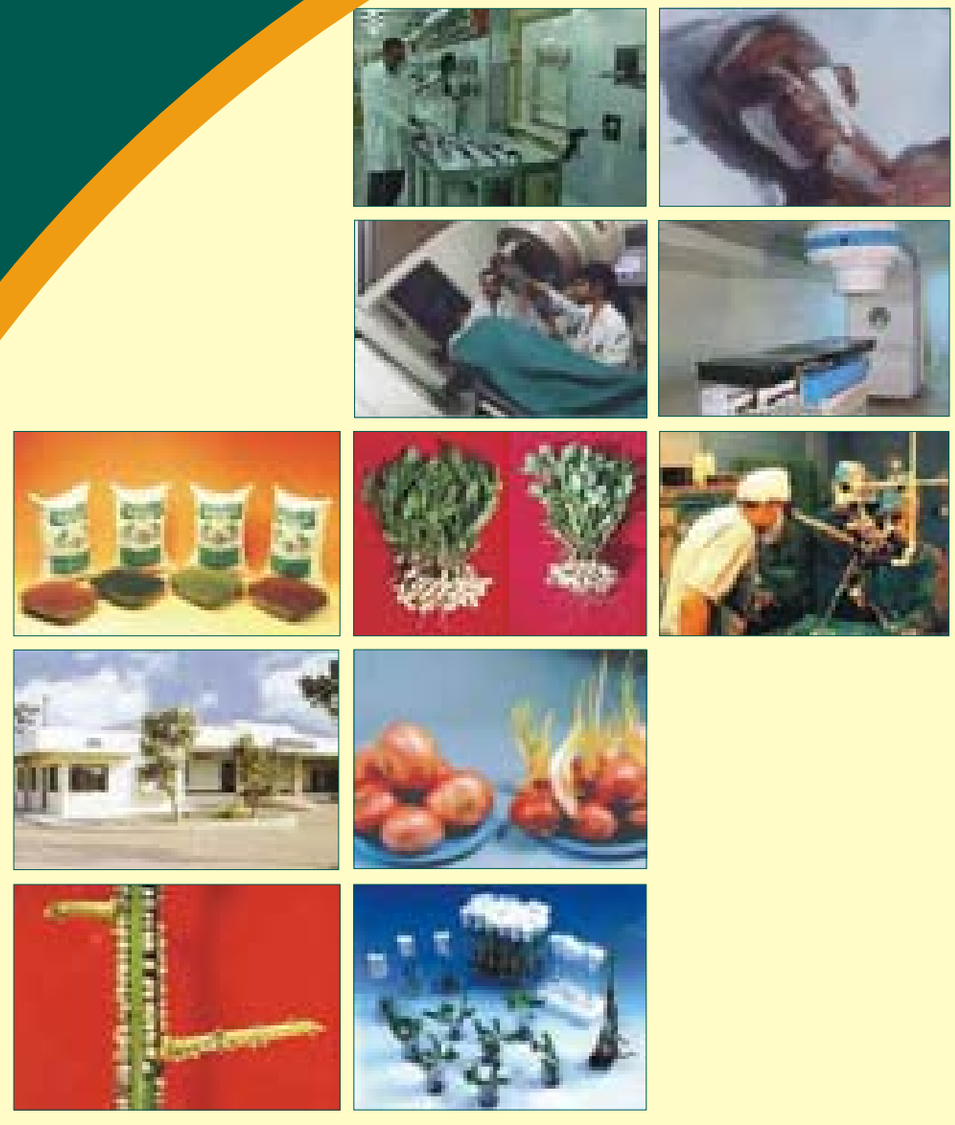
# विकिरण, स्वास्थ्य एवं समाज

# Radiation, Health and Society



परमाणु ऊर्जा विभाग
Department of Atomic Energy

# विकिरण, स्वास्थ्य एवं समाज

# Radiation, Health and Society

*साभार: विकिरण, स्वास्थ एवं समाज, लेखक डॉ.बियॉर्न वॉलस्ट्रोम, आईएईए (97-05055 IAEA/PI/A56E)( नवम्बर 1997)*

Courtesy: Radiation, Health and Society by Dr. Bjorn Wahlstrom, IAEA(97-05055IAEA/PI/A56E)(November1997)

# विषय सूची / Contents


| | | |
|---|---|---|
| विकिरण, स्वास्थ्य एवं समाज | 1 | **Radiation, Health and Society** |
| नाभिकीय घटना | 2 | **The Nuclear Phenomenon** |
| रेडियोसक्रिय क्षय | 3 | **Radioactive Decay** |
| वातावरण में विकिरण की उपस्थिति | 4 | **Radiation all Around Us** |
| विकिरण एवं जीवित ऊतक | 8 | **Radiation and Living Tissue** |
| विकिरण से बचाव | 9 | **Radiation Protection** |
| उच्च डोज | 18 | **High Doses** |
| नाभिकीय विद्युत | 30 | **Nuclear Power** |
| चर्नोबिल - एक विश्लेषण | 37 | **Chernobyl - A Case Study** |
| निष्कर्ष | 40 | **Conclusion** |

# प्राक्कथन

सृष्टि के प्रारंभ से ही प्राकृतिक विकिरण हमारे पर्यावरण का अभिन्न अंग रहा है। मनुष्य हमेशा से विकिरण के साथ ही रहता आया है- फिर चाहे वह ब्रह्मांड से मिलने वाला कॉस्मिक विकिरण हो या आस-पास के वातावरण से मिलने वाला पृष्ठीय विकिरण या रेडियोएक्टिव तत्वों से उत्सर्जित होने वाला नैसर्गिक विकिरण।

परंतु कृत्रिम विकिरण का उपयोग मनुष्य ने लगभग एक शताब्दी पहले ही सीखा है। तब से अब तक विकिरण के अनुप्रयोगों ने मानव जीवन को बेहतर बनाने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। आज संपूर्ण विश्व विकिरण के लाभों से तो परिचित है किन्तु हिरोशिमा और नागासाकी पर एटम बम का हमला और चेर्नोबिल तथा थ्री-माइल आइलैंड जैसी पिछली सदी की घटनाओं ने मनुष्य के मस्तिष्क पर एक ऐसी छाप छोड़ी है कि हमारी सोच आज भी विकिरण के भय से मुक्त नहीं हो पाती है। साथ-ही हम विकिरण के लाभों से वंचित भी नहीं होना चाहते हैं।

परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा परमाणु ऊर्जा और विकिरण के अनुप्रयोगों के माध्यम से राष्ट्र के विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया जा रहा है। कृषि, चिकित्सा, उद्योग आदि क्षेत्रों में विकिरण के अनुप्रयोग से संभावनाओं के नए द्वार खुले हैं। अत: हमारे लिए यह अत्यंत आवश्यक हो जाता है कि हम विकिरण के लाभों तथा उससे जुड़े जोखिम को सही परिप्रेक्ष्य में समझें और इससे संबंधित समाज में व्याप्त भ्रांतियों के निराकरण के लिए आवश्यक उपाय करें।

इसी परिप्रेक्ष्य में, विकिरण संबंधी विभिन्न अनुप्रयोगों के क्षेत्र में कार्यरत कार्मिकों और आम जनता की जानकारी के लिए अन्तर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (आईएईए) द्वारा **Radiation, Health and Society** विषय पर डॉ. बोर्न वॉलस्ट्रॉम द्वारा अंग्रेजी में लिखित एक पुस्तिका प्रकाशित की गई है। इसके माध्यम से विकिरण के प्रति आम जनता में भय तथा पूर्वाग्रहों को दूर करने का प्रशंसनीय प्रयास किया गया है। इस पुस्तिका की उपयोगिता को देखते हुए परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा इसका हिन्दी रूपांतरण **विकिरण, स्वास्थ्य और समाज** तैयार कराया गया है।

मेरा विनम्र अनुरोध है कि परमाणु ऊर्जा विभाग तथा इसकी संस्थापनाओं में प्रत्येक वर्ग के कर्मचारियों को विकिरण के प्रति शिक्षित करने में इस प्रकाशन का उपयोग किया जाए। कर्मचारियों के लिए आयोजित विभिन्न शिक्षण/प्रशिक्षण कार्यक्रमों तथा विभाग की संस्थापनाओं द्वारा अपने आस-पास अवस्थित आबादी वाले क्षेत्रों में जनजागरूकता अभियान के अंतर्गत आयोजित किए जाने वाले

# FOREWORD

Since the creation of universe, natural radiation has been an integral part of our environment. Man has always been living in the presence of radiation, whether it is cosmic radiation or background radiation or the spontaneous radiation emitted by the radioactive elements.

However, man has learnt the use of artificial radiation merely a century ago. Since then, applications of radiation have played a significant role in improving the quality of life of the human being. Although the whole world is aware of the benefits of radiation but the panic created due to use of nuclear weapons on Hiroshima and Nagasaki and the accidents that occurred thereafter at Three Miles Island and Chernobyl were so deep in the mind of the common man that we are still struggling to come out of it. At the same time we cannot afford to be deprived of the fruits of radiation.

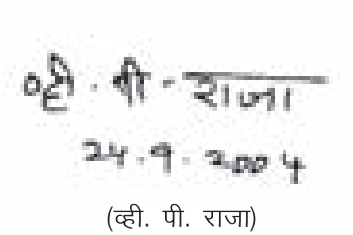
Department of Atomic Energy is contributing significantly in the development of the nation by the use of nuclear energy and radiation. Applications of radiation in the field of Agriculture, Medicine and Industry have opened up new horizons. It is therefore necessary to understand in the true perspective the advantage of radiation and the amount of risk involved therein.

IAEA has brought out a publication in English written by Dr. Bjorn Wahlstrom entitled "Radiation, Health and Society" which is very useful document for persons working with various applications of radiation and also for the common public. This work is an exemplary effort to remove fear and prejudices that persist among the general public against radiation. Keeping in view the great utility of this book, DAE has prepared its Hindi version entitled"**Vikiran, Swasthya Aur Samaj".**

**It is my humble advice that this book should be used to educate all employees in DAE and its Establishments. This may be used extensively in various in-house training programmes organised for the employees. It can also be used in**

विविध कार्यक्रमों में लोगों को विकिरण संबंधी तथ्यात्मक एवं सही जानकारी देने में इस पुस्तिका का उपयोग किया जाए। पुस्तकालयों तथा जन-सूचना एवं प्रचार माध्यमों में इसका उपयोग किया जा सकता है।

मैं, इस बहुमूल्य सूचनावर्धक तथा जनोपयोगी अंग्रेजी संस्करण के प्रकाशन के लिए अंतर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी के प्रति हार्दिक प्रशंसा तथा आभार प्रकट करता हूँ एवं आशा करता हूँ कि हिन्दी में अनुदित यह संस्करण उपरोक्त वर्णित उद्देश्यों की प्राप्ति में सहायक होगा।



(व्ही. पी. राजा)
संयुक्त सचिव, भारत सरकार
परमाणु ऊर्जा विभाग

मुंबई
दि : 24 सितंबर 2004

**providing factual and correct information to the members of the public about radiation through various Public Awareness Programmes organised for the inhabitants staying in the vicinity of the Nuclear installations.**

I express my sincere gratitude and acknowledgement to IAEA for bringing out such an invaluable and informative publication and hope that this document in bilingual (Hindi-English) form will be helpful in achieving its desired objectives.

**(V.P. Raja)**
**Joint Secretary, Government of India**
Department of Atomic Energy

**Mumbai**
**Dated : 24th September 2004**

## विकिरण, स्वास्थ्य एवं समाज

हम एक प्राकृतिक रूप से रेडियोसक्रिय विश्व में रहते हैं। हमारी हड्डियों में रेडियोसक्रिय पोलोनियम और रेडियम मौजूद हैं, हमारी माँसपेशियों में रेडियोसक्रिय कार्बन और पोटैशियम मौजूद है और हमारे फेफड़ों में रेडियोसक्रिय नोबल गैसें और ट्रीशियम मौजूद है। अंतरिक्ष से कॉस्मिक विकिरण हम पर निरंतर बरसता है और जो प्राकृतिक और कृत्रिम वस्तुएँ हम खाते और पीते हैं, वे हमें अंदर से किरणित करती रहती हैं।

खाद्य पदार्थ
Food

पेय पदार्थ
Drink

घर
House

1895 में एक्स-रे के अविष्कार से पहले केवल प्राकृतिक विकिरण ही अस्तित्व में था। 1896 में प्राकृतिक रेडियोसक्रियता की खोज की गई और तभी से इसका उपयोग चिकित्सा और अनुसंधान के क्षेत्र में होने लगा। 1934 में पहली बार कृत्रिम रूप से रेडियोसक्रिय पदार्थों का उत्पादन किया गया। तभी से इन पदार्थों का उपयोग समाज के हित के लिए विज्ञान, अनुसंधान, उद्योग, पर्यावरण संरक्षण, चिकित्सा सहित कई शैक्षणिक और वाणिज्यिक क्षेत्रों में हो रहा है।

विकिरण के लाभों के बावजूद अक्सर आम लोग इससे और इसके प्रभावों से डरे-सहमे रहते हैं। लोगों में स्वास्थ्य और जीवन पर होने वाले प्रभावों के बारे में चिंता बनी रहती है। वर्ष 1986 में हुई चेर्नोबिल परमाणु बिजली संयंत्र दुर्घटना के मनोवैज्ञानिक एवं सामाजिक प्रभाव आज भी देखे जा सकते हैं।

विकिरण के कुछ खतरों को सही ठहराया जा सकता है। लेकिन इनमें से अधिकांश जानकारी के अभाव के कारण है। कई लोगों ने विकिरण की मौलिक जानकारी तो हासिल कर ली है लेकिन उनके सभी प्रश्नों के संतोषजनक समाधान प्रस्तुत करने के लिए यह जानकारी पर्याप्त नहीं है, और इसके परिणामस्वरूप, जैसा कि किसी भी क्षेत्र में हो सकता है, आधी-अधूरी जानकारी बढ़ा-चढ़ा कर अनावश्यक डर पैदा कर देती है।

इस पुस्तिका का उद्देश्य विकिरण एवं समाज के लिए इसकी उपयोगिता के बारे में व्यापक एवं तथ्यपरक जानकारी देना है। इसमें समझाया गया है कि विकिरण के उद्भासन के कारण स्वास्थ्य पर कौन से तीक्ष्ण एवं दीर्घ-कालीन प्रभाव पड़ते हैं। चूंकि प्रत्येक व्यक्ति हर समय, प्राकृतिक एवं मानव-निर्मित, किसी-न-किसी प्रकार के विकिरण से उद्भासित हो रहा है, अत: यह जानकारी हम सभी से संबंधित है।

## Radiation, Health and Society

We live in a naturally radioactive world. Radioactive polonium and radium are present in our bones; our muscles contain radioactive carbon and potassium and there are radioactive noble gases and tritium in our lungs. We are bombarded by cosmic radiation from space and irradiated from within by the natural and artificial substances we eat and drink each day.

Until the invention of the X-ray tube in 1895, the only radiation in existence was natural radiation. In 1896, natural radioactivity was discovered and was used for medical and research purposes until 1934, when the first artificial radioactive materials were produced. Since then, many such substances have been utilized to the benefit of society, in science, research, industry, environmental protection, medicine and a number of academic and commercial fields.

In spite of the advantages of radiation, many people are afraid of it and its effects. The public are particularly worried about nuclear accidents in their own country or in neighbouring countries that could affect their health and everyday lives. The accident in 1986 at the Chernobyl nuclear power plant continued to have psychological and social repercussions even today.

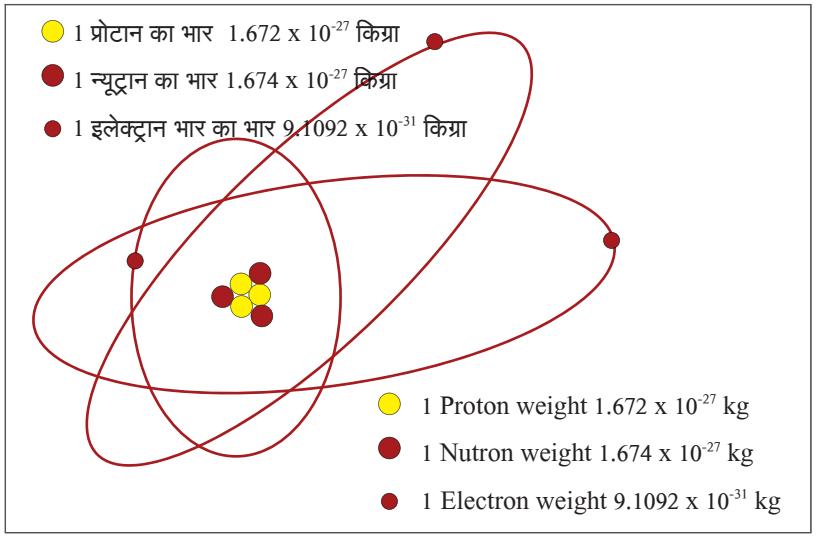
Some fears of radiation may be justified. Many, however, are due to lack of knowledge. Most people have acquired a basic understanding of radiation, but that may not be enough to answer all their questions in a satisfactory manner and, as in any sphere, incomplete knowledge may lead to inflated and unnecessary fears.

The purpose of this booklet is to provide a comprehensive and factual overview of radiation and its uses in society. It explains, in particular, acute and long-term effects of radiation on the health of those who are exposed to it. As everyone is exposed, every day, to some radiation from nature and from man-made sources, the information is relevant to us all.

## नाभिकीय घटना

प्रत्येक व्यक्ति और प्रत्येक वस्तु परमाणुओं से मिलकर बनी होती है ।

एक औसत वयस्क व्यक्ति में ऑक्सीजन, कार्बन, हाइड्रोजन्न, नाइट्रोजन, फास्फोरस, पोटैशियम और अन्य तत्वों के लगभग 4,000,000,000,000,000,000,000,000,000 परमाणु होते हैं।




एक परमाणु का द्रव्यमान उसके नाभिक में केंद्रित होता है जिसका आयतन, पूरे परमाणु के आयतन का एक करोड़वें भाग का सौवाँ हिस्सा होता है। नाभिक के चारों ओर का स्थान लगभग खाली रहता है, यहाँ केवल कुछ सूक्ष्म ऋण आवेशित कण होते हैं, जिन्हें इलैक्ट्रॉन कहते हैं और जो नाभिक के चारों ओर घूमते रहते हैं । इलैक्ट्रॉन, किसी भी तत्व के रासायनिक व्यवहार का निर्धारण करते हैं। इनका रेडियोसक्रियता से कोई संबंध नहीं होता। रेडियोसक्रियता पूरी तरह नाभिक की संरचना पर ही आधारित होती है।

किसी भी तत्व को उसके नाभिक में अवस्थित प्रोटॉनों की संख्या के आधार पर पारिभाषित किया जाता है। हाइड्रोजन में 1, हीलियम में 2, लीथियम में 3, बेरिलियम में 4, बोरोन में 5 और कार्बन में 6 प्रोटॉन होते हैं। जैसे-जैसे प्रोटॉनों की संख्या बढ़ती जाती है वैसे-वैसे नाभिक भारी होते जाते हैं। थोरियम में 90, प्रोटेक्टीनियम में 91 और यूरेनियम में 92 प्रोटॉन होते हैं । 92 से अधिक प्रोटॉन वाले भारी तत्वों को परायूरेनियम (ट्रांस्यूरेनिक्स) तत्व कहा जाता है।

न्यूट्रॉन की संख्या यह निश्चित करती है कि नाभिक रेडियोसक्रिय है या नहीं। नाभिक को संतुलित (स्टेबल) रखने के लिए, अधिकतर मामलों में, न्यूट्रॉनों की संख्या, प्रोटॉनों की संख्या से कुछ अधिक होनी चाहिए। एक संतुलित नाभिक में, प्रोटॉन और न्यूट्रॉन एक नाभिकीय बल से इस प्रकार मजबूती से बंधे रहते हैं कि कोई भी कण अलग नहीं हो सकता। यदि ऐसी स्थिति है तो सब कुछ ठीक रहता है और नाभिक संतुलित और स्थिर बना रहेगा। किंतु यदि न्यूट्रॉन की संख्या में संतुलन न हो तो स्थिति एकदम अलग होगी । ऐसी स्थिति में नाभिक में अतिरिक्त ऊर्जा होगी और उसे एकत्रित रूप में नहीं रखा जा सकता। देर-सबेर, वह इस अतिरिक्त ऊर्जा को उत्सर्जित करेगा।

अलग-अलग नाभिक अपनी ऊर्जा विद्युत चुंबकीय तरंगों और/या कणों की श्रृंखला के रूप में, अलग-अलग तरीकों से उत्सर्जित करते हैं। इस ऊर्जा को विकिरण कहते हैं।

## The Nuclear Phenomenon

Every person and everything consists of atoms.

The average adult is a package of approximately 4,000,000,000,000,000,000, 000,000,000 atoms of oxygen, carbon, hydrogen, nitrogen, phosphorus, potassium and other elements.

The mass of an atom is concentrated in the nucleus, whose volume is a mere one hundredth of a billionth of the entire volume of the atom. The space around the nucleus is almost empty except for tiny, negatively charged particles, called electrons, that encircle it. Electrons determine the chemical behaviour of a given substance. They have nothing to do with radioactivity. Radioactivity is solely dependent on the structure of the nucleus.

An element is defined by the number of protons in its nucleus. Hydrogen has 1 proton, helium 2, lithium 3, beryllium 4, boron 5, and carbon has 6. As the number of protons increases, nuclei become heavier. Thorium has 90 protons, protactinium 91 and uranium 92. Heavy elements with more than 92 protons are known as transuranics.

The number of neutrons determines whether the nucleus is radioactive. For the nucleus to be stable, the number of neutrons should, in most cases, be a little higher than the number of protons. In a stable nucleus, the protons and neutrons are bound together by nuclear forces, so strong that no particles can escape. If that is the case, all is well and the nucleus will stay balanced and calm. Things are very different, however, if the number of neutrons is out of balance. In such a case, the nucleus has excess energy and simply cannot hold together. Sooner or later, it will discharge its excess energy.

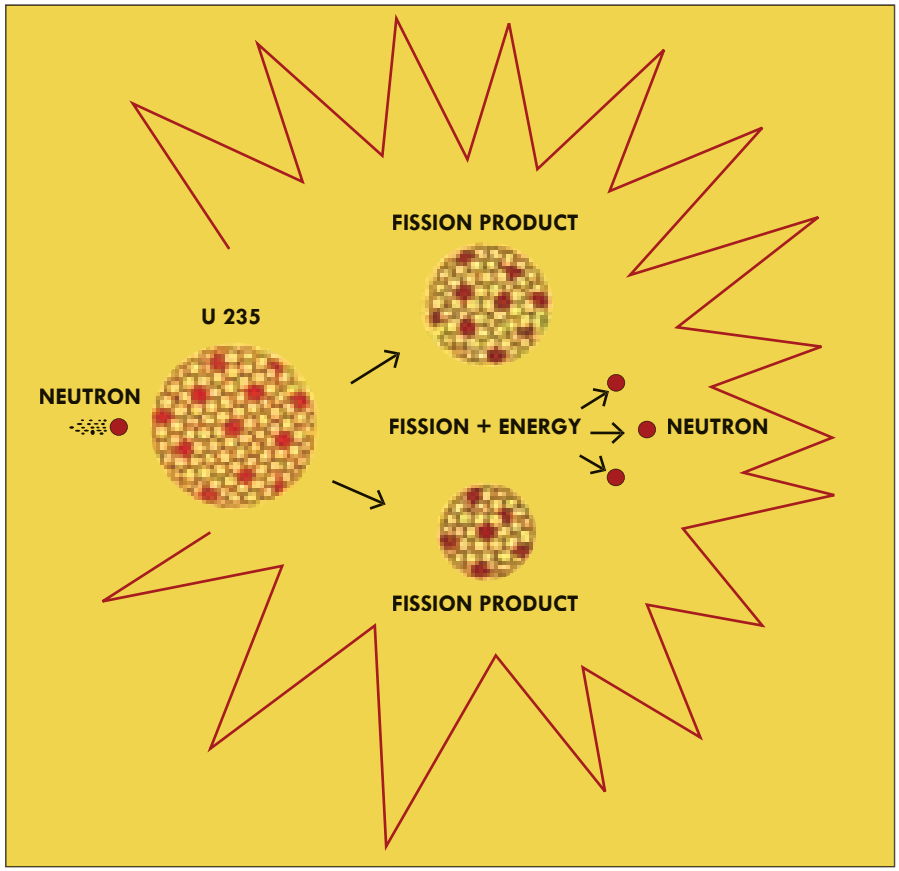
Different nuclei release their energy in different ways, in the form of electromagnetic waves and/or streams of particles. That energy is called radiation.

## रेडियोसक्रिय क्षय

जब कोई असंतुलित परमाणु अपनी अतिरिक्त ऊर्जा उत्सर्जित करता है तो इस प्रक्रिया को रेडियोसक्रिय क्षय कहते हैं। कम प्रोटॉन और न्यूट्रॉन वाले हल्के नाभिक एक क्षय के बाद संतुलित हो जाते हैं। लेकिन जब रेडियम या यूरेनियम जैसे भारी नाभिक का क्षय होता है तो परिणामस्वरूप बनने वाला नाभिक असंतुलित बना रह सकता है और कई बार क्षयित होने के बाद ही वह संतुलित अवस्था में पहुँचता है।

उदाहरण के लिए यूरेनियम-238 को ले लें जिसमें 92 प्रोटॉन और 146 न्यूट्रॉन होते हैं और जब भी इसका क्षय होता है तो यह 2 प्रोटॉन और 2 न्यूट्रॉन खो देता है। यूरेनियम-238 के क्षय के बाद इसमें 90 प्रोटॉन शेष रह जाते हैं किंतु 90 प्रोटॉन वाला नाभिक थोरियम का होता है। इस प्रकार यूरेनियम नाभिक से एक संतति नाभिक थोरियम-234 का जन्म होता है और वह भी असंतुलित होता है तथा एक और क्षय के पश्चात प्रोटेक्टीनियम में परिवर्तित हो जाता है। इस श्रृंखला में, 14 क्षयों के पश्चात ही अंतत: लेड के रूप में संतुलित नाभिक प्राप्त होता है।

इस रेडियोसक्रिय क्षय प्रक्रिया के कारण ही वातावरण में कई रेडियोसक्रिय नाभिक अस्तित्व में आते हैं।




*परमाणु विखंडन / Fission*

## Radioactive Decay

An event during which an unstable atom emits its excess energy is called a radioactive decay. Light nuclei, with a few protons and neutrons, become stable after one decay. When a heavy nucleus such as radium or uranium decays, the resulting nucleus may still be unstable and the final stable state will be reached only after several decays.

Uranium-238, for example, which has 92 protons and 146 neutrons, always loses 2 protons and 2 neutrons when it decays. The number of protons remaining after uranium-238 decays is 90, but a nucleus with 90 protons is thorium. The uranium nucleus has thus given birth to a daughter nucleus, thorium-234, which is also unstable and will turn into protactinium through a new decay. The final stable nucleus, lead, will not be generated until after the fourteenth decay.

The radioactive decay process accounts for the existence of many radioactive nuclides in the environment.

## रेडियोसक्रियता की यूनिट : बैकरल

रेडियोसक्रियता से तात्पर्य है, किसी भी पदार्थ द्वारा विकिरण उत्सर्जित करने की क्षमता। इससे हमें उत्सर्जित विकिरण की तीव्रता या स्वास्थ्य पर इसके संभावित प्रभाव का कोई संकेत नहीं मिलता है। यह संकेत हमें सक्रियता की इकाई-बैकरल से मिलता है जिसका नाम फ्रांसीसी भौतिकीविद् हेनरी बैकरल के नाम पर पड़ा है।

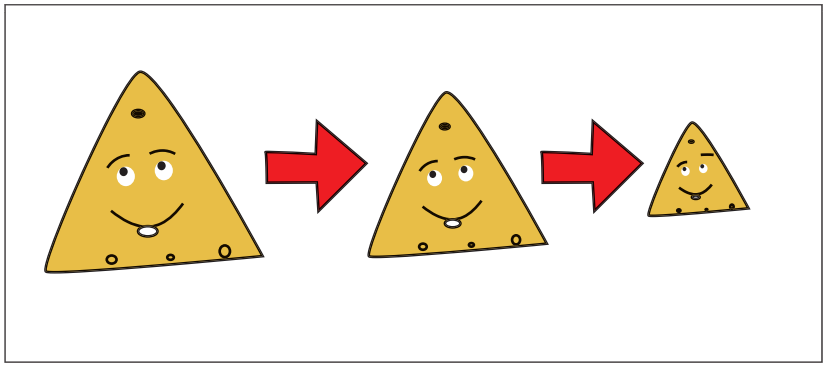
एक रेडियो नाभिक की सक्रियता, उसके अपने आप क्षयित होने की दर से मापी जाती है। यदि क्षयों की संख्या एक प्रति सेकंड है तो पदार्थ की रेडियोसक्रियता एक बैकरल (Bq) कही जाती है। पदार्थ की मात्रा या आकार से रेडियोसक्रियता का कोई संबंध नहीं होता है। स्टील की रेडियोस्कोपी

## The unit of activity : Becquerel

Radioactivity refers to the capability of a given substance to emit radiation. It does not give an idea of the intensity of radiation emitted or the possible health hazards involved. That is provided by the unit of activity, the Becquerel, named after the French physicist, Henri Becquerel.

The activity of an amount of a radionuclide is provided by the rate at which spontaneous decays occur within it. If the number of decays is one per second, the activity of the substance is said to be one Becquerel (Bq). The activity is in no way related to the size or mass of a substance. A radiation source, the size of a cigarette

में उपयोग में आने वाला सिगरेट के ठूँठ के आकार का विकिरण स्रोत, एक बैरल रेडियोसक्रिय अपशिष्ट से करोड़ों गुणा अधिक सक्रिय हो सकता है। यदि किसी पदार्थ की थोड़ी सी मात्रा में 1000 प्रति सेकेंड की दर से क्षय होता है, तो उसकी सक्रियता किसी दूसरे अधिक मात्रा वाले उस पदार्थ से 100 गुणा अधिक होगी जो 10 प्रति सेकेंड की दर से क्षयित हो रहा है।



### अर्ध आयु (हॉफ लाइफ)

अर्ध आयु से किसी पदार्थ के क्षयित होने की दर का पता चलता है। किसी पदार्थ की निश्चित मात्रा में उसके आधे असंतुलित नाभिकों को क्षयित होने में जो समय लगता है उसे अर्ध आयु कहते हैं। प्रत्येक रेडियो नाभिक की अर्ध आयु अपरिवर्तनीय एवं विशिष्ट होती है और यह सेकेंड के एक हिस्से से लेकर कई करोड़ वर्ष भी हो सकती है। सल्फर-38 की अर्ध आयु 2 घंटे 52 मिनट, रेडियम-223 की 11.43 दिन और कार्बन की 1,45,730 वर्ष है। प्रत्येक उत्तरोत्तर अर्ध आयु में, रेडियो नाभिकों की सक्रियता क्षयित होकर आरंभिक मात्रा की 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 और इसी प्रकार कम होती चली जाती है। इसके कारण, यह आकलन करना संभव हो जाता है कि भविष्य में किसी निश्चित समय पर किसी भी पदार्थ में सक्रियता कितनी शेष रहेगी।

## वातावरण में विकिरण की उपस्थिति

विकिरण पर्यावरण में हर स्थान पर विद्यमान है। सबसे लंबी आयु के रेडियोसक्रिय पदार्थ, पृथ्वी के अस्तित्व में आने से पहले भी विद्यमान थे। इससे यह स्पष्ट है कि विकिरण प्रभासन थोड़ी बहुत मात्रा में आवश्यक रूप से हमेशा से विद्यमान रहा है और आज भी है और इसका होना सामान्य भी है। पिछली शताब्दी के दौरान, हथियार परीक्षणों और परमाणु विद्युत उत्पादन के कारण पृष्ठभूमिक विकिरण में भारी वृद्धि हुई है। पृष्ठभूमिक विकिरण की तीव्रता कई कारकों पर निर्भर करती है : हम कहाँ रहते हैं, भूमि की संरचना, भवन निर्माण सामग्री, ऋतुएँ, समुद्रतल से ऊँचाई और कुछ हद तक मौसमी परिस्थितियों पर भी। वर्षा, हिमपात, उच्च दाब, निम्न दाब और हवा के रूख आदि सभी का प्रभाव विकिरण के स्तर पर पड़ता है। विकिरण को उसकी उत्पत्ति के आधार पर प्राकृतिक और कृत्रिम दो वर्गों में बाँटा जाता है।

### प्राकृतिक विकिरण

कुछ पृष्ठभूमिक विकिरण, कॉस्मिक विकिरण, अंतरिक्ष से आते हैं। चूंकि अधिकतर विकिरण पृथ्वी के वायुमंडल द्वारा रोक दिए जाते हैं अत: इनमें से कुछ मात्रा ही भूमि तक पहुँचती है। किसी पर्वत की चोटी पर या हवाई जहाज में यात्रा करते समय, विकिरण प्रभासन समुद्र तल की अपेक्षा कई गुणा अधिक रहता है। हवाई जहाज कर्मी अपने व्यवसायिक जीवन का अधिकतर हिस्सा ऊँचाइयों पर बिताते हैं जहाँ कॉस्मिक विकिरण, सामान्य पृष्ठभौमिक विकिरण से 20 गुणा अधिक होता है।

butt used in the radioscopy of steel, may be billions of times more active than a barrel of radioactive waste. If the number of decays taking place in a small amount of substance is 1,000 per second, then its activity is 100 times higher than a large amount of substance undergoing only 10 decays per second.

### The half-life

An idea of the decay rate is provided by the half-life, the period of time during which half the unstable nuclei in a certain amount of material will decay. The half-life is unique and invariable for every radionuclide and can be anything from a fraction of a second to billions of years. The half-life of sulphur-38 is 2 hours 52 minutes, of radium-223, 11.43 days and of carbon-14, 5,730 years. In successive half-lives, the activity of a radionuclide is reduced by decay to 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 and so on of the initial value. That makes it possible to predict the activity remaining in any given substance at any future time.

## Radiation all Around Us

Radiation is present through-out the environment. The most long-lived radioactive substances date back to the time before Earth began, thus a certain level of exposure is, and always has been, both unavoidable and normal. Over the last century, background radiation has increased infinitesimally because of activities such as weapons testing and nuclear power generation. The intensity of background radiation depends on many factors: where we live, the composition of the ground, building materials, the season, the latitude and, to some extent, the weather conditions. Rain, snow, high pressure, low pressure and wind directions, all affect radiation levels. Radiation is classified as natural or artificial according to its origin.

### Natural radiation

Some background radiation, cosmic radiation, comes from space. As most is blocked by the atmosphere of the Earth, only a fraction reaches the ground. On a mountain top or aboard an aircraft, exposure is many times more intensive than at sea level. Air crews spend much of their working life at altitudes where cosmic radiation is 20 times higher than normal background radiation.

प्राकृतिक, दीर्घायु वाले रेडियोसक्रिय पदार्थ, जीवाश्मीय ईंधन में अशुद्धियों के रूप में विद्यमान रहते हैं। भूमि में रहते हुए ये पदार्थ किसी को किरणित नहीं करते हैं लेकिन जलाने के बाद ये वातावरण में फैल जाते हैं और बाद में वहाँ से भूमि में पहुँच कर पृष्ठभूमिक विकिरण को थोड़ा बढ़ा देते हैं।

पृष्ठभूमिक विकिरण बढ़ने का सबसे महत्वपूर्ण कारण है रेडॉन, जो एक गैसीय पदार्थ है तथा जो रेडियम धातु के क्षय के कारण बनता है। क्षय की प्रक्रिया के दौरान बनने वाले अन्य रेडियोसक्रिय पदार्थ भूमि में अपने मूल स्थान में ही रहते हैं। लेकिन रेडॉन ऊपर उठ कर धरातल पर आ जाती है। यदि यह इधर-उधर फैल कर तनु हो जाती है तो इससे कोई हानि नहीं होती लेकिन यदि कोई मकान ऐसे स्थान पर बनाया जाता है जहां रेडॉन धरातल पर उपस्थित है तो घर के अंदर इसकी सांद्रता काफी अधिक बढ़ सकती है, विशेष रूप से वहां जहां वातायन (वेन्टीलेशन) अच्छा नहीं है। ऐसी अवस्था में घर के अंदर रेडॉन का घनत्व बाहर की अपेक्षा सौ या हजार गुना तक अधिक हो सकता है।

Natural, long-lived radioactive substances are present as impurities in fossil fuels. In the earth, such substances irradiate no-one, but when burned, they spread into the atmosphere and later migrate into the ground, causing a minor increase in background radiation.

The most common reason of all for increased background radiation is radon, a gaseous substance formed as the metal radium decays. Other radioactive substances formed during the decay process stay in their original place in the ground; radon, however, rises to the surface. If it spreads and dilutes, it causes no trouble, but if a house is built where the radon reaches the surface, heavy concentrations may build up inside the house, especially where ventilation is inadequate. The radon concentration in the house may thus be hundreds or even thousands of times than outside.

रेडॉन गैस को छोड़कर अन्य कोई प्राकृतिक विकिरण स्वास्थ्य के लिए हानिकारक नहीं पाया गया है। यह प्रकृति का हिस्सा है और हमारे शरीर में स्थित रेडियोसक्रिय पदार्थ हमारे शरीर को होने वाली प्राकृतिक आपूर्ति का हिस्सा हैं।

## कृत्रिम विकिरण

मानवीय गतिविधियों के कारण भी पर्यावरण और मानव समुदाय में रेडियोसक्रिय पदार्थों की उपस्थिति बढ़ी है। परमाणु परीक्षणों के माध्यम से वातावरण में कुछ रेडियोसक्रिय पदार्थों का निस्सरण हुआ है तथा कुछ मात्रा में परमाणु बिजलीघरों से भी निस्सरण के कारण हुआ है लेकिन परमाणु बिजलीघरों के लिए इस समय लागू निस्सरण की प्राधिकृत सीमाओं के कारण यह निस्सरण अत्यंत नाममात्र का ही रहा है। परमाणु विखंडन से उत्पन्न अधिकतर रेडियोसक्रिय पदार्थ रेडियोसक्रिय अपशिष्ट में ही बने रहते हैं जिन्हें निपटान के दौरान पर्यावरण से वियुक्त कर दिया जाता है।

## उपभोक्ता वस्तुएँ

कुछ उपभोक्ता वस्तुओं में भी रेडियोसक्रिय पदार्थ विद्यमान होते हैं। घरों में लगे स्मोक-डिटेक्टर में अल्फा कण उत्सर्जित करने वाले सूक्ष्म विकिरण स्रोत होते हैं और चमकीली घडियों और माप-

With the exception of radon gas, natural radiation has not been shown to be harmful to health. It is part of nature and the radioactive substances in our bodies are part of our natural makeup.

## Artificial radiation

Human activities have also caused radioactive substances to be found in the environment and in each of us. Some substances were discharged into the atmosphere through nuclear tests and to a far lesser degree by releases from nuclear power plants; authorized release limits in force for the latter normally ensure that these are insignificant. Most of the radioactive substances produced by nuclear fission decay remain in radioactive waste which, during disposal, is isolated from the environment.

## Consumer goods

Some consumer items contain radioactive substances. Homes are often equipped with smoke detectors containing a tiny alpha-emitting radiation source, and paint used

उपकरणों में उपयोग किए जाने वाले पेन्ट में भी रेडियोसक्रियता होती है, जिसके पेन्ट में उपस्थित फास्फोरस पदार्थ पर बमबारी करने से प्रकाश उत्पन्न होता है।

## उद्योग

कई लोग बहुत से औद्योगिक क्षेत्रों में अपने दैनिक कार्यों में रेडियोसक्रिय पदार्थों के साथ कार्य करते हैं। कई बार तो मानव की सुरक्षा सुनिश्चित करने हेतु विभिन्न अनुप्रयोगों में विकिरण की तेज नजर का उपयोग किया जाता है।

हवाई अड्डों पर सूटकेसों की जांच तथा बिल्डिंगों, पाइपलाइनों और अन्य संरचनाओं में वेल्डिंग की त्रुटियों और दरारों की जाँच के लिए एक्स-रे का उपयोग किया जाता है। गुणवत्ता-नियंत्रण के क्षेत्र में कागज के उत्पादों, प्लास्टिक फिल्मों और मेटल शीटों की मोटाई के नियमन और उनके मानीटरन में भी यह उपयोगी है। बड़ी-बड़ी भंडारण टंकियों में द्रव के स्तर का पता लगाने के लिए भी विकिरण का प्रयोग किया जाता है।

## कृषि

तेज विकिरण का सफलतापूर्वक उपयोग कर खाद्यान्न फसलों और पौधों की 1500 से अधिक नई प्रजातियों का विकास किया गया है जो अपनी मूल प्रजातियों की तुलना में अधिक पैदावार देती हैं और जिनमें भारी वर्षा व ठंड सहने और कीटों का प्रतिरोध करने की अधिक क्षमता है।

जंजीबार में ट्सेट्से फ्लाई, मैक्सिको में मेडिटरेनियन फ्रूट फ्लाई, दक्षिणी अमरीका और उत्तरी अफ्रीका में न्यू वर्ल्ड स्क्रू वार्म को नियंत्रित करने के लिए विकिरण का उपयोग किया जा रहा है। स्टराइल इंसैक्ट तकनीक का उपयोग कर नर कीटों का किरणन के द्वारा बंध्याकरण कर दिया जाता है जिससे वे संतति आगे नहीं बढ़ा पाते। रासायनिक कीटनाशकों के विपरीत यह पद्धति प्रदूषण-मुक्त और अत्यंत विशिष्ट है।

## उपचार हेतु विकिरण-प्रयोग

स्वास्थ्य के क्षेत्र में, अधिकतर अनुप्रयोग विकिरण की दृश्य के पीछे देख सकने की क्षमता तथा गहन विकिरण के द्वारा कोशिकाओं को नष्ट करने की क्षमता पर निर्भर हैं।

कई देशों में अधेड़ उम्र की महिलाओं में स्तन कैंसर का पता लगाने हेतु मैमोग्राफी का उपयोग किया जाता है। दांतों के डाक्टर द्वारा जबड़ों की हड्डियों की अपसामान्यता की जाँच तथा हड्डी टूटने और हड्डियों में ओस्टियोपोरोसिस (भुरभुरापन) रोग की जाँच करने के लिए एक्स-रे का उपयोग किया जा रहा है। कई बार नैदानिक प्रयोजन हेतु भी शरीर के अंदर रेडियोसक्रिय पदार्थ को इंजेक्शन द्वारा प्रविष्ट कराया जाता है। कैंसर के उपचार के लिए अथवा शल्यक्रिया या दवाइयों के स्थानापन्न रूप में केवल विकिरण का उपयोग किया जाता है।

in luminous watches and measuring instruments also contains radioactivity which bombards the phosphorous substance in the paint, making them emit light.

## Industry

Many people deal routinely with radioactive materials in a surprisingly large number of industrial fields. The all-seeing eye of radiation is used in various applications, often to ensure human security.

X-rays are used to pry into suitcases at airports and to check for welding errors or cracks in buildings, pipelines and structures. In process control it can help in monitoring for irregularities in the thickness of paper products, plastic films and metal sheets. Radiation can even be used to measure liquid levels in large storage tanks.

## Agriculture

Strong radiation has been successfully used in developing over 1,500 new strains of food crops and plants that give a better yield and are more resistant to heavy rain, frosts or pests than the original species.

Radiation has been used to control the tsetse fly in Zanzibar, the Mediterranean fruit-fly in Mexico and the New World screw worm in the southern USA and North Africa. Using the Sterile Insect Technique or SIT, male pest flies are irradiated to make them sexually sterile before being released to mate, producing no offspring. Unlike chemical pesticides, this method is non-polluting and extremely selective.

## Healing radiation

In the health field, most applications are based on the ability of radiation to see behind the scenes and the capacity of intense radiation to kill cells.

In many countries, women in middle age are checked by mammography for breast cancer; a dentists will X-ray the jawbone for hidden abnormalities; bones are X-rayed for osteoporosis and fractures. Sometimes, medical treatment requires radioactive substances to be injected into the body for diagnostic purposes. Radiation may be used alone to cure cancer or as a complement to surgery or drugs.

## नैदानिक जाँच में पूर्व चेतावनी

एक्स-रे के माध्यम से कई बीमारियों का आरंभिक चरण में ही पता लगाया जा सकता है जिससे कि समय रहते इलाज संभव हो पाता है ।

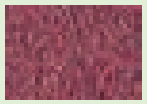
जब एक्स-विकिरण शरीर में आंशिक रूप से प्रवेश करता है तो यह एक अर्ध-प्रतिच्छाया निर्मित करता है जिसमें अंधेरे और उजाले वाले क्षेत्र होते हैं। किसी रोगी की एक्स-रे प्रतिच्छाया जब फिल्म पर पड़ती है तो यह आंतरिक अंगों का प्रतिबिम्ब बनाती है जिसका अध्ययन नैदानिक प्रयोजनों के लिए किया जाता है। फिल्म पर हड्डियाँ स्पष्ट दिखाई देती हैं किंतु जब आंतों या कार्टिलेज की जाँच करनी हो तो अक्सर रोगी को एक वैषक्य माध्यम, रक्त वाहिनी में इंजेक्शन के रूप में या मुख के द्वारा या कोलोन के माध्यम से पम्प करके दिया जाता है। जिस स्थान का एक्स-रे लेना होता है, वहां जाकर यह माध्यम स्थिर हो जाता है और चूंकि यह विकिरण को तुरंत अवशोषित करता है, अत: अंग की स्पष्ट प्रतिछाया एक्स-रे फिल्म पर आ जाती है।

## उपचार में विकिरण

जहाँ एक्स-रे की तुलना में अधिक ऊर्जा वाले विकिरण की आवश्यकता होती है, जैसा कि रेडियोथेरेपी में, वहाँ एक टेली कोबाल्ट यूनिट या आजकल रेखीय त्वरक का प्रयोग किया जाता है। रेखीय त्वरक शरीर में उच्च ऊर्जा इलैक्ट्रॉन किरण पुंज को ट्यूमर जैसे उपचार की आवश्यकता वाले ऊतकों तक पहुँचाते हैं। चूंकि किरणपुंज को निर्देशित एवं परिभाषित करना आसान होता है अत: यह आस-पास के ऊतकों अथवा त्वचा को बिना अधिक क्षति पहुँचाए कैंसर वाले ट्यूमर पर कई सप्ताह की अवधि के दौरान शक्तिशाली प्रहार करता है। उपचार के बीच के अंतराल में क्षतिग्रस्त स्वस्थ ऊतकों को ठीक होने का समय मिल जाता है। जहाँ आवश्यक हो, वहाँ रेखीय त्वरक की सहायता से शरीर के आंतरिक अंगों की एक्स-रे मशीन से, अधिक गहनता वाली प्रतिछाया प्राप्त की जा सकती है।

### उत्परिवर्तक (म्यूटेशन) जनन द्वारा भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में विकसित फसलों की किस्में

CROP VARIETIES DEVELOPED AT BARC USING MUTATION BREEDING

| | फसलें CROP | संख्या NO. | लक्षण CHARACTERISTICS |
|---|---|---|---|
| | मूंगफली GROUNDNUT | 10 | अधिक पैदावार, सुधरी गुणवत्ता High yielding, improved quality |
| | तूर PIGEON PEA | 2 | अधिक पैदावार, रोग रोधी, जल्दी पकनेवाली, सुधरी गुणवत्ता High yielding, disease resistant, early maturing improved quality |
| | काली उड़द BLACK GRAM | 4 | अधिक पैदावार, रोग रोधी High yielding, disease resistant |
| | मूंग MUNG BEAN | 4 | अधिक पैदावार, रोग रोधी High yielding, disease resistant |
| | चावल / RICE | 1 | अधिक पैदावार, सुधरी गुणवत्ता High yielding, improved quality |
|  | राई / MUSTARD | 2 | अधिक पैदावार, सुधरी गुणवत्ता High yielding, improved quality |
| | जूट / JUTE | 1 | अधिक पैदावार,रेशेदार, सुधरी गुणवत्ता High yielding, fibre yielding |

## Early warning in diagnostics

Many diseases can be revealed by X-rays at an early stage while they are still curable.

When X-radiation partly penetrates the body, it causes a semi-shadow containing darker and lighter areas. A piece of film, placed in the X-ray shadow of a patient, produces an image of the internal organs that can be read for diagnostic purposes. Bones show up well on film, but to examine intestines or cartilage, the patient is often given a contrast medium which is injected into the blood stream, swallowed, or pumped up through the colon. The medium settles into the place to be X-rayed and, as it readily absorbs radiation, provides a clear image of the organ on the X-ray film.

## Radiation in therapy

Where radiation with higher energy than X-rays is needed, as in radiotherapy, a telecobalt unit or, more recently, linear accelerator is used. The linear accelerator sends a high-energy electron beam deep into body tissue requiring treatment, such as tumours. As the beam is very easy to direct and define, it subjects cancerous tumours to powerful cross-fire over a period of several weeks without causing too much damage to surrounding tissue or the skin. Damage to healthy tissue has time to heal between treatments. Where required, the linear accelerator can be used to produce internal body images of a far greater intensity than those produced by an X-ray machine.

एक अन्य प्रकार की रेडियोथेरेपी का उपयोग थायरॉयड हारमोन (हाइपर थायरॉयडिज्म) के अत्यधिक उत्पादन और कुछ प्रकार के थायरॉइड कैंसर के उपचार के लिए किया जाता है। रोगी को आयोडीन- 131 युक्त घोल पिलाया जाता है जो थायरॉयड ग्रंथि तक पहुँच जाता है और आंतरिक रेडियोथेरेपी उपलब्ध कराता है। कुछ विशिष्ट मामलों में शरीर में उपचार के स्थान के पास एक गहन विकिरण स्रोत प्रविष्ट करा दिया जाता है जो कि अल्प अवधि के लिए स्थान विशेष पर रेडियोथेरेपी उपलब्ध कराता है।

*एक अन्य प्रकार की रेडियोथेरेपी का उपयोग थायरॉयड हारमोन (हाइपर थायरॉयडिज्म) के अत्यधिक उत्पादन और कुछ प्रकार के थायरॉइड कैंसर के उपचार के लिए किया जाता है।*
*Radiotherapy is used to treat excessive production of the thyroid hormone (hyperthyroidism) and some types of thyroid cancer.*

## निजर्मीकरण और खाद्य संरक्षण

ऐसे शल्य उपकरण और दस्ताने, जो परंपरागत निर्जर्मीकरण में उपयोग किए जाने वाले उच्च ताप को नहीं सह पाते हैं, उन्हें अति तीव्र विकिरण का उपयोग कर निर्जर्मीकृत किया जाता है। विकिरण का उपयोग कर कुछ दवाएं भी निर्जर्मीकृत की जा सकती हैं और खाद्य पदार्थों को किरणित कर उनके संरक्षण की अवधि बढ़ाई जा सकती है। वर्तमान में लगभग 20% खाद्य पदार्थ उपभोक्ता तक पहुँचने से पहले ही खराब हो जाते हैं जबकि किरणित खाद्य पदार्थ को महीनों तक संरक्षित रखा जा सकता है। खाद्य पदार्थों के किरणन से ट्राईकिनी जैसे परजीवी और सालमोनेला जैसे रोगकारक जीवाणु भी समाप्त किए जा सकते हैं। किरणित खाद्य पदार्थ अपने आप में रेडियोसक्रिय नहीं बन जाते हैं और इनसे उपभोक्ता को कोई खतरा नहीं होता।

## विकिरण एवं जीवित ऊतक

विकिरण कई प्रकार से उत्पन्न हो सकता है। जहाँ तक मानव स्वास्थ्य का संबंध है, सबसे महत्वपूर्ण विकिरण वे हैं जो पदार्थ को वेधने में समर्थ होते हैं तथा उसे विद्युत आवेशित या आयनीकृत कर देते हैं। यदि आयनीकारक विकिरण जीवित ऊतकों को वेधता है तो उत्पादित आयन कभी-कभी सामान्य जैव वैज्ञानिक प्रक्रिया को प्रभावित करते हैं। इसीलिए अल्फा विकिरण, बीटा विकिरण, गामा किरणें, एक्स-रे और न्यूट्रॉन जैसे सामान्य प्रकार के आयनीकारक विकिरण के उद्‌भासन से स्वास्थ्य पर प्रभाव पड़ सकता है।

**अल्फा विकिरण** में भारी, धन आवेशित कण या यूरेनियम, रेडियम, रेडॉन और प्लूटोनियम जैसे भारी तत्वों के परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित 2 प्रोटॉन और 2 न्यूट्रॉन के पैकेज समाहित होते हैं। अल्फा विकिरण हवा में एक-दो सेंटीमीटर से अधिक संचलन नहीं कर सकता और यह कागज की शीट या त्वचा की बाहरी मृत कोशिकाओं की सतह (त्वचा की ऊपरी परत) से पूरी तरह अवरूद्ध हो जाता है। किंतु यदि अल्फा कण उत्सर्जित करने वाला पदार्थ शरीर में प्रवेश कर जाता है तो वह अपने आस-पास की

Another form of radiotherapy is used to treat excessive production of the thyroid hormone (hyperthyroidism) and some types of thyroid cancer. The patient drinks a solution containing iodine-131 which finds its way to the thyroid gland and provides internal radiotherapy. In specialized cases, a small intensive radiation source can also be inserted into the body near the treatment site to provide short-term localized radiotherapy.

## Sterilization and food preservation

Very strong radiation can be used to sterilize equipment such as surgical instruments and gloves that are unable to withstand temperatures used in conventional sterilization. Certain drugs may be sterilized by radiation and food-stuffs can be irradiated to improve conservation. Currently, some 20 per cent of foodstuffs spoils before reaching the consumer, whereas irradiated food keeps form months. Food irradiation also eliminates parasites like trichinae and pathological bacteria like salmonella. Irradiated food does not become radioactive itself and presents no risk to the consumer.

## Radiation and Living Tissue

Radiation occurs in many forms. As far as human health is concerned, the most important types are those that are able to pass through matter and cause it to become electrically charged or ionized. It ionizing radiation penetrates living tissue, the ions produced may sometimes affect normal biological processes. Exposure to any of the common types of ionizing radiation: alpha radiation, beta radiation, gamma rays, X-rays and neutrons, may thus have effects on health.

**Alpha radiation** consist of heavy, positively charged particles or packages of two protons and two neutrons emitted by the atoms of heavy elements such as uranium, radium, radon and plutonium. In the air, alpha radiation cannot travel further than a couple of centimetres and is blocked totally by a sheet of paper or by the epidermis, the outer dead layer of skin. If, however, an alpha-emitting substance is taken into the

कोशिकाओं को अपनी पूरी ऊर्जा उत्सर्जित करेगा। उदाहरण के लिए एक बार यदि यह फेफड़ों में पहुँच जाए तो यह संवेदनशील ऊतकों को आंतरिक डोज देगा क्योंकि उन्हें त्वचा की तरह ऊपरी त्वचा का सुरक्षा कवच प्राप्त नहीं होता।

**बीटा विकिरण** इलैक्ट्रॉन कण हैं जो अल्फा कणों से बहुत छोटे होते हैं। ये अधिक गहराई तक वेधन में सक्षम होते हैं। इन्हें धातु की चादर, खिड़की के कांच या सामान्य कपड़ों से रोका जा सकता है और ये समान्यत: त्वचा की केवल ऊपरी तह ही वेध पाते हैं, जिससे अनावृत त्वचा को क्षति पहुँच सकती है। यदि बीटा कण शरीर में प्रवेश कर जाते हैं तो ये आंतरिक ऊतकों को किरणित कर देते हैं।

**गामा विकिरण** वैद्युत चुंबकीय तरंग ऊर्जा है। वायु में इसकी रेंज लंबी रहती है। इसकी वेधन क्षमता काफी अधिक होती है। जैसे ही गामा विकिरण किसी पदार्थ में प्रवेश करता है तो इसकी तीव्रता कम होना शुरू हो जाती है। अपने मार्ग में यह आस-पास के परमाणुओं से टकराता चलता है। शरीर की कोशिकाओं के साथ इस तरह की क्रिया त्वचा या आंतरिक ऊतकों को क्षति पहुँचा सकती है। लेड और कंक्रीट जैसे गहन पदार्थ, गामा किरणों को रोकने के लिए अच्छे रोधक होते हैं।

*विकिरण संसाधित प्याज़ (बांए) Radiation processed onion (Left)*

**एक्स विकिरण**, गामा विकिरण की तरह ही नाभिक से उत्सर्जित होता है किंतु इसे एक एक्स-रे ट्यूब, जो अपने आप में रेडियोसक्रिय नहीं होती, में कृत्रिम तरीके से उत्पादित किया जाता है। चूंकि एक्स-रे ट्यूब बिजली द्वारा प्रचालित होती है, अत: एक्स किरणों का उत्पादन एक स्विच के माध्यम से शुरू व बन्द किया जा सकता है।

**न्यूट्रॉन विकिरण** परमाणु के नाभिक के विखंडन के दौरान पैदा होता है। यह अपने आप में आयनीकारक विकिरण नहीं होता है किंतु यदि यह दूसरे नाभिक से टकराता है तो यह उसे सक्रिय कर सकता है या उससे गामा किरणें या आवेशित कण उत्सर्जित हो सकते हैं, जिनके परिणामस्वरूप आयनकारी विकिरण पैदा होता है। न्यूट्रॉन की वेधन क्षमता, गामा किरणों से अधिक होती है और इन्हें कंक्रीट की मोटी दीवार, पानी या पैराफिन के रोधक से ही रोका जा सकता है। भाग्य से न्यूट्रॉन विकिरण, व्यावहारिक रूप में परमाणु रिएक्टर और परमाणु ईंधन के आस-पास के अलावा और कहीं विद्यमान नहीं रहता।

## विकिरण से बचाव

एक्स-रे ट्यूब के अविष्कार के तुरंत बाद, इस पर काम करने वाले लोगों ने पाया कि उनके हाथ की त्वचा को क्षति पहुंची थी। इस संबंध में जानकारी प्राप्त करने के लिए कुछ वैज्ञानिकों न जानबूझ कर अपनी त्वचा को किरणित किया और पाया कि अधिक उद्भासन से कई सप्ताह बाद, त्वचा लाल हो

body, it will release all its energy to the surrounding cells. Once in the lungs, for instance, it will provide an internal dose to the sensitive tissue which, unlike the skin, is not shielded by an epidermis.

**Beta radiation** consists of electrons, which are much smaller than alpha particles and able to penetrate a little deeper. It can be stopped by sheet metal, window glass and ordinary clothing and will usually penetrate only the top layer of skin. It can damage bare skin. If beta-emitting particles enter the body, they will irradiate internal tissues.

**Gamma radiation** is electro-magnetic wave energy. Its range in air is long and its penetration power substantial. From the moment gamma radiation enters a substance, its intensity starts decreasing. Along its path, it bumps into atoms here and there. Such interaction with body cells may damage skin or internal tissues. Dense materials, such as lead and concrete, are excellent barriers against gamma rays.

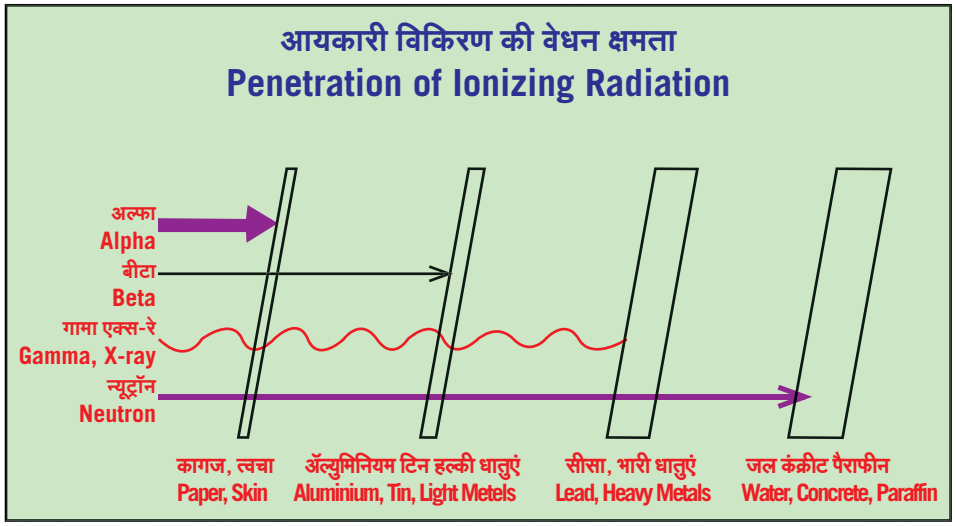
**X-radiation** is similar to gamma radiation emitted by nuclei, but is produced artificially in an X-ray tube which is not itself radioactive. As an X-ray tube is electrically operated, production of X-rays can be turned on and off with a switch.

**Neutron radiation**, formed during nuclear power generation, is not itself ionizing radiation, but if it hits another nucleus, it may activate it or cause emission of a gamma ray or charged particle, indirectly giving rise to ionizing radiation. Neutrons are more penetrating than gamma rays and can be stopped only by a thick concrete, water or paraffin barrier. Fortunately, neutron radiation is practically non-existent elsewhere than close to nuclear reactor and nuclear fuel.

## Radiation Protection

Soon after the X-ray tube was invented, people working with it observed damage to the skin on their hands. Some scientists then intentionally irradiated their skin to collect more information and found that heavy exposure could cause reddening or burns (erythema) several weeks after exposure. Very sever exposure could even cause open wounds (skin ulcers) and temporary hair loss. It also became evident that cancer

गई है या जल गई है। अधिक गंभीर उद्भासन से खुले घाव (त्वचीय अल्सर) तक हो सकते हैं और अस्थाई तौर पर बाल झड़ जाते हैं। यह भी प्रमाण मिले हैं कि विकिरण उद्भासित ऊतकों के स्वस्थ हो जाने के कई वर्षों बाद भी इनमें कैंसर विकसित हो सकता है। 1920 के दशक में, वैज्ञानिकों ने खानों में रेडॉन गैस की अधिक उपस्थिति और खान मजदूरों में फेफड़ों के कैंसर की औसत से अधिक व्याप्ति के बीच संबंधों का अध्ययन शुरू कर दिया था।




इसीलिए एक्स-विकिरण या सांद्रित प्राकृतिक रेडियम से प्राप्त विकिरण की उपस्थिति में काम करने वाले लोगों के लिए यह अत्यंत आवश्यक हो गया था कि ऐसे दिशानिर्देश तैयार किए जाएं जिनसे विकिरण के साथ कार्य सुरक्षित तरीके से किया जा सके। अनुभव के आधार पर सर्वप्रथम बनाये गए संरक्षामानकों में से एक के अनुसार विकिरण तब तक सुरक्षित है जब तक कि इससे फोटोग्राफिक फिल्म 7 मिनट में काली नहीं पड़ जाती। यह मानक काफी मोटे रूप में निर्धारित किया गया था लेकिन इसके कारण एक्स-रे कार्मिक त्वचा को होने वाले नुकसान और स्वास्थ्य पर पड़ने वाले अन्य घातक प्रभावों से बच सके और आज भी विकिरण के बचाव के लिए इसी प्रकार की तकनीक इस्तेमाल की जा रही है।

## लाभ और जोखिम

यदि रेडियोसक्रिय पदार्थों एवं इनके द्वारा उत्सर्जित विकिरण से कोई व्यावहारिक लाभ नहीं हैं तो इनका उत्पादन और हस्तन उचित नहीं ठहराया जा सकता। लेकिन पिछले कुछ दशकों में, कृत्रिम तरीके से उत्पन्न विकिरण की सहायता से नैदानिक चिकित्सा एवं उपचार के क्षेत्र में अत्यंत महत्वपूर्ण प्रगति हुई है और विज्ञान, अनुसंधान, कृषि एवं उद्योग के क्षेत्र में नई तकनीक विकसित हुई हैं और इनके योगदान से पृथ्वी पर मानव जीवन का स्तर सुधारने में अतुलनीय मदद मिली है।

विकिरण आज के संदर्भ में एक बहुत ही सामयिक विषय है और लोगों में अपने और अपनी संतति के स्वास्थ्य पर पड़ने वाले इसके दीर्घकालीन प्रभाव को लेकर काफी जिज्ञासा है, जो उचित भी है। परमाणु संस्थापनाओं में दुर्घटना की संभावना, नाभिकीय अपशिष्ट का प्रबंधन, परिवहन और निपटान, परमाणु बिजलीघरों से होने वाले उत्सर्जन का पर्यावरण पर प्रभाव और परमाणु शस्त्रों का परीक्षण आदि ऐसे विषय हैं जो लगातार पुस्तकों, समाचार-पत्रों, टेलीविजन प्रसारणों और रोजमर्रा की चर्चा में छाए रहते हैं ।

## विकिरण से विश्वव्यापी बचाव

कुल मिलाकर नई प्रौद्योगिकियों के विकास के साथ ही आयनकारी और गैर आयनकारी विकिरण के प्रभावों के बारे में समझ बेहतर हुई है और विकिरण से बचाव से संबंधित प्रगत प्रणालियाँ विकसित की गई हैं ।

could develop in radiation exposed, healed tissue many years later. In the 1920s, scientists also began to theorize about a connection between the concentration of radon gas in mines and the higher than average incidence of lung cancer among miners.

For people working with X-radiation or radiation from concentrated natural radium, it therefore became vitally important to have guidelines on how to work safely with radiation. One of the first safety norms, based on experience, stated that radiation was safe as long as it did not cause darkening of a photographic film in seven minutes. Primitive though that may sound, it did protect X-ray workers from skin damage and other acute health effects, and a similar technique is used in radiation protection today.

## Benefits and risks

If there were no practical benefits from radioactive substances and the radiation they emit, their production and handling could not be justified. Over the decades, however, artificially produced radiations have led to great advances in medical diagnosis and treatment as well as to a range of techniques in science, research, agriculture and industry that have improved life on earth to an inestimable extent.

The subject of radiation is a topical one today and there is no doubt that many people feel a genuine anxiety, especially about its long term effects on their own health and that of their descendants. The possibility of accidents in nuclear establishments, the management, transport and disposal of nuclear waste, the effects of emissions from nuclear power stations on the environment and weapons testing are all recurring themes in books and newspapers, television broadcasts and daily conversation.

## Radiation protection across the borders

In tandem with the growth of new technologies, however, the effects of both ionizing and non-ionizing radiations have become better understood and an advanced system of radiological protection has been developed.

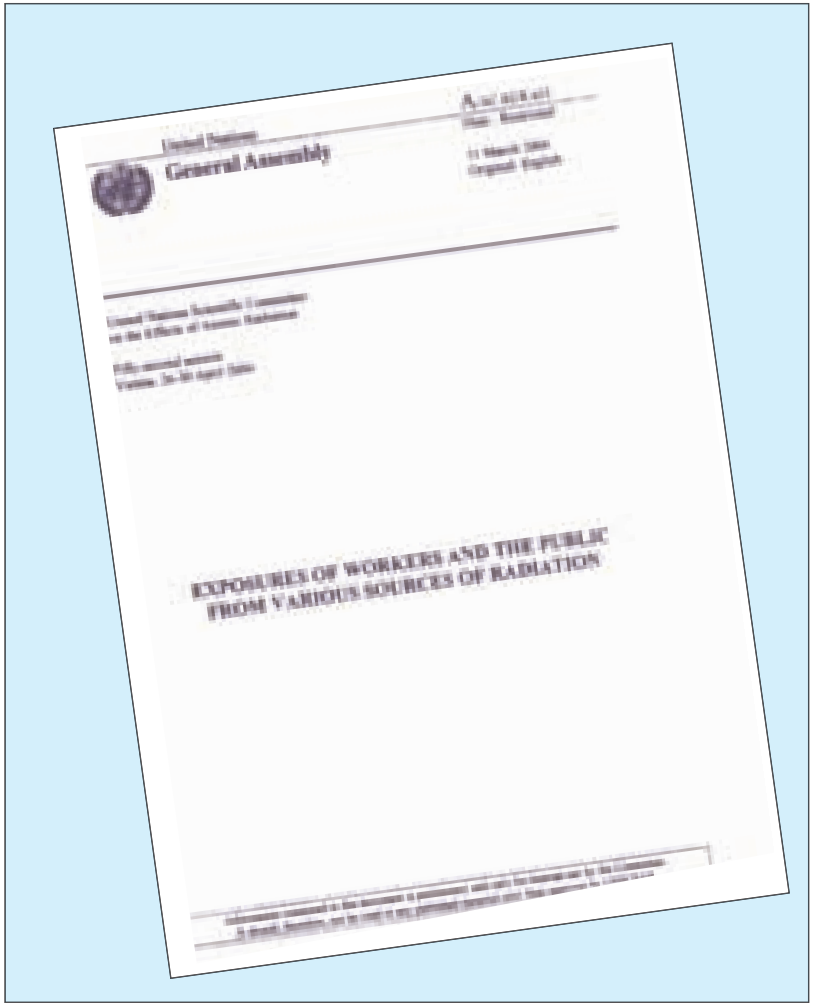
पिछले कुछ वर्षों में, अत्यंत आधुनिक एवं सटीक संरक्षा मानक और प्रक्रियाएं विकसित की गई हैं जिनके अंतर्गत विस्तृत प्रेक्षणों और अनुसंधान के आधार पर सामान्य जनता और कार्मिकों के लिए अधिकतम उद्भासन स्तर का निर्धारण किया गया है। अंतर्राष्ट्रीय संगठनों के प्रयासों के परिणामस्वरूप सभी देशों में समान संरक्षा मानक अपनाए जा रहे हैं ताकि पूरे विश्व में मानकों और विकिरण सीमा में एकरूपता बनी रहे।

विकिरण से संबंधित कुछ जोखिम वाले तत्वों को बहुत अच्छी तरह समझ लिया गया है तथा कुछ को बहुत अच्छी तरह विनियमित और क्रियान्वित किया जा रहा है। यद्यपि, दुर्घटनाएं हुई हैं फिर भी परमाणु संरक्षा के क्षेत्र में असाधारण प्रगति हुई है -जैसे कि 1986 में घटी चेर्नोबिल दुर्घटना जैसी बड़ी दुर्घटनाओं की संभावना को न्यूनतम या समाप्त करने के लिए कई पुराने और कम विश्वसनीय परमाणु संयंत्रों को डिकमीशन (बंद) किया जाना।

## कई अंतर्राष्ट्रीय संगठन प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से विकिरण से बचाव से संबंधित कार्यों में संलग्न हैं :

### I. अंतर्राष्ट्रीय विकिरण रक्षण आयोग (इंटरनेशनल कमीशन ऑन रेडियोलॉजीकल प्रोटेक्शन)(ICRP)

इस अंतर्राष्ट्रीय विकिरण रक्षण आयोग (आईसीआरपी) की स्थापना 1928 में की गई थी। यह एक गैर-सरकारी विशेषज्ञ संगठन है जो आज भी क्रियाशील है। इसके सदस्यों का चयन, विकिरण भौतिकी, चिकित्सीय विकिरणशास्त्र, विकिरण रक्षण, जीव विज्ञान, जैव रसायन और अनुवांशिकी विषयों में उनकी योग्यता के आधार पर किया जाता है। आईसीआरपी की सिफारिशें सामान्य प्रकृति की होती हैं ताकि विभिन्न देश उन्हें अपने कानून में सम्मिलित कर सकें, किंतु आयोग के पास ऐसा कोई अधिकार नहीं है कि वह विभिन्न देशों को इन्हें अपनाने के लिए बाध्य कर सके। इसका श्रेय आईसीआरपी को ही जाता है कि आज विश्व के लगभग सभी देश विकिरण से बचाव के क्षेत्र में समान संरक्षा मानक अपना रहे हैं।




*परमाणु विकिरण के प्रभावों पर संयुक्त राष्ट्र की वैज्ञानिक समिति की रिपोर्ट*
*Report of United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radaition*

Over the years, sophisticated safety norms and procedures have been developed that lay down maximum exposure levels, based on detailed observation and research, for the general public and occupationally exposed workers. Thanks to the work of international organizations, such safety standards are harmonized across national borders, so that the norms and radiation limits are identical all over the world.

Few risk factors are so well understood as radiation and few so well-regulated and implemented. Though accidents have occurred, outstanding progress is being made in the field of nuclear safety, such as the decommissioning of older and less reliable nuclear power stations, to minimize or ultimately even eliminate the possibility of major accidents, such as the one at Chernobyl in 1986.

## Many international organizations are involved directly and indirectly in radiological protection:

### I. The International Commission on Radiological Protection (ICRP)

The International Commission on Radiological Protection (ICRP), was founded in 1928. A non-governmental expert organization, it is still active today. Its members are chosen on the basis of their qualifications in radiation physics, medical radiology, radiation protection, biology, biochemistry and genetics. ICRP recommendations are of a general nature so that different countries can incorporate them into their legislation, but the Commission has no mandate to force countries to adopt them. It is, thanks to the efforts of ICRP, that almost all countries in the world use the same safety norms in the field of radiation protection.

## II. परमाणु विकिरण के प्रभावों पर संयुक्त राष्ट्र की वैज्ञानिक समिति (UNSCEAR)

परमाणु अस्त्रों के परीक्षण के कारण वातावरण में रेडियोसक्रिय फॉलआउट के संभावित खतरे के आंकलन के लिए इस वैज्ञानिक समिति की 1956 में स्थापना की गई थी । किंतु इस समिति ने अपने उद्देश्यों से आगे बढ़ कर पर्यावरण में उपस्थित या मानव द्वारा उपयोग में लाए जा रहे विभिन्न प्राकृतिक और कृत्रिम विकिरण स्त्रोतों का व्यवस्थित विश्लेषण किया जिसकी रिपोर्ट 1958 में प्रकाशित की गई। आंकड़े एकत्रित करने के कार्य में अन्य संयुक्त राष्ट्र संगठनों यथा - अंतर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (IAEA), विश्व स्वास्थ्य संगठन (WHO), खाद्य एवं कृषि संगठन (FAO) और विश्व मौसम विज्ञान संगठन (WMO) ने भी UNSCEAR की सहायता की। कई देशों ने अपने आंकड़े सीधे ही UNSCEAR को भेज दिए। UNSCEAR और ICRP के बीच गहन वैज्ञानिक सहयोग रहता है।

### सिफारिशों से कानून तक

हालाँकि, ICRP की सिफारिशें कानून की तरह बाध्यकर नहीं हैं किंतु अन्य संयुक्त राष्ट्र संगठन इन्हें अधिक व्यावहारिक रूप देकर इनके क्रियान्वयन हेतु सलाह दे सकते हैं। इस प्रकार का कार्य IAEA, WHO, FAO एवं अंतर्राष्ट्रीय श्रम संगठन (ILO) और कई अंतर्राष्ट्रीय निकायों द्वारा किया जा रहा है। आंकड़ों को एकत्रित कर संसाधित करने और अंतर्राष्ट्रीय सिफारिशों को दिशानिर्देशों में परिवर्तित करने तथा संरक्षा-संबंधी प्रशिक्षण आयोजित करने जैसे महत्वपूर्ण कार्य, यूरोपियन कमीशन और आर्थिक सहयोग और विकास संगठन की परमाणु ऊर्जा एजेंसी जैसे क्षेत्रीय संगठनों द्वारा किया जा रहा है।

1930 के दशक से ही अंतर्राष्ट्रीय विकिरण रक्षण आयोग (ICRP) ने यह सिफारिश दी है कि विकिरण के किसी भी ऐसे उद्‌भासन, जो सामान्य पृष्ठभूमिक सीमा से अधिक है, को इतना कम रखा जाए जितना कि तर्क संगत हो। इस सिफारिश के साथ ही डोज-सीमा की सिफारिश भी की गई है और समय-समय पर इसे परिवर्तित भी किया जाता रहा है ताकि विकिरण कर्मियों और आम जनता का अति-उद्‌भासन से बचाव किया जा सके। सीमा संबंधी अद्यतन सिफारिशें 1990 में की गई थीं। ये अनिवार्य नहीं हैं, लेकिन बहुत से देशों में कानून बना कर इन्हें बाध्यकर बना लिया गया है।

विकिरण डोज को, विकिरण संरक्षण के क्षेत्र में अगुआ रहे डॉ. राल्फ सीवर्ट के नाम पर सीवर्ट (Sv) में अभिव्यक्त किया जाता है। यह, जीवित ऊतक द्वारा अवशोषित विकिरण ऊर्जा की मात्रा और उसके जैविक प्रभावों को अभिव्यक्त करता है। चूंकि सीवर्ट विकिरण मापन की एक बड़ी यूनिट है अत: अक्सर मिलीसीवर्ट (mSv) का उपयोग किया जाता है। सीवर्ट के संदर्भ में हम प्राकृतिक रूप से पृष्ठभूमिक विकिरण से एक व्यक्ति को मिलने वाले डोज का उदाहरण ले सकते हैं जो कि 0.001 से 0.002 सीवर्ट (Sv) या 1 से 2 मिलीसीवर्ट (mSv) प्रतिवर्ष है। मकानों में रेडॉन गैस की उपस्थिति के कारण औसतन प्रतिवर्ष 1 से 3 मिलीसीवर्ट (mSv) का अतिरिक्त डोज मिलता है और बहुत अधिक प्रभावित मकानों में तो यह दस या सौ गुणा अधिक हो जाता है। एक एक्स-रे परीक्षण से अक्सर 0.2 से 5 मिलीसीवर्ट (mSv) के बीच उद्‌भासन मिल सकता है।

## II. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

Founded in 1956 to estimate the possible risks of radioactive fallout from atmospheric nuclear weapon tests, UNSCEAR exceeded its brief by systematically analysing all the natural and artificial radiation sources in the environment or utilized by man. Their report was published in 1958. UNSCEAR is assisted in its data collection by other United Nations organizations, the most important of which are the International Atomic Energy Agency (IAEA), the World Health Organization (WHO), the Food and Agriculture Organization (FAO) and the World Meteorological Organization (WMO). Many states also report data directly to UNSCEAR and there is intensive scientific cooperation between UNSCEAR and ICRP.

### From recommendations to laws

While ICRP recommendations do not have the force of law, other UN organizations may transform them into a more practical form and give advice on implementation. That type of work is done by IAEA, WHO, FAO, the International Labour Organization (ILO) and several other international bodies. Important work in data collection and processing, transforming international recommendations into directives and training on safety-related issues is carried out by regional bodies such as the European Commission and the Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Cooperation and Development.

Since the 1930s, the International Commission on Radiological Protection has recommended that any exposure to radiation above the normal background limits should be kept as low as reasonably achievable. That recommendation has been supplemented by recommended dose limits, modified over the years, to protect radiation workers and the general public from over-exposure. The latest recommended limits were specified in 1990. They are not compulsory, but in many countries, have been enacted as legally binding regulations.

The radiation dose is expressed in sieverts (Sv), named after Dr Rolf Sievert, a Swedish pioneer in radiation protection. It represents the amount of radiation energy absorbed by living tissue and the extent of biological effects involved. As the sievert is a fairly large unit of measurement, the millisievert (mSv) is frequently used. To put the scope of the sievert into context, the average dose to a person from background radiation in nature is 0.001 to 0.002 Sv or 1 to 2 mSv per year. Radon gas in homes on average causes additional doses of some 1 to 3 mSv per year, although in severely affected homes, it can be ten or a hundred times higher. An X-ray examination most often causes exposure of between 0.2 and 5 mSv.

## स्वास्थ्य के लिए जोखिम का आंकलन

किसी भी रेडियोसक्रिय पदार्थ से निस्रित विकिरण इसके संपर्क में आने वाली प्रत्येक जीवित कोशिका या मृत पदार्थ द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। पदार्थ की प्रत्येक किलोग्राम (kg) की मात्रा कुछ ऊर्जा अवशोषित करती है (जूल या J)। अवशोषित डोज की मात्रा को जूल प्रति कि.ग्रा. (J/kg) की यूनिट में मापा जाता है। विकिरण रक्षण में उस यूनिट को ग्रे (Gy) कहा जाता है।

केवल अवशोषित डोज से ही संभावित जैविक प्रभावों का संकेत नहीं मिलता है। एक ग्रे (Gy) अल्फा विकिरण, एक ग्रे गामा विकिरण से लगभग 20 गुणा अधिक घातक होता है। अल्फा विकिरण की तुलना में गामा विकिरण में जैविक खतरा कम होता है। यह एक अणु पर मार करने से पहले ऊतक में अंदर तक प्रवेश कर जाता है और वेधन करते हुए शरीर में से होकर बाहर निकल जाता है। इस दौरान इसकी ऊर्जा कम होती जाती है।

गामा किरणें छिटपुट क्षति पहुचाँती हैं, इसलिए ऊतक इसका सामना अच्छी तरह कर पाते हैं और यहाँ तक कि क्षति की मरम्मत भी कर लेते हैं। एक भारी तथा अपेक्षाकृत लंबा अल्फा कण एक छोटे क्षेत्र में बहुत अधिक क्षति पहुंचा सकता है तथा जीवित ऊतकों के लिए बहुत घातक होता है।

अलग-अलग प्रकार के विकिरण से होने वाली जैविक क्षति की गणना, विकिरण के अवशोषित डोज (Gy) को विकिरण प्रभाव गुणांक से गुणा करके की जा सकती है। यह, गामा विकिरण के लिए 1 अर्थात् न्यूनतम और अल्फा विकिरण के लिए 20 अर्थात् अधिकतम है। जब अवशोषित डोज को सही विकिरण प्रभाव गुणांक से गुणा किया जाता है तो परिणामस्वरूप मिलने वाली मात्रा समतुल्य डोज की होती है जिसे सीवर्ट में मापा जाता है। सीवर्ट (Sv) और मिलीसीवर्ट (mSv) में अभिव्यक्त सभी डोजों, भले ही वे किसी भी प्रकार के विकिरण की हों, की आपस में तुलना की जा सकती है।

## संपूर्ण शरीर या एक अंग के लिए डोज

पृष्ठभूमिक विकिरण और परमाणु बिजलीघर के कार्य सहित कई मामलों में, विकिरण डोज पूरे शरीर में बराबर बँट जाता है। उद्भासन, शरीर के किसी सीमित हिस्से (विकिरण थेरेपी) या एक अंग (त्वचा का बीटा उद्भासन या थायरॉयड में रेडियोसक्रिय आयोडिन) तक सीमित रखते हुए निर्देशित किया जा सकता है। चूंकि शरीर के कुछ अंग अन्य अंगों की अपेक्षा विकिरण के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं, अत: शरीर के किसी एक हिस्से तक सीमित उद्भासन और पूरे शरीर के डोज के समतुल्य खतरे को अभिव्यक्त करने हेतु ऊतक प्रभाव गुणांक का उपयोग किया जाता है। यह दर्शाने के लिए कि ऊतक गुणांक अपनाया गया है, एक शब्द च्प्रभावी डोजछ का प्रयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए ICRP ने सिफारिश की कि थायरॉयड उद्भासन के मामले में 0.05 का ऊतक गुणांक अपनाया जाना चाहिए। अत: यदि थायरॉयड 1000 mGy का अवशोषित गामा डोज प्राप्त करता है तो उसके संगत प्रभावी डोज (विकिरण प्रभाव गुणांक 1) 50 mSv (0.05x1x1,000) होगा।

## Quantifying the health risks

Radiation emitted by a radioactive substance is absorbed by any material it encounters, dead material or living cells. Every kilogram (kg) of material absorbs some energy (joule or J). That unit, the J/kg, is used for the measurement of the absorbed dose. In radiation protection, that unit is called the gray (Gy).

The absorbed dose itself does not give an indication of possible biological effects. One Gy of alpha radiation is about 20 times more severe than one Gy of gamma radiation. Gamma radiation has a relatively smaller biological risk than alpha radiation. It penetrates further in tissue before hitting a molecule, then continues through and out of the body, its energy decreasing as it goes.

A gamma ray causes damage only here and there, thus tissue can withstand it reasonably well and may even be able to repair any damage. A heavy, relatively large alpha particle, however, causes a great deal of damage in a small area and is more detrimental to living tissue.

The degree of biological risk caused by different types of radiation can be calculated by multiplying the absorbed radiation dose (Gy) by a radiation weighting factor. The lowest is 1 for gamma radiation and the highest 20 for alpha radiation. When an absorbed dose is multiplied by the appropriate radiation weighing factor, the resulting quantity is the equivalent dose, measured in sieverts. All doses given in Sv or mSv are comparable regardless of the type of radiation involved.

## Whole body or single organ dose?

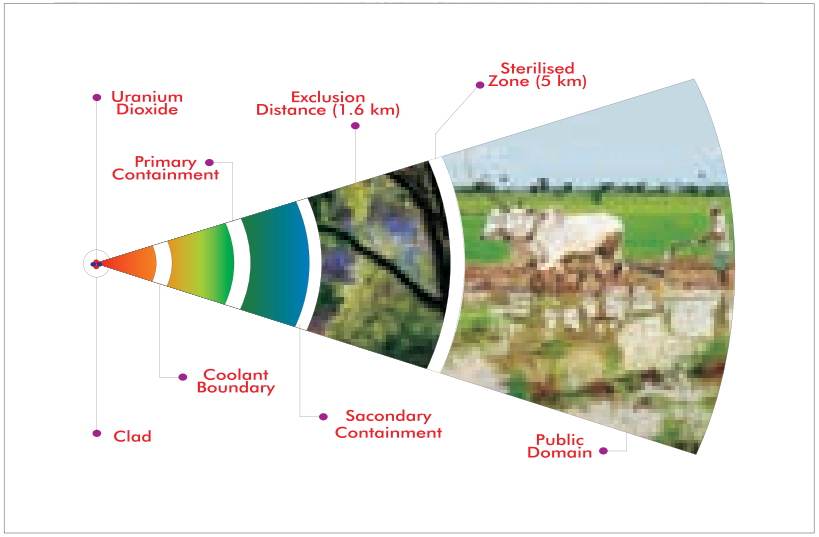
In many cases, including background radiation and nuclear power plant work, the radiation dose is evenly distributed throughout the body. Exposure may also be directed to a limited area of the body (radiation therapy) or single organs (beta exposure of skin or radioactive iodine in the thyroid). As some organs are more sensitive to radiation than others, tissue weighting factors are used to demonstrate the equivalent risks of locally limited exposure and a whole body dose. To stress that the tissue weighting factor has been applied, the term effective dose is used. For example, the ICRP has recommended that a tissue weighting factor of 0.05 should be used when the thyroid has been exposed. Thus, if the thyroid receives an absorbed gamma dose of 1,000 mGy, the corresponding effective dose (radiation weighting factor 1) is 50 mSv (0.05 x 1 x 1,000).

प्रभावी डोज, सभी आयनकारी विकिरणों को हानि पहुँचाने की उनकी क्षमता के अनुसार एक समान आधार प्रदान करता है।

## डोज सीमा

**कार्मिकों के लिए** : ICRP की सिफारिशों के अनुसार व्यावसायिक उद्भासन किसी एक वर्ष में 50 mSv से अधिक नहीं होना चाहिए और पाँच वर्षों का औसत डोज 20 mSv से अधिक नहीं होना चाहिए। यदि व्यावसायिक तौर पर उद्भासित महिला गर्भवती है तो उसकी गर्भावस्था की शेष अवधि के दौरान उदर के लिए डोज सीमा अधिक कड़ी, यथा 2 mSv होगी। चयनित डोज सीमा से स्पष्ट होता है कि विकिरण कार्मिकों के लिए व्यावसायिक जोखिम सामान्यत: सुरक्षित समझे जाने वाले अन्य उद्योगों में व्यावसायिक जोखिम की तुलना अधिक नहीं है।

**आम जनता के लिए :** आम जनता के लिए निर्धारित डोज सीमा,कार्मिकों के लिए निर्धारित सीमा से कम है । ICRP की सिफारिशों के अनुसार आम जनता के लिए विकिरण उद्भासन औसतन 1 mSv प्रति वर्ष से अधिक नहीं होना चाहिए।




*संरक्षा-रोधक / Safety-Barriers*

**रोगियों के लिए :** ICRP द्वारा रोगियों के लिए कोई डोज सीमा निर्धारित नहीं की गई है। कई एक्स-रे परीक्षणों के दौरान लोगों को मिलने वाला डोज आम जनता के लिए निर्धारित सीमा से कई गुणा अधिक हो जाता है। रेडियोथेरेपी में मिलने वाले डोज, कार्मिकों के लिए निर्धारित सीमा से 100 गुणा से भी अधिक हो जाते हैं। विकिरण डोज, यह जानने के लिए कि रोगी को क्या बीमारी है या फिर बीमार रोगी को स्वस्थ करने के लिए दिए जाते हैं। अत: रोगी को उपचार से होने वाले लाभ की तुलना में उच्च डोज से होने वाली हानि कोई मायने नहीं रखती।

परमाणु उद्योग में स्थापित संरक्षा के उच्च मानकों ने कार्मिकों को विकिरण से होने वाले जोखिम को न्यूनतम कर दिया है।

## डोजीमीटर द्वारा डोज मापन

डोज का मापन डोजीमीटर द्वारा और डोज दर का मापन डोज दर मापी द्वारा किया जाता है। कुछ कार्य स्थलों जैसे कि परमाणु बिजलीघरों, अस्पतालों, एक्स-रे का उपयोग करने वाले उद्योगों और अनुसंधान केंद्रों में कार्मिकों के लिए डोजीमीटर को एक बैज के रूप में पहनना आवश्यक होता है। कुछ प्रकार के डोजीमीटर जो कम अवधि के कार्यों के लिए पहने जाते हैं, आवश्यकता होने पर तुरंत पढ़े जा सकते हैं। जबकि सामान्यत: रोजमर्रा उपयोग में आने वाले डोजीमीटरों को मूल्याँकन हेतु एक डोजीमीटर रीडर में रखना होता है और यह कार्य एक से तीन माह में एक बार किया जाता है। पारंपरिक

The effective dose puts all ionizing radiations on an equal basis in terms of their potential to cause harm.

## Dose limits

*For workers.* According to ICRP recommendations, occupational exposure to radiation should not be higher than 50 mSv in any one year, and the annual average dose over five years must not exceed 20 mSv. If an occupationally exposed woman is pregnant, a more stringent dose limit of 2 mSv to her abdomen is applied for the remainder of the pregnancy. The dose limits chosen mean that the occupational risk to radiation workers is no greater than the occupational risk in other industries generally considered safe.

*For the public.* The dose limits for the general public are lower than those for workers. The ICRP recommends that the public should not be exposed to more than an average of 1 mSv per year.

*For patients.* No limits have been set by the ICRP for patient. In many X-ray examinations, people receive doses which exceed many times the limit specified for the public. In radiotherapy, doses are perhaps a hundred times greater than the limits set for workers. As the radiation dose is given to find out whether a person is sick or to cure a sick patient, the benefit of treatment is seen to far outweigh the harm even of high doses.

Thanks to high safety standards in the nuclear industry, risks to workers from radiation are kept to the minimum.

## Dosimeters measure doses

The dose is measured with a dosimeter and the dose rate with a dose rate meter. In certain workplaces, such as nuclear power stations, many hospitals, industries using X-rays and research centres, people are required to wear dosimeters like a badge. Some types, worn during the performance of a short task, can be read on demand. Others, used routinely, need to be placed in a dosimeter reader for evaluation, typically every

डोजीमीटर एक प्रकाश-रोधी (लाइट-प्रूफ) फोटोग्राफिक फिल्म पर आधारित होता है। विकिरण फिल्म से होकर गुजरता है और इसे उद्‌भासित करता है। फिल्म डेवलप कर और उसके कालेपन के स्तर को माप कर एक माह में या ऐसी ही किसी अवधि में बैज पहनने वाले व्यक्ति द्वारा प्राप्त डोज का आंकलन किया जा सकता है। प्रत्येक बार फिल्म की जांच करने के बाद उसे निकाल कर नई फिल्म लगा दी जाती है। थर्मल ल्यूमिनीसेन्स डोजीमीटर (TLD), एक नए प्रकार का डोजीमीटर है जो एक फिल्म डोजीमीटर से अधिक संवेदनशील होता है और इसे पढ़ने के बाद तुरंत ही पुन: इस्तेमाल किया जा सकता है। परमाणु बिजलीघरों और कई अनुसंधान संस्थानों और उच्च जोखिम वाले स्थलों पर इलैक्ट्रॉनिक रियल-टाइम डोजीमीटरों का उपयोग किया जाता है और इन्हें किसी भी समय पढ़ा जा सकता है।

*संपूर्ण काया गणक / Whole body counter*

**डोज दर :** डोज दर यह दर्शाती है कि किसी एक निश्चित अवधि में, उदाहरण के लिए एक घंटे में विकिरण का कितना डोज प्राप्त किया गया है। यदि एक घंटे की अवधि में 0.5 mSv डोज प्राप्त होता है तो डोज दर 0.5 mSv/घंटा होगी। दो घंटों में 1 mSv और छह घंटों में 3 mSv डोज प्राप्त होगा। यदि किसी कमरे में जहाँ कोई व्यक्ति कार्य करता है डोज दर 0.1 mSv/घंटा है और उस व्यक्ति के लिए डोज सीमा 20 mSv है तो वह कार्य 200 घंटों में पूरा किया जाना चाहिए।

## यदि कोई रेडियोन्यूक्लाइड शरीर में प्रवेश कर जाता है

आयोडिन-131 और सीजियम-137 ऐसे रेडियोन्यूक्लाइड है जो परमाणु दुर्घटना के बाद वातावरण में निस्रित होते हैं।

कोबाल्ट-60 का खाद्य संसाधन में, एंटीमनी-122 का धातु संसाधन में और रूबीडियम-88 का फोटोइलैक्ट्रिक सेल के निर्माण में उपयोग होता है। टेक्नीशियम-99m का उपयोग चिकित्सीय नैदानिक स्कैनिंग तकनीकों में होता है। रेडॉन-222 कई मकानों में उपस्थित रहता है। पर्यावरण में, कई स्रोतों से रेडियोन्यूक्लाइडस निस्रित होते हैं। चूंकि ये सांस और भोजन के साथ शरीर में प्रवेश कर सकते हैं, विशेषकर कार्य स्थलों पर, अत: यह जानना अत्यंत महत्वपूर्ण है कि किसी रेडियोन्यूक्लाइड का कितना उद्‌भासन विकिरण के लिए सामान्यत: निर्धारित वार्षिक डोज सीमा के बराबर होगा।

## आयोडिन-131 और खाद्य श्रृंखला

एक परमाणु रिएक्टर में यूरेनियम के नाभिक के टूटने से काफी मात्रा में आयोडिन-131 पैदा होता है। चूंकि आयोडिन जब गरम होती है तो गैसीय रूप में होती है अत: किसी परमाणु विस्फोट के बाद यह पर्यावरण में फैल सकती है।

सौभाग्यवश आयोडिन-131 की अर्ध आयु (हाफ लाइफ) केवल 8 दिन है। 8 दिनों के बाद इसकी सक्रियता आधी रह जाती है और 16 दिन बाद चौथाई और 24 दिनों बाद आठवें अंश के बराबर ही

one to three months. The traditional dosimeter is based on photographic film in a light-proof casing. Radiation passes through the film and exposes it. By developing the film and measuring the degree of darkness, say every month, the radiation dose received by the wearer can be estimated. Each time the film is checked, it is replaced with a new film. Another newer type of dosimeter is the TLD or Thermal Luminescence Dosimeter, which is more sensitive than a film dosimeter and immediately reusable after reading. In nuclear power stations, many research institutions and high risk locations, electronic real-time dosimeters are carried and can be checked at any time.

*The dose rate*. The dose rate tells the dose received in a unit of time, for example an hour. If a dose of 0.5 mSv is received in an hour, the dose rate is 0.5 mSv/h. In two hours, the dose received is 1 mSv and in six hours it is 3 mSv. If the dose rate in a room where a person works is 0.1 mSv/h and the dose limit for that person is 20 mSv, then the work must be completed in 200 hours.

## If a radionuclide enters the body

Iodine-131 and caesium-137 are among radionuclides released into the atmosphere after a nuclear accident.

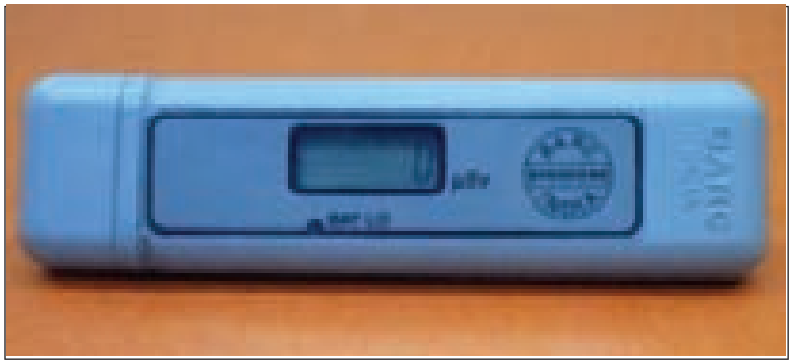
Cobalt-60 is used in food irradiation, antimony-122 in metal processing and rubidium-88 in the manufacture of photoelectric cells. Technetium-99m is used in medical diagnostic scanning techniques. Radon-222 is present in many homes. Discharges of radionuclides to the environment originate from several sources. As they can be ingested or inhaled, especially in the work-place, it is important to know what exposure to an individual radionuclide is equivalent to the annual recommended dose limit for radiation in general.

## Iodine-131 and the food chain

Splitting of the uranium nucleus in a nuclear reactor produces a great deal of iodine-131. As iodine is gaseous when hot, it may, after a nuclear explosion, migrate into the environment.

Fortunately, the half-life of iodine-131 is only 8 days. After 8 days, its activity has decreased to half its original value, after 16 days to a quarter and after 24 days to only

रह जाती है । यदि किसी घटना के बाद रेडियोसक्रिय आयोडिन चारे और पशुओं के माध्यम से दूध की सप्लाई तक पहुँच जाती है तो ताजे दूध को पीने के लिए सुरक्षित नहीं माना जा सकता। किंतु उस दूध से चीज़ बनाया जा सकता है। चूंकि चीज़ बनाने की प्रक्रिया काफी धीमी होती है और इसमें कई माह लग जाते हैं, अत: जब चीज़ अंतिम रूप से बन कर तैयार होता है तब तक इसमें उपस्थित आयोडीन में कोई सक्रियता नहीं बचती और इस प्रकार चीज़ खाने के लिए सुरक्षित होता है।



*डोज़ मीटर /Dose Meter*

one eighth. If, after a fallout situation, radioactive iodine has entered the milk supply via the pasture and cattle, fresh milk will not be considered safe to drink. Cheese can, however, be made from that milk. As cheese-making is a slow process, taking several months, there will be no iodine activity when the cheese is finally ready and the cheese will thus be safe to consume.

## शरीर में प्रभावी अर्ध आयु

इस तथ्य, कि रेडियोसक्रिय पदार्थ क्रमिक रूप से विघटित होते रहते हैं, के मायने यह हैं कि पर्यावरण में किसी घटना के फलस्वरूप रेडियोसक्रियता (रेडियोसक्रिय फॉलआउट) की उपस्थिति हमेशा के लिए वैसी ही बनी नहीं रहती। अल्प-आयु पदार्थ शीघ्रता से क्षयित हो जाते है जबकि दीर्घायु वाले पदार्थ क्षयित होने में अधिक समय लेते हैं। इसका तात्पर्य यह भी है कि शरीर में प्रवेश कर चुकी मानव निर्मित रेडियोसक्रियता निरंतर घटती रहती है जब तक कि इसकी कोई नई खेप शरीर में न आ जाए।

## The effective half-life in the body

The fact that radioactive substances undergo progressive disintegration means that radioactive fallout does not remain in the environment forever. Short-lived substances in the fallout will decay rapidly and longer-lived substances will decay over time. It also means that man-made radioactivity incorporated into the body will continue decreasing as long as there is no new intake.

### औसत विकिरण डोज स्तर

मकानों के अंदर रेडॉन गैस : औसतन 2 mSv प्रतिवर्ष ।
सामान्य विचलन 0.2 से 500 mSv प्रतिवर्ष

अधिकतर क्षेत्रों में प्राकृतिक पृष्ठभूमिक विकिरण : 1 से 2 mSv प्रतिवर्ष ।
कुछ मामलों में 20 mSv प्रतिवर्ष

निर्माण सामग्री से : 0.2 से 1 mSv प्रतिवर्ष

परमाणु बिजलीघरों का पर्यावरण पर प्रभाव :
अधिकतर मामलों में वस्तुत: 0.001 से 0.01 mSv प्रतिवर्ष

सीने का एक्स-रे परीक्षण : लगभग 0.1 mSv प्रति परीक्षण ।
विचलन 0.05 mSv से 0.02 mSv प्रति परीक्षण तक

बड़ा एक्स-रे परीक्षण : लगभग 5 mSv प्रति परीक्षण

### Average radiation dose levels

*Radon gas in homes:* average 2 mSv per year.
Usual variation range 0.2 to 500 mSv per year.

*Natural background radiation in most regions:*
1 to 2 mSv per year. In some cases up to 20 mSv per year.

*From construction materials:* 0.2 to 1 mSv per year.

*Environmental effect of nuclear power stations:*
actual in most cases 0.001 to 0.01 mSv per year.

*Chest X-ray examination:* about 0.1 mSv per exam variation range 0.05 mSv to 0.2 mSv per exam.

*Major X-ray examination:* about 5 mSv per exam

शरीर में प्रवेश पा चुके रेडियोसक्रिय पदार्थ, उनके भौतिक क्षय की दर से कहीं अधिक तेजी से विसर्जित होते हैं। एक रेडियोसक्रिय पदार्थ न केवल अपनी सक्रियता प्राकृतिक रूप से घटने के कारण बल्कि उत्सर्जन के कारण भी विसर्जित होता है। भौतिक अर्ध आयु और उत्सर्जन के संयुक्त प्रभाव को प्रभावी अर्ध आयु कहा जाता है। अधिकतर रेडियोसक्रिय पदार्थ शरीर से काफी जल्दी निकल जाते हैं। किंतु कुछ ऐसे विरले तत्व हैं जो किसी तरह शरीर के किसी अंग में प्रवेश कर जाते है और वहीं रहने का प्रयास करते हैं उदाहरण के लिए रेडियम शरीर में कंकाल (अस्थि ढ़ांचा) में जम जाता है। ऐसे मामलों में उत्सर्जन की दर धीमी होती है और प्रभावी अर्ध आयु कई वर्षों की होती है। शरीर में रहते हुए ये रेडियोसक्रिय पदार्थ आंतरिक डोज का कारण बन सकते हैं।

## सक्रियता का जमाव

रेडियोसक्रिय घटना (फॉलआउट) के बाद दूध में सक्रियता का जमाव 100 Bq प्रति लीटर या माँस में 300 Bq प्रति किलो हो सकता है। इसका तात्पर्य यह हुआ कि एक लीटर दूध में प्रति सेकेंड 100 नाभिक और एक किलो माँस में प्रति सेकेंड 300 नाभिक क्षयित होते हैं। सक्रियता के इस स्तर पर दूध और माँस को खाने योग्य माना जा सकता है। कुछ देशों में, खाद्य पदार्थों में कुछ रेडियोन्यूक्लाइडों के लिए सक्रियता के जमाव की उच्चतम सीमा 1000 Bq प्रति किलो है।

## रेडॉन गैस का जमाव और फेफड़ों का कैंसर

अधिकतर लोग प्राकृतिक आयनकारी विकिरण से सर्वाधिक उद्‌भासन रेडॉन रेडियोन्यूक्लाइड से प्राप्त करते हैं । रेडॉन एक प्राकृतिक रेडियोसक्रिय गैस है जो कि रेडियम-226 के क्षयन से उत्पन्न होती है। रेडॉन स्वयं भी क्षयित होकर अल्पायु वाले उप-उत्पाद उत्पन्न करती है जो कि हवा में तैरते रहते हैं। यदि रेडॉन श्वसन के दौरान शरीर में प्रवेश करती है तो यह फेफड़ों में जा कर आंतरिक डोज का कारण बनती है।

पिछली शताब्दी की शुरूआत में रेडॉन के बड़े डोजों से उद्‌भासित यूरेनियम खनिकों में फेफड़ों के कैंसर के मामलों में वृद्धि देखी गई, जिसका संबंध रेडॉन से या अंशत: अन्य कैंसर पैदा करने वाले या इसकी संभावना बढ़ाने वाले कारकों, जैसे कि सांस के साथ शरीर में खनिज धूल, जहरीले अयस्कों या विस्फोटकों से उत्पन्न होने वाली गैसों के प्रवेश, से रहा है।

किसी भी अध्ययन से यह पूरी तरह साबित नहीं हुआ है कि रेडॉन और फेफड़ों के कैंसर का कोई सीधा संबंध है, किंतु, फिर भी घरों से इस गैस को निकालने या उसके जमाव के स्तर को कम करने के निवारक उपाय किए जाते हैं। बाहर, खुले में सामान्यत: रेडान का जमाव प्रति घन मीटर वायु में लगभग 10 Bq रहता है जबकि अंदर यह प्रति घन मीटर वायु में 20 से लेकर 10,000 Bq या अधिक हो सकता है। कई देशों में यह सिफारिश की गई है कि नये मकानों के अंदर रेडॉन का जमाव प्रति घन मीटर वायु में 200 Bq से अधिक नहीं होना चाहिए। यदि वार्षिक औसत प्रति घन मीटर वायु में 400 Bq से अधिक रहता है तो गैस के जमाव को हटाने के लिए मकान के पन: साजसज्जा की सिफारिश की जाती है।

Radioactive substances that have entered the body are discharged more quickly than their physical decay rate would indicate. A radioactive substance is not only discharged by the natural decrease in its own activity, but also by excretion. The compound effect of physical half-life and excretion is called the effective half-life. Most radioactive substances leave the body relatively quickly. There are, nevertheless, certain quite rare elements that find their way to a certain organ and try to remain there, for example radium which gravitates to the skeleton. In that case the excretion rate may be slow and the effective half-life several years. While in the body, the radioactive substance causes an internal radiation dose.

## Activity concentration

After a radioactive fallout, the activity concentration of milk may be 100 Bq per litre or of meat 300 Bq per kilo. That means there are 100 nuclei per second decaying in a litre of milk or 300 decays per second in a kilo of meat. At such activity levels, the milk and meat may be judged suitable for consumption. In some countries, the upper limit for activity concentration in food-stuffs is around 1,000 Bq per kilo for certain radionuclides.

## Radon gas concentrations and lung cancer

Most people receive their greatest exposure to natural ionizing radiation from the radionuclide, radon, a natural radioactive gas created when radium-226 decays. Radon itself decays to form short-lived daughter products which remain suspended in the air. If radon is inhaled, the particles will enter the lungs and give an internal dose.

At the beginning of the century, uranium miners, exposed to large doses of radon, showed an increased incidence of lung cancer, which may have been radon-related or partly due to other causative or aggravating factors such as inhaling mineral dust, toxic ores or gas from explosives.

No study has demonstrated absolute proof of the relationship between radon and lung cancer, but in view of the risk, remedial measures are taken to exclude the gas from buildings or reduce its concentration levels. Outdoors, the natural radon concentration is usually about 10 Bq per cubic metre of air. Inside, it can be anything from 20 to 10,000 Bq per cubic metre or more. In many countries, it is recommended that radon concentration in new houses should not exceed 200 Bq per cubic metre of air. If the annual average is more than 400 Bq per cubic metre, refurbishment is recommended to exclude the gas.

## उच्च डोज

उन विकिरण डोजों को उच्च डोज कहा जाता है जो निर्धारित डोज सीमा से सौ या हजार गुणा अधिक होता हैं या वह इतना अधिक या तीव्र होता है कि इससे उद्‌भासित व्यक्ति के स्वास्थ्य पर तुरंत प्रभाव दिखाई पड़ते हैं। ऐसे उच्च डोज वाले विकिरण जिनसे स्वास्थ्य पर तुरंत और घातक प्रभाव पड़ता है, केवल परमाणु युद्ध के दौरान या किसी दुर्घटना के दौरान, जब कोई व्यक्ति अंदर फंसा हो या दुर्घटना स्थल के पास उपस्थित हो, ही प्राप्त हो सकते हैं । कैंसर के विकिरण उपचार के दौरान दिए जाने वाले नियंत्रित डोज भी इतने उच्च स्तर के होते हैं जो स्वास्थ्य पर त्वचा का जलना जैसे पूर्व अनुमानित और स्वीकार्य गंभीर प्रभाव डालते हैं। संपूर्ण शरीर को यदि 1,00,000 mSv का उच्च डोज मिलता है तो उससे तुरंत मृत्यु हो जाती है। 10,000 mSv के उच्च डोज से भी मृत्यु हो सकती है लेकिन कुछ दिनों या हफ्तों के बाद। 1000 mSv के डोज को भी अत्यधिक उच्च डोज माना जाता है और इसके कारण बीमारी के लक्षण भी उभर आते हैं, किंतु यह जानलेवा नहीं होता।

### उच्च डोज के तीक्ष्ण प्रभाव

विकिरण के कारण किसी व्यक्ति की तुरंत मृत्यु की संभावना बहुत ही कम होती है। विश्व के इतिहास में ऐसे उदाहरण बहुत ही कम मिलते हैं । 6 अगस्त, 1945 को, जब युद्ध में पहली बार परमाणु बम का प्रयोग जापान के हिरोशिमा शहर पर किया गया तो वहाँ की जनता को अलग-अलग स्तर के डोज प्राप्त हुए। तीन दिन बाद नागासाकी में भी बड़ी संख्या में लोगों का यही हश्र हुआ। इन दो बमों से 1,00,000 से अधिक लोग मारे गए। तब से किसी युद्ध में परमाणु बम का इस्तेमाल नहीं हुआ है।

अप्रैल, 1986 में रूस के चेर्नोबिल में परमाणु रिएक्टर में ग्रेफाइट में आग बुझाने वाले दमकल कर्मियों को 12000 से 16000 mSv के जानलेवा डोज प्राप्त हुए। चेर्नोबिल की दुर्घटना, व्यावसायिक परमाणु बिजलीघरों में हुई एकमात्र ऐसी दुर्घटना है जिसमें लोग विकिरण के कारण तुरंत मारे गए। कुछ अनुसंधान रिएक्टरों में और शल्य-चिकित्सीय उपकरणों को निजर्मीकृत करने के लिए उपयोग की जाने वाली विकिरण सुविधाओं में भी कुछ ऐसी दुर्घटनाएं हुई हैं जहाँ जानलेवा विकिरण डोज प्राप्त हुआ है।

उच्च डोज प्राप्त करने वाले प्रत्येक व्यक्ति पर गंभीर प्रभाव दिखाई पड़ने लगते हैं। स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव डालने वाले डोज की सीमा निर्धारित की गई है। किंतु यदि यही डोज कुछ सप्ताहों, महीनों या वर्षों में विभाजित हो जाए तो या तो इसके लक्षण क्षीण दिखाई देते हैं या दिखाई नहीं देते हैं।

## High doses

High doses are radiation doses which are either at least hundreds or thousands of times higher than the dose limits, or so heavy and intensive that the victim will suffer almost immediate health effects. Radiation doses high enough to cause acute or immediate health effects can be received only in nuclear war or in an accident when a person is inside or close to the accident location. Controlled doses given locally during radiation treatment for cancer, may also be high enough to cause calculated and acceptable acute health effects, such as erythema. An extremely high dose to the whole body of 100,000 mSv, kills instantly. A dose of 10,000 mSv is likely to kill, too, but only after a few days or weeks. A dose of some 1,000 mSv, still considered to be an exceptionally high dose, may cause passing symptoms of illness, but is not fatal.

### Acute effects of high doses

The probability of a person being killed instantly by radiation is extremely small. There are very few such cases in world history. On 6 August 1945, part of the population of the city of Hiroshima in Japan received radiation doses of varying magnitudes when the first atomic bomb used in a war was dropped. Three days later, many people in Nagasaki met the same fate. The two bombs claimed more than 100,000 victims. Atomic bombs have not been used in war since.

Fatal doses of between 12,000 and 16,000 mSv were received by workers trying to put out the graphite fire at the nuclear reactor in Chernobyl in Russia in April 1986. The Chernobyl accident is the only accident at a commercial nuclear power plant in which people have died immediately from radiation. In some research reactors and radiation facilities used for sterilization of surgical instruments, there have also been a few accidents in which a fatal radiation dose has been received.

Acute effects appear in everyone receiving a high enough dose. Threshold values for acute health effects do exist. Doses of the same magnitude, distributed over a period of weeks, months or years would give less severe symptoms or no symptoms at all.

## उच्च स्थानीय डोज

कुछ विकिरण दुर्घटनाओं में शरीर का केवल कोई हिस्सा ही विकिरण से उद्‌भासित होता है। उदाहरण के लिए कोई व्यक्ति गलती से विकिरण के किसी तीव्र स्रोत को हाथ में ले ले या अनजाने में उसे अपनी जेब में रखकर घूमता रहे। रेडियोथेरेपी में भी जिस नियंत्रित बीम का प्रयोग किया जाता है, वह भी त्वचा और ऊतकों के एक छोटे हिस्से को तीव्र विकिरण से उद्‌भासित करने के लिए ही किया जाता है।

इन मामलों में, उच्च या बड़ा डोज भी जानलेवा नहीं होता क्योंकि इससे शरीर का कोई महत्वपूर्ण अंग क्षतिग्रस्त नहीं होता। एक उच्च स्थानीय डोज से स्थानीय क्षति हो सकती है लेकिन आंतें, अस्थिमज्जा और केंद्रीय स्नायु-तंत्र पहले की भाँति ही कार्य करता रहता है।

फिर भी, त्वचा और उसके नीचे के ऊतकों को स्थानीय क्षति अवश्य होती है। पहला और सबसे मामूली और अस्थायी लक्षण, त्वचा का लाल होना है जिसे एरिथेमा (erythema) भी कहा जाता है। उन्नीसवीं शताब्दी के उत्तरार्ध में वैज्ञानिकों और शोधकर्ताओं ने एक्स-रे के प्रभाव की जाँच करने के लिए जानबूझकर अपने हाथ एक्स-रे से उद्‌भासित किए तो दिखाई पड़ने वाले लक्षणों में यह पहला लक्षण था। त्वचा की लालामी उद्‌भासन के कुछ घंटों बाद उभरती है और कुछ दिनों बाद चली जाती है और इसका कोई स्थायी प्रभाव भी शेष नहीं रहता है।

तीव्र विकिरण में त्वचा के उद्‌भासन के परिणामस्वरूप त्वचा को गंभीर क्षति भी पहुँचती है जो जलने और लाल होने, खरोंच या खुले घाव के समान दिखती है। यदि डोज बहुत अधिक नहीं है तो ये घाव कुछ हफ्तों में ठीक हो जाते हैं। किंतु यदि डोज इतना अधिक है कि उससे कुछ स्थानों पर त्वचा की आंतरिक कोशिकाएं क्षतिग्रस्त हो गई हों तो घाव धीरे-धीरे भरेगा और त्वचा पर निशान भी रह जाएगा। जैसाकि खुले घावों में हमेशा होता है, इनमें जलन और अन्य परेशानियों का जोखिम भी रहता ही है। कुछ मामलों में, ऐसा भी होता है कि घाव ऊतक क्षय (नेकरोसिस) बन जाता है, जिसमें ऊतक मर जाते हैं और अंगविच्छेदन आवश्यक हो जाता है ।

जीवनपर्यंत विकिरण डोज अथवा एक बार में 1000 mSv से कम की डोज से कोई गंभीर स्वास्थ्य लक्षण नहीं उभरते हैं। इसका केवल एक ही संभावित प्रभाव हो सकता है कि जीवन में बाद में कभी कैंसर होने का खतरा बढ़ जाता है। पूरे शरीर द्वारा छोटी अवधि (सेकेंड, मिनट या घंटे) में प्राप्त डोज के जैविक/स्वास्थ्य संबंधी प्रभाव निम्नानुसार है :

**1000 mSv से कम :** एक सिंगल डोज से कोई महत्वपूर्ण लक्षण नहीं उभरता है। डोजीमीटर के बिना या घटना की पूरी जानकारी के अभाव में व्यक्ति को उद्‌भासन का पता भी नहीं चलता। रक्त विश्लेषण में ल्यूकोसाइट्स या सफेद रक्त कोशिकाओं में थोड़ी कमी दिखाई देती है तथा कुछ हफ्तों तक यह स्तर पहले की तुलना में कम होकर 80% तक हो जाता है, किंतु कुछ समय बाद ही सामान्य हो जाता है।

## High local doses

In some radiation accidents, only part of the body is exposed to radiation. It has happened, for instance, that a person by mistake has held a very strong source of radiation in the hand or unknowingly carried it around in his pocket. The limited beam used in radiotherapy will also expose only a small part of the skin and tissues to intense radiation.

In these cases, not even a large dose is life-threatening, since no vital organs are damaged. A high local dose will cause local damage, but the intestines, bone marrow and central nervous system will continue to function as before.

There will, however, be local damage to skin and underlying tissue. The first and mildest symptom will be a temporary redness of the skin, also known as erythema. That was one of the first symptoms noticed when, in the late nineteenth century, scientist and researchers deliberately exposed their hand to X-rays to study their effects. The redness to the skin appeared a few hours after exposure and vanished a few days later leaving no permanent after-effects.

Exposure of the skin to strong radiation, however, results in acute skin damage strongly resembling burns with redness, blisters and open sores. If the dose is not very high, the sores will heal in a few weeks. If the dose is high enough to destroy all the base skin cells in some places, healing will be slow and the skin will scar. As always in the treatment of open wounds, there will be a risk of inflammation and complications. In extreme cases, the injury may lead to necrosis, that is death of tissue, and amputation will be necessary.

Neither life-time doses nor single doses of less than 1,000 mSv will result in any acute health symptoms. The only possible effect is an increase in the risk of cancer later in life. The biological/health effects for whole body doses received in a short time (seconds, minutes or hours) are as follows:

*Less than 1,000 mSv:* No noticeable symptoms will be caused by a single dose. Without a dosimeter or accurate information about the incident, the person will be unaware of exposure. Blood analysis will show a temporary drop in leukocyte or white blood cell levels, possibly to around 80 per cent of initial levels over a few weeks, but normal levels will be regained in a short period.

**लगभग 2000 mSv तक :** एक सिंगल डोज से उद्भासन के लगभग दो घंटे बाद हल्के और अस्पष्ट से लक्षण जैसे कि, जी मितलाना, सिर दर्द होना या उल्टी आना आदि उभर सकते हैं। चूंकि प्रत्येक व्यक्ति अलग प्रकार से प्रतिक्रिया करता है इसलिए पर्याप्त या महत्वपूर्ण लक्षणों के उभरने के लिए किसी डोज सीमा का निर्धारण करना संभव नहीं है। 2000 mSv के डोज से लिम्फोसाइट (लसीका कोशिका) और थ्रोम्बोसाइट (रक्त के जमाव के लिए उत्तरदायी कण) स्तरों में लगभग 50% की कमी आ जाती है जो लिम्फोसाइट में एक सप्ताह के अंदर और थ्रोम्बोसाइट में तीन से चार सप्ताह के अंदर देखी जा सकती है। जल्दी ही दोनों का स्तर पुन: सामान्य हो जाता है।

**लगभग 3000 mSv तक :** यदि डोज 3000 mSv या इससे अधिक हो तो इससे अधिकतर लोगों में विकिरण अस्वस्थता के लक्षण उभरेंगे । ये लक्षण सामान्य बीमारियों जैसे ही होते हैं, स्पष्ट और अलग प्रकार के नहीं होते हैं और सामान्य मामलों में जी मिचलाना, उल्टी आना, थकान, भूख न लगना आदि तथा गंभीर मामलों में उल्टी आना, डायरिया और बुखार जैसे होते हैं। लक्षणों के मूल में मनोवैज्ञानिक कारण भी हो सकते हैं। शारीरिक लक्षणों के उभरने की तीव्रता, डोज और डोज दर पर निर्भर रहती है। जितना बड़ा डोज होता है उतनी ही शीघ्रता से (घंटों या दिनों में) लक्षण उभरते हैं। कुछ दिनों बाद रोगी बेहतर महसूस करता है किंतु, कुछ नई प्रकार की परेशानियाँ सामने आती हैं जैसे : मल में खून जाना, संक्रमण (इन्फेक्शन), शरीर में पानी की मात्रा में कमी (डिहाइड्रेशन) और संभवत: बाल झड़ना। यद्यपि, इसमें मृत्यु का थोड़ा खतरा रहता है लेकिन सामान्यत: रोगी कुछ ही सप्ताह या माह में अच्छा स्वास्थ्य लाभ करते हैं।

**लगभग 4000 से 6000 mSv तक :** उद्भासन के कुछ सप्ताह बाद आंतों की म्यूकस झिल्ली और/या अस्थि मज्जा को हुई क्षति के कारण लक्षण उभरते हैं। इतना डोज ले लेने पर जो क्षति होती है उसकी भरपाई नहीं हो सकती। 4000 mSv पर मृत्यु होने का पर्याप्त जोखिम रहता है, 5000 mSv पर मृत्यु की प्रबल आशंका रहती है और 6000 mSv पर, बिना गहन चिकित्सा के, मृत्यु होना लगभग तय रहता है।

आंतों को पहुँची क्षति के कारण शरीर के लिए तरल (फ्लूइड) और अन्य पोषक तत्वों को ग्रहण करना और अवशोषित करना कठिन हो जाता है अत: उपचार के अंतर्गत फ्लूइड पुन:पूर्ति शामिल है। अस्थि मज्जा को हुई क्षति के कारण रक्त में इतना परिवर्तन हो जाता है जिसके कारण स्वास्थ्य के लिए गंभीर खतरे सामने आते हैं। लिम्फोसाइट और थ्रोम्बोसाइट स्तर में भारी कमी आ जाती है जिसके कारण आंतरिक रक्त स्राव होता है। अन्य प्रकार की श्वेत रक्त कोशिकाओं और ग्रेन्यूलोसाइट के स्तर में भी भारी कमी हो जाती है, जिसके कारण संक्रमण (इन्फेक्शन) का खतरा बढ़ जाता है। रोगी को संक्रमण (इन्फेक्शन) से बचाया जाना चाहिए। इसके उपचार में रक्ताधान और अस्थि मज्जा प्रत्यारोपण संबंधी परीक्षण किए गए हैं जिसके अलग-अलग परिणाम सामने आए हैं।

"यह नोट किया जाना महत्वपूर्ण है कि 1000 mSv का डोज भी बहुत विरल है और केवल परमाणु युद्ध, रेडिएशन थेरेपी अथवा एक गंभीर विकिरणीय या परमाणु दुर्घटना के दौरान ही प्राप्त किया जा सकता है।"

*Arround 2,000 mSv:* A single dose can give slight, unspecific symptoms, such as nausea, headache or vomiting about two hours after the exposure. As people react differently, however, it is not possible to establish an absolute minimum dose for the appearance of noticeable symptoms. A 2,000 mSv dose causes a drop of about 50 per cent both in lymphocyte and thrombocyte levels, the former being observed within a week and the latter within three to four weeks. Levels return to normal relatively quickly.

*Arround 3,000 mSv:* Many people will suffer from the most common symptoms of radiation sickness if the dose is 3,000 mSv or more. The symptoms are unspecific and resemble those of many common diseases: in moderate cases, nausea, vomiting, fatigue and loss of appetite; in severe cases, vomiting, diarrhoea and fever. Symptoms may also be psychological in origin. The speed at which physical symptoms appear depends on the dose and dose rate. The larger the dose, the earlier the symptoms develop (hours or days). After a few days, the patient may feel better, but a new bout of illness occurs with symptoms such as blood in the faeces, infections, dehydration and possibly hair loss. Though there is a small risk of death, survivors usually make a good recovery within weeks or months.

*4,000-6,000 mSv:* Symptoms appearing a few weeks after exposure to radiation are caused by damage to the mucous membranes of the intestines and/or bone marrow tissue. At that dosage, damage may be too great to repair. Four thousand mSv poses a significant threat to life, 5,000 mSv signifies a strong probability of death and 6,000 mSv means almost certain death without intensive medical care.

The intestinal damage makes intake and absorption of fluids and nutrients difficult, and treatment includes fluid replenishment. The damage to the bone marrow changes the blood picture enough to cause serious health consequences. Lymphocyte and thrombocyte levels drop severely and internal bleeding occurs. There is also a serious drop in levels of other types of white blood cells, granulocytes, which increases the risk of infection. The patient must be protected from infections. Treatment involving blood transfusions and bone marrow transplants have also been tried with varying results.

*"It is important to note that even a 1,000 mSv dose is exceptional and could be received only in nuclear war, during radiation therapy or as a result of a serious radiological or nuclear accident."*

**6000 mSv से अधिक :** 6000 mSv से अधिक के सिंगल डोज के पश्चात कुछ सप्ताह से अधिक जीवित रहने की संभावना बहुत क्षीण होती है । यदि डोज 10,000 mSv से अधिक होता है तो आंतों की म्यूकस झिल्ली को इतनी क्षति पहुँचती है कि पुन: ठीक नहीं हो पाती और इसके कारण शरीर में पानी कम होने के कारण दो सप्ताह के भीतर मृत्यु हो जाती है। यदि डोज 50,000 mSv के आस-पास हो तो शरीर का केंद्रीय स्नायु तंत्र (नर्वस सिस्टम) क्षतिग्रस्त हो जाता है। इससे उल्टियाँ और जकड़न तुरंत शुरू हो जाती है और कुछ ही घंटों में बेहोशी छाने लगती है और कुछ दिनों में ही मृत्यु हो जाती है।

## उच्च डोज से अन्य क्षतियाँ

संपूर्ण शरीर को मिलने वाले उच्च डोज के कारण होने वाली विकिरण अस्वस्थता और त्वचा विकिरण के कारण त्वचा को होने वाली क्षति के अतिरिक्त स्वास्थ्य पर प्रभाव डालने वाले निम्नलिखित विशिष्ट प्रकार के मामलों का भी उल्लेख किया जाना चाहिए।

यदि प्रजनन ग्रंथियाँ ऐसे डोज से उद्‌भासित होती हैं, जो कि संपूर्ण शरीर डोज के रूप में भी दी जाती हैं तो विकिरण के कारण अस्थाई या स्थाई बंध्यता हो सकती है। रेडियोथेरेपी के अतंर्गत, जब कैंसर ग्रस्त ट्यूमर को कई सप्ताह तक प्रतिदिन तीव्र विकिरण दिया जाता है तो इससे आस-पास के स्वस्थ ऊतक भी क्षतिग्रस्त हो जाते हैं।

## उच्च डोज के दीर्घकालीन प्रभाव

1945 में हिरोशिमा और नागासाकी पर डाले गए परमाणु बम के शिकार जापानी लोग ही इतिहास में वे पहले लोग हैं जो इतनी बड़ी संख्या में तीव्र विकिरण से उद्‌भासित हुए। जो लोग बच गए, कैंसर के खतरे के कारण बाद के दशकों में भी उनकी जांच होती रही। अध्ययन बताते हैं कि ल्यूकेमिया, थायराइड का कैंसर और महिलाओं में वक्ष के कैंसर जैसे कुछ प्रकार के कैंसरों में कम किंतु स्पष्ट बढ़ोतरी देखी गई। सामान्य परिस्थितियों में, प्रति 1,00,000 लोगों में 20,000 कैंसर के मामले सामने आते हैं। हिरोशिमा और नागासाकी में बचे हुए लोगों में, सामान्य प्रकार के कैंसरों में अतिरिक्त मामलों की संख्या कुछ सौ और विरल प्रकार के कैंसरों में कुछ दर्जन ही अधिक थी। कुल मिलाकर बढ़ोतरी 6% थी।

आज आधी सदी के बाद भी मानीटरन जारी है किंतु आंकड़ों में कोई खास परिवर्तन नहीं हुआ है। परमाणु बम के शिकार जापानी लोगों के अतिरिक्त कुछ और लोगों के भी ऐसे बड़े समूह रहे हैं जिन्हें इतना अधिक डोज मिला कि उससे कैंसर के मामलों में बढ़ोतरी हुई। ये समूह हैं : एक सदी पहले, जब उचित डोज सीमाएं लागू नहीं थीं, काम करने वाले एक्स-रे फिजीशियन, रेडियोथेरेपी से उपचारित रोगी, जिन्हें बाद में त्वचा का कैंसर हो गया, खानों में रेडॉन गैस को हटाने में वातायन की महत्वपूर्ण भूमिका को समझने से पहले के समय में खनिकों के कुछ समूह, जिन्हें फेफड़ों का कैंसर हो गया और वे महिला कर्मचारी जिन्होंने सदी के शुरू में घड़ियों के डायलों पर रेडियम युक्त

*Higher than 6,000 mSv:* After a single dose exceeding 6,000 mSv, the chances of surviving longer than a few weeks are slim. If the dose exceeds 10,000 mSv, the mucous membrane of the intestines will be damaged beyond repair causing death from dehydration within two weeks. If the dose is close to 50,000 mSv, the central nervous system will be damaged. The onset of vomiting and cramps will be almost immediate, followed by loss of consciousness within hours and death in a matter of days.

## Other injuries from high doses

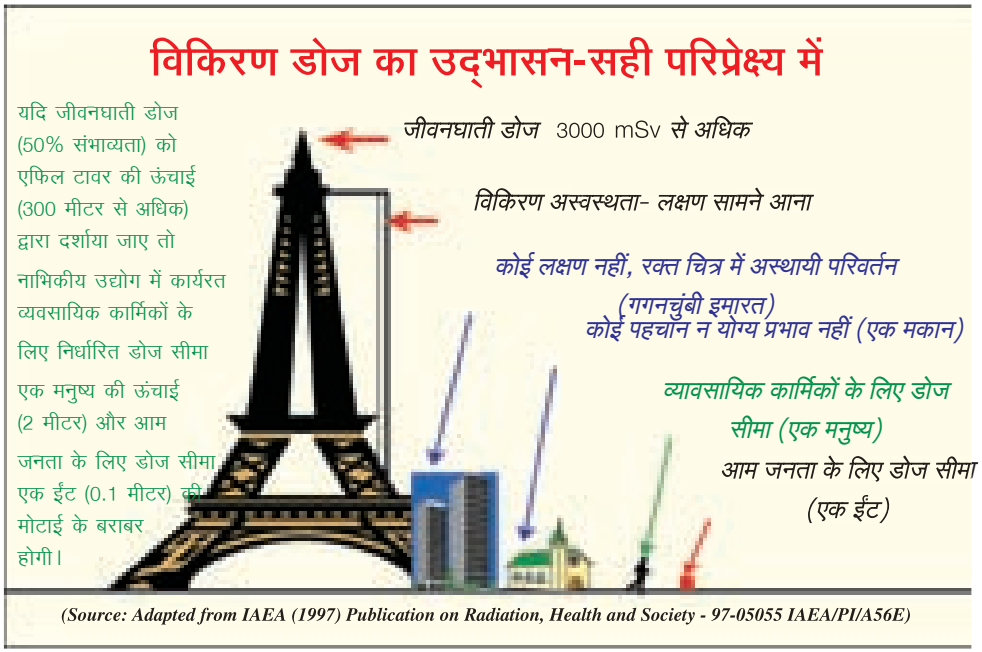
In addition to radiation sickness caused by very high whole-body doses and skin damage due to skin radiation, the following special cases should be mentioned for the list of acute health effects to be complete.

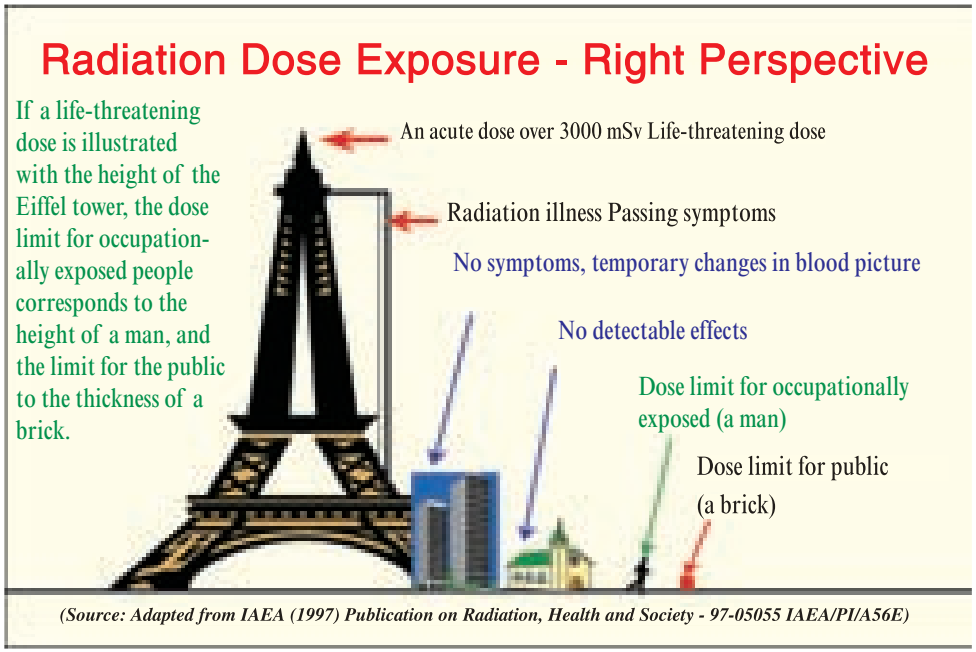
If the reproductive glands are exposed to a dose that would be lethal if it were a whole-body dose, the radiation will cause temporary or permanent sterility. In radiotherapy, when the malignant tumour is exposed to strong radiation repeated daily for several weeks, the adjacent healthy tissue may be damaged.

## Long term effects of high doses

The first people in history to be exposed to intensive radiation in large numbers were the Japanese victims of the atomic bombs dropped on Hiroshima and Nagasaki in 1945. The survivors, who had been exposed to radiation, were monitored over the subsequent decades for cancer. The studies showed a slight but clear increase in certain types of cancers such as leukaemia, cancer of the thyroid and breast cancer in women. Under normal circumstances, some 20,000 cancer cases occur per 100,000 people. The number of additional cases among Hiroshima and Nagasaki survivors was a few hundred for the common types of cancer and a few dozen for the rare types. The overall increase was around 6 per cent. Now, half a century later, follow-up continues, but the figures have not changed significantly.

In addition to the Japanese victims of the atomic bombs, other sufficiently large groups of people have received radiation doses large enough to induce an observable increase in cancer cases: X-ray physicians working a century ago before the appropriate dose limits were applied; patients, treated with radiotherapy, who later developed skin cancer; some groups of miners, before the importance of mine ventilation in the removal of radon gas was understood, who developed lung cancer; and groups of women employed at the beginning of the century to paint numbers on




पेन्ट से नम्बर लिखने का काम किया था। जिन महिलाओं ने ब्रश को सही आकार में लाने के लिए अपने होठों का उपयोग किया जिससे इनके शरीर में रेडियम चला गया और इसके कारण बहुत सी महिलाओं को अस्थि कैंसर हो गया।

1986 में, चेर्नोबिल में हुई परमाणु बिजलीघर दुर्घटना के कारण कई लोगों, विशेषकर बच्चों में रेडियोसक्रिय आयोडिन की भारी मात्रा शरीर में जाने के कारण, उद्‌भासित व्यक्तियों में, थायरॉइड कैंसर के सामान्य से अधिक मामले सामने आए। आज तक जिन मामलों का अध्ययन किया गया है उनकी संख्या 1000 से अधिक है।

चूंकि उपरोक्त सभी व्यक्ति-समूहों के पास डोजीमीटर नहीं थे, इसलिए उन्हें प्राप्त विकिरण डोज की मात्रा का पता लगाने के प्रयास किए गए। जब उद्‌भासन की मात्रा का अनुमान और कैंसर के अतिरिक्त मामलों की संख्या का पता लगा लिया गया, तब प्रति यूनिट डोज के कारण कैंसर के बढ़े हुए जोखिम का मूल्याँकन संभव हो पाया। इसका तात्पर्य यह है कि प्रभावों के अध्ययन के आधार पर अत्याधिक उद्‌भासित जनसंख्या के लिए जोखिमों का अनुमान लगाना संभव हो गया। प्रत्येक प्रकार के कैंसर के लिए जोखिम और संपूर्ण जोखिम के लिए अलग-अलग जोखिम फैक्टर का आंकलन किया गया है।

watch faces with a paint containing radium. The women used their lips to shape the brush, ingesting radium, which, in many cases, led to bone cancer.

In 1986, fallout from the accident at Chernobyl nuclear power plant caused a high intake of radioactive iodine, particularly among children, resulting in a higher than normal incidence of thyroid cancer amongst the exposed. The total number of cases observed to date is over 1,000.

As all the groups of people mentioned above did not have dosimeters, efforts have been made to estimate the radiation doses they received. When an estimate of exposure was made and the number of additional cancer cases was known, it was possible to assess the size of increased risk per unit dose. That means that for heavily exposed populations, it has been possible to determine risk factors based on observed effects. Separate risk factors for each type of cancer and for the total risk have been calculated.

## दीर्घकालीन जोखिम की मात्रा का निर्धारण

जोखिम फैक्टर उन मामलों पर आधारित हैं जहाँ, उच्च डोज के पश्चात, विकिरण के निर्णायक प्रभाव देखे गए हैं। किंतु यह स्पष्ट नहीं है कि क्या ये छोटे डोजों के लिए भी लागू हैं अथवा नहीं। अत:छोटे डोज के मामलों में जोखिम का पता लगाने के लिए जोखिम मॉडलों का प्रयोग किया जाना चाहिए।

अक्सर जोखिम फैक्टरों को, 1,000 mSv के विकिरण डोज से उद्भासित होने के बाद घातक कैंसर होने की संभावनों के रूप में अभिव्यक्त किया जाता है। ICRP की हाल ही की सिफारिशों के अनुसार 1000 mSv के डोज के लिए ल्यूकेमिया का जोखिम फैक्टर 0.005 है। इस प्रकार 1000 mSv का सिंगल डोज प्राप्त करने वाले व्यक्ति के लिए विकिरण के कारण होने वाली ल्यूकेमिया से मृत्यु की संभावना 0.5% अर्थात, जोखिम बहुत ही कम है। यदि जोखिम फैक्टर सही है तो इसका तात्पर्य यह भी है कि 1000 mSv का डोज प्राप्त करने वाले प्रति 1000 व्यक्तियों में से पाँच को भविष्य में विकिरण के कारण ल्यूकेमिया हो सकता है। ये पाँच मामले, कैंसर के उन सामान्य 200-250 मामलों के अतिरिक्त होंगे जो कि आंकड़ों के आधार पर, इस समूह में पहले से ही संभावित हैं।

ICRP ने सिफारिश की है कि निम्नलिखित सारणी में घातक कैंसर के जोखिम फैक्टरों को संपूर्ण जनसंख्या के लिए उपयोग में लाया जाए।

अलग-अलग प्रकार के घातक कैंसरों के जोखिम फैक्टरों को जोड़ कर ज्ञात किया गया जोखिम फैक्टर, किसी एक कैंसर के जोखिम फैक्टर से अधिक महत्वपूर्ण है। 1000 mSv के विकिरण डोज से होने वाले कैंसर की संपूर्ण संभाव्यता लगभग 0.05 है। दूसरे शब्दों में, 1000 mSv का डोज प्राप्त करने वाले प्रति 1000 व्यक्तियों में 50 व्यक्तियों को घातक कैंसर होने की संभावना है।

यहाँ पर इस बात पर बल दिया जाना चाहिए कि तीव्र विकिरण डोज की सीमा से कम के डोज के मामले में, व्यक्ति के स्वास्थ्य पर कैंसर को छोड़कर, तुरंत विकिरण अस्वस्थता के कारण, कोई अन्य प्रभाव नहीं पड़ता है। यदि इस संबंध में रोगी में अन्य कोई लक्षण दिखाई पड़ते हैं तो उनका कारण कुछ और हो सकता है।

## विकिरण से होने वाले कैंसर का सिद्धांत

विकिरण जब किसी निर्जीव वस्तु से टकराता है उसकी संरचना में कोई खास परिवर्तन नहीं होता है। परंतु विकिरण जब जीवित कोशिका के किसी महत्वपूर्ण बिंदु से टकराता है तो लंबी अवधि में, ऊतकों को क्षति पहुँच सकती है। सिद्धांतत: एक आयनकारी विकिरण की छोटी से छोटी मात्रा भी किसी महत्वपूर्ण अणु की दशा में परिवर्तन कर सकती है और उसके कारण पूरी कोशिका का व्यवहार प्रभावित हो सकता है। किंतु, थोड़े से उद्भासन से कैंसर की संभावना कम होती है। शरीर

## Quantifying the long-term risks

The risk factors are based on those cases where detrimental effects of radiation have been detected, that is after high doses. It is in no way clear whether they are also applicable to small doses, too. To calculate the risks of small doses, as will be seen, risk models must be used.

Risk factors are often expressed as the probability of contracting fatal cancer after exposure to a radiation dose of 1,000 mSv. According to the most recent recommendations by the ICRP, the risk factor of leukaemia is 0.005 for a dose of 1,000 mSv. Thus a person receiving as single dose of 1,000 mSv would have a 0.5 per cent probability of dying from radiation-induced leukaemia, that is, a slight risk. If the risk factor is correct, it also means that in every 1,000 people exposed to a 1,000 mSv dose, the estimated number of radiation-induced leukaemias in the future would be five. Those extra 5 cases would be in addition to the 200 to 250 natural cancer cases that, according to statistics, would be expected in that same group.

The ICRP has recommended that the risk factors of fatal cancer in the following table should be used for the population as a whole.

More important than individual risk factors is the total risk when all fatal types of cancer are taken into account, calculated by adding all individual fatal cancer risk factors. The total probability of contracting a fatal type of cancer is approximately 0.05 after a radiation dose of 1,000 mSv. In other words, for every 1,000 people exposed to a radiaton dose of 1,000 mSv, there will be an additional 50 cases of fatal cancer.

It should be stressed that radiation doses below the threshold value for acute, immediate radiation illness do not cause other health effects in the exposed person than cancer. All other symptoms a patient may be suffering from must have another reason.

## The theory of radiation induced cancer

When radiation, even a high dose, hits an inanimate object, there is no significant change in the structure of the material. When radiation hits the critical point of a living cell, however, there may be damage to the tissues in the long term. In principle, even the smallest amount of ionizing radiation could change an important molecule, and

में कोशिकाएं निरंतर बदलती रहती हैं। हो सकता है कि विकिरण द्वारा आज उद्‌भासित होने वाली शरीर की कोई कोशिका वही कोशिका न हो जो एक वर्ष पहले विकिरण द्वारा उद्‌भासित हुई हो। इस प्रकार यह समझा जा सकता है कि एक ही बार में लिया गया उच्च डोज घातक हो सकता है जबकि उतना ही डोज यदि थोड़ा-थोड़ा करके उम्र भर लिया जाए तो शायद उससे कोई अस्वस्थता न हो।

## डीएनए क्षति से कैंसर तक

विकिरण के छोटे डोज, एकल कोशिकाओं के अणुओं को क्षति पहुँचा सकते हैं, किंतु एकल क्षतिग्रस्त कोशिकाओं का स्वास्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। डीएनए (डिऑक्सीराइबोन्यूक्लिक एसिड) अणुओं में जीन्स होती हैं जो उस विशिष्ट प्रकार की कोशिकाओं के उत्पादन को नियंत्रित करती हैं। एक व्यक्ति के स्वास्थ्य पर कम उद्‌भासन द्वारा प्रभाव केवल एक ही तरीके से पड़ सकता है और वह हजै जब किसी महत्वपूर्ण डीएनए अणु को विशिष्ट क्षति पहुँचाई जाए।

यदि क्षतिग्रस्त डीएनए अणु वाली कोई कोशिका नई कोशिकाएं उत्पादित करती है तो यह क्षति बार-बार प्रत्येक नई कोशिका के डीएनए अणु पर अंकित (कॉपी) होती चली जाएगी। इसके

that could affect the behaviour of the entire cell. The probability of slight exposure leading to cancer, however, is small. The cells in the body are renewed continuously. Radiation hitting the body today will not encounter the same cells which absorbed radiation a year previously. As can be appreciated, therefore, a high one-time dose could be deadly, whereas the same dose, received little by little over a life-time, would probably not cuase any signs of illness.

## From DNA damage to cancer

Small radiation doses may damage molecules of single cells, but single damaged cells do not have any impact on health. The DNA (deoxyribonucleic acid) molecule contains the genes and controls the production of cells of that particular type. The only way in which low exposure can cause health effects to an individual is by causing very specific damage to important DNA molecules.

If a cell housing a damaged DNA molecule continues to produce new cells, the damage will be copied over and over again into the DNA molecule of each new cell.

**1000 मिलिसीवर्ट की डोज के बाद घातक कैंसर की संभावना**

| ऊतक या अंग | जोखिम फैक्टर |
|---|---|
| ब्लैडर | 0.0030 |
| अस्थिमज्जा (ल्यूकेमिया) | 0.0050 |
| अस्थि सतह | 0.0005 |
| स्तन | 0.0020 |
| कोलोन | 0.0085 |
| यकृत | 0.0015 |
| फेफड़ा | 0.0085 |
| इसोफेगस | 0.0030 |
| ओवरी | 0.0010 |
| त्वचा | 0.0002 |
| पेट | 0.0110 |
| थायरॉइड | 0.0008 |
| अन्य | 0.0050 |
| **कुल** | **0.0500** |

**Probability of fatal cancer after a radiation dose of 1,000 mSv**

| Tissue or organ | Risk factor |
|---|---|
| Bladder | 0.0030 |
| Bone marrow (leukaemia) | 0.0050 |
| Bone surface | 0.0005 |
| Breast | 0.0020 |
| Colon | 0.0085 |
| Liver | 0.0015 |
| Lung | 0.0085 |
| Oesophagus | 0.0030 |
| Ovary | 0.0010 |
| Skin | 0.0002 |
| Stomach | 0.0110 |
| Thyroid | 0.0008 |
| Other | 0.0050 |
| **Total** | **0.0500** |

परिणामस्वरूप कोशिकाओं का एक ऐसा समूह तैयार हो जाएगा जिसका व्यवहार अपसामान्य होगा। लंबी अवधि में इसका स्वास्थ्य पर विपरीत प्रभाव पड़ सकता है। कई चरण पार करने के उपरांत ही एक क्षतिग्रस्त डीएनए अणु के परिणामस्वरूप असाध्य रोग पैदा होने की स्थिति निर्मित होती है।

## विकिरण और कैंसर

कैंसर हमेशा कैंसर ही रहता है। विकिरण किसी नए या विशिष्ट प्रकार के कैंसर को जन्म नहीं देता है। धूम्रपान करने से होने वाला फेफड़ों का कैंसर, चिकित्सीय आधार पर संदूषित या रेडियोसक्रिय गैस के श्वसन से होने वाले फेफड़ों के कैंसर के समान ही है। यदि कोई व्यक्ति कैंसर से पीड़ित है तो यह निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता कि इसका कारण विकिरण ही है। यहाँ तक कि यदि किसी कैंसर रोगी ने 500 mSv, का जीवन-काल डोज (प्रभावी डोज) लिया है, जो कि व्यावसायिक विकिरण कर्मियों के लिए निर्धारित वार्षिक डोज सीमा से कई गुणा अधिक है, तो भी यह संभावना 10 गुणा अधिक रहती है कि उसके कैंसर का कारण विकिरण न होकर कुछ अन्य हो।

दूसरी ओर, यदि विकिरण उद्‌भासित कई व्यक्तियों में कोई विशिष्ट प्रकार का कैंसर नजर आता है, जो सामान्यत: उस आयुवर्ग के लोगों को नहीं होता है, तो इसका यही निष्कर्ष निकाला जाना चाहिए कि इसका कारण संभवत: विकिरण ही हो सकता है। चेर्नोबिल परमाणु दुर्घटना के बाद रेडियोसक्रिय आयोडिन से उद्‌भासित बच्चों में पाया गया थायरॉइड कैंसर इसका एक उदाहरण है ।

ऐसे डोजों को छोटे डोज कहा जाता है जो आम जनता को प्राकृतिक पृष्ठभूमिक विकिरण से या एक्स-रे परीक्षण के दौरान प्राप्त होते हैं या जो विकिरण कर्मियों के लिए निर्धारित डोज सीमा से कम होते हैं या जो सीमा से बहुत ही कम अर्थात् 10 गुणा तक अधिक होते हैं। जो बात स्पष्टत: सामने आती है, वह यह कि जब तक डोज सीमा निर्धारित सीमा से पार नहीं हो जाती है, तब तक स्वास्थ्य पर तुरंत कोई प्रभाव या अस्वस्थता के लक्षण सामने नहीं आते हैं।

## जोखिम मॉडल

सिद्धांत रूप में, यहाँ तक कि विकिरण की एक छोटी मात्रा भी कोशिका के किसी महत्वपूर्ण अणु को इस प्रकार परिवर्तित कर सकती है कि उससे पूरी कोशिका ही क्षतिग्रस्त हो जाती है और जैसे ही यह कोशिका विभाजित होती है इस क्षति की प्रतिकृतियाँ (कॉपी) तैयार होती जाती हैं। इस प्रकार, सिद्धांत रूप में, छोटे डोजों से भी जोखिम बना रहता है किंतु वास्तविक रूप में, स्वास्थ्य पर इसके कोई प्रभाव ज्ञात नहीं किए जा सके हैं। अत: छोटे डोजों से जुड़े जोखिमों का अध्ययन करने के लिए सैद्धांतिक जोखिम मॉडलों का उपयोग किया जाना चाहिए।

जोखिम मॉडल एक ग्राफ है जिसमें क्षैतिज रेखा विकिरण डोज और उर्ध्व रेखा जोखिम को प्रदर्शित करती है। सीधी या वक्र रेखा दर्शाती है कि जोखिम, किस प्रकार डोज पर आधारित है। कई जोखिम मॉडल उपयोग में लाए जा रहे हैं और प्रत्येक के अपने समर्थक हैं। सभी मॉडल उच्च डोज के क्षेत्र में एक समान मत रखते हैं जबकि छोटे डोज के क्षेत्र में इनके मत एक दूसरे से भिन्न हैं।

The result may be a cluster of cells that behaves in an abnormal way. In the long run, there may be an adverse impact on health. There are, however, many bridges to be crossed before a damaged DNA molecule actually results in a malignant disease.

## Radiation and cancer

A cancer is always a cancer. Radiation does not cause any new or specific kinds of cancer. Lung cancer caused by smoking tobacco is medically identical to lung cancer caused by inhalation of contaminated air or radioactive gas. If a patient suffers from cancer, there no absolute certainty that the reason was radiation. Even if a cancer patient has received a life-time dose (effective dose) of 500 mSv, which is many times higher than the annual dose limit for professional radiation workers, then it is 10 times more likely that his or her cancer was caused by another reason than radiation.

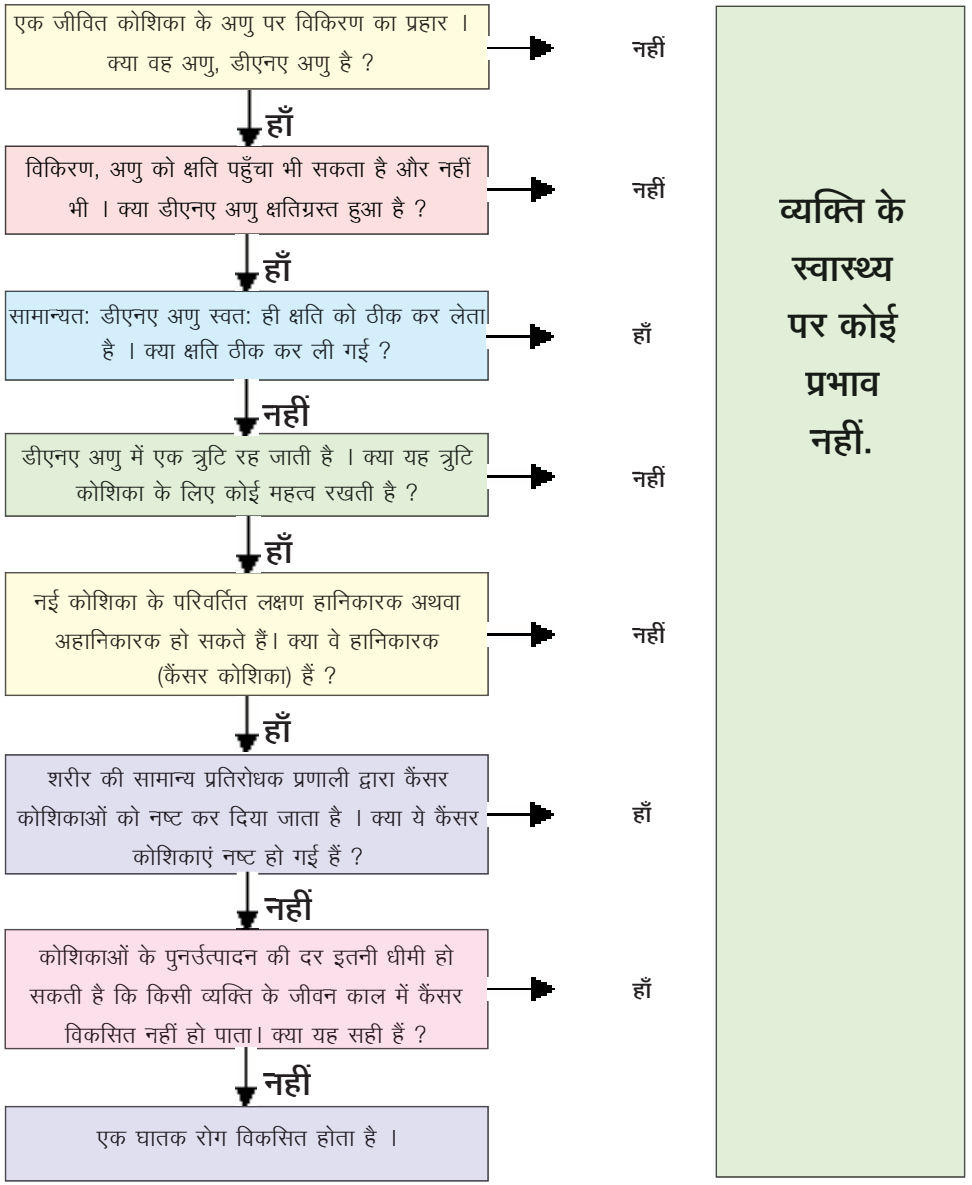
On the other hand, if a specific cancer appears in many exposed persons at an age when that type of cancer is normally rare, then it must be concluded that exposure to radiation was probably the reason. That has indeed been the case with thyroid cancers in children exposed to radioactive iodine from the Chernobyl fallout.

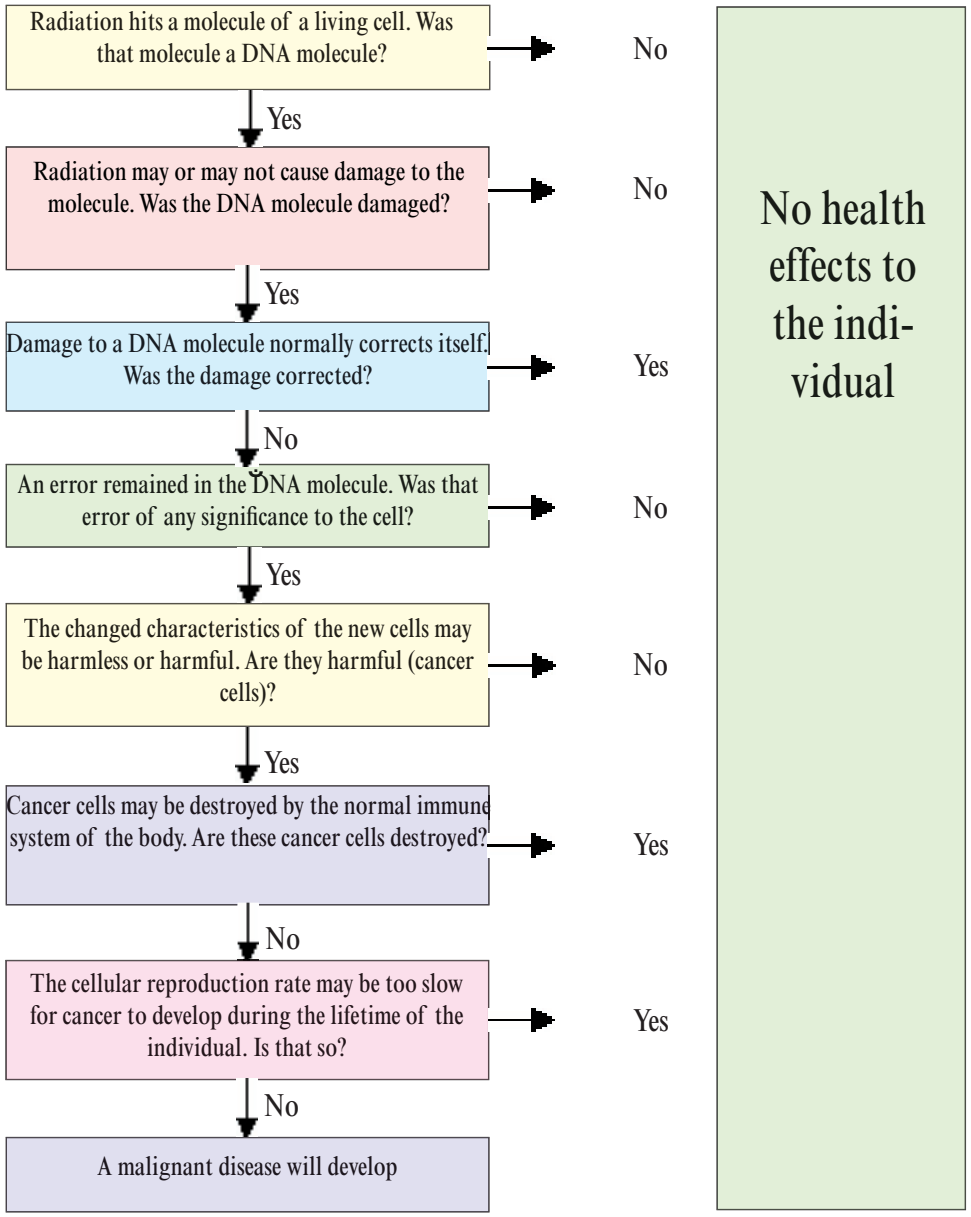
Small doses are normal doses to the public caused by natural background radiation or X-ray examinations and doses that are within the dose limits for workers or that exceed the limits only moderately, say tenfold or so. What is quite clear is that, as long as the dose limits are not exceeded, there will be no immediate health effects or signs of illness.

## Risk Models

In principle, even a single radiation quantum could change an important molecule in such a way that the cell could be damaged and the damage copied as the cell divides. Thus, a certain risk exists in theory, but no effects of small doses on the health can actually be observed. To assess the risk associated with small doses, therefore, theoretical risk models must be used.

A risk model is a graph in which the horizontal axis represents the radiation dose and the vertical axis describes the risk. The straight or curved line shows how the risk depends on the dose. There are many risk models, each with its own supporters. All the models agree in the high dose region. Where they differ from each others is in the low dose region.


एक जीवित कोशिका के अणु पर विकिरण का प्रहार । क्या वह अणु, डीएनए अणु है ?
नहीं
हाँ
विकिरण, अणु को क्षति पहुँचा भी सकता है और नहीं भी । क्या डीएनए अणु क्षतिग्रस्त हुआ है ?
नहीं
हाँ
सामान्यत: डीएनए अणु स्वत: ही क्षति को ठीक कर लेता है । क्या क्षति ठीक कर ली गई ?
हाँ
नहीं
डीएनए अणु में एक त्रुटि रह जाती है । क्या यह त्रुटि कोशिका के लिए कोई महत्व रखती है ?
नहीं
हाँ
नई कोशिका के परिवर्तित लक्षण हानिकारक अथवा अहानिकारक हो सकते हैं। क्या वे हानिकारक (कैंसर कोशिका) हैं ?
नहीं
हाँ
शरीर की सामान्य प्रतिरोधक प्रणाली द्वारा कैंसर कोशिकाओं को नष्ट कर दिया जाता है । क्या ये कैंसर कोशिकाएं नष्ट हो गई हैं ?
हाँ
नहीं
कोशिकाओं के पुनर्उत्पादन की दर इतनी धीमी हो सकती है कि किसी व्यक्ति के जीवन काल में कैंसर विकसित नहीं हो पाता। क्या यह सही हैं ?
हाँ
नहीं
एक घातक रोग विकसित होता है ।
व्यक्ति के स्वास्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं.


Radiation hits a molecule of a living cell. Was that molecule a DNA molecule?
No
Yes
Radiation may or may not cause damage to the molecule. Was the DNA molecule damaged?
No
Yes
Damage to a DNA molecule normally corrects itself. Was the damage corrected?
Yes
No
An error remained in the DNA molecule. Was that error of any significance to the cell?
No
Yes
The changed characteristics of the new cells may be harmless or harmful. Are they harmful (cancer cells)?
No
Yes
Cancer cells may be destroyed by the normal immune system of the body. Are these cancer cells destroyed?
Yes
No
The cellular reproduction rate may be too slow for cancer to develop during the lifetime of the individual. Is that so?
Yes
No
A malignant disease will develop
No health effects to the individual

## अनुवांशिक प्रभाव

जो तथ्य कैंसर के संबध में सत्य हैं वे ही तथ्य विकिरण के तथाकथित अनुवांशिक प्रभावों के संबंध में भी सत्य हैं। सिद्धांतत:, विकिरण द्वारा, ऐसे अणु, जिनमें जर्म कोशिकाओं का जैनेटिक कोड होता है, में आयनीकरण पैदा किया जा सकता है और कुछ परिस्थितियों में, एक सैद्धांतिक संभावना रहती है कि ऐसी दुर्भाग्यपूर्ण घटनाओं की श्रृंखला, होने वाली संतान में कुछ पैथोलॉजिकल परिवर्तन ला सकती है। यद्यपि, ICRP छोटे विकिरण डोज के कारण सैद्धांतिक जोखिम की संभावना से इन्कार नहीं करता है, तथापि, यह स्वीकार करता है कि विकिरण डोज के कारण किसी अनुवांशिक प्रभाव का जोखिम, कैंसर होने के जोखिम से बहुत कम होता है।

कई लोग यह मानते हैं कि हिरोशिमा और नागासाकी की बमबारी के दौरान उद्भासित लोगों की संतानों में अपंगता होना सामान्य बात है। जो लोग उस समय उच्च विकिरण डोज से उद्भासित हुए थे, उनके 80,000 से अधिक बच्चे, लाखों नाती-पोते और उनके भी बच्चे (पर पोते) हो चुके हैं। इन संतानों में पूरे विश्व के वैज्ञानिकों की स्वाभाविक रूचि रही है। शोधकर्ताओं को अनुवांशिक क्षति में ऐसी कोई वृद्धि नहीं मिली है जिसके आधार पर वे किसी विशिष्ट जोखिम फैक्टर को पारिभाषित कर सकें।

सर्वाधिक उपयोग में आने वाला जोखिम मॉडल, रैखीय जोखिम मॉडल है, जिसके अनुसार एक निश्चित विकिरण डोज से हमेशा ही समान मात्रा में जोखिम बढ़ता है। जहाँ भी कार्य में सुरक्षा के पहलू को ध्यान में रखना आवश्यक होता है वहाँ संरक्षा विश्लेषण और विकिरण से बचाव में कुछ विशेषज्ञों की राय में रैखीय जोखिम मॉडल, कम डोज के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के देरी से होने वाले स्वास्थ्य प्रभावों को बढ़ा-चढ़ा कर पेश करता है।

रैखीय द्विघात जोखिम मॉडल के अनुसार, जोखिम एक सीधी रेखा से नहीं बल्कि वक्र रेखा से प्रदर्शित होता है। जब डोज कम होता है तो वक्र थोड़ा समांतर रहता है परंतु जैसे-जैसे डोज बढ़ता जाता है, वक्र अधिक उर्ध्वाकार होता जाता है। सैद्धांतिक और व्यावहारिक दोनों ही प्रकार के परीक्षणों ने इस मॉडल का समर्थन किया है।

कुछ शोधकर्ता एक कदम आगे बढ़ कर दावा करते हैं कि व्यावहारिक तौर पर छोटे डोजों से कोई जोखिम नहीं है अर्थात जोखिम च्शून्यछ है। थ्रेशहोल्ड वेल्यू जोखिम मॉडल के अनुसार, एक विशिष्ट स्वीकार्य सीमा के बाद ही डोज हानिकारक होगा। इनका एक तर्क यह है कि ऐसे क्षेत्रों, जहाँ पृष्ठभूमिक विकिरण औसत से कई गुणा अधिक है, में कैंसर होना आम बात नहीं है। इस मॉडल के समर्थकों में शरीर की पुन:स्वस्थकर शक्तियों के प्रति गहरी आस्था है।

## Hereditary effects

What holds true for cancer, also holds true for the so-called hereditary effects of radiation. In theory, radiation could cause ionization in those molecules that contain the genetic code of the germ cells, and thus a mutation in the germ. Under certain circumstances, a chain of unfortunate events could theoretically lead to a pathological change in the off-spring. While ICRP dose not exclude the possibility of a theoretical risk due to small radiation does, it states that the risk of hereditary effects caused by radiation is far smaller than the risk of contracting radiation-induced cancer.

Many people believe that deformities were common in the descendants of people who were exposed to the bombings of Hiroshima and Nagasaki. To date those exposed to high radiation doses during the bombings have had more than 80,000 children and tens of thousands of grandchildren and great grandchildren. The offspring have naturally been of great interest to scientists worldwide. Researchers have not been able to detect any increase in hereditary damage that would allow them to define a specific risk factor.

The most widely used risk model is the linear risk model, according to which a specific radiation dose always increases the risk by the same amount. Used in safety analyses and radiation protection, whenever there is a need to play it safe, the linear risk model is believed by some experts to overestimate the risk for most types of late health effects in the low dose region.

According to the linear-quadratic risk model, the risk is not a straight line, but a curve. At small doses, the curve is gentle, but as the doses grow, the curve becomes steeper. Both practical and theoretical tests have been found to support this model.

Some researchers go a step further and argue that the risk from small doses is practically zero. According to the threshold value risk model, only doses exceeding a specific tolerance limit would be harmful. One of their arguments is that cancer is no more common in areas where background radiation is many times higher than average. Supporters of that model have a strong faith in the recuperative powers of the body.

अधिरैखीय जोखिम मॉडल के समर्थक कुछ लोग उपरोक्त मत का पूर्णत: विरोध करते हैं और मानते हैं कि तुलनात्मक रूप में छोटे विकिरण डोज, बड़े विकिरण डोजों की अपेक्षा अधिक घातक होते हैं। इस मॉडल के समर्थक ढूँढना बहुत कठिन है। एक प्रमाण जो इसके विपरीत जाता है, वह यह कि पृष्ठभूमिक विकिरण में बहुत भिन्नताओं के बावजूद इनका स्वास्थ्य पर कोई खास प्रभाव नहीं पड़ता है।

होर्मेसिस मॉडल के अनुसार, कुछ विकिरण स्वास्थ्य के लिए लाभकारी भी होते हैं, यह सिद्धांत दवाइयों सहित कई सामग्रियों पर खरा उतरता है - थोड़ी मात्रा में यह लाभकारी होता है जबकि बड़ी मात्रा विष का काम करती है। उदाहरण के लिए पराबैंगनी प्रकाश का बहुत बड़ा डोज एक व्यक्ति को जलाकर उसकी जान भी ले सकता है, किंतु यदि हमें धूप ना मिले तो हम बीमार पड़ जाएंगे। इस मॉडल के समर्थक कहते हैं कि ऊँचें पर्वतीय क्षेत्रों, जहाँ विकिरण का स्तर अधिक है, में रहने वाले लोगों को अन्यों की अपेक्षा कैंसर कम होता है। यह बात सत्य होते हुए भी एक सही निष्कर्ष नहीं हो सकती क्योंकि कैंसर एक ऐसी बीमारी है जिसका कोई एक नहीं बल्कि कई कारण होते हैं।

## छोटे डोजों के दीर्घकालीन प्रभाव

विकिरण के छोटे डोजों के दीर्घकालिक जैविक प्रभाव इतने सूक्ष्म होते हैं कि इन्हें सावधानीपूर्वक किए गए गहरे वैज्ञानिक अध्ययन भी प्रदर्शित नहीं कर पाते। उदाहरण के लिए, अब तक यह स्पष्ट नहीं है कि पृष्ठभूमिक विकिरण से यदि कैंसर होता है, तो ऐसा कितने लोगों को हुआ है।

पूरे विश्व में विकिरण उद्भासित कर्मियों के बड़े समूहों पर मृत्यु आधारित कई व्यापक अध्ययन किए गए हैं। मृत्यु के कारण और उनके पूरे कार्मिक जीवन से संबंधित विकिरण उद्भासन रिकार्ड का परीक्षण किया गया है। विकिरण डोज और मृत्यु के कारणों में संबंध स्थापित करने के लिए विभिन्न अध्ययन किए गए हैं किंतु निम्न डोज के मामलों में ऐसा कोई संबंध स्थापित नहीं हो पाया है। अउद्भासित व्यक्तियों की मृत्यु के कारणों का भी अध्ययन किया गया है और इसकी तुलना कार्य के दौरान उद्भासित कर्मियों के आँकड़ों से की गई है । परिणाम बताते है कि जिन विकिरण कर्मियों ने विकिरण के डोज की छोटी मात्रा प्राप्त की है उनमें कैंसर के कारण होने वाली मौतें अन्य कर्मियों की तुलना में अधिक आम नहीं हैं यद्यपि आँकड़े बताते हैं कि जिन कर्मियों ने उच्चतम विकिरण डोज प्राप्त किए हैं उनमें ल्युकेमिया का जोखिम अधिक रहता है।

यद्यपि, छोटे डोज के कारण कैंसर होने का जोखिम इतना नहीं है कि आँकड़ों के आधार पर उसे ज्ञात किया जा सके, तथापि यह मान लेना उचित होगा कि इनसे कैंसर का जोखिम बढ़ सकता है। औद्योगिक देशों में 20 से 25 प्रतिशत लोगों की मृत्यु कैंसर से होती है किंतु, चूंकि यह आँकड़ा वर्ष-प्रतिवर्ष बदलता रहता है अत: कैंसर में विकिरण की भूमिका को पूरी तरह प्रमाणित या अप्रमाणित करना कठिन हो जाता है। अत: तार्किक दृष्टि से यह माना जा सकता है कि जो जोखिम कोई ज्ञात किए जा सकने योग्य प्रभाव उत्पन्न नहीं करता है उसके बारे में अधिक चिंता करने की आवश्यकता नहीं है।

A few "lonely prophets", supporters of the supra linear risk model, are totally opposed to that view, maintaining that small radiation doses are relatively more dangerous than large ones. It is difficult to find support for that model. One piece of convincing evidence against it is that large differences in background radiation do not have significant effects on health.

According to the hormesis model, some radiation is beneficial to health, a phenomenon that holds true for many substances, including medicines: large amounts are poisonous, small amounts are beneficial. A massive dose of ultra-violet light, for instance, would burn a person to death, but our health suffers if we get no sun at all. Supporters of the hormesis model say that people who live in mountainous areas, at high altitudes with high radiation levels, suffers less cancer than others. That is a true, but not necessarily correct conclusion, as cancer is a disease with not just one cause, but many.

## Long term effects of small doses

The long term biological effects of small doses of radiation are so minute that not even careful epidemiological studies have been able to demonstrate them. For instance, it is not known how many cases of cancer, if any, are caused by natural background radiation.

Several extensive mortality studies on large groups of exposed radiation workers have been carried out around the world. Causes of death as well as personal radiation exposure records covering entire working lives have been examined. Studies have tried to establish a link between radiation doses and cause of death, but no such relationship has been found at low doses. The cause of death of unexposed people has also been studied and compared with the statistics of occupationally exposed workers. Results show cancer deaths to be no more common amongst occupationally exposed workers who receive low doses than other workers, although there is some statistical evidence for an increased risk of leukaemia for workers who receive the highest doses.

Even though the risk of small doses is too small to cause an observable rise in cancer statistics, it must be conceded that they may increase the risk of cancer. In industrialized nations, between 20 per cent and 25 per cent of the population die of cancer, but as the number fluctuates from year to year, it is impossible to prove or disprove the role of radiation in causing cancer. What can be argued is that a risk which produces no observable effect is not a risk worth worrying about.

## मन: शारीरिक व्यायाम

चेर्नोबिल परमाणु दुर्घटना से रेडियोसक्रिय फॉलआउट के पश्चात पश्चिमी यूरोपीय और स्कैंडीनेवियाई देशों में किसी ने भी 0.1 mSv से अधिक तात्कालिक डोज प्राप्त नहीं किया। फिर भी, कई लोगों ने शिकायतें की कि विकिरण के कारण ही उन्हें त्वचा संबंधी रोग, सिरदर्द, मितली आना, पेट की खराबी, डायरिया, अनिद्रा आदि रोग हो गए हैं।

इसमें कोई संदेह नहीं कि ये सभी रोग -लक्षण वास्तविक थे, किंतु इस दावे की पड़ताल की जानी आवश्यक थी कि बीमारी का कारण विकिरण का जैविक प्रभाव था, यह विवाद का विषय था। भय, चिंता, घबराहट और ज्ञान की कमी के कारण भी बीमारी के अस्थाई शारीरिक लक्षण उभर सकते हैं। तनाव और मनोवैज्ञानिक दबाव के कारण भी घबराहट, अनिद्रा, सिरदर्द और पेट दर्द हो सकता है। जिन्हें पर्याप्त जानकारी थी और जो स्थिति को अच्छी तरह समझ रहे थे, उनमें ये लक्षण नहीं थे जबकि उन्हें भी विकिरण की समान मात्रा ने प्रभावित किया था।

यह भी संभावना है कि बीमारी और विकिरण में कोई संबंध, यहाँ तक कि मन:शारीरिक संबंध भी न हो। जो लोग उस दुर्घटना के समय किसी भी कारण से बीमार हुए, उन्होंने यह मान लिया कि उन्हें विकिरण ने प्रभावित किया है चाहे भले ही ऐसा न हुआ हो। कुल मिला कर कहा जा सकता है कि विकिरण के सामान्य या बहुत ही कम उद्भासन से यदि कोई व्यक्ति बीमार हो जाता है तो संबंधित लक्षण विकिरण के कारण नहीं बल्कि विकिरण के भय के कारण हो सकते हैं या यह मात्र एक संयोग हो सकता है।

यहाँ तक कि कर्मियों द्वारा निर्धारित सीमा से 10 गुणा अधिक तक अर्थात कई सौ mSv प्रतिवर्ष का डोज प्राप्त करने पर भी बीमारी के कोई तीव्र लक्षण नहीं उभरते । स्वयं को बीमार महसूस करने वाले रोगी मानने लगते हैं कि उनके रोग लक्षण विकिरण के जैविक प्रभाव के कारण है, किंतु वे गलत होते हैं । यदि वे किसी दुर्घटना या रेडियोथेरेपी के कारण तीव्र विकिरण से तुरंत उद्भासित नहीं हुए हैं तो वे गलत हैं ।

ऐसे व्यक्ति के उपचार के लिए, बीमारी के अन्य कारणों का पता लगाया जाना चाहिए। संभवत:, सामान्य चिकित्सीय निदान के द्वारा बीमारी का पारंपरिक रूप से उपचार किया जा सकता हो।

यदि लक्षण मन:शारीरिक हैं और वे विकिरण के भय के कारण पैदा हुए हैं तो रोगी को यह तथ्य बताया जाना आवश्यक होगा कि विकिरण के छोटे डोज से बीमारी के कोई लक्षण नहीं उभरते हैं। किसी स्वस्थ कर्मचारी द्वारा यह अंदाजा लगाने पर कि ये लक्षण विकिरण संबंधी हो सकते हैं, रोगी के अंदर और अधिक व्याकुलता पैदा कर सकते हैं और उसकी तबियत और खराब हो सकती है।

## The psychosomatic dimension

After the radioactive fallout from the Chernobyl accident, nobody in western European countries and Scandinavia received an instant radiation dose exceeding 0.1 mSv. Nevertheless, many people said that, due to the radiation, they had suffered rashes, headaches, nausea, upset stomachs, diarrhoea and insomnia.

There is no reason to doubt that such symptoms existed, but the claim that their sickness was the biological effect of radiation must be contested. Fear, concern, anxiety and lack of knowledge may cause temporary physical signs of illness. Tension and psychological stress cause anxiety, sleeplessness, headaches and stomach pains. Those who were adequately informed and understood the situation did not experience those symptoms, even though they were exposed to the same fallout radiation.

It is also possible that there was no connection at all, even a psychosomatic one, between the sickness and the radiation. People who felt sick for any reason during the fallout period may have believed that the sickness was caused by radiation even if it was not. To sum up: if after moderate exposure to radiation, a person is ill, the symptoms are caused not by radiation, but by fear of radiation, or even coincidence.

Even radiation doses up to several hundred mSv per year, 10 times higher than the dose limits for workers, would never cause any acute symptoms of illness. Patients feeling sick may believe their symptoms are the biological effects of radiation, but they are wrong. If they have not been instantly exposed to strong radiation in an accident or radiotherapy, they are quite simply wrong.

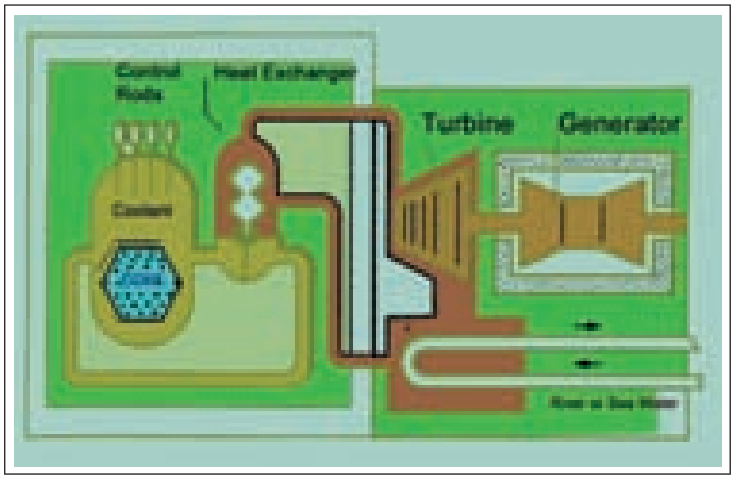
To cure such a person, other reasons for the illness must be found. It is probable that a normal medical diagnosis can be given and the reason for the illness treated conventionally.

If the symptoms are psychosomatic, caused by fear of radiation, patients must be told the facts: that small radiation doses do not produce signs of illness. Any suggestion from a healthcare professional that symptoms might be radiation-related could cause unnecessary anxiety and make the patient feel worse.

### सकारात्मक अज्ञानता

विकिरण जैविकी के क्षेत्र में कार्यरत शोधकर्ता अभी तक इस बात पर एकमत नहीं हैं कि छोटे डोज के क्षेत्र में कौन सा जोखिम मॉडल सही है। ऐसा इसलिए है क्योंकि छोटे डोज के कारण कोई तीव्र प्रभाव नहीं देखे गए हैं और देखे भी नहीं जा सकते हैं। विकिरण से होने वाले कैंसर के संभाव्य अतिरिक्त मामलों को, प्राकृतिक कारणों से अलग करके कभी नहीं देखा जा सकता। जब विश्व के जाने-माने विशेषज्ञ भी छोटे विकिरण डोज के जोखिम की गणना करने में असमर्थ रहे हैं तो ऐसे में आम आदमी से ऐसी अपेक्षा कैसे की जा सकती है ? इसका सीधा सा उत्तर है कि यह अनुमान नही लगाया जा सकता है।

विकिरण के मामले में, प्रेक्षणों के आधार पर कोई जोखिम फैक्टर की गणना न कर पाने का तात्पर्य यह है कि सापेक्षत: जोखिम कम है और यह एक सकारात्मक बात है। हमें जोखिम की जानकारी नहीं हैं। हम केवल अंदाजा ही लगा सकते हैं।




*नाभिकीय बिजलीघर की रूपरेखा /*
*Schematic drawing of Nuclear Power Reactor*

अत: यह कहा जाना चाहिए कि छोटे विकिरण डोजों से स्वास्थ्य के लिए जोखिम इतना कम है कि इसे प्रेक्षणों पर आधारित कोई वैज्ञानिक शोध पद्धति च्शून्यछ से अलग नहीं कर पाती है।

## नाभिकीय विद्युत

अधिकतर लोग परमाणु दुर्घटनाओं से घबराते हैं तथा इसी तरह परमाणु उद्योग से भी। किन्तु इसके कारण वे नहीं होते हैं जैसा कि जनता में धारणा है। जनता मुख्यत: अपने देश में या अपने पड़ोसी देश में होने वाली दुर्घटनाओं, जिनका प्रभाव उनके अपने जीवन पर पड़ सकता है, के प्रति चिंतित रहती है। किंतु परमाणु उद्योग विश्व में कहीं भी होने वाली दुर्घटनाओं को लेकर चिंतित रहता है। इस उद्योग के लोगों का यह दृढ़ विश्वास है कि विश्व में कहीं भी हुई दुर्घटना, सभी जगह हुई दुर्घटना के बराबर है, क्योंकि दुर्घटना कहीं भी क्यों न हो, नाभिकीय उद्योग की विश्वसनीयता विश्व भर में प्रभावित होती है और इस उद्योग से जुड़े लोग और आई ए ई ए जैसी अंतर्राष्ट्रीय ऐजेंसियाँ ऐसा कभी नहीं चाहतीं। अत: अन्तर्राष्ट्रीय समुदाय, संरक्षा में सुधार करने के लिए निरंतर प्रयासरत रहता है, यहाँ तक कि कुछ कम विकसित बिजलीघरों को बंद करवाने जैसे कार्य भी किए जाते हैं।

### परमाणु का विखंडन : नाभिकीय विद्युत का उत्पादन

नाभिकीय विद्युत का उत्पादन यूरेनियम-235 के विखंडन पर आधारित है, जोकि विखंडनीय नाभिकों में सबसे महत्वपूर्ण है तथा जिसे न्यूट्रॉन की बमबारी द्वारा विखंडित किया जा सकता है।

### Positive ignorance

Researchers working in the field of radiation biology have not yet reached an agreement as to which of the various risk models is correct for the low dose region. That is because no actual effects have been observed, and cannot be observed, at low levels. Possible additional cancer cases due to radiation can never be distinguished from all the natural cases. Since even the best experts in the world cannot calculate the risk of small radiation doses, how can lay people be expected to make an educated assessment? The simple answer is that they cannot.

In the case of radiation, the inability two workout a risk factor on the basis of observations must mean, in fact, that the risk is relatively low and that is a positive thing. We cannot know the risk. We can only make assumptions.

It may thus be stated that the health risk from small radiation doses is so minute that no scientific research methods, based on observations, are able to distinguish it from zero.

## Nuclear Power

Most people are afraid of nuclear accidents. So is the nuclear industry, but not for exactly the same reasