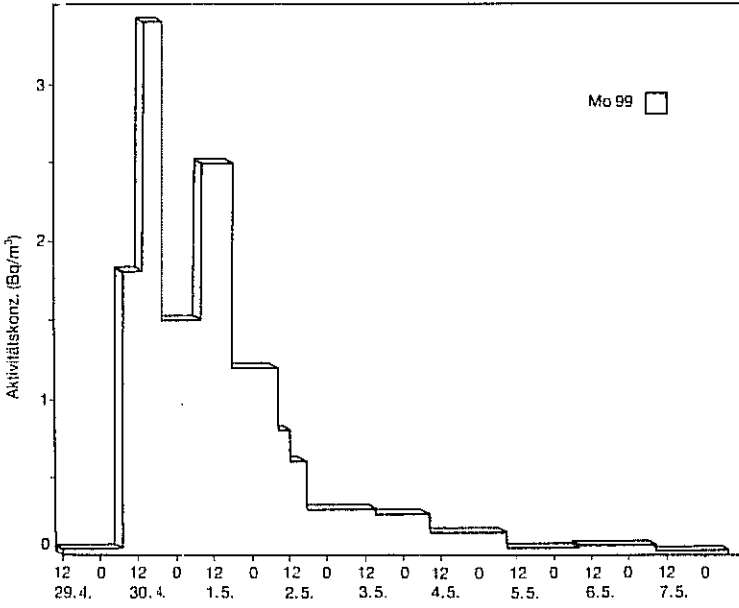
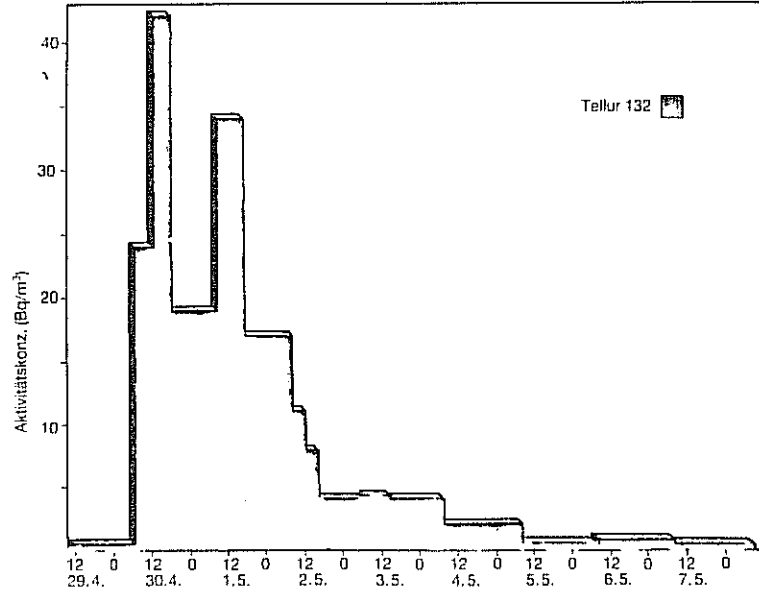
Sekil 6.1; 29.4 ile 10.5.86 günleri arasında, yere yakın havadaki I 131 ve Cs 137'nin aerosoller halindeki, günlük ortalama aktivite konsantrasyonları (Bq/m^3) /1/, /18/.
(Sadece kesikli çizgiler arasındaki diyagramların ordinat ölçükleri aynıdır).



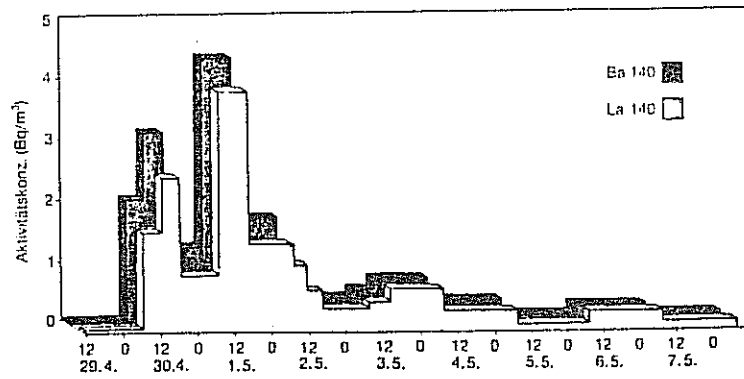
Şekil 6.2: 29.4-10.5.1986 günleri arasında; gösterilen ölçü yerlerinde, Cs-137'ye oranla çeşitli radyonüklitlerin havadaki aerosol halindeki konsantrasyonları, /1/,/18/.

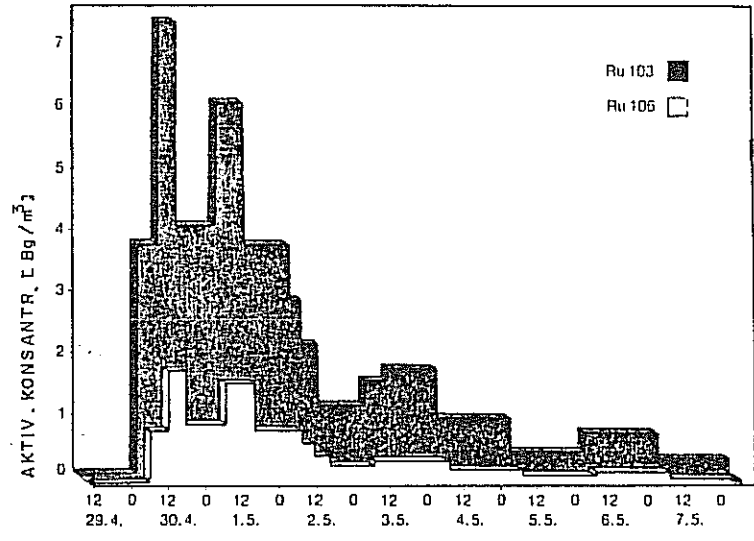
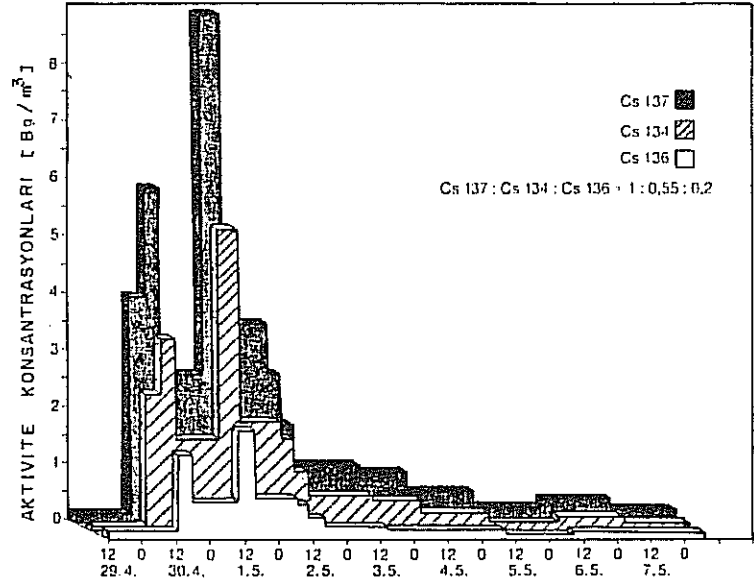
saat/m³) alındıktan sonra, değerler Cs-137'ye göre normalize edilmiştir. 6.2'den görüldüğü gibi, I-131, Te-132/I-132, Ba-140, La-140, Cs-137, 34 ve Ru-103 radyoizotopları havada en yoğun olanlardır. Sr-90 ve Pu-239/ değerleri ise çok düşüktür, (Sr-90, Cs-137'nin sadece yüzde biri, Pu-239/ ise ancak yüzbinde biri kadar aktivitede olmuşlardır.)

Şekil 6.3, 6.4 ve 6.5, Münih çevresindeki Neuherbergdeki GSF enstitüsünde yapılan havadaki çeşitli radyonüklit ölçümlerinin sonuçlarını göstermektedir. Örnek alma aletindeki pompayla bir süre emilen hava, kâğıt ya da kömür tozundan yapılmış özel süzgeçlerden geçerken, havadaki toz gibi küçük parçacıklara (aerosollara) tutunmuş olan radyoaktif maddeler de bu süzgeçlerde kalırlar. Daha sonra, bu süzgeçlerin, gama spektrometreleriyle ölçülmesi yoluyla, havadaki radyoizotopların ortalama konsantrasyonları (\bar{K} , Bq/m³) dolaylı olarak belirlenmektedir.

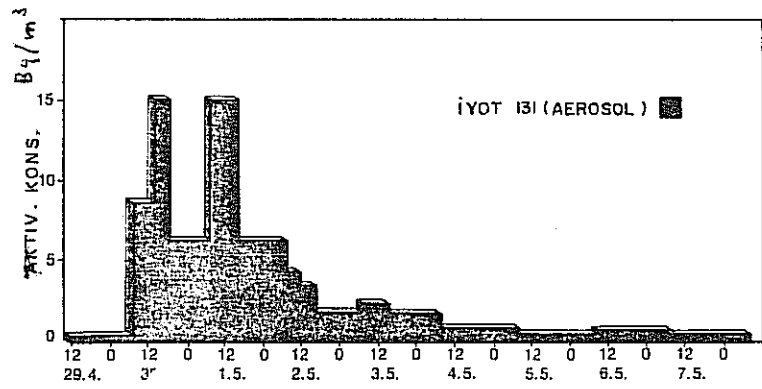


Şekil 6.3:Çeşitli radyoizotopların havadaki (aerosol halinde) aktivite konsantrasyonları /2/ (Münih-Neuherbergde).





Şekil 6.4: Bak Şek.6.3



Şek.6.5: Bak.Şek.6.3

Pompanın çalışmasıyla havanın süzgeçten geçiş süresi t (saat=h) ve süzgeçte biriken bir radyoizotopun gama spektrometresiyle ölçülen toplam radyoaktivitesi de A (Bq) ise:

$$A \text{ (Bq)} = \bar{K} \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times t \text{ (h)}$$

Burada Q süzgeç üzerinden hava emen pompanın debisi(m³/h) dir. A,Q ve t bilindiğinden, yukarıdaki eşitlikten, havadaki belirli bir radyoaktif maddenin(radyoizotopun) konsantrasyonu kolayca bulunur.

Şekillerden görüldüğü gibi, radyoizotopların havadaki konsantrasyonları, biri 30 Nisan 1986 günü saat 13-14 arası, diğeri de 1 Mayıs 1986 saat 12-20 arası olmak üzere iki maksimum göstermiş, daha sonraki günlerde, havadaki radyoaktivite çabucak azalmıştır. İlk maksimumdan sonraki azalmaya neden, kuvvetli yağışların havadaki radyoaktiviteyi süpürüp toprağa aktarması olmuştur. Daha sonra gelen hava kütleleriyle, havanın radyoaktivitesi 1 Mayısta tekrar artmış ve ondan sonraki yağışlarla radyoaktivite tekrar toprağa geçmiştir.

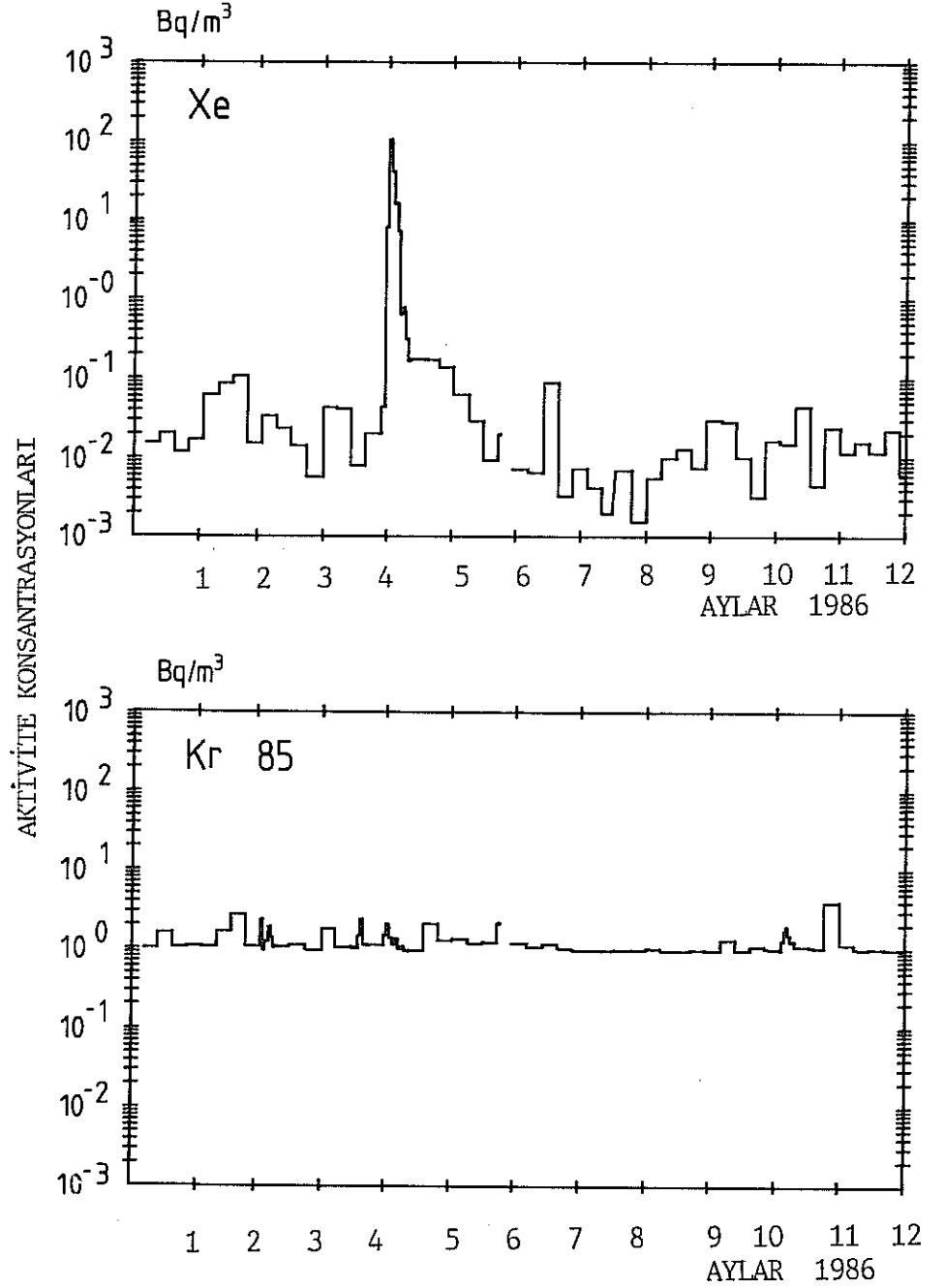
Havadaki radyoaktif asal gazlar

Çernobilden salınan bir çok radyoaktif asal gazdan, Federal Almanya'da sadece Kr 85, Xe 133 ve Xe 131m belirlenebilmiştir. Ölçümler, Freiburg (Schauinsland), Bremgarten, Karlsruhe ve Heidelberg ölçü istasyonlarında yapılmıştır. Şekil 6.6 Freiburgdaki Xe ve Kr 85 ölçü sonuçlarını göstermektedir. Diğer istasyonlardaki Kr 85 değerleri Freiburgdakilerle hemen hemen aynıdır. Xe değerleri ise % 20 değişim göstermektedir. Xe izotopları içinde en yoğunu Xe 133 olup Xe 133 aktivitesi Cs 137 nin 40 katına ulaşmıştır. Kr 85 in havadaki toplam radyoaktivitesi çok düşük kalmıştır: en fazla 2 Bq/m³ ve bu değer,Çernobil öncesinin iki katı kadardır.

Havadaki sıcak parçacıklar

Nükleer bomba denemelerinde olduğu gibi, Çernobilden yayılan serpintilerde de, özgül radyoaktivitesi çok büyük olan " sıcak parçacıklar" Federal Almanyada yapılan ölçülerle belirlenmiştir. Bunların içinde, reaktördeki yakıt maddesi bileşenlerinden de bulunmakla birlikte, pek uçucu olmayan Ru, Ba, La, Zi, Ni ve Ce elementlerinin yoğun derecede zenginleşmiş radyoizotopları da vardır. Tablo 6.1 çeşitli ölçü istasyonlarına ait, sıcak parçacık radyoizotoplarının, Çernobil öncesi aerosol aktivitelerine göre değişimlerini göstermek-

tedir. Güney Almanyada en fazla 100 m^3 de bir sıcak parçacık ölçülmüş, bir tek parçacığın da özgül aktivitesi bir kaç yüz Bq dolayında olmuştur. Yapılan çalışmalar, Batı Avrupadaki serpintilerde ölçülen sıcak parçacıkların, insanlarda önemli olabilecek herhangi bir radyasyon dozuna katkıda bulunmayacağını göstermektedir.



Şek. 6.6: Freiburg/Bresgau'da Ksenon (çoğunluğu Xe133) ve Kripton 85 in haftalık ortalama aktivite konsantrasyonları /1/,/18/.

Tablo 6.1 : Havadaki sıcak parçacıklar-Schauisland, Hof ve Starnberg ölçü istasyonlarında- Parçacık başına Bq-Aktiviteleri ve bunların 26.4.86 günkü ölçüme göre yüzdeleri (1.5.86 günkü Schauisland'daki fon aerosolspektrumunun bileşenlerini karşılaştırmak için verilmiştir) /1/, /18/.

Ölçü İstasyonu	Bq/Parçacık	(%)										
		I 131	Cs 134	Cs 137	Ba 140	Ru 103	Ru 106	Zr 95	Ce 141	Ce 144		
Referans Spektrum Aerosol Schauisland (1.5.86)	-	50	6,7	12,5	9,1	18,3	3,4	-	-	-	-	
Schauisland (1.5.86)	104	9,4	6,5	12,2	40,6	10,8	2,4	6,3	8,10	3,7		
Hof (30.4.86)	102	-	0,2	0,7	97,1	-	-	-	1,0	1,0		
Hof (30.4.86)	65	-	0,7	1,1	15,4	30,2	5,7	16,6	18,8	11,5		
Hof (30.4.86)	493	-	0,05	0,15	99,8	-	-	-	-	-		
Hof (30.4.86)	64	-	28,30	56,3	-	15,4	-	-	-	-		
Hof (30.4.86)	14	-	0,4	1,1	-	1,6	-	36,0	32,7	28,2		
Starnberg (30.4.86)	132	-	13,8	28,0	17,4	33,6	5,2	-	-	-		

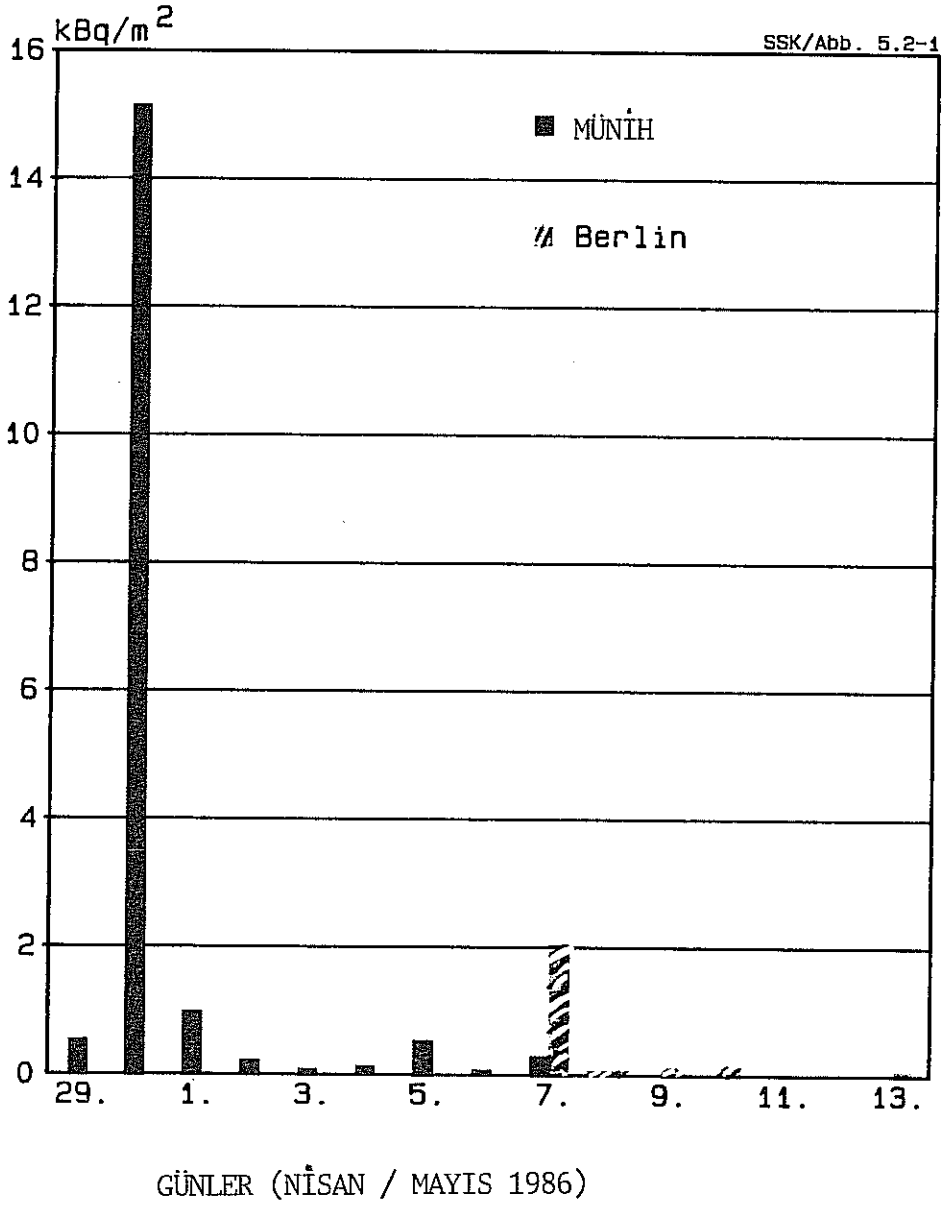
6.2. Topraktaki Çernobil Radyoaktivitesi, /1/,/2/,/3/

Havada bulunan Çernobil kaynaklı radyoaktif maddeler, kuru serpinti ve yağışlarla toprağa ve bitki örtüsüne bulaşmıştır. Toprak ve bitkilerde biriken radyoaktif madde miktarında yerel, bölgesel ve zamana göre büyük farklılık görülmüştür. Bunun en önemli nedeni, Çernobil radyoaktivitesiyle yüklü bulutların bir yöreden geçerken, o sırada yağış bırakıp bırakmamasıdır. Bunun yanı sıra, yağışların şiddeti ve süresi de önemli olmuştur. Topraktaki radyoaktif madde birikiminin farklılığına örnek olarak Münih ve Berlindeki ölçü sonuçları gösterilebilir, Şekil 6.7. Şekil, Münih çevresindeki Neuherberg ve Berlin'de topraktaki Cs 137 birikimini 29 Nisan 1986 gününden başlayarak göstermektedir, /1/. Topraktaki bu yüzeysel aktivite farklılığının nedeni, sağnak yağışların Münihte 30 Nisan günü, Berlinde ise 7/8 Mayıs da olmasıdır. Bu tarihte, Berlindeki havanın aktivitesi sadece 0.2 Bq/m^3 dolayındaydı.

Tablo 6.2 Münih ve Berlinde, 29 Nisan ile 11 Mayıs 1986 arasında, yağışlarla toprağa ulaşan radyoizotopların toplam değerleri (metre karede kilo Becquerel (kBq/m^2)), toplam aktiviteye göre yüzdeleri ve sezyum 137 ye oranları karşılaştırılmaktadır. Parantez içindeki değerler, radyoaktif parçalanma sonucu ortaya çıkan yeni radyoizotopların aktivitelerini göstermektedir. En sağdaki sütuna, nükleer bomba denemeleri serpintilerinden arta kalan, topraktaki birkaç radyoizotopun (Cs 137, Sr 90, Pu 238 ve Pu 239) değerleri, Çernobil kaynaklı radyoizotoplarla karşılaştırılmak için eklenmiştir. Berlinde, topraktaki nükleer bomba kaynaklı Cs 137 aktivitesi, Çernobil nedeniyle bir kat daha çoğalırken, Münihteki artış 5-10 kata ulaşmıştır. Çernobil kaynaklı Sr 90 ve Pu değerleri ise, nükleer bomba artıkları değerlerinden çok daha düşüktür.

Tablodan görüldüğü gibi, toprağa en çok Te 132 ile radyoaktif denge halinde olan I 132 geçmiş, ancak kısa yarılanma süresi nedeniyle zamanla etkisi azalmıştır. İlk haftalarda, I 131 etkili olurken, daha sonraları Cs izotopları uzun yarılanma süreleri nedeniyle bugün dahi etkinliğini korumaktadır.

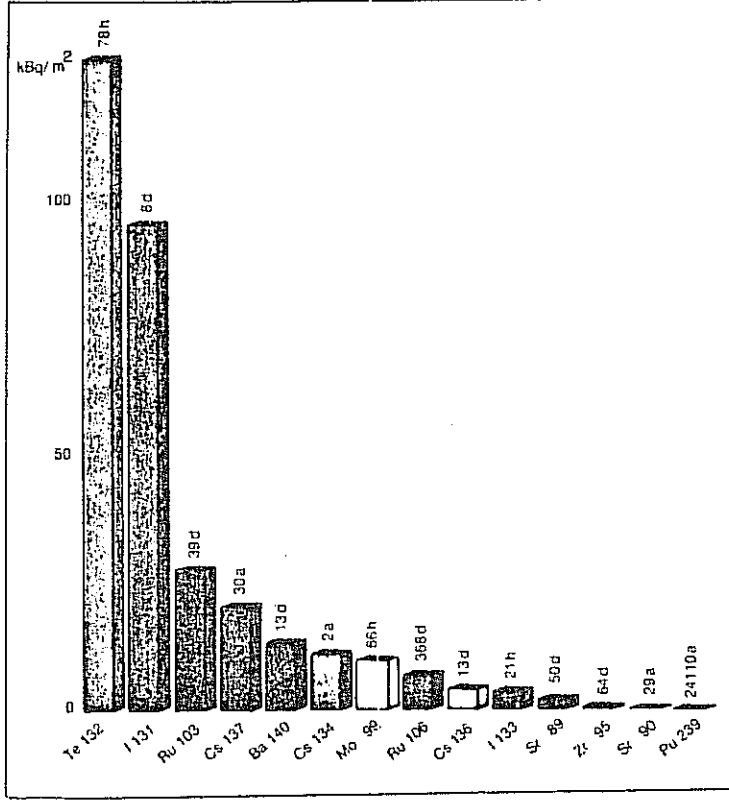
Toprağın radyoaktivitesi, örnek alma alanı ölçüldükten sonra, çeşitli derinliklerden örnekler alınarak gama spektrometresi analizleriyle belirlenmiştir (Bq/kg ya da Bq/m^2 olarak). Şekil 6.8 Münih çevresinde, yağış ve kuru serpintilerle toprağa ulaşan radyoizotopların metrekarede kilo Becquerel olarak toplam değerlerini kabaca göstermektedir.



Sekil 6.7 : Münih ve Berlinde toprak yüzeyinde biriken Cs 137 aktivitesi/1/.

Tablo6.2: Münih ve Berlin'de 29 Nisan -11 Mayıs 1986 arası toprakta biriken radyoaktivite *(Parantez içindekiler, kısa ömürlü oğul nüklit aktiviteleri) /1/.

Nüklid	Münih			Berlin			
	kBq/m ²	Toplam Aktiv. Oranları (%)	Cs-137'ye Oranları	kBq/m ²	Toplam Aktiv. Oranları (%)	Cs-137'ye Oranları	Nükl. Bomba Serpintileri 1986 (kBq/m ²)
Mo 99	9,6	2,80	0,51	0,27	0,84	0,12	
Ru 103	27	7,88	1,4	7,8	24,41	3,40	
Ru 106	6.9(6.9)*	2,01	0,36	2,0(2,0)	6,26	0,87	
Ag 110m	0,4	0,12	0,021	<0,08	<0,25	<0,035	
Sb 125	1,0	0,29	0,053	<0,18	<0,56	<0,078	
Te 129m	30	8,75	1,6	2,0	6,26	0,87	
Te 132/I 132	123(123)	35,89	6,5	4,9(4,9)	15,3	2,1	
I 131	92	26,84	4,8	8,5	26,60	3,7	
I 13	3,7(3,7)	1,08	0,20	<0,08(-)	<0,25	<0,035	
Cs 134	10,4	3,03	0,55	1,2	3,75	0,52	
Cs 136	4,2	1,22	0,22	0,25	0,78	0,11	
Cs 137	19	5,54	1,0	2,3	7,20	1,0	2,3
Ba 140/La 140	12 (12)	3,50	0,63	1,6(1,6)	5,0	0,70	
Ce 141	0,7	0,20	0,037	0,17	0,53	0,074	
Ce 144	0,4(0,4)	0,11	0,021	<0,36(-)	<1,1	<0,16	
Sr 89	2,2	0,64	0,12	0,89	2,78	0,39	
Sr 90	0,21(0,21)	0,061	0,011	0,076(0,076)	0,24	0,033	1,5
Pu 238	14. 10 ⁻⁶	--	--	<0,02	--	--	0,004
Pu 239	40. 10 ⁻⁶	--	--	<0,02	--	--	0,1
TOPLAM	343(489)	100	18	32(41)	100	14	



Şekil 6.8: Yağışlarla toprağa ulaşan radyoizotopların aktiviteleri ve yarılanma süreleri şekilde gösterilmiştir, GSF Nueherberg ölçüleri,/2/.

Şekil 6.9 ise topraktaki Cs 137 birikiminin hangi günlerde ne ölçüde olduğunu göstermektedir. En fazla birikimin 30 Nisan günkü sağnak yağışlarla olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 6.10, Cs 137 nin toprak derinliklerindeki dağılımını göstermektedir. 28 Mayıs 1986 günkü toprak örneklerine ait bu şekilden, Cs 137 nin toprak yüzeyindeki bir kaç cm de en çok bulunduğu, daha derinlere çok az oranda erişebildiği görülmektedir.

Şekil 6.11, Mayıs 1986 sonunda Münih çevresinde, toprak derinliklerindeki I 131 ve Ru 103 izotoplarının dağılımını göstermektedir. 8 ve 39 günlük yarılanma süreleri nedeniyle bu izotopların bugün, nükleer bomba artıklarında artık görülmeyeceği açıktır.

EK 3:

1 mrem 'lik RADYASYON DOZUNUN İNSANDA HASAR YARATMA

OLASILIĞI (Bernhard L. COHEN 'a göre) /16/ :

(ÇERNOBİLDEN ÇOK ÖNCE !)

* TMI-KAZASINDA 50 millik ÇEVREDEKİ 2 MİLYON KİŞİDEN HERBİRİNİN
1.2 mrem DOZ ALDIĞI TAHMİN EDİLİYOR

* 1 mrem 'lik DOZUN ÖLDÜRUCÜ KANSER OLUŞTURMA OLASILIĞI :

1 / 8 000 000

BU SAYI, ORTALAMA YAŞIN 1.2 DAKİKA KISALMASINA EŞDEĞER.

BASKA EŞDEĞERDEKİ OLASILIKLAR :

- BİR CADDEYİ KARŞIDAN KARŞIYA DÜRT KERE GEÇMEK

- BİR SİGARADAN UÇ NEFES ÇEKMEK

- AŞIRI AĞIRLIKTAKİ BİR KİŞİNİN EK 10 KALORİ ALMASI
(ÖRNEĞİN BİR KERE DONDURMA YALAMAK)

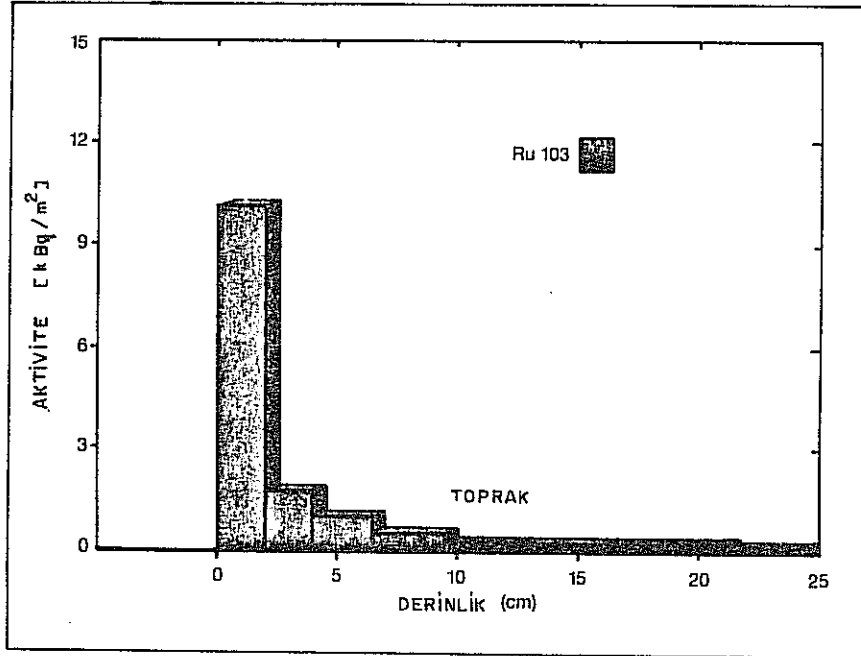
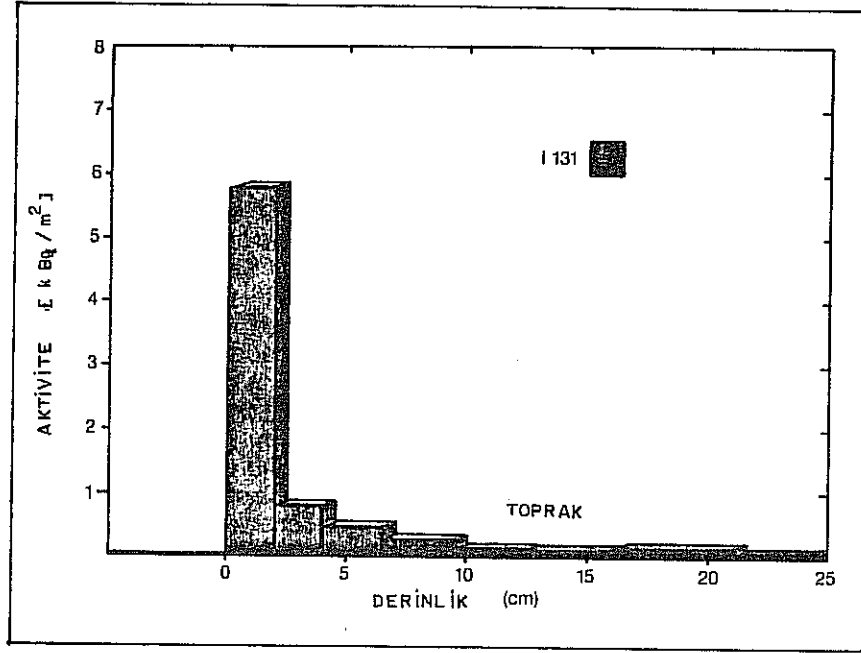
- BİR HAFTA ŞEHİR HAVASINDA YAŞAMAK

* 1 mrem 'lik DOZUN GENETİK HASAR OLUŞTURMA OLASILIĞI,
ANNE VE BABANIN ÇOCUK EDİNME ZAMANINI 1.5 SAAT GECİK-
TİRMESİYLE EŞDEĞER.

* EK RADYASYON DOZLARININ ÇOK SONRA HASAR OLUŞTURACAĞI
VARSAYIMI KESİNLİKLE YANLIŞTIR : GENETİK SEÇME ,KUTU
MÜTASYONLARIN ZAMANLA İYİYE DÖNÜŞMESİ YOLUNDA OLUYOR.

* JAPONYADA ATOM BOMBALARINDAN SONRA YAŞAYAN 24 000 KİŞİDEN
HERBİRİ 130 000 mrem DOZ ALMALARINA RAĞMEN BUNLARIN İLK
KUŞAK ÇOCUKLARINDA HERHANGİBİR GENETİK HASAR GÖZLENMEMİŞTİR.

* HAVA KİRLİLİĞİ NEDENİYLE KOMURLU HER TERMİK SANTRAL 1000
KİŞİNİN ÖLÜMÜNE NEDENDİR.



Şekil 6.11 : Çernobil kaynaklı I 131 ve Ru 103 izotopları, Mayıs 1986 sonunda toprağın 2-3 cm derinliğinde daha yoğun olarak bulunmaktaydı. Sırasıyla, 8 ve 39 günlük kısa yarılanma süreleri nedeniyle, bunların nükleer bomba denemelerinden kaynaklanan bileşenleri bugün artık kalmamıştır /2/(GSF-Neuherberg ölçüleri).

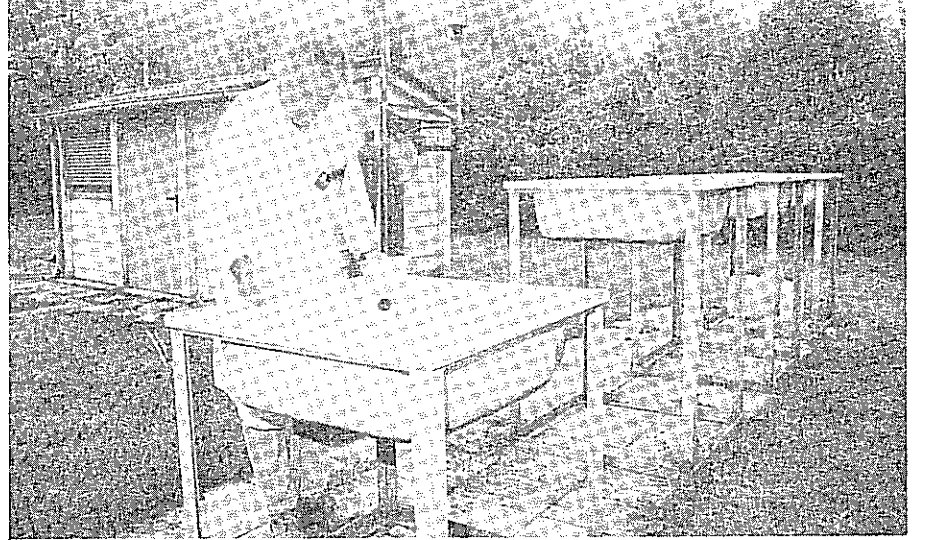
6.3. Yağışlardaki Çernobil Radyoaktivitesi, /1/,/2/,/3/

Özellikle, Münih çevresindeki Neuherbergdeki ölçümler, topraktan bir metre yükseklikteki 0.6 m^2 lik küvetlerde toplanan yağışların, laboratuvarında analizleri yoluyla yapılmıştır. Yağış örnekleri, her yağıştan sonra, günlük ve aylık karışımlar halinde ayrı ayrı ölçülmüştür, Şekil 6.12. Küvetin alanı, toplam yağış miktarı ve radyoizotop konsantrasyonu bilindiğinden, buradan toprağın metre karesine taşınan radyoaktivite hesaplanmıştır.

Toz gibi havadaki kuru serpintiler, bu çeşit küvetlere yağışsız günlerden sonra konan bir miktar suyun radyoaktivitesinin ölçümü yoluyla belirlenmiştir. Yağışlarda ve toprak derinliklerinde bulunan toplam radyoaktivitenin birbirine yakın değerlerde olması gerekir. Yapılan ölçümlerin sonuçları, toplam aktivite (kBq/m^2) olarak karşılaştırılırsa:

	<u>Yağışlarda</u>	<u>Toprakta</u>
Cs 137	19	17
Ru 103	27	23
I 131	92	89

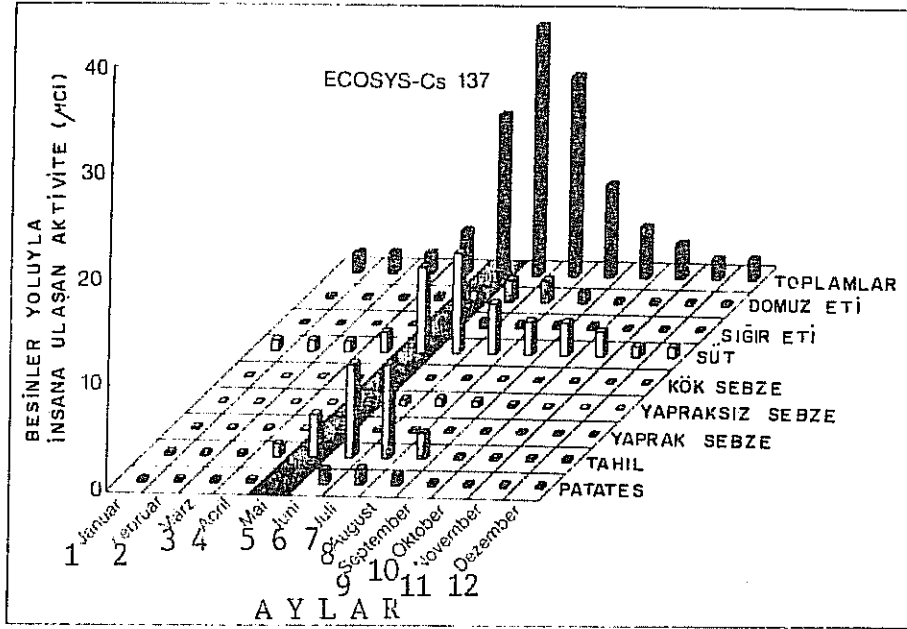
Aradaki az fark, örnek alma sırasındaki hatalar ile toprak yüzeyindeki yeşilliğin biçilmesi sonucunda ortaya çıkan kayıplara bağlanmaktadır, /3/.



Şekil 6.12: Yağışlardaki radyoaktivite konsantrasyonunu ölçmek için, Münih/Neuherberg'de(GSF) kullanılan 0.6 m^2 lik küvetler. Bunlar kuru serpintiler için de kullanılmaktadır, /2/.

6.4. Topraktaki Radyoaktivitenin bitkiler/besinler yoluyla insana ulaşımı,/2/,/YA/

Topraktaki radyoaktif bulaşmanın, toprakta yetişen bitkileri uzun sürede nasıl etkilediği ve bu yolla insana ne derece aktivite ulaşacağına örnek olarak, Münih Neuherberg'deki GSF Enstitüsünde geliştirilen, ECOSYS-Bilgisayar Programı verilebilir. Şekil 6.13'de teorik olarak 1 km²lik toprağın 1 Ci'lik Cs 137 aktivitesiyle(= 37 000 Bq/m²) bir defalık bulaşma sonucu, bu aktivitenin 50 yıl sürede besinler yoluyla insanı ne ölçüde etkilediği görülmektedir. Örneğin toprağa radyoaktivite bulaşması Ocak, Şubat ve Mart aylarının birinde olmuş ise, henüz yaprakları gelişmemiş olan bitkiler, bundan az etkileneceklerinden, çeşitli besinler yoluyla insanın alacağı radyoaktivite de az olacaktır. Eğer bulaşma, F.Almanyada, yaprakların, sebze meyvaların en fazla geliştiği Haziran ayında olmuş ise, insana bu yollarla radyoaktivite taşınımı en fazla olacaktır. Çernobil kazasının F.Almanyayı etkilediği Mayıs ayındaki bulaşma, şekilde gösterilmiştir. (Bak Ek 13, /7/)



Şekil 6.13: Münih/Neuherberg'deki GSF enstitüsünde ECOSYS Bilgisayar programı ile hesaplanan, teorik 1 Ci/km² lik Cs 137 aktivitesinin, bir kerelik toprağa bulaşmasının 50 yıl süresince, çeşitli besinler yoluyla insana ulaşımı,/2/.

6.5. Çernobil Radyoaktivitesi Çevre ve Besinleri Gelecekte

Nasıl Etkileyecek ?

- Cs'un yavaş ilerlemesi, seyrelmesi sonucu yeraltı suyu pek fazla etkilenmeyecek, buna karşılık bitki kökleri yoluyla Cs daha çok yıl bitkilere geçecek.

- Besinlerdeki ^{137}Cs : topraktaki ^{137}Cs şimdi 6 kat daha çok olduğundan, besinlerde de ilerde 6 kat daha çok ^{137}Cs beklenmektedir.

- Besinlerde Çernobil'den önceki ^{137}Cs (Bq/kg_{taze ağırlık})

Un(Buğday)	0.2
Saman "	3.8
Sığr eti	0.1 - 1.0
Patates	0.1
Yapraklı sebzeler	0.04 - 0.2
Meyvalar	0.05 - 0.1
Tavuk yumurtası	0.1
Av eti	10 - 50
Mantar	10 - 170

(Bu değerler ilerde 6 kat artsa da zararlı düzeye gelmeyeceğinden gelecekte bir sınırlama gerekmeyecektir. Bu yaklaşım ^{137}Cs 'nin bitkilere sadece kökler yoluyla geçmesi halinde doğrudur)

- Yeni mahsül sebze ve tahılda 1987'den itibaren önemli sayılabilecek ^{137}Cs görülmeyecek, mantar ve av etinde 50 Bq/kg'dan daha çok ^{137}Cs görülecektir

- 1986 kuru otları ile beslenen hayvanların et ve sütünde daha fazla Cs aktivitesi 1987 kışında görülmüştür.

6.6. Çernobil Radyoaktivitesinin Nükleer Bomba Denemeleri

Serpintileriyle Karşılaştırılması, /YA/, /3/

Özellikle 1960'larda atmosferde yapılan nükleer bomba denemeleri sonucu ortaya çıkan radyoaktif maddelerin, serpintilerle yeryüzüne indiği ve bugün hâlâ toprağın bir kaç metre derinliğinde bulunduğu bilinmektedir. Cs 137

ve Pu 239 hâlâ yüzeydeki 30 cm'de Sr 90 ise 100 cm derinliktedir. Federal Almanyada toprakta 1986'da, hâlâ o zamanlardan kalma 3000 Bq/m^2 Cs 137, 2000 Bq/m^2 Sr 90, 110 Bq/m^2 (Pu 239 ve Pu 240) ve 3 Bq/m^2 Pu 238 vardır(maksimum değerler olarak), /3/.

Nükleer bomba denemelerine oranla, Cs 137 miktarının 5 kat artmasına karşılık, Sr 90 değeri onda bir ve Pu 239 ise sadece onbinde bir olmuştur. Şekil 6.14'de Çernobil ve nükleer bomba kaynaklı, önemli radyoizotoplar karşılaştırılmaktadır. Nükleer bomba denemeleri serpintilerinin aksine, ilk olarak Çernobil sonrası, çevrede Cs 134 ölçülmüş ve Cs 134/Cs 137 oranlarından gidilerek, daha önceden beri toprakta bulunan, nükleer bomba artıklarından kaynaklanan Cs 137'ye, Çernobil'den gelen yeni serpintilerin ne derece katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Yağışlarda 0.55 dolayında olan bu oran, toprakta farklılık gösterdiğinde, eskiden kalma Cs 137'nin toplam dağere ne derece katkısı bulunduğu anlaşılmaktadır. Tablo 6.2'den görüldüğü gibi bu oran:

Münih için 0.55, Berlin için ise 0.52 dir.

Çernobil ile nükleer bomba radyoaktivitesi arasındaki farklılığın

nedenleri:

- Nükleer bomba denemelerinde, nükleer bölünme ürünlerinin hepsi atmosferden toprağa ulaşmıştır.

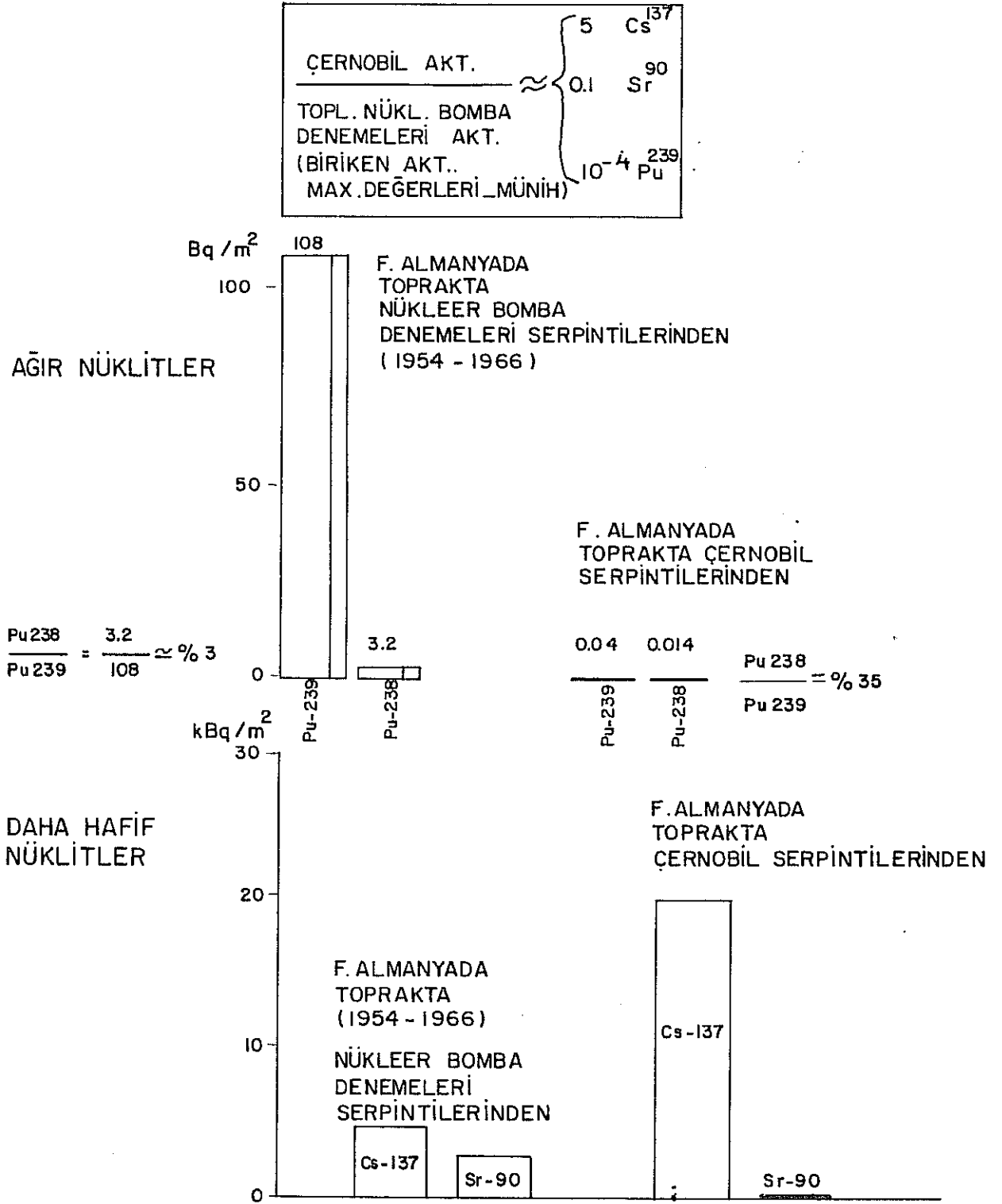
- Çernobil'de ise reaktör kazanının patlaması ve binanın yanması sonucu, nükleer bölünme ve aktivasyon ürünleri sıcak duman ile birlikte kolay uçucu olanlar başta olmak üzere yerden gökyüzüne ulaşmışlardır. Sr ve Pu gibi uçuculuğu az olanlar ise atmosfere daha az oranda yükselmişlerdir.

Çernobil karakteristikleri:

- Cs 134: Çernobil reaktörünün işleyişi sırasında nötronların bombardımanıyla yakıt eleman çubukları malzemesinde (aktivasyonla) oluşan bu radyoizotop, Çernobil öncesi gözlenmemiştir.

- Cs 134/Cs137 oranı, Çernobil serpintileriyle yüklü yağışlarda sabit olup % 55 değeri dolayındadır, (bu oranın ilerde de sabit kalacağı beklenmektedir).

- Pu 238/(Pu 239+Pu 240) oranı da yağışlarda sabit olup % 35 dolayındadır. Bu oran, nükleer bomba denemeleri serpintileri için sadece % 3-5 dir. Pu 238'in reaktörde daha çok bulunması, Çernobil oranının yüksek olmasına nedendir.



Şekil 6.14: F.Almanyada toprakta, nükleer bomba denemeleri serpintileriyle, Çernobil serpintilerinden kaynaklanan radyoaktivite miktarlarının karşılaştırılması, /3/.

6.7. Çevredeki Çernobil Radyoaktivitesinin Oluşturduğu Radyasyon

Doz Hızları, /1/, /2/, /3/

Hava ve topraktaki Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle çevredeki radyasyon doz hızı, özellikle 30 Nisan 1986 günü Güney Almanyada, önemli artış göstermiştir. Şekil 6.15'den görüldüğü gibi, Çernobil öncesi Münih çevresinde 7-8 $\mu\text{R/h}$ olan radyasyon doz hızı (Bak Bölüm 3.8), 30 Nisan sabah saat 8'den başlayarak yükselmiş ve 8 saat içinde 22 $\mu\text{R/h}$ 'a çıkmış ve daha sonra çabucak 110 $\mu\text{R/h}$ 'a erişmiş ve bundan sonraki zamanda yavaş yavaş azalarak Mayıs 1986 sonunda 20 $\mu\text{R/h}$ düzeyine inmiştir, Şekil 6.16 .

Hızlı düşme Te 132/I 132 gibi kısa yarılanma süreli, yavaş düşme de I 131 gibi daha uzun ömürlü radyoizotoplar nedeniyle olmuştur. Özellikle Sezyumun toprakta uzun yıllar tutunması nedeniyle, Çernobil öncesi değerlere dönülmesi epey zaman alacaktır. Çoğunlukla, yerden 1-2 metre yükseklikte yapılan bu ölçüler, toprak ya da bitki örtüsünde biriken radyoaktif maddelerin saçtığı gamalardan kaynaklanan doz hızlarıdır. Havada az orandaki radyoaktif maddeli taneciklerin bu doz hızlarına katkısı çok azdır. Halkın çoğunluğunun kentlerde yaşaması, asfalt yollardaki serpintilerin yağışlarla kanalizasyona ulaşması, evlerin radyasyonu zırlama özelliği nedenleriyle, halkın bu şekilde dış radyasyonun etkisiyle aldığı doz çok az olmuştur.

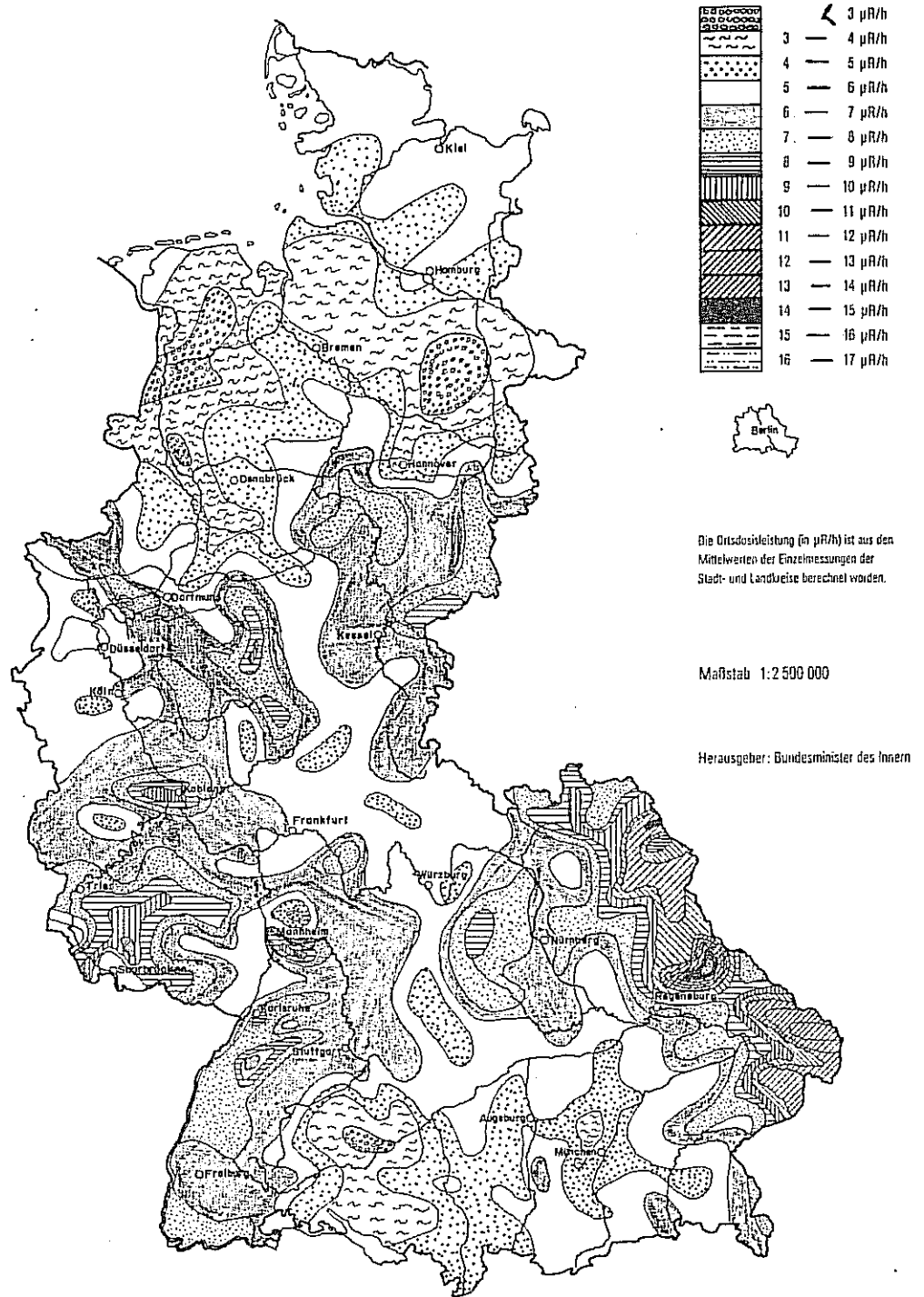
Şekil 6.17'de Münih/Neuherberg'de çayırlık bir alanda yapılan radyasyon doz hızı ölçüm sonucu ile, bunu oluşturan radyoizotopların katkıları ayrı ayrı ve toplam olarak, ilk 30 günlük süre için, karşılaştırılmaktadır.

Şekil 6.18'de, aynı yörede, 50 yıl süresince, sürekli olarak açıkta kaldığı takdirde, alınabilecek dış radyasyon dozu ve bunu oluşturan radyoizotopların katkıları görülmektedir. Bir kaç aydan sonra, en büyük katkı Cs 137 ve Cs 134'den gelmektedir.

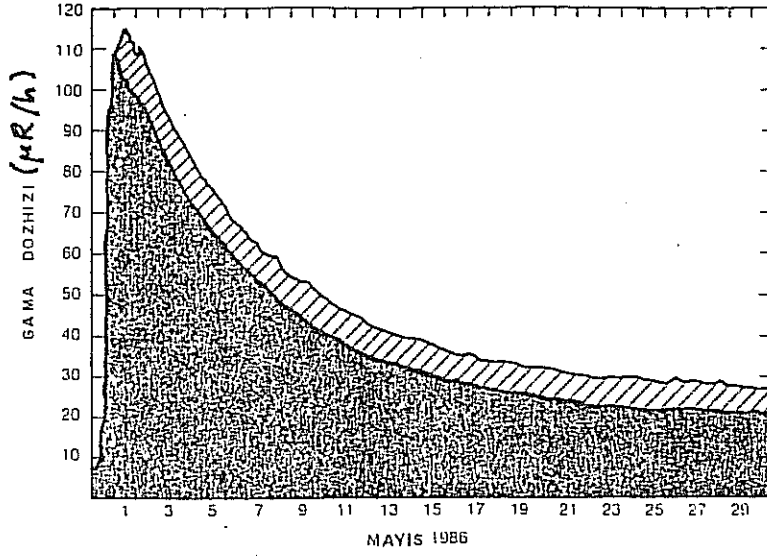
6.8. Besinlerdeki Çernobil Radyoaktivitesi, /1/

Federal Almanyada çeşitli enstitü ve laboratuvarında ölçülen besin madde örneklerinin sayısı yüzbinleri geçmiştir. Ölçü sonuçları üç bölümde değerlendirilmiştir:

- Süt ve balık dışındaki besinler,
- Süt ve süt ürünleri,
- Balık ve kabuklu hayvanlar.

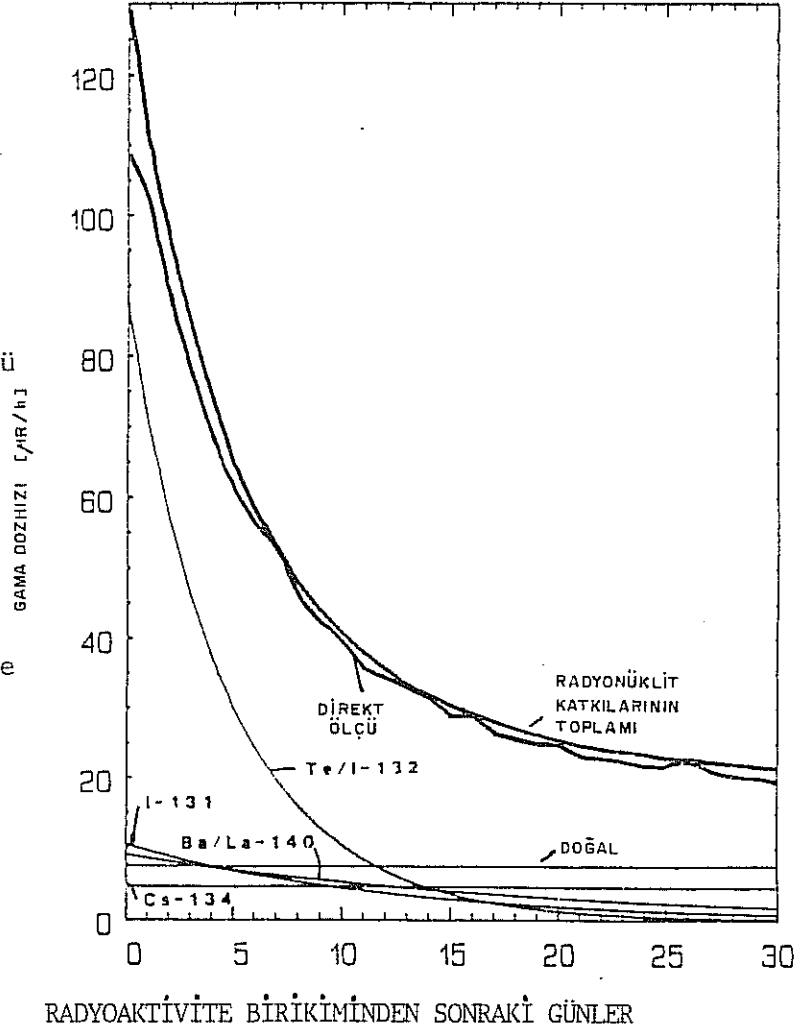


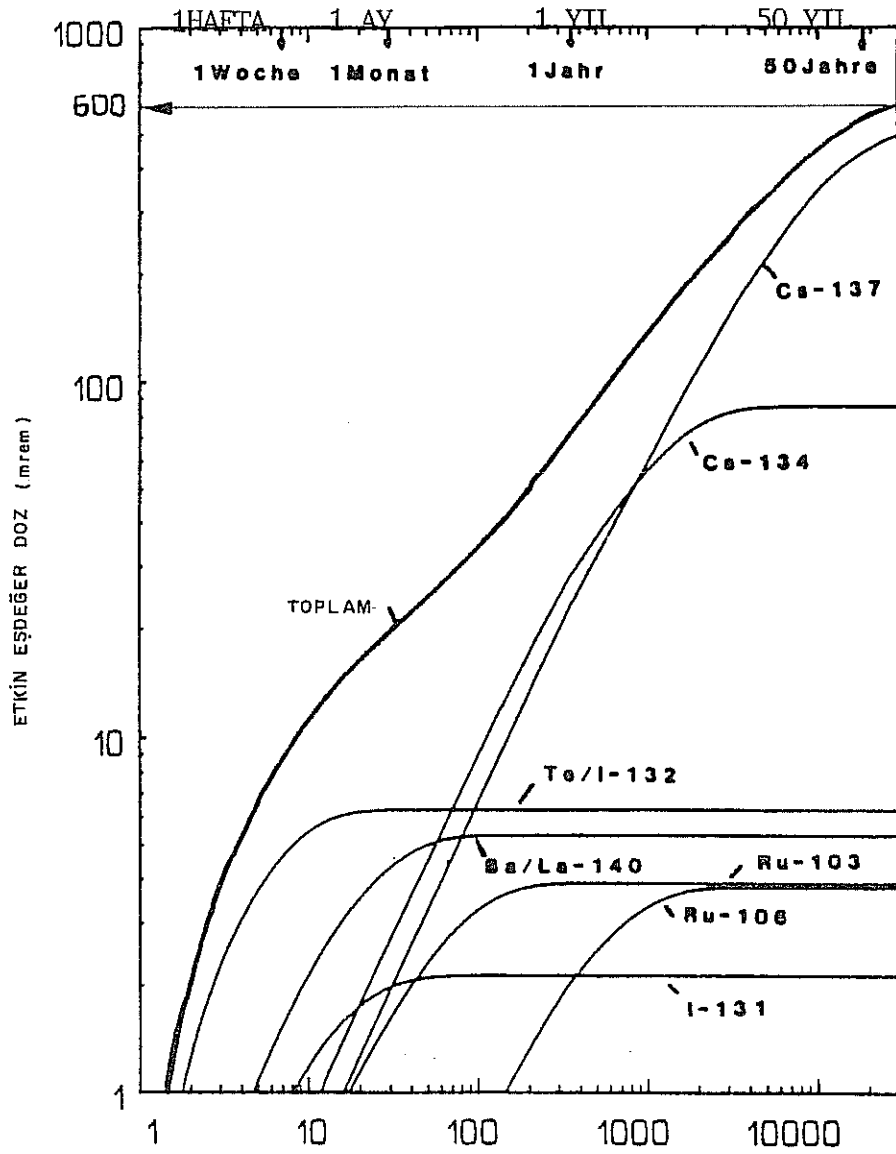
Şekil 6.15: Çernobil kazasından önce, Federal Almanyada arazide ölçülen yerel doz hızları ($\mu\text{R/h}$). Doz hızları, arazinin cinsine göre, bölgesel büyük farklılık göstermektedir./2/.



Şek.6.16 Münih/Neuherbergde çayırdı 2 m yukarda açık havada ölçülen gama dozhızları /2/. Bu dozhızları, açık havada yaşayan bir kimsenin toprak ve havadaki radyonüklitler sonucu aldığı dozu belirlemede bir ölçü olmaktadır. Çernobil öncesi bu değerler 7-8 $\mu\text{R}/\text{h}$ idi.

Şek.6.17 : Aynı yerdeki radyonüklitlerin dozhızına katkıları. Katkıların toplamı ile direkt ölçü sonuçlarını göstereneğrilerin birbirine yakınlığı şekilde görülmektedir /3/.





RADYOAKTİVİTE BİRİKİMİNDEN SONRAKİ GÜNLER

Şek.6.18 : Münih/Neuherbergde çayırdasürekli olarak yaşadığı düşünölen bir kimsenin vücudunda,gamaların dıştan ışınlanması sonucunda zamanla birikecek etkin eşdeğer dozlara,çeşitli radyonöklitlerin katkıları ve toplamı /3/.

Mayıs 1986'da I 131, Haziran 1986'dan başlayarak da Cs 137, besinlerdeki radyoaktif bulaşmaları belirlemede YÖNLENDİRİCİ RADYOİZOTOPLAR olarak kullanılmışlardır (Leitnuklide).8 günlük yarılanma süresi olan I 131, Mayıs ve Haziran 1986'da,ürünü alınacak derecede olgunlaşmış bitkisel besinler ve hayvan yemleri dışında önemli bir rol oynamamıştır. I 131'den,sadece bu çeşit yemleri yiyen hayvanlardan edinilen besinler etkilenmiştir. I 131'in bitkilerin kabuk ve yaprakları gibi dış kısımlarına bulaşması ve bunların yenirken çoğu kez atılması ya da yıkanması sonucunda, bu çeşit besinlerdeki I 131 aktivitesi az olmuştur. Buna karşılık, Sezyum izotoplarıyla olan bulaşmalar üç dönem ve cinse ayrılabilir:

- 1986 başında Sezyum izotopları, I 131'de olduğu gibi, bitkilerin dış yüzeylerinde toplanmış ve bitkilerin yıkanmasıyla önemli ölçüde azaltılmıştır.

- Suda çözünün Sezyum bileşikleri ikinci dönemde, yaprak yüzeylerinden içerlere girerek, bitkilerin dal, gövde, kök, meyva ya da tohumlarını etkilemişlerdir. Bunun sonucunda, sonbaharda toplanan meyva ve tohumlar, Mayıs ayında ortada olmamalarına rağmen, Cs 137 aktivitesi göstermişlerdir. Mayıs ayında yapraksız olan bitkilerde, radyoaktif madde bulaşması çok az olmuştur(Federal Almanyada 1986 baharı normalin altında soğuk geçmiştir).

- Üçüncü dönem, önümüzdeki yıllarda bitkilerin topraktan Sezyum alma dönemini kapsamaktadır. Sezyumun toprakta oldukça iyi tutunması nedeniyle, köklerden bitkinin yenecek yerlerine ulaşması ve bu yolla insanlara geçmesi ilk iki dönemdekine oranla çok daha az olacaktır.

6.8.1. Süt ve Balık Dışındaki Besinler

1986 sonuna kadar 50000 kadar ölçü sonucu değerlendirilmek için toplanmış olmakla birlikte, bunların çoğu, örneğin cinsi, alındığı yer ve günü gibi eksik ya da yanlış bilgiler nedeniyle değerlendirilme dışı bırakılmıştır. Arta kalanlar da, tam olarak temsilci değerler niteliğinde olmamışlardır. Bu durum, özellikle radyoaktif maddelerle bulaşmanın oldukça çok olduğu Mayıs ayı için geçerlidir. Örneğin Mayıs 1986'da, radyoaktivitesinin yüksek olduğu bilinen tarla marulundan, sera maruluna oranla daha çok örnek alınarak ölçülmüştür. Halbuki tüketici daha çok sera marulunu yeğlediğinden, bu yolla insana ulaşan radyoaktif madde miktarı, hesaplananların çok altında olmuştur. Kısa sürede çok sayıda örneği ölçme durumunda olan ölçü laboratu-

varları, çok kez evlerde olduğunun aksine, sebze ve meyvaları yıkamadan ya da dış yapraklarını atmadan veya kabuklarını soymadan ölçmüş ve bu nedenlerle çıkan sonuçlar gerçek değerlerin çok üstünde olmuştur. Ayrıca, özellikle 1986 Mayısında sınır değerlerin üstünde radyoaktivite gösteren sebzeler çokça ölçülmüş ve fakat bunlar toplatıldığından tüketiciye ulaşmamıştır.

Bütün bu nedenlerle, ölçü sonuçlarına göre hesaplanan ve insana ulaştığı sanılan radyoaktif madde miktarının, hiç değilse ilk haftalarda, gerçekteki değerlerin çok üstünde olduğu açıktır. Bu nedenlerle, Tablo 6.3'de verilen besinlerdeki ortalama Cs 137 aktivitesi değerleri, insana sindirim yoluyla ulaşan radyoaktif maddelerin hesaplanmasında bir temel olmaktan uzaktır.

Tablo 6.3: Besinlerdeki Cs 137 özgül aktivitesi Bq/Kg ,
(Çeşitli laboratuvarların bildirdikleri değerlerin ortalamaları alınmıştır),/1/.

BESİNLER	AYLAR, (1986)							
	5	6	7	8	9	10	11	12
Sebzeler								
Tarla Salatası	42,8	33,7	11,5	2,0	2,7	2,7	10,3	2,8
Kıvırcık "	48,7	32,9	10,6	1,7	3,8	1,9	1,1	2,6
Taze Soğan	57,3	55,0	15,2	3,0	3,1	1,6	-	2,5
Ispanak	170,8	63,0	6,6	10,6	7,3	2,0	3,1	2,4
Meyvalar								
Çilek	8,5	17,2	9,9	1,7	6,6	8,4	3,9	12,8
Frenk Üzümü	-	164,5	75,0	23,2	84,1	107,3	-	-
Kiraz	30,5	55,6	26,6	16,7	25,2	8,5	97,0	-
Bal	45,8	42,6	41,7	36,9	38,4	24,7	28,2	26,2
Fındık	-	-	-	551,0	198,8	191,2	197,1	160,1
Çavdar	-	22,0	94,3	54,8	24,2	18,4	12,0	10,6
Etler								
Siğir	149,4	51,3	38,1	26,3	19,3	13,4	21,0	27,3
Domuz	21,5	20,2	10,2	14,1	20,2	22,0	9,9	18,7
Koyun	126,1	131,8	62,5	74,2	52,7	65,5	62,3	54,1
Geyik	462,0	364,6	165,3	142,3	251,2	388,8	124,6	214,6

Federal Almanyanın çeşitli yörelerinde Çernobil radyoaktivitesiyle yüklü bulutların yerine göre farklı yağış bırakmaları, buralardaki bitkileri az ya da çok bulaştırmakla birlikte, bitkilerin, yöresel iklim değişiklikleri nedeniyle, az ya da çok yapraklı olmaları, bunlardaki bulaşma derecesini etkilemiştir. Radyoaktif maddelerle yoğun derecede yüklü bulutların bıraktığı yağışlar, henüz iyice gelişmemiş bitkileri az etkilerken, radyoaktivitesi daha az olan yağışlar, yaprakları gelişmiş bitkileri daha çok etkilemiştir.

Tablo 6.4 ve 6.5'de Münih bölgesinde ölçülen çeşitli besinlerdeki özgül radyoaktivite değerleri gösterilmektedir.

6.8.2. Süt ve Süt Ürünleri

30000 kadar ölçü sonucu eleme ve değerlendirmeye tabi tutulmuş, zamana bağlı radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir.

Şekil 6.19 ve 6.20, sırasıyla, Almanyada en düşük ve en yüksek konsantrasyonların ölçüldüğü kuzeydeki Schleswig Holstein ile güneydeki Baviera eyaletlerindeki saf inek sütündeki I 131 ve Cs 137 aktivite değerlerini göstermektedir.

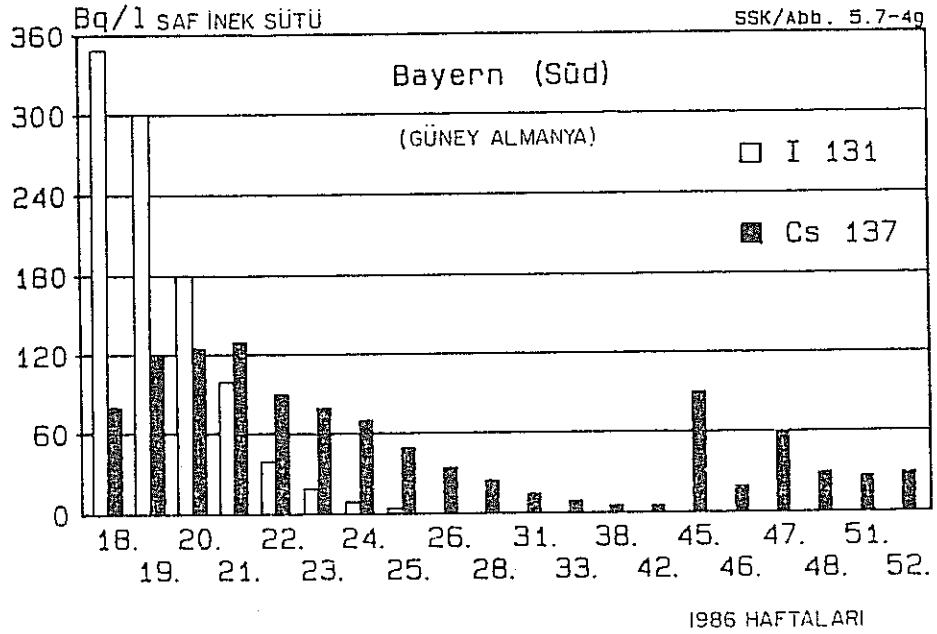
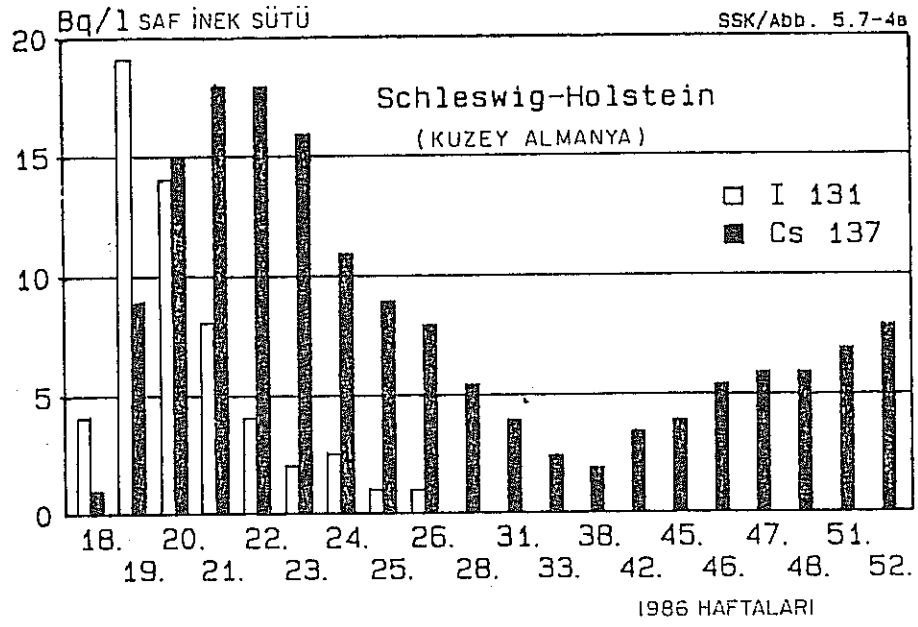
Münih/Neuherberg'deki GSF enstitüsünde, daha önceden beri (1985) yapılmakta olan çalışmalar, hayvan yemine katılan radyoaktif iyotun çok kısa sürede süte geçtiğini göstermiştir, /2/. KATRİN (Kuh zur Analyse des Transfers von Radionükliden in Nahrungsmitteln = Besinlerdeki radyonüklitlerin transferinin analizine olanak sağlayan inek) adı takılan inek GSF'deki bir ağılda 6 ay kadar incelemeye tabi tutulmuştur. Yemine, az miktarlarda Co 60, Cs 137 ve diğer radyonüklitler konmuş, bunların süte ve dışkıya geçiş miktarı hergün incelenmiştir. Bunlardan başka, KATRİN'in yemine büyük zaman aralıklarıyla iyot 131 de katılmıştır. Yem yemesinden bir kaç saat sonra, sütünde iyot 131 belirlenmiştir. Sütteki iyot 131 miktarı, 25 saatlik Etkin Yarılanma Süresi göstererek azalmıştır. KATRİN'in vücudundaki aktivite, haftada bir, tüm vücut ışınlanması alet sisteminde ölçülmüştür, Şekil 6.21. Böylelikle, hayvanın etine de radyonüklitlerin geçişi incelenmiştir (Etkin Yarılanma Süresi: Bölüm 3.5'e bakınız).

Tablo 6.4 : Münih yöresinde yetişen bitkisel besinlerdeki toplam Sezyum özgül aktivitesinin değişimi Bq/kg-taze bitki /1/.

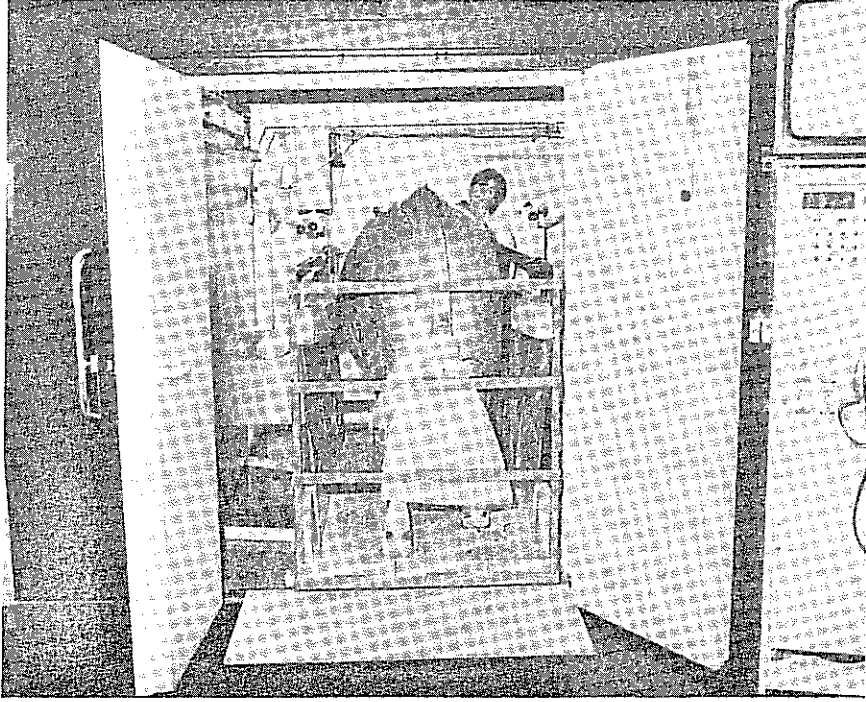
BESİNLER	Cs 134 + Cs 137 [Bq / kg taze ağırlık]			
	6.86	7.86	8.86	9.86
ÇİLEK	10 - 180	--	--	--
DAĞ ÇİLEĞİ	150 - 240	70 - 180	--	--
FRENK ÜZÜMÜ	300 - 600	40 - 530	70 - 450	--
AHU DUDU	--	60 - 210	--	--
MAVİ FRENK ÜZÜMÜ	--	70 - 450	110 - 200	--
BÖĞÜRTLEN	--	--	20 - 150	--
MEYVALAR (ÇEKİRDEKLİ)	--	60 - 300	10 - 270	20 - 190
MEYVALAR (KOÇANLI)	--	15 - 80	10 - 80	10 - 110
MANTAR	<5 - 70	15 - 675	45 - 3220	10 - 16000
KIŞ ÜRÜNLERİ (TAHİL)				
ÇAVDAR	--	--	10 - 200	--
KIŞ ARPASI	--	--	25 - 285	--
KIŞ BUĞDAYI	--	--	< 5 - 110	--
YAZ ÜRÜNLERİ (TAHİL)				
YULAF	--	--	< 5 - 85	--
YAZ ARPASI	--	--	< 5 - 20	--
YAZ BUĞDAYI	--	--	< 5 - 50	--

Tablo 6.5 : Münih yöresindeki etlerde, toplam Sezyum özgül aktivitesi Bq/kg /1/.

ETLER	Cs 134 + Cs 137 Bq/kg						
	5.86	6.86	7.86	8.86	9.86	10.86	11.86
AV ETİ	-	70-3420	220-1800	120-300	50-1130	-	-
SIĞIR ETİ							
YAYLAK	<5-830	<5-790	20-385	-	-	-	-
	-	-	-	30-220	10-90	10-30	20-180
AĞIL	<5	< 5-30	20-30	-	-	-	-
DOMUZ ETİ							
NORMAL YEMLE BESLENME (HUHUBAT)	<5	5-20	5-20	6-20	10-20	10-90	10-75
SÜTHANE YEMLERİYLE	-	160-170	100-200	-	-	-	-



Sek.6.19 / 6.20: Kuzey ve Güney Almanyada saf <işlenmemiş> inek sütündeki I 131 ve Cs 137 aktivitelerinin karşılaştırılması /1/.

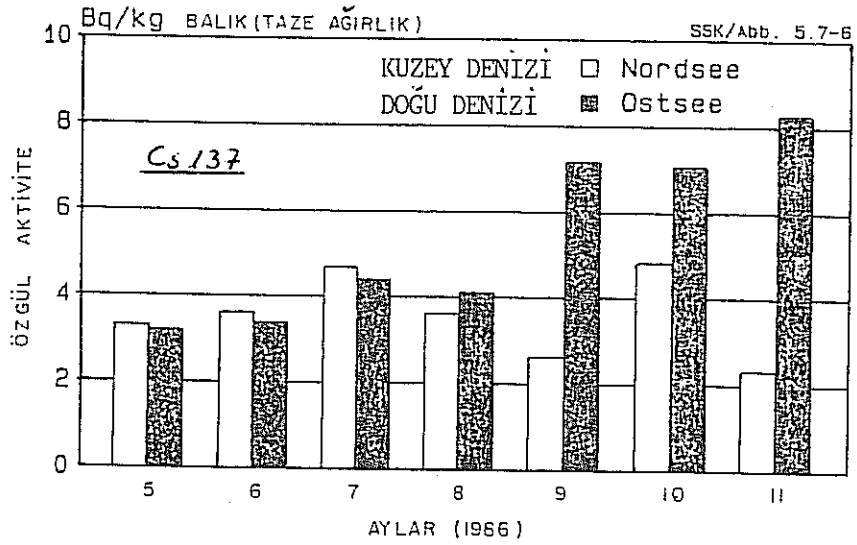
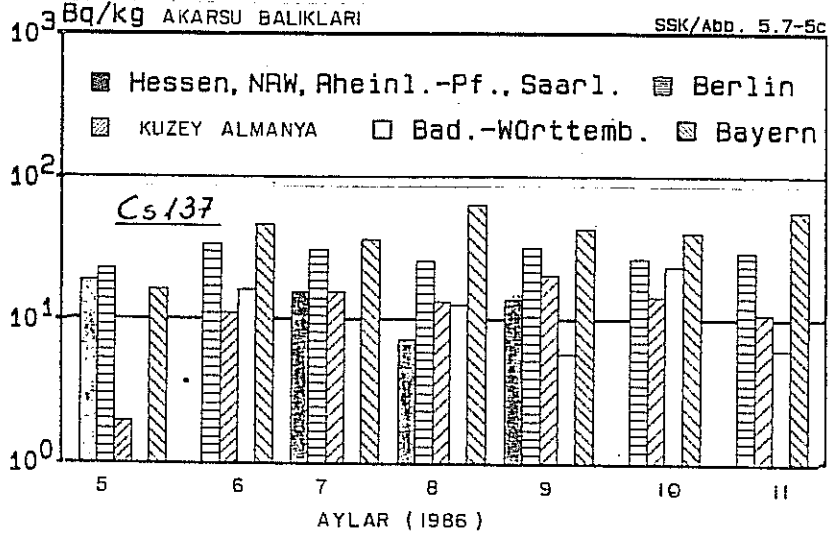
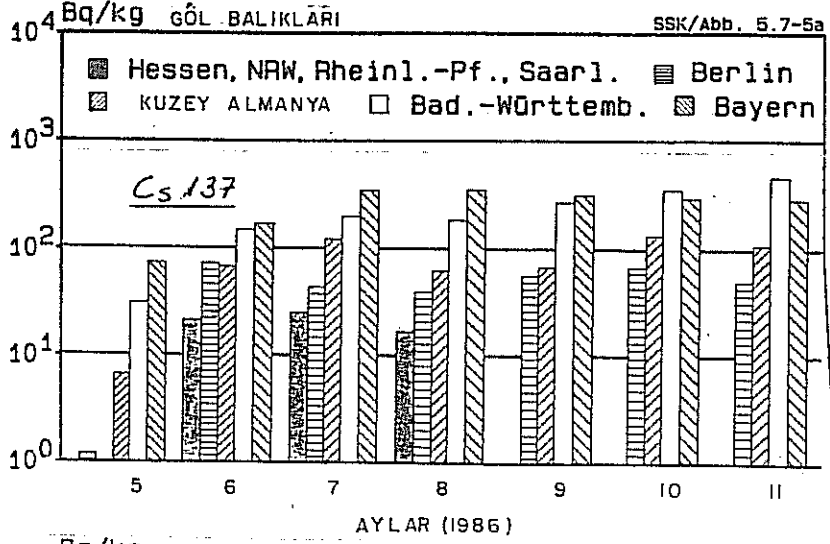


Şekil 6.21: KATRİN adı verilen ineğin yemine az miktarda katılan radyoaktif maddeler yoluyla, radyonüklitlerin süte ve ete geçişi incelenmiş, şekildeki gibi "Tüm vücut Işınlanma Alet Sistemiyle" KATRİN'in vücudundaki aktivite ölçülmüştür,GSF /2/.

6.8.3. Balık

Balık etinin radyoaktif madde ölçümleri için hazırlanması vakit aldığından, ölçümler balık örnekleriyle yapılmıştır. I 131 kısa yarılanma süresi nedeniyle sadece Mayıs 1986'da görülmüş, daha sonraları Cs 137 etkili olmuştur. Şekil 6.22 çeşitli eyaletler göl balıklarındaki Cs 137, Şekil 6.23 çeşitli eyaletler akarsu balıklarındaki Cs 137, Şekil 6.24 Kuzey ve Doğu Deniz balıklarındaki Cs 137 değerlerini göstermektedir.

Bu şekillerden görüldüğü gibi, F.Almanyanın kuzeyindeki denizlerde yetişen balıkların aktivitesi, göl ve akarsu balıklarına oranla çok düşük olmuştur.



Şek.6.22 / 6.23 / 6.24: Çeşitli eyaletler göl ve akarsularıyla, Kuzey ve Doğu Denizlerindeki balıklardaki Cs 137 özgül aktiviteleri /1/.

7. HALKIN ETKİLENDİĞİ RADYASYON DOZUNUN HESAPLANMASI,/1/,/YA/

Çevre ve besinlerin Çernobil kaynaklı maddelerle bulaşması sonucunda halk ışınlanmıştır. Halkın ışınlanması başlıca aşağıda açıklanan yollarla olmuştur, Şekil 7.1 ve 7.2 .

A. Hava ve yerdeki bulaşma ve buralardan edinilen besinler yoluyla:

- Radyoaktif maddelerle yüklü hava tabakalarının insanı dıştan ışınlanması (Submersiyon, şekillerdeki 1 nolu yol).
- Yerde biriken radyoaktif maddelerin insanı dıştan ışınlanması (Yer ışını, şekillerdeki 2 nolu yol).
- Solunum yoluyla gövde içine giren radyoaktif maddelerin içten ışınlanması (Solunum, şekillerdeki 3 nolu yol).
- Besinler yoluyla içten ışınlanma (Sindirim, 4 nolu yol).

B. Sular ve sularda yaşayan balık vb. gibi canlılar yoluyla:

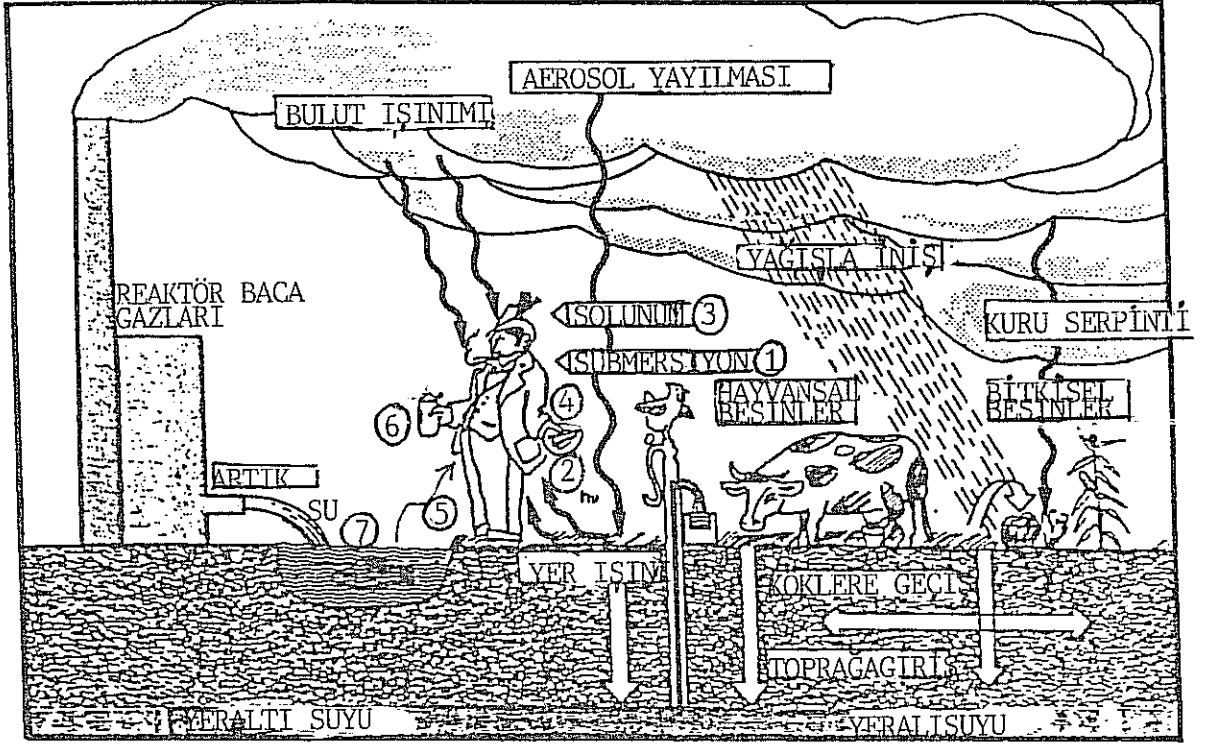
- Su kitlesindeki radyoaktif maddelerin insanı dıştan ışınlanması (su, sediment ve çamurdaki radyoaktif maddeler, şekillerdeki 5 nolu yol).
- İçme sularındaki radyoaktif maddelerin insanı içten ışınlanması (sindirim, 6 nolu yol).
- Sularda yaşayan balık vb. canlıların yenmesiyle insanın içten ışınlanması (sindirim, 7 nolu yol).

Federal Almanyada içme suyuyla ışınlanma çok az olmuştur. 4 hafta boyunca I 131 ve Cs 137 konsantrasyonu 1 Bq/lt kabul edilerek, günde 2.4 lt gibi oldukça fazla bir su içme değerinden gidildiğinde, yetişkin bir kişi için bulunan "etkin eşdeğer doz" 0.001 mSv(=0.1 mrem), Guatr Dozu da 0.03 mSv (=3 mrem) den daha azdır.

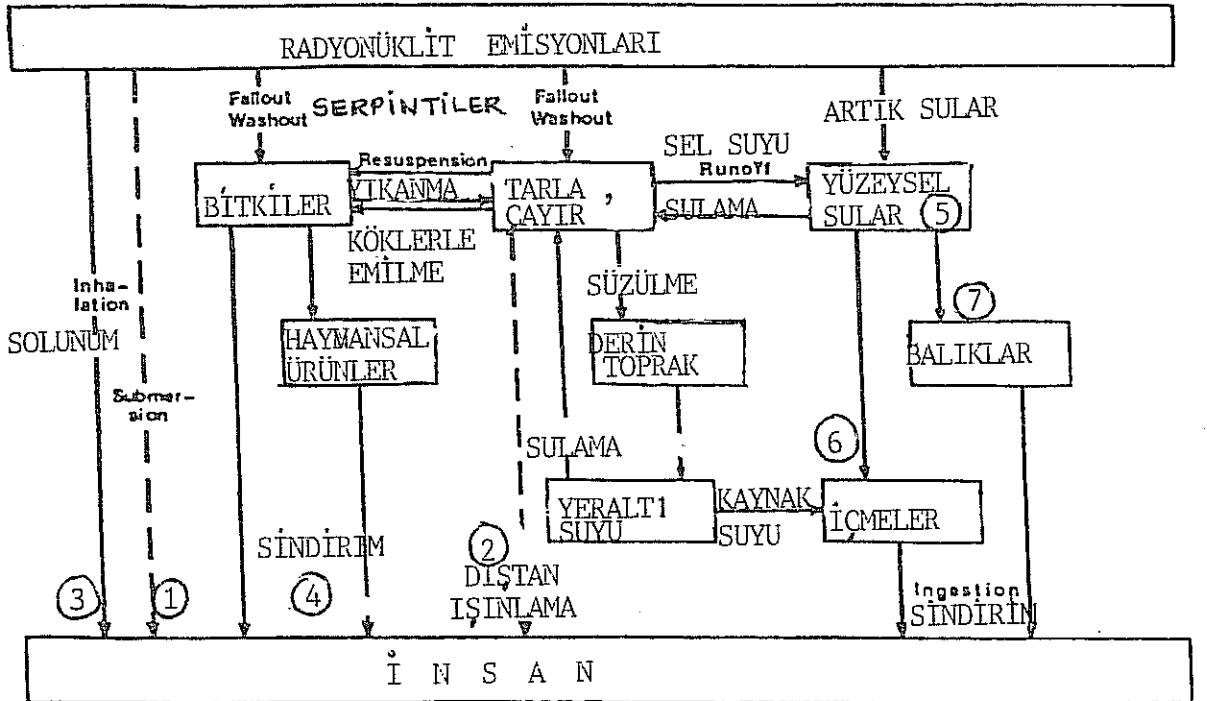
Sulardaki radyonüklit konsantrasyonları toprak yüzeylerindeki kadar çok daha az olduğundan, yüzme ve su sporları yoluyla alınan radyasyon dozları, yerden ya da topraktan ışınlanmaya oranla ihmâl edilebilecek düzeydedir.

Sedimentlerin özgül aktivitesi topraktaki gibi olmuş ve yerin ışınlanmasının hesabında, sedimentlerin katkısı da göz önüne alınmıştır.

Tatlı su balıkları Almanyada az yendiğinden(ortalama değer yılda 1.3 Kg kadar), bu yolla insanı etkileyen radyasyon dozu da ihmâl edilebilir düzeydedir.



Şek.7.1: İNSANIN İŞINLANMA YOLLARI /3/.



Şek.7.2: Zamana bağlı ECOSYS-Bilgisayar programındaki kompartman modeli/3/

7.1. Çernobil Kazasından Sonraki İlk Yılda Federal Almanya Halkını Etkileyen Radyasyon Dozunun Tahmini(Doz hesapları yöntemlerinin ayrıntıları için /30/'a bakınız)

Münih Bölgesinde

Radyasyon dozunun hesaplanmasında şu varsayımlar yapılmıştır:

- Submersiyon için (Şekildeki 1 nolu yol):

- * Halkın,zamanın % 20'sini açık havada geçirdiği,
- * Evler için zırhlama faktörünün 0.3 olduğu,

Yapılan hesaplar, Submersiyon yoluyla alınabilecek radyasyon dozunun toprağın ışınlanmasına oranla önemsiz olduğunu göstermiştir.

- Yer (toprak) ışınlanması(şekildeki 2 nolu yol):

- * Halkın zamanının % 20'sini açık havada geçirdiği,
- * Evler için zırhlama faktörünün 0.03 - 0.3 olduğu,

- Solunum (şekildeki 3 nolu yol):

Evlerin havadaki tanecikleri filtrasyonu gözönüne alınmamıştır. Bu nedenle, bu yolla hesaplanan radyasyon dozunun, gerçektekinin iki kat üstünde olduğu sanılmaktadır. Solunum yoluyla oluşan radyasyon dozu (H) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$H = A \cdot v \cdot f_{Sol.}$$

A : Belirli bir radyoizotopun havadaki konsantrasyonunun zaman integrali (Bq·h/ m³),

v : Günlük solunum hacmi (m³/ d),

f_{Sol.}: Solunum doz faktörü (rem / Bq).

- Sindirim (şekildeki 4 nolu yol)

Besinlerin yenme cins ve miktarının, aşağıdaki hususlar da göz önüne alınarak, Federal Almanyadaki 1984 yılındaki Besin Raporu /DGE 84/ verilerine göre olduğu varsayılmıştır:

- * Radyasyondan Korunma Komisyonunun önerilerine uyulmuştur.
- * Süt ve yapraklı sebzelerin ortalama yenme miktarı Mayıs 1986 da yarı yarıya azalmıştır.

Sidirim yoluyla oluşan radyasyon dozu hesabı için şunların bilinmesi gerekmektedir:

- * Her besin için zamana bağlı özgül radyoaktivite değerleri(Bq/Kg),
- * Bu besinden kişinin yaşına bağlı olarak yenme veya içilme miktarı,
- * Her radyoizotopun, kişinin yaşına bağlı olarak, ilgili organlarda oluşturacağı dozlar(= Doz faktörleri/ Doz katsayıları, Bak: Ek 8).

Hesaplar oldukça karmaşık olup, örneğin Münih'teki GSF enstitüsünde bulunan tipte bir bilgisayar programı(ECOSYS PROGRAMI) varsa ve yeterli ölçü sonuçları olduğunda güvenilir bir şekilde yapılabilir.

Şekil 7.2'de gösterilen ECOSYS-kompartman modelinde kullanılan, halkın yediği besinlerin cins ve miktarları örneğin şöyledir:

- * Yetişkinlerin (20 ile 70 yaşları arası) yılda ortalama olarak yedikleri besin miktarı yaklaşık olarak 500 Kg'dır. Bu besinlerin dağılımı:
100 Kg patates, 100 lt süt ve süt ürünleri, 70 Kg tahıl, 60 Kg domuz eti , 25 Kg sığır eti, 30 Kg sebze, 7 Kg yapraklı sebze, 2 Kg kök sebze ve yaklaşık olarak 100 kg diğerleridir.

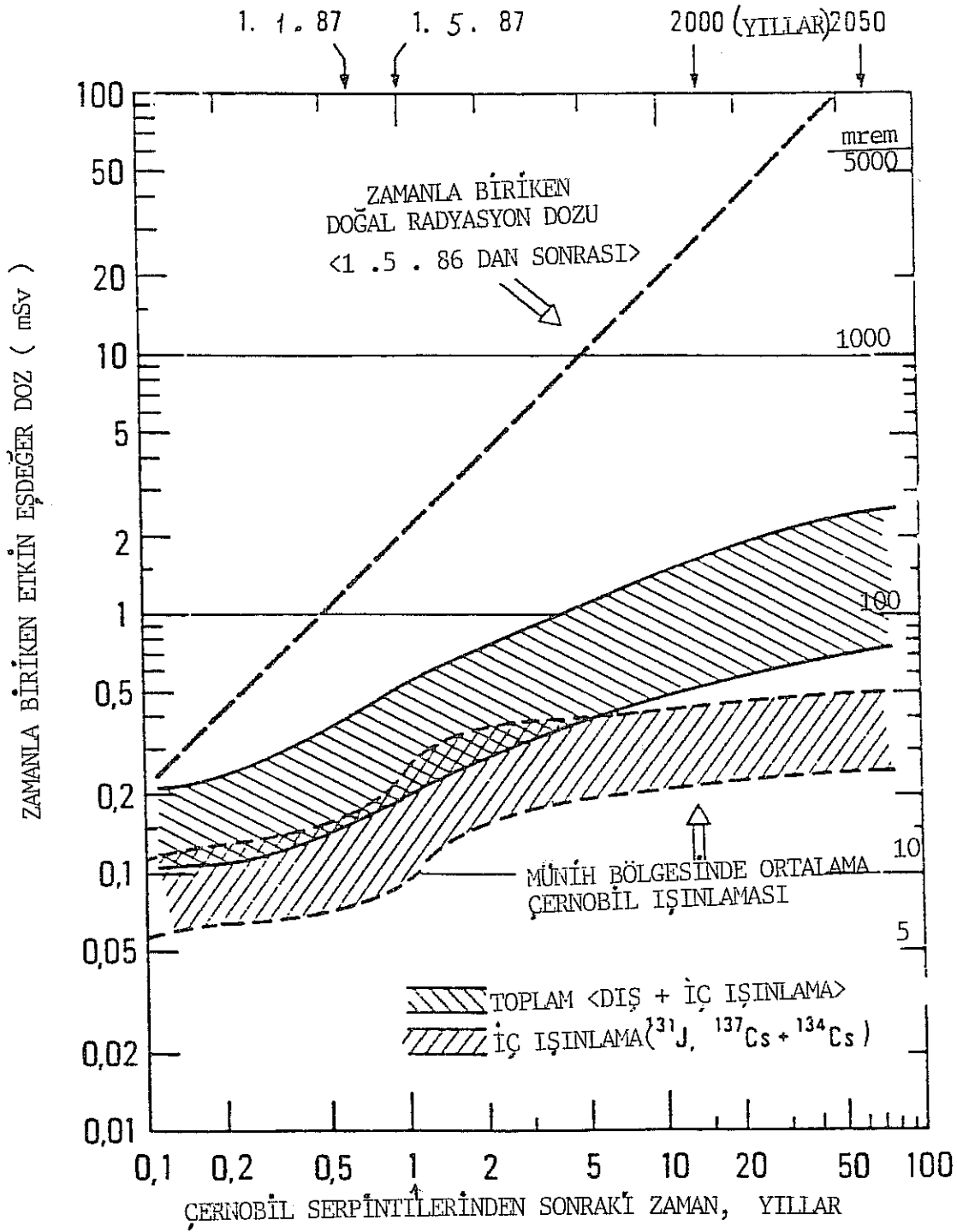
Yapılan ölçümlerin değerlendirilmesine ve yukardaki varsayımlara dayanılarak edinilen sonuçlar, Münih bölgesi ve kazadan sonraki ilk yıl için olmak üzere Tablo 7.1'de gösterilmiştir. Bu değerler, bir yıl önce aynı bölge için yapılan tahminlerin yarısı düzeyindedir.

Şekil 7.3'de Münih bölgesinde, uzun sürede beklenen radyasyon dozları gösterilmiştir.

Tablo 7.1'deki değerler, Federal Almanyada Tuna nehrinin güneyinde kalan bölgeler için(genellikle) geçerlidir. Sadece Alplerin etekleri gibi birkaç yörede, tablodaki değerlerin iki katı dolayında dozlar hesaplanmıştır.

Achen ve Batı Berlin gibi kuzeydeki bölgelerde ise, Münih çevresi için hesaplanan dozların üçte biri düzeyinde değerler bulunmuştur.

Münih bölgesinde yapılan Tüm Vücut Işınlaması ölçümlerinde, çocuklar için ortalama gatr dozunun I 131 izotopunun etkisiyle 2.6 mSv(=260 mrem) olduğu saptanmıştır.



Sek.7.3 : Çernobil kazası sonucunda, Münih yöresinde uzun sürede beklenen radyasyon dozları. Karşılaştırmak için, doğal radyasyonun zamanla oluşturacağı dozlar, şeklin üst bölümünde kesikli çizgiyle gösterilmiştir /24/.

Tablo 7.1: Münih bölgesinde 1 Mayıs 1986 ile 30 Nisan 1987 arasındaki kişi başına tahmini radyasyon dozları, /1/.

YAŞ GRUBU DOZ CİNSİ	YEREL IŞINLAMA	SOLUNUM	SİNDİRİM	TOPLAM
ÇOCUKLAR :				
ETKİN DOZ	<i>mSv</i> → 0,15 - 0,5 (<i>mrem</i>) × (15 - 50)	0,06 (6)	0,1 - 0,35 (10 - 35)	0,3 - 0,9 (30 - 90)
GUATR DOZU	0,15 - 0,5 (15 - 50)	0,55- 1,1 (55 - 110)	1 - 4 (100 - 400)	2 - 5 (200-500)
YETİŞKİNLER :				
ETKİN DOZ	0,1 - 0,3 (10 - 30)	0,03 (3)	0,07 - 0,22 (7 - 22)	0,2 - 0,5 (20 - 50)
GUATR DOZU	0,1 - 0,3 (10 - 30)	0,35-0,7 (35 - 70)	0,55 - 1,2 (55 - 120)	1 - 2 (100-200)

(Çevredeki çeşitli ortamların ve besinlerin radyoaktif maddelerle bulaşma değerlerinden gidilerek tahmin edilmiştir)

Cs 134 ve Cs 137 izotoplarının, Tüm Vücut Işınlanması Ölçümlerine dayanılarak bulunan ortalama etkin dozları, kazadan sonraki ilk yıl için aşağıda görülmektedir.

ALMANYADA BÖLGELER	ETKİN DOZ mSv(mrem)	
	Erkekler	Kadın ve Çocuklar
Ön Alplerde	0.15(15)	0.1(10)
Tunanın güneyinde	0.07(7)	0.05(5)
Tunanın kuzeyinde	0.03(3)	0.02(2)

Beslenme alışkanlıklarındaki farklılığa göre, halkın etkilenebileceği maksimum dozun bu tablodaki değerlerin iki katı kadar olabileceği tahmin edilmektedir.

Bazı varsayımlarla model hesaplamalarına dayanan Tablo 7.1'deki sonuçların, Tüm Vücut Işınlanması ölçümlerine dayalı yukarıdaki tablo değerlerinden daha yüksek olması, tutucu varsayımlara ve oldukça yüksek radyoaktivite konsantrasyonları değerlerinin hesaplarda kullanılmasına bağlanabilir. Özellikle sindirim yoluyla vücuda giren radyoaktif maddelerin etkisi yoluyla bulunan dozlar abartılmış olmakla birlikte, tutucu olduğu için yararlıdır.

7.2. Gelecekteki Radyasyon Dozunun Tahmini

İlk yıldan sonraki ve gelecekteki radyasyon dozu, Cs 134 ve Cs 137 izotoplarının katkılarından oluşacaktır.

Dıştan ışınlanma

Halkın dıştan ışınlanması, yerin(toprağın) birim yüzeyindeki radyoaktif bulaşma derecesinin yanı sıra, açıkta bulunma süresi, yapıların zırhlama faktörleri gibi daha başka faktörlere de bağlıdır.

Mayıs 1987'den başlayarak önümüzdeki 50 yıl sonuna kadar, doğal radyasyonun katkısı dışında, hesaplanan radyasyon doz değerleri Tablo 7.2'de bulunmaktadır.

Tablo 7.2: Mayıs 1987'den başlayarak gelecek 50 yılda, dıştan ışınlanma yoluyla kişi başına alınacak radyasyon dozları,/1/.

F.Almanya Bölgeleri	Dıştan ışınlanma yoluyla 50 yıldaki dozlar	
	mSv	mrem
Ön Alplerin etekleri	0.6 - 3.6	(60-360)
Tunanın güneyi	0.3 - 1.8	(30-180)
Tunanın kuzeyi	0.05- 0.4	(5 -40)

İçten ışınlanma

Halk, en çok sezyum izotoplarıyla bulaşmış yiyeceklerden süt, süt ürünleri ve çeşitli etler yoluyla içten ışınlanacaktır. Nisan/Mayıs 1987 de Almanyanın kuzey bölgelerinde Cs 137 sütte 8 Bq/lt, güney bölgelerde ise 20 Bq/lt dolayında değerler göstermiştir (Güneydeki bazı yörelerde 100-170 Bq/lt arasında aşırı değerler de ölçülmüştür).

Diğer bazı besinlerde ölçülen Cs 137 değerleri ise:

Geyik etinde : 200 Bq/Kg

Domuz, dana ve sığır etlerinde : 20 -40 Bq/Kg,

Mantar dışındaki diğer besinlerde çok az.

Sindirim yoluyla önümüzdeki 50 yıl için hesaplanan içten ışınlanma değerleri Tablo 7.3'de gösterilmiştir. Tablo 7.4, önümüzdeki 50 yıl için dıştan ve içten ışınlanmalar sonucunda oluşacak radyasyon dozlarının toplamını göstermektedir.

7.3. Çernobil Radyoaktivitesinin Federal Almanya Halkında Oluşturduğu Toplam Radyasyon Dozu

Tablo 7.5'de, daha önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanan değerlerin toplamı özetle verilmiştir. Bu değerler, kaza sırasında henüz çocuk yaşlarında bulunan kimselerin yaşamları boyunca Çernobil radyoaktivitesinden ortalama olarak ne ölçüde etkilenebileceklerini göstermektedir.

Toplum içinde, yaşam ve beslenme alışkanlıklarındaki farklılığa göre bazı kimselerin, bu ortalama değerlerin iki ve üç katı dolayında doz alması da düşünülebilir.

50 yılın sonunda, radyoizotopların iyice parçalanması ve toprağın daha derinlerine girerek seyrelmesi nedenleriyle, daha sonraki yıllardaki katkısı önemsiz derecede az olacaktır.

Tablo 7.3: Mayıs 1987'den başlayarak geçecek 50 yıl süresince sindirim yoluyla kişi başına alınacak radyasyon dozları, /1/.

F.Almanya Bölgeleri	Sindirim yoluyla alınacak 50 yıllık radyasyon dozları	
	mSv	mrem
Ön Alpler	0.2 - 0.5	20 - 50
Tunanın güneyi	0.1 - 0.3	10 - 30
Tunanın kuzeyi	0.05- 0.1	5 - 10

Tablo 7.4: Mayıs 1987'den başlayarak geçecek 50 yılda, iç ve dıştan ışınlanma yollarıyla toplam olarak kişi başına alınacak radyasyon dozları,/1/.

F.Almanya Bölgeleri	İç ve dıştan alınacak toplam radyasyon dozları	
	mSv	mrem
Ön Alpler	0.8 - 4.1	80 - 410
Tunanın güneyi	0.4 - 2.1	40 - 210
Tunanın kuzeyi	0.1 - 0.5	10 - 50

Tablo 7.5: Çernobil kazasından sonraki ilk ve 50 yıl sonunda kişi başına oluşacak "ortalama etkin dozlar",/1/.

F.Almanya Bölgeleri	Kazadan sonraki ilk yılda oluşacak doz		kazadan sonraki 50 yılda oluşacak toplam doz	
	mSv	mrem	mSv	mrem
Ön Alpler	1.2	(120)	3.8	(380)
Tunanın güneyi	0.6	(60)	1.9	(190)
Tunanın kuzeyi	0.2	(20)	0.6	(60)

8. ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN FEDERAL ALMAN HALKINDA OLUŞTURDUĞU RADYASYON DOZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE HASAR OLASILIĞI(RİSKİ), /1/,/YA/

Çernobilin oluşturduğu radyasyon dozlarının değerlendirilmesi, DOĞAL RADYASYON DOZU ile karşılaştırma ve hasar olasılıkları(riski) gözönüne alınarak yapılabilir.

Burada şunu belirtmek gerekir ki, Çernobilin oluşturduğu ölçüde, ve doğal radyasyonun da sürekli olarak oluşturmakta olduğu alçak düzeylerdeki radyasyon dozlarının, insanda herhangi bir etkisinin henüz gözlenememiş olduğudur. Halkın korunmasına yönelik, alçak dozlardaki hasar olasılıklarının da belirlenmesi, ancak yüksek dozların oluşturduğu hasarlardan gidilerek, alçak dozlara doğru uzatmayla (ekstrapolasyonla) mümkün olmaktadır (nükleer tıp uygulamaları, Hiroşima ve Nagasakiye atılan Atom Bombalarının etkileri ve çeşitli hayvanlar üzerinde yapılan deneylerin sonuçları göz önüne alınarak).

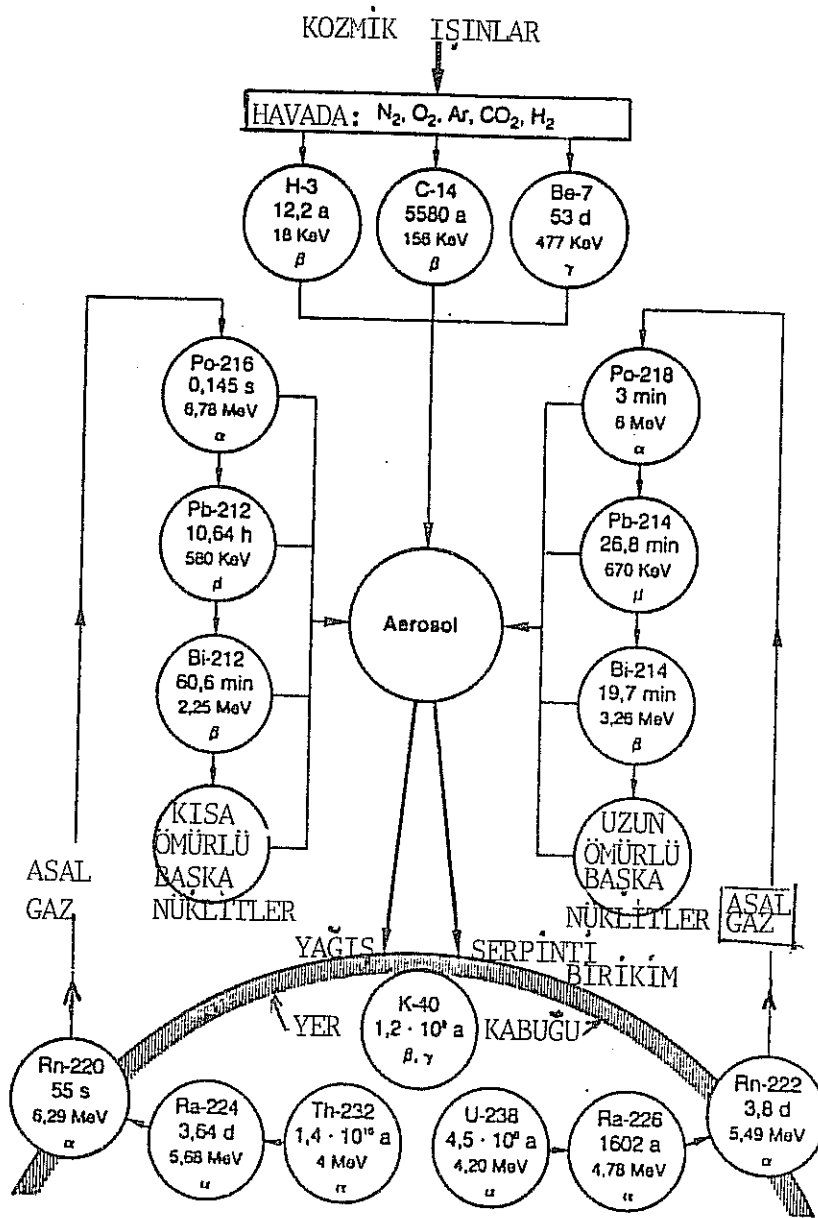
8.1. Doğal Radyasyon Dozlarıyla Karşılaştırma

Şekil 8.1 doğal radyonüklitlerin ortaya çıkışını, radyoaktif parçalanma ve yayılmalarını göstermektedir. Görüldüğü gibi, kozmik ışınların etkisiyle havadaki Azot, Oksijen, Argon ve CO₂ gibi maddelerden, trityum ve C 14 gibi radyoizotoplar oluşmakta, bunlar havadaki taneciklerle (aerosollerle) birlikte yeryüzüne serpilerek bitkiler ve hayvanlar yoluyla, ya da dolaysız olarak insanı etkilemektedir.

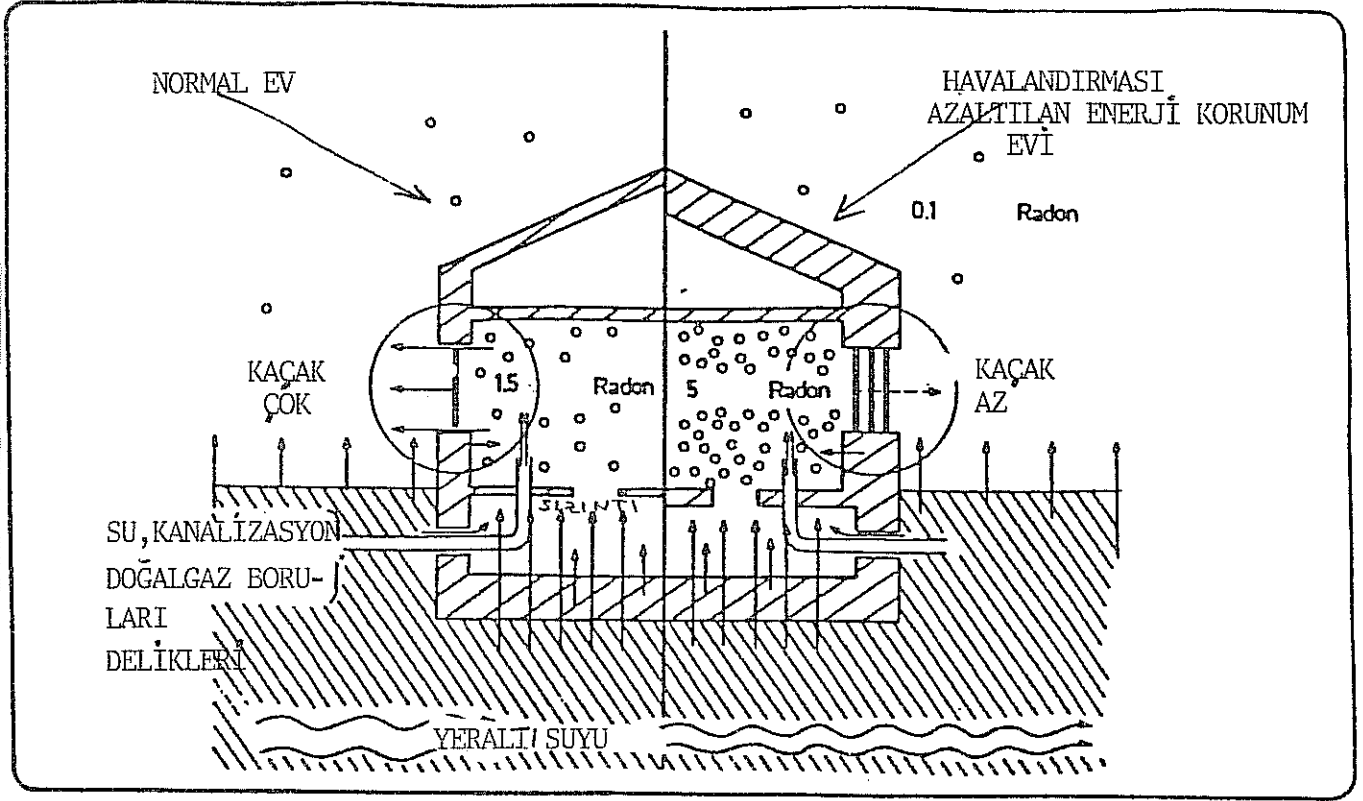
Topraktaki K 40 besinler yoluyla insan vücuduna ulaşarak insanı içten ışınlamaktadır. Ayrıca yer kabuğundaki, Uranyum ve Toryum dizilerinden parçalanma yoluyla oluşan Rn 222 ve Rn 220 asal gazları atmosferde yükselip, yine radyoaktif parçalanma yoluyla Kurşun ve Bizmut gibi uzun yarılanma süreli izotoplara dönüşmekte ve bunlar da havadaki taneciklere tutunarak yer yüzüne yağış ya da kuru serpintiler halinde inerek besinler yoluyla ya da dolaysız olarak insanı ışınlamaktadır.

Şekil 8.2'de, hava kaçağı fazla olan normal bir evdeki düşük Radon konsantrasyonu ile, havalandırılması azaltılan enerji korunumlu evdeki artan Radon konsantrasyonu karşılaştırılmaktadır.

Son yıllarda, pencere ve kapıları iyice izole ederek, yakıttan tasarruf sağlanmaya çalışıldığı bilinmektedir. Bunun sonucu olarak evlerdeki



Sek.8.1: Doğal radyonüklitlerin oluşumu, parçalanma ve yayılmaları /W.Jacobi, GSF-Münih/.



Şekil 8.2: Hava kaçaklı normal evdeki düşük Radon konsantasyonu ile, havalandırması azaltılan enerji korunum evindeki artan Radon konsantrasyonunun karşılaştırılması,/6/.

havadaki Radon konsantrasyonu artmakta ve bu da, akciğerlerde kanser olasılığını arttırmaktadır. Buna karşı alınacak önlem, evleri soğuk kış aylarında dahi, hergün kapı ve pencereyi 5 dakika kadar açıp iyice havalandırmak olabilir. Pencereyi bütün gün aralık bırakmak, evin tümünün (duvar v.s. gibi) soğumasına neden olacağından gereksiz yakıt kaybına neden olur. Tablo 8.1'de kozmik ışınların ve doğal radyoizotopların vücudu dıştan ve içten ışınlaması sonucunda oluşan yıllık etkin ortalama doz değerleri (kişi başına) gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, F.Almanya için, toplam ortalama değer yılda 2 mSv (= 200 mrem) dir. Bu değer, 70 yıllık ortalama yaşam süresinde 0.14 Sv (14 rem) lik yaşam boyu ortalama doğal radyasyon dozunu oluşturur. Bunun yarısı, yapılardaki doğal radyonüklitlerin (Rn 220 ve Rn 222) havaya bulaşması ve bunların solunum yoluyla insanı içten ışınlaması yoluyla oluşmaktadır.

Doğal radyasyon dozundaki değişim oldukça fazla olup, Federal Almanyada yılda 1 ile 6 mSv (100-600 mrem) arasındadır.

Doğal radyasyon dozu ile Çernobil radyoaktivitesinin oluşturduğu dozlar karşılaştırıldığında, Federal Almanyada Tuna nehrinin güneyindeki bölgelerde ilk yıl için hesaplanan 0.6 mSv (60 mrem) lik Çernobil dozunun, yıllık ortalama doğal radyasyon dozunun üçte biri kadar olduğu ortaya çıkar. Alplerin eteklerindeki yöreler için hernekadar bu değer iki katı kadar değerler beklenmekte ise de, Federal Almanyanın büyük bölümünde doğal radyasyon dozundaki Çernobil kaynaklı artış % 30'un altındadır. Halkta, Çernobil kazasından sonraki 50 yıl süresince oluşacağı hesaplanan ortalama toplam doz olan 1.9 mSv(190 mrem), bu süre içinde alınacak toplam doğal radyasyon dozunun sadece % 1.5 kadardır. Bu oran, ön Alpler için iki kata çıkmakla birlikte, Federal Alman halkının büyük bölümü için, 50 yıl sonunda doğal radyasyon dozuna Çernobil nedeniyle katkı % 1.5 değerinin altında olacaktır.

8.2. Çernobil Radyoaktivitesi Nedeniyle Görülebilecek Radyasyon

Hasarlarının Tahmini

Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle Federal Almanyada hesaplanan düşük düzeydeki radyasyon dozlarının, kısa sürede ortaya çıkacak herhangi bir "ani hasar" oluşturması söz konusu olamaz (Bak: Bölüm 3.10). Bu nedenle, özellikle, aşağıdaki radyasyon hasarlarının oluşup oluşamayacağı üzerinde durulacaktır:

- Gövdesel (somatik) geç hasarlar,
- Anne karnındaki bebeklerin gelişiminde ortaya çıkabilecek bozukluklar, özürlü doğumlar,
- Genetik etkilenme ya da kalıtım bozuklukları.

Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle Federal Almanyadaki herhangi bir kimsedeki hasar olasılığının(riskinin) boyutlarını belirleyebilmek için, düşünülebilecek önemli hasarların riski aşağıda hesaplanarak, bunlar, yaşam süresince normal olarak görülen aynı tip hasarların riskleriyle karşılaştırılacaktır.

8.2.1. Gövdesel (somatik) Geç Hasarlar

a) Guatr kanseri

Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulu, küçük çocukların guatr bezi için 30 mSv (3 rem) lik yönlendirici sınır değeri benimseyip önermiştir. Bu değer, nükleer tıptaki I 131 uygulamalarıyla edinilen deneyimlere dayanılarak belirlenmiştir.

Tablo 8.1 : Doğal radyasyon kaynaklarının oluşturduğu
radyasyon dozu /1/.

RADYASYON KAYNAĞI	DOĞAL ORTALAMA ETKİN DOZ (YILDA KİŞİ BAŞINA)		
	DIŞTAN IŞINLANMA mSv (mrem)	İÇTEN IŞINLANMA mSv (mrem)	TOPLAM mSv(mrem)
KOZMİK KAYNAKLAR:			
KOZMİK IŞINLAR	0,25 (25)		0,25 (25)
C 14 , H 3		0,02 (2)	0,02 (2)
YEREL KAYNAKLAR:			
K 40	0,12 (12)	0,18 (18)	0,3 (30)
Uran/Radyum Serisi	0,09 (9)	1,01 (101)	1,1 (110)
Bundan oluşan Radon 222 ve kısa ömürlü nüklitlerin solunumu yoluyla		0,85 (85)	
Thoryum serisi	0,14 (14)	0,19 (19)	0,33 (33)
Bundan oluşan Radon 220 ve kısa ömürlü nüklitlerin solunumu alınması yoluyla		0,17 (17)	
DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARININ TOPLAMI	0,6 (60)	1,4 (140)	2,0 (200)

Özellikle İsveç'te nükleer tıptaki I 131 uygulamaları, yetişkinlerde ortalama olarak 580 mSv (58 rem) lik ve çocuklarda da 1.59 Sv (159 rem) lik guatr dozunun, 12 ile 25 yıl gözlem süresince guatr bezinde, belirlenebilecek herhangi bir hasar artımına neden olabileceğini kanıtlamaktan uzak kalmıştır. Alçak I 131 dozlarında guatr bezinde herhangi bir hasarın görülmesi nedeniyle, Radyasyondan Korunma Komisyonu 30 mSv (3 rem) lik yönlendirici değeri benimsemiştir. Diğer yandan, tüm vücut ışınlaması aletleriyle Almanyanın çeşitli bölgelerinde yapılan, küçük çocuklarla ilgili guatr bezi radyasyon ölçümleri, gerçekte bu yönlendirici değerin ortalama olarak sadece % 20 sine erişildiğini göstermiştir.

Yukarda belirtilen İsveç'teki deneyimlerde yüksek dozlarda dahi guatrda herhangi önemli bir hasar görülmemesine rağmen, Çernobilin Almanya'da oluşturduğu ortalama guatr dozundan gidilerek ve aşağıdaki varsayımları göz önüne alarak, hesaplama hasar olasılığının ne büyüklükte olduğu, fikir vermek için, şöyle tahmin edilebilir:

Varsayımlar:

- * Guatr ortalama dozu: 3 mSv (300 mrem) - Almanyada Tunanın güneyindeki bölgede yaşayan yaşları 0 ile 10 arasında olan çocuklar için-
- * Guatr kanserinin tüm yaşam süresince ölümle sonuçlanabileceğini belirten "ölüm olasılık faktörü" :
 $10 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$ veya $10 \cdot 10^{-6} \text{ rem}^{-1}$
(Bu değer, çocukların tedavi amacıyla dıştan ışınlanmasıyla ilgili gözlemlere dayanmaktadır).
- * I 131'in inkorporasyonu nedeniyle, dıştan ışınlanmaya karşı etkinliğinin azalması faktörü: 3
(vücuda giren iyotun, yaklaşık olarak 1/3 ü guatrda toplandığı için).
- * 0 ile 10 yaşları arasındaki çocukların yakalandıkları doğal guatr kanseri nedeniyle 50 yıl süresince ortalama ölüm oranı:
 $100 \cdot 10^{-6}$ veya 1: 10 000

Yukardaki varsayımlar göz önüne alındığında, guatrdaki Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle, ölümlerle sonuçlanabilecek doğal kanser olasılığının % 1 artacağı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$(0.300 \times 10 \times 10^{-6} / 3) / 1 \times 10^{-4} = \% 1$$

Federal Almanyada, Tuna'nın kuzeyindeki bölgeler için değer, yukardakinin üçte birine düşecektir.

b) Gövdesel geç hasarlardaki tüm olasılık

Birkaç rem ve daha düşük radyasyon dozlarının insanda herhangi bir hasara neden olduğunu kanıtlayan belirtiler olmadığından, tüm hasar olasılıkları, yüksek dozlarda gözlenen kanser olaylarının, alçak dozlar yönünde uzatılmasına (ekstrapolasyonuna) dayanmaktadır, Şekil 8.3 .Bu şekilde radyasyon dozu/kanser olasılığı bağıntısından gidilerek bulunan " kanser olasılık faktörleri", kişi başına 1 rem'lik etkin doz için olmak üzere:

$$\% 0.01 - \% 0.02$$

arasında hesaplanmaktadır.

Daha yeni araştırmalarda, rem başına % 0.05 hasar olasılık faktörleri sürülmektedir. Bunun anlamı 10000 kişinin herbiri 1 rem'lik etkin doz alacak olursa bunlardan 5'i , 1 milyon kişide ise 500 kişi kanserden ölebilecektir.

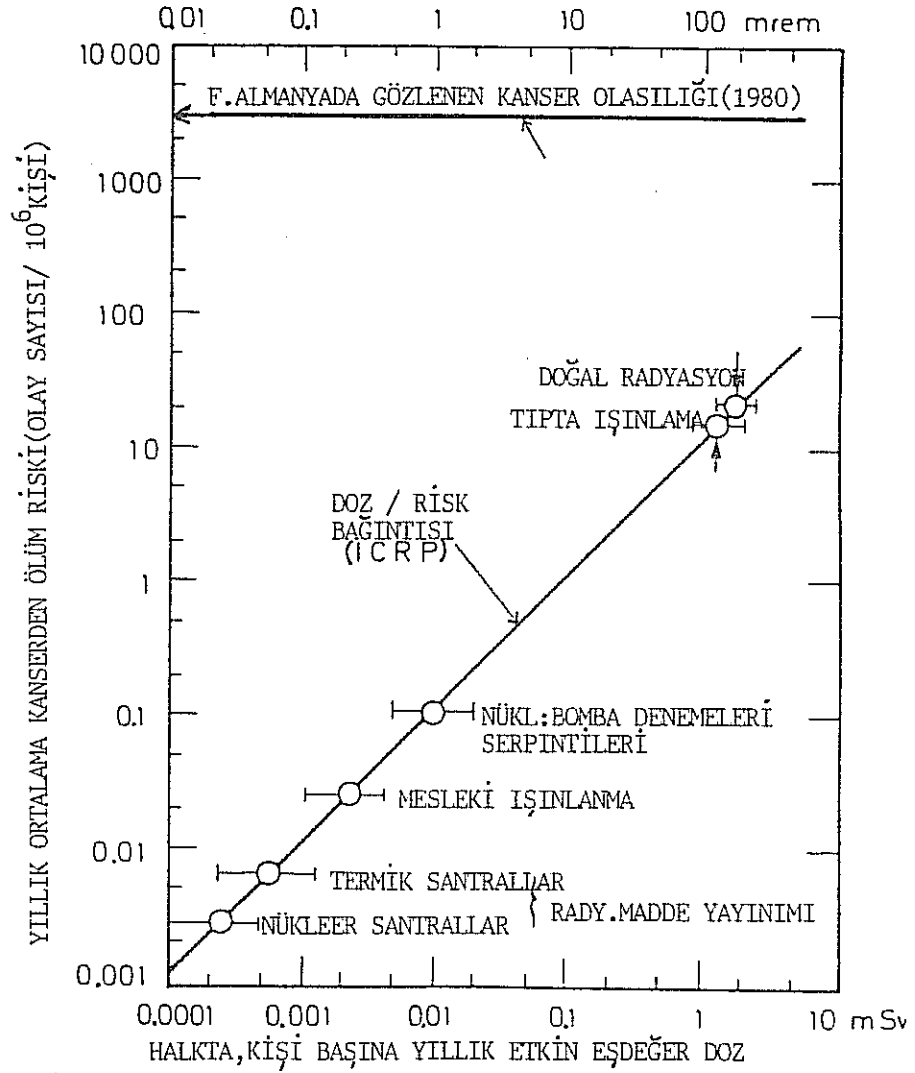
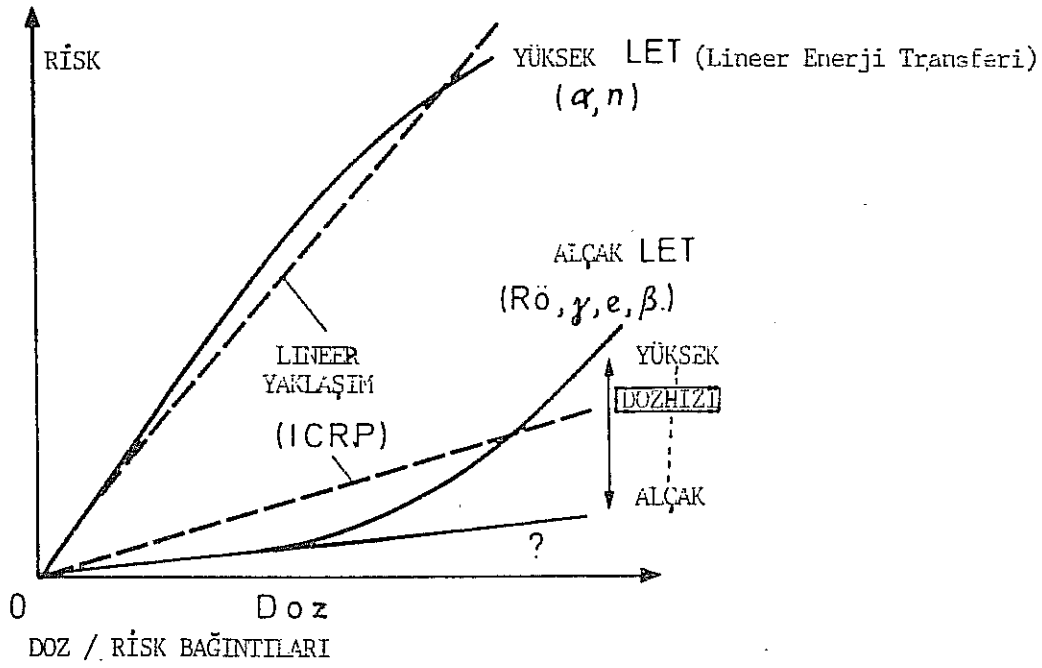
Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle, Federal Almanyada Tuna'nın güneyinde yaşayan halkın, yaşamları süresince alabilecekleri radyasyon dozunun 200 mrem dolayında olduğu daha önce belirtilmiş idi, Tablo 7.5. Bu dozun yaratacağı max. hasar olasılığı:

$$0.200 \text{ rem} \times \% 0.05 = \% 0.01 = 0.0001$$

Federal Almanyada ortalama olarak her 5 kişiden biri doğal olarak kanserden ölmektedir. Doğal kanser olasılığının % 20 olduğu dikkate alınır, Çernobil'in, kanser nedenli ölümleri arttırma oranı:

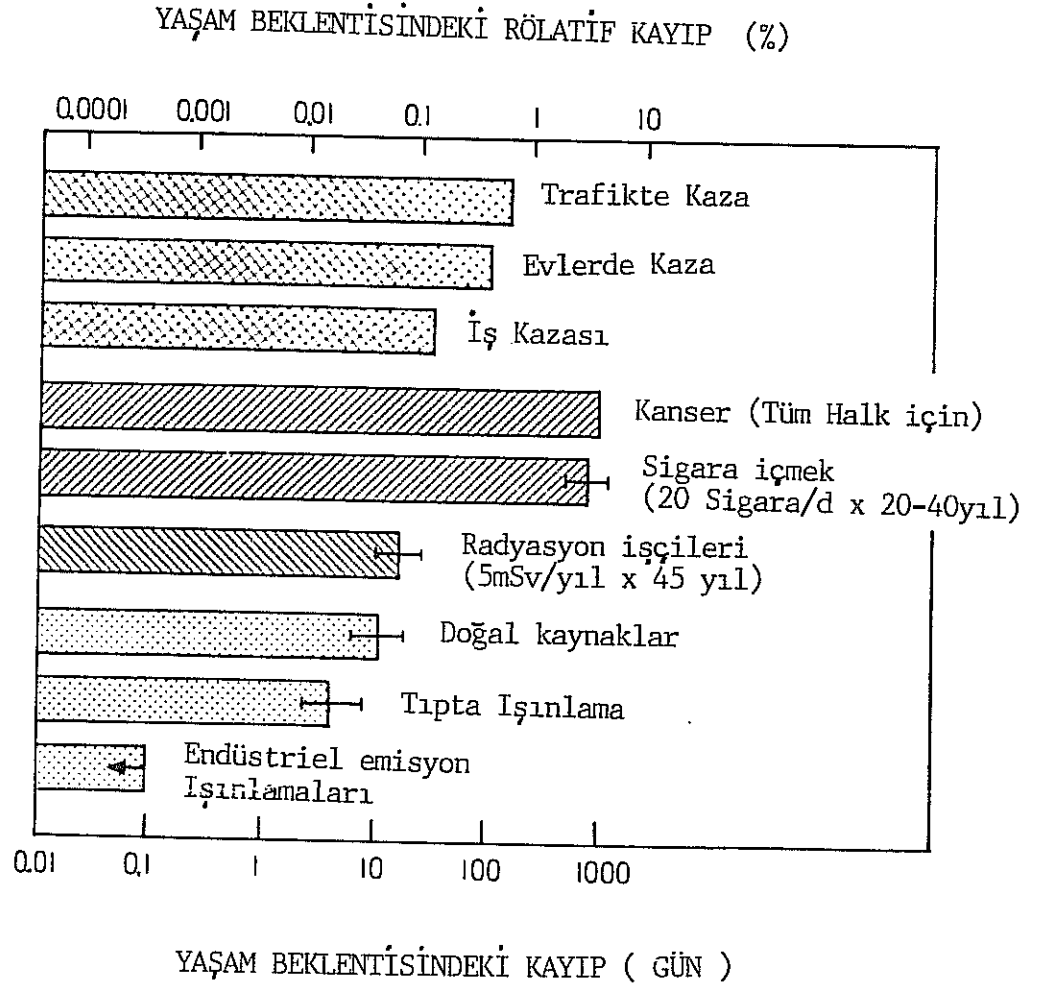
$$0.0001 / 0.20 = \% 0.05 = 5 / 10000$$

Hesapla bulunan bu tahmini değer, ortalama olarak 10000 kanser nedenli ölümlerde 5 kişinin Çernobil radyoaktivitesi nedeniyle yaşamını yitireceği anlamını taşımakla birlikte, % 20 lik ortalama değer büyük değişimler göstermesi göz önüne alındığında, bunlar içinde "Çernobil kökenli bir kanser" olup olmadığı-



Şekil: 8.3 DOZ / RİSK BAĞINTILARI /20/

Şekil 8.3A : Çeşitli olaylar nedeniyle yaşam beklentisindeki rölatif kayıp /20/



nın gözlemlerle kanıtlanması olanaksızdır.

8.2.2. Anne Karnındaki Bebeklerin Gelişiminde Ortaya Çıkabilecek Bozukluklar/ Özürlü Doğumlar

Bebeğin anne karnındaki gelişimi, birbirinden çok farklı biyolojik oluşumların sürdüğü dönemlerde olmaktadır. Hayvanlar üzerinde yapılan deneyler ve insanlarla ilgili kazanılan deneyimler, tüm doğum öncesi gelişme sürecinde, aşırı ölçüde "radyasyon duyarlılığı" bulunduğunu göstermektedir. Radyasyona ışınlanma sonucunda şu olaylar ortaya çıkabilir:

- * Embriyonun ölümü,
- * Makroskopik ölçüde anatomik hasarlar (bozukluklar), özellikle iskelette,
- * Daha ileri gelişim bozuklukları, özellikle merkezi sinir sisteminde.

Bu olayların cins ve büyüklüğü, radyasyon dozundan başka, embriyon veya bebeğin ışınlanma süresindeki gelişim durumuna da bağlıdır.

Embriyonun ölümü, özellikle gebelikten sonraki ilk günlerdeki ışınlanma nedeniyle olmaktadır. Vücuttaki hasar yada sakatlıklar gebeliğin ilk iki ayında, sinirsel veya ruhi bozukluklar da üç ile altıncı gebelik aylarındaki ışınlanmalar sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Nükleer tıpta edinilen deneyimler ile, Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombalarından ışınlanıp daha sonra yaşamlarını sürdürenler üzerinde yapılan gözlemler ve hayvanlar üzerinde ve ayrıca hücre biyolojisiyle ilgili olarak yapılan deneyler, anne karnındaki duyarlı sürede dahi, anatomik ve sinirsel bozuklukların ancak oldukça yüksek olan eşik dozların aşılması halinde ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Çernobil kazası sonucunda Federal Almanya'da hesaplanan radyasyon dozlarının, eşik doz değerlerinin çok altında olması nedeniyle, doğal olarak görülen anatomik ve sinirsel bozukluk yada sakatlık oranlarının artması beklenmemektedir.

Diğer yandan, düşük çernobil dozunun kısa sürede bebeklere bir etkide bulunmayacağını aşağıdaki araştırma da doğrulamaktadır.

Çernobil serpintilerinin etkin olduğu 30 Nisan ile 6 Mayıs 1986 günleri arasında, gebeliklerinin ilk döneminde bulunan kadınlardan, daha son-

ra doğan bebekler incelenmiştir. Çernobil radyoaktivitesinin çok az etkili olduğu Aşağı Saksonya ile, çok fazla^{etkin} olduğu Bavyera eyaletlerinde doğan bebeklerle ilgili gözlemler karşılaştırılmıştır. Toprakta, Cs 137 izotopuyla en çok 2000 Bq/m² lik bulaşmanın olduğu Aşağı Saksonyada 1287 doğumdan, 9 özürlü ve 6 ölü bebek doğmuştur. Buna karşılık, radyoaktif bulaşmanın 10 kat fazla olduğu Bavyera'da 1262 doğumdan, 14 özürlü ve 1 ölü bebek doğmuştur. Görüldüğü gibi her iki halde de toplam olarak 15 özürlü ve ölü bebek doğmuştur, /FAZ 23.12.87/ .

8.2.3.Genetik Etkilenme (kalıtım bozuklukları)

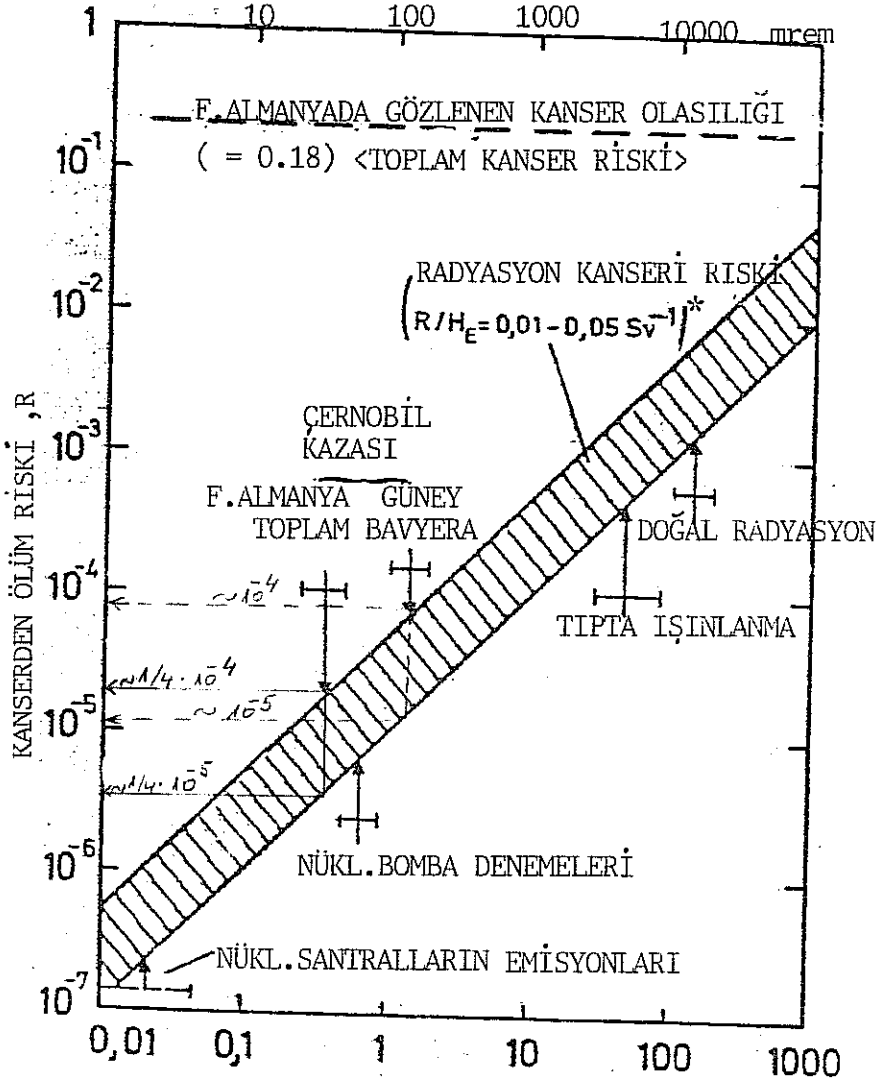
Model hesaplarında, Münih çevresi için genetik bakımdan etkin(sig-nificant) max. doz olarak 0.005 Sv (0.5 rem) alınmıştır. Anne ve babanın ayrı ayrı Çernobil dozu aldıkları göz önüne alınır, toplam doz 0.01 Sv(1 rem) olacaktır. İyonlayıcı radyasyonun etkileri konusunda çalışmalar yapan Uluslararası Bilimsel komitenin (UNSCEAR) verilerine göre, 100 rem'lik "bir kuşak dozunun", ilk kuşakta doğan 1 milyon çocuktan 1500'ünde, anne ve babanın bu radyasyona maruz kalması sonucunda hasar yada bozukluklar beklenebilir. 1 rem'lik toplam radyasyon dozu nedeniyle ilk kuşakta doğan 1 milyon çocuktan 15'inin özürlü olacağı buradan orantıyla hesaplanır.

Diğer yandan, önemli irsi hastalıklarla sonuçlanan ani olarak ortaya çıkan doğal mütasyon, 1 milyon çocukta 1500 kadardır. Buradan, her 100 doğal mütasyonda, 1 mütasyonun Çernobil nedeniyle oluşacağı hesaplanırsa da, doğal mütasyonlardaki büyük salınımlar nedeniyle, bunun kanıtlanması olanaksızdır. Hiroşima ve Nagazakiye atılan atom bombalarının etkisiyle çok daha yüksek dozlarda ışınlanan anne ve babadan olan çocuklardaki irsi hastalıkları doğuran aşırı bir mütasyon hızı istatistiki olarak belirlenememiştir.

8.2.4.Radyasyon Kanser Riskinin Tahmini İçin

Genel Bir Değerlendirme, /25/

Yapılan yeni çalışmalar, ışınlanma şartlarının pek değişmediği hal-lerde, yaşam boyu risk değerlerinin, 10000 kişiden herbirinin 1 Sv (=100 rem) lik doz alması durumunda, hasarlı sayısının (risk katsayısının) 100 ile 500 arasında olabileceğine işaret etmektedir. Alçak radyasyon dozu ile hasar ris-ki arasında lineerlik bağıntısı var sayılarak ve bu katsayılar kullanılarak çizilen yatık iki doğru Şekil 8.4' de gösterilmiştir . Bu doğrular arasın-daki taralı bölge, belirli bir "yaşam boyu dozunun" (apsiste), oluşturabilece-



YAŞAM BOYU, KİŞİ BAŞINA ETKİN EŞDEĞER DOZ; H_E (mSv)
 * Doz/Etki bağıntısının lineerliği varsayımı ile

Şekil 8.4: Karşılaştırmalı, radyasyon kanseri riskleri /25/.

ği kanser riskinin (ordinatta) değişim miktarını göstermektedir. Örneğin, Güney Bavyera için kanserden ölüm riski 10^{-5} ile 10^{-4} arasında değişmektedir.

Tüm Alman halkı için risk değerleri $1/4 \times 10^{-5}$ ile $1/4 \times 10^{-4}$ arasındadır. 62 milyonluk Alman halkı için bu değerler, 150 ile 1500 arasında kanserden ölüme eşdeğerdir. Karşılaştırmak için, şeklin üst kısmında, kanser nedeniyle olan normal ölüm riski gösterilmiştir: 0.18 veya $1/6$. Bu değer, 62 milyondan 10 milyonun "normal kanserden" ölümüne eşdeğerdir.

9. FEDERAL ALMANYA RADYASYON GÜVENLİK KURULU ÖNERİLERİ /1/(*)

9.1. Önerilerin Dayandığı Temeller

Sızıntı ve kaza halinde, Radyasyondan Korunma Yönetmeliği'nin çevre-
deki halktan herhangi bir kişi için belirlediği sınır değerler:

	Sınır Değerler	
	<u>Tüm vücut Dozu</u>	<u>Guatr Dozu</u>
1) Nükleer tesisin normal işletmesi sırasında(Doğal radyasyon dozu değişimi kadar: $200 \pm \% 15$)	30 mrem/a	90 mrem/a
2) Kaza halinde (kaza başına)	5000 mrem	15000mrem

Bu değerler F.Almanya'daki nükleer tesisler için düşünülmüş olup Çernobil kazası gibi olağanüstü bir durumda bütün Almanya yüzeyine radyoaktivite yayılabileceği hesaplanmamıştır.

Bu nedenle Radyasyon Güvenlik Kurulu, bu değerler arasındaki bir değeri; örneğin: Guatr için iyot-131 doz sınırı olarak 90 mrem ile 15000 mrem arasındaki bir değeri ALARA (As Low As Reasonable Achievable = Mantıken Erişilebilecek En Düşük Düzey) ilkesine göre belirlemiştir:3000 mrem.

9.2. 3000 mrem'lik Guatr Dozu Sınırlamasının Gerekçesi

Nükleer tıpta I-131 uygulamaları(son 20 yıllık) 50000 mrem'lik Guatr dozunun bir hasar oluşturmadığını göstermiş olduğundan 3000 mrem (ALARA'ya göre) Mantıken Erişilebilecek En Az Doz olarak benimsenmiştir.

Küçük bir çocuk için inek sütü yoluyla oluşabilecek Guatr Dozu:

Varsayımlar: 500 Bq/lt ; 1 lt/d ; ilk 7 gün için:

$$1 \text{ lt/d} \times 500 \text{ Bq/lt} \times \frac{3.5 \times 10^{-4} \text{ rem/Bq}}{\text{(DOZ FAKTÖRÜ-Ek 8'e bakınız)}} \times 7 \text{ d}$$

1225 mrem ilk haftada,

kalanı daha sonraki haftalar için düşünülmüştür.

Gerçekte: İnek sütündeki I-131 aktivitesi $< 500 \text{ Bq/lt}$ olduğundan ve sürekli azalma gösterdiğinden, beklenen toplam guatr dozu $< 1000 \text{ mrem}$.

(*): Bu Bölüm /1/ nolu yayından özetlenerek ve açıklanarak hazırlanmıştır/YA.

9.3. İnek Sütündeki I-131 Ölçümleri Gözönüne Alınarak Radyasyon Güvenlik Kurulunca Yapılan İlk Öneriler(2.5.86)

- 1) İneklere bir süre taze yem verilmemesi,
- 2) Süthanelerden halka ulaşan sütler için: I-131 Akt. < 500 Bq/lt ,
- 3) Daha yüksek radyoaktiviteli sütlerin depolanabilecek süt ürünlerine dönüştürülmesi.

Yapraklı sebzeler için ayrıca(4.5.86) : I-131 Akt. < 250 Bq/kg

Yetişkinler için 500 Bq/lt'lik sütteki I-131 çok daha az Guatr Dozu oluşturacağından:

Taze peynir, yoğurt gibi süt ürünleri için: < 500 Bq/lt ,
Kök sebzeler(Soğan, sarımsak, kuşkonmaz vs.): Sınır değer yok ,
(az yendiğinden ve kabukları soyulduğundan)

Hayvansal ve diğer besinler(bal, maydonoz, dereotu, yumurta, mantar vb.) : Sınır değer yok (günde 100 gramdan az yendiği için).

Depolanabilecek besinlerden sınır değer üzerinde I-131 aktivitesi olanların ancak 4 hafta sonra serbest bırakılmaları önerilmiştir.

9.4. Besinlerdeki Sezyum (Cs 137, Cs 134) Sınır Değerleri

(uzun yarılanma süreli radyoizotoplar içinde katkısı en fazla)

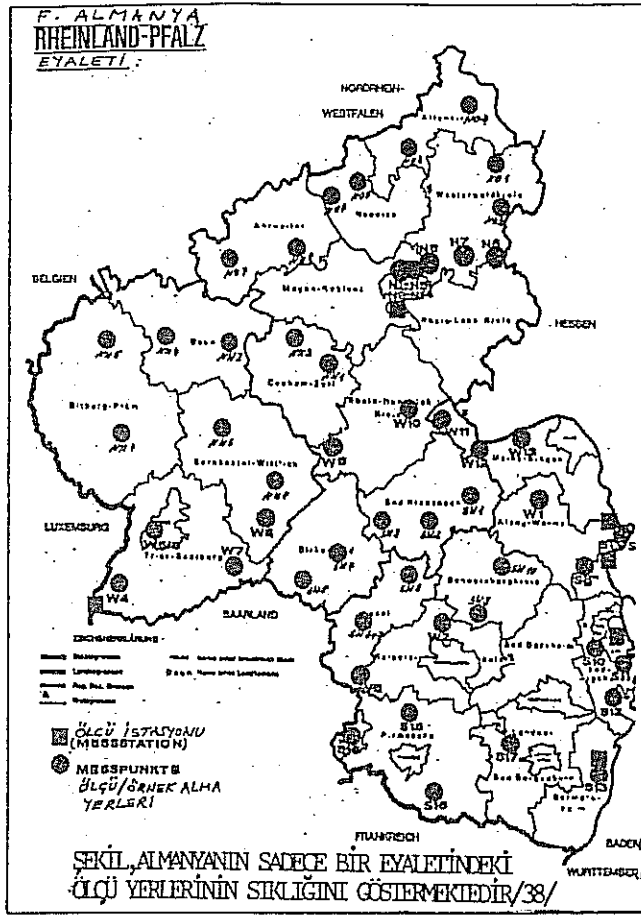
Önce sınır değer önerilmiş ise de oluşabilecek dozun en çok doğal K 40 kadar olabileceği nedeniyle kaldırılmıştır.

Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun koyduğu Sezyum Sınır Değerleri:

Süt ve süt ürünleri için : 370 Bq/lt
Küçük çocuk besinleri : 370 Bq/kg
Diğer besinler : 600 Bq/kg

9.5. Kanalizasyon Tesislerindeki Atıkların Radyoaktivitesi

	<u>Bq/kg kuru madde</u>
Max.(Stuttgart çevresinde) Ru 103 (Ruthenium)	: 100000
I-131	: 50000
Cs 137	: 50000



Sekil 8.5: Ölçü yerlerinin sıklığı ve toprak yüzeyinde biriken aktiviteyle ilgili bir örnek /38/.

TOPRAK YÜZEYİNDE BİRİKEN BETA AKTİVİTESİ
(Kilo Bq/m²) /38/

ÖLÇÜ YERLERİ	ÖLÇÜ TARİHLERİ				
	13.05.	17.05.	23.05.	09.06.	20.11.1986.
SW 1 Bad Kreuznach	2,7	2,0	2,1	2,1	1,5
SW 2 Sobernheim	2,4	2,5	2,4	2,3	< 0,7
SW 3 Kirn	3,1	5,2	1,5	3,2	1,0
SW 4 Idar-Oberstein	7,0	9,5	6,0	4,6	2,1
SW 5 Birkenfeld	3,4	6,2	4,7	2,5	0,8
SW 6 Kusel (A)	10,8	12,8	9,6	3,1	1,8
SW 7 Kusel (B)	7,8	14,9	6,7	5,8	0,7
SW 8 Lauterecken	4,2	6,0	2,9	3,1	1,0
SW 9 Langmeil	3,8	2,1	2,7	4,1	< 0,7
SW 10 Kirchheimbollen	3,1	3,0	3,6	1,9	1,3

Federal Almanya'da ölçülen değerlerin yarısı :

Ru 103	:	< 10000
I 131	:	< 1000
Cs 137	:	< 1000

Kanalizasyon atıkları yakıldığında iyot hariç diğerleri külde kalmakta; duman-gaz yıkama tesislerinde ise iyot da tutulmaktadır. Bu nedenle sınırlayıcı öneri yok. Bu tip tesisler çevresinde havanın temiz olduğu ölçümlerle kanıtlanmıştır.

Atıklar gübre olarak kullanıldığında: < 0.5 kg/m² önerilmiştir.

9.6. Yapılardaki Havalandırma Tesisleri Filtreleri

Filtre değiştirilmesi gerekli olmayıp, değiştirme halinde maske takılması, lastik eldiven giyilmesi ve eski filtrelerin plastik torbalara konulması ve insanlardan uzaklarda depolanması ve iki ay sonra yok edilmesi önerilmiştir.

Aşırı bulaşma gösteren taşıt araçlarının temizlenmesi:

Almanya sınır kapılarında yapılmakta olan kontrol ölçümlerinde yüzeysel aktivitesi 10⁵ Bq/m²'yi aşan araçların mümkünse yıkanması önerilmiştir.

Çiftçilerin tarlada ışınlanması:

Toprakta biriken radyonüklitler nedeniyle bir çiftçinin yılda alabileceği dozun 10 mrem kadar olabileceği tahmin edildiğinden bir önlem önerilmemiştir.

Park ve çocuk oyun yerleri:

Buralarda ölçülen düşük radyoaktivite nedeniyle düşük dozlar oluşacağından herhangi bir önlem önerilmemiştir.

9.7. Çernobil Radyoaktivitesinin Anne Karnındaki Bebeklere Etkisi

- * Daha önceki uzun yılların araştırmaları, düşük dozların böyle bebekler için tehlikeli olmadığını göstermiştir.
- * Çernobil nedeniyle oluşacak radyasyon dozu düşük ve bir yıllık doğal radyasyon dozu dolayında olacaktır.
- * Süt ve süt ürünlerine konan sınırlamalar nedeniyle beklenen doz daha da düşük olacaktır.

* Tıpta çocuk aldirılması ancak 10-20 rem arasındaki eşik doz halinde düşünülebilir.

* Ayrıca çocuk aldirılması annenin ölümüyle de sonuçlanabilir.

Bu nedenlerle böyle bebeklerin etkilenmesi beklenemez ve çocuk aldirılmaları hiç bir şekilde doğru bulunmaz.

Anne sütündeki I-131:

I-131'in tıptaki uygulamaları annedeki toplam I-131'in ancak % 4-10 unun anne sütüne geçtiğini göstermiştir. Bu nedenle anne sütü ile beslenen emzikteki bebeklerin guatr dozu, inek sütü ile beslenenlerinkine nazaran onda bir dolayında olacaktır. **Anne sütündeki ölçü değerleri:**

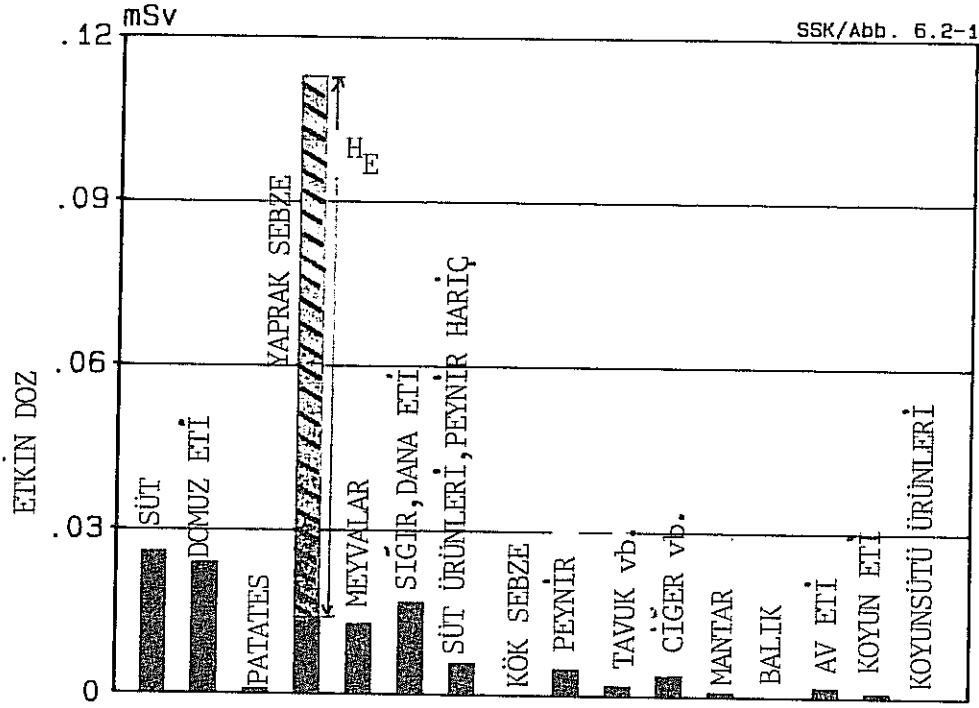
Güney Almanya'da : 5-10 Bq/lt

Orta ve Kuzey Almanya'da : 1 Bq/lt

9.8. Federal Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulunun Önlemleri

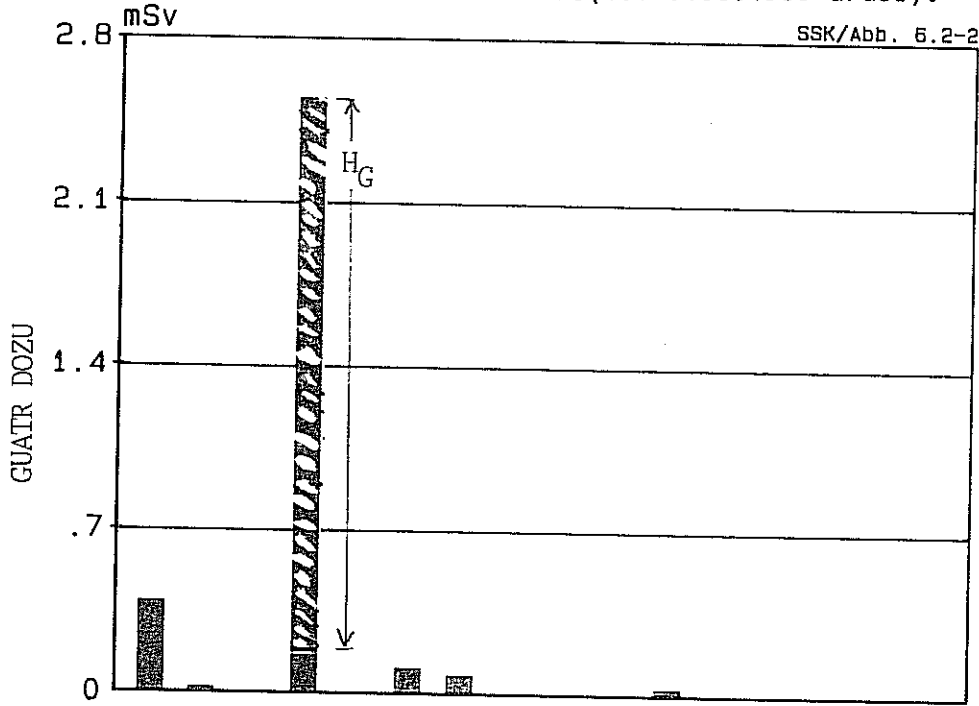
Sonucu Halkın Tasarruf Ettiği Radyasyon Dozu /1,4/

Çernobil kazasından sonraki ilk dört ay için (1.5-31.8.1986) sindirim yoluyla vücudun etkilendiği eşdeğer doz hesaplanmıştır,/4/. Münih çevresinden toplanan bir kaç yüz besin örneğindeki radyoaktivitenin zamanla değişimi, sindirim yolu için önemli olan radyonüklitler göz önüne alınarak incelenmiştir. Halkın yemek yeme alışkanlıklarının Çernobil nedeniyle değişmediği kabul edilmiştir. Bu araştırmanın sonuçları Şekil 9.1 ve 9.2'de gösterilmiştir. Sindirim yoluyla doza en fazla katkısı olan yapraklı sebze için, radyasyon güvenlik kurulunun 4 Mayıs 1986'da önerdiği 250 Bq/kg'lık I 131 üst sınırı değerinin uygulanıp uygulanmaması hallerine göre yapılan hesapların sonuçları şekillerde belirtilmiştir. Görüldüğü gibi, bu önerilere uyulması sonucu, halkın tasarruf ettiği radyasyon dozu, toplam alınacak dozun % 90'nı dolayında olmuştur.



Şekil 9.1: Çeşitli besinlerin etkin doza katkısı, /1/.

H_E : F.Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulu önerileri sonucu tasarruf edilen etkin doz miktarı(1.5-31.8.1986 arası).



Şekil 9.2: Çeşitli besinlerin guatr dozuna katkısı, /1/.

H_G : F.Almanya Radyasyon Güvenlik Kurulu önerileri sonucu tasarruf edilen Guatr dozu (Besinlerin cinsleri yukardaki şekildekiyle aynıdır).

ÇERNOBİL KAZASIYLA İLGİLİ OLARAK ULUSLARARASI KURUMLARCA YAYINLANAN ÖNEMLİ RAPORLARDAN ÖRNEKLER / 1 /:

- UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:
Assessment of the long-term impact of the Chernobyl accident
A/Ac.82/R 461, Feb. 1987
- IAEA International Atomic Energy Agency:
Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident, International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG), Safety Series No. 75-INSAG-1
IAEA, Vienna, 1986
- CEC Morrey, M., J. Brown, J.A. Williams et al.:
A Preliminary Assessment of the Radiological Impact of the Chernobyl Reactor Accident on the Population of the European Communities
Draft. CEC Doc. 2948/86 (1986),
Commission of the European Community (CEC/NRPB provisional dose estimate) (1986)
- WHO World Health Organization:
Updated Background Information on the Nuclear Reactor Accident in Chernobyl, UDSSR,
Regional Office for Europe, Copenhagen, June 12, 1986
- World Health Organization:
Chernobyl Reactor Accident-Information Received on Public (Health Measures as of 29 May 1986),
Regional Office for Europe, Copenhagen, 1986
- World Health Organization:
Summary Review of Measurement Results Relevant for Dose Assessment, Updated Revision No. 7,
Regional Office for Europe, Copenhagen, June 12, 1986
- van Egmond, N.D., E. Wirth:
WHO Working Group on Assessment of Radiation Dose Commitment in Europe Due to the Chernobyl Accident,
Bilthoven, the Netherlands, June 25-29, 1986,
World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

10.ÇERNOBİL'DEN ALINAN DERSLERİN IŞIĞINDA F.ALMANYA'DA YAPILMAKTA OLAN ÇALIŞMALAR

Parlamento ve Hükümet kararıyla:

- 1) F.Almanya'daki reaktörlerin güvenilirliğinin yeniden kontrolü (yüksek standart nedeniyle ivedi önlemlere gerek yok):
 - Kazaları önleyici önlemlerin geliştirilmesi,
 - Kaza hallerinde santral içi önlemlerin geliştirilmesi,
 - Şahıs hatalarının daha da azaltılması ile ilgili önlemler.
- 2) F.Almanya nükleer santrallerinin IAEA'ca kontrolünü önermek.
- 3) Radyasyon dozunu sınırlamakla ilgili önlemler(Radyasyon kontrolleri, dışalım yasakları, sınır değerlerin aşılması vb.).
- 4) Radyasyondan koruyucu yeni bir kanunun hazırlanması(sorumluluk ve yetkilerin, ilerdeki kazalarda daha iyi belirlemesi amacıyla).
 - **Federal Kurumların görevi:**

F.Almanya düzeyinde hava ve sulardaki radyoaktivite ölçümleri ile -doz hızı ölçümleri(su işleri, hidroloji enstitüsü ve sivil savunmanın ölçü ağlarının kaza hallerinde "Erken Uyarı Sistemi" olarak modern tekniklerle geliştirilmesi).
 - **Eyalet Kurumlarının görevi:**

Toprak, besin ve yemeklerdeki radyoaktivitenin sürekli ölçümü.
 - Bütün ölçü sonuçlarının Federal Hükümet ilgili bakanlığında uzmanlar yardımıyla değerlendirilip Hükümete karar için sunulması.
- 5) Zarara uğrayan çiftçiye ivedi yardım sağlanması.
- 6) Uluslararası düzeyde girişimlerle:
 - En yüksek standartların bütün nükleer tesislere uygulanması
 - IAEA'nın güvenlik önlemleri, bilim ve tekniğin eriştiği düzeyde tutulmalı,
 - Bütün ülkeler IAEA'nın OSART programına uyarak santrallerini kontrol ettirmeyi kabul etmeli,
 - Sebep olunan zararların sebep olanca karşılanmasının kabulü.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

BÖLÜM II

.....

.....

.....

.....

BÖLÜM II AYRINTILARIYLA SON ÇALIŞMALAR

Kitabın bu ikinci Bölümünde 1989 dan 1993'e kadar Almanyada yayımlanan Çernobil Radyoaktivitesi ve Radyasyon Doz değerlendirilmeleriyle ilgili bilimsel çalışmalardan örnekler verilerek Bölüm I'deki temel yol ve yöntemler sonuçlarıyla birlikte ayrıntılarıyla irdelenmektedir.

11. MÜNİH İSH- ENSTİTÜSÜNCE YAPILAN ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN ALMANYADAKİ ETKİLERİYLE İLGİLİ DEĞERLENDİRMELER / 41 /

11.1 Almanyada Ölçülen Çernobil Radyoaktivitesi

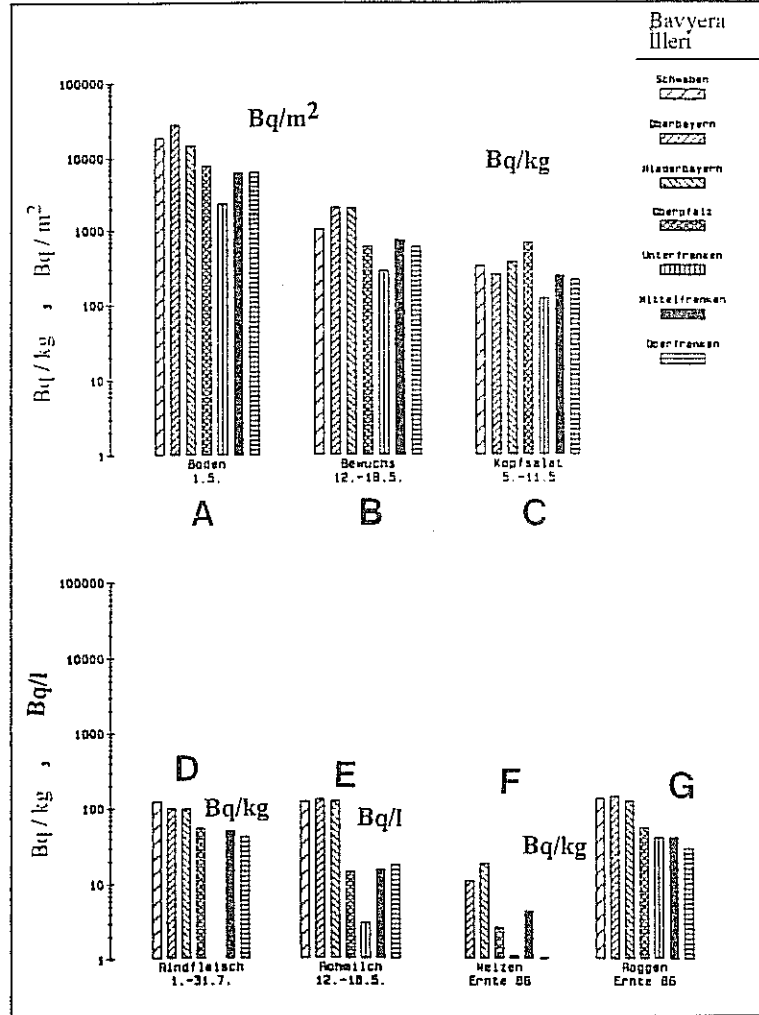
Toprakta ve çeşitli besinlerde 1986 / 1987 yıllarında Almanyadaki eyaletlerde yapılan ölçülerle ilgili Çernobil kaynaklı Cs 137 değerlendirme sonuçları Şekil 11.1 den 11.7 ye kadar ve Tablo 11.1 ve 11.2 de görülmektedir. Şekil ve Tablolarda, Çernobil radyoaktivitesinden çok etkilenen Bavyera Eyaletiyle, çok daha az etkilenen Kuzey Ren-Vestfalya'daki (Nordrhein-Westfalen) değerler arasındaki önemli ayrım ilginçtir.

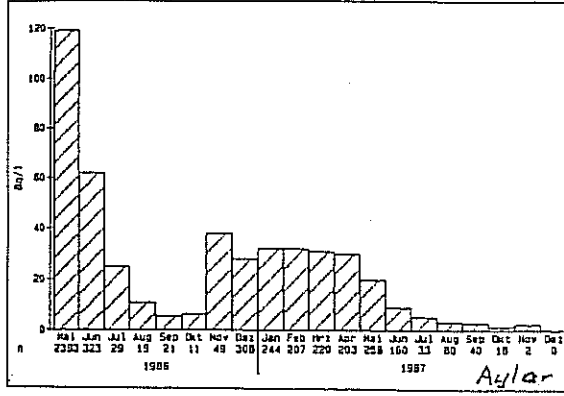
Tablo 11.3 de, bu iki eyaletteki bazı besinlerdeki ölçü değerleri ortalamalarıyla, bu değerlerin Avrupa Topluluğu (AT) üst sınır değerleriyle karşılaştırılmaları ve oranları verilmektedir.

Şekil 11.1

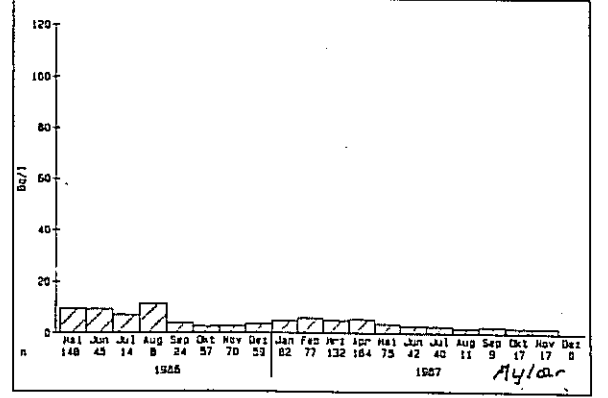
Bavyera Eyaleti İllerinde Toprak, Bitki Örtüsü ve Besinlerde 1986 yılında ölçülen Cs137 Aktiviteleri /41/

- A: Toprak
- B: Bitki Örtüsü
- C: Yeşil Salata
- D: Sığır Eti
- E: Saf Süt
- F: Buğday (1986 ürünü)
- G: Çavdar (1986 ürünü)

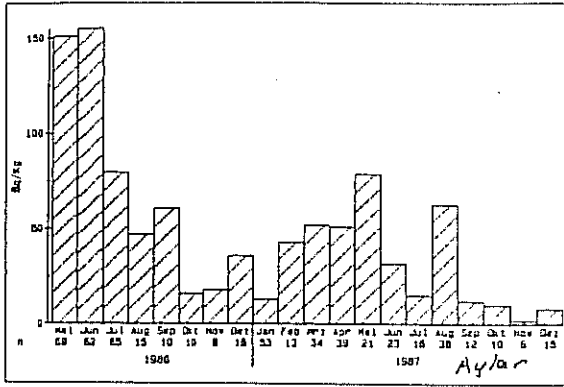




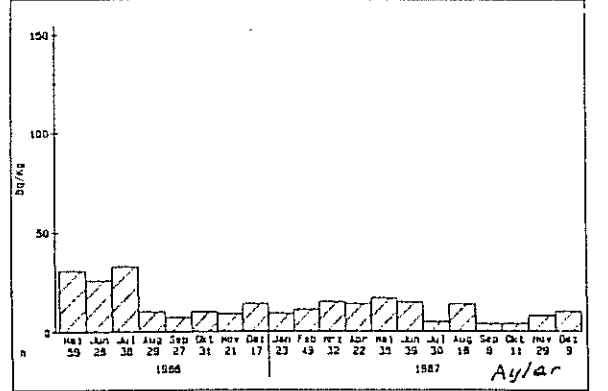
Sek. 11.2 Yukarı Baviera (Oberbayern), Aşağı Baviera (Niederbayern) ve Schwaben İlleri Saf sütündeki Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/
n : Örnek Sayısı



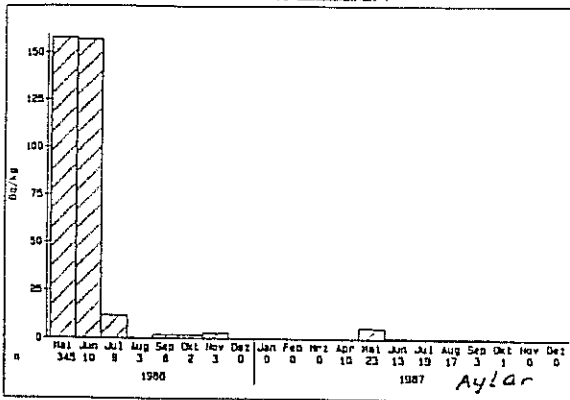
Sek. 11.3 Kuzey Ren-Vestfalya Eyaletinde Saf sütteki Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/
n : Örnek Sayısı



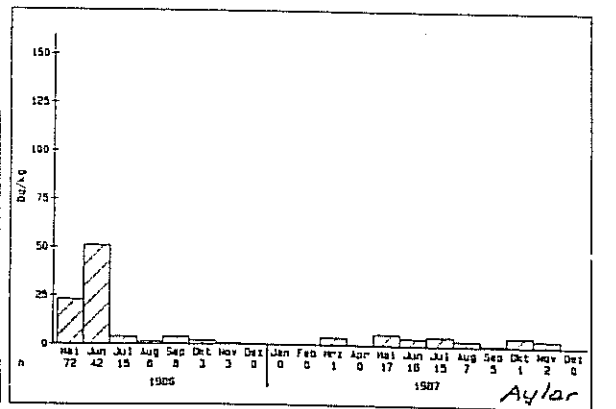
Sek. 11.4 Bavyerada Sığıretindeki Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/



Sek. 11.5 Kuzey Ren-Vestfalya Eyaletinde Sığıretindeki Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/



Sek. 11.6 Bavyerada Yeşil Salatada Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/



Sek. 11.7 Kuzey Ren-Vestfalyada Yeşil Salatada Cs137 Özgül Aktiviteleri /41/

Tab. 11.1 Bavyera Eyaleti İllerinde Toprak, Bitki Örtüsü ve Besinlerde 1986 yılında ölçülen Cs137 Aktiviteleri (Ortalama Değerler, (n : Örnek Sayısı) /41/

BAVYERA EYALETİ İLLERİ	A Toprak Bq/m ² 1.5.86		B Bitki Örtüsü Bq/m ² 12.-18.5.86		C Yeşil Salata Bq/m ² 5.-11.5.86		D Sığır Eti Bq/m ² 1.-31.7.86	
	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	
Schwaben	16600	(11)	927	(23)	302	(21)	116	(5)
Yukarı Bavyera (Oberbayern)	24600	(33)	1866	(71)	237	(29)	94	(20)
Aşağı Bavyera (Niederbayern)	13000	(17)	1762	(21)	342	(73)	93	(8)
Yukarı Pfalz (Oberpfalz)	7000	(12)	555	(15)	462	(23)	52	(9)
Aşağı Franken (Unterfranken)	2100	(8)	263	(22)	113	(36)	-	(0)
Orta Franken (Mittelfranken)	5700	(8)	668	(26)	224	(34)	48	(1)
Yukarı Franken (Oberfranken)	5700	(5)	548	(19)	199	(14)	40	(8)

BAVYERA EYALETİ İLLERİ	E Saf Süt Bq/m ² 12.-18.5.86		F Buğday Bq/m ² (86 ürünü)		G Çavdar Bq/m ² (86 ürünü)	
	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)	(n)
Schwaben	117	(178)	-	(0)	127	(9)
Yukarı Bavyera	125	(415)	11	(33)	136	(48)
Aşağı Bavyera	118	(246)	18	(36)	117	(28)
Yukarı Pfalz	14	(70)	3	(13)	53	(16)
Aşağı Franken	3	(20)	1	(11)	39	(7)
Orta Franken	15	(70)	4	(7)	39	(11)
Yukarı Franken	17	(30)	1	(11)	28	(14)

Tablo 11.2 Mayıs 1986 daki aritmetik ortalamalara (AM) oranla, Çernobil kazasından sonraki ilk yıl süresince saf sütteki Cs137 aktiviteleri (% olarak) /41/

	Yukarı Bavyera	Schwaben	Aşağı Bavyera	Yukarı Pfalz	Aşağı Franken	Orta Franken	Yukarı Franken
Mayıs AM	120 Bq/l	114 Bq/l	120 Bq/l	18 Bq/l	4 Bq/l	20 Bq/l	23 Bq/l
Mayıs	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Haziran	57 %	46 %	51 %	189 %	-	135 %	74 %
Temmuz	18 %	21 %	24 %	55 %	75 %	45 %	26 %
Ağustos	9 %	10 %	11 %	39 %	25 %	20 %	13 %
Eylül	3 %	4 %	7 %	33 %	25 %	15 %	9 %
Ekim	5 %	6 %	5 %	-	50 %	20 %	9 %
Kasım	29 %	27 %	39 %	117 %	250 %	35 %	26 %
Aralık	25 %	23 %	23 %	89 %	200 %	60 %	61 %
Ocak	30 %	25 %	29 %	83 %	150 %	65 %	43 %
Şubat	27 %	25 %	28 %	106 %	150 %	65 %	43 %
Mart	30 %	22 %	26 %	106 %	225 %	75 %	43 %
Nisan	25 %	25 %	26 %	78 %	250 %	70 %	48 %
Nisan 87 AM	30 Bq/l	29 Bq/l	31 Bq/l	14 Bq/l	10 Bq/l	14 Bq/l	11 Bq/l

Tablo 11.3 İlk yıl boyunca besinlerdeki Cs-Bulaşması Ortalamaları ve bunların AT'ce önerilen Sınır Değerlerle Karşılaştırılması / 41/

	EYALETLER	Cs 137 (Bq/kg)	Cs 134 + Cs 137 (Bq/kg)	ÖNERİLEN SINIR DEĞER (Bq/kg)	ÖNERİLEN SINIR DEĞERE GÖRE %
SAF SÜT	Güney Bavyera	35	51	370	14
	Kuzey Ren-Vestfalya	6	8		2
SIĞIR ETİ	Bavyera	60	88	600	15
	Kuzey Ren-Vestfalya	16	23		4
YEŞİL SALATA	Bavyera	28	41	600	7
	Kuzey Ren-Vestfalya	8	11		2

11.2 Sindirim Yoluyla vücuda alınan radyoaktivitenin, ve oluşacak radyasyon dozunun "Yiyecek Sepeti Modelinden" gidilerek belirlenmesi

Radyoaktif maddelerle bulaşmış besinlerin "Sindirim yoluyla" vücuda alınması sonucunda, insanda ortaya çıkabilecek radyasyon dozunu hesaplayabilmek için, önce çok çeşitli besinlerden, önemli miktar ve cinsteki radyoaktif maddelerle bulaşmış olanlarını gözönüne almak, ve bu besinlerden de oldukça çok yenenlerini seçmek doğru olduğundan, bu çalışmada da bu yol izlenmiştir. Yenilen besin miktarları için, Almanya 1984 Besin Raporundaki değerler kullanılmıştır (Bak Tablo 11.4).

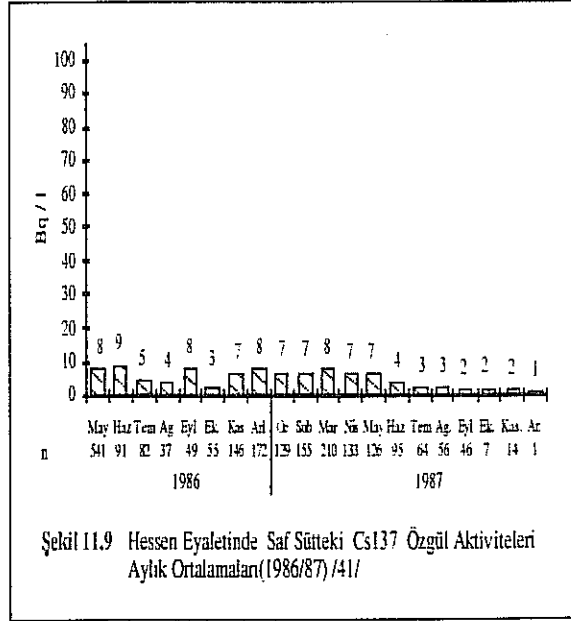
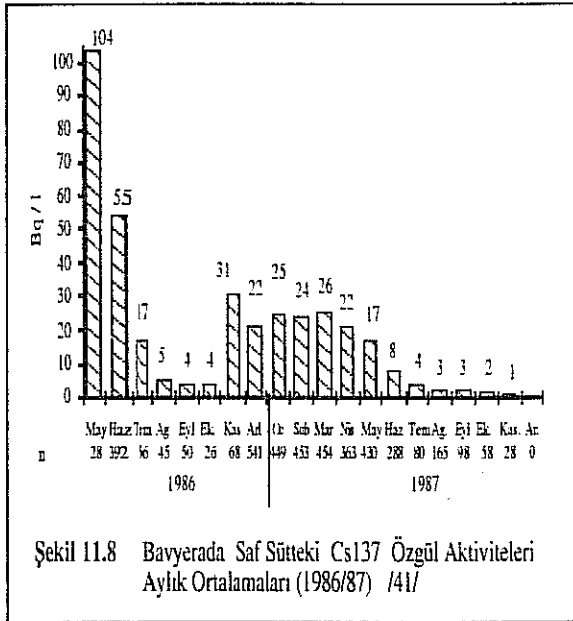
Eyaletlerden gelen besinlerdeki sezyum bulaşmasının değerlendirilmesinde yörel olarak en çok örneklenen şu yiyecekler seçilmiştir: Domuz ve sığır etleri, saf süt, buğday ve çavdar. Bu besinlerdeki radyoaktivite değerlerinden gidilerek, tüm eyalet alanı için geçerli olan aylık ortalama değerler Mayıs 1986 dan Aralık 1987 ye kadar belirlenmiştir (Bak Şekil 11.8 den Şekil 11.11 'e kadar). Bu değerlendirmeler için örnek olmak üzere, Çernobilden çok etkililenen Bavyera ile, az etkililenen Hessen Eyaletleri seçilmiştir.

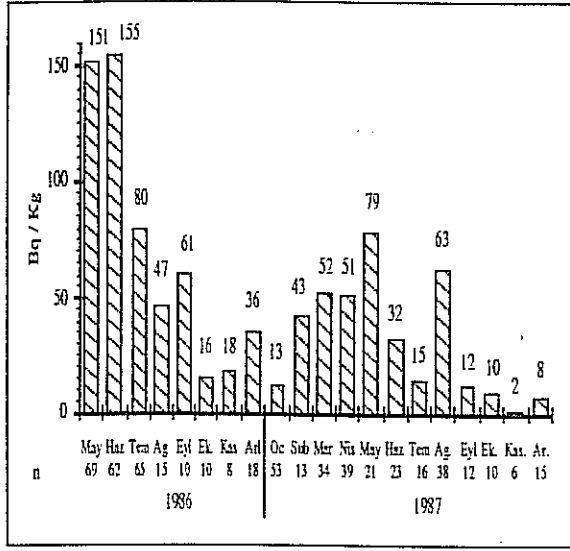
Yiyecek Sepeti Modelinden gidilerek vücuda alınan radyoaktif madde miktarının belirlenmesinde 1, 5, 10 ve 15 yaş gruplarıyla, 19 ile 69 yaşları arasındaki yetişkinler gözönüne alınmıştır. Şekil 11.12 de 1 yaşındaki bebeklerin, Şekil 11.13 de ise yetişkinlerin yiyecek sepetlerini oluşturan (günde gram olarak) besin miktarlarıyla, bunların toplam miktara oranları görülmektedir.

Sezyumun vücutta kalış süresiyle ilgili " Etkin Yarılma Süreleri ", çeşitli yaş gruplarındaki çocuklar ile kadın ve erkek yetişkinler için Şekil 11.14 de gösterilmiştir. Şekil 11.15, Cs 134 ün Cs 137 ye ve toplam sezyum aktivite miktarına oranlarıyla ilgili eğrileri göstermektedir.

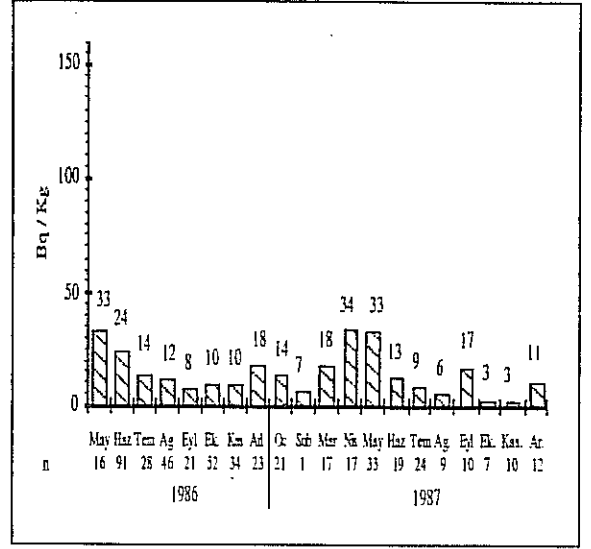
Tablo 11.4 Almanyada bir yetişkinin (içme suyu dışında) tükettiği besin miktarları
(De 84), /41/

BESİNLER	GÜNDE YENİLEN MİKTAR(g)	GÜNLÜK BESİN MİKTARINA ORANLANAN YÜZDESİ(%)
ET	111	4,4
SOSİS VE ET ÜRÜNLERİ	72	2,9
BALIK VE BALIK ÜRÜNLERİ	18	0,7
YUMURTA	43	1,7
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ	263	10,4
PEYNİR, YOĞURT	43	1,7
TEREYAÇ	18	0,7
YEMEKLİK YAĞLAR	32	1,3
EKMEK VE UNLU MADDELER	180	7,1
ÇEREZ	91	3,6
PATATES	148	5,9
TAZE SEBZE	98	3,9
SEBZE ÜRÜNLERİ	50	2,0
TAZEMEYVA, YÖRESEL	76	3,0
GÜNEY MEYVALARI (TURUNÇGİLLER)	43	1,7
MEYVA ÜRÜNLERİ	25	1,0
REÇELER	6	0,2
ŞEKER	34	1,3
ŞEKERLİ MADDELER	46	1,8
MAYONEZ, BAHARAT	6	0,2
ALKOLSÜZ İÇECEKLER	372	14,8
ÇEKİRDEK KAHVE	22	0,9
ÇAY	1	0,4
ALKOLLÜ İÇKİLER	721	28,6
	<u>2519</u>	<u>100,0</u>

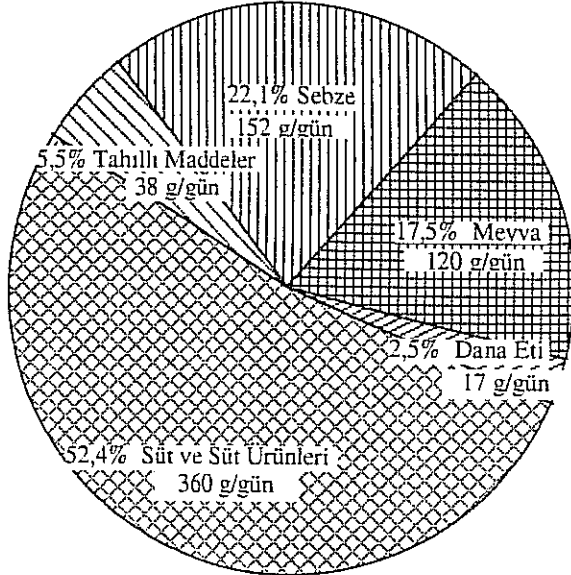




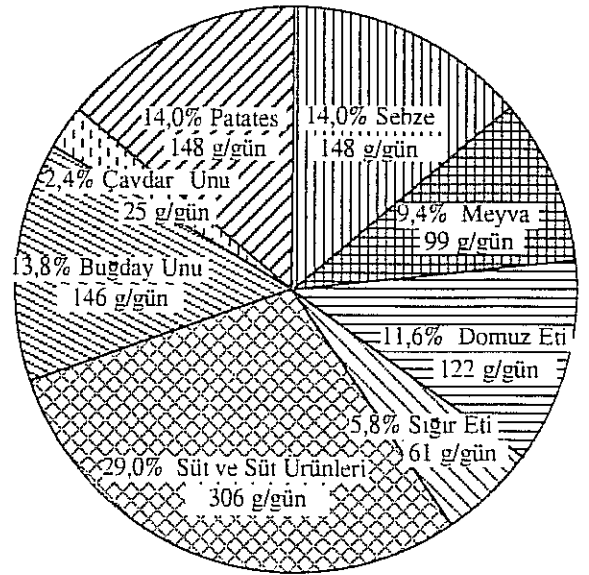
Şekil 11.10 Bavyerada Sığır Etindeki Cs137 Özgül Aktiviteleri Aylık Ortalamaları (1986/87) /41/



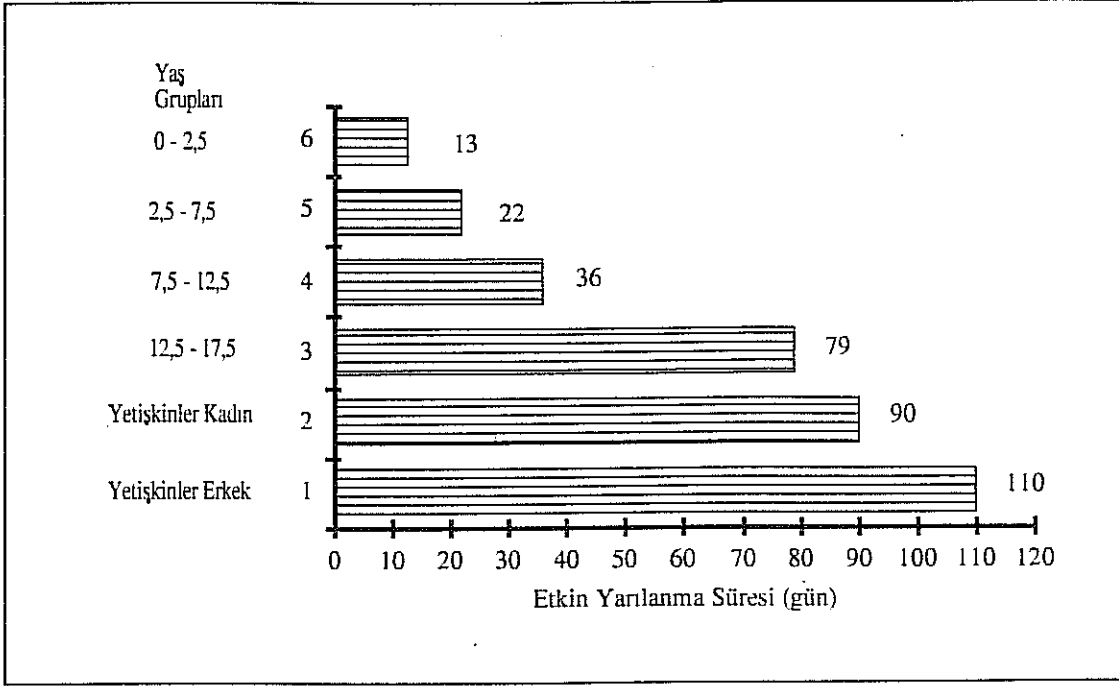
Şekil 11.11 Hessen Eyaletinde Sığır Etindeki Cs137 Özgül Aktiviteleri Aylık Ortalamaları (1986/87) /41/



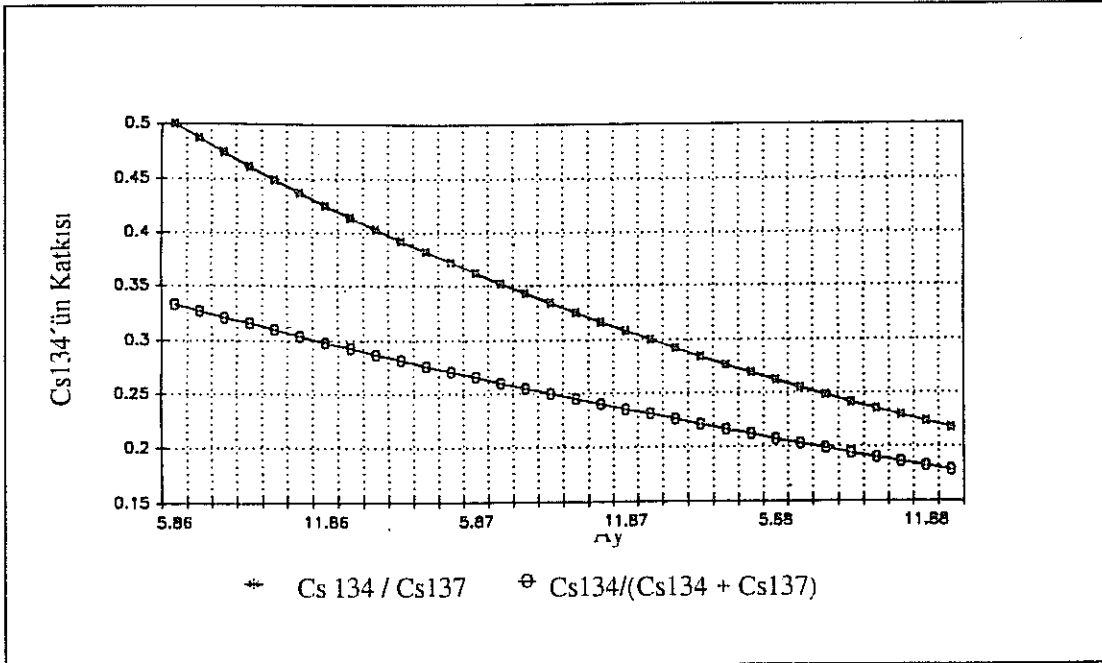
Şekil 11.12 1-Yaşında Bebekler için Yiyecek Sepeti /41/



Şekil 11.13 Yetişkinler için Yiyecek Sepeti /41/



Şekil 11.14 Çeşitli Yaş Gruplarındaki Çocuklar ile Kadın / Erkek Yetişkinler için Vücuttaki Sezyumun Etkin Yarılanma Süresi /41/



Şekil 11.15 Cs134 ve Cs137 Aktivitelerinin birbirlerine göre ve Cs134'ün toplam sezyuma oranlarının Çernobil Kazası Sonrasında zamanla azalımı /41/

11.2.1 Yaşa Bağlı Yiyecek Sepetleri

Besinler yoluyla insan vücuduna alınan Sezyumun %80 i, sığır ve domuz etleri, süt ve süt ürünleriyle tahıldan (ekmek ve unlu besinler) kaynaklanmakta olup, patates, yapraklı sebze ve yöre meyvalarının toplam katkısı ise %20 kadardır. Radyoaktif maddelerin çok bulaştığı bal, av eti, mantar ya da fındık gibi besinlerin katkısı ise, az miktarda yenilmeleri nedeniyle, önemsizdir. Et ve et ürünlerinde, Almanyada 1/3 oranda sığır ve 2/3 oranda da domuz eti yenildiği varsayımından gidilmiştir. Bugday kaynaklı besin miktarının, çavdardan kaynaklanan miktara oranı olarak 4/1 alınmıştır.

Radyoaktivite ölçümleri tahıl daneciklerinde yapıldığından, buğday ve çavdar unundan yapılp yenilen besinlerdeki radyoaktivite belirlemeleri, taze ekmek ve unlu besinlerin kuru kütlelerinin %60, taze daneciklerdekini ise %86 kuru kütlelerinin olduğundan gidilerek oranlama yoluyla hesaplanmıştır.

Tahıldan un yapılırken, tahılda ölçülen Cs137 miktarı, buğday ununda %50, çavdar ununda ise %35 oranında daha az değerler göstermektedir.

Taze sebze ve sebze ürünleri, yöresel taze meyva, meyva konserveleri ve reçeller yukardakilere eklendiğinde, tüm besinlerin, bebek ve küçük çocuklarda %97 si, 5-yaş grubundakilerde %56 sı, 10-yaş grubundakilerde %43 ü ve yetişkinlerde de %44 ü kapsanmış olmaktadır. Arta kalan besinler, radyoaktif maddelerle az bulaşmış içecekler ile az yenen bazı besinlerden oluştuğundan, bunların sindirim yoluyla insanda oluşturabileceği toplam radyasyon dozu önemsiz ölçüde azdır.

Tablo 11.5 de, Mayıs 1986 ile Aralık 1987 arasında Almanya eyaletleri çeşitli temel besinlerindeki Cs137 özgül aktivite ortalama değerleri gösterilmiştir. Bavyera değerleri ayrı tutularak, diğer eyaletler için bulunan ortalama değerler Hessen eyaletinin değerlerine çok yakın olduğundan, Hessen değerleri Bavyera dışındaki Almanya ortalaması olarak gözönüne alınabilir. **Tablo 11.6** da, Bavyera ve Hessen eyaletleri ve yukarda belirtilen yaş grupları için hesaplanan, sindirim yoluyla vücuda alınan günlük Cs134 ve Cs137 radyoaktivite değerleri (1986 ve 1987 yılları için) gösterilmiştir.

Yiyecek Sepetleri Modeline dayanılarak hesaplanan, vücuda giren radyoaktif maddelerin insanda oluşturacağı radyasyon dozlarıyla ilgili sonuçlar **Tablo 11.7** de görülmektedir.

11.3 Tüm Vücut Radyasyonu Ölçümlerinden gidilerek vücuda giren radyoaktif madde miktarının ve oluşacak radyasyon dozunun belirlenmesi

Kutu (Kompartman) Modelinden yararlanılarak ve Tüm Vücut Radyasyonu Ölçüm sonuçları kullanılarak, vücuda giren günlük Cs134 ve Cs137 miktarlarının kabaca belirlenmesi yapılabilir. Böylelikle hem mevsimlere göre değişimler ve hem de halk topluluklarının beslenme alışkanlıkları ortaya çıkarılabilir. Değerlendirmeler, Frankfurt, Münih ve Berehtesgadener yöreleri için yapılmış olup mevsimlere, kadın, erkek, çocuk ve yetişkinlere göre ayrılıklar gözönüne alınmıştır.

Tablo 11.5 Çeşitli Temel Besinlerdeki (Mayıs 1986- Aralık 1987) Cs137 Özgül Aktivitesi Ortalama Değerleri (Bq/l , Bq/kg) /41/

AM : Aritmetik Ortalamalar

AM* : Bavyera ve Baden-Württemberg dışındaki 6 Eyaletin Aritmetik Ortalaması

Besinler	Saf süt	Sığır eti	Domuz eti	Buğday	Çavdar
Eyaletler					
Bavyera	19,0	47,2	25,5	10,9	72
Baden-Württenb.	11,5	23,6	14,0	2,3	-
Rheinland-Pfalz	5,0	13,7	5,8	2,3	25
Saarland	14,0	21,4	9,4	2,8	19
Hessen	5,3	14,9	8,6	2,9	30
Nordrheia-Westf.	4,8	13,3	6,0	2,3	23
Niedersachsen	12,5	28,3	9,4	3,9	29
Schleswig-Holstein	4,9	17,4	4,3	3,7	14
AM	9,6	22,5	10,4	3,9	30
AM*	7,8	18,2	7,3	3,0	23

Tablo 11.6 Bavyera ve Hessen'de, 5 Yaş Grubu için, 1986 ve 1987 de Besinler Yoluyla Vücuda Alınan Günlük Toplam Aktivite Miktarları (Bq / gün) /41/

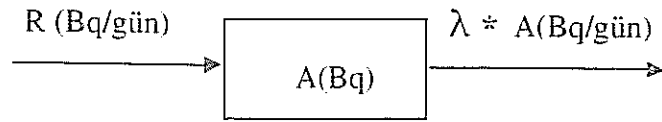
Yaş Grubu	Bavyera 1986					
	Cs134		Cs137		Cs-Toplam	
	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq
1	7,3	1760	15,5	3790	22,7	5550
5	6,9	1690	15,5	3660	21,9	5350
10	8,4	2050	18,2	4440	26,6	6490
15	9,5	2330	20,7	5040	30,2	7370
Yetişkinler	10,9	2650	23,5	5730	34,3	8380
Yaş Grubu	Hessen 1986					
	Cs134		Cs137		Cs-Toplam	
	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq
1	1,5	370	3,4	820	4,9	1190
5	1,7	410	3,7	900	5,4	1310
10	2,0	490	4,4	1070	6,4	1560
15	2,3	550	5,0	1220	7,3	1770
Yetişkinler	2,6	630	5,7	1390	8,3	2020
Yaş Grubu	Bavyera 1987					
	Cs134		Cs137		Cs-Toplam	
	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq
1	2,3	830	6,1	2240	8,4	3070
5	2,4	870	6,6	2400	8,9	3270
10	2,8	1030	7,7	2830	10,5	3860
15	3,2	1180	8,9	3240	12,1	4420
Yetişkinler	3,7	1340	10,2	3750	14,0	5110
Yaş Grubu	Hessen 1987					
	Cs134		Cs137		Cs-Toplam	
	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq	Bq/gün	Bq
1	0,9	320	2,4	880	3,3	1200
5	1,0	350	2,7	970	3,6	1310
10	1,1	410	3,1	1140	4,2	1550
15	1,3	470	3,6	1300	4,8	1770
Yetişkinler	1,5	540	4,1	1510	5,6	2050

Tablo 11.7 1986 ve 1987 de Bavyera ve Hessen’de İnsan Vücuduna Alınan Toplam Sezyum Aktiviteleri ve Bunlardan Oluşan Toplam Radyasyon Dozları /41/

	1986		1987			
	01.05.-31.12. (Bq)	(mSv)	01.01.-30.06. (Bq)	(mSv)	01.07.-31.12. (Bq)	(mSv)
1-YAŞINDAKİLER						
Bavyera	5600	0,06	2600	0,027	430	0,004
Hessen	1200	0,01	900	0,010	300	0,002
5-YAŞ						
Bavyera	5400	0,05	2400	0,023	840	0,008
Hessen	1300	0,01	910	0,009	400	0,003
10-YAŞ						
Bavyera	6500	0,07	2900	0,030	930	0,009
Hessen	1600	0,02	1100	0,011	460	0,005
15-YAŞ						
Bavyera	7400	0,11	3400	0,049	1100	0,014
Hessen	1800	0,03	1300	0,018	520	0,007
Yetişkinler						
Bavyera	8400	0,13	3800	0,060	1300	0,020
Hessen	2000	0,03	1400	0,023	620	0,009

11.3.1 Kutu Modeli

İnsan vücudu bir kutuya benzetilerek, toplam sezyum aktivitesinin sabit bir debiyle (R) vücuda girdiği düşünülmektedir. Vücuttan çıkış debisi ise, vücuttaki toplam sezyum radyoaktivitesiyle(A) orantılı sayılmaktadır (λA):



λ : Vücuttan etkin çıkış debisi katsayısı = $\ln 2 / T_{\text{etk}}$
 T_{etk} : Etkin (effektif) yarılanma süresi (gün)

Tablo 11.8 de, kutu modelinden yararlanılarak hesaplanan ortalama günlük sezyum aktiviteleri Temmuz 1986 ile Haziran 1987 arası için gösterilmiştir.

Tüm vücut radyasyonu ölçümlerine dayanılarak yapılan doz hesapları sonuçları ise Tablo 11.9 da bulunmaktadır.

Tablo 11.8 / 11.9 Tüm Vücut Işınlaması Ölçümlerinden Hesaplanan Sindirim Yolu Radyasyon Dozları (mSv), Temmuz 1986 - Temmuz 1987 /41/

Tabl. 11.8 :

Ölçü Yaş Grubu	Frankfurt / Main					Homburg / Saar				
	n	Med	AM	Min	Max	n	Med	AM	Min	Max
Küçükler	0					0				
5-Yaşındakiler	66	0,03	0,03	0,05	0,15	6	0,04	0,04	0,03	0,05
10 "	47	0,02	0,03	0,01	0,07	9	0,03	0,03	0,01	0,04
15 "	36	0,03	0,03	0,01	0,05	2	0,03	0,03	0,03	0,03
Yetişkinler	247	0,02	0,03	0,03	0,06	16	0,03	0,04	0,02	0,07

Tabl. 11.9 :

Ölçü Yaş Grubu	Münih ve Çevresi					Berchtesgadener Yöresi				
	n	Med	AM	Min	Max	n	Med	AM	Min	Max
Küçükler	4	0,03	0,03	0,02	0,05	2	0,17	0,16	0,11	0,22
5-Yaşındakiler	22	0,04	0,04	0,02	0,08	6	0,22	0,25	0,07	0,33
10 "	11	0,05	0,06	0,03	0,05	7	0,08	0,13	0,06	0,02
15 "	4	0,14	0,14	0,04	0,19	1	0,11	0,11		
Yetişkinler	70	0,06	0,07	0,02	0,18	21	0,19	0,23	0,06	0,66

n = Degerlendirilebilen Kisi Sayısı
 Med = Median Degerleri (Bq/gün)
 AM = Aritmetik Ortalamalar (Bq/gün)
 Min = Minimum degerler (Bq/gün)
 Max = Maksimum degerler (Bq/gün)

11.4 İyot-131 ile bulaşmış besinlerin yenilmesi sonucu oluşacak radyasyon dozunun tahmini

Kitabın I. Bölümünde belirtildiği gibi, Çernobil kazasından sonraki sadece bir kaç hafta içinde I-131 ile bulaşmış süt, yapraklı sebze ve marul gibi besinler yoluyla insanda bir miktar ek radyasyon dozu oluşabilecektir. Özellikle çocukların tiroid bezesi bölgesinde I-131 den oluşabilecek dozun önemi nedeniyle, yapraklı sebze ve ıspanağın yenilmemesi ya da bunların iyice yıkanıp, dış yapraklarının atılması Almanya Radyasyondan Korunma Kurulunca önerildiğinden, ve bu öneriye de çoğunlukla uyulduğundan, önemli sayılabilecek dozlara neden olunmadığı sanılmaktadır. Bu önerilere uyulmadığı varsayımından gidilerek bulunan maksimum degerler Tablo 11.10 da gösterilmiştir. Gerçekte ise, Münih yöresinde çocuklarda ilk yıl süresince 2,6 mSv, yetişkinlerde ise 0,55 ile 1,2 mSv arasında tiroid dozları oluşmuştur. Tablo 11.10 daki degerlerin bunların 10 katına varan büyüklüklerde olduğu görülmektedir.

Tablo 11.10 Mayıs / Haziran 1986 da besinlere I 131 bulaşması sonucu insanda oluştuğu tahmin edilen Tüm Vücut Etkin Dozu ve Tiroid Dozu (mSv) /41/

a : Etkin Doz ; b : Tiroid Dozu

Yaş Grubu	Süt ve Sebze		Sütün Katkısı	
	Bavyera	Hessen	Bavyera	Hessen
1	a	1,7	0,22	0,02
	b	55	6,9	0,65
5	a	0,63	0,05	0,005
	b	22	1,9	0,18
10	a	0,36	0,04	0,004
	b	11	1,1	0,11
15	a	0,24	0,025	0,002
	b	8,4	0,92	0,09
Yetişkinler	a	0,2	0,022	0,002
	b	6,5	0,72	0,07

11.5 Nükleer Bomba Denemeleri ve Çernobil Kazası Sonucu Vücuda Alınan Radyoaktif Maddeler ve İnsanda Oluşacak Dozların Karşılaştırılması

1945 den sonra toprak üstünde yapılan nükleer bomba denemeleri sonucunda Cs137 ve Sr90 gibi radyoaktif maddeler Kuzey Yarımküresi atmosferine yayılmıştır. Kuru serpinti ve yağışlarla yeryüzüne inen bu maddeler yoluyla, Almanyada toprakta ortalama olarak 4 Bq/m^2 Cs137 ve $2,5 \text{ Bq/m}^2$ Sr90 birikimi olmuştur. Radyoaktif parçalanma nedeniyle bu değerler bugün sırasıyla 3 ve 2 Bq/m^2 kadardır.

Çernobil kazası nedeniyle Münih / Neuherbergde toprakta biriken Cs137 aktivitesinin, Nükleer bomba denemeleri sonucu biriken miktarın 5 katı kadar olduğu I.Bölümde belirtilmiş idi (Bak Şekil 6.14). Çernobil nedeniyle topraktaki Sr90 birikimi ise, nükleer bomba kaynaklı olan miktarın sadece %10 u düzeyinde kaldığından insanda önemli sayılabilecek değerde bir doz oluşturmayacaktır.

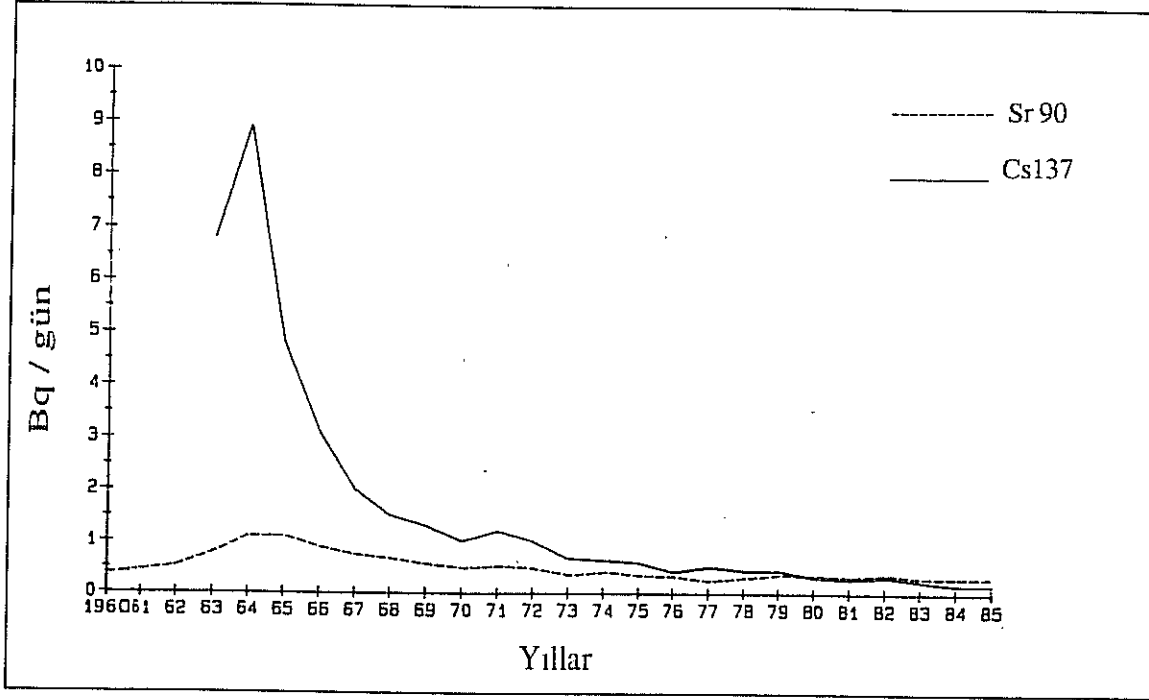
Toprakta biriken radyoaktif maddelerin bitkilere, ve besinler yoluyla da insana ulaştığı konusu daha önce işlenmiş idi (Bak Bölüm 7).

Aşağıdaki karşılaştırmalar sadece yetişkinler için yapılmış olup Cs134 ve Cs137 radyoizotopları göz-önüne alınmıştır.

Almanyada 1960 lı yıllardan beri , çeşitli laboratuvarlarında Cs137 ve Sr90 ölçülmektedir. Çeşitli kurumların, yurtların ve hastanelerin çıkardıkları yemeklerden alınan örneklerde ölçülen Sr90 ve Cs137 miktarları Sekil 11.16 da, ve bunlardan hesaplanan radyasyon dozları da Tablo 11.11 de gösterilmiştir. Nükleer bomba denemelerinin en yoğun yapıldığı 1961-1962 yıllarından sonra, topraktan bitki ve besinlere geçiş gecikmesi sonucu, besinlerdeki en yüksek radyoaktivite değerlerinin 1964 de ortaya çıktığı görülmektedir (En çok: Günde $8,9 \text{ Bq}$ lik Cs 137 aktivitesi).

1960 dan 1985 e kadar , besinlerdeki Cs 137 ve Sr 90 bulaşması sonucu insanda oluşan toplam radyasyon dozu Almanyada sırasıyla $0,24 \text{ mSv}$ ve $0,16 \text{ mSv}$ kadardır (Toplam $0,40 \text{ mSv}$).

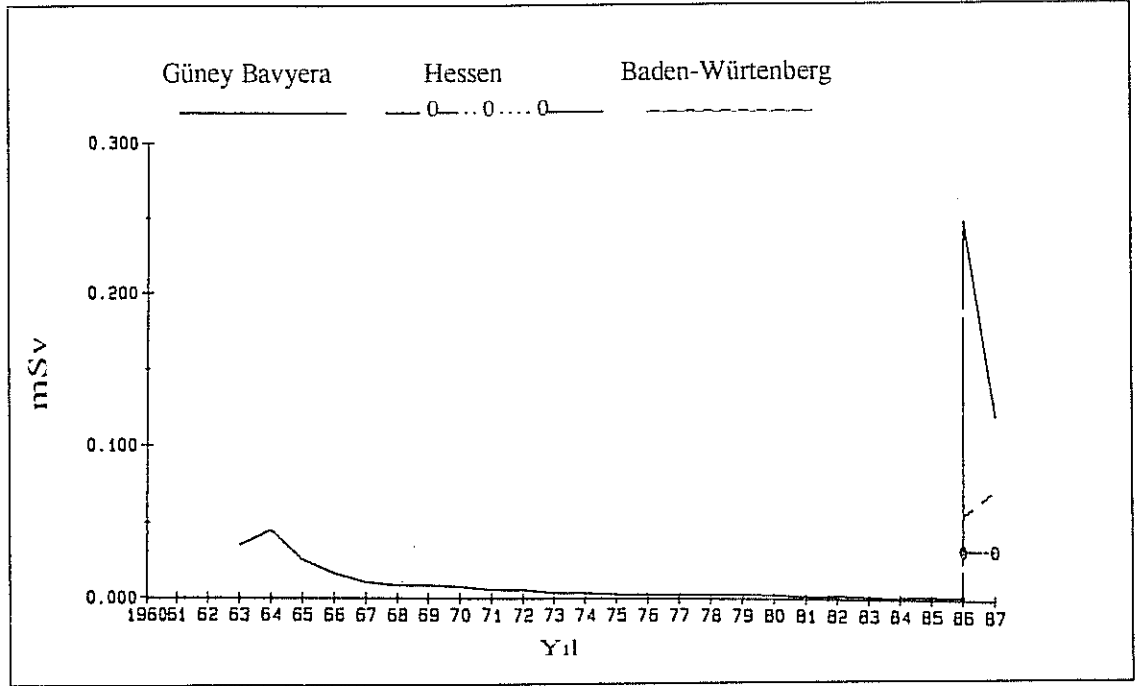
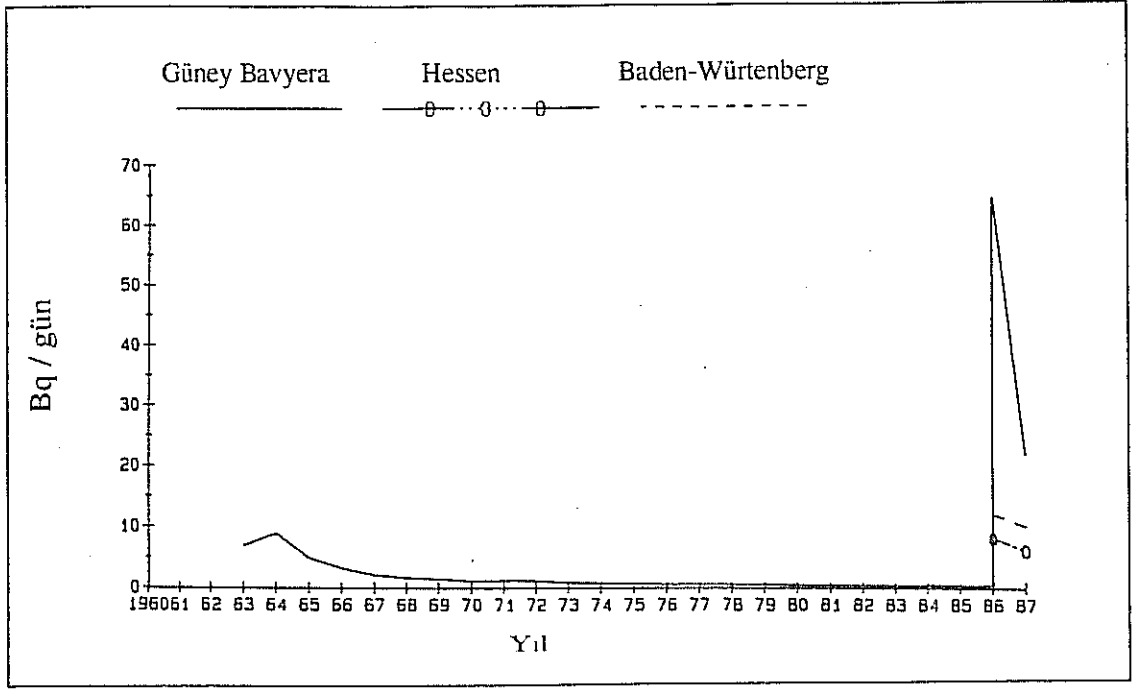
Şekil 11.17 de vücuda besinler yoluyla alınan Cs 137 aktivitesinin 1960 ile 1987 arası günlük değişimleri ve Şekil 11.18 de bunlardan insanda oluşan radyasyon dozları görülmektedir. Şekil 11.19 da ise 1961 de 20 yaşındaki bir yetişkinin vücudunda daha sonraki yıllarda oluşan birikmiş etkin dozları gösteren eğriler çizilmiştir.

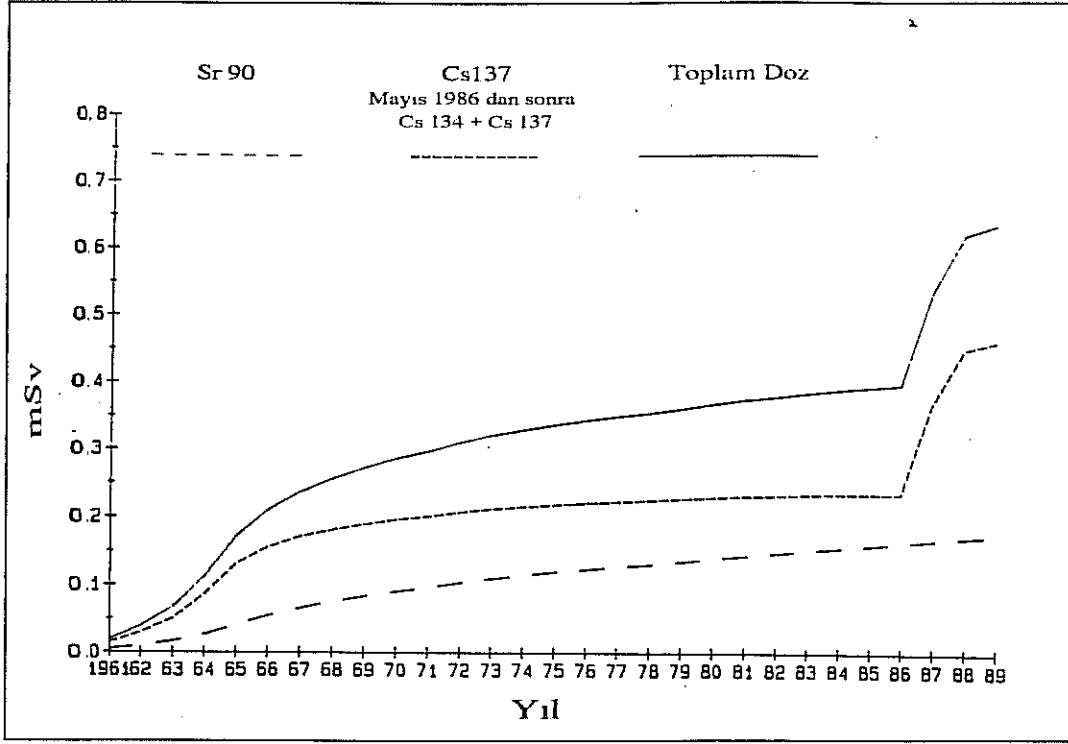


Şekil 11.16 1960 dan 1985'e kadar tüm yiyecekler yoluyla vücuda giren Sr 90 ve Cs137 Aktiviteleri /41/

Tablo 11.11 1960 - 1985 arası, tüm yiyecekler yoluyla vücuda alınan Cs137 ve Sr90 Aktiviteleri ve bunlardan Oluşan Dozlar /41/

Yıllar	Cs137		Sr90	
	Bq / gün	mSv	Bq / gün	mSv
1960		0,015	0,37	0,005
1961		0,015	0,44	0,005
1962		0,021	0,52	0,007
1963	6,8	0,035	0,78	0,010
1964	8,9	0,045	1,10	0,014
1965	4,8	0,025	1,10	0,014
1966	3,1	0,016	0,89	0,010
1967	2,0	0,010	0,74	0,008
1968	1,5	0,008	0,67	0,007
1969	1,3	0,008	0,56	0,007
1970	1,0	0,007	0,48	0,006
1971	1,2	0,005	0,52	0,007
1972	1,0	0,005	0,48	0,006
1973	0,67	0,003	0,35	0,005
1974	0,63	0,003	0,41	0,005
1975	0,59	0,002	0,34	0,004
1976	0,41	0,002	0,32	0,004
1977	0,52	0,002	0,24	0,003
1978	0,44	0,002	0,31	0,004
1979	0,44	0,002	0,37	0,005
1980	0,31	0,002	0,34	0,004
1981	0,27	0,001	0,32	0,004
1982	0,32	0,002	0,37	0,005
1983	0,23	0,001	0,30	0,004
1984	0,16	0,000	0,30	0,004
1985	0,16	0,000	0,30	0,004





Şekil 11.19 Bavyerada besinler yoluyla vücuda alınan Sr 90, Cs134 ve Cs137 sonucu, yetişkin bir insanda zamanla oluşan 50 Yıllık Birikim Dozları (1961 de 20 yaşındaki bir insan örnek alınmıştır.) / 41 /

11.5.1 Nükleer Bomba Denemeleri ve Çernobil Kazası Sonucu Dıştan Işınlanma Yoluyla Oluşacak Radyasyon Dozunun Belirlenmesi

Bu bölümdeki, dıştan ısınlama sonucu insanda oluşan "etkin doz" hesaplama ve belirlemeleri, Almanyada örnek olarak seçilen 3 yörede yapılan toprak radyoaktivitesi ölçümlerine dayanmaktadır :

- (1) Tunanlıkuzeyindeki tüm bölgeleri temsil eden *Frankfurt Yöresi* (Batı Almanyanın % 80 i)
- (2) Çernobil radyoaktivitesinden en çok etkilenen Berehtesgadener yöresi dışında, Tunanın güneyindeki tüm bölgeleri temsil eden *Münih Yöresi* (Batı Almanyanın % 15 i)
- (3) *Berehtesgadener Yöresi* (Batı Almanyanın % 5 i)

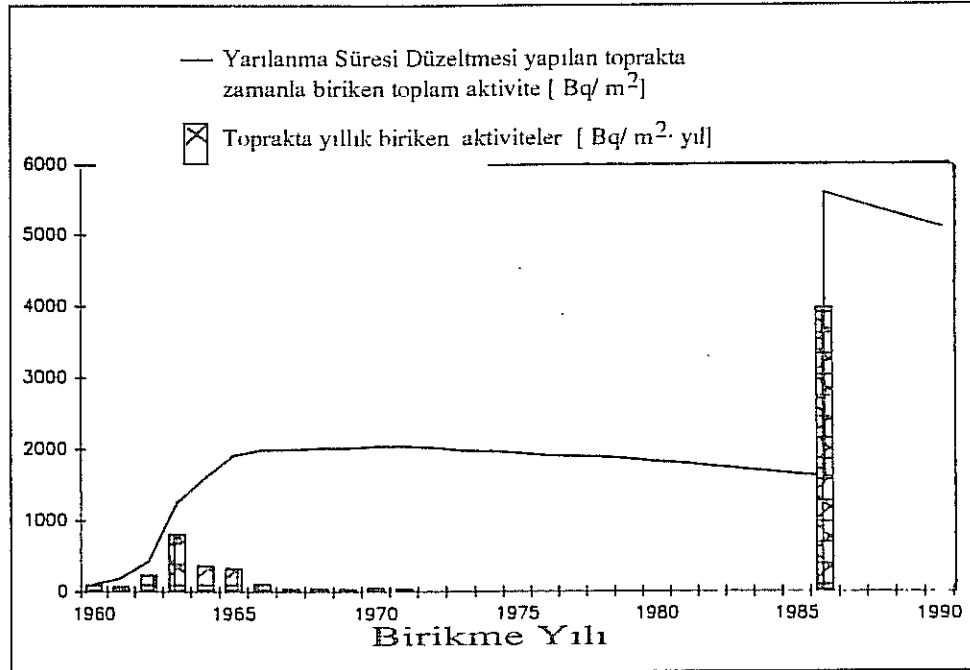
Şekil 11.20, 11.21 ve 11.22 sırasıyla bu üç yöredeki toprakta, nükleer bomba denemeleri ve Çernobil serpintileri sonucu biriken Cs 137 radyoaktivitesini, 1960 dan günümüze kadar göstermektedir.

1986 daki Çernobil kazasından çok önce, 1960 lı yıllarda toprak üstünde yapılan 400 kadar nükleer bomba denemesi sonucu yeryüzüne kuru ve yaş serpintilerle saçılan radyoaktif maddelerin toprakta ölçülen değerleri, Almanyanın tüm yüzeyini kapsayacak ölçüde ve sürekli olarak bulunmamakta ise de, Almanya Meteoroloji Kurumunun Frankfurt yöresindeki Königstein / Taunus ölçü istasyonunda 1960

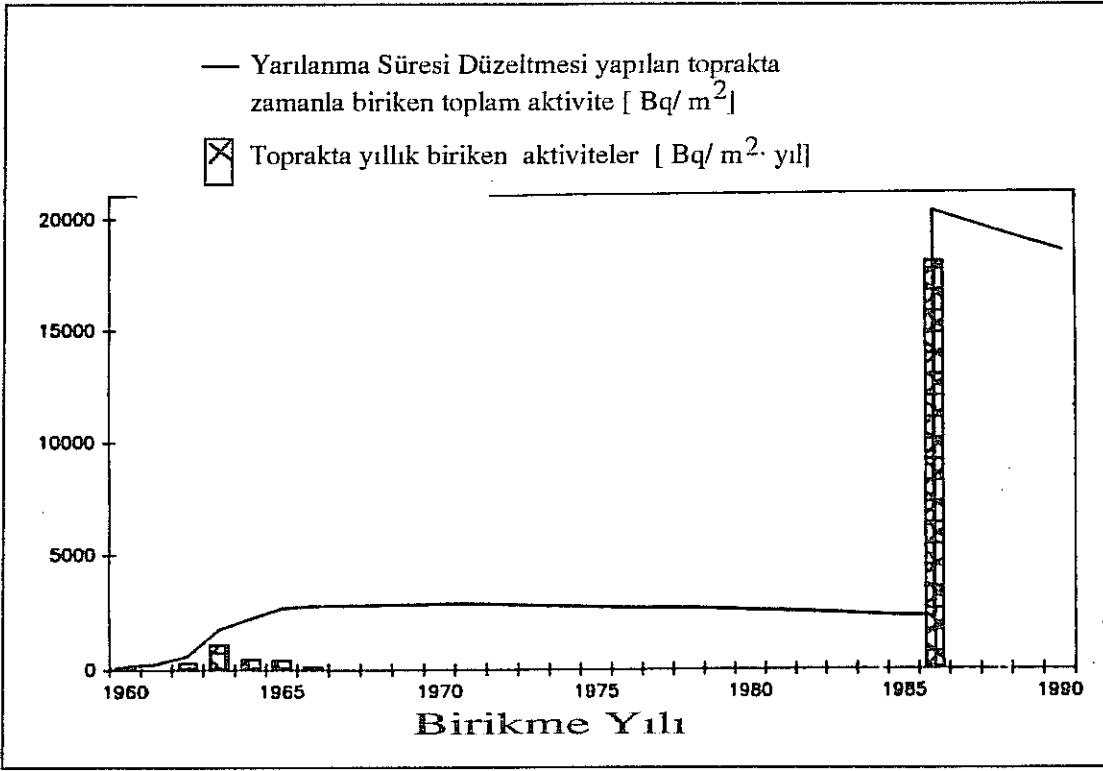
dan bugüne kadar yapılan ölçümlerin sonuçları vardır. Bu ölçümler , Frankfurt/Main yöresinde toprakta $2,6 \text{ kBq/m}^2$ lik Cs 137 birikimi olduğunu göstermektedir. Radyoaktif parçalanma nedeniyle bugünkü miktar $1,6 \text{ kBq/m}^2$ olup , aktivite hala toprağın birkaç metrelik üst düzeylerinde bulunmaktadır.

Almanyanın başka bölgeleri için topraktaki radyoaktivite ancak yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Nükleer bomba denemeleri sonucu radyoaktif maddelerin havadaki dağılımının kabaca her yerde aynı olduğu ve topraktaki birikimin de , kuru serpintilerden daha çok , yağışlarla olduğu gerçekleri gözönüne alınarak yaklaşık hesaplama yapılmıştır. Böylelikle , bir yörede toprakta biriken radyoaktif madde miktarının , o yöredeki ortalama yağış miktarıyla orantılı olacağı sonucu çıkarılabilir. Frankfurt yöresine göre , yağışlardaki uzun süre ortalaması Münih yöresinde 1,4 ve Berechesgadener yöresinde ise 2,2 kat daha çok olduğundan , *nükleer bomba serpintileri* nedeniyle buralardaki toprakta biriken Cs 137 miktarları da sırasıyla 2 ve $3,5 \text{ kBq/m}^2$ kadar olabilir.

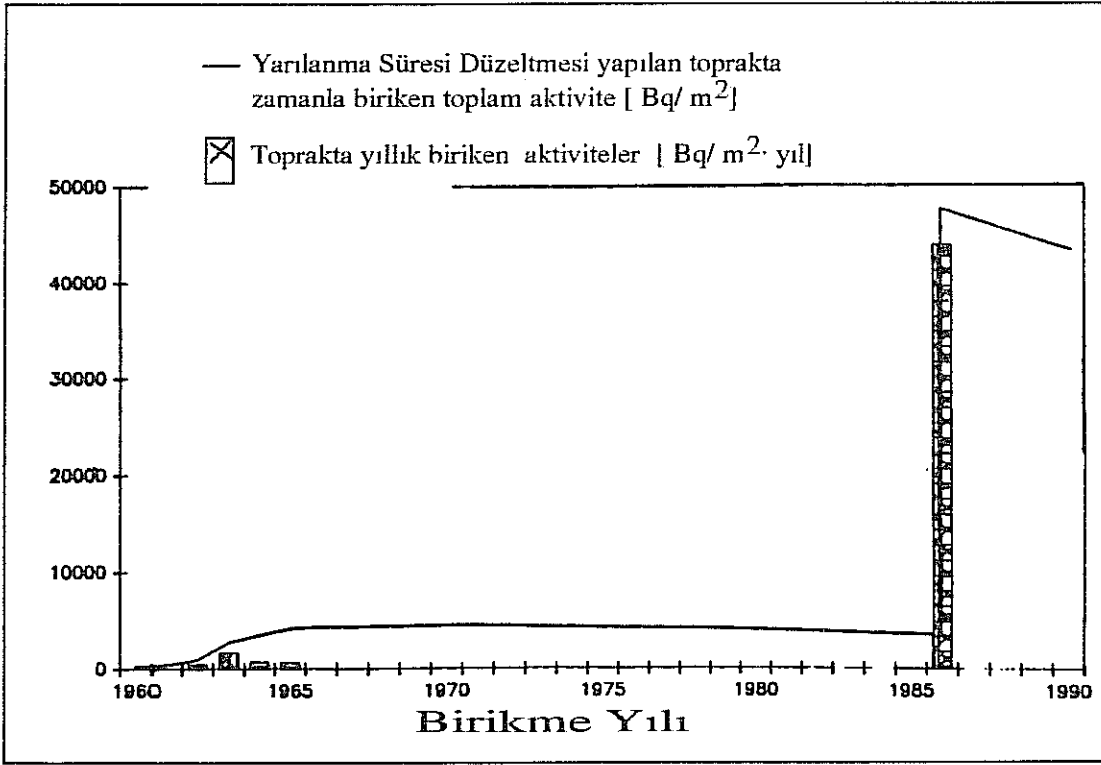
Çernobil kazası sonucu Mayıs 1986 da toprakta biriken toplam sezyum (Cs 134 + Cs 137) miktarı , Frankfurt , Münih ve Berechesgadener yörelerinde sırasıyla 6 , 28 ve 68 kBq/m^2 olmuştur (Özellikle Berechesgadener yöresinde radyoaktif maddelerle yüklü bulutlar geçerken , fırtınayla karışık yağışlarla çok miktardaki radyoaktif maddeyi bu yöreye buluşturmuşlardır).



Şekil 11.20 Frankfurt yöresinde 1960 dan beri, Nükleer Bomba Denemeleri ve Çernobil Kazası Serpintileri sonucu toprakta biriken Cs137 aktivitesi /41/



kil 11.21 Münih yöresinde 1960 dan beri, Nükleer Bomba Denemeleri (tahmini değerler) ve Çernobil Kazası Serpintileri sonucu toprakta biriken Cs137 aktivitesi /41/



kil 11.22 Berechtesgadener yöresinde 1960 dan beri, Nükleer Bomba Denemeleri (tahmini değerler) ve Çernobil Kazası Serpintileri sonucu toprakta biriken Cs137 aktivitesi /41/

11.5.2 Dıştan Işınlanmanın Belirlenmesinde Temel Yol ve Yöntemler

Sindirim yoluyla insanın içten ışınlanmasının yanı sıra, yerde biriken Sezyum radyoaktivitesinin insanın dıştan ışınlanmasına neden olduğu daha önce belirtilmiş idi(Bak Bölüm 7.1 ve 7.2).Sezyumun yerde kalış süresi, biriktiği yerin cinsine bağlıdır. Herhangibir yörede sezyum birikimi ; açık alanlarda başka , asfalt ve yapılarla kaplı yerleşim bölgelerinde başka olacaktır. Bu nedenle , kentlerde, yağışlarla yere düşen radyoaktif maddeler, asfalt yollardaki akışlar ve buharlaşma sonucu yaklaşık olarak 80 günlük yarılanma süresiyle azalım göstermektedirler. Bunun sonucu olarak , yöredeki insanların dıştan ışınlanmasına daha az katkıda bulunurlar.

Tarla gibi açık alanlarda ise sezyum daha çok toprağın üst düzeylerinde soğurulup, buralarda bulunan insanların dıştan ışınlanmalarına neden olur. Kaba toprakta sezyumdan salınan radyasyonun %30 kadarının toprak toprak ve taneciklerinde soğurulması sonucu insana ulaşabilen miktar %70 kadardır.

Burada, dıştan ışınlanma dozu hesaplanmasında sadece açık alanlar gözönüne alınmıştır. Ayrıca, kaba toprak kitlelerinin radyasyonu %30 kadar soğurması , toprakta ölçülen radyoaktive değerlerinde düzeltme yapılarak doz buna göre hesaplanmıştır.

Toprakta biriken sezyumdan salınan gama ışınları nedeniyle oluşacak yöresel / noktasal "ortam dozu " insanın gerçekten ışınlandığı doz ile aynı değildir. Bunun nedeni insanın hiçbir zaman toprak üstünde sürekli ve korunmasız (zirhsiz) olarak bulunmayacağı gerçeğidir.

Gerçek dıştan ışınlanma dozunun hesaplanmasında, insanın dışarda günde 5 saat, yapı içlerinde de 19 saat kaldığı varsayılmıştır. Yapıların zırhlama katsayısı olarak da 0,15 alınmıştır (Bu katsayı yapının cinsine göre 0,03 ile 0,30 arasında değişim gösterebilir).

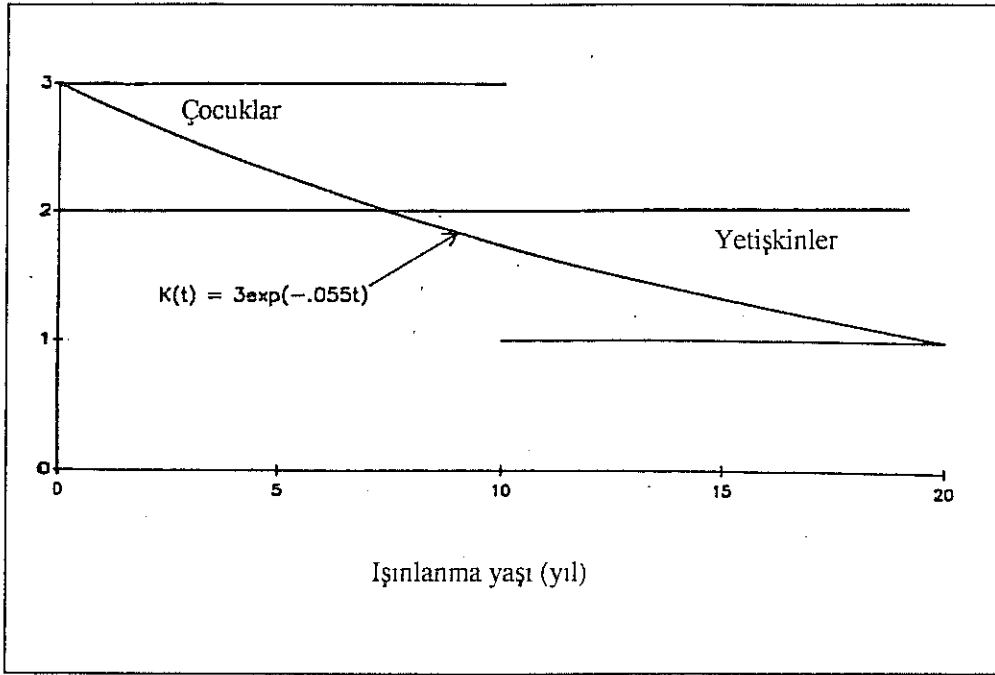
Dıştan ışınlanmayla ilgili doz katsayıları bugün sadece yetişkinler için vardır. Bu doz katsayıları bebek ve çocuklar için kullanıldığında, organların büyüklükleri ve birbirlerine olan durumları, vücut büyüklüğü ve dokuların zırhlamalarının farklılık göstermesi nedenleriyle, dıştan ışınlanma dozları çocuklarda gerçeğe göre daha düşük değerler verecektir. Bu nedenle, çocuk ve gençlerin yaşlarına bağlı olarak doz katsayılarının 1 den büyük değerler alacağı gözönüne alınmalıdır. Çocuğun yaşına bağlı olarak, gözlemlere dayanılarak kabaca hesaplanan "düzeltilme eğrisi" ekspanansiyel bir değişim göstermektedir. Buna göre, yeni doğan bir bebeğin yetişkinlere oranla alacağı yıllık doz miktarı 3 kat daha çok olup, bu değer yaş ilerledikçe azalarak 20.yasta 1'e inmektedir (Bak Şek. 11.23).

Çernobil kaynaklı radyoaktivite sonucu, uzun süreli dıştan ışınlanmayla ilgili yaşam boyu doz hesaplarında, insan ömrü için 70 yıl seçilmiştir. Böylece, herhangi bir kimsenin ilk ışınlandığı yaşından başlayarak, geriye kalan sürede alacağı doz o kimsenin yaşam boyu dozu olmaktadır. Yaşam boyu dozu, ilgili etkin radyoaktif maddenin başlangıçtaki aktivitesine, yarılanma süresine ve ayrıca yapıların zırhlama katsayılarıyla, insanın yapı içinde kalış süresine ve doz katsayılarına bağlıdır.

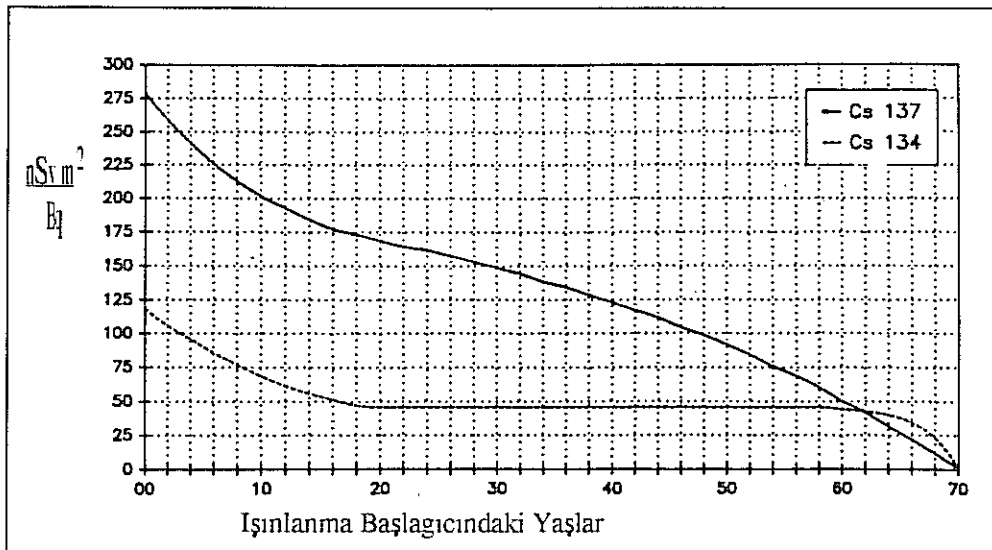
Şekil 11.24 de, 1Bq/m² lik yüzeysel aktivite sonucu dıştan ışınlanmayla oluşan yaşam boyu dozları Cs137 ve Cs134 için gösterilmiştir.

Nükleer bomba denemeleri sonrasında olduğu gibi zamanla sürüp giden serpintiler sonucu, topraktaki radyoaktif madde birikiminin sürekli olması durumunda ve bunlara Çernobil kazasından sonraki ilk

yıldaki ek birikim nedeniyle insanda yaşam boyu oluşacak dozları hesaplamada kolaylık sağlamak ve karşılaştırmak için 1940, 1960 ve 1986 doğumlular örnek yaşlar olarak burada gözönüne alınmışlardır.



Şekil 11.23 Çocuklar ve Gençler için Dıştan Işınlanma dozlarının Ağırlıklı hesaplanmasında kullanılan yaşa bağlı ampirik " Düzeltme Eğrisi " (/41/ ve GSF Bericht 16/86)



Şekil 11.24 Dıştan Işınlanmanın başlangıç yaşa bağlı olarak, toprak yüzeyindeki 1 Bq / m² lik aktivite birikiminden oluşacak yaşam boyu dozları / 41 /

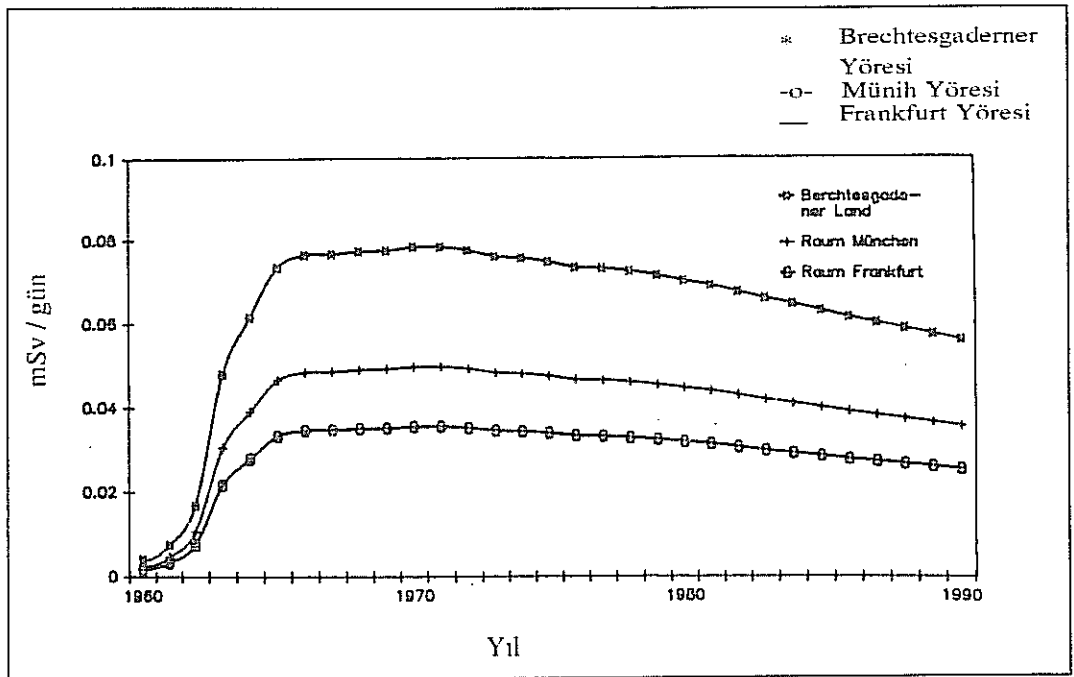
(Yaş süresi : 70 yıl; Evlerin Zırhlama Katsayısı = 0,15 ; Dışarda günlük kalış süresi = 5 saat)

11.5.3 Nükleer Bomba Denemeleri Sonucu Oluşan Dıştan Işınlanma Dozu Ayrıntıları

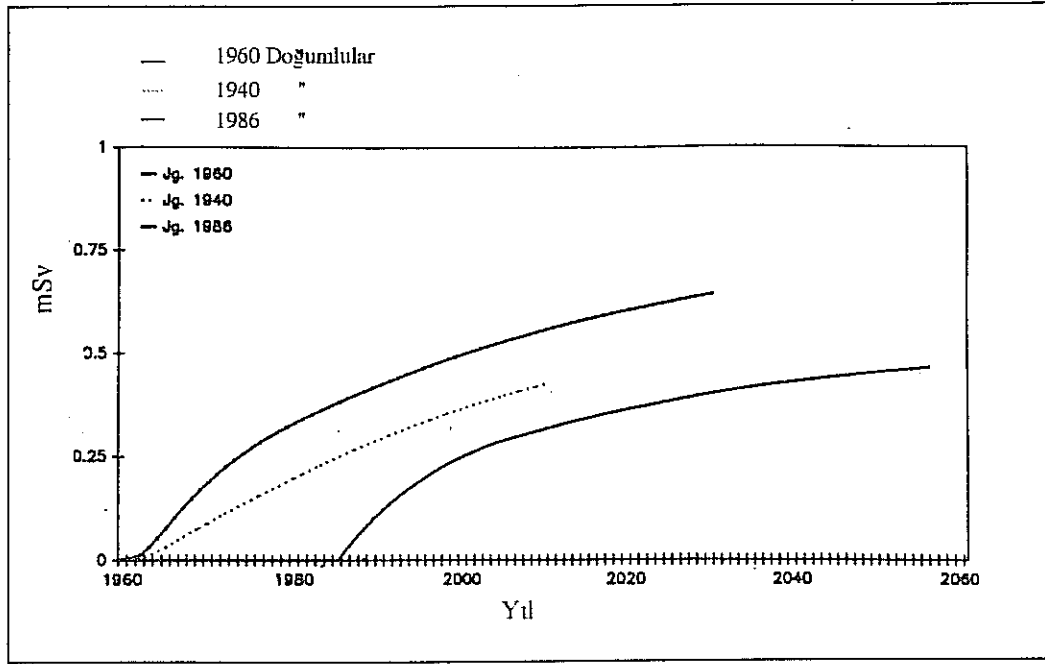
Atom bomba denemelerinden kaynaklanan serpintiler sonucu Frankfurt, Münih ve Berehtesgadener yörelerindeki çevresel (noktasal) dozlar sırasıyla 0,03 , 0,04 ve 0,07 mSv/yıl dolayındadır (1989). Evlerin ışınları zırlaması ve insanların dışarda kalma sürelerinin kısıtlı olması gözönüne alındığında, yörede oluşacak yukardaki yıllık dozların sadece 1/3'ü yetişkin bir kimse için etkin olabilecektir. Yeni doğmuş bir bebek için, Şekil 11.23 deki yaşa bağlı düzeltme katsayıları nedeniyle üç kat daha fazla doz değerleri (ya da çevredeki %100 dozlar) beklenebilir. Buna göre elde edilen Yaşam Süresi Dozları, çeşitli yıllarda doğanlar için Şekil 11.25 den 11.27'e kadar gösterilmiştir.

Frankfurt yöresinde, 1940 doğumlarının nükleer bomba denemeleri sonucu yaşam boyu dıştan ışınlanma dozu 0,5 mSv kadardır. 1960 doğumular için ise bu miktar %50 kadar daha fazla olup 0,7 mSv dir. Bu fazlalığın nedeni, 1960 doğumuların, nükleer bomba denemeleri serpintilerinin en yoğun olduğu 1960 lı yıllarda büyümüş olmalarından, buna karşı 1940 doğumuların, ilk 20 yıllarını nükleer bomba serpintilerinin olmadığı bir ortamda geçirmiş olmalarındandır. 1986 doğumuların doz durumu, 1960 lıların durumuna benzemektedir (her iki grup da çocukluklarını, nükleer bomba denemeleri serpintilerinin etkisiyle geçirmişlerdir). Ancak, 1960 dan 1986 ya kadar geçen 26 yılda radyoaktif parçalanma sonucu, toprakta biriken aktivitenin sadece bir bölümü 1986 doğumular için etkinlik gösterdiğinden, 1986 lıların toplam yaşam boyu dozu 1940 doğumuların düzeyinde kalacaktır (0.5 mSv).

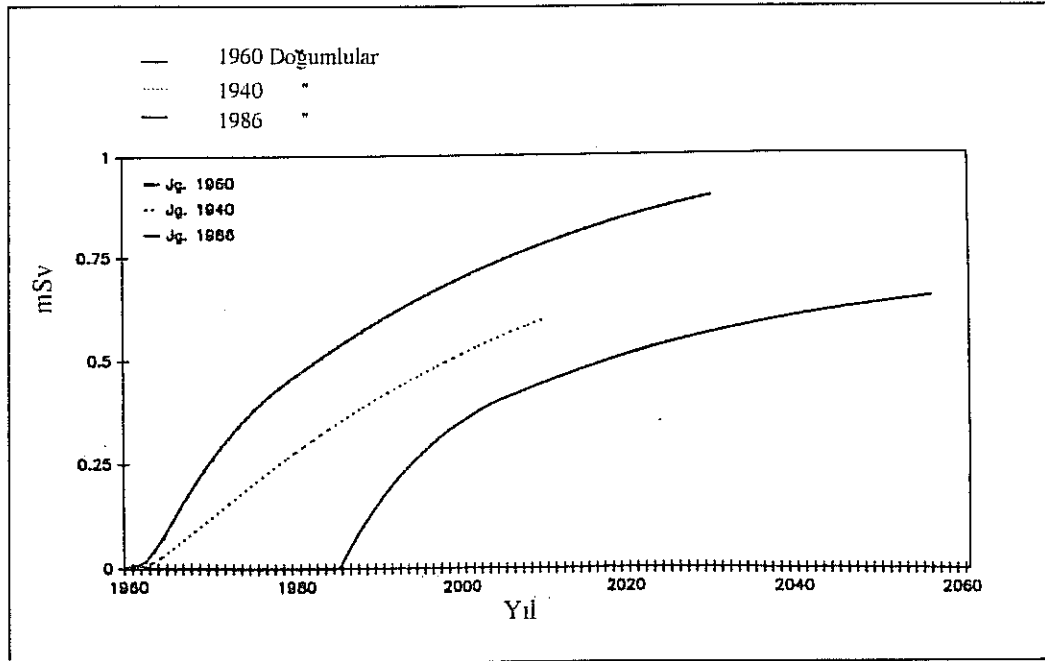
Münih ve Berehtesgadener yörelerindeki durum Frankfurt yöresindeki benzerlik göstermekle birlikte, buralardaki toplam yaşam boyu dozları yukardaki Frankfurt yöresi doğumularına oranla sırasıyla 1,4 ve 2,2 kat daha çok olacaktır.



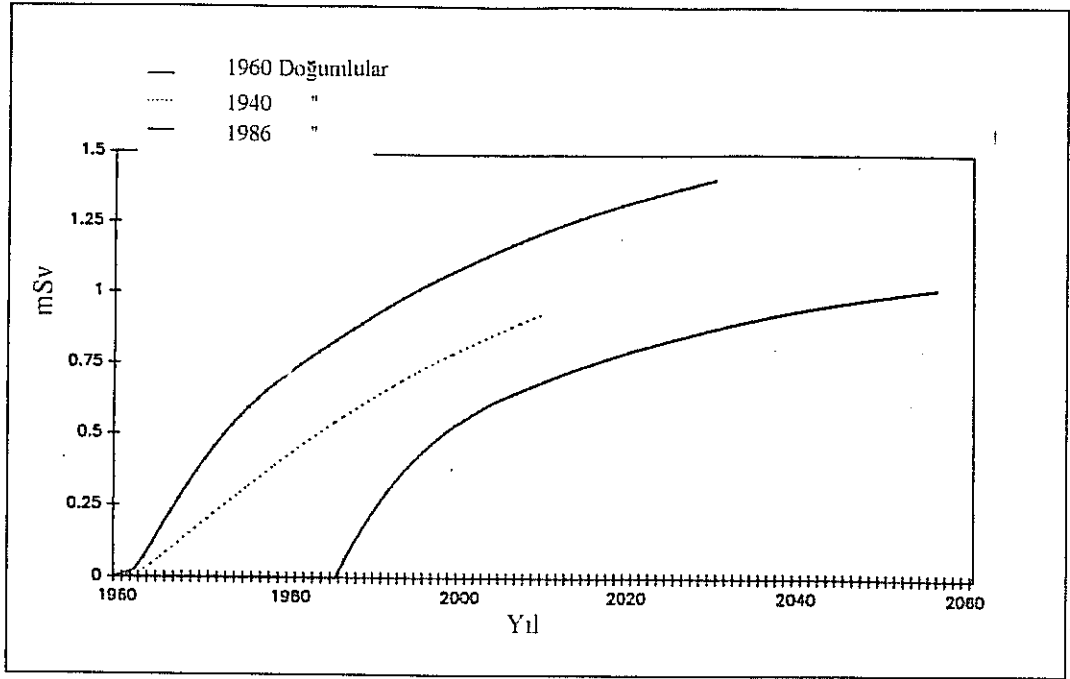
Şekil 11.25 a Nükleer Bomba Denemeleri Sonucu Toprakta Biriken Cs 137 'den kaynaklanan 3 Bölgedeki noktasal dozlar /41/



Şekil 11.25 b Nükleer Bomba Denemeleri Sonucu Toprakta Biriken Cs 137'nin insanı Dıştan Işınlamasıyla, 3 farklı doğum yılı grubu için, 70 yaşına kadar oluşacak birikmiş dozlar (Frankfurt Yöresi için) /41/



Şekil 11.26 Nükleer Bomba Denemeleri Sonucu Toprakta Biriken Cs 137'nin insanı Dıştan Işınlamasıyla, 3 farklı doğum yılı grubu için, 70 yaşına kadar oluşacak birikmiş dozlar (Münih Yöresi için) /41/



Şekil 11.27 Nükleer Bomba Denemeleri Sonucu Toprakta Biriken Cs 137'nin insanı Dıştan Işınlamasıyla, 3 farklı doğum yılı grubu için, 70 yaşına kadar oluşacak birikmiş dozlar (Berechtesgadener Yöresi için) /41/

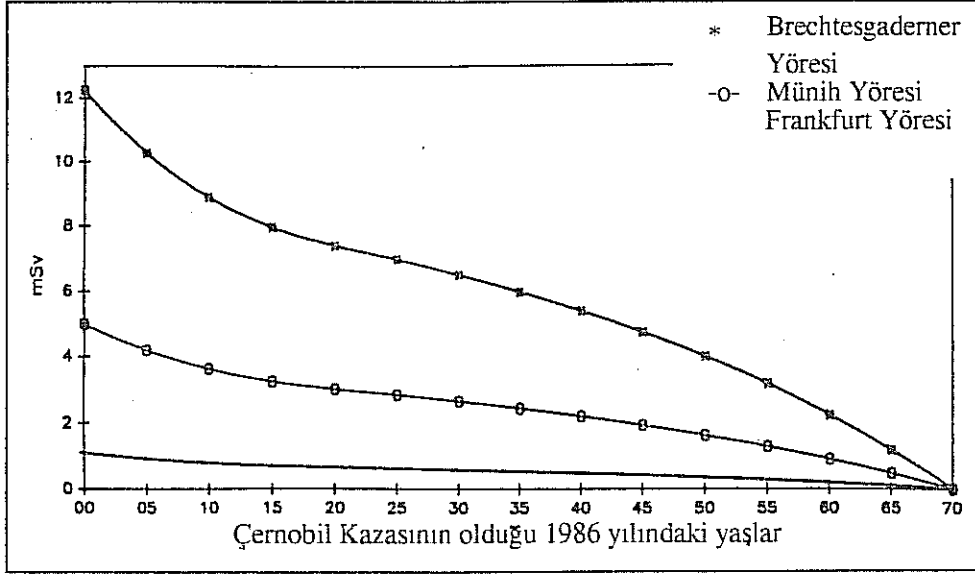
11.6 Almanyada, Çernobil kaynaklı, dıştan ışınlama sonucu ortaya çıkacak yaşam boyu dozları

Çernobil kazasında olduğu gibi, bir kezlik radyoaktif madde yayılması ve bunun sonucu topraktaki birikimden ileri gelen dozlar Şekil 11.23'deki eğriler yoluyla çeşitli yaşta kişiler ve topraktaki bulaşma derecesine bağlı olarak hesaplanabilir. Bunun için, belirli yıllarda doğanları seçmek gerekli değildir. Ancak Cs134 ile Cs137 arasında ayırım yapmak gerekir.

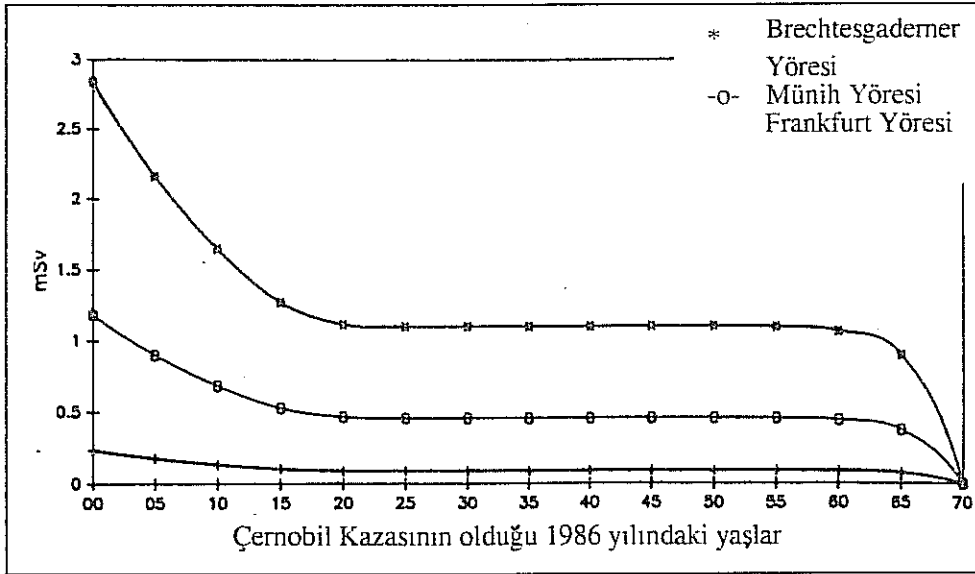
Cs137'den kaynaklanan yaşam boyu radyasyon dozu, kişinin ışınlanmaya başladığı "başlangıçtaki yaşı" ne kadar küçük ise, o kadar büyüktür. Çocuk ve gençlerin "başlangıçtaki yaşları" büyüdükçe, yetişkinlere oranla yaşam boyu dozları daha keskin bir azalış göstermektedir. Bunun nedeni, çocuklar büyüdükçe dozun etkisi organların durumu sonucu daha az olmaktadır (Şekil 11.28). Bu durum Cs134 için de geçerlidir. Ancak, Cs134'ün 2 yıl gibi oldukça kısa yarılanma sürelili olması sonucu, hemen hemen tüm radyasyon dozu (%97) 10 yıl kadar bir sürede birikim gösterecektir. Böylelikle, bir yörede oturan 20 ile 60 yaşları arasındaki insanların her biri Cs134 nedeniyle aşağı yukarı aynı dozu alacaklardır. Çocuk ve gençler büyümelerine bağlı olarak daha çok, yaşlılar ise daha az yaşam boyu dozu alacaklardır.

Cs134 ve Cs137'nin her ikisinden oluşan toplam yaşam boyu dozunda Cs137'nin katkısı Cs134'ünkine oranla 4-5 kat daha çoktur. Bunun nedeni Cs137'nin doz katsayısının daha küçük olmasına rağmen, 30 yıllık uzun yarılanma süresi ve toprakta daha çok birikmiş olmasıdır (Şekil 11.29).

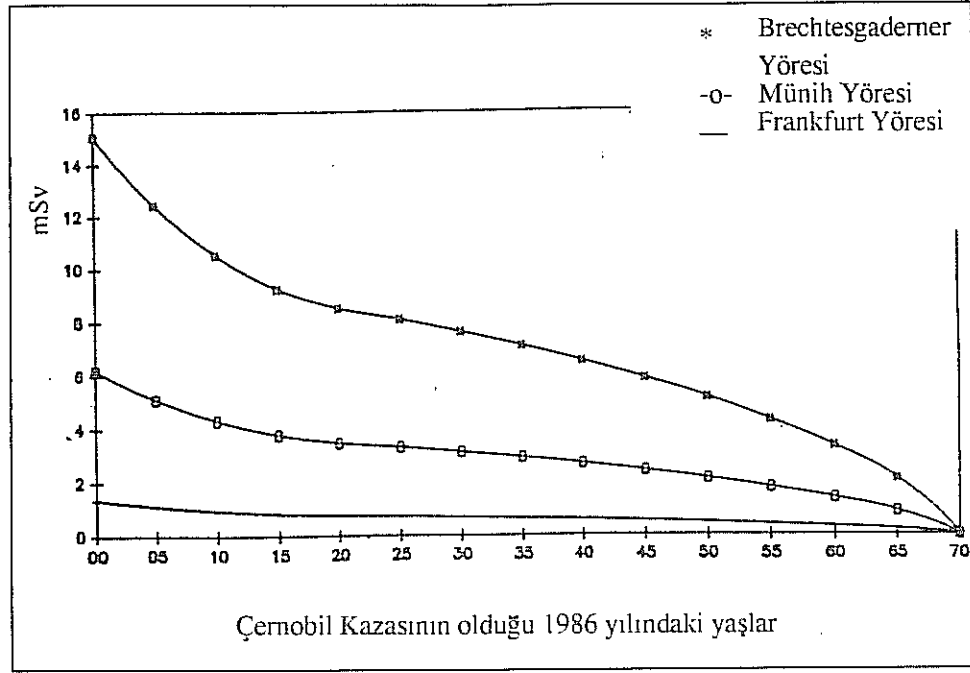
Özellikle çocuk ve gençlerle ilgili Çernobil kaynaklı dıştan ışınlama sonucu ortaya çıkan yaşamboyu dozlarında bölgesel büyük değişiklikler vardır. Şekil 11.30 da 1940, 1960 ve 1986 doğumluların yaşam boyu dozlarındaki değişiklikler Frankfurt, Münih ve Brechtesgadener yöreleri için gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi 1960 doğumluların değerleri, 1986 lıların yarısı kadardır. 1940 lıların ise yaşamboyu dozları 1986 lıların sadece 1/3'ü kadardır.



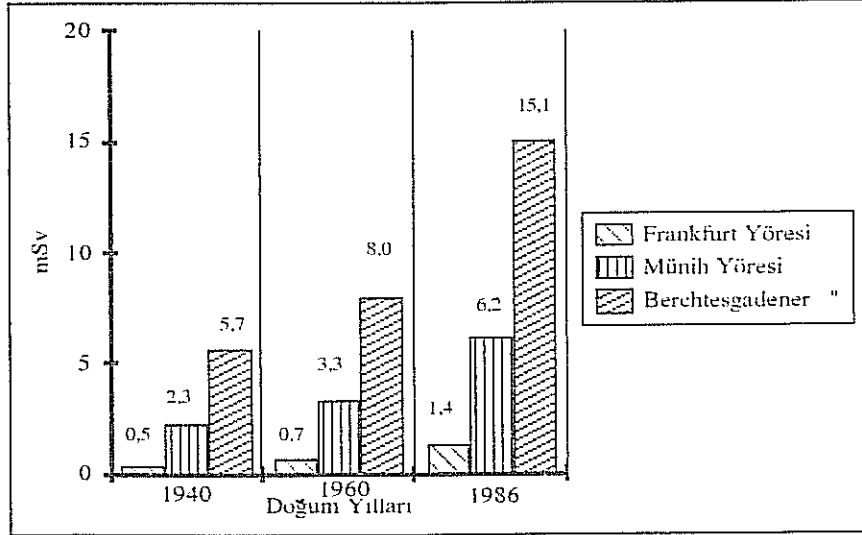
Şekil 11.28 a Çernobil Kazasının olduğu 1986 yılındaki yaşa bağlı olarak, Toprakta biriken Çernobil kaynaklı Cs134'ün insanı dıştan ışınlaması sonucu oluşan 3 Bölgedeki yaşam boyu dozları /41/



Şekil 11.28 b Çernobil Kazasının olduğu 1986 yılındaki yaşa bağlı olarak, Toprakta biriken Çernobil kaynaklı Cs137'nin insanı dıştan ışınlaması sonucu oluşan 3 Bölgedeki yaşam boyu dozları /41/



Şekil 11.29 Çernobil Kazasının olduğu 1986 yılındaki yaşa bağlı olarak, Toprakta biriken Çernobil kaynaklı Toplam Sezyumun insanı dıştan ışınlaması sonucu oluşan 3 Bölgedeki yaşam boyu dozları /41/



Şekil 11.30 Toprakta biriken Toplam Sezyumun insanı dıştan ışınlaması sonucu, 3 Bölgedeki 1940, 1960 ve 1986 doğumluların vücutlarında birikecek yaşam boyu dozları /41/

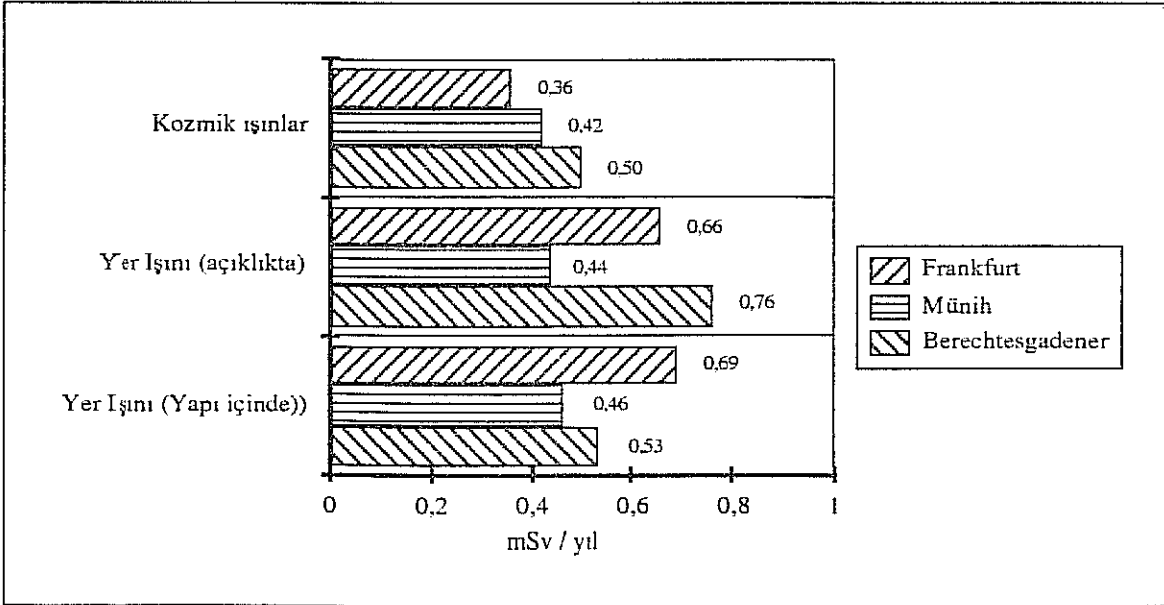
11.7 Doğal Radyasyon Kaynaklarının İnsanı Dıştan Işınlaması Sonucu Ortaya Çıkan Yaşamboyu Dozları

İnsan ezelden beri doğadaki radyasyon kaynaklarıyla ışınlanmaktadır. Kozmik ışınların yanı sıra çevredeki toprak ve yapı malzemelerinde az miktarlarda da olsa bulunan çeşitli radyoaktif maddeler bizleri sürekli olarak ışınlamaktadır (Bak Bölüm 8.1 ve Tablo 8.1) .

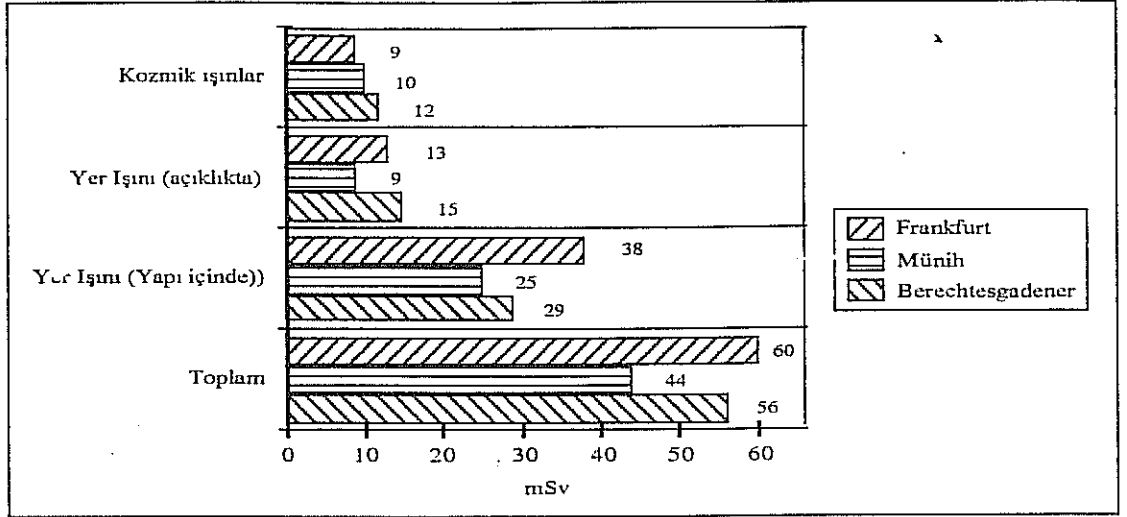
Doğal Radyasyon yeryüzünde bölge ve yörelere göre değişimler göstermektedir. Kozmik ışınlardan kaynaklanan doz, deniz düzeyinden yükseldikçe çoğalmaktadır. Kozmik ışınların bir bölümünü hava tabakaları soğurduğundan, deniz düzeyindeki doz düşük olmaktadır. Şekil 11.31 den görüldüğü gibi oldukça alçak bir yer olan Frankfurt yöresinde ortalama yıllık doz 0.36 mSv, daha yüksek olan Münih ve Berechtesgadener yörelerinde de sırasıyla 0,42 ve 0,50 mSv kadardır. Açık yerlerdeki "yer ışınının" insanı etkileme derecesi, toprakta bulunan radyoaktif maddelerin cins ve miktarlarına bağlıdır (Bak Şek. 11.31).

Yapılarda, insanın dıştan ışınlanma derecesi herhangi bir yörede kullanılan yapı malzemesindeki radyoaktif maddelerin cins ve miktarlarına bağlıdır (Şekil 11.31).

Bütün bunlara rağmen, daha önce belirtildiği gibi insan, tüm zamanını açıkta korunmasız olarak geçirmemektedir. Açık yerlerde kalış süresi, yapıların zırhlama özellikleri, ve bir de insanın yaşı, dıştan ışınlama sonucu doğacak dozun büyüklüğünü belirlemektedir. Bunun sonucu olarak, tüm doğal radyasyon dozunun sadece 1/3 kadarı insan için etkili olmaktadır (Bak Şekil 11.32).



Şekil 11.31 3-Bölgede " Doğal Radyasyon " nedeniyle oluşan yıllık ortalama dozlar /41/



Şekil 11.32 3-Bölgede "Doğal Radyasyonla" dıştan ışınlama nedeniyle oluşan yaşam boyu dozları /41/

11.8 Tüm Dış Işınlama Sonucu Oluşan Yaşamboyu Dozu

Nükleer bomba denemeleri, Çernobil kazası serpintileri ve Doğal Radyasyonun katkılarıyla Toplam (Tüm) Dış Işınlama Dozu oluşmaktadır (Tıptaki ışınlama dışında) . Şekil 11.33 den 11.35 e kadar, bunlardan herbirinin yaşamboyu dozuna katkıları, örnek olarak seçilen 1940, 1960 ve 1986 doğumlular, ve Frankfurt, Muenich ve Barchtesgadener yöreleri için gösterilmiştir.

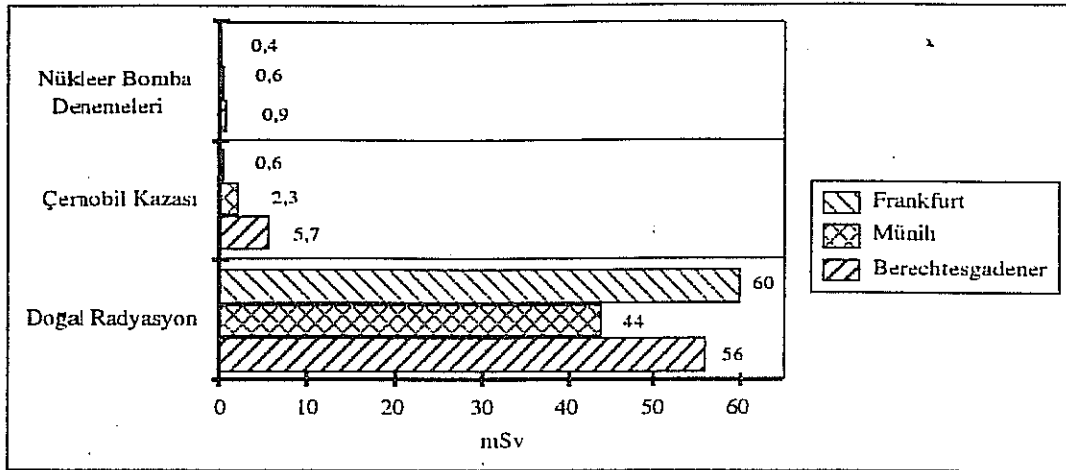
Her üç yaş grubu için, Nükleer bomba serpintilerinden ileri gelen yaşamboyu dıştan ışınlama dozu, Doğal Radyasyonun dıştan ışınlamasının sadece %1'i kadardır. Çernobil kazasından kaynaklanan serpintilerin yerde birikimi sonucu dıştan ışınlama dozu ise Doğal Radyasyonun insanı dıştan etkilemesine oranla, 1942 doğumlular için %2, 1960 hılar için %3 kadardır. 1986 doğumlular için Almanya ortalaması %5 olan bu oran, yöresel büyük değişimler göstermektedir (Frankfurt yöresinde %2, Barchtesgadener yöresinde ise %25).

Cs134 ve Cs137 nin yarılanma sürelerindeki farklılık nedeniyle, bunların herbirinin Çernobil kazasından sonraki ilk yılda, insanda oluşturacakları dıştan ışınlama ile ilgili doza katkıları, yaşamboyu doza olacak katkılarından farklılık gösterecektir. İlk yılda Cs134 ün katkısı %55 iken, Yaşamboyu dıştan ışınlama dozuna katkısı %17'e düşecektir (Bak Şekil 11.36 , 11.37).

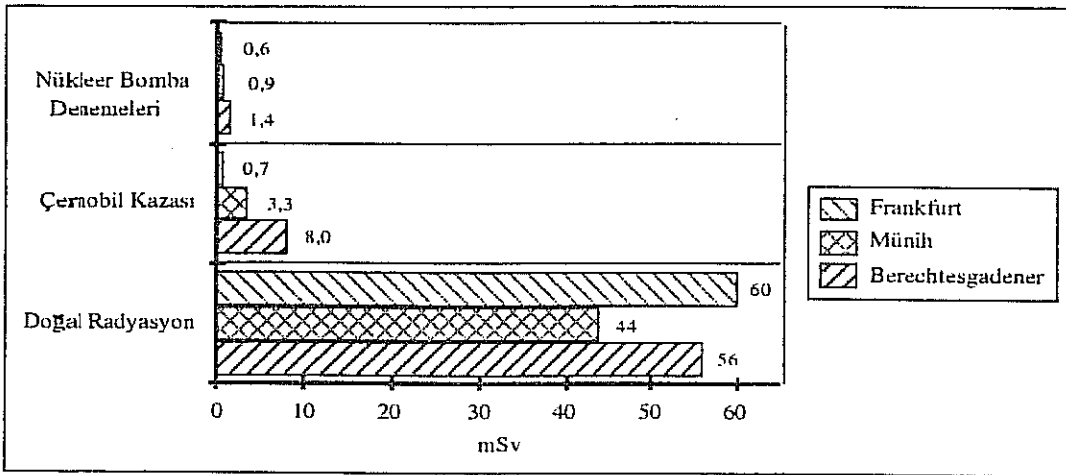
11.9 İçten ve Dıştan Işınlama Sonucu Tüm Kaynakların Katkısıyla Oluşan Toplam Etkin Radyasyon Dozu (Yetişkinler ve toplam sezyum için)

Tablo 11.12 de, Nükleer Bomba Denemeleri ve Çernobil Kazası Serpintileri ile Doğal Radyoaktif maddelerden kaynaklanan dış ve iç ışınlamalar sonucu oluşan yıllık toplam etkin radyasyon dozları en çok etkili oldukları ilgili yıllar için gösterilmiştir.

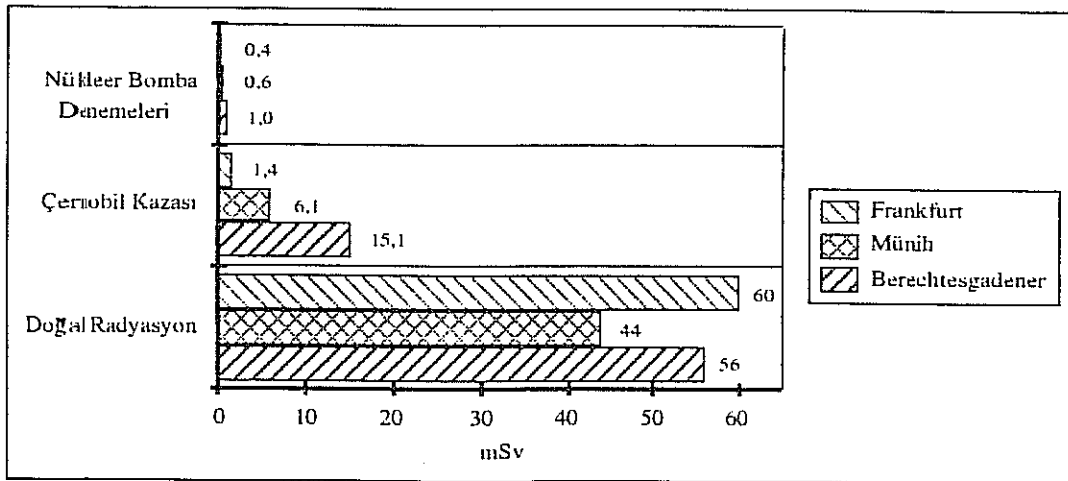
En çok dış ve iç ışınlamaların olduğu yıllarda (Nükleer Bomba Denemeleri için 1963 / 64; Çernobil kazası 1986) ait değerler, yıllık Doğal Radyasyon dozlarıyla karşılaştırıldığında, bu yıllar için, yıllık doğal radyasyon dozuna oranla nükleer bomba denemelerinin katkısı %5, Çernobilinki ise %40 kadardır.



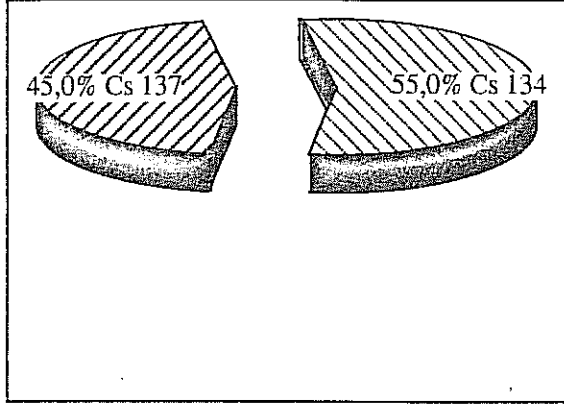
Şekil 11.33 3 Bölgede, tüm dış ışınlanma sonucu 1940 doğumlularda oluşan yaşam boyu dozları / 41/



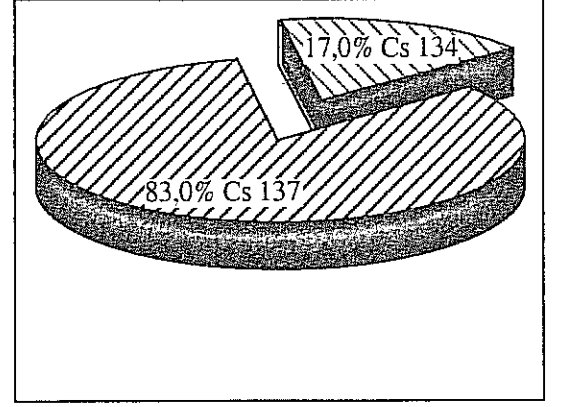
Şekil 11.34 3 Bölgede, tüm dış ışınlanma sonucu 1960 doğumlularda oluşan yaşam boyu dozları / 41/



Şekil 11.35 3 Bölgede, tüm dış ışınlanma sonucu 1986 doğumlularda oluşan yaşam boyu dozları / 41/



Şekil 11.36 Çernobil Kazasından sonraki ilk Yılda insanın dıştan ışınlanmasında Cs 134 ve Cs 137'nin katkıları /41/



Şekil 11.37 Çernobil Kazası sonrasında dıştan ışınlanma sonucu Cs 134 ve Cs 137'nin yaşam boyu dozuna katkıları /41/

Tablo 11.12 Toplam Sezyumdan kaynaklanan, Dıştan ve İçten Işınlanma sonucu bir yetişkinin Tüm Vücut Işınlanma Etkin Dozu (mSv), (Herbir etkinin en çok olduğu yıl seçilmiştir) /41/

Radyoaktif Bulaşmanın Kaynağı	Nükleer Bomba Denemeleri ¹			Çernobil Kazası 1986			Doğal Radyoaktif Maddeler ⁵
	Frankfurt	Münih	Berchtes- gadener Yöresi	Frankfurt	Münih ²	Berchtes- gadener Yöresi ³	
Yıllık Dıştan Işınlanma Dozu / a	0,015	0,021	0,032	0,05	0,23	0,56	0,6
Yıllık İçten Işınlanma Dozu							
-Solunum	önemsiz				0,03		1,1
-Sindirim ²	0,06 ⁴			0,04	0,16	0,25	0,3

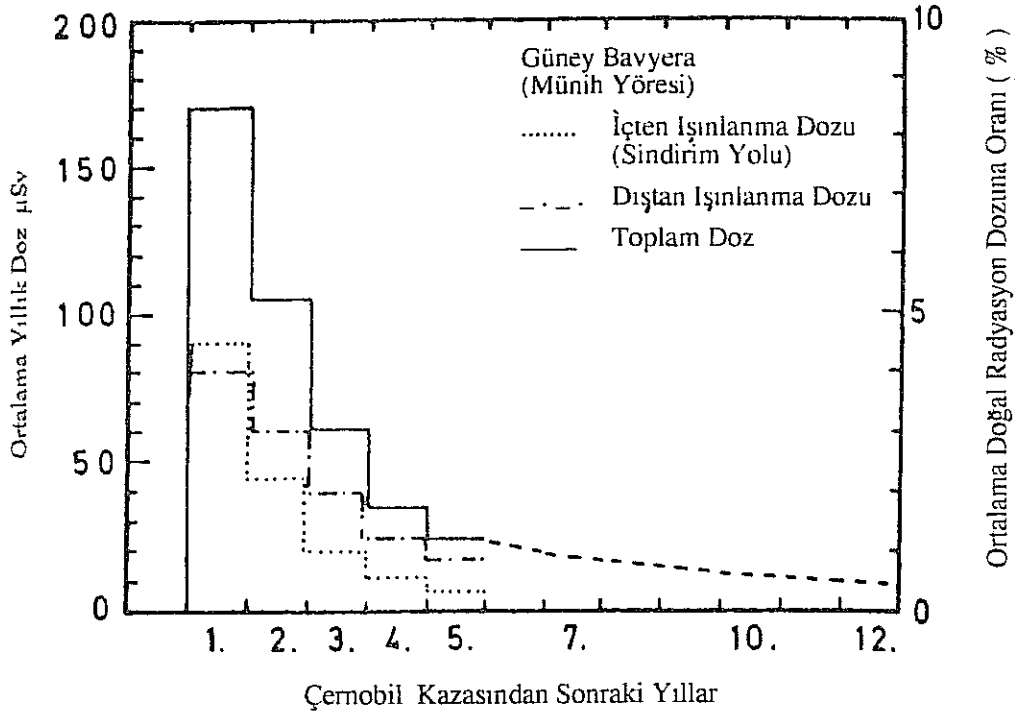
- 1 En çok dozun ortaya çıktığı yıl (1963/64)
- 2 Sindirim Yolu Bavyera Ortalaması
- 3 Sindirim Yolu Güney Bavyera Ortalaması
- 4 Sr 90 dahil
- 5 Almanya Yıllık Ortalaması (Ni 86)

12. ÇERNOBİL KAZASI SERPİNTİLERİNDEN KAYNAKLANAN MÜNİH YÖRESİNDEKİ HALKI ETKİLEYEN RADYASYON DOZU VE KANSER OLASILIĞIYLA İLGİLİ DAHA YENİ DEĞERLENDİRMELER /42/

12.1 Çernobil Kazası Sonrası ilk 5 yılda ve Yaşam Boyunca Oluşan Dozlar

26 Nisan 1986 daki Çernobil kazasından sonra 1991 yılına kadar yapılan ölçüm ve değerlendirmeler, Haziran 1986 da (kazadan 4-5 hafta sonra) GSF Enstitüsünce yapılan doz tahminlerinin pek yanlış olmadığını göstermiştir. 1991'e kadar yapılan ölçümlerin değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar, Münih yöresindeki halk için 1986 da hesaplanan ortalama doz değerlerinin altında kalmıştır. Bu sonuç özellikle, radyoaktif maddelerle bulaşmış besinlerin yenmesi sonucunda insanda oluşan doz için geçerli olup, 1986 değerlerinin üçtebiri kadardır.

Buna karşılık, toprakta biriken sezyum nedeniyle insanın uzun sürede dıştan (gamalarla) ışınlama dozunun, içten ışınlama dozuna oranla çok daha fazla olacağı tahminleri doğru çıkmıştır (Bak Şekil 12.1).



Şekil 12.1: Çernobil kazası sonucu Güney Bayyeradaki halkın, ortalama yıllık radyasyon ışınlama dozu /42/

1991'e kadar elde edilen, Çernobil sonrası ilk 5 yılda biriken ortalama doz değerleriyle, Çernobilin oluşturacağı yaşam boyu doz değerleri Tablo 12.1 de gösterilmiştir. Karşılaştırmak için, ortalama Doğal Radyasyon doz değerleri de, bu süreler için verilmiştir.

Tablo 12.1 Çernobil Kazasının oluşturduğu dozlar

Biriken Etkin Doz → ↓	İlk 5 yılda (1986-1991) mSv	70-80 yılda (Yaşamboyu Dozu) mSv
ÇERNOBİL KAZASI DOZU		
* Güney Bavyera	0,3 - 0,5	0,5 - 1,0
* Almanya Ortalaması	0,1 - 0,2	0,2 - 0,4
* DOĞAL RADYASYON DOZU	10 - 12	140 - 200

Doğal Radyasyonun oluşturduğu, ortalama yıllık etkin doz, Almanyada 2,0-2,5 mSv arasındadır. Çernobil kazası sonucunda Güney Bavyerada ilk 2 yılda ortaya çıkan ek ortalama radyasyon dozu, doğal radyasyon dozunun %5 ile 10'u arasındaydı. İlk 5 yıl sonunda ise bu oran %1'e düşmüştür. Tüm Almanya halkı için, ortalama olarak, doz değerleri Güney Bavyera değerlerinin 1/3'ü düzeyindedir (Bak Tablo 12.1).

Başka bir karşılaştırma da ilginç olabilir:

Güney Bavyerada, Çernobil kazası nedeniyle ilk 5 yılda ortalama olarak alınan İçten ısıtılma dozu 0,15 mSv dir. Avrupadan Amerikaya olan gidiş geliş bir uçak yolculuğunda insanın kozmik ışınlar nedeniyle ısıtılması sonucu alacağı doz ise yukardaki 5 yıllık Çernobil değerinden biraz daha az olup 0,10 mSv kadardır.

12.2 Çernobil Kazası Sonucu Almanyada Halkın ısıtılması Nedeniyle Kanser Olasılığının Belirlenmesi

Alçak radyasyon dozlarının, (100 mSv'in altında) istatistik olarak, kanser oluşturup oluşturmayacağı konusunda gözlemlere dayalı güvenilir bulgular olmadığından, yüksek dozlarla ilgili gözlemlerden gidilerek, alçak dozların ilgili etkileri konusunda yaklaşım yoluyla, tahminler yapıldığı Bölüm 8.2', Ek 1 ve Ek 1a da ayrıntılarıyla bulunmaktadır. Radyasyon fiziğinde, kanser oluşturabilecek herhangi bir eşik doz olmadığı, doz attıkça kanserlilerin sayısının da doğru orantılı olarak artacağı varsayılmaktadır (Bak Bölüm 3.10).

Birleşmiş Milletlerin ilgili bilimsel kurulunca (UNSCEAR) 1988 de yayınlanan raporda, Hiroshima ve Nagazaki çevrelerindeki kansere yakalanmış insanlarla ilgili ayrıntılı veriler yeniden değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin sonuçlarından gidilerek yaklaşımla, Çernobil kazası serpintileri ve Doğal Radyasyon nedeniyle Almanyada ortaya çıkabilecek " ek kanser olasılıkları" Tab.12.2 de verilmiştir. Karşılaştırmak için bu tabloda, ayrıca tüm etkenler sonucu, bugün Almanyada gözlenen kanser olasılığı da gösterilmiştir. Tabloda gösterilen Radyasyon kanseri olasılığı sayılarının, doğru orantılılık varsayımından gidilerek bulunan hesap değerleri olduğunu burada tekrar vurgulamak gerekir.

Tablodaki değerler karşılaştırıldığında, Çernobil kazası sonucu Güney Bavyera halkında teorik olarak ortaya çıkabilecek radyasyon kanseri olasılığı, Almanya için gözlenen her çeşit nedenli " tüm kanser olasılığı " değerlerine göre çok kk olup, sadece % 0,01 ile % 0,03 (25 / 200 000 - 50 / 200 000) arasındadır (Bak Tablo 12.2).

Başka nedenlerle kanser olasılığında gözlenen salınımlar sonucu, Çernobil kaynaklı bu "ek kanser olasılığını" tıpta ortaya çıkarabilmek olanaksızdır.

Doğal Radyasyon nedenli kanser ölümlerinin, tüm kanser ölümlerine katkısı ise, bu hesaplara göre ortalama olarak % 4 dr (8 000 / 200 000).

Tablo 12.2 de verilen Kanser Olasılığı (Riski) değerleri, Almanyadaki, tüm kanser çeşitlerinin toplamı olup bütün yaş grupları için ortalamaları göstermektedir.

Tablo 12.2

KANSERDEN ÖLÜM OLASILIğI	1 MİLYON KİŞİ BAŞINA HESAPLANAN ÖLÜM OLAYLARI SAYISI
* Çernobil kaynaklı Radyasyon sonucu :	
- Güney Bavyera	25 - 50
- Tüm Almanya	10 - 20
* Doğal Radyasyon sonucu	7 000 - 9 000
* Tüm nedenler sonucu Almanyada gözlenen kanser olasılığı :	200 000

Özellikle ocukların kan kanserine (Lkemiye) yakalanma olasılığının ayrıca incelenmesi önemlidir. Bunun nedeni, Japonyadaki deneyimlerin, aynı radyasyon dozuyla ışınlanma durumunda, çocukların kan kanserine yakalanma olasılığının, yetişkinlere oranla 5 kat daha çok olduğudur. Diğer yandan, ışınlanma zamanından kanserin ortaya çıkma zamanına kadar geçen süre(kuluçka süresi) kan kanserinde, diğer kanserlere (sabit tümörler) göre çok daha kısadır. Bu kuluçka süresi sabit tümörlerde en azından 5 - 10 yıl iken, kan kanserinde sadece 2 yıl kadardır.

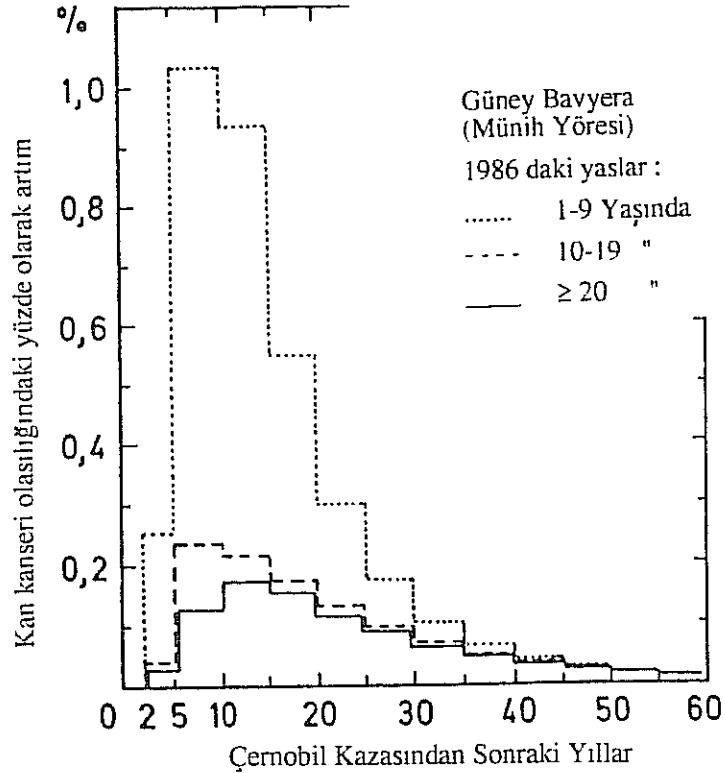
Japonyadaki deneyimlerden gidilerek ve Doz ile Kanser Olasılığı arasındaki bağıntının doğru orantılı olduğu varsayılarak, çeşitli yaş gruplarında gözlenen normal kan kanseri olasılığındaki, Çernobil kaynaklı artımlar hesaplanabilir. Şekil 12.2 böyle bir hesaplamanın sonuçlarını göstermektedir.

Çernobil kazasının olduğu 1986 da, 10 yaşından küçük çocuklarda, daha sonraki 5 ile 15 yıl (1991 ile 2001) arasında, normal olarak gözlenen "kan kanseri olasılığı değerinin" Çernobil sonucu % 1 kadar artacağı beklenebilir. Güney Bavyerada bu yaş grubunda bulunan 700-800 000 çocuk olduğu gözönüne alındığında, bu çocuklar arasında 10 yıl süresince, normal olarak, 150 kadar kan kanseri olayı görülecektir.

Bunlara, Çernobil kazası sonucu 1 -2 kan kanserinin daha katılması buradan hesapla bulunur. Ancak, bu kadar küçük bir artımın , normal kan kanserli sayısındaki istatistik değişimler gözönüne alındığında ortaya konamayacağı açıktır.

Diğer yandan, böyle bir hesaplama, radyoaktif maddelerle aşırı derecede bulaşmış Çernobilin yakın çevresinde yaşayan 100 000 kadar çocuk için yapıldığında ortaya başka bir durum çıkmaktadır. Bu çocuklardan herbiri, 1986 dan sonra geçen ilk 5 yılda ortalama olarak 50 mSv (=5rem) lik radyasyon dozu aldılar. Yukardaki hesaplamalara göre, bu çocuklar arasında gelecek 10 yıl içinde normal kan kanseri olaylarının yaklaşık olarak iki katına çıkması beklenebilir.

Özetlenirse, ancak hesapla gösterilebilen halkın Çernobil nedenli ek kanser olasılığı, doğal radyasyon kanser olasılığı değerlerine ve ayrıca günlük yaşamdaki çeşitli etkenler sonucu ortaya çıkan kanser olasılığına göre çok düşük kalmaktadır. Bu nedenle bu konulardaki endişe ve yardımlarımız daha çok, Çernobil çevresinde radyoaktif maddelerle aşırı derecede bulaşmış bölgede yaşayan insanlara yönelik olmalıdır.



Sekil 12.2 Çesitli Yaş Gruplarındaki Güney Bavyera halkında normal olarak görülen kan kanseri (Lösemi) olasılığının, Çernobil Kazası sonucu, daha sonraki yıllarda beklenen yüzde olarak artma tahminleri /42/

13. ÇEŞİTLİ KANSER OLASILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI / 43 /

ABD'de 1981'de Sir Richard Doll'un, ABD-Sağlık Bakanlığının isteğiyle yaptığı ayrıntılı araştırmalarda, ABD'deki kanser olaylarıyla ilgili çok sayıda kayıt ve veriler, uluslararası verilerle de desteklenerek, önlenebilecek kanser nedenlerinin belirlenmesine çalışılmıştır (*).

Bu çalışmanın şaşırtıcı sonucu, kanserin ana nedeninin % 35 ile normal besinler ve beslenmeden kaynaklandığı olmuştur (Bu sayının salınım aralığı ise oldukça geniştir: %20-%70). Besinlere katılan ara maddelerin etkisi gözönüne alınmamıştır. Ancak, bunların etkisinin önemsiz derecede düşük olduğu, ya da ölçülemediği görülmüştür.

Yanlış ve aşırı beslenme kansere ana neden olmaktadır : Et ve hayvansal yağların çok yenilmesi (özellikle meme kanserine neden olmakta), lifleri az olan yiyecekler; hidrokarbonlar, yağ ve protein arasındaki dengesizlik (uyumsuzluk); etlerin, kalıtım hücrelerini bozucu maddelerle iyice kızartılması ve yanlış beslenme sonucu aşırı kilo en önemli kanser nedenleri olmaktadır. Küflenmiş (Aflatoksinler) yiyecekler de karaciğer kanserine neden olabiliyor. Bu sonuçlar, hayvanlarda yapılan kontrollü yem yedirme deneyleriyle de ortaya çıkmıştır :

Az yemek, ani tümörlerin ortaya çıkış olasılığını son derece azaltmaktadır.

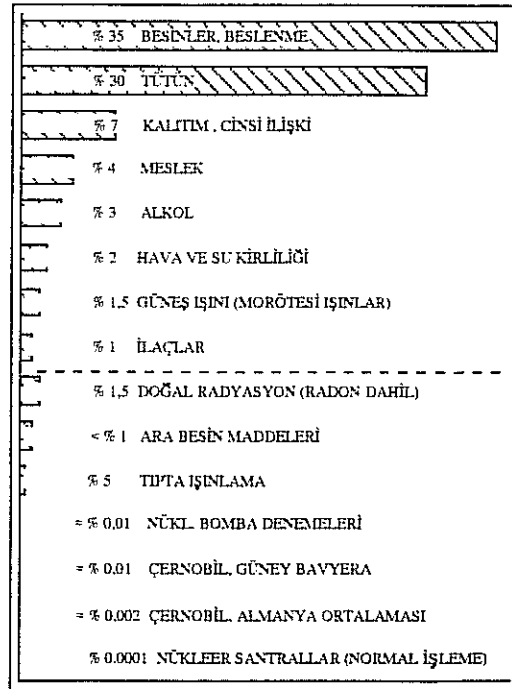
İkinci neden tütün / sigara içimidir ve diğer nedenlere göre bu, en iyi bir şekilde belgelenip kanıtlanmıştır. % 30 luk sonuç, çeşitli ülkelerde şaşırtıcı kesinlikle hemen hemen hep aynı çıkmıştır. Sigara içimi sonucu bilindiği gibi en başta akciğer kanseri, mesane (sidik torbası), sindirim sistemi ve kan kanseri ortaya çıkabilmektedir.

Sigara içimiyenlerle karşılaştırıldığında kanser olasılıkları, aşağıda gösterildiği gibi günde içilen sigara sayısına göre katbekat artmaktadır :

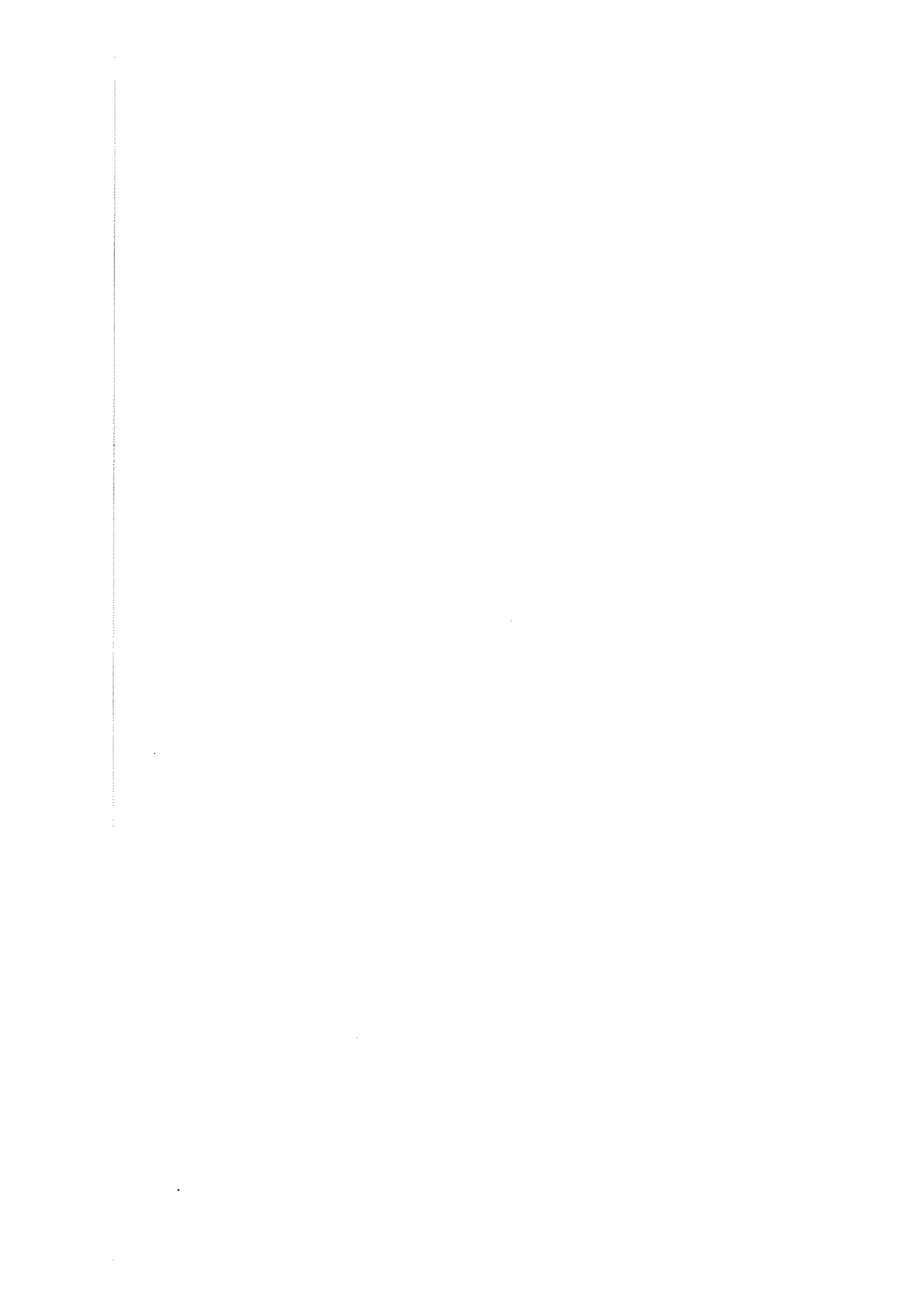
Günde 10 sigaradan az :	15 kat daha çok
Günde 10-20 sigara içimi	20 kat "
Günde 20-40 " "	40-50 kat "

Şekil 13.1 de çeşitli kanser nedenleri karşılaştırılmaktadır. Kesikli çizginin altındaki değerler, kötümser modellere göre yapılan hesap yaklaşımlarıdır. Kesikli çizginin üstündeki değerler ise çeşitli topluluklardaki gözlemlere dayanmaktadır. Görüldüğü gibi, Çernobil kazasının etkisi halk kitleleri için, diğer kanser nedenleri yanında önemsiz ölçüde azdır.

Şekil 13.1 Kanser Nedenleri (% olarak)
Kesikli çizgi üstündekiler gözlemlere, altındakiler ise yaklaşım hesaplarına dayanmaktadır /43/



(*) Doll, R. Petro, P : The causes of cancer ; J.Natl.Canc. Inst 66,1192 (1981)



EKLER

EK 1: HASAR OLASILIK KATSAYILARI (RISK FAKTÖRLERİ) VE BAZI

GÖZLEMLER /15/

1 milyon kişirem başına, yaşam sonunu kadar vücutta ortaya çıkabilecek kanser gibi geç hasarların "olasılık katsayıları" (alçak LET-Lineer Enerji Transferinin olduğu ve ayrıca günde 5 rem'den daha düşük ışınılamalar için) /GSF-Münih'de yapılan çalışmalara göre/:

Organ	NUREG		GSF	
	(LQ)*	(L)	(LQ)*	(L)
Kan kanseri	14	48	21	52
Kemik	1	2	1	1
Göğüs**	60	87	80(L)	80
Ak ciğer	20	138	36	90
Sindirim org.***	57	189	90	224
Guatr	7	7	17(L)	17
Diğerleri	29	96	15	38
TOPLAM	188	567	260	502

LQ : Lineer kare "doz/etki" bağıntılı model kullanıldığında,

L : Lineer "doz/etki"bağıntılı model kullanıldığında,

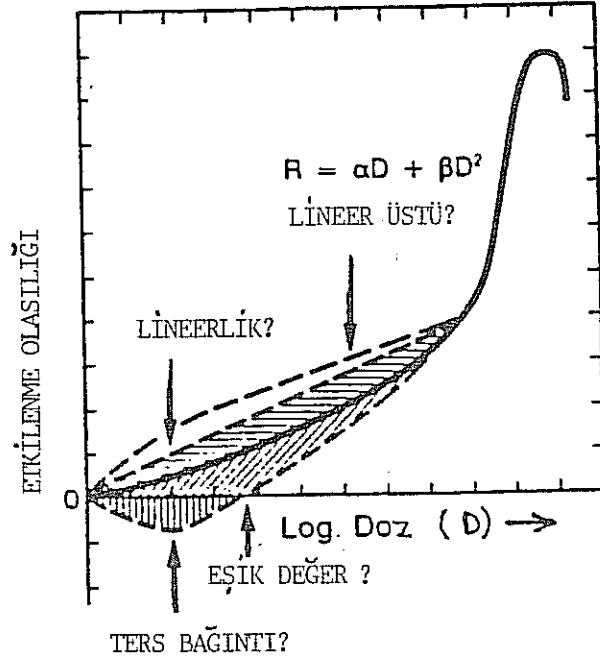
* : Düşük dozlar için azaltma katsayısı göz önüne alınarak,

** : Erkekler dahil,

*** : Mide, barsak, karaciğer, pankreas.

Yukardaki tablodan görüldüğü gibi, hasar olasılık katsayıları, çeşitli model ve yaklaşımlarla, yüksek radyasyon dozlarından gidilerek hesaplanan değerler olup, ölçü değerleri değildir. Aşağıdaki şekilde, alçak dozlar için, son yıllarda çok kullanılan doz/etki bağıntıları, absiste dozlar logaritmik olmak üzere, gösterilmiştir (Şekil Eki).

Doz artımı ile kanser olasılığı artımı, ancak 30 rem'lik dozların üstünde gözlenebiliyor, ya da başka bir deyimle, 30 rem'in altındaki ışınlamaların sonuçları, doğal kanser olasılığı salınımları içinde kaldığından gözlenemiyor,/15/.



Şekil Ek 1: Doz /Etki Olasılığındaki belirsizlikler /15/

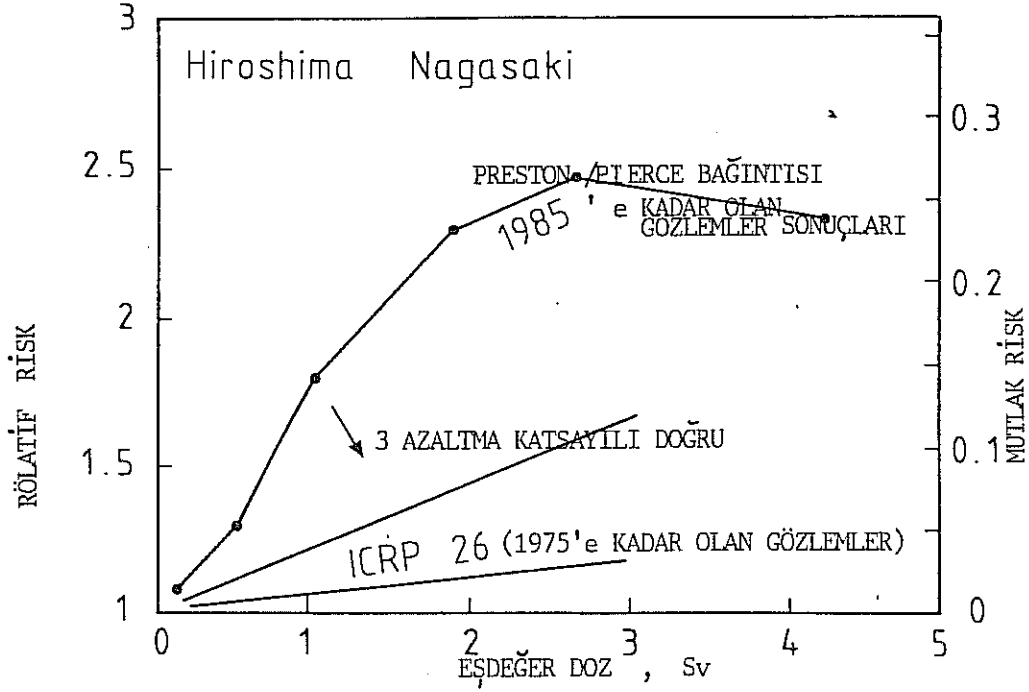
Ek 1a: RADYASYON KANSER RİSKİ KONUSUNDA YENİ YAKLAŞIMLAR
(YENİ MODEL) VE BİR İRDELEME /33//34//35//36//37//YA/ (*)

Preston ve Pierce'in 1987 de açıklanan çalışması /33/, Japonyada atılan atom bombalarından kurtulan 90 000 kiseden 76 000 inin çeşitli organlarında hesaplanan radyasyon dozlarını kapsamaktadır. Önemli sonuç olarak,"yeni modelde",nötronların oluşturduğu dozun daha önceleri düşünüldüğüne oranla çok düşük kaldığıdır. Hernekadar Hiroshimada, özellikle düşük dozlarda nötronların etkisi yok denemez ise de, bunun ortadaki verilerin istatistik yöntemlerle değerlendirilerek pek kanıtlanamayacağı sanılmaktadır.

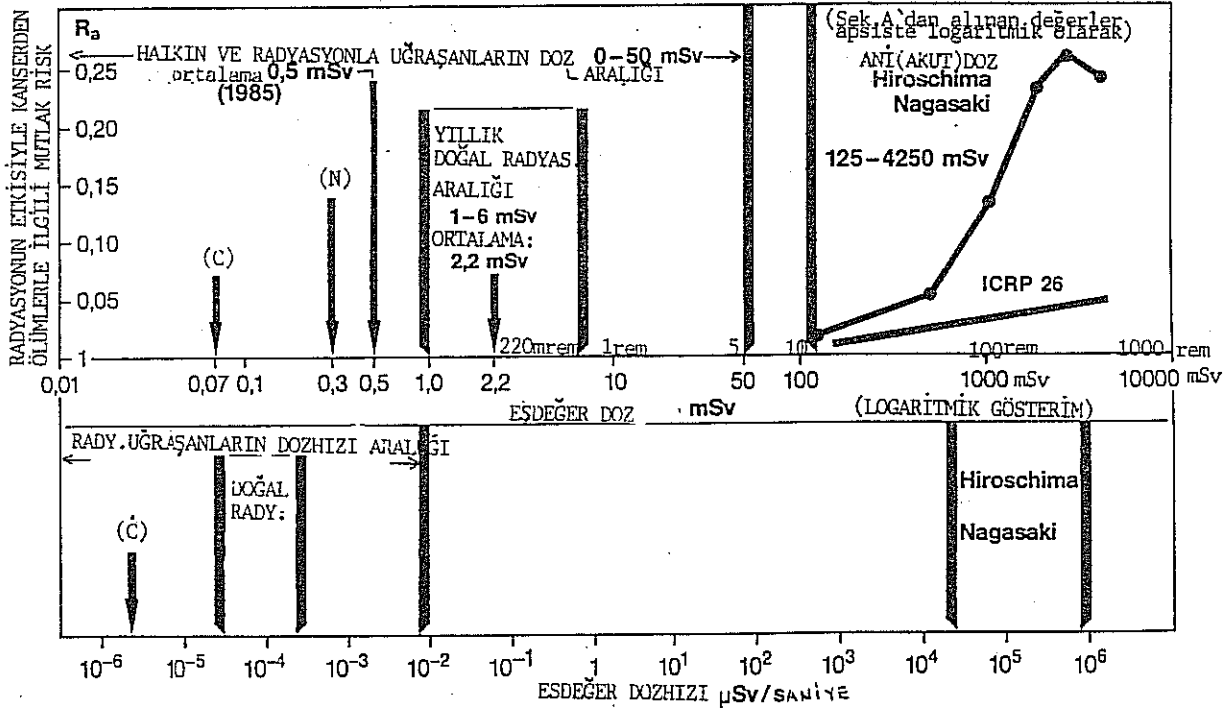
Bu çalışmada evlerin zırlaması,daha önceleri varsayımlarına oranla çok daha büyük alınmıştır.Buna karşılık,vücuttaki soğurmanın daha az olduğu varsayılmıştır.

Aşağıdaki Şekil A,Preston ve Pierce'in 1985 e kadar olan gözlem ve değerlendirmelerinin sonuçlarını,daha önceki ICRP 26 modeliyle karşılaştırmaktadır.Soldaki ordinatta,yeni çalışma sonucunda eski modele göre kanserden ölüm riskinin kaç kat arttığı (rölatif risk),sağdaki ordinatta ise mutlak risk gösterilmiştir.En alttaki yatık doğru ICRP'nin 1975'e kadarki gözlem ve değerlendirmeleri sonuçlarını "yetişkinlerden oluşan bir toplum" için göstermektedir. Ortadaki yatık doğru ise,yeni model sonuçlarının,düşük doz ve dozhızlarına doğru uzatılması (ekstrapolasyonu) halinde, UNSCEAR tarafından önerilen 3 "azaltma katsayısı" kullanılarak yapılmış olan düzeltmeli bağıntıdır. Preston ve Pierce Şekildeki üstteki bağıntıya göre 1 Gray'lik gama dozunun kanserden ölüm riskini %70 yükseltebileceği sonucuna varmışlardır.Sağdaki ordinattan görüleceği gibi,bu değer Gray başına %14'lük mutlak riske karşılıktır ve heran ortaya çıkabilecek kanser riski ortalama değeri olarak kabul edilebilecek %18'e ilavedir.

(*) Kitabın başındaki Yayın Listesindeki /45/ den /55/' e kadarki daha yeni yayınlardan da yararlanılabilir



Şekil A: Radyasyonun etkisiyle kanserden ölüm olasılığıyla ilgili yaklaşımların karşılaştırılması /34/



Ek 1a/ Şekil B: HALKIN, RADYASYONLA UĞRAŞANLARIN YILLIK DOZLARININ, JAPONYADAKİ RADYASYON DOZLARIYLA VE BUNLARI DOĞURAN DOZHIZLARIYLA KARŞILAŞTIRILMASI/36/, /YA/.

(C) VE (Ċ) : ÇERNOBİLDEN KAYNAKLANAN ALMANYADA 1.YILDA ALINAN DOZ İLE BUNUN DOZHIZI
(N) : ALMANYADA NÜKLEER SANTRALLAR ÇEVRESİ İÇİN UYGULANAN 0.3mSv(=30mrem)LİK YILLIK DOZ SINIR DEĞERİ

Altındaki ICRP26 doğrusuyla en üsttekini doğrudan doğruya karşılaştırmak yanlış olur:-ICRP doğrusu lösemi(kan kanseri) hariç , kanserden ölümle ilgili risk katsayılarını vermektedir ve düşük doz ve dozhızlarına doğru uzatmalar için azaltma katsayılarıyla düzeltmeler yapılmıştır.

UNSCEAR"ın önerdiği 3 azaltma katsayılı yatık bağıntı kullanılırsa,mutlak riskin düzeltmeli yeni modelde eskiye oranla 4 kat daha arttığı görülür. Yeni modelde riskin artmasının en önemli nedeni,daha genç yaş gruplarının hesaplara katılması sonucu,bunların radyasyon duyarlıklarının yüksek olmasındandır.

Yeni değerlendirmelerin ortaya çıkardığı bu daha yüksek risk değerleri,radyasyonlarla uğraşanlar için uygulanmakta olan doz sınır değerlerinin düşürülmesine yol açacak mıdır ?

Federal Alman Radyasyon Güvenlik Kurulu,bu yeni çalışmaların sonuçlarını göz önüne alarak, 400 mSv (=40 rem) değerini "yaşam boyu radyasyon doz sınırı" olarak önermiştir. Diğer yandan,radyasyonlarla uğraşanların genellikle almakta oldukları çok daha düşük doz değerleri göz önüne alındığında, yaşam boyu için önerilen bu sınır değer,pratikte sadece çok az kişiyi kapsayacaktır.

Aşağıdaki irdeleme,radyasyonlarla uğraşanlar için uygulanmakta olan 50 mSv (= 5 rem) lik yıllık doz sınırının, kanserden ölümlerle ilgili riskin artması sonucunda, düşürülmesini gerektirmeyeceğini gösterecektir.

Önce şunu belirtmek yerinde olur : Japonyada alınan ve Şekil A da Sievert biriminin katları düzeyindeki yüksek radyasyon dozlarına, radyasyonla uğraşanlar,ender birkaç kaza dışında,hedef olmamaktadır. Radyasyonla uğraşanlar, halkın sürekli olarak ışınlandığı doğal radyasyondan fazla olmakla birlikte, çoğunlukla yılda 50 mSv (=5 rem) in çok altında kalan dozlara hedef olmaktadır. Şekil B nin logaritmik apsisine,Şekil A daki Japonyayla ilgili değerler aktarılmış , ve ayrıca halkın ve radyasyonla uğraşanların yıl boyunca dağılarak almakta oldukları eşdeğer radyasyon dozları salınım aralıkları (mSv birimiyle) ve bunları doğuran radyasyon dozhızları da (saniyede mSv olarak) apsisite yanyana ve altalta gösterilmiştir.Şekil B nin ordinatına, Şekil A daki mutlak risk (R_{μ}) değerleri aktarılmıştır. Heriki şekil apsisindeki değerler birbirleriyle karşılaştırıldığında,halkın ve radyasyonla uğraşanların, Japonyada ortaya çıkan doz ve dozhızlarına oranla ne kadar düşük doz ve dozhızlarına hedef oldukları açıkça görülmüş olur. Şekil A daki birkaç milimetrelik bölme,radyasyonla uğraşanların tüm doz salınım aralığına eşdeğerdir.Japonyada ortaya çıkan birkaç bin mSv 'lik ani (akut) dozların oluşturduğu etkilerin, radyasyonla uğraşanların bir yıl içinde aldıkları ve ortalama olarak bir mSv'i bile bulmayan dozların etkileriyle uzatma (ekstrapolasyonla) yoluyla karşılaştırılmasının bilimsel bir tutanağı olamayacağı açıktır.Örneğin Federal Almanyada,1985 de radyasyonla uğraşanların bütün yıla dağılacak şekilde aldıkları ortalama radyasyon dozu 0.5 mSv (= 50 mrem) kadar olmuştur (Bak Şek B). Bilimin hiçbir dalında,aradaki farkı 10'un 3'cü kuvvetini geçen değerler uzatma yoluyla birbirleriyle ilişkili hale getirilemeyeceği düşünülürse,radyasyon fiziğinde yapılagelen bu çeşit uzatmalara dayanan değerlendirmelerin ne kadar sakat olduğu görülür.Bu çeşit uzatmaların ne kadar geçersiz olacağını Şekil B'deki dozhızı karşılaştırmaları,aradaki fark 10'un 7'nci kuvvetine kadar çıktığı için daha açık bir şekilde gözler önüne sermektedir.

Sonuç olarak, Japonya ile ilgili çok yüksek doz ve doz hızlarının etkilerinden gidilerek bulunan daha büyük risk değerlerinin, radyasyonla uğraşanlar için uygulanmakta olan çok daha düşük düzeydeki doz sınır değerlerini düşürmeye yol açamayacağı görülmektedir.

Geriye bir tek 'topluluk dozu' (Bak Bölüm 3.9) karşılaştırması kalmaktadır:

Federal Almanyada radyasyonla uğraşanların topluluk dozu yılda ortalama olarak 100 kişiSv kadardır (=0.5 mSv/Yıl x 230 000 kişi). Tüm Federal Alman halkının her yıl doğal radyasyonun etkisiyle almakta olduğu topluluk dozu ise: 61 milyon kişi x 2,2 mSv = 134 000 kişiSv 'dir. Bu yüksek değer yanında, radyasyonla uğraşanlarla ilgili 100 kişiSv kadarlık doz değerinin ne kadar küçük olduğu görülmektedir. ALARA (As Low As Reasonably Achievable = Mantıken Mümkün Olduğu Kadar Düşük) ilkesine uyularak zaten azaltılmış ve 100 kişiSv dolaylarına kadar düşürülmüş bu değer daha fazla düşürülmesinin pek fazla bir yarar sağlamayacağı açıktır. Bu nedenle, yıllık sınır değerlerin düşürülmesinin bir gerekçesi yoktur.

Diğer yandan Japon toplumuyla ilgili doz etki bağıntısının, Alman ya da Türk toplumu gibi başka toplumlara doğrudan doğruya aktarılmasının yanlış olabileceği konusunda bulgular vardır. Bu ve bunun gibi konularda birçok çalışmalar bulunmaktadır (Bak Ek 11).

EK 2: ÇEŞİTLİ KURUM VE BİLİM ADAMLARININ ÇERNOBİL KANSERİ

TAHMİNLERİ

Kolektif doz (= Toplum ışınlanması)

Örnek:

1 milyon kişi x 1 rem = 1 milyon kişi rem = 10 milyon kişi x 0.1 rem

Kanser olasılığı faktörleri (risk faktörleri):

1 milyon kişi.rem'i başına (tüm vücut ışınlanması):

<u>ICRP</u>	<u>JACOBI</u>	<u>REDFORD</u>	<u>GOFMAN</u>
125	100	1000	3700
(50-500) --- -->	(500)		

F. Almanya halkı için kişi başına hayat boyu ortalama Çernobil dozu: 0.2 rem

60 milyon kişi x 0.2 rem = 12 milyon kişi.rem

Kanserli ölümler (JACOBI) : $12 \cdot 10^6$ Kişi rem x 100 Kişi / 10^6 Kişi rem = 1200 Kişi

Kanser olasılık miktarı : $1200 / 12000000 = 1 / 10000$

(Max. 500 kanserli ölüm / 1 milyon kişi.rem için:

$$\frac{500 \text{ kişi}}{10^6 \text{ kişi.rem}} \times 12 \cdot 10^6 \text{ kişi.rem} = 6000 \text{ kanserli ölüm)}$$

Rusya'nın ilk tahmini:

80 milyon kişi x 3 rem = 240 milyon kişi.rem (Rusya halkı için)
240 milyon kişi.rem x $\frac{200 \text{ kanser ölümü(ICRP)}}{1 \text{ milyon kişi.rem}}$ = 48000 kanser ölümü

Prof. GOFMAN (USA) :

1 milyon kanser olayı (Avrupa+Asya); % 50 si ölümlü.

Avrupa nüfusu : 525 milyon ---- Avrupa daha fazla etkilenecek.
Rusya nüfusu : 80 milyon (Çernobilden etkilenen nüfus)

(Dozun % 70'i ¹³⁷Cs'nin gövdeyi dıştan ışınlaması, %30 besinlerle)

Ancak bütün Avrupa toprak yüzeyi kazınırsa kurtuluş var! En fazla kanser olasılığı 5 yaşından küçüklerde görülecek, kanserlilerin % 73'ü 20 yaşından küçükler olacak.

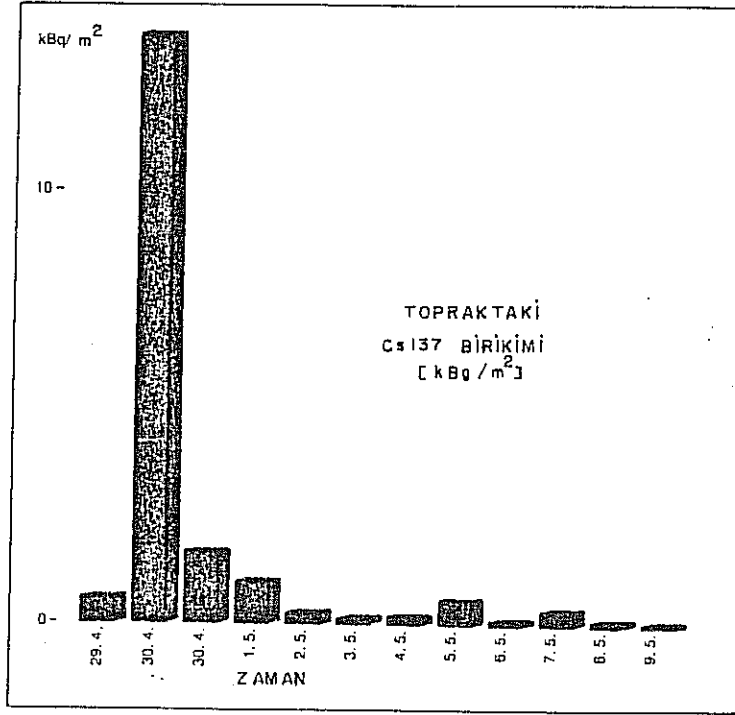
Prof. Karl MORGAN (İRLANDA):

Max. 1 milyon kanser olayı gelecek 70 ile 100 yılda görülecek,
Max. 500000 ilk 10 yılda (Min. 100000)

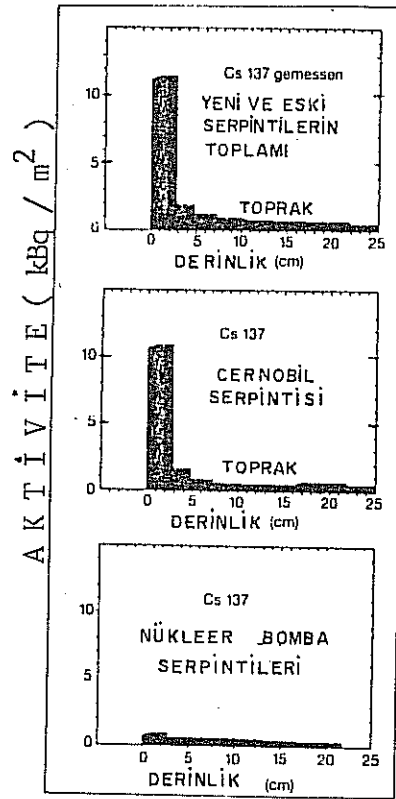
Rusya'nın resmi tahmini:

5000 kanser olayı Rusya'da, 2500 tüm Avrupa'da görülecek.

Not: Yukardaki bütün değerler sadece tahminler olup kanıtlanması olanaksızdır.



Şekil 6.9: Özellikle 30 Nisan 1986 günkü yoğun yağışlar nedeniyle topraktaki Cs 137 birikimi, /2/.



Şekil 6.10: Münih /Neuherberg'deki ayırda Cs 137 nin toprak derinliklerindeki dağılımı(28.5.1986 günkü aktiviteler),/2/.

EK 4 :BAZI GÖZLEMLER- BİLİM ADAMLARININ ÖNERİLERİ

- * DÜŞÜK DOZLARIN KANSER OLUŞTURUP OLUŞTURMIYACAĞI BELİRSİZ
- * KİMYASAL MADDELER + RADYOAKTİF MADDELER → KANSER OLASILIĞI ARTIYOR
- * ÇERNOBİL BİR DEFALIK OLAY (NÜLEER BOMBA DENEMELERİNİN AKSİNE)

BİLİM ADAMLARININ ÖNERİLERİ

- * YÜKSEK RADYOAKTİVİTE GÖSTEREN KANALİZASYON TESİS ARTIKLARI TARLALARDA GÜBRE OLARAK KULLANILMAMALI
- * ÇERNOBİLDEN FAZLA ETKİLENEN BÖLGELER BELİRLENİP, EĞER GERÇEKTEN DOZ AZALTILABİLECEKSE (OPTİMİZASYON İLE) ÖNLEMLER ALINMALI
- * HÜCRELERİN SAVUNMASINI ARTTIRMAK İÇİN, ÖZELLİKLE A , C ve D VİTAMİNLİ BESİNLER YENMELİ
- * TEK TİP YERİNE ÇEŞİTLİ BESİNLER YENMELİ
- * FAZLA RADYOAKTİVİTESİ OLDUĞU BİLİNEREN BESİNLERDEN AZ YENMELİ
- * BİTKİ → HAYVAN → İNSAN YOLU YERİNE :
BİTKİ → İNSAN YOLU SEÇİLMELİ

ÖRNEĞİN ET VE SÜT ÜRÜNLERİ YERİNE BOL PATATES YENMELİ

(NUKLEER BOMBA DENEMELERİ, TOPRAKTAN PATATESE ANCAK ÇOK AZ MİKTARLARDA ⁹⁰Sr ve ¹³⁷Cs GEÇTİĞİNİ GÖSTERMİŞTİR)

EK 5 : TURK ÇAYINDAKİ RADYOAKTİVİTENİN İNSANDA OLUSTURACAKI DOZLA İLGİLİ BİR YAKLAŞIM / YA /

VARSAYIMLAR:

Kuru çayda toplam Cs-aktivitesi üst sınırı : 8 000 Bq/kg
(Türkiye Atomenerjisi Kurumunca benimsenen üst sınır)

Günde kişi başına kullanılan kuru çay miktarı : 10 gram → 80 Bq

Aktivitenin deme geçiş yüzdesi : % 70 → 56 Bq

Bu değerler kullanılarak :

$$56 \times 365 = 20\ 440 \text{ Bq/yıl}$$

$$20\ 440 \times 2 \times 10^{-6} = \underline{40 \text{ mrem/yıl}}$$

Doz katsayısı (rem/Bq) olmak üzere (Bak:Ek 8).

TURKIYEDE BAKKALLARDAN SATIN ALINAN ÇEŞİTLİ ÇAYLARIN ALMANYADA,

SAF GERMANYUM KRİSTALLI ÇOK KANALLI GAMA ANALİZLEYİCİLERİNDE

YAPILAN ÖLÇÜ SONUÇLARI / YA /:

<u>CİNSİ</u>	<u>KURUÇAY(Bq/10g)</u>	<u>DEMDE(Bq)</u>	<u>DEME GEÇİŞ(%)</u>
İLK SURGUN (1.7.86)*	Cs134 : 68 Cs137 : 140	40 82	59 59
2.SURGUN? (1.11.86)*	Cs134 : 25 Cs137 : 53	5 12	20 22
KAMELYA (30.12.86)*	Cs134 : 29 Cs137 : 66	21 48	72 73

RİZE TURİST : Doğal radyoaktivite düzeyinde
1987*

ÇEŞİTLİ ÇAYLAR : 6 000 - 30 000 Bq/kg (Toplam Cs)
Haziran 1987*

*) Paket üstü ya da satınalma tarihleri.

Ek 5a : Türkiye Atom Enerjisi Kurumunca (TAEK) Çernobil sonrası yapılan radyoaktivite ölçümleri ve radyasyon dozu değerlendirmeleri /44/

TABLO 1
BAZI BÖLGELERDEKİ TOPRAK AKTİVİTELERİ

Radyo- nüklid Bq/Kg.	13.5.1986 İstanbul Mayıs 86	14.5.1986 Edime Mayıs 86	27.6.1986 Merzifon Haziran 86	29.6.1986 G. Antep Haziran 86	3.7.1986 Edime Temmuz 86	3.7.1986 Tekirdağ- Saray Temmuz 86	16.9.1986 İpsala Eylül 86
I-131	330	480	—	—	—	—	—
Cs-134	18	130	15	20	178	24	12
Cs-137	34	240	21	43	324	45	27
Ce-141	47	50	—	—	50	—	—
Ce-144	—	680	13	—	—	—	—
Ru-103	270	655	—	10	228	—	—
Ru-106	—	400	—	—	—	—	—
Zr-95	107	—	—	—	24	—	—
Nb-95	71	—	—	—	—	—	—
La-140	142	180	—	—	—	—	—
Te-132	51	100	—	—	—	—	—
TOPLAM	1.070	2.915	49	73	804	69	39

TABLO 2
TÜRK HALKININ YILLIK GIDA TÜKETİMİ VE (1986 YILINDA)
SİNDİRİM YOLUYLA VÜCUDA ALINAN AKTİVİTE MİKTARLARI

G İ D A	Tüketim Kg/Yıl	Ortalama Konsantrasyonu (Bq/Kg.)	Aktivite (Bq/Yıl)	
			Bebek	Yetişkin
Süt ve Süt Ürünleri	Bebek	200	3 (I-131)	600
	Yetişkin	125	10.5 (Cs-134) 21 (Cs-137)	2100 4200
Sebze ve Meyva	Bebek	15	2.5 (I-131)	37.5
	Yetişkin	250	5 (Cs-134) 9.5 (Cs-137)	75 142.5
Eti	Bebek	3	I-131	—
	Yetişkin	40	13 (Cs-134) 17 (Cs-137)	39 51
Unlu Mamuller	Bebek	5	I-131	—
	Yetişkin	200	2 (Cs-134) 4 (Cs-137)	10 20
Çay	Bebek	—	I-131	—
	Yetişkin	1	3500 (Cs-134) 9000 (Cs-137)	— 9000

TABLO 3
ÇERNOBİL KAZASINI İZLEYEN İLK YIL İÇİNDE (MAYIS 1986 - NİSAN 1987)
İŞİNLAMA VEYA VÜCUDA ALINAN RADYOAKTİF MADDELER YOLUYLA
TÜRK HALKININ MARUZ KALDIĞI KİŞİSEL ETKİN DOZ EŞDEĞERİ
(mSv)

İŞİNLAMA YOLU	KRİTİK GRUP (mSv)		GENEL TOPLUM (mSv)	
	BEBEK	YETİŞKİN	BEBEK	YETİŞKİN
DIŞ: Bulutlan	0.26 × 10 ⁻²	0.26 × 10 ⁻²	0.04 × 10 ⁻²	0.04 × 10 ⁻²
	Yerden	2.64 × 10 ⁻²	0.38 × 10 ⁻²	0.38 × 10 ⁻²
İÇ: Solunum	20.33 × 10 ⁻²	19.74 × 10 ⁻²	4.00 × 10 ⁻²	12.46 × 10 ⁻²
	Süt ve Süt Ürünleri	9.57 × 10 ⁻²	6.84 × 10 ⁻²	9.57 × 10 ⁻²
Sebze-Meyva	0.63 × 10 ⁻²	5.92 × 10 ⁻²	0.63 × 10 ⁻²	5.92 × 10 ⁻²
Eti	0.09 × 10 ⁻²	1.99 × 10 ⁻²	0.09 × 10 ⁻²	1.99 × 10 ⁻²
Unlu Gıdalar	0.03 × 10 ⁻²	1.92 × 10 ⁻²	0.03 × 10 ⁻²	1.92 × 10 ⁻²
Çay	—	20.10 × 10 ⁻²	—	20.10 × 10 ⁻²
Genel Toplam (mSv)	0.350	0.594	0.147	0.500

**EK 6 :AKTIVITE VE DOZ DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN
ÖLÇÜ ALETLERİ VE ÖZELLİKLERİ /1/**

No	ÖLÇÜ AMACI	ÖLÇÜ ALETİ/SAYAÇ	BELİRGİN ÖZELLİKLER
1	Gamaların belirlenmesi	Geiger-Müller (GM-Sayacı)	- Gama ışınları kalitesinin belirl. - Yüksek Dozhızı ölçümü
2	Betaların belirlenmesi	İnce pencereci GM-Sayacı	- Beta ve Gamaların kalitesinin belirlenmesi (Bak: No 1)
3	Yüzeysel akt.bulaşmalarını belirlemek (Nuklit karışımı beta ve gama akt.)	Büyük yüzeyli ORANTILI SAYAÇ (Kontaminasyon =Bulaşma Sayacı)	-Çeşitli beta ve gama enerjileri için ölçu duyarlılığı farklı -Nuklit karışımı bilinmiyorsa, yüzeysel bulaşma ölçümü hatalı -Ölçülen yüzeyin cins ve şekli ölçüyü etkiler
		YARI İLETKEN SAYAÇLI PORTATIF GAMA SPEKTROMETRESİ	- Çapı 10 metreden büyük yüzeyler için radyonuklitleri tek tek belirlemekle ilgili kantitatif(nicelik)sonuçlar
		ÖRNEK ALMA VE YARI İLETKEN SAYAÇLI GAMA SPEKTROMETRESİ	-Pürüzsüz yüzeyli toprak ve silme kağıdı örneklerindeki radyonuklitlerin kantitatif analizlerinde kullanılır(Lab.)
4	AKT.KONSANT-RASYONUNUN BELİRLENMESİ (Aerosollar, besinler,su vb.)	TOPLAM BETA VE TOPLAM ALFA ÖLÇÜMU (ORANTILI SAYAÇ)	-Kalite(nitelik)belirlenmesi -Nuklit karışımının bilinmesi halinde,sonuçlar anlamlı
	-Nuklit karışımı halinde	TOPLAM GAMA ÖLÇÜMU (NaI-Kristalli)	- Yukarıdaki gibi - " "
		AZ AYIRIMLI GAMA SPEKTR. (NaI-Kristalli)	- Nuklit karışımının iyi bilindiği(Cernobil Akt.gibi)pek yararlı değil;bilinirse kantitatif(nicelik) analizleri yapılabilir.
		ÇOK AYIRIMLI GAMA SPEKTR. (GeLi veya saf Germanyum gibi yarı iletken sayacı)	-Tek tek nuklit ölçümü için kantitatif sonuçlar (ancak,sadece gamalar için)
		RADYOKİMYASAL AYIRIM TEKNİĞİ -ORANTILI SAYAÇ (BETA ÖLÇÜMU) -YARI İLETKEN SAYAÇLI ALFA SPEKTROMETR.	-Sırf beta ve alfa saçan nuklitler için kantitatif sonuçlar

EK 6 (DEVAM):

5 DOZHIZI BELIRL. (DIŞTAN IŞINLANMA)	-GM SAYACI -ORANTILI SAYAÇ -İYONİZASYON ODASI -PLASTİK SAYAÇ	-Sadece gama doz hızına belirlemeleri için, farklı duyarlılıkta olmak üzere, uygun olup; beta ve gamaların karışımı halinde ancak nitelik tayini için elverişli
6 DIŞTAN IŞINLANMA SONUCU OLUŞAN DOZUN BELİRLENMESİ	-KATI HAL DOZİMETRESİ -CEP DOZİMETR.	- 0.1 mSv (10 mrem) den büyük dozlar için uygun
7 VÜCÜTTA YERLESEN AKT.BELİRLENM. SİSTEMİ	-Nal-Kristalli TUM VÜCUT SAYMA SİSTEMİ	- Sadece gamalar için uygun - Kısmi vücut ölçümleri (Guatrdeki I131 gibi) ve Tüm vücut ölçümleri Cs137 için olanaklı)

Chemisches Untersuchungsamt Speyer
SPEYER KİMYASAL ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜNDE YAPILAN ÖLÇÜMLER :
Radioaktivitätsüberwachung von Lebensmitteln
Meßergebnisse vom 1.9. bis 31.12.1986
Seite 14.

ÖRNEK ALMA GÜNÜ	ÇAY CİNSİ/ADI	ÖRNEK YERİ	CS-137 BQ/kg	CS-134 BQ/kg
25.09.86 Tee = ÇAY	Entwässerungstee, Nr. 986457	6553 Sobernheim	1,3	<0,2
26.09.86 Tee	Schlankheits-Entfettung stee Nr.: 986461	6553 Sobernheim	<0,6	<0,7
18.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Emirgan Rize Filiz Çayı	6580 Idar-Oberstein-Weierbach	3,6	<0,7
11.12.86 Tee	Schw. Tee, Rize, TANAY, Extra	6700 Ludwigshafen	1,1	<0,2
17.12.86 Tee	Herk.:Türkei,Rize,TANAY,Extra	6732 Edenkoben	2,2	<0,2
17.12.86 Tee	Türk.schw.Tee,Yeni Lüks Filiz Çay Kurumu	6740 Landau	8,6	<0,7
18.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Emirgan Rize Filiz Çay	6740 Landau	2,5	<0,6
17.12.86 Tee	Maksimum Aktivite Çiçeği	Türk., schw. Tee, Rize Çay	6750 Kaiserslautern	20806,6+ 8722,4
17.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Rize Çay	6750 Kaiserslautern	6,8	<0,7
17.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Atınbas 81	6750 Kaiserslautern	7412,0	3099,1
17.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Rize Çay Extra	6750 Kaiserslautern	4,6	<0,8
17.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Rize Çay	6750 Kaiserslautern	5910,1	2444,7
17.12.86 Tee	Türk., schw. Tee, Çay	6750 Kaiserslautern	20450,5	8518,9
17.12.86 Tee	Çiçeği	Türk. schw. Tee, Rize Extra Tanay	7640 Landau	4,1 <0,8

ALMANYADA, TÜRKİYEDEN GELEN ÇAYLARDA ÖLÇÜLEN RADYOAKTİVİTE /38/

EK 5(DEVAM) : ÇERNOBİL RADYOAKTİVİTESİNİN FEDERAL ALMANYAYA GELİŞİNDEN SONRAKİ GÜN VE AYLARDA YAPILAN ÖLÇÜMLERLE İLGİLİ ÖRNEKLER /38/

Ek 7 : ALFA, BETA VE GAMA SAÇAN BİRKAÇ RADYONÜKLİT VE ÖZELLİKLERİ /17/ .

1. ALFA SAÇANLARA ÖRNEKLER

Radionüklid	Polonium $^{210}_{84}\text{Po}$	Radium $^{226}_{88}\text{Ra}$	Plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$	Americium $^{241}_{95}\text{Am}$
YARILANMA SÜRESİ	138 d	1600 YIL	87 YIL	432 YIL
ALFA ENERJİSİ	5,3 MeV	4,8 MeV	5,5 MeV	5,5 MeV
HAVADAKİ MENZİLİ (1 cm \approx 1,3 mg/cm ²)	3,8 cm	3,3 cm	4,0 cm	4,0 cm

Tipik kullanma yerleri: Yangın dumanı uyarı detektörleri; Elektrostatik yüklerden arınma; Radyoaktif bataryalarda ısı kaynağı

2. BETA SAÇANLARA ÖRNEKLER

Radionüklid	Tritium ^3_1H	Krypton $^{85}_{36}\text{Kr}$	Strontium $^{90}_{38}\text{Sr}$	Yttrium $^{90}_{39}\text{Y}$	Thallium $^{204}_{81}\text{Tl}$
YARILANMA SÜRESİ	12,3 YIL	10,2 YIL	28,5 YIL	64 h	3,8 YIL
BETA MAKS. ENERJİSİ	18,6 keV	0,67 MeV	0,54 MeV	2,27 MeV	0,77 MeV
HAVADAKİ MENZİLİ	5 mm	1,8 m	1,4 m	8,2 m	2,2 m
Al 'daki MENZİLİ	2,3 μm	0,9 mm	0,7 mm	3,9 mm	1,1 mm

Tipik kullanma yerleri: Yüzeysel ağırlık kontrolünde; Cilaların sertleştirilmesinde

3. GAMA SAÇANLARA ÖRNEKLER

Radionüklid	Kobalt $^{60}_{27}\text{Co}$	Sezyum $^{137}_{55}\text{Cs}$	Iridium $^{192}_{77}\text{Ir}$	Radium $^{226}_{88}\text{Ra}$	Americium $^{241}_{95}\text{Am}$
YARILANMA SÜRESİ	5,3 YIL	30 YIL	74 d	1600 YIL	432 YIL
GAMA ENERJİSİ	1,17 und 1,33 MeV	0,66 MeV	\leq 0,9 MeV	\leq 2,5 MeV ¹⁾	60 keV
1/10 UZAKLIĞI (Fe)	9,3 cm	7,1 cm	8,2 cm	11,6 cm	\approx 1 cm
ÖZGÜL GAMA KATSAYISI ($\Gamma \rightarrow 2$)	$3,4 \cdot 10^{-13}$	$8,5 \cdot 10^{-14}$	$1,2 \cdot 10^{-13}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$ ^{1) 2)}	$4,2 \cdot 10^{-15}$

- 1) Radyoaktif oğul nüklit- $2) \text{ in } \frac{\text{Sv} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{Bq}}$ lerle birlikte (Γ) 3) 0.5mm platin filtresiyle

Tipik kullanma yerleri: Radyografi (Metal kaynak yerlerinin kontrolünde)

EK B : DOZ KATSAYILARI (DOZ FAKTÖRLERİ) /10,11,27,28,29/

Münih'teki ISH Enstitüsünün yayınlarından alınan ilişikteki tablolarda, vücuda solunum ve sindirim yoluyla alınan bazı önemli radyonüklitlerin, aktivite birimi (Bq) başına oluşturabileceği eşdeğer dozlar 21 organ veya doku için sıralanmakta ve ayrıca "etkin eşdeğer doz" da en altta yer almaktadır. Baştaki tablolar 1,5,10 ve 15 yaşlarındaki çocuklar, sondaki tablolar ise yetişkinler içindir.

Doz katsayıları, ICRP'nin 30 (1) nolu yayınından yararlanılarak hesaplanmış, çocukların yaşlarıyla ilgili anatomik ve biyokinetik parametre farklılıkları ve nükleer fizik parametre düzeltmeleri, hesaplarda ayrıca gözönüne alınmıştır.

Çocukların yaşına bağlı olan doz katsayıları, şu yöntemle göre hesaplanmıştır:

Radyonüklitlerin vücutta yerleştiği organ ve doku gibi S Kaynak Bölgesinden, bir tek organ veya doku gibi T Hedef Bölgesinde t zamanı süresince oluşturacağı radyasyon dozu $H_T(t)$, aktivite birimi (Bq) başına Sv olmak üzere :

$$H_T(t) = c \sum_S U_S(t) \times SEE(T \leftarrow S) \quad (1)$$

$U_S(t)$: S kaynak bölgelerinde, radyonüklitlerin vücuda girişten t zamanına kadar geçen sürede uğradığı nükleer dönüşümlerin sayısı

$SEE(T \leftarrow S)$: Spesifik (özgül) etkin enerji (MeV/g)
Radyonüklitin yerleştiği S kaynak bölgesinde, çekirdeklerinin parçalanması sonucu saldırdığı ışınlar yoluyla, T hedef bölgesinin gramı başına aktardığı enerji (MeV/g)-uygun kalite faktörüyle düzeltilerek-

c : Dönüşüm eşdeğeri katsayısı (= 1.6×10^{-10}) [MeV/g \rightarrow Sv/Bq]

t zamanının uygun şekilde seçildiği, çocuklar için olan tablolardaki değerler, 70 yaşına kadar birikecek toplam dozları göstermektedir.

Bir radyoaktif maddenin çekirdeğindeki dönüşüm sayısından gidilerek yukardaki (1) nolu eşitliğe göre hesaplanan doz :

(a) Radyonüklitin fiziksel özelliklerine,
(b) Maddenin, insan organizmasındaki biyokinetik etkileşmesine,
(c) Anatomik özelliklere

bağlıdır.

Vücuda alınan radyoaktif maddelerin, vücuttaki biyokinetik etkileşmesi, miğde-barsak kanalında, solunum kanalında, kemiklerdeki ve organizmadaki madde alış verişleri, kinetik modeller yoluyla incelenip hesaplanmaktadır. Çocukların yaşlarına bağlı olan biyokinetik parametreler sadece birkaç element için mevcut olduğundan, çok kez, ICRP nin 30 (1) nolu yayınındaki yetişkinlerle ilgili biyokinetik veriler, hesaplarda çocuklar için de kullanılmıştır.

EK 8(devam):

ISH nin çocuklarla ilgili doz katsayıları hesaplarında (ilişikteki tablolarda) İYOT ve SEZYUM için şu değerler kullanılmıştır :

İYOT :	YAŞ (YIL)	GUATR (gram)	İYOT T _{1/2} BİYOLOJİK (GÜN)
	1	3.5	25
	5	7	30
	10	15	44
	15	24	50

Görüldüğü gibi, iyotun guatrdeki yarılanma süresi insanın yaşına çok bağlıdır.

F.Almanyada, beslenmedeki iyot azlığı göz önüne alınarak, vücuda alınan iyotun yarısının (0.5) guatra ulaştığı varsayımı yapılmıştır. ICRP 30 yayınındaki karşılığı ise 0.3 dür.

SEZYUM :

Sezyumda da , biyolojik yarılanma süresi, vücut ağırlığına ve dolayısıyla insanın yaşına bağlıdır.

Doz hesaplarında, aşağıdaki tabloda verilen Etkin Yarılanma Süreleri kullanılmıştır.

Vücuda alınan Sezyumun biyolojik ve ortalama etkin yarılanma süreleri (gün) :

Nüklid	YAŞ(YIL)			
	1	5	10	15
stabil				
Cs	10 (51%)	8,8 (44%)	7,0 (36%)	3,2 (18%)
	16 (49%)	32 (56%)	52 (64%)	96 (82%)
Cs-129	1,3	1,3	1,3	1,3
Cs-130	0,021	0,021	0,021	0,021
Cs-131	5,5	6,2	6,7	7,7
Cs-132	4,3	3,7	4,9	5,4
Cs-134	13	22	36	79
Cs-135	13	22	36	79
Cs-136	6,4	7,5	8,3	9,9
Cs-137	13	22	36	79
Cs-138	0,02	0,02	0,02	0,02

RADIOUKLID: I 131		RADIOUKLID: I 132H	
VÜÇUDA ALINAN HER BEQUEREL AKTİVİTENİN OLUŞTURDUĞU SIEVERT OLRAK DOZ (Sv/Bq)			
ALTER = 1 JAHR(E) = 1 JAHR(E)			
SOLUNUM YOLUYLA		SOLUNUM YOL.	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	1.E+00	1.E+00
SİNDİRİM YOL.			
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	1.E+00	1.E+00
ORGAN:			
BLASE	3.2E-10	BLASE	3.6E-11
BRUST	8.4E-10	BRUST	8.0E-11
O DICKDARM	3.5E-10	O DICKDARM	4.6E-11
U DICKDARM	3.4E-10	U DICKDARM	4.0E-11
DUENDARM	3.5E-10	DUENDARM	4.4E-11
GEHIRN	3.9E-10	GEHIRN	2.6E-11
HAUT	2.1E-10	HAUT	1.9E-11
HODEN	4.7E-10	HODEN	6.5E-11
KH-OBERFL	8.4E-10	KH-OBERFL	9.6E-11
LEBER	4.3E-10	LEBER	5.6E-11
LUNGE	5.2E-09	LUNGE	1.5E-09
MAGEN	6.7E-10	MAGEN	3.0E-10
MILZ	4.4E-10	MILZ	6.0E-11
N-NIEREN	4.5E-10	N-NIEREN	5.9E-11
NIEREN	3.4E-10	NIEREN	4.4E-11
OVARIEN	3.0E-10	OVARIEN	4.3E-11
PANKREAS	4.2E-10	PANKREAS	6.7E-11
R KMHARK	1.1E-09	R KMHARK	1.2E-10
SCHILDDR.	2.2E-06	SCHILDDR.	1.4E-08
THYMUS	2.9E-09	THYMUS	7.7E-11
UTERUS	6.3E-10	UTERUS	8.9E-11
EFFEKTIV	6.6E-08	EFFEKTIV	7.0E-10

Ek 8: Tablo 1

RADIONUKLID: I 132		RADIONUKLID: I 133	
ABGIVALENTDOSIS PRO ZUFUEHRTE AKTIVITAET (SV/NO)			
ALTER = 1 JAHR (P)		ALTER = 1 JAHR (E)	
INHALATION		INHALATION	
D	W	D	W
1.E+00	---	1.E+00	---
INGESTION		INGESTION	
D	W	D	W
1.E+00	---	1.E+00	---
EFFEKTIV			
7.8E-10		1.4E-09	
BLASE	5.5E-11	BLASE	1.2E-10
BRUST	1.4E-10	BRUST	2.5E-10
O DICKDARM	7.5E-11	O DICKDARM	1.4E-10
U DICKDARM	6.2E-11	U DICKDARM	1.3E-10
DUENDARM	6.9E-11	DUENDARM	1.4E-10
GEHIRN	3.7E-11	GEHIRN	1.2E-10
HAUT	2.5E-11	HAUT	8.8E-11
HODEN	1.0E-10	HODEN	1.8E-10
KN-OBERFL	1.5E-10	KN-OBERFL	2.6E-10
LEBER	9.2E-11	LEBER	1.7E-10
LUNGE	2.3E-09	LUNGE	6.2E-09
MAGEN	6.1E-10	MAGEN	7.0E-10
MILZ	1.0E-10	MILZ	1.8E-10
N-NIEREN	9.6E-11	N-NIEREN	1.8E-10
NIEREN	7.0E-11	NIEREN	1.4E-10
OVARIEN	6.6E-11	OVARIEN	1.4E-10
PANKREAS	1.2E-10	PANKREAS	1.8E-10
R KNMARK	1.9E-10	R KNMARK	3.1E-10
SCHILDDR.	1.4E-08	SCHILDDR.	4.2E-07
THYMUS	1.1E-10	THYMUS	5.0E-10
UTERUS	1.4E-10	UTERUS	2.1E-10
EFFEKTIV			
7.8E-10		1.4E-08	

Ek 8:Tablo 2 (Çeviriler için Tablo 1'e bak)

RADIONUKLID: CS 134H						
EQUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)						
ALTER = 1 JAHR(E)						
INHALATION			INGESTION			
INH-KLASSE	D	W	Y	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---	1.E+00	---	---
ORGAN						
BLASE	2.0E-11			6.3E-09		1.1E-08
BRUST	3.9E-11			6.3E-09		1.1E-08
O DICKDARM	2.2E-11			6.6E-09		1.1E-08
U DICKDARM	2.2E-11			6.6E-09		1.1E-08
DUENDARM	2.2E-11			6.6E-09		1.1E-08
GEHIRN	1.5E-11			6.3E-09		1.1E-08
HAUT	1.3E-11			6.3E-09		1.1E-08
HODEN	3.4E-11			7.5E-09		1.3E-08
KN-OBERFL	4.9E-11			6.5E-09		1.1E-08
LEBER	2.1E-11			6.3E-09		1.1E-08
LUNGE	4.7E-10			1.1E-08		1.1E-08
MAGEN	1.3E-10			6.3E-09		1.1E-08
MILZ	2.2E-11			6.3E-09		1.1E-08
N-NIEREN	2.1E-11			6.3E-09		1.1E-08
NIEREN	1.9E-11			6.3E-09		1.1E-08
OVARIEN	2.3E-11			7.5E-09		1.3E-08
PANKREAS	2.2E-11			6.3E-09		1.1E-08
R KNMARK	6.2E-11			7.0E-09		1.2E-08
SCHILDDR.	2.2E-11			6.5E-09		1.1E-08
THYMUS	1.6E-11			6.3E-09		1.1E-08
UTERUS	4.5E-11			6.3E-09		1.1E-08
EFFEKTIV	9.5E-11			7.3E-09		1.2E-08

Ek 8: Tablo 3 (Tablo 1'e bak)

RADIONUKLID: CS 137		INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	H	Y		
RESORPTION	1.E+00	---	---	---	1.E+00
ORGAN					
BLASE	5.6E-09				9.0E-09
BRUST	5.6E-09				9.0E-09
O DICKDARM	6.1E-09				9.7E-09
U DICKDARM	6.1E-09				9.7E-09
DUENNDARM	6.1E-09				9.7E-09
GEHIRN	5.6E-09				9.0E-09
HAUT	5.6E-09				9.0E-09
HODEN	6.1E-09				9.7E-09
KN-OBERFL	5.6E-09				9.0E-09
LEBER	5.6E-09				9.0E-09
LUNGE	1.1E-08				9.0E-09
MAGEN	5.6E-09				9.0E-09
MILZ	5.6E-09				9.0E-09
N-NIEREN	5.6E-09				9.0E-09
NIEREN	5.6E-09				9.0E-09
OVARIEN	6.1E-09				9.7E-09
PANKREAS	5.6E-09				9.0E-09
R KNMARK	5.9E-09				9.5E-09
SCHILDDR.	5.6E-09				9.0E-09
THYMUS	5.6E-09				9.0E-09
UTERUS	5.6E-09				9.0E-09
EFFEKTIV	6.4E-09				9.3E-09

RADIONUKLID: CS 136		INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	H	Y		
RESORPTION	1.E+00	---	---	---	1.E+00
ORGAN					
BLASE	4.0E-09				6.3E-09
BRUST	4.0E-09				6.3E-09
O DICKDARM	4.8E-09				7.5E-09
U DICKDARM	4.8E-09				7.5E-09
DUENNDARM	4.8E-09				7.5E-09
GEHIRN	4.0E-09				6.3E-09
HAUT	4.0E-09				6.3E-09
HODEN	4.6E-09				7.3E-09
KN-OBERFL	4.1E-09				6.6E-09
LEBER	4.0E-09				6.3E-09
LUNGE	7.7E-09				6.3E-09
MAGEN	4.0E-09				6.3E-09
MILZ	4.0E-09				6.3E-09
N-NIEREN	4.0E-09				6.3E-09
NIEREN	4.0E-09				6.3E-09
OVARIEN	4.6E-09				7.3E-09
PANKREAS	4.0E-09				6.3E-09
R KNMARK	4.5E-09				7.1E-09
SCHILDDR.	4.2E-09				6.7E-09
THYMUS	4.0E-09				6.3E-09
UTERUS	4.0E-09				6.3E-09
EFFEKTIV	4.7E-09				6.7E-09

Ek 8: Tablo 4 (Tablo 1'e bak)

RADIIONUKLID: I 131		RADIIONUKLID: I 132M	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BO)		AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BO)	
ALTER = 5 JAHR(E)		ALTER = 5 JAHR(E)	
5 YASINDAKILER ICIN		5 YASINDAKILER ICIN	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	1.5E-10		
BRUST	3.9E-10		
O DICKDARM	1.7E-10		
U DICKDARM	1.7E-10		
DUENDARM	1.7E-10		
GEHIRN	2.4E-10		
HAUT	9.3E-11		
HODEN	2.8E-10		
KN-OBERFL	3.2E-10		
LEBER	2.1E-10		
LUNGE	2.5E-09		
MAGEN	3.3E-10		
MILZ	2.2E-10		
N-NIEREN	2.3E-10		
NIEREN	1.7E-10		
OVARIEN	1.7E-10		
PANKREAS	2.1E-10		
R KNMARK	4.3E-10		
SCHILDDR.	1.2E-06		
THYMUS	1.4E-09		
UTERUS	3.4E-10		
EFFEKTIV	3.5E-08		
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	2.0E-11		
BRUST	3.8E-11		
O DICKDARM	2.5E-11		
U DICKDARM	2.2E-11		
DUENDARM	2.4E-11		
GEHIRN	1.4E-11		
HAUT	9.0E-12		
HODEN	4.6E-11		
KN-OBERFL	3.5E-11		
LEBER	3.2E-11		
LUNGE	6.6E-10		
MAGEN	1.5E-10		
MILZ	3.5E-11		
N-NIEREN	3.4E-11		
NIEREN	2.4E-11		
OVARIEN	2.2E-11		
PANKREAS	3.8E-11		
R KNMARK	4.9E-11		
SCHILDDR.	7.0E-09		
THYMUS	4.4E-11		
UTERUS	5.4E-11		
EFFEKTIV	3.3E-10		
INGESTION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	4.4E-11		
BRUST	7.4E-11		
O DICKDARM	5.6E-11		
U DICKDARM	5.1E-11		
DUENDARM	5.4E-11		
GEHIRN	3.0E-11		
HAUT	2.0E-11		
HODEN	1.0E-10		
KN-OBERFL	6.9E-11		
LEBER	5.1E-11		
LUNGE	4.8E-11		
MAGEN	8.5E-10		
MILZ	6.3E-11		
N-NIEREN	5.0E-11		
NIEREN	4.5E-11		
OVARIEN	4.8E-11		
PANKREAS	7.7E-11		
R KNMARK	9.7E-11		
SCHILDDR.	1.6E-08		
THYMUS	6.0E-11		
UTERUS	1.2E-10		
EFFEKTIV	6.4E-10		

Ek 8:Tablo 5 (Bak Tablo 1) --

RADIIONUKLID: CS 134H		RADIIONUKLID: CS 134	
EQUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		EQUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
ALTER = 5 JAHR(E)		ALTER = 5 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	INH-KLASSE	D
RESORPTION	1.E+00	RESORPTION	1.E+00
ORGAN		ORGAN	
BLASE	1.1E-11	BLASE	6.7E-09
BRUST	1.6E-11	BRUST	6.7E-09
O DICKDARM	1.2E-11	O DICKDARM	7.0E-09
U DICKDARM	1.2E-11	U DICKDARM	7.0E-09
DUENNDAARM	1.2E-11	DUENNDAARM	7.0E-09
GEHIRN	7.8E-12	GEHIRN	6.7E-09
HAUT	6.6E-12	HAUT	6.7E-09
HODEN	2.4E-11	HODEN	7.9E-09
KN-OBERFL	1.7E-11	KN-OBERFL	9.0E-09
LEBER	1.1E-11	LEBER	6.7E-09
LUNGE	2.3E-10	LUNGE	9.0E-09
MAGEN	6.4E-11	MAGEN	6.7E-09
MILZ	1.2E-11	MILZ	6.7E-09
N-NIEREN	1.2E-11	N-NIEREN	6.7E-09
NIEREN	1.0E-11	NIEREN	6.7E-09
OVARIEN	1.2E-11	OVARIEN	7.9E-09
PANKREAS	1.1E-11	PANKREAS	6.7E-09
R KNMARK	2.3E-11	R KNMARK	7.2E-09
SCHILDDR.	1.2E-11	SCHILDDR.	9.0E-09
THYMUS	9.0E-12	THYMUS	6.7E-09
UTERUS	2.7E-11	UTERUS	6.7E-09
EFFEKTIV	4.6E-11	EFFEKTIV	7.5E-09

Ek 8 : Tablo 6 (Bak Tablo 1)

RADIIONUKLID: I 133		RADIIONUKLID: I 132	
EQUIVALENTDOSE PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		EQUIVALENTDOSE PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
-> ALTER = 5 JAHR(E)		-> ALTER = 5 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	6.5E-11		1.2E-10
BRUST	1.2E-10		2.0E-10
O DICKDARM	7.4E-11		1.4E-10
U DICKDARM	6.9E-11		1.3E-10
DUENNDARM	7.2E-11		1.3E-10
GEHIRN	7.0E-11		1.3E-10
HAUT	4.4E-11		8.2E-11
HODEN	1.2E-10		2.2E-10
KN-OBERFL	1.0E-10		1.8E-10
LEBER	9.3E-11		1.4E-10
LUNGE	2.9E-09		1.6E-10
MAGEN	3.5E-10		1.8E-09
MILZ	9.7E-11		1.5E-10
N-NIEREN	1.0E-10		1.4E-10
NIEREN	7.6E-11		1.2E-10
OVARIEN	7.0E-11		1.3E-10
PANKREAS	1.0E-10		1.6E-10
R KNMARK	1.3E-10		2.3E-10
SCHILDDR.	2.2E-07		4.1E-07
THYMUS	2.9E-10		4.1E-10
UTERUS	1.2E-10		2.3E-10
EFFEKTIV	6.6E-09		1.2E-08

RADIIONUKLID: I 133		RADIIONUKLID: I 132	
EQUIVALENTDOSE PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		EQUIVALENTDOSE PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
-> ALTER = 5 JAHR(E)		-> ALTER = 5 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	3.1E-11		7.0E-11
BRUST	6.0E-11		1.2E-10
O DICKDARM	4.1E-11		1.0E-10
U DICKDARM	3.5E-11		8.4E-11
DUENNDARM	3.9E-11		9.4E-11
GEHIRN	2.1E-11		4.2E-11
HAUT	1.2E-11		2.8E-11
HODEN	7.2E-11		1.6E-10
KN-OBERFL	5.4E-11		1.1E-10
LEBER	5.3E-11		9.1E-11
LUNGE	1.0E-09		8.0E-11
MAGEN	3.1E-10		2.0E-09
MILZ	6.0E-11		1.3E-10
N-NIEREN	5.6E-11		8.4E-11
NIEREN	4.0E-11		7.9E-11
OVARIEN	3.4E-11		7.8E-11
PANKREAS	6.9E-11		1.8E-10
R KNMARK	7.7E-11		1.5E-10
SCHILDDR.	7.5E-09		1.7E-08
THYMUS	6.5E-11		7.8E-11
UTERUS	8.6E-11		2.0E-10
EFFEKTIV	4.1E-10		7.1E-10

Ek 8: Tablo 7 (Bak Tablo 1)

RADIIONUKLID: CS 136		RADIIONUKLID: CS 137	
AERQUIVALENTDOSIS PRO ZUGEUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		AERQUIVALENTDOSIS PRO ZUGEUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
ALTER = 5 JAHR(E)		ALTER = 5 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	INH-KLASSE	D
RESORPTION	1.E+00	RESORPTION	1.E+00
ORGAN		ORGAN	
BLASE	3.4E-09	BLASE	5.3E-09
BRUST	3.4E-09	BRUST	5.3E-09
O DICKDARM	3.0E-09	O DICKDARM	6.0E-09
U DICKDARM	3.0E-09	U DICKDARM	6.0E-09
DUENDARM	3.0E-09	DUENDARM	6.0E-09
GEHIRN	3.4E-09	GEHIRN	5.3E-09
HAUT	3.4E-09	HAUT	5.3E-09
HODEN	3.6E-09	HODEN	6.0E-09
KN-OBERFL	3.4E-09	KN-OBERFL	5.4E-09
LEBER	3.4E-09	LEBER	5.3E-09
LUNGE	5.1E-09	LUNGE	8.0E-09
MAGEN	3.4E-09	MAGEN	5.3E-09
MILZ	3.4E-09	MILZ	5.3E-09
N-NIEREN	3.4E-09	N-NIEREN	5.3E-09
NIEREN	3.4E-09	NIEREN	5.3E-09
OVARIEN	3.6E-09	OVARIEN	6.0E-09
PANKREAS	3.4E-09	PANKREAS	5.3E-09
R KNMARK	3.5E-09	R KNMARK	5.7E-09
SCHILDDR.	3.0E-09	SCHILDDR.	6.0E-09
THYMUS	3.4E-09	THYMUS	5.3E-09
UTERUS	3.4E-09	UTERUS	5.3E-09
EFFEKTIV	3.6E-09	EFFEKTIV	5.9E-09

Ek 8: Tablo 8 (Bak T.1)

RADIOUKLID: I 132		RADIOUKLID: I 133	
EQUIVALENTDOSIS PRO ZUEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)			
ALTER * 10 JAHR(E) ← 10 YASINDAKILER IÇIN →			
INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	2.0E-11		4.5E-11
BRUST	3.3E-11		6.3E-11
O DICKDARM	2.6E-11		6.6E-11
U DICKDARM	2.2E-11		5.4E-11
DUENDARM	2.5E-11		6.1E-11
GEHIRN	1.4E-11		2.4E-11
HAUT	1.9E-11		1.6E-11
HODEN	6.1E-11		1.4E-10
KN-OBEFFL	2.9E-11		5.5E-11
LEBER	3.5E-11		5.7E-11
LUNGE	6.3E-10		5.2E-11
MAGEN	1.8E-10		1.1E-09
MILZ	4.0E-11		9.0E-11
N-NIEREN	3.8E-11		6.0E-11
NIEREN	2.6E-11		5.5E-11
OVARIEN	2.1E-11		4.9E-11
PANKREAS	4.8E-11		1.4E-10
R KNHARK	3.7E-11		7.0E-11
SCHILDDR.	3.3E-09		7.5E-09
THYMUS	4.4E-11		4.8E-11
UTERUS	6.1E-11		1.4E-10
EFFEKTIV	2.1E-10		3.6E-10

RADIOUKLID: I 133		RADIOUKLID: I 133	
EQUIVALENTDOSIS PRO ZUEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)			
ALTER * 10 JAHR(E)			
INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
OROHAN			
BLASE	4.0E-11		7.4E-11
BRUST	7.0E-11		1.2E-10
O DICKDARM	4.6E-11		8.4E-11
U DICKDARM	4.3E-11		8.1E-11
DUENDARM	4.5E-11		8.3E-11
GEHIRN	4.8E-11		8.7E-11
HAUT	3.9E-11		4.8E-11
HODEN	9.0E-11		1.7E-10
KN-OBEFFL	5.9E-11		9.9E-11
LEBER	5.9E-11		8.3E-11
LUNGE	1.8E-09		1.0E-10
MAGEN	2.0E-10		1.0E-09
MILZ	6.1E-11		9.6E-11
N-NIEREN	6.5E-11		9.1E-11
NIEREN	4.7E-11		7.7E-11
OVARIEN	4.2E-11		7.7E-11
PANKREAS	6.5E-11		1.1E-10
R KNHARK	7.0E-11		1.2E-10
SCHILDDR.	9.5E-08		1.8E-07
THYMUS	1.4E-10		2.2E-10
UTERUS	8.3E-11		1.5E-10
EFFEKTIV	3.1E-09		5.8E-09

Ek 8 : Tablo 10 (Bak Tablo 1)

RADIOKLID: CS 134H		RADIOKLID: CS 134	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
ALTER = 10 JAHR(E)		ALTER = 10 JAHR(E)	
10 YASINDAKILER İCİN		10 YASINDAKILER İCİN	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	7.1E-12		1.3E-11
BRUST	8.7E-12		1.6E-11
O DICKDARM	7.6E-12		1.4E-11
U DICKDARM	7.7E-12		1.4E-11
DUENNDAERM	7.7E-12		1.4E-11
GEHIRN	5.1E-12		9.9E-12
HAUT	4.0E-12		8.0E-12
HODEN	1.9E-11		3.3E-11
KN-OBERFL	8.9E-12		1.6E-11
LEBER	7.4E-12		1.3E-11
LUNGE	1.4E-10		1.3E-11
MAGEN	3.5E-11		2.1E-10
MILZ	7.8E-12		1.4E-11
N-NIEREN	8.0E-12		1.4E-11
NIEREN	6.7E-12		1.3E-11
OVARIEN	7.3E-12		1.4E-11
PANKREAS	7.6E-12		1.5E-11
R KNMARK	1.1E-11		1.9E-11
SCHILDDR.	6.9E-12		1.3E-11
THYHUS	5.8E-12		1.0E-11
UTERUS	1.9E-11		3.2E-11
EFFEKTIV	2.9E-11		3.1E-11
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	7.2E-09		1.2E-08
BRUST	7.2E-09		1.2E-08
O DICKDARM	7.6E-09		1.2E-08
U DICKDARM	7.6E-09		1.2E-08
DUENNDAERM	7.6E-09		1.2E-08
GEHIRN	7.2E-09		1.2E-08
HAUT	7.2E-09		1.2E-08
HODEN	8.4E-09		1.3E-08
KN-OBERFL	7.2E-09		1.2E-08
LEBER	7.2E-09		1.2E-08
LUNGE	8.7E-09		1.2E-08
MAGEN	7.2E-09		1.2E-08
MILZ	7.2E-09		1.2E-08
N-NIEREN	7.2E-09		1.2E-08
NIEREN	7.2E-09		1.2E-08
OVARIEN	8.4E-09		1.3E-08
PANKREAS	7.2E-09		1.2E-08
R KNMARK	8.0E-09		1.3E-08
SCHILDDR.	7.2E-09		1.2E-08
THYHUS	7.2E-09		1.2E-08
UTERUS	7.2E-09		1.2E-08
EFFEKTIV	7.8E-09		1.2E-08

Ek 8: Tablo 11 (Bak Tablo 1)

RADIIONUKLID: CS 136		RADIIONUKLID: CS 137	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)			
ALTER = 10 JAHR(E)			
INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	H	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	2.2E-09		3.4E-09
BRUST	2.2E-09		3.4E-09
O DICKDARM	2.6E-09		4.1E-09
U DICKDARM	2.6E-09		4.1E-09
DUENNARM	2.6E-09		4.1E-09
GEHIRN	2.2E-09		3.4E-09
HAUT	2.2E-09		3.4E-09
HODEN	2.5E-09		3.9E-09
KN-OBERFL	2.2E-09		3.4E-09
LEBER	2.2E-09		3.4E-09
LUNGE	3.9E-09		3.4E-09
MAGEN	2.2E-09		3.4E-09
MILZ	2.2E-09		3.4E-09
N-NIEREN	2.2E-09		3.4E-09
NIEREN	2.2E-09		3.4E-09
OVARIEN	2.5E-09		3.9E-09
PANKREAS	2.2E-09		3.4E-09
R KNMARK	2.4E-09		3.8E-09
SCHILDDR.	2.3E-09		3.6E-09
THYMUS	2.2E-09		3.4E-09
UTERUS	2.2E-09		3.4E-09
EFFEKTIV	2.5E-09		3.6E-09

RADIIONUKLID: CS 137		RADIIONUKLID: CS 137	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)			
ALTER = 10 JAHR(E)			
INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	H	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	5.6E-09		8.9E-09
BRUST	5.6E-09		8.9E-09
O DICKDARM	6.4E-09		1.0E-08
U DICKDARM	6.4E-09		1.0E-08
DUENNARM	6.4E-09		1.0E-08
GEHIRN	5.6E-09		8.9E-09
HAUT	5.6E-09		8.9E-09
HODEN	6.3E-09		9.9E-09
KN-OBERFL	5.7E-09		9.0E-09
LEBER	5.6E-09		8.9E-09
LUNGE	7.5E-09		9.0E-09
MAGEN	5.6E-09		8.9E-09
MILZ	5.6E-09		8.9E-09
N-NIEREN	5.6E-09		8.9E-09
NIEREN	5.6E-09		8.9E-09
OVARIEN	6.3E-09		9.9E-09
PANKREAS	5.6E-09		8.9E-09
R KNMARK	6.0E-09		9.4E-09
SCHILDDR.	5.7E-09		8.9E-09
THYMUS	5.6E-09		8.9E-09
UTERUS	5.6E-09		8.9E-09
EFFEKTIV	6.1E-09		9.3E-09

Ek 8 : Tablo 12(Bak Tablo 1)

RADIOMUKLID: I 132M		INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	W	Y	INH-KLASSE	D
RESORPTION	1.E+00	---	---	RESORPTION	1.E+00
ORGAN				ORGAN	
BLASE	8.6E-12			BLASE	1.9E-11
BRUST	1.2E-11			BRUST	2.2E-11
O DICKDARM	9.9E-12			O DICKDARM	2.2E-11
U DICKDARM	8.9E-12			U DICKDARM	2.1E-11
DUENDARM	9.7E-12			DUENDARM	2.2E-11
GEHIRN	7.3E-12			GEHIRN	1.5E-11
HAUT	5.0E-12			HAUT	7.0E-12
HODEN	1.1E-11			HODEN	2.4E-11
KN-OBERFL	1.0E-11			KN-OBERFL	1.9E-11
LEBER	1.5E-11			LEBER	2.1E-11
LUNGE	2.6E-10			LUNGE	2.1E-11
MAGEN	6.3E-11			MAGEN	3.4E-10
MILZ	1.5E-11			MILZ	2.9E-11
N-NIEREN	1.6E-11			N-NIEREN	2.4E-11
NIEREN	1.1E-11			NIEREN	2.1E-11
OVARIEN	8.8E-12			OVARIEN	1.9E-11
PANKREAS	1.6E-11			PANKREAS	3.6E-11
R KNMARK	1.3E-11			R KNMARK	2.3E-11
SCHILDDR.	2.0E-09			SCHILDDR.	4.6E-09
THYMUS	1.9E-11			THYMUS	2.2E-11
UTERUS	1.2E-11			UTERUS	2.8E-11
EFFEKTIV	1.1E-10			EFFEKTIV	1.7E-10

RADIOMUKLID: I 131		INHALATION		INGESTION	
INH-KLASSE	D	W	Y	INH-KLASSE	D
RESORPTION	1.E+00	---	---	RESORPTION	1.E+00
ORGAN				ORGAN	
BLASE	4.6E-11			BLASE	7.5E-11
BRUST	1.4E-10			BRUST	2.2E-10
O DICKDARM	4.9E-11			O DICKDARM	8.0E-11
U DICKDARM	4.8E-11			U DICKDARM	7.8E-11
DUENDARM	5.0E-11			DUENDARM	8.1E-11
GEHIRN	1.4E-10			GEHIRN	2.3E-10
HAUT	2.8E-11			HAUT	4.0E-11
HODEN	5.3E-11			HODEN	8.6E-11
KN-OBERFL	1.0E-10			KN-OBERFL	1.6E-10
LEBER	7.1E-11			LEBER	9.6E-11
LUNGE	1.0E-09			LUNGE	1.8E-10
MAGEN	1.1E-10			MAGEN	4.3E-10
MILZ	7.0E-11			MILZ	1.0E-10
N-NIEREN	7.8E-11			N-NIEREN	1.1E-10
NIEREN	5.3E-11			NIEREN	8.0E-11
OVARIEN	5.0E-11			OVARIEN	8.1E-11
PANKREAS	6.5E-11			PANKREAS	9.6E-11
R KNMARK	1.2E-10			R KNMARK	1.9E-10
SCHILDDR.	3.5E-07			SCHILDDR.	6.0E-07
THYMUS	3.9E-10			THYMUS	6.1E-10
UTERUS	6.2E-11			UTERUS	1.0E-10
EFFEKTIV	1.1E-08			EFFEKTIV	1.7E-08

Ek 8 : Tablo 13 (Bak Tablo 1)

RADIIONUKLID: I 133		RADIIONUKLID: I 132	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUCHEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/DQ)			
ALTER = 15 JAHR(E)		ALTER = 15 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	1.3E-11		3.0E-11
BRUST	1.9E-11		3.5E-11
O DICKDARM	1.6E-11		4.1E-11
U DICKDARM	1.4E-11		3.4E-11
DUENNDARM	1.6E-11		3.9E-11
GEHIRN	1.1E-11		2.2E-11
HAUT	7.8E-12		9.6E-12
HODEN	1.7E-11		3.7E-11
KN-OBERFL	1.6E-11		3.0E-11
LEBER	2.4E-11		3.7E-11
LUNGE	4.0E-10		3.5E-11
MAGEN	1.3E-10		8.2E-10
MILZ	2.7E-11		6.3E-11
N-NIEREN	2.6E-11		4.2E-11
NIEREN	1.8E-11		3.8E-11
OVARIEN	1.4E-11		3.2E-11
PANKREAS	3.1E-11		9.0E-11
R KWARK	2.0E-11		3.6E-11
SCHILDDR.	2.1E-09		4.8E-09
THYMUS	2.9E-11		3.1E-11
UTERUS	1.9E-11		4.5E-11
EFFEKTIV	1.4E-10		2.3E-10

RADIIONUKLID: I 133		RADIIONUKLID: I 133	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUCHEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/DQ)			
ALTER = 15 JAHR(E)		ALTER = 15 JAHR(E)	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	2.5E-11		4.7E-11
BRUST	4.2E-11		6.9E-11
O DICKDARM	2.8E-11		5.2E-11
U DICKDARM	2.6E-11		4.9E-11
DUENNDARM	2.7E-11		5.1E-11
GEHIRN	3.5E-11		6.3E-11
HAUT	1.9E-11		2.8E-11
HODEN	3.0E-11		5.6E-11
KN-OBERFL	3.4E-11		5.7E-11
LEBER	3.9E-11		5.2E-11
LUNGE	1.2E-09		6.4E-11
MAGEN	1.4E-10		7.3E-10
MILZ	3.9E-11		6.1E-11
N-NIEREN	4.2E-11		5.9E-11
NIEREN	3.0E-11		5.0E-11
OVARIEN	2.6E-11		4.8E-11
PANKREAS	4.0E-11		6.7E-11
R KWARK	4.0E-11		6.5E-11
SCHILDDR.	6.0E-08		1.2E-07
THYMUS	8.0E-11		1.2E-10
UTERUS	3.1E-11		5.8E-11
EFFEKTIV	2.0E-09		3.6E-09

Ek 8 : Tablo 14 (Bak Tablo 1)

RADIOKLID: CS 134		RADIOKLID: CS 134	
AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)		AECUIVALENTDOSIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)	
ALTER = 15 JAHR(E)		ALTER = 15 JAHR(E)	
15 YAŞINDAKİLER İÇİN		15 YAŞINDAKİLER İÇİN	
INHALATION		INHALATION	
INH-KLASSE	D	W	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	4.7E-12		
BRUST	4.6E-12		
O DICKDARM	4.7E-12		
U DICKDARM	4.8E-12		
DUENNDARM	4.8E-12		
GEHIRN	3.4E-12		
HAUT	2.3E-12		
HODEN	5.8E-12		
KN-OBERFL	4.8E-12		
LEBER	4.9E-12		
LUNGE	9.7E-11		
MAGEN	2.5E-11		
MILZ	5.0E-12		
N-NIEMEN	5.4E-12		
NIEREN	4.4E-12		
OVARIEN	4.6E-12		
PANKREAS	4.4E-12		
R KNMARK	5.5E-12		
SCHILDDR.	4.5E-12		
THYMUS	4.0E-12		
UTERUS	6.3E-12		
EFFEKTIV	1.7E-11		
INHALATION			
INH-KLASSE	D <td>W <td>Y </td></td>	W <td>Y </td>	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	1.0E-08		
BRUST	1.0E-08		
O DICKDARM	1.0E-08		
U DICKDARM	1.0E-08		
DUENNDARM	1.0E-08		
GEHIRN	1.0E-08		
HAUT	1.0E-08		
HODEN	1.2E-08		
KN-OBERFL	1.0E-08		
LEBER	1.0E-08		
LUNGE	1.1E-08		
MAGEN	1.0E-08		
MILZ	1.0E-08		
N-NIEMEN	1.0E-08		
NIEREN	1.0E-08		
OVARIEN	1.2E-08		
PANKREAS	1.0E-08		
R KNMARK	1.1E-08		
SCHILDDR.	1.0E-08		
THYMUS	1.0E-08		
UTERUS	1.0E-08		
EFFEKTIV	1.1E-08		
INGESTION			
INH-KLASSE	D <td>W <td>Y </td></td>	W <td>Y </td>	Y
RESORPTION	1.E+00	---	---
ORGAN			
BLASE	1.0E-08		
BRUST	1.0E-08		
O DICKDARM	1.0E-08		
U DICKDARM	1.0E-08		
DUENNDARM	1.0E-08		
GEHIRN	1.0E-08		
HAUT	1.0E-08		
HODEN	1.0E-08		
KN-OBERFL	1.0E-08		
LEBER	1.0E-08		
LUNGE	1.1E-08		
MAGEN	1.0E-08		
MILZ	1.0E-08		
N-NIEMEN	1.0E-08		
NIEREN	1.0E-08		
OVARIEN	1.2E-08		
PANKREAS	1.0E-08		
R KNMARK	1.1E-08		
SCHILDDR.	1.0E-08		
THYMUS	1.0E-08		
UTERUS	1.0E-08		
EFFEKTIV	1.1E-08		

Ek 8 : Tablo 15 (Bak Tablo 1)

RADIONUKLID: CS 136

AEQUIVALENTDOZIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)

ALTER = 15 JAHR(E) 15 YASINDAKILER ICIN

INHALATION INGESTION

INH-KLASSE	D	W	Y	INHALATION	INGESTION
RESORPTION	1.E+00	---	---	1.E+00	---
ORGAN					
BLASE	1.8E-09			2.9E-09	
BRUST	1.8E-09			2.9E-09	
O DICKDARM	2.2E-09			3.5E-09	
U DICKDARM	2.2E-09			3.5E-09	
DUENNDARM	2.2E-09			3.5E-09	
GEHIRN	1.8E-09			2.9E-09	
HAUT	1.8E-09			2.9E-09	
HODEN	2.0E-09			3.3E-09	
KN-OBERFL	1.8E-09			2.9E-09	
LEBER	1.8E-09			2.9E-09	
LUNGE	2.8E-09			2.9E-09	
MAGEN	1.8E-09			2.9E-09	
MILZ	1.8E-09			2.9E-09	
N-NIEREN	1.8E-09			2.9E-09	
NIEREN	1.8E-09			2.9E-09	
OVAREN	2.0E-09			3.3E-09	
PANKREAS	1.8E-09			2.9E-09	
R KNMARK	2.0E-09			3.3E-09	
SCHILDDR.	1.8E-09			2.9E-09	
THYRUS	1.8E-09			2.9E-09	
UTERUS	1.8E-09			2.9E-09	
EFFEKTIV	2.0E-09			3.1E-09	

RADIONUKLID: CS 137

AEQUIVALENTDOZIS PRO ZUGEFUEHRTE AKTIVITAET (SV/BQ)

ALTER = 15 JAHR(E)

INHALATION INGESTION

INH-KLASSE	D	W	Y	INHALATION	INGESTION
RESORPTION	1.E+00	---	---	1.E+00	---
ORGAN					
BLASE	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
BRUST	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
O DICKDARM	9.1E-09			9.1E-09	1.4E-08
U DICKDARM	9.1E-09			9.1E-09	1.4E-08
DUENNDARM	9.1E-09			9.1E-09	1.4E-08
GEHIRN	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
HAUT	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
HODEN	8.9E-09			8.9E-09	1.4E-08
KN-OBERFL	8.0E-09			8.0E-09	1.2E-08
LEBER	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
LUNGE	9.3E-09			9.3E-09	1.3E-08
MAGEN	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
MILZ	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
N-NIEREN	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
NIEREN	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
OVARIEN	8.9E-09			8.9E-09	1.4E-08
PANKREAS	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
R KNMARK	9.4E-09			9.4E-09	1.2E-08
SCHILDDR.	8.0E-09			8.0E-09	1.2E-08
THYRUS	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
UTERUS	7.9E-09			7.9E-09	1.2E-08
EFFEKTIV	8.6E-09			8.6E-09	1.3E-08

Ek 8 : Tablo 16 (Bak Tablo 1)

EK 9 : BAZI ÖNEMLİ RADYONÜKLİTLERİN PARÇALANMA ŞEMALARI /31/

Şemalarda kullanılan kısaltmalar :

E : ENERJİ (MeV)

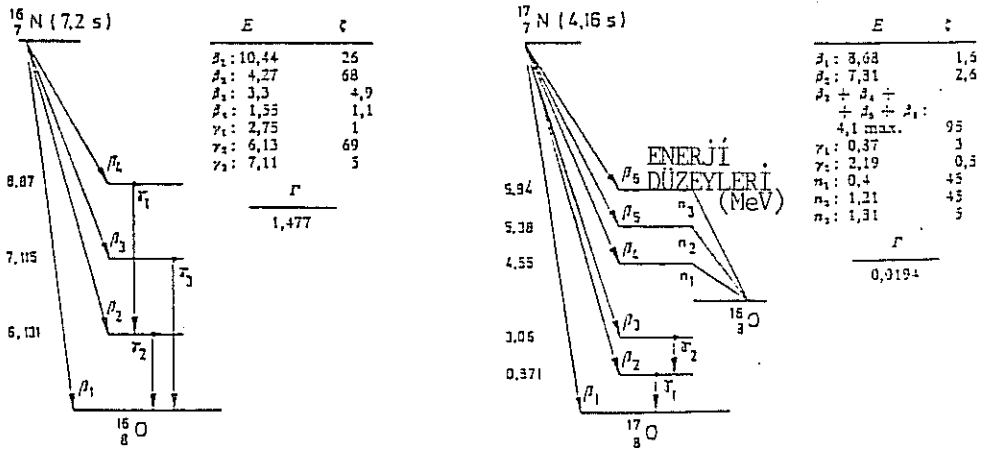
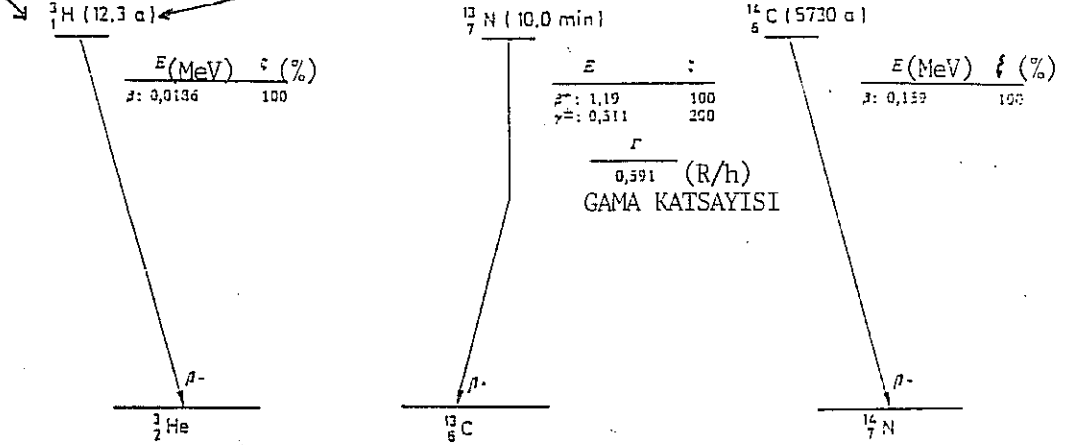
f : RADYASYONUN SALINMA (EMİSYON) OLASILIĞI (%)

Γ : GAMA KATSAYISI : İLGİLİ RADYONÜKLİTİN AKTİVİTESİYLE GAMA DOZHIZI (D) ARASINDAKİ BAĞINTIYI VERİR :

$$\dot{D} \text{ (R/h)} = \Gamma \frac{A \text{ (mCi)}}{d^2 \text{ (m)}} \rightarrow \Gamma \text{ (R/h / m Ci/m}^2 \text{)}$$

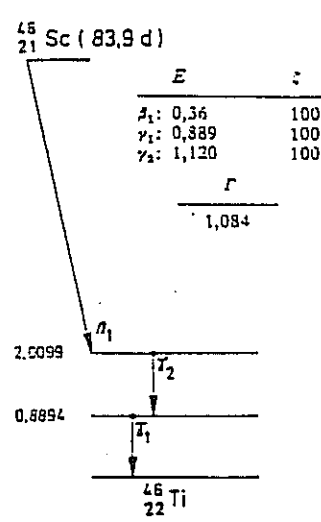
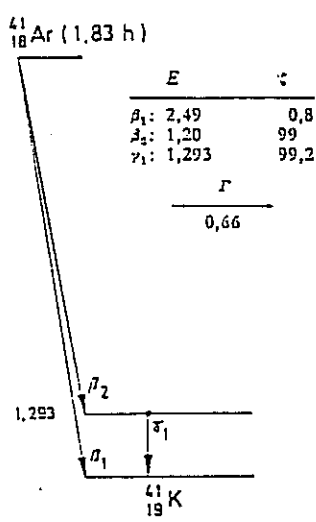
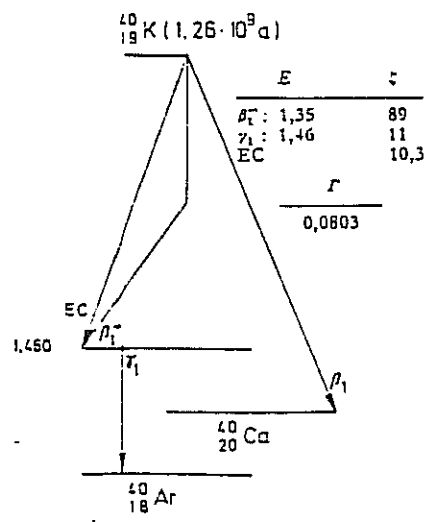
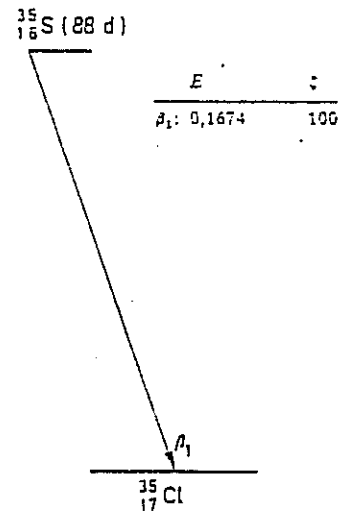
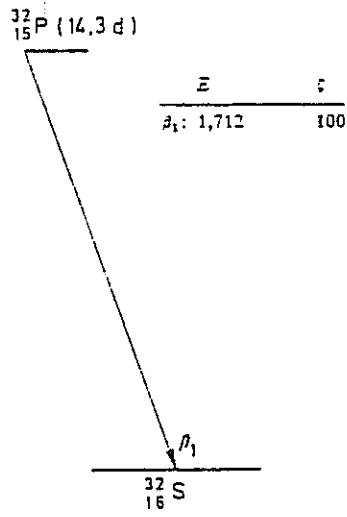
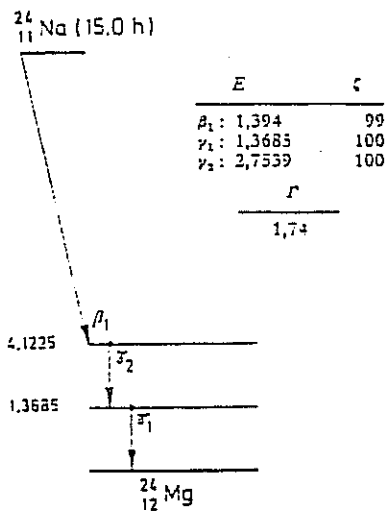
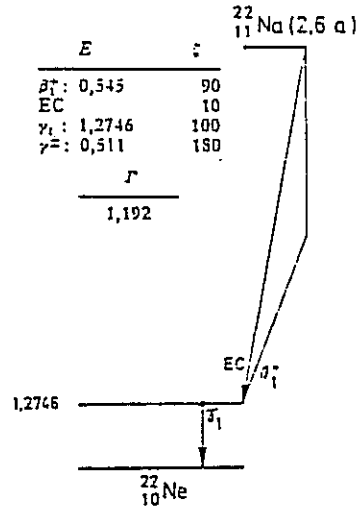
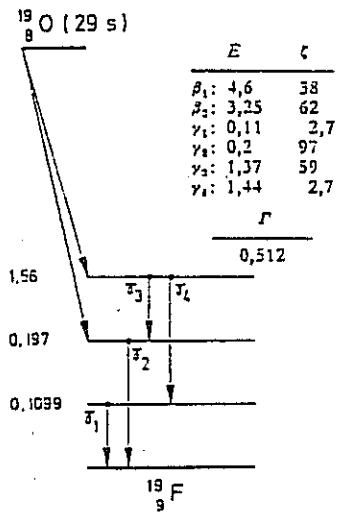
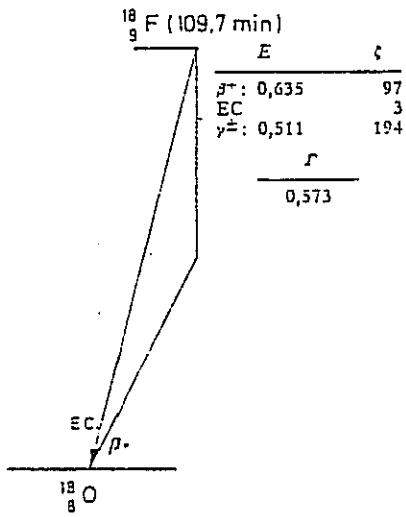
Γ ; 1 mCi' lik noktasal bir kaynağın, 1 m uzaklıktaki ÖZGÜL (=SPESİFİK) gama dozhızını saatte (h) Röntgen (R) olarak göstermektedir.

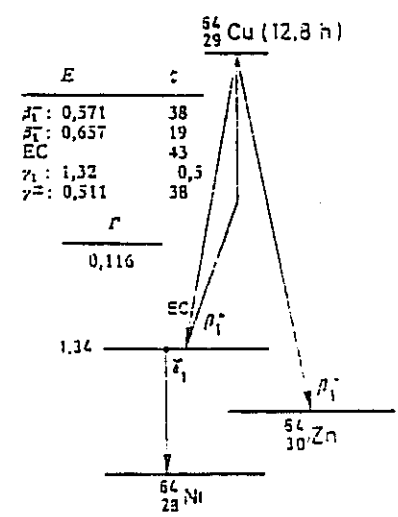
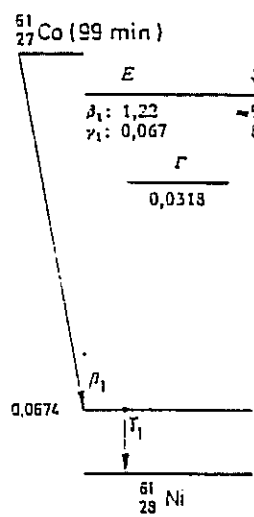
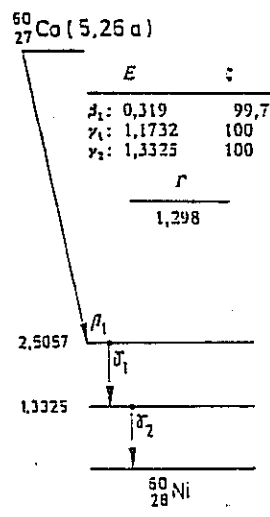
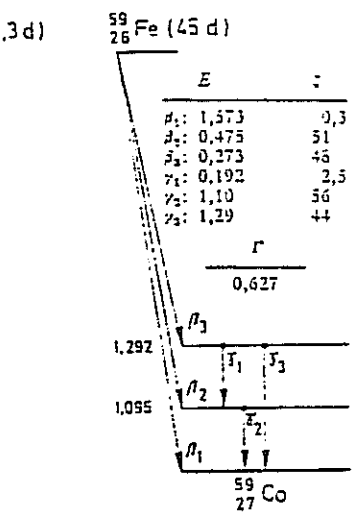
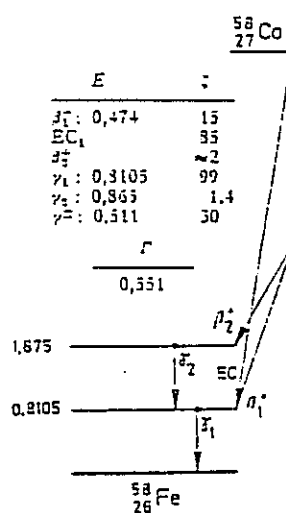
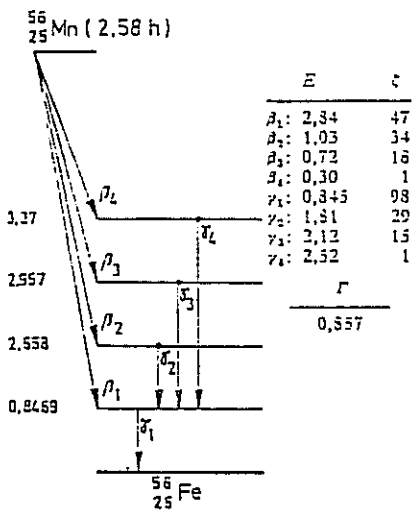
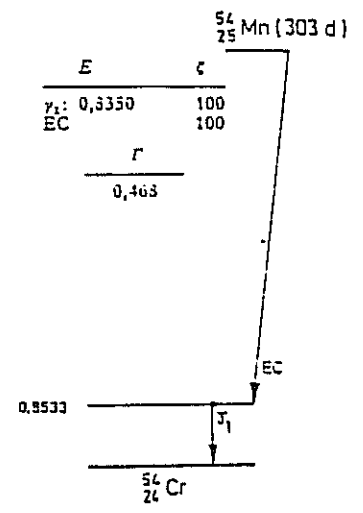
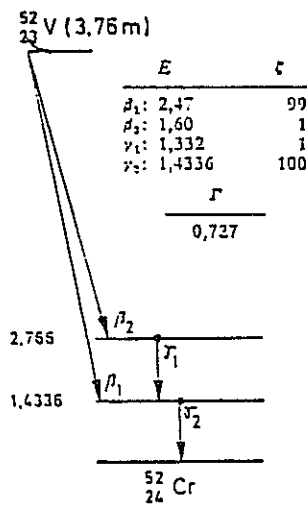
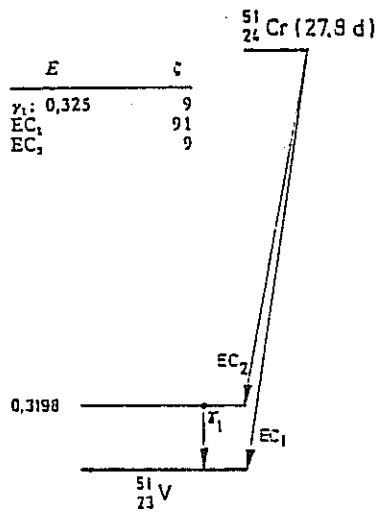
NÜKLİTLER, YARILANMA SÜRELERİ PARANTEZ İÇİNDE:



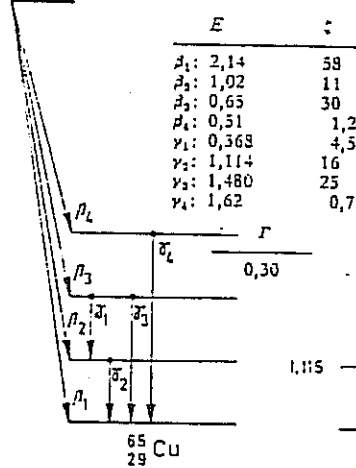
↑
RADYOAKTİF PARÇALANMA SONUCU OLUŞAN YENİ NÜKLİTLER

Not : Bundan sonraki sayfalardaki kısaltmalar için, bu sayfadaki örneklere bakılması.

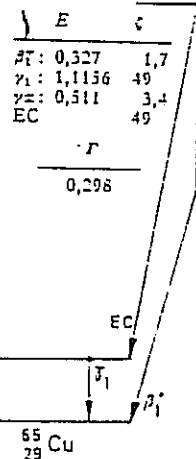




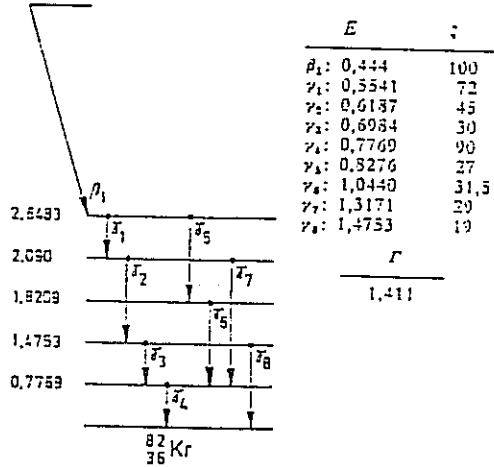
$^{65}_{28}\text{Ni}$ (2,56 h)



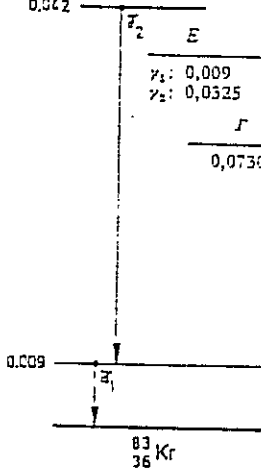
$^{65}_{30}\text{Zn}$ (245 d)



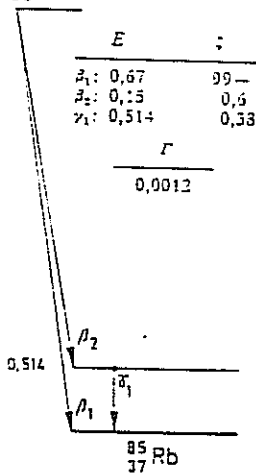
$^{82}_{35}\text{Br}$ (35,34 h)



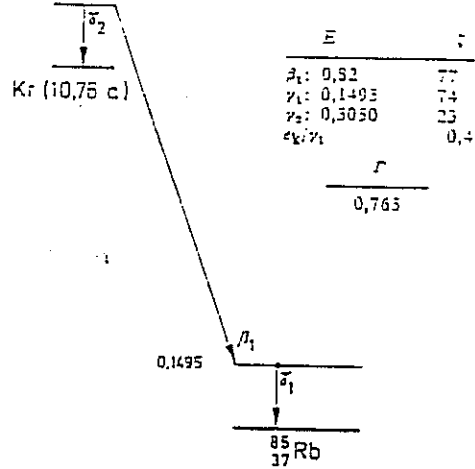
$^{83}_{35}\text{Kr}$ (1,86 h)



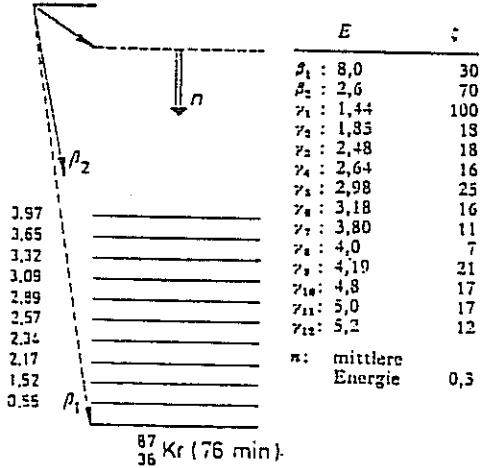
$^{85}_{36}\text{Kr}$ (10,76 a)



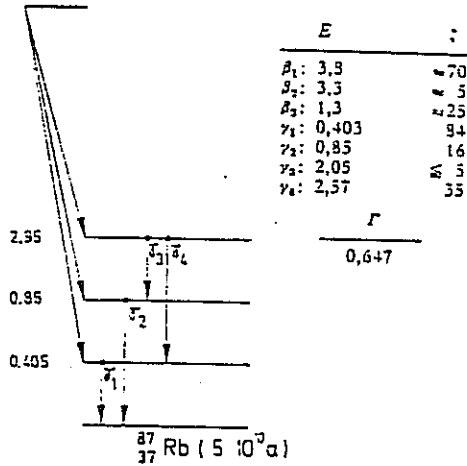
$^{85}_{36}\text{Kr}$ (4,4 h)

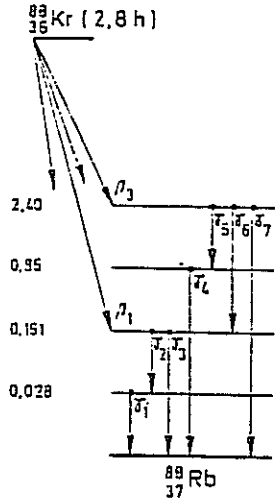


$^{87}_{35}\text{Br}$ (55 s)

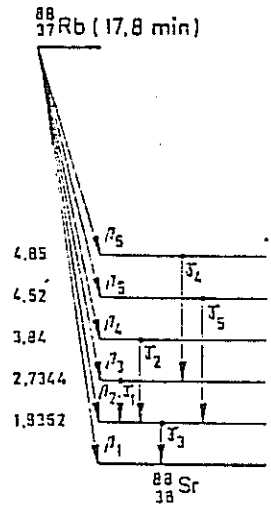


$^{87}_{56}\text{Kr}$ (76 min)

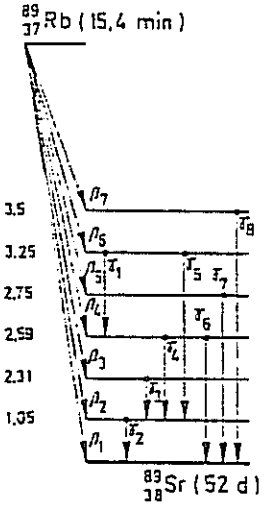




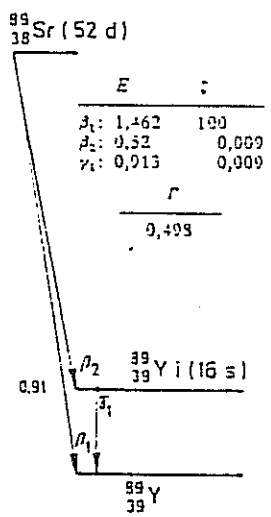
E	ζ
β_1 : 2,5	20
β_2 : 0,9	13
β_3 : 0,52	68
γ_1 : 0,028	—
γ_2 : 0,166	7
γ_3 : 0,191	35
γ_4 : 0,35	23
γ_5 : 1,55	14
γ_6 : 2,19	≤ 17
γ_7 : 3,4	35
Γ	
0,799	



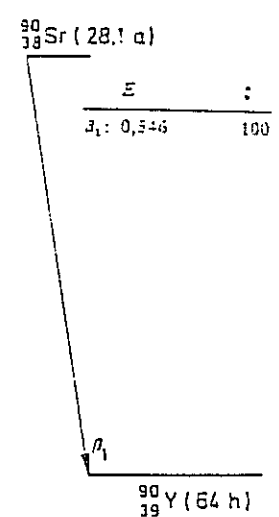
E	ζ
β_1 : 5,30	76
β_2 : 3,6	4
β_3 : 2,5	14
β_4 : 2,06	1,7
β_5 : 0,68	2,5
γ_1 : 0,35	1,7
γ_2 : 1,39	15
γ_3 : 1,85	1,4
γ_4 : 2,11	24
γ_5 : 2,68	1
Γ	
0,273	



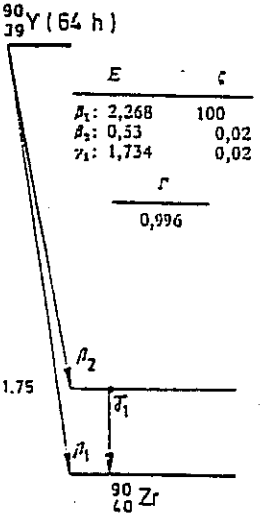
E	ζ
β_1 : 3,92	7
β_2 : 2,8	5
β_3 : 1,6	53
β_4 : 1,33	2
β_5 : 1,17	3
β_6 : 0,67	28
β_7 : 0,42	2
γ_1 : 0,66	16
γ_2 : 1,05	75
γ_3 : 1,26	54
γ_4 : 1,55	3,3
γ_5 : 2,2	14
γ_6 : 2,59	13
γ_7 : 2,75	2,3
γ_8 : 3,5	2,2
Γ	
1,117	



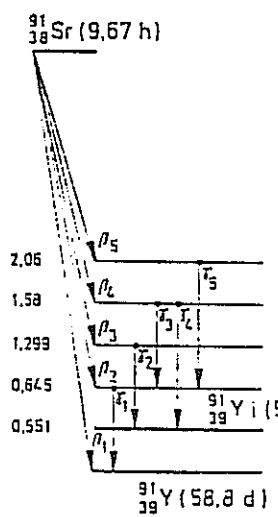
E	ζ
β_1 : 1,462	100
β_2 : 0,52	0,009
γ_1 : 0,913	0,009
Γ	
0,499	



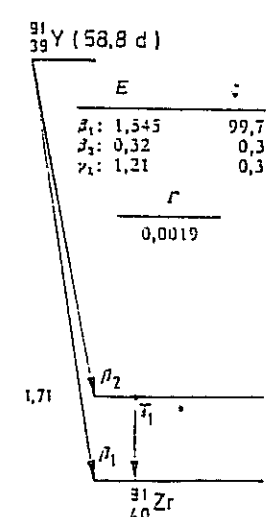
E	ζ
β_1 : 0,546	100



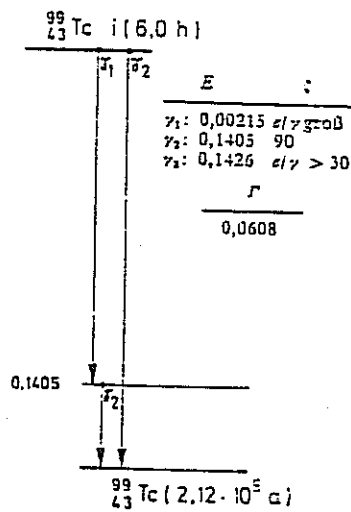
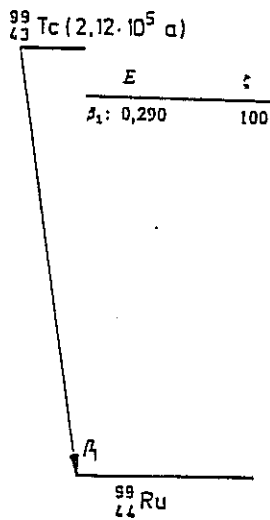
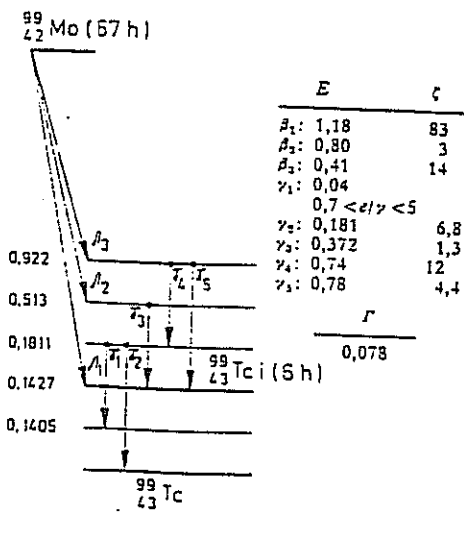
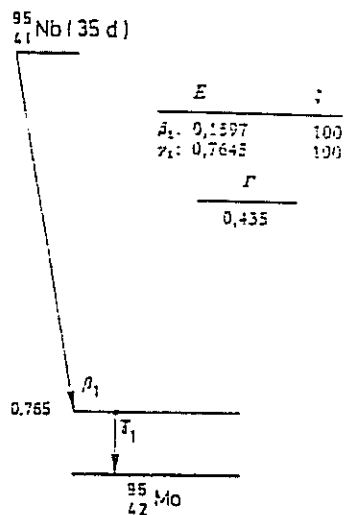
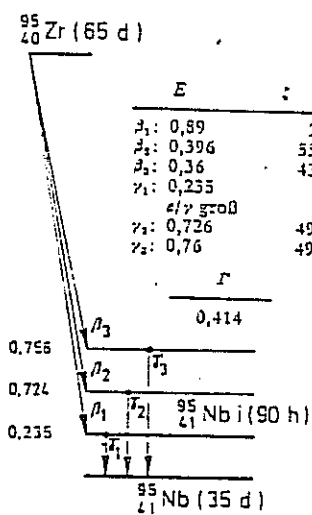
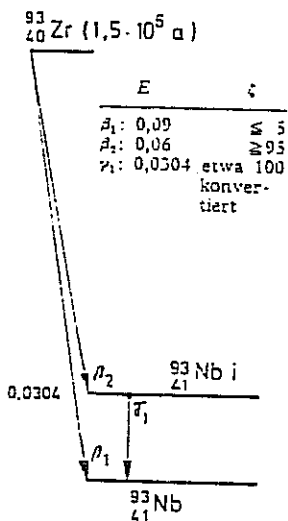
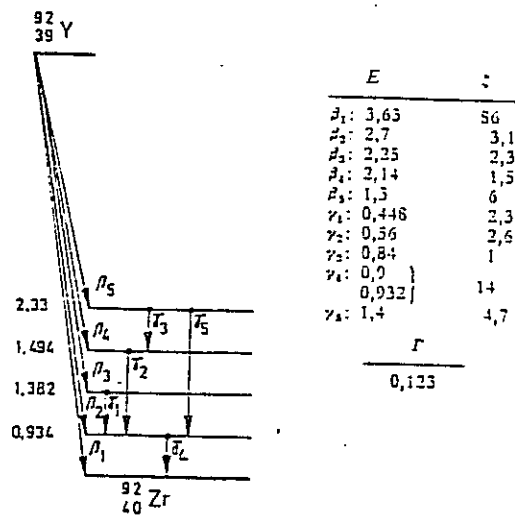
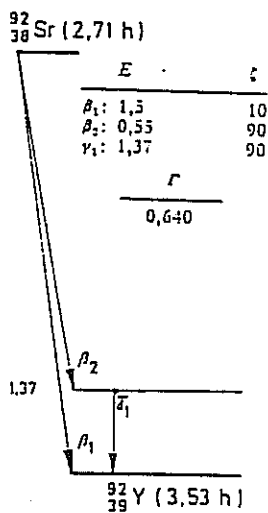
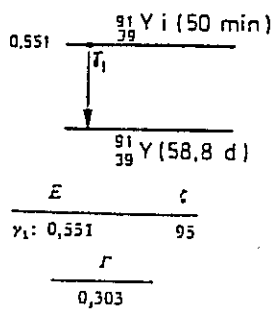
E	ζ
β_1 : 2,268	100
β_2 : 0,53	0,02
γ_1 : 1,734	0,02
Γ	
0,996	

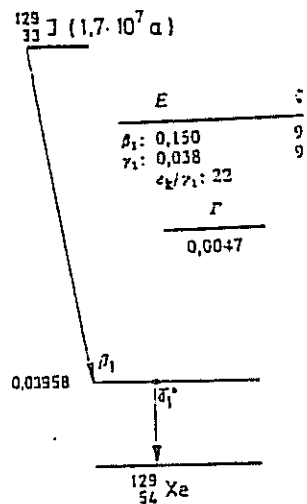
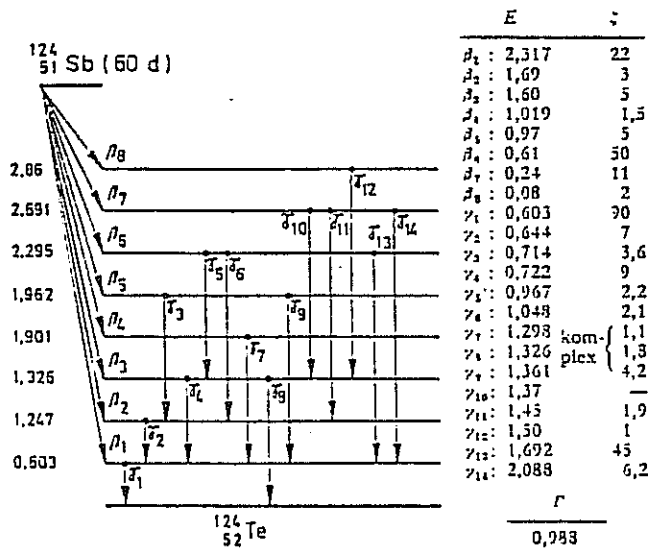
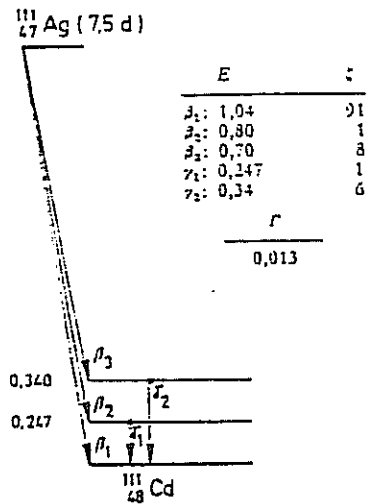
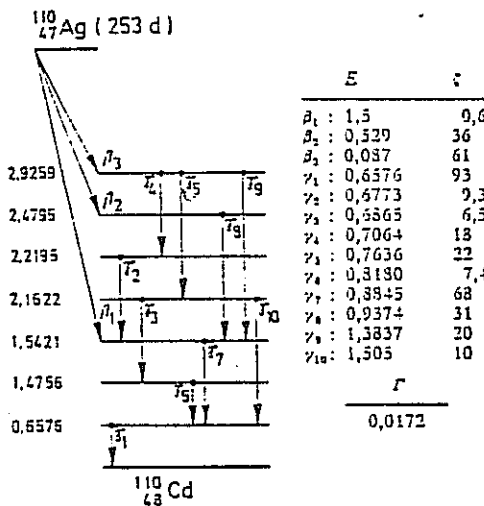
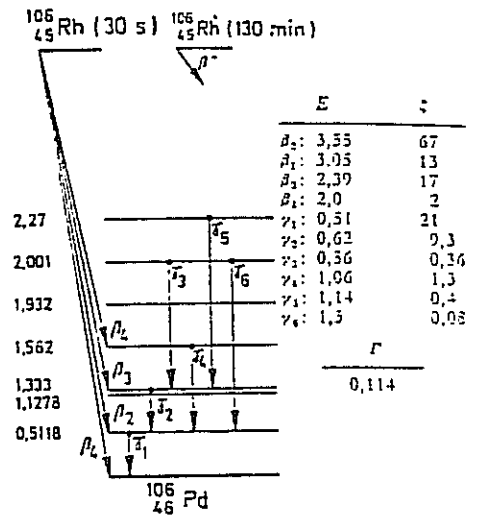
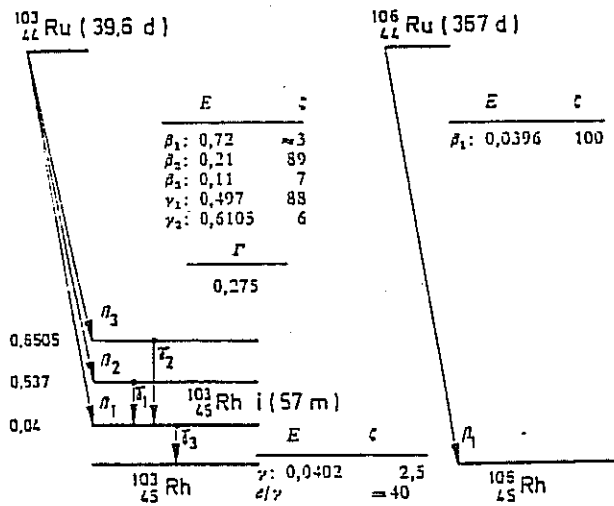


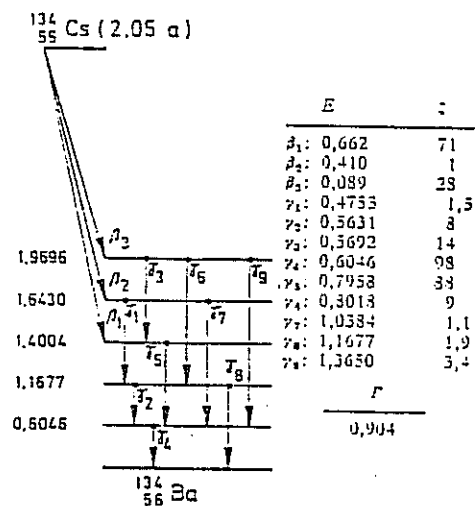
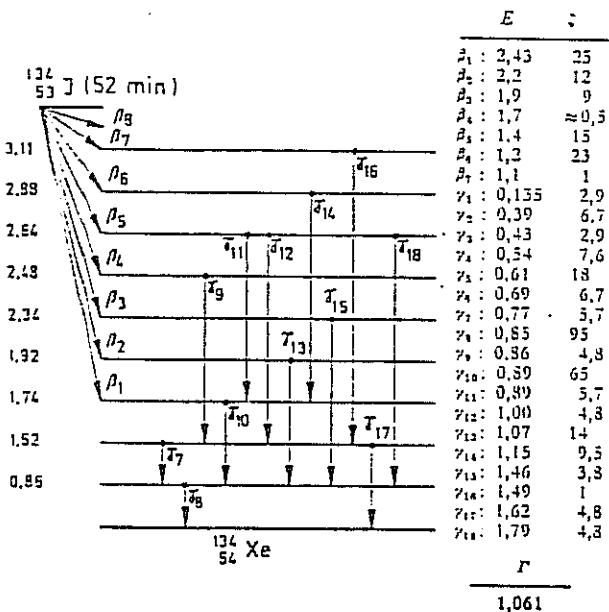
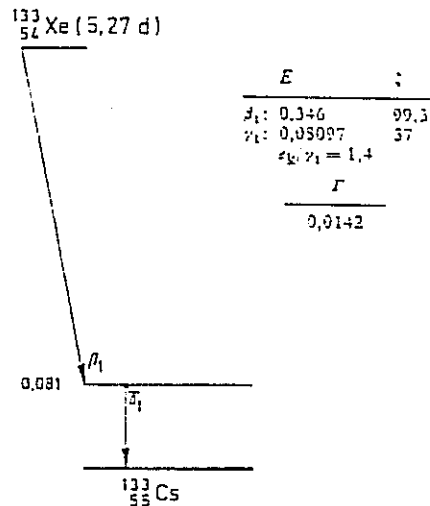
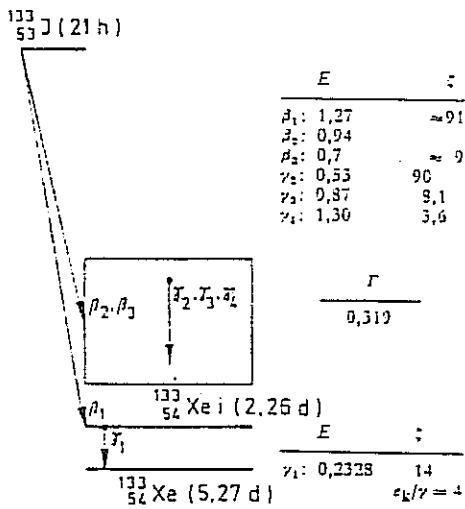
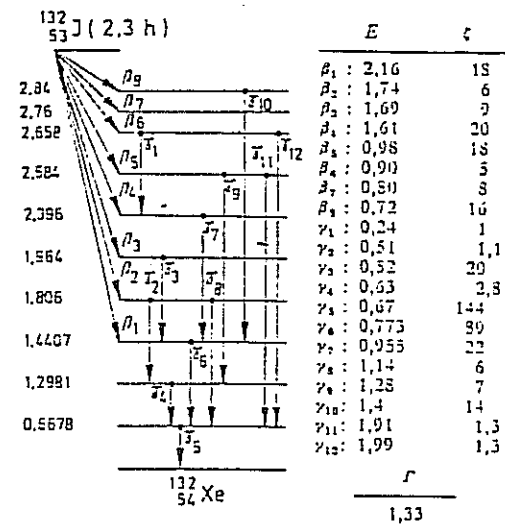
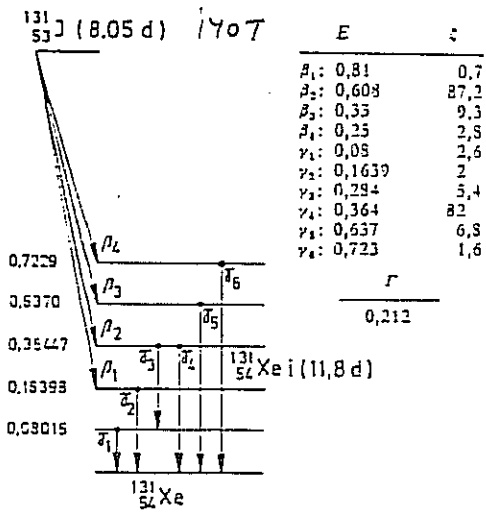
E	ζ
β_1 : 2,67	26
β_2 : 2,03	4
β_3 : 1,36	29
β_4 : 1,09	33
β_5 : 0,62	7
γ_1 : 0,645	15
γ_2 : 0,748	27
γ_3 : 0,93	3
γ_4 : 1,025	30
γ_5 : 1,413	5
Γ	
0,388	



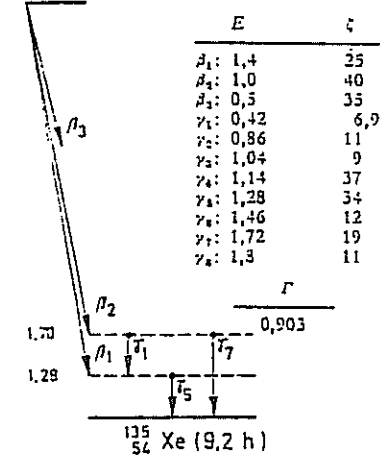
E	ζ
β_1 : 1,545	99,7
β_2 : 0,32	0,3
γ_1 : 1,21	0,3
Γ	
0,0019	



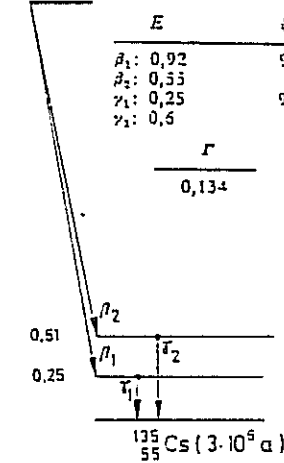




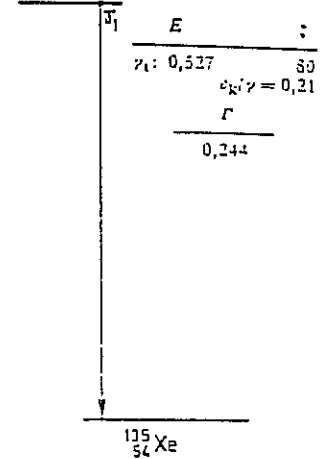
$^{135}_{53}\text{I}$ (6.7 h)



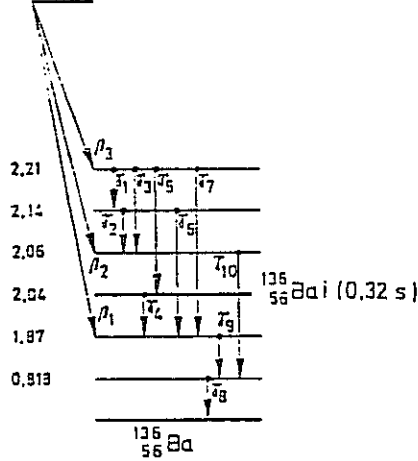
$^{135}_{54}\text{Xe}$ (9.2 h)



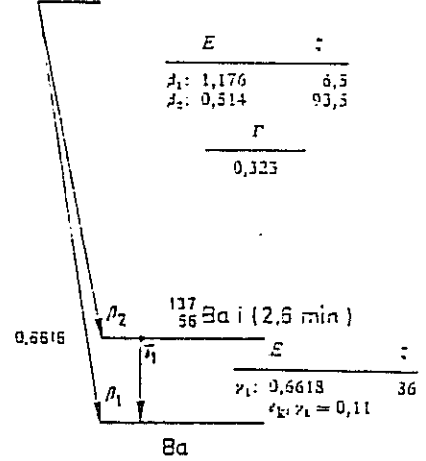
$^{135}_{54}\text{Xe}$ i (15.6 min)



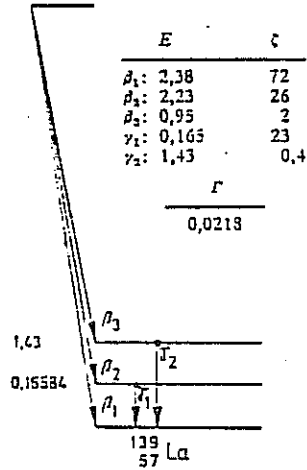
$^{135}_{55}\text{Cs}$ (13 d)



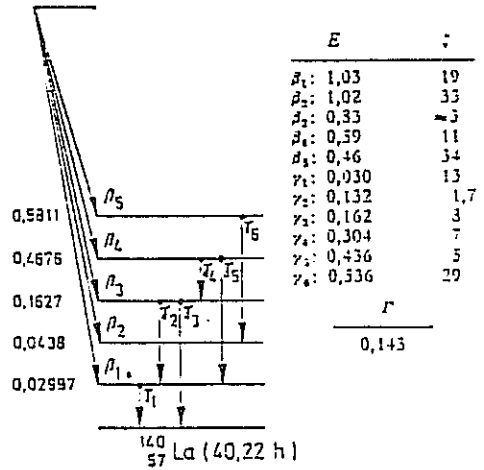
$^{137}_{55}\text{Cs}$ (30 a)



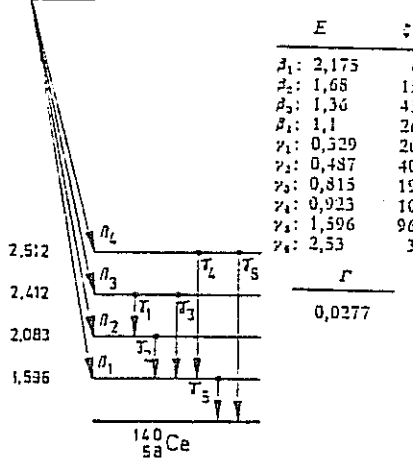
$^{139}_{56}\text{Ba}$ (82.9 min)



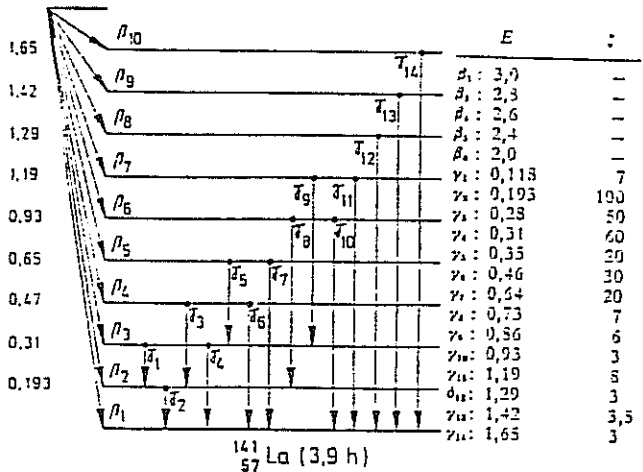
$^{140}_{56}\text{Ba}$ (12.8 d)



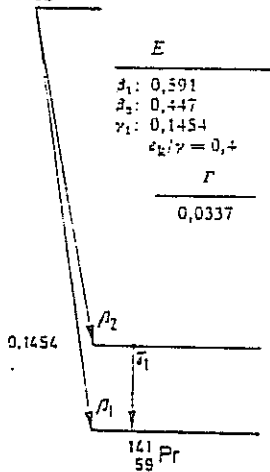
¹⁴⁰₅₇La (40,22 h)



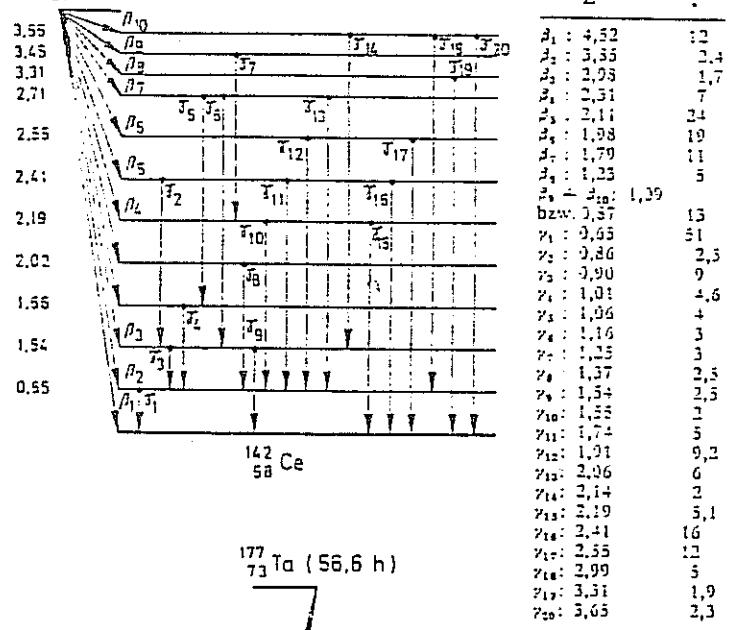
¹⁴¹₅₆Ba (18 min)



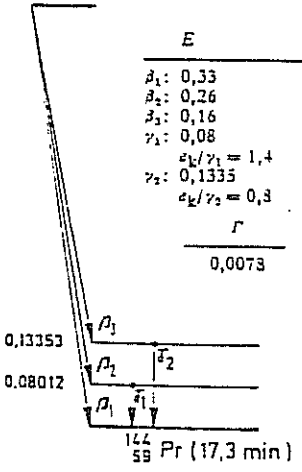
¹⁴¹₅₈Ce (33 d)



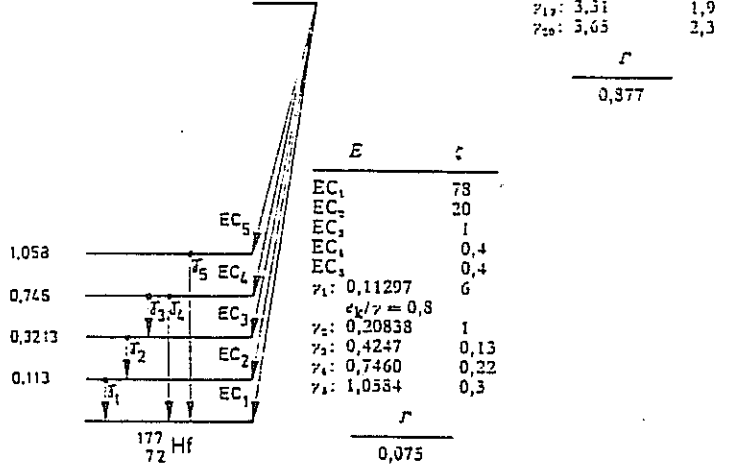
¹⁴²₅₇La (92 min)

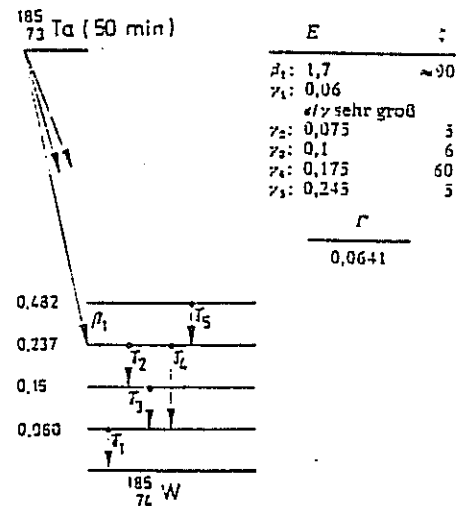
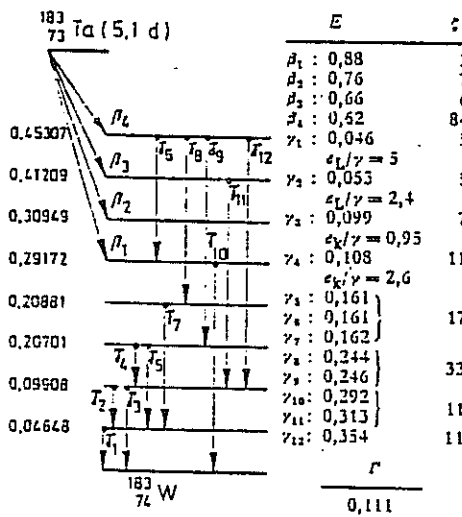
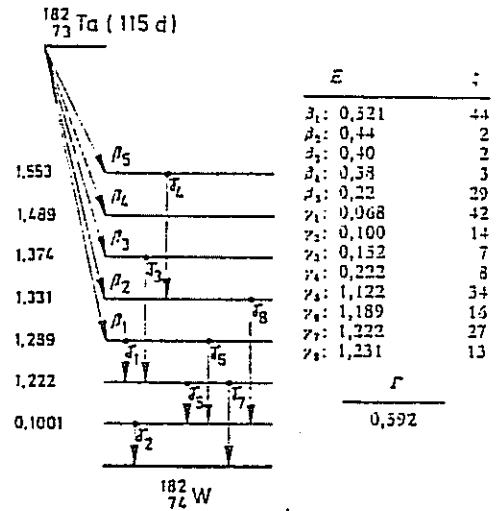
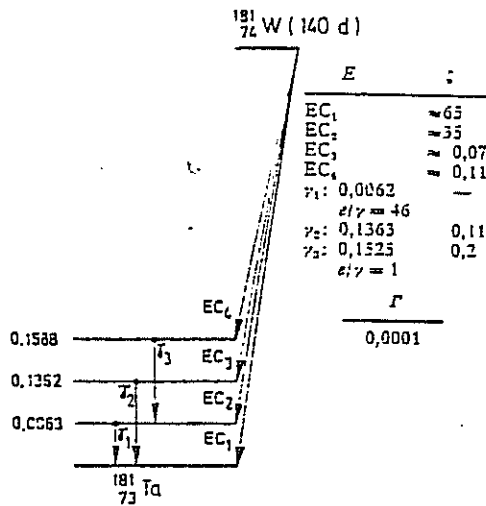
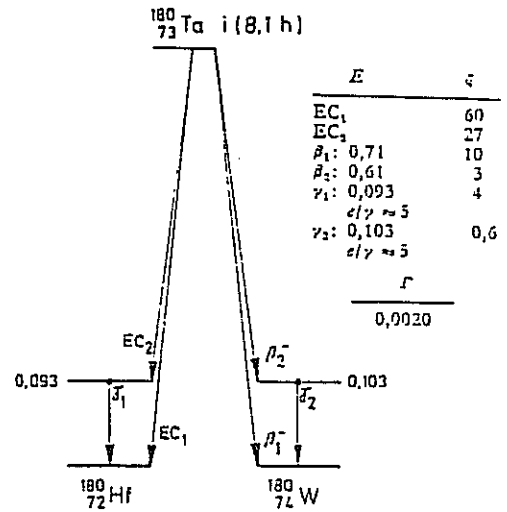
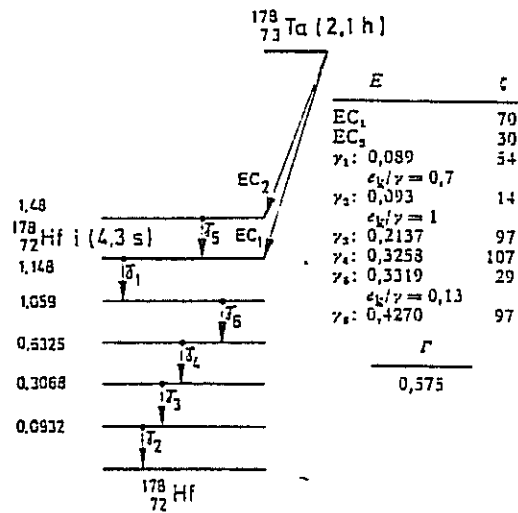


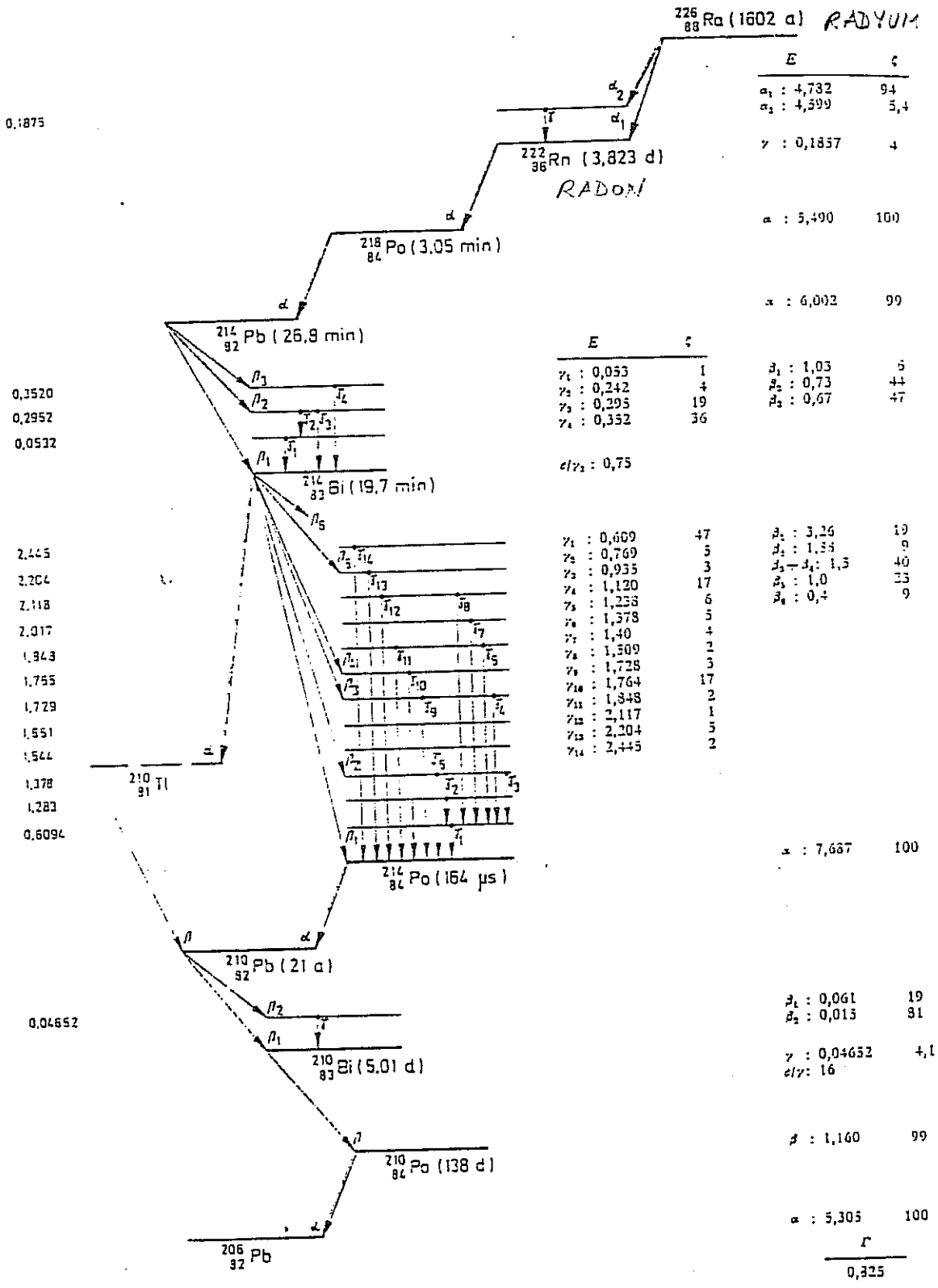
¹⁴⁴₅₈Ce (284 d)

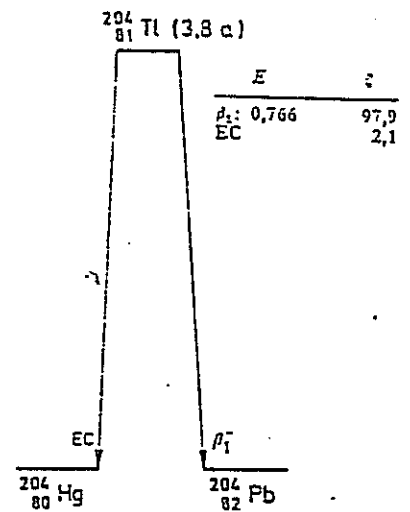
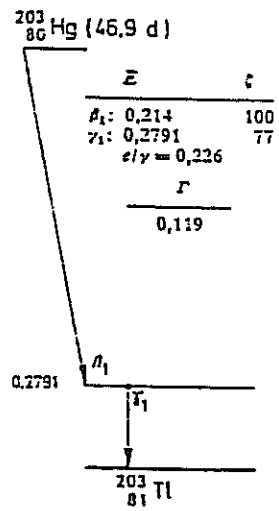
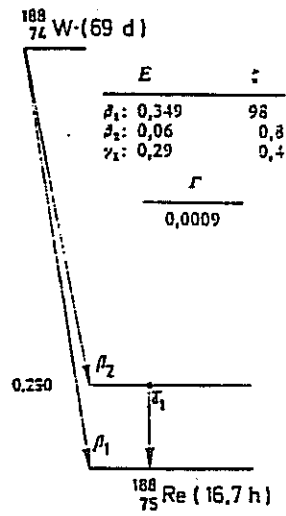
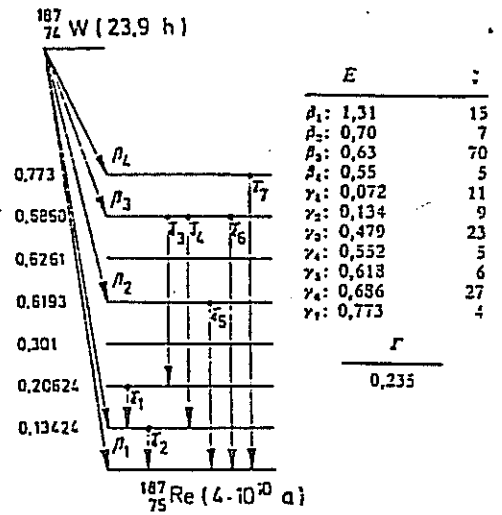
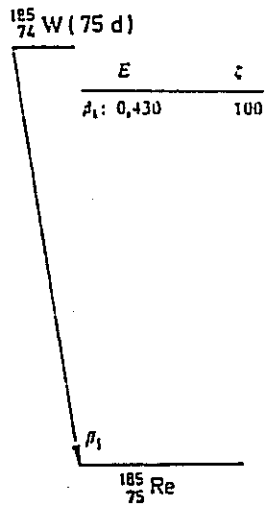


¹⁷⁷₇₃Ta (56,6 h)









EK 10: F. ALMANYADA RADYASYON ÖLÇÜMLERİYLE UĞRAŞAN ENSTİTÜLER ADRESLERİ VE ÖLÇÜ DALLARI /9/

FNSTİTÜLER		ÖLÇÜ DALLARI		ENSTİTÜLER		ÖLÇÜ DALLARI	
1. Leitstellen für die Überwachung der Umweltradioaktivität							
Nr. Institution	Überwachungsobjekte						
01 Deutscher Wetterdienst – Zentralamt – Frankfurter Str. 135 6050 Offenbach/Main	Luft und Niederschlag			11 Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein Postfach 30 67 Gutenbergstraße 75-77 2300 Kiel 1	Oberflächenwasser, Trinkwasser, Boden, Bewuchs, Fleisch, Getreide, sonstige tier. Lebensmittel, Gesamtnahrung, Grundwasser, Fisch		
02 Bundesanstalt für Gewässerkunde Kaiserin-Augusta-Anlage 15 5400 Koblenz	Oberflächengewässer, Schwebstoffe, Sediment	A	B	12 Freie und Hansestadt Hamburg Umweltbehörde – Amt für Umweltschutz – Anstalt für Hygiene Abt. Feste Abfallstoffe, Bodenbelastungen und Umweltradioaktivität Gazellenkamp 38 2000 Hamburg 54	(No 10) bakınız) Luft, Niederschlag, Oberflächenwasser, Sediment, Schwebstoffe, Grundwasser, Trinkwasser, Abwasser, Sondermessungen (Faulschlamm)		
03 Deutsches Hydrographisches Institut Bernhard-Nocht-Str. 78 2000 Hamburg 4	Meerwasser und Meeresedimente			13 Gesundheitsbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg – Hygienisches Institut – Chemische- und Lebensmittel-Untersuchungsanstalt Meßstelle für Radioaktivität in Lebensmitteln Gorch-Fock-Wall 15-17 2000 Hamburg 36	No 10		
04 Bundesforschungsanstalt für Fischerei Labor für die Radioökologie der Gewässer Wüstland 2 2000 Hamburg 55	Fische, Fischprodukte, Krusten-, Schalentiere, Wasserpflanzen und Plankton			14 Staatliche Chemische Untersuchungsanstalt Dresdenstr. 2 3300 Braunschweig	Milch, Fleisch, Getreide, pflanzl. und andere tier. Lebensmittel, Gesamtnahrung		
05 Bundesanstalt für Milchforschung Institut für Chemie und Physik Hermann-Weigmann-Str. 1 2300 Kiel	Milch, Milchprodukte, Boden und Bewuchs			15 Zentrales Isotopenlaboratorium für biol. und med. Forschung der Universität Göttingen Burckhardtweg 2 3400 Göttingen	L Y		
06 Bundesgesundheitsamt – Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Corrensplatz 1 1000 Berlin 33	Trinkwasser, Abwasser und Klärschlamm			16 Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Finkenborner Weg 1 a 3250 Hameln	Niederschlag, Milch, Getreide, pflanzl. Lebensmittel, Trinkwasser, Gemüse, Gesamtnahrung Boden, Bewuchs, Sondermessungen		Y O
07 Bundesforschungsanstalt für Ernährung Zentrallaboratorium für Isotopentechnik Engesserstraße 20 7500 Karlsruhe 1	Einzel-Lebensmittel, Gesamtnahrung	P	R S	17 Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz Inst. f. Arbeitsmedizin, Immissions- und Strahlenschutz Davenstedter Str. 109 3000 Hannover 91	Oberflächenwasser, Trinkwasser, Niederschlag		
08 Bundesgesundheitsamt – Institut für Strahlenhygiene – Ingolstädter Landstr. 1 8042 Neuberg	Menschliche Körper, Abluft und Baustoffe	T	W	18 Staa. Veterinäruntersuchungsamt Hannover Eintrachtweg 17 3000 Hannover 1	C P B		
09 a Bundesamt für Zivilschutz Institut für atmosphärische Radioaktivität, Basislabor Rosastraße 9 7800 Freiburg	Luft	V	Z	19 Niedersächsisches Landesamt für Wasserwirtschaft Langelinienwall 27 3200 Hildesheim	Boden, Bewuchs		
09 b Bundesamt für Zivilschutz Institut für atmosphärische Radioaktivität Meßstelle Schauinsland	Luft			20 Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Postfach 25 49 Mars-la-Tour-Straße 4 2900 Oldenburg	N O		
2. Meßstellen der Bundesländer für die Überwachung der Umweltradioaktivität							
Nr. Institution	Überwachungsobjekte						
10 GKSS, Forschungszentrum Geesthacht GmbH Abteilung Strahlenschutz Max-Planck-Straße Postfach 11 60 2054 Geesthacht	Luft, Abwasser, Trinkwasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, sonst. Lebensmittel, Milch, Boden, Bewuchs, Sediment, Fisch, Aerosole	A			A, R; H; P; GW		
					Boden, Bewuchs		
						N O	

48

Umwelt Nr. 4/5 vom 25. September 1986

KISALTMALAR:

A: HAVA; B: YAGIŞ; C: YERÜSTÜ SUYU; D: SUDA ASKI MADDELERİ; E: SEDİMENT
 F: DENİZ SUYU; G: DENİZ SEDİMENTİ; H: BALIK; I: BALIK ÜRÜNLERİ
 J: KABUKLULAR; K: ŞU BİTKİLERİ VE PLANKTON; L: SÜT; M: SÜT ÜRÜNLERİ
 N: TOPRAK; O: BİTKİLER; P: İÇME SUYU; R: ATIK SULAR; S: KANALİZ. ATIKLARI
 T: TEK BESİN; W: TÜM BESİNLER; V: İNSAN VÜCUDU; Z: ATIK HAVA; Y: ÇEŞİTLİ
 BESİNLER; AE: AEROSOLLAR; US: ÇEVRE IŞINLAMASI; ET: ET; GW: YERALTI SUYU

NOT : 1-10 No. lar arasındakiler Federal Devlet, 10-44 arasındakiler Eyalet Enstitüleridir

ENSTİTÜLER	ÖLÇÜ DALI (*)	ENSTİTÜLER	ÖLÇÜ DALI (*)
21 Staatl. Chem. Untersuchungsanstalt Abt. Meßstelle für Radioaktivität St. Jürgen-Straße 2800 Bremen 1	Niederschlag, Oberflächen- und Abwasser, Fleisch, Getreide, Gesamtnahrung, Klärschlamm B;C;R;ET;W;S	33 Landesamt für Wasserwirtschaft Am Zollhafen 9 6500 Mainz 1	Oberflächenwasser, Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Niederschlag C;P;GW;R;B
22 Staatl. Materialprüfungsamt des Landes Nordrhein-Westfalen Postfach 41 03 07 Marsbruchstr. 186 4600 Dortmund 41	Luft, Boden A N	34 Chemisches Untersuchungsamt Landesmeßstelle für die Überwachung der Lebensmittel auf Radioaktivität Postfach 12 06 Nikolaus-von-Weis-Str. 1 6720 Speyer	Milch, Fleisch, Getreide, Gemüse L;ET;Y
23 Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen Postfach 52 27 Auf dem Draap 25 4000 Düsseldorf 1	Sediment, Oberflächenwasser, Fisch E;C;H	35 Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Obere Langgasse 40 6720 Speyer	Boden, Bewuchs, pflanzl. Lebensmittel N;O;Y
24 Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Strahlenschutz und Kerntechnik der Gewerbeaufsicht des Landes Nordrhein-Westfalen Ulenbergstr. 127-131 4000 Düsseldorf 1	Luft, Aerosole, Abwasser, Boden, Bewuchs, Milch, Oberflächenwasser, Niederschlag, pflanzl. Lebensmittel, Klärschlamm No 10 ve 12 gibi	36 Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Institut für Immissions-, Arbeits- und Strahlenschutz Hertzstr. 173 Postfach 21 07 52 7500 Karlsruhe 21	Luft, Niederschlag, Oberflächenwasser, Schwebstoffe, Sediment, pflanzl. Lebensmittel, Milch, Boden, Bewuchs, Fisch, Trinkwasser, Fleisch No 10 ve 12 gibi
25 Ruhrverband Ruhrtalesperrenverein Chemisches und Laboratorium Kronprinzenstraße 37 4300 Essen 1	Niederschlag, Trinkwasser, Abwasser, Fisch, Oberflächenwasser, Sediment B;P;R;H;C;E	37 Chemische Landesuntersuchungsanstalt Breitscheidstraße 4 Postfach 12 19 7000 Stuttgart 1	Trinkwasser, Milch, Fleisch, Getreide, pflanzl. Lebensmittel, Gesamtnahrung P;L;ET;Y;W
26 TÜV Rheinland e. V., Fachbereich Kerntechnik Konstantin-Wille-Str. 1 Postfach 10 17 50 5000 Köln 91 (Poll)	Luft, Trinkwasser, tier. Lebensmittel A;P;Y	38 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Rosenkavaliertplatz 3 8000 München 81	Luft, Boden, Bewuchs, Niederschlag A;N;O;B
27 Staatliches Veterinäruntersuchungsamt Deutscher Ring 100 4150 Krefeld	tier. Lebensmittel Y (hayvani besin)	39 Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung Kaulbachstr. 37 8000 München 22	Oberflächenwasser, Sediment, Fisch, Trinkwasser, Seston, Boden, Abwasser, Klärschlamm =No19 gibi
28 Chemisches Landesuntersuchungsamt Nordrhein-Westfalen Speitlichstraße 19 4000 Münster	Niederschlag, Trinkwasser, Milch, Fleisch, pflanzl. Lebensmittel, Boden, Bewuchs B;P; L;ET;Y;N;O	40 Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft Lazarettstr. 67 8000 München 19	Abwasser, Klärschlamm, Oberflächenwasser, Sediment, Grundwasser No 39 gibi
29 Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Kanalstr. 240 4400 Münster	Milch, Sediment, Oberflächenwasser, Grundwasser, Bewuchs L;E;C;GW;O	41 Landesuntersuchungsamt für das Gesundheitswesen Südbayern Veterinärstr. 2 Postfach 55 8042 Oberschleißheim	pflanzl. Lebensmittel, Milch, Trinkwasser, Bewuchs, sonst. tier. Lebensmittel P;O;Y
30 Meß- und Prüfstelle für die Gewerbeaufsichtsverwaltung des Landes Hessen Ludwig-Mond-Str. 33 b 3500 Kassel	Luft, Boden, Bewuchs, Oberflächenwasser, Abwasser, Klärschlamm A;N;O;C;R;S	42 Staatl. Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten Fachbereich Strahlenschutz Malstatter Straße 17 6600 Saarbrücken	Oberflächenwasser, Luft, Grundwasser, Schlamm, Boden C;A;GW;N(S)
31 Staatliches Chemisches Untersuchungsamt Hasengartenstraße 24 Postfach 55 45 6200 Wiesbaden 1	Trinkwasser, Milch, Fleisch, Fisch, Getreide, sonstige Lebensmittel, Gesamtnahrung P;L;ETH;Y;W	43 Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Strahlenmeßstelle Soorstraße 84 1000 Berlin 19	Trinkwasser, Abwasser, Oberflächenwasser, pflanzl. Lebensmittel, Milch, Luft, Boden, Bewuchs, Sediment, Fisch, Fleisch, Gesamtnahrung No31+42 gibi
32 Landesgewerbeaufsichtsamt für Rheinland-Pfalz Meßinstitut für Immissions-, Arbeits- und Strahlenschutz Rheinallee 97-101 6500 Mainz 1	Luft, Staub, Aerosole, Umgebungsstrahlung A;AE;US	44 Freie Universität Berlin Institut für Meteorologie FB24, WE7, WAG 1/2, Radioaktivität Podbielskiallee 60 1000 Berlin 33	Luft, Niederschlag A; B

Umwelt Nr. 4/5 vom 25. September 1986

(*)KISALTIMALAR İÇİN ÖNCEKİ SAYFA DİPNOTUNA BAKINIZ.

KISALTMALAR :

BEIR:	Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations (USA)
ICRP:	International Commission on Radiological Protection
IAEO:	Internationale Atomenergie – Organisation der UNO (Wien)
NCRP:	National Council on Radiation Protection and Measurements (USA)
NIH:	National Institutes of Health (USA)
NUREG:	U.S. Nuclear Regulatory Commission
RERF:	Radiation Effects Research Foundation (Japan)
SSK:	Strahlenschutzkommission (BRD)
UNSCEAR:	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

Krebsatlas der Bundesrepublik Deutschland. Springer-Verlag, Berlin 1984.

[10] Y. Shimizu et al.: Life Span Study Report 11, Part 1. Technical Report RERF TR 12-87. RERF, Hiroshima 1987.

[11] Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Statistisches Jahrbuch 1983 für die Bundesrepublik Deutschland. Verlag Kohlhammer, Stuttgart 1983.

[12] J. S. Evans, D. W. Moeller, D. W. Cooper: Health Effects Model for Nuclear Power Plant Accident Consequence Analysis, Part I and II. Report NUREG/CR-4214. U.S. Nucl. Regulat. Comm. Washington D.C. 1985.

[13] ICRP: Recommendations of the ICRP, Report 26. Annals of ICRP. Pergamon Press, Oxford 1977.

[14] D. L. Preston, D. A. Pierce: The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors. Technical Report RERF TR 9-87, RERF, Hiroshima 1987.

[15] J. W. Gofman: Radiation & Human Health, Sierra Club Books, San Francisco 1981.

[16] T. F. Mancuso, A. Stewart, G. Kneale: Radiation Exposures of Hanford Workers Dying from Cancer and Other Causes. Health Phys. 33 (1977) 369.

[17] G. W. Kneale, A. M. Stewart, T. F. Mancuso: Re-Analysis of Data Relating to the Hanford Study of the Cancer Risks of Radiation Workers. Proc. Symp. on Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vol. 1, S. 387. Bericht IAEA-SM-222/510. IAEA, Wien 1978.

[18] B. L. Cohen: Alternatives to the BEIR Relative Risk Model for Explaining Atomic-Bomb Survivor Cancer Mortality. Health Phys. 52 (1987) 55.

[19] J. Sevc et al.: Cancer in Men after Exposure to Rn-Daughters. Health Phys. 54 (1988), im Druck.

[20] BEIR: Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alphaemitters (BEIR-IV-Report). National Academy Press, Washington D.C. 1988.

[21] S. C. Darby et al.: Long Term Mortality After a Single Treatment Course with X-rays in Patients Treated for Ankylosing Spondylitis. Br. J. Cancer 55 (1987) 179.

[22] C. E. Lund et al.: Breast Cancer Risk from Low-Dose Exposures to Ionizing Radiation. J. Nat. Cancer Inst. 65 (1980) 353.

[23] ICRP: Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters, Report 50. Pergamon Press, Oxford 1987.

[24] H. G. Paretzke et al.: Somatische Strahlenrisiken niedriger Dosen ionisierender Strahlung. GSF-Bericht, Neuherberg 1986.

[25] Report of the National Institutes of Health ad hoc Working Group to Develop Radioepidemiological Tables. NIH-Publication No. 85-2748, U.S. Dept. of Health and Human Services, Washington D.C. 1985.

[26] W. C. Roesch (Hrsg.): US-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki, Volume I. RERF, Hiroshima 1987.

[27] A. Stewart, G. Kneale, T. Mancuso: The Hanford Data – A Reply to Recent Criticisms. AMBIO 9 (1980) 66.

[28] T. W. Anderson: Radiation Exposures of Hanford Workers: A Critique of the Mancuso, Stewart and Kneale Report. Health Phys. 35 (1978) 743.

[29] B. S. Saunders: Low Level Radiation and Cancer Deaths. Health Phys. 34 (1978) 521.

[30] S. Marks, E. S. Gilbert, B. D. Breitenstein: Cancer Mortality in Hanford Workers. Proc. Symp. on Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vol. 1, S. 369. Bericht IAEA-SM-224/509, IAEA, Wien 1978.

[31] E. S. Gilbert, S. Marks: Cancer Mortality in Hanford Workers. Radiat. Res. 79 (1979) 122.

[32] E. S. Gilbert, S. Marks: An Update Analysis of Mortality of Workers in a Nuclear Facility. Radiat. Res. 83 (1980) 740.

[33] G. B. Hutchison et al.: Review of Report by Mancuso, Stewart, and Kneale of Radiation Exposure of Hanford Workers. Health Phys. 37 (1979) 207.

[34] B. L. Cohen: Laws of Statistics Ignored by Statisticians. Health Phys. 35 (1978) 582.

[35] J. W. Gofman: The Question of Radiation Causation of Cancer in Hanford Workers. Health Phys. 37 (1979) 617.

[36] UNSCEAR: Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Annexes, UNO, New York 1977.

[37] NCRP: Influence of Dose and its Distribution in Time on Dose-Response Relationships for Low-LET Radiations, NCRP-Report No. 64, Washington D. C. 1980.

[38] SSK: Vergleichbarkeit der natürlichen Strahlenexposition mit der Strahlenexposition durch kerntechnische Anlagen. Bundesanzeiger Nr. 137 vom 27. 7. 1977.

[39] C. E. Lund: Temporal Distributions of Risk for Radiation-Induced Cancers. J. Chron. Dis. 40, Suppl. 2 (1987) 45 S.

[40] E. J. Sternglass: Environmental Radiation and Human Health. Proc. 6th Berkeley Symp. on Math. Stat. and Prob., Vol. VI, S. 145 (1971).

[41] E. J. Sternglass: Leukemia: Evidence for Induction of the Disease in Childhood by Fallout Radiation at Low Dose Rates. Report, Dept. of Radiology. University of Pittsburgh, Penns., 1968.

[42] A. Petkau, W. S. Chelack: Radioprotective Effect of Superoxide Dismutase on Model Phospholipid Membranes. Biochim. Biophys. Acta 433 (1976) 445.

[43] E. A. Tomkins, P. M. Hamilton, D. A. Hoffman: Infant Mortality Around Three Nuclear Power Reactors. Proc. 6th Berkeley Symp. on Math. Stat. and Prob., Vol. VI, S. 279 (1971).

[44] C. B. Yulish (Hrsg.): Low Level Radiation: A Summary of Responses to Ten Years of Allegations by Dr. Ernest Sternglass. Proc. 5th Int. Conf. on Science and Society, Herceg-Novi 1973.

[45] H. Böck: Kernkraftwerke und Kindersterblichkeit. Eine Analyse der Argumente von Sternglass. Naturw. Rdsch. 27 (1974) 411.

[46] A. P. Hull, F. J. Shore: Sternglass – A Case History. BNL-Report No. 16613, Brookhaven National Laboratory, Long Island, New York 1972.

[47] A. Petkau, W. S. Chelack, S. D. Pleskach: Protection of Post-Irradiated Mice by Superoxide Dismutase. Int. J. Radiat. Biol. 29 (1977) 297.

[48] R. C. Warters, K. G. Hofer: Radionuclide Toxicity in Cultured Mammalian Cells: Elucidation of the Primary Site for Radiation-Induced Division Delay. Radiat. Res. 69 (1977) 348.

[49] C. von Sonntag: The Chemical Basis of Radiation Biology. Taylor & Francis, London 1987.

[50] A. Cole: The Study of Radiosensitive Structures with Low Voltage Electron Beams. In: Cellular Radiation Biology, Williams and Wilkins (Hrsg.), S. 267. Baltimore 1965.

[51] R. Datta, A. Cole, S. Robinson: Use of Track-End Alpha Particles from ²⁴¹Am to Study Radiosensitive Sites in CHO Cells. Radiat. Res. 65 (1976) 139.

[52] T. R. Munro: The Relative Radiosensitivity of the Nucleus and Cytoplasm of Chinese Hamster Fibroblasts. Radiat. Res. 41 (1970) 451.

[53] National Radiological Protection Board: Interim Guidance on the Implications of Recent Revisions of Risk Estimates and the ICRP 1987 Cogen Statement, NRPB-Report-GS9, Chilton 1987.

[54] ICRP: Statement from the 1987 Como Meeting of the ICRP. Pergamon Press, Oxford 1988.

[55] SSK: Empfehlung zur Begrenzung der beruflichen Strahlenexposition. Bundesanzeiger Nr. 9 vom 9. 1. 1988.

EK 12 MÜNİHTEKİ İSH-ENSTİTÜSÜNÜN YAYINLARI LİSTESİ (1991)

ISH "Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes"
INGOLSTADTER LANDSTR.1 ; 8042 NEUHERBERG, ALMANYA)

Liste der bisher erschienenen ISH-Berichte^{*)}

ISH-1/81

Kierski, W.-S.; Hösel, G.; Dahos, R.; Stieve, F.-E., Kaul, A.

Ansprachen anlässlich des Wechsels der Institutsleitung des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes.

Kostenlos

ISH-2/81

Kaul, A.

Strahlenexposition von Personal und Umwelt und Strahlenschutzmaßnahmen beim diagnostischen und therapeutischen Umgang mit radioaktiven Stoffen.

Nicht mehr vorrätig; überarbeitete Neuauflage: ISH-31/83 (DM 2,80)

ISH-3/81

Czempiel, E.M.; Schmier, H.

Die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland.

DM 26,30

ISH-4/81

Stamm, A.; Weitz, B.; Bögl, W.

Biochemische Indikatoren für Strahlenexpositionen. Teil I - Eine Literaturstudie über Blutuntersuchungen nach Exposition mit Röntgen- und γ -Strahlen.

DM 30,70

ISH-5/81

Schwibach, J.; Winkelmann, I.; Riedel, H.; Haubalt, R.; Bretschneider, J.; Wirth, E.; Little, C.

New Results of Surveillance of Radionuclides Released from Nuclear Power Plants.

DM 14,10

ISH-6/81

Gogolak, C.V.

Calibration of a Ge(Li)-Spectrometer for in situ Measurements.

DM 2,30

ISH-7/81

Gogolak, C.V.; Endrulat, H.J.

Survey of Gamma Radiation in the Vicinity of the Asse Saltmine Radioactive Waste Disposal Site.

DM 1,70

ISH-8/81

Huber, O.; Meinig, J.

Dokumentation über den Umfang der allgemeinen Um-

welt-radioaktivitätsüberwachung 1978 in der Bundesrepublik Deutschland.

DM 35,80

ISH-9/81

Bretschneider, J.

Vergleich der Strahlenexposition durch radioaktive Emissionen aus konventionellen Kraftwerken und aus Kernkraftwerken.

DM 5,10

ISH-10/82

Winkelmann, I.; Gesewsky, P.; Vogl, K.; Schwibach, J.

Bericht über die Emissionen von Kohlenstoff-14 mit der Abluft aus Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1978 bis 1981.

DM 4,60

ISH-11/82

Gesewsky, P.; Winkelmann, I.

Untersuchungen über die Emission von Fe-55 und Ni-63 mit der Abluft aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1979 - 1981.

DM 4,80

ISH-12/82

Winkelmann, I.; Halmerl, W.; Wutz, J.

Nuklid-spezifische Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.

DM 5,10

ISH-13/82

Stamm, A.; Bögl, W.

Biochemische Indikatoren für Strahlenexpositionen. Teil II. Eine Literaturstudie über biochemische Veränderungen an biologischem Material nach Exposition mit Röntgen- und γ -Strahlen.

DM 24,-

ISH-14/82

Kaul, A.; Henrichs, K.; Roedler, H.-D.

Dosimetrie und Dosisberechnungen bei der Anwendung offener radioaktiver Stoffe.

Nicht mehr vorrätig; überarbeitete Neuauflage: ISH-39/84 (DM 7,70)

ISH-15/82

Fohmann, A.; Stieve, F.-E.

Diaplazentärer Transfer von Radioeisen bei Tier und Mensch.

DM 3,50

^{*)} Von ISH-33/84 bis ISH-139/89 unter der Bezeichnung ISH-Hefte

ISH-16/82

Dreyer, U.

Ermittlung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Maßnahmen in Berliner Betrieben der Privatwirtschaft.

DM 7,20

ISH-17/83

Dehos, R.

Strontium 90 in Kinderzähnen in Bayern.

DM 1,90

ISH-18/83

Schwibach, J.; Schmier, H.; Haubelt, R.; Winkelmann, I.; Wirth, E.

Forschungsarbeiten und Aktivitäten der Abteilung "Radioaktive Stoffe und Umwelt".

DM 7,70

ISH-19/83

Elsasser, U.; König, K.

Statistische Grundlagen zur Durchführung epidemiologischer Studien.

DM 4,40

ISH-20/83

ISH-20/83

König, K.

Dosiswerte für die Ermittlung der GSD aus röntgendiagnostischen Maßnahmen.

DM 12,90

ISH-21/83

O'Riordan, M. C.

Observations on Dose limits for the Public from Natural Sources of Radiation.

DM 2,80

ISH-22/83

Bretschneider, J.

Abschätzung der Variabilität der Strahlenexposition durch die Emission luftgetragener radioaktiver Stoffe beim bestimmungsgemäßen Betrieb kerntechnischer Anlagen.

DM 19,60

ISH-23/83

Huber, O.; Schmid-Albrecht, M.; Meinig, J.; Stolpe, Ch.; Regauer, F.

Parameter - Fehleranalyse der ökologischen Parameter zur Bestimmung der Strahlenexposition aus Ableitungen radioaktiver Stoffe in Abluft und Abwasser.

DM 16,40

ISH-24/83

Ahrens, E.; Mahn, U.; Howe, S.; Lewis, D.; Stieve, F.-E.

Plazentalokalisation und diaplazentare Passage von

Radionukliden - Die bibliographische Zusammenstellung zur Diagnostik und Therapie beim Menschen sowie zu Tierexperimenten.

DM 10,30

ISH-25/83

Burkhardt, J.

Das Verhalten von anionischen Radionukliden in der Umwelt mit besonderer Berücksichtigung ihrer Reaktionen im Boden.

DM 6,30

ISH-26/83

Kistner, G.

Behaviour of tritium in aquatic systems.

DM 3,80

ISH-27/83

Gesewsky, P.; Winkelmann, I.

Messungen von Sondernukliden in Proben aus dem stillgelegten Kernkraftwerk Gundremmingen.

DM 2,70

ISH-28/83

Haubelt, R.; Burkhardt, J.

Untersuchungen zum Expositionspfad "Luft-Gras-Kuh-Milch" für Jod-131 in der Abluft des Kernkraftwerkes Würgassen während der Weidezeit 1980.

DM 12,60

ISH-29/83

Nürnberg, E.

Anwendung eines elektronischen Partikelzählgerätes zur Zellzahlbestimmung von Grünalgen (*Scenedesmus quadricauda* und *Scenedesmus quadricauda subspicatus*).

DM 2,30

ISH-30/83

Knöphadel, I.; Schüttler, Ch.; Reich, E.; Bögl, W.

Bestimmung der radiochemischen Reinheit von 10 Radiopharmaka.

DM 18,10

ISH-31/83

Kaul, A.

Strahlenexposition von Personal und Umwelt und Strahlenschutzmaßnahmen beim diagnostischen und therapeutischen Umgang mit radioaktiven Stoffen (überarbeitete Neuauflage von ISH-2/81)

DM 2,80

ISH-32/83

Bögl, W.; Helde, L.

Die Messung der Chemilumineszenz von Zimt-, Curry-, Paprika- und Milchpulver als Nachweis einer Behandlung mit ionisierenden Strahlen.

DM 12,20

ISH-33/83

Pensko, J.

Activated Carbon Bed Used for Integrating Measurements of ^{222}Rn Concentration in Air.

DM 2,30

ISH-34/84

Kaul, A.; Schmier, H.

Überwachung und Bestimmung der internen Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland (Monitoring and Assessment of Internal Exposure in the Federal Republic of Germany).

DM 4,10

ISH-35/84

Schüttler, Ch.; Bögl, W.

Behandlung von Gewürzen mit ionisierenden Strahlen - Chemische, organoleptische, mikrobiologische und toxikologische Aspekte.

DM 25,80

ISH-36/84

Hammermaier, A.; Reich, E.; Bögl, W.

Vergleichende Untersuchungen von verschiedenen Meßverfahren an Radiochromatogrammen zur Beurteilung der radiochemischen Reinheit von 10 Radiopharmaka.

DM 10,70

ISH-37/84

Fliardt, E. van de; Reich, E.; Bögl, W.

Interaktionen zwischen Radiopharmaka und Therapeutika: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Pharmakokinetik von Technetium-Verbindungen durch Acetylsalicylsäure, Diazepam und Prednison.

DM 11,60

ISH-38/84

Bäumli, A.

Quality Control and Assurance in Diagnostic Radiology - Materials Prepared for a WHO Training Workshop. Neuherberg, Oct. 27. - Nov. 3. 1982

DM 25,40

ISH-39/84

Kaul, A.; Henrichs, K.; Roedler, H.-D.

Dosimetrie in der nuklearmedizinischen Diagnostik und Therapie sowie beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen.

DM 7,70

ISH-40/84

Thomas L.; Cullen, S.J.

Strahlung und soziale Ethik. Eine theologische Betrachtung der Kernenergie.

Mit einem Vorwort von W. Seelentag.

DM 3,20

ISH-41/84

Helde, L.; Bögl, W.

Die Messung der Chemilumineszenz von Feststoffen zur Dosisermittlung nach einer Strahlenexposition am Beispiel von Kaliumjodid und Zucker.

DM 9,70

ISH-42/84

Hadnagy, W.; Stephan, G.

Untersuchungen zur Kombinationswirkung ionisierender Strahlen und Röntgenkontrastmittel auf Chromosomen in peripheren Lymphozyten des Menschen.

DM 5,80

ISH-43/84

Kompa, R.; Pensko, J.; Schmier, H.

Radonkonzentration und Exposition durch Radon-Folgeprodukte in Nichturan-Gruben in der Europäischen Gemeinschaft und Einflußgrößen.

DM 6,20

ISH-44/84

Rosenberg, U.; Bögl, W.

Mikrowellen in der Lebensmittelindustrie. Eine Studie über die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten.

DM 16,70

ISH-45/84

Wust, P.

Diagnostik und Therapie bei Wundkontaminationen mit Transuranen.

DM 11,60

ISH-46/84

Haubelt, R.; Fischer, P.; Sonnabend, H. R.

Berechnung der Strahlenexposition durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Abluft aus Anlagen von Isotopenanwendern.

DM 3,50

ISH-47/84

Stephan, G.

Chromosomenanalysen bei exponierten und vermutlich exponierten Personen, 1982-1983.

DM 3,30

ISH-48/84

Hammermaier, A.; Reich, E.; Bögl, W.

Die radiochemische Reinheit und Stabilität von J-131 / J-125 / J-123 Orthojodhippursäuren. - Eine Marktanalyse.

DM 9,20

ISH-49/84

Schüttler, Ch.; Bögl, W.

Behandlung von Gewürzen mit ionisierenden Strahlen - Chemische, sensorische, mikrobiologische und toxiko-

logische Aspekte. Teil II.
DM 27,10

ISH-50/84
Schwlbach, J.; Halmerl, W.; Setzwein, U.
Eigenschaften radioaktiver Stoffe; modellabhängige
Dosisgrößen und Aktivitätswerte.
DM 11,60

ISH-51/84
Kaul, A.; Elsasser, U.; Hinz, G.; Kossel, F.; Martignoni, K.; Nitschke, J.; Stephan, G.
Bewertung ausgewählter epidemiologischer Studien an
strahlenexponierten Kollektiven Evaluation of selected
epidemiological studies on collective groups of radiation
exposed persons.
DM 6,40

ISH-52/84
*Kaul, A.; Hinz, G.; Kossel, F.; König, K.; Kragh, P.;
Nitschke, J.; Rosdler, H.-D.; Schwarz, E.-R.*
Effektive Pro-Kopf-Dosis als Maß für die medizinisch
bedingte Strahlenexposition der Bevölkerung - Ergän-
zung oder Alternative zur genetisch signifikanten Dosis?
The Effective per Caput Dose Equivalent as a Measure
of Medical Radiation Exposure of the Population - A
Complement or an Alternative to the Genetically Signi-
ficant Dose?
DM 5,40

ISH-53/84
Helde, L.; Bögl, W.
Die Messung der Chemilumineszenz von 16 Gewürzen
als Nachweis einer Behandlung mit ionisierenden Strah-
len.
DM 15,20

ISH 54/84
Hinz, G.; Schwarz, E.-R.; Tsavachidis, C.
In einem Universitätsklinikum durchgeführte Erhebung
röntgenologischer und sonographischer Untersuchun-
gen für den Zeitraum von 1977 - 1982.
DM 9,20

ISH-55/84
Flierd, E. van de; Stumpf, E.; Bögl, W.
Interaktionen zwischen Radlopharmaka und Therapeu-
tika: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Beeinflus-
sung der Pharmakokinetik von ^{99m}Tc-Methylendi-
phosphonat durch Therapeutika.
DM 11,40

ISH-56/84
Schnell, R.; Bögl, W.
Der Einfluß der Strahlenbehandlung auf Arzneimittel
und Hilfsstoffe - Eine Literaturstudie. Teil VII.
DM 9,30

ISH-57/84
Kaul, A.
Derzeitiger wissenschaftlicher Stand des Strahlen-
schutzes und seine Umsetzung in das Strahlenschutz-
recht.
DM 3,80

ISH-58/84
Helde, L.; Bögl, W.
Die Messung der Thermolumineszenz - Ein neues Ver-
fahren zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze.
DM 12,-

ISH-59/85
Dehos, R.
Bestimmung des Sr-90-Gehaltes in menschlichen Kno-
chen, weichen Gewebe- und Ausscheidungen.
DM 7,20

ISH-60/85
Watabe, T.; Kistner, G.
Excretion and Intestinal Absorption of Trilabeled Glutamic
Acid by Carp, *Cyprinus carpio*.
DM 2,80

ISH 61/85
Flierd, E. van de; Hinkel, S.; Hörl, W.; Bögl, W.
Thallium-201: Klinische Verwendung, Kinetik und Be-
einflussung der Kinetik durch Therapeutika. - Eine Lite-
raturübersicht zum Thema Interaktionen zwischen Ra-
diofarmaka und Therapeutika.
DM 9,10

ISH-62/85
Martignoni, K.
Spontane und strahleninduzierte Trübungen der
menschlichen Linse.
DM 16,30

ISH-63/85
Noßke, D.; Gerich, B.; Langner, S.
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radio-
nuclidverbindungen (Erwachsene).
Kostenlos

ISH-64/85
Hammermaler, A.; Reich, E.; Endrulat, H.-J.; Bögl, W.
Investigations on the Quality of Eluates from seven
Fission Mo-99/Tc-99m Generators.
DM 8,70

ISH-65/85
Chang, Tsang-Pi; Stephan, G.
Chromosomenanalysen bei exponierten und vermutlich
exponierten Personen, 1984.
DM 2,30

ISH-66/85

Winkelmann, I.; Halmerl, W.; Walz, K.-F.
Ergebnisse des "Ringvergleichs 1983" zur Qualitätskontrolle von Abluftfiltermessungen.
DM 4,30

ISH-67/85

Kompa, R.; Pensko, J.; Schmler, H.
Radonkonzentration und Exposition durch Radontolgeprodukte in Nicht-Urangruben in der Europäischen Gemeinschaft und Einflußgrößen.
DM 4,10

ISH-68/85

Nitschke, J.; Weimer, G.
Berufliche Strahlenexposition in der Bundesrepublik Deutschland von 1980 - 1983 - Ergebnisse der Personendosiskontrolle -
DM 4,70

ISH-69/85

Burkhardt, J.
Einfluß abiotischer Faktoren auf die biologische Verfügbarkeit von Radionäslum in Gewässern.
DM 6,20

ISH-70/85

Kaul, A.; Kossel, F.; Hinz, G.; Schwibach, J.; Nitzgen, R.; Bögl, W.
Strahlenhygiene - Eine Aufgabe des Bundesgesundheitsamtes -
Kostenlos

ISH-71/85

Schüttler, Ch.; Bögl, W.
Der Einfluß der Hitzeesterilisation auf Arzneimittel und Hilfstoffe. - Eine Literaturstudie - Teil I.
DM 17,60

ISH-72/85

Krauß, H.
Spezielle Radonmessungen - Abschlußbericht -
DM 8,20

ISH-73/76

Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Tsavachidis, C.
Analyse der Leukämieorbidity in Bayern in den Jahren 1976 - 1981.
DM 27,10
Nachauflage: 1987

ISH-74/85

Albrich, S.; Stumpf, E.; Heide, L.; Bögl, W.
Chemilumineszenz- und Thermolumineszenzmessungen zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze. Eine Gegenüberstellung beider Verfahren.
Chemiluminescent- and thermoluminescent measurements to identify radiation-treated spices. A comparison

of the two methods.
DM 16,30

ISH-75/85

Winkelmann, I.; Fields, D.E.
Measurements of Airborne Radioactive Emissions from Nuclear Power Plants and Their Quality Control in the Federal Republic of Germany.
DM 4,30

ISH-77/85

Schüttler, Ch.; Bögl, W.
Der Einfluß der Hitzeesterilisation auf Arzneimittel und Hilfstoffe. - Eine Literaturstudie - Teil II.
DM 18,50

ISH-78/85

Henrichs, K.; Elsasser, U.; Schotola, Ch.; Kaul, A.
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersstufe 1 Jahr).
Kostenlos

ISH-79/85

Henrichs, K.; Elsasser, U.; Schotola, Ch.; Kaul, A.
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersstufe 5 Jahre).
Kostenlos

ISH-80/85

Henrichs, K.; Elsasser, U.; Schotola, Ch.; Kaul, A.
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersstufe 10 Jahre).
Kostenlos

ISH-81/85

Henrichs, K.; Elsasser, U.; Schotola, Ch.; Kaul, A.
Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersstufe 15 Jahre).
Kostenlos

ISH-82/85

Winkelmann, I.; Klopfer, P.; Vogl, K.
Bestimmungen des Rohrfaktors der Einrichtung zur Probenahme von Aerosolen und Jod am Kamin eines Kernkraftwerkes.
DM 5,20

ISH-83/85

Köhler, H.; Regauer, F.; Wagner, H.
Statistische Untersuchung des Transfers von Kalium, Calcium, Cäsium 137 und Strontium 90 vom Futter in das Fleisch von Rindern und Schweinen.
DM 4,80

ISH-84/85

Vogl, K.; Fouasnon, S.; Gesewsky, P.; Winkelmann, I.
Untersuchungen über die Emission von Phosphor-32

und Schwefel-35 mit der Abluft aus Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland von 1983 bis Mitte 1985.
DM 3,60

ISH-85/86
Kaul, A.; in collaboration with *Bäumli, A.*; *Bögl, W.*; *Haubelt, R.*; *Hinz, G.*; *Nitschke, J.*; *Roedler, H.-D.*; *Schmier, H.*; *Stephan, G.*; *Winkelmann, I.*
Radiation Hygiene - Radiobiological, Medical and Physical Topics of Research.
DM 5,90

ISH-86/86.
Müller, M. K.
Hausmüllbesetzung in der Bundesrepublik Deutschland. Eine Zusammenstellung typischer Parameter als Grundlage zur Ermittlung einer potentiellen Strahlenexposition.
DM 7,-

ISH-87/86
Schmitt, A.-M.
Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. I. Das strahlenbedingte Lungenkrebsrisiko.
DM 16.-

ISH-88/86
Kaul, A. (Hrsg.)
Friedrich-Ernst Steve: 70 Jahre.
R. Wiltenzellner: Laudatio.
H. Fritz-Niggli: Die Bedeutung der strahlenbiologischen Forschung für die Strahlentherapie.
Kostenlos

ISH-89/86
Lörch, T.; *Stephan, G.*
Aufbau eines Systems zur automatischen Erkennung dizentrischer Chromosomen.
DM 8,10

ISH-90/86
Stamm, A.; *Stumpf, E.*; *Willich, N.*; *Bögl, W.*
Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen. Experimentelle Untersuchungen strahleninduzierter Veränderungen der Thyroidinkonzentration im Humenserum.
DM 8,10

ISH-91/86
Stephan, G.; *Chang, Tsang-Pi*
Die Weitergabe der instabilen Chromosomenaberrationen in menschlichen peripheren Lymphozyten bei der Zellteilung und deren Bedeutung für die Aberrationsrate.
DM 4,80

ISH-92/86
Holtum, Joseph A. M.; *Latzko, E.*
Carbon and Carbon Metabolism In the Environment.
DM 14,-

ISH-93/86
Elsässer, U.; *Dietrich, J.*; *Henrichs, K.*; *Roedler, H.-D.*; *Kaul, A.*; *Schotola, C.*
Dosimetrie von Radiopharmazeutika.
DM 11,90

ISH-94/86
Hammermaler, A.; *Reich, E.*; *Bögl, W.*
Qualitätskontrolle von In-vivo Radiopharmaka. Ein Handbuch für das nuklearmedizinische Labor zur Analytik radiochemischer Verunreinigungen.
DM 23,30

ISH-95/86
Burkhardt, J.; *Wirth, E.*
Vergleichende Untersuchungen des Metabolismus von Cäsium und Kalium im Säugetierorganismus unter besonderer Berücksichtigung von Diskriminierungseffekten.
DM 7,60

ISH-96/86
Lelsing, C.
Eignung und Zuverlässigkeit des "Observed Ratio" Modells für die Beschreibung des Strontium und Cäsium-Transfers vom Boden in die Pflanze.
DM 8,-

ISH-97/86
Holtum, Joseph A.M.; *Latzko, E.*; *Wirth, E.*
Carbon Metabolism in Humans.
DM 7,-

ISH-98/86
Erzberger, A.
Literaturstudie zur Physiologie des Kobalts.
DM 7,-

ISH 99/86
Winkelmann, I.; *Endrulat, H.-J.*; *Fouasnon, S.*; *Gesewsky, P.*; *Haubelt, R.*; *Klopper, P.*; *Köhler, H.*; *Kohl, R.*; *Kuscheida, D.*; *Müller, M.-K.*; *Schmidt, H.*; *Vogl, K.*; *Weimer, S.*; *Wildermuth, H.*; *Winkler, S.*; *Wirth, E.*; *Wolff, S.*
Ergebnisse von Radioaktivitätsmessungen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.
DM 8,-

ISH-100/86
Kaul, A. (Hrsg.)
Strahlenwirkungen Strahlenrisiko Strahlenschutz. - Arbeitsschwerpunkte des Instituts für Strahlenhygiene.
DM 10,-

ISH-101/86

Helde, L.; Dellncèe, H.; Demmer, D.; Eichenauer, D.; v. Grabowski, H.-U.; Pfeilsticker, K.; Redl, H.; Schilling, M.; Bögl, W.

Ein erster Ringversuch zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze mit Hilfe von Lumineszenzmessungen.

DM 13,20

ISH-102/86

Schüttler, Ch.; Bögl, W.

Behandlung von Gewürzen mit ionisierenden Strahlen - Chemische, sensorische, mikrobiologische und toxikologische Aspekte. Teil III.

DM 8,10

ISH-103/86

Schwabach, J.

Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf den Raum München.

DM 7,-

ISH-104/87

Schwarz, E.-R.; Tsavachidis, C.; Hinz, G.; Elgelsreiter, H.

Strahlenexposition von Patienten durch medizinische Maßnahmen.

DM 22,90

ISH-105/87

Roedler, H.-D.; Hornik, S.; Gerlich, B.

Modell zur Berechnung der Aerosol-Deposition im menschlichen Atemtrakt unter besonderer Berücksichtigung von Kindern und Neugeborenen.

DM 6,40

ISH 106/87

Winkelmann, I.; Vogl, K.

Messungen der Stickstoff-16-Strahlung in der Umgebung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland.

DM 10,80

ISH-107/87

Dalheimer, A. R.; Kaul, A.; Riedel, W.; Said, M.D.; Heinze, B.; Muth, H.; Stein, U. E.

Tierexperimentelle Untersuchungen über die Wirkung inkorporierter radioaktiver und nichtradioaktiver Partikel und deren Synergismus.

DM 13,10

ISH-108/87

Wirth, E.; Egmond, N. D. van; Suess, M. J.

Assessment of Radiation Dose Commitment in Europe due to the Chernobyl Accident - Report on a WHO Meeting, Bilthoven, 25 - 27 June 1986.

DM 6,50

ISH-109/87

Helde, L.; Albrich, S.; Mantele, E.; Bögl, W.

Thermolumineszenz- und Chemilumineszenzmessungen als Routine-Methoden zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze. Untersuchungen zur Festlegung von Grenzwerten für die Unterscheidung bestrahlter von unbestrahlten Proben.

DM 35,30

ISH-110/87

Hammermaier, A.; Reich, E.; Bögl, W.

Die Messung der Chemilumineszenz von Feststoffen als mögliches Indikator-System zur schnellen Dosisermittlung nach Strahlenunfällen?

DM 13,-

ISH-111/87

Hofmann, R.; Pufal, D.; Willich, N.; Westhaus, R.; Bögl, W.

Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Serumamylaseanstieg nach Bestrahlung der Speicheldrüsen.

DM 8,80

ISH-112/87

Butkowsky-Walkiw, T.; Spiegelberg, A.; Bögl, W.

Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Untersuchungen strahleninduzierter Veränderungen der elektrophoretischen Mobilität menschlicher Erythrozyten.

DM 6,60

ISH-113/87

Schmitt, A.-M.; Kaul, A.; Kossel, F.

Weiterbildung in der medizinischen Physik - Stand des Lehrangebots, Empfehlungen zur Koordinierung.

DM 9,30

ISH-114/87

Schüttler, Ch.; Bögl, W.

Der Einfluß der Ethylenoxidbehandlung auf Arzneimittel und Hilfstoffe - Eine Literaturstudie.

DM 9,40

ISH-115/87

Winkelmann, I.; Vogl, K.

Abschlußbericht über das Forschungsvorhaben St. Sch. 882 "Untersuchungen über die Art der radioaktiven Stoffe, deren Probenahme und Messung bei der Abluftung in Luft aus kerntechnischen Anlagen und beim Umgang mit radioaktiven Stoffen".

DM 21,80

ISH-116/87

Winkelmann, I.; Endruhat, H.-J.; Fouasnon, S.; Gesewsky, P.; Haubelt, R.; Klopfer, P.; Köhler, H.; Kohl, R.; Kuchaida, D.; Lelsing, C.; Müller, M.; Neumann, P.; Schmidt, H.; Vogl, K.; Weimer, S.; Wildermuth, H.; Winkler, S.; Wirth, E.; Wolff, S.

- Radioactivity Measurements in the Federal Republic of Germany after the Chernobyl Accident.
DM 14,20
- ISH-117/87
Kistner, G.; Wiggerhauser, A.; Krestel, R.
Diaplacentare Verteilung und teratogene Wirkung von organisch gebundenem Tritium.
DM 14,50
- ISH-118/87
Leister, W.; Bögl, K. W.
Der Einfluß ionisierender Strahlen im Vergleich zu konventionellen Behandlungsverfahren auf Veränderungen in Lebensmitteln.
DM 14,10
- ISH-119/87
Hammermaler, A.; Reichert, T.; Reich, E.; Bögl, K.W.
Chromatographische Kontrolle der radiochemischen Reinheit von Tc-99m Methylendiphosphonat (MDP), Tc-99m Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA), I-131/i-123 Meta Jodbenzylguanidin (MIBG) und I-123 Jodamphetamin (IAMP).
DM 12,10
- ISH-120/87
Heide, L.; Mohr, E.; Wichmann, G.; Albrich, S.; Bögl, K. W.
Viskositätsmessung - Ein Verfahren zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze?
DM 8,30
- ISH-121/88
Zalwski, Ch.; Schüttler, Ch.; Bögl, K. W.
Der Einfluß der Strahlenbehandlung auf Arzneimittel und Hilfsstoffe. - Eine Literaturstudie - Teil VIII. Zusammenfassende Betrachtung der Teile I - VII.
DM 44,60
- ISH-122/88
Schmitt-Hannig, A.-M.
Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. II. Das strahlenbedingte Leukämierisiko.
DM 25,90
- ISH-123/88
Schreiber, G. A.; Spiegelberg, A.; Willich, N.; Bögl, K. W.
Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Die Lektinkopplung an humane Blutzellen als "Biologisches Dosimeter"?
DM 14,60
- ISH-124/88
Erzberger, A.
- Literaturstudie zur Biokinetik von Molybdän.
DM 5,50
- ISH-125/88
Bögl, K. W.; Regulla, D. F.; Suess, M. J.
Health Impact, Identification, and Dosimetry of Irradiated Foods - Report of a WHO Working Group on Health Impact and Control Methods of Irradiated Foods, Neuberberg/Munich, 17 - 21 November 1986.
DM 48,60
- ISH-126/88
Romm, H.; Stephan, G.
Chromosomenanalysen bei exponierten und vermutlich exponierten Personen, 1985 - 1987.
DM 4,80
- ISH-127/88
Proschitzki, S.; Bögl, K. W.
Langlebige Radikale in bestrahlten Lebensmitteln, Verpackungsmaterialien und anderen Feststoffen.
DM 16,90
- ISH-128/89
Leising, Ch.; Wirth, E.
Experiences with radioecological assessment models, comparisons between predictions and observations.
DM 17,80
- ISH-129/89
Diener, A.; Stephan, G.; Vogl, T.; Lissner, J.
Bestimmungen der Chromosomenaberrationen in peripheren Lymphozyten von Patienten mit definierter Ganz- und Teilkörperexposition.
DM 14,60
- ISH-130/89
Heide, L.; Ammon, J.; Baczner, J.; Delincée, H.; Demmer, D.; Elchenauer, D.; von Grabowski, H.-U.; Guggenberger, R.; Guldborg, M.; Meier, W.; Pfallsticker, K.; Redl, H.; Sanderson, D.C.W.; Schilling, M.; Spiegelberg, A.; Bögl, K.W.
Thermolumineszenz- und Chemilumineszenzmessungen zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze: Ein europäischer Ringversuch.
DM 27,60
- ISH-131/89
Reich, E.; Bögl, K.W.
Chemische, radiochemische und radionukleare Reinheit der Eluate von verschiedenen Mo-99/Tc-99m-Generatoren - Eine Qualitätskontrollstudie -
DM 15,80
- ISH-132/89
Schulte, B.
Wissenswertes für den Arzt zur Behandlung Strahlenex-

ponierter (Übersetzung aus dem Englischen).
DM 7,50

ISH-133/89

Tymlec, M.; Reich, E.; Flierdt, E.v.d.; Mentelè, E.; Bögl, K.W.

Tierexperimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Pharmakokinetik von Jod-123-Amphetamin durch Clonidin, Terbutalin, Phenobarbital, Amitriptylin und Benperidol.
DM 12,60

ISH-134/89

Kragh, P.

Abschätzung systematischer Fehler von Filmdosimetern in der Personendosimetrie mit Hilfe eines Maximum-Likelihood-Verfahrens.
In Vorbereitung

ISH-135/89

Bayer, A.; Braun, H.; Dehos, R.; Frasch, G.; Haubelt, R.; Hoppe-Schönhammer, J.; Kaul, A.; Löbke, A.; Werner, M.

Kontamination von Lebensmitteln mit Radocäsium und die daraus resultierende Strahlendosis als Folge des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl.
(Beitrag zum Ernährungsbericht in Deutsch und Englisch)
DM 7,10

ISH-136/89

Kaul, A.

Begrenzung des Strahlenrisikos durch unfallbedingt kontaminierte Lebensmittel - Limitation of Radiation Risk from Accidentally Contaminated Foodstuffs.
DM 9,10

ISH-137/89

Reddy, A.R.; Roedler, H.D.; Kaul, A.

Dosimetry of Internal Emitters: At what Level?
DM 10,60

ISH-138/89

Dalheimer, A.

Biokinetik und Dosis von kolloidalem ThO₂ (Thorotrast) und ZrO₂ (Radlozirkonotrast).
DM 19,80

ISH-139/89

Oestreich, U.; Stephan, G.

Untersuchungen zur Beeinflussung der Chromosomendosimetrie durch chemische Agentien.
DM 6,20

ISH-140/89

Bayer, A.; Braun, H.; Dehos, R.; Frasch, G.; Haubelt, R.; Hoppe-Schönhammer, J.; Kaul, A.; Löbke, A.; Werner, M.

Erfassung, Dokumentation und strahlenhygienische Bewertung vorliegender Aktivitätsmeßdaten aus der Bundesrepublik Deutschland als Folge des Reaktorunfalles im Kernkraftwerk Tschernobyl.
DM 19,40

ISH-141/90

Stamm-Meyer, A.; Stanek, H.; Bögl, K.W.

Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Thymidinkonzentration im Humanserum als "biologisches Dosimeter"?
DM 11,50

ISH-142/90

Burkhardt, J.; Lux, D.

Characterization of Critical Population Groups with Special Consumption Habits in Bavaria.
DM 9,50

ISH-143/90

Roedler, H. D.; Pittalkow, E.

Strahlenexposition des Patienten bei der nuklearmedizinischen Anwendung markierter monoklonaler Antikörper.
DM 11,60

ISH-144/90

Frasch, G. A.

Fehlbildungshäufigkeiten in Bayern 1968 - 1979 / Bericht im Rahmen des Strahlenbiologischen Umweltmonitorings Bayern.
DM 17,-

ISH-145/90

Martignoni, K.

Spontane und Strahleninduzierte kongenitale Anomalien einschließlich Fehl- und Totgeburten.
DM 22,-

ISH-146/90

Schaller, G.; Leising, Chr.; Krestel, R.; Wirth, E.

Cäsium- und Kalium-Aufnahme durch Pflanzen aus Böden.
DM 9,-

ISH-147/90

Brachner, A.

Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern (1972 - 1986).
DM 3,-

ISH-148/90

Winkelmann, I.; Endrulat, H.-J.; Fouasnon, S.; Gesevsky, P.; Haubelt, R.; Klopfer, P.; Köhler, H.; Kohl, R.; Kuchelida, D.; Leising, C.; Müller, M.-K.; Neumann, P.; Schmidt, H.; Vogl, K.; Welmer, S.; Wildermuth, H.; Winkler, S.; Wirth, E.; Wolff, S.

Radioactivity Measurements in the Federal Republic of

Germany after the Chernobyl Accident.
(Unveränderter Nachdruck von ISH-116)
DM 13,-

ISH-149/90
Hofmann, R.; Hendriks, W.; Schreiber, G. A.; Bögl, K. W.
Blood Amylase - A Biochemical Radiation Indicator?
DM 5,-

ISH-150/91
Frasch, G.; Martignoni, K.
Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen
vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die
Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. III.
Das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko.
DM 6,50

ISH-151/91
Martignoni, K. (unter Mitarbeit von Elsasser, U.)
Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen
vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die
Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. IV.
Das strahlenbedingte Schilddrüsen-Krebsrisiko.
DM 10,-

ISH-152/91
Hoeltz, J.; Hoeltz, A.; Potthoff, P. (Institute Gesundheitsforschung, München); Brachner, A.; Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Martignoni, K.; Roedler, H.-D.; Schwarz, E.; Tsavachidis, C.
Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktor-
unfall in Tschernobyl.
Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik
Deutschland und Berlin (West). Kurzfassung.
DM 12,40

ISH-153/91
Brachner, A.; Grosche, B.
Risikofaktoren für bösartige Neubildungen.
Neuherberg, Juni 1991
DM 10,-

EK 13 RADIONÜKLİTLERİN BESİNLER YOLUYLA İNSANA ULAŞIMIYLA İLGİLİ
ÇALIŞMALAR (Bak: Bölüm 6.4 Sayfa 49)

GSF-Bericht 12/89 - W.Jacobi, H.G.Paretzke et al. "Transport von Radionukliden über Nahrungsketten"

GSF "Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung",
Ingolstadter Landstr.1 ; 8042 NEUHERBERG, ALMANYA)

- AAR69 Aarkrog, A.: The Direct Contamination of Rye, Barley, Wheat and Oats with Sr-85, Cs-134, Mn-54 and Ce-141. Radiation Botany 9, 357-366, 1969
- AAR75 Aarkrog, A.: Radionuclide Levels in Mature Grain Related to Radiostrontium Content and Time of Direct Contamination. Health Physics 28, 557-562, 1975
- AAR82 Aarkrog, A.: Environmental Studies in Radioecological Sensitivity and Variability with Special Emphasis on the Fallout Nuclides Sr-90 and Cs-137. Risö-R-437, 1982
- BAC81 Bachhuber, H., K. Bunzl, F. Dietl, W. Kretner, W. Schimmack, W. Schults: Ausbreitung von Radionukliden in oberflächennahen Böden. GSF-Bericht S-788, 1981
- BEH85 Behrens, H.: Speciation of Radioiodine in Aquatic and Terrestrial Systems under the Influence of Biogeochemical Processes. Seminar on Speciation of Fission and Activation Products in the Environment, Oxford, 16.-19.4.1985
- BMI83 Der Bundesminister des Innern: Störfallberechnungsgrundlage für die Leitlinien des BMI zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV. Bundesanzeiger Nr. 245a, 1983
- BUN78 Bunzl, K.: Transport and Accumulation of Radionuclides in the Soil, a Kinetic Model. GSF-Bericht S-527, 1978
- CHA70 Chamberlain, A.C.: Interception and Retention of Radioactive Aerosols by Vegetation. Atm. Env. 4, 57-78, 1970
- COU83 Coughtrey, P., D. Jackson, M.C. Thorne: Radionuclide Distribution and Transport in Terrestrial and Aquatic Ecosystems. Rotterdam, 1983
- GRS81 Gesellschaft für Reaktorsicherheit: Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Fachband 8: Unfallfolgenrechnung und Risikoergebnisse. Verlag TÜV Rheinland, 1981
- LIN78 Linsley, G.S.: Resuspension of the Transuranium Elements, a Review of Existing Data. NRPB-R 75, 1978
- MAT82 Matthies, M., K. Eisfeld, H. Müller, H.G. Paretzke, G. Pröhl, E. Wirth: Simulation des Transfers von Radionukliden in landwirtschaftlichen Nahrungsketten. GSF-Bericht S-882, 1982

- MID58 Middleton, L.J.: Radioactive Sr and Cs in the Edible Parts of Crop Plants after Foliar Contamination. Int. J. Rad. Biol. 4, 387-402, 1958
- MID63 Middleton, L.J., H.M. Squire: Further Studies of Radioactive Strontium and Cesium in Agricultural Crops after Direct Contamination. Int. J. Rad. Biol., 6, 549-558, 1963
- MÜL85 Müller, H., G. Pröhl, W. Friedland, P. Jacob, L. Sonsalla, K. Henrichs, H.G. Paretzke: Entwicklung und Einsatz verbesserter, zeitabhängiger Modelle zur Berechnung der potentiellen Strahlenexposition nach Störfällen. Abschlußbericht zu Forschungsvorhaben St.Sch. 798 des BMI, 1985
- PRÖ86 Pröhl, G., W. Friedland, H.G. Paretzke: An Intercomparison of The Terrestrial Food Chain Models FOOD-MARC (NRPB) and ECOSYS (GSF). GSF-Bericht 18/86, 1986
- PSE85 Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung: Abschlußbericht Fachband 9, Kapitel 6 bis 8. Berlin, 1985
- RAS75: Rasmussen, N.C.: Reactor Safety Study. An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants, WASH-1400 (NUREG-75/014). USNRC, Washington, 1975
- SCH79 Scheffer, F., P. Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1979
- SEE81 Seelmann-Eggebert, W., G. Pfennig, H. Münzel, H. Klewe-Nebe-nius: Nuklidkarte. Kernforschungszentrum Karlsruhe, 1981
- SIM79 Simmonds, J.R., G.S. Linsley, J.A. Jones: A General Model for the Transfer of Radionuclides to Terrestrial Foods Following an Accidental Release to Atmosphere. NRPB-R 89, 1979
- SIM85 Simmonds, J.R.: The Influence of the Season of the Year on the Transfer of Radionuclides to Terrestrial Foods Following an Accidental Release to Atmosphere. NRPB-R 178, 1985
- STR78 Strasburger, E.: Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1978
- THO65 Thompson, J.C.: Sr-90 Removal in Vegetables Prepared for Home Consumption. Health Physics 11, 136-137, 1965
- VOI87 Voigt, G., K. Henrichs, G. Pröhl, H.G. Paretzke: Experimentelle Bestimmung von Transferfunktionen Futter/Rindfleisch, Futter/Schweinefleisch und Futter/Milch für Cs-137, Co-60, Mn-54, Na-22, I-131 und Tc-95m. GSF-Bericht 2/87, 1987

EK 14 : ÇERBOBİL TARTIŞMASINA DIŞARDAN BİR KATKI....

Yüksel ATAKAN Fizik Y.Müh., Dr., Federal Almanya / Subat 1993

(Cumhuriyet Gazetesine gönderilen bu yazı, 9.4.1993 de Tartışma Bölümünde kısaltılarak yayınlanmıştır)
"Çernobilden ne derece etkilendik ?" , " Kimler yanlış yaptı ?" , " Bizde de Çernobil kanserlileri var mı ?" , " Sorumlular cezalandırılın ! " gibi sorular , tartışmalar ve yargılatma girişimleri son birkaç aydır Türkiyede başlamıştır. Bu konuda , basında değişik görüşlere yer verilmekte, kimin doğru , kimin yanlış söylediği pek anlaşılammamaktadır. Durumu yansız inceleyebilmek ve gerçeğe yaklaşabilmek için, *herşeyden önce bilimin bugün eriştiği düzeyi* açıkça ortaya koymak ve F.Almanya gibi Çernobilden etkilenen başka bir ülkede halkı koruyucu ne gibi önlemler alındığını gözden geçirmek , " *akıl yolu birdir* " kuralı ışığında Türkiye için değerlendirme yapmak , doğruyu bulmamıza yardımcı olacaktır sanırız .

Bugünkü Bilimsel Düzeyin Ortaya Koyduğu Gerçekler

Bilindiği gibi *bilimsel yöntemler , gözlem ve karşılaştırmalara* dayanmaktadır. Bunlar nedir ?Radyoaktif maddelerin atom çekirdeklerindeki aşırı enerji , " Radyasyon " denen , " Alfa , Beta ve Gama Işınları" halinde çevrelere yayılırken vücutta rastladıkları hücrelerdeki atomlarla etkilenmeleri sonucu, deri kızarmasından başlayarak kansere kadar bir dizi hasara neden olabilmektedir. Japonyada atılan atom bombalarından çevreye yayılan radyoaktif maddelerin oradaki insanların vücutlarında oluşturduğu hasarlar ile son 50 yıldır yapılan radyoaktif maddelerin oradaki insanların vücutlarında oluşturduğu hasarlar ile son 50 yıldır yapılagelen çeşitli araştırmalar ve ayrıca "Doğal Radyasyon" bugünkü bilimsel düzeyin " gözlem ve karşılaştırmalarını " oluşturmaktadır. Bu çalışmalardan bugüne kadar elde edilen sonuçları basit ve kısa olarak açıklarsak : Radyoaktif maddelerin ya hava ve besinler yoluyla vücuda girerek vücutu içten , ya da vücut dışından insanı ışınlaması sonucunda , vücutta *erken ve geç hasar oluşabiliyor* . "Oluşabiliyor" denilmesi , radyasyonun vücutta , hatta bir miktar yüksek sayılabilecek dozlarda dahi, her zaman hasar oluşturmadığı gözlemlerinden kaynaklanmaktadır. Diğer yandan, radyasyonun çarptığı atomlar , vücuttaki görevleri bakımından çok önemli molekül ve hücrelerin içindeyseler, bu takdirde *bir tek molekülün yok edilmesi bile , yerine yenisinin üretilmemesi durumunda, ilgili hücre ve dokularda hasar yaratabiliyor.*Bu sonuç , belirgin herhangi bir ek radyasyon dozunun , çok az da olsa , önemsenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

F.Almanyadaki Değerlendirmeler ve Önlemler

F. Almanyada yapılan ölçüm ve hesaplamalara göre , Çernobil sonucu , 50 yıl süresince beklenen toplam radyasyon dozu , doğal radyasyonun insanı 1 yılda ışınlamakta olan miktarından çok daha azdır ! Kazadan sonraki ilk yılda Çernobilin katkısı , Doğal Radyasyon dozunun % 10 - 20 kadardır. Çok düşük olan bu "ek doz" nedeniyle, *erken bir hasar* beklenemez. Kanser ve kalıtım bozuklukları gibi *geç hasarlara* gelince :

F.Almanyada Çernobil öncesi her 10 000 kişiden 2 000 i kanser nedeniyle ölmekteydi. F.Almanyadaki yetkili bilimsel kurumların yaptıkları son hesap ve yaklaşımlara göre , şimdi bu 2 000 kişilik kanserden ölenlere 1 kişinin de Çernobil radyoaktivitesinin etkisi sonucu katılacağı tahmin edilmektedir . Ancak 2 000 kişilik sayı ortalama bir değer olup , zaman zaman değişimler gösterdiğinden , hesap yoluyla bulunan Çernobil nedenli bu 1 ölümü kanıtlamak olanağı yoktur. Böylece F. Almanyada Çernobil nedeniyle *geç hasar olasılığının* , genel kanser olasılığı ve doğal radyasyon nedeniyle oluşabilecek kanser olasılıklarına oranla çok az olduğu saptanmaktadır.

Buna rağmen F.Almanyada diğer Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, Çernobil kazasının hemen ardından ölçüm sonuçları değerlendirilerek bir dizi önlem alınmıştır : örneğin radyoaktivitesi yüksek tarla marulu , sebze , meyve , av eti ve sütün zaman zaman çeşitli eyalet ve yörelerde halka ulaşması önlenmiştir. Ayrıca halka , basın, radyo ve TV yoluyla ,günügününe,yüksek radyoaktiviteli besinler duyurularak uyarıda bulunulmuştur.

Şimdi akla şu soru gelebilir : Bu kadar düşük düzeydeki Çernobil dozunu önlemlerle önlemeye çalışmak akla mantığa sığar mı ? Oldukça yüksek sayılabilecek radyasyon dozlarının vücutta genellikle gözlenebilir bir hasar oluşturmamasına karşılık , bir tek radyasyonun dahi , yerine yenisinin üretilmediği bir molekülü yoketmesi sonucu vücutta hasar ortaya çıkabilmektedir. *Elbet ki her ek radyasyon dozunu önlemek için önlem almak akla ve mantığa sığmaz!* Ancak, çok düşük olmasına rağmen , Doğal Radyasyon Dozunun belirgin olarak (Almanyadaki ilk yıldaki % 10-20 lik artış) aşılacağına beklendiği bir durumda *önlem olarak halkın alacağı ek radyasyon dozu nu azaltmak bugün bilimin gösterdiği yoldur ve F. Almanyada da bu yol izlenmiştir.*

Türkiyede Çernobil Sonrası Durum ve Sonuç

Türkiyede Çernobil sonrası , nelerin yapıp yapılmadığını bilimsel yol ve yöntemlerle tam olarak değerlendirebilmek ancak bir araştırma konusu olabilir ... Bu konudaki bilgilerimiz önce , Almanyada ölçülen Türkiye kaynaklı fındık ve çay örneklerindeki radyoaktivite değerlerine , basındaki haberlere , sonra da , Çernobil kazası sonrası Türkiyeye yılda birkaç kez geldiğimizde Atom Enerjisi Kurumunda (Ankara ve K. Çekmece) ve Hacettepe Üniversitesinde görevli, değerli eski meslekdaşlarımızla olan görüşmelere, ve ayrıca getirdiğimiz radyasyon aletleriyle yaptığımız, özellikle Ankara ve İzmir yörelerinde satın aldığımız , çaylardaki ölçümlere dayanmaktadır. Bu bilgilere göre şunlar söylenebilir : Hernekadar Türkiye genelinde geniş kapsamlı ve Avrupa'daki gibi günününe çok çeşitli besinlerde , havada , toprakta , sulara sistematik radyoaktivite ve radyasyon ölçümleri (çok sayıda ölçü aleti ve personel gerektirdiğinden) yapılamamış ise de , Karadeniz Bölgesi gibi yerlerde sanıldığından çok üstünde ölçüm ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ancak bu ölçüm ve değerlendirmelere rağmen, yüksek radyoaktifite çay ve fındığın piyasaya sürüldüğü ve hatta yurtdışına ulaştığı sonradan yapılan ölçümlerle saptanmıştır (+) . Çok aşırı derecede radyoaktifite çayların depolandığı , bazılarının da harmanlandığı bilinmektedir. Rize çay bahçeleri ve fabrikalarında çalışan ve çok yüksek radyoaktifite çaylarla yakından temas halinde olduğunu düşündüğümüz işçiler için , vücut dışından ışınlanmayı önleyecek , hiç değilse çay çuvallarını sırta taşımamak , üzerinde oturup dinlenmemek ve çalışma süresini kısıtlamak gibi önlemler alınmış mıdır bilemiyoruz ? Hernekadar vücut içindeki radyoaktivitenin o zamanlar yapılan ölçümlerle pek yüksek olmadığı belirtilmiş ise de, dıştan ışınlanan on binlerce işçinin aldığı doz ne düzeydedir ? Kitle ışınlamalarında , doz arttıkça *geç hasar* olasılığı da arttığından , bu gibi önlemler alınması gerekli olmaktadır. Türkiyede Çernobil radyoaktivitesinin halkı ne ölçüde etkileyip etkilemediğini belirleyebilmek için herşeyden önce yöresel ve bölgesel kapsamlı bilimsel araştırmalara gereksinim vardır kanısındayız. Yurda yayılmış üniversitelerin ve ilgili araştırma kurumlarının yapabilecekleri bilimsel araştırmalar mozayik gibi birbirlerini tamamladıktan sonra, nelerin yapıp yapılmadığı ve halk kitlelerinin ne ölçüde ışınlandıkları ortaya çıkabilecektir kanısındayız .

Yukarda belirttiğimiz bilgilere , ölçüm ve gözlemlerimize dayanarak, Çernobil radyoaktivitesinin Türkiyede sağlığa etkisinin "radyasyonlu çay daha lezzetli oluyor " gibi resmi ağızlardan çıkan sözlerle hafife alınarak halkın yanlış yola itildiğini , bilimin gösterdiği ciddi önlemlerin pek alınmamış olduğunu, halk kitlelerinin ne yazık ki , gereksiz yere ışınlanmış olduğu sonucunu çıkarabiliriz.

(+) İzmirde satın alınan çaylarda 30 000 Bequerel/kg radyoaktivite 1987 de ölçülmüştür

EK 15 : YATAĞANDAKİ RADYASYONUN KAYNAĞI VE ÖNLEMLER ?

Kömürlü Elektrik Santralleri Çevreye Nükleer Santrallerden Daha Çok Radyoaktif Madde Saçıyor

Fizik Y.Müh. Dr. Yüksel Atakan, Almanya

"Radyasyon", "Radyoaktivite" sızıntısı sözcüklerinin, Çernobil gibi Nükleer Santrallere özgü olduğu sanıldığından, Muğla /Yatağandaki kömürle çalışan elektrik santrali çevresinde, Subat 1993 de ölçüldüğü basında yer alan, aşırı düzeydeki radyoaktivite, belki birçoğumuzu şaşırtmış olmalıdır ! Aradan bir yıl geçmiş olmasına rağmen basında, Yatağan çevresinde ölçülen radyasyonun, o günlerde, Doğu Akdenizde bulunabilecek nükleer bir gemiden yayılmış olabileceği haberleri yer almaktadır (Bak: Sabah, 21.02.1994, Sayfa 25).

Bu radyasyon nereden kaynaklanmaktadır ?

Linyit kömürü gibi tüm fosil yakıtların bileşiminde, çok az miktarda da olsa, Uranyum 238 ve Toryum 232 den türeyen Radyum 226, Polonyum 210 ve Kurşun 210 ve ayrıca Potasyum 40 gibi Doğal Radyoaktif maddeler, kömürün cinsine göre, daha az ya da daha çok vardır. Kömür, santralde yüksek sıcaklıkta yanarken, bunlar baca gazları ve kurumla birlikte havaya ve yakın çevreye ulaşmaktadır. Rüzgar ve yağış durumu gibi hava şartlarına ve ayrıca santralin tam güçle ve kesintisiz çalışıp çalışmamasına göre, bu çeşit doğal radyoaktif maddeler de santral çevresindeki havada zaman zaman az, ya da çok bulunmakta ve etkin rüzgar yönündeki yörelerdeki toprakta ise gitgide zenginleşmektedir. Buralarda yetişen sebze, meyva, tahıl; ya da otlayan hayvanların etlerinin yenmesi, sütlerinin içilmesi yollarıyla da bu çeşit radyoaktif maddeler insana ulaşmaktadır.

Şimdi, Yatağanda olduğu gibi kömürlü santrallerin çevreye saldıkları çeşitli kimyasal maddelerin yanı sıra, bir de radyoaktif madde saldıkları ortaya çıkmış oldu ! Fosil yakıtlı santrallerden çevreye salınan bu çeşit radyoaktif maddeler, Nükleer Santrallerden yayınlanan radyoaktif madde, cins ve miktarıyla karşılaştırıldığında ne derece önemlidir ve çevredeki halk için ne derece zararlıdır ? Önce şunu belirtelim : Nükleer Santrallerden çevreye salınan radyoaktif maddeler içinde Radyum, Polonyum ve Kurşun gibi "ağır elementler" yoktur. Nükleer enerjinin ortaya çıkışı sırasında, santraldeki yakıt elemanları içindeki Uranyum 235'in ikiye bölünmesi sonucu İyot, Kripton ve Ksenon gibi bir dizi "orta ağırlıkta" radyoaktif madde oluşmaktadır. Bunlar da Nükleer Santralin yakıt eleman çubukları, ya da santraldeki kapalı devreler içinde kalmakta (Soğutma Suyu Devresi gibi) ve bu nedenle santralin normal çalışması sırasında, bacadan ancak çok az miktarda radyoaktif madde havaya ulaşmaktadır. Almanyada yapılan ölçüm, hesaplama ve karşılaştırmalar, kömürle çalışan santrallerin, nükleer santrallere göre, santrallerin normal çalışması sırasında, havaya saçtıkları radyoaktif maddeler sonucu, etkin rüzgar yönündeki yerleşim bölgelerinde, 100 kata kadar varabilen daha çok radyasyon dozları oluşturabileceğini göstermektedir.

Akla şu soru gelebilir: Bu durumda, kömürlü santraller çevresi, nükleer santrallerden daha tehlikeli değil midir ve buna göre önlem alınması gerekmez mi ?

Aradaki "100 kata varabilen" değer büyük olmakla birlikte, gerek kömürlü ve gerekse nükleer yakıtlı santrallerin her ikisinde de, normal işleme sırasında çevreye yayılan radyoaktif madde miktarı ve bunun insanda oluşturabileceği radyasyon dozu miktarı son derece azdır. Buna rağmen, ileriye dönük koruyucu önlemler olarak, kömürlü santraller çevresinde etkin rüzgar yönünde, yerleşim bölgeleri yapılmaması ya da çok geliştirilmemesi önerilebilir. Ayrıca santrale ve bacaya kimyasal maddeleri ve kurumu tutan çeşitli aygıt ve filtreler takılması, çevreyi ve halkı koruma bilinci gitgide gelişerek zamanla zaten gerekeceğinden, çevreye radyoaktif maddeler de daha az ulaşacaktır umudundayız. Etkin rüzgar yönünde sebze, meyva bahçeleri ve otlakların bulunmaması ya da bunların geliştirilmemesi, daha santralin yapımı sırasında gözönüne alındığında, ilerde toprakta zamanla birikecek radyoaktif maddelerin besinler yoluyla insana ulaşmasını azaltacak ya da önleyecektir. Baca gazlarındaki kurum gibi tanecikleri, süzgeçten geçirildikten sonra ölçen "sürekli baca gazı radyasyon ölçüm aletleri (Aerosol Monitor) kullanılması, ayrıca baca kurumundan ve çevredeki toprak ve besinlerden örnekler alınıp, laboratuvar ölçümleriyle bunlardaki radyoaktivitenin sürekli olarak belirlenmesi ve o yöredeki insanlarda bu yolla oluşabilecek radyasyon dozlarının hesaplanması yerinde olacaktır. Bu çeşit ölçümlerin sonuçlarına ve günlük hava şartlarına göre yapılacak değerlendirmeler, santralin zaman zaman gücünün azaltılmasından, durdurulmasına kadar çeşitli önlemlerin gerekli olup olmadığını göstererek, yöre halkının korunmasına katkıda bulunacaktır düşüncesindeyiz.

YÜKSEL ATAKAN :

1961 de Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Y. Mühendisliği bölümünü bitiren Yüksel Atakan, önce Türkiye Atom Enerjisi Kurumunda (TAEK)- Ankara ve Çekmece' de-, daha sonra DSİ-Araştırma Dairesi Radyoizotop Laboratuvarında çalışmış, 1969-1972 yılları arasında da Federal Almanyada Heidelberg Üniversitesinde doktora yapmıştır.

Halen F. Almanyada bulunan Yüksel Atakan, 1973-1987 arası Brown Boveri Reaktorbau (BBR) firmasında Radyasyon Fizigi uzmanı olarak çalışmıştır. 1987 den beri SIEMENS Nükleer Yakıt Elemanları Üretim Bölümünde Nükleer Lisanslama konusunda yönetici olarak görev yapmakta olan Yüksel Atakan'ın USA ve F.Almanyadaki bilimsel dergilerde, " Nükleer Santrallarda Radyasyondan Korunma ve Radyasyon Ölçüm Sistemleri" konularında çeşitli yayınları bulunmaktadır.

Kendisi ayrıca, uzun yıllar, F.Almanyada Nükleer Santrallerle ilgili standartları hazırlayan KTA-Teknik Komitelerindeki çalışmalara, üye olarak, katılmıştır.

Yüksel ATAKAN'a, Akkuyu Nükleer Santral Projesiyle ilgili olarak TAEK'nın önerisiyle, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) uzmanı olarak 1981 / 1982 ve 1984 yıllarında kısa süreli görevler de verilmiştir.

BU KİTAPLA İLGİLİ OLARAK GÖRÜŞLER :

Prof.Dr. Gökçe BİNGÖL (Hacettepe Üniversitesi Öğretim Üyesi) :

Bu kitabın bence en önemli yanı, Çernobil kazasından sonra Türkiye'deki "Radyasyon Dozu az mı aldık, çok mu aldık" tartışmalarına, bugün bu konuda bilimin eriştiği düzeydeki yol ve yöntemleri oldukça basitleştirerek, son 3-4 yılın ölçü ve değerlendirmelerine dayanarak gerçekçi bir yanıtla katkıda bulunmasıdır. Bu nedenle, çok ilginç bulduğum bu yayının bir çok bölümlerini "düşünen herkese" okumalarını sağlık veririm.

Doç.Dr.Gürcan YÜLEK

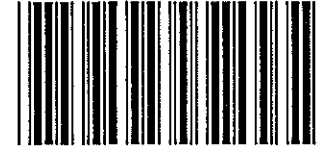
(Türkiye Atom Enerjisi Kurumu eski Başkan Yardımcısı) :

Yüksel ATAKAN'ın "Çernobil Radyoaktivitesinin Çevreye ve İnsana Etkileri" kitabının, Federal Almanyadaki ölçüm ve değerlendirme örnekleriyle birlikte basitleştirilmiş radyasyon fiziği kavram ve birimleriyle, Nükleer Alanda Bilimsel ve Teknolojik çalışmalar yapan Araştırmacılar, Üniversite Öğretim Üye ve Öğrencileri için çok yararlı bir kaynak olacağına inanıyorum.

Dr.Selahattin GÖKSEL

(Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Sağlık Fiziği Bölümü eski Başkanı) :

Bu kitap, "Çernobil Radyoaktivitesinin Etkileri" örneğiyle, Radyasyon ve Sağlık Fiziği konusundaki temel kavram ve bilimsel gelişmeleri, çok kimsenin anlayabileceği bir dilde açıklaması yönüyle ilginç ve yararlı bir yapıttır düşüncesindeyim. Özellikle Radyasyon Doz/Risk bağlantılarıyla ilgili son gelişmeler ile alçak dozların, vücutta kanser gibi hasarlara yol açıp açamayacağı konusundaki belirsizlikleri, okuyucuya güzel bir şekilde sergilemektedir. Bu nedenle kitabın, özellikle Tıp Fakülteleri Radyoterapi Bölümleriyle, Radyasyon Biyolojisi ve diğer doğal bilim ve nükleer teknolojiye çalışanlara ışık tutacağına inanıyorum.



TURDOK

Fizik Y.Müh. Cemal TÜZÜN

(Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Sağlık Fiziği Bölümü Başkanı) :

Bu kitap bir bütün olarak, Radyasyon Fiziği, Dozimetri, Radyobiyojoloji konularında çalışma yapan ve konuya ilgi duyanlar için iyi bir El Kitabı olacaktır sanırım. Ayrıca, bu kitabın, Çernobil olayı ve sonrası değerlendirmeleri ile muhtemel nükleer ve radyolojik tehlike durumları için etkili bir alt-yapı oluşturulmasına önemli ölçüde katkıda bulunacağı düşüncesindeyim.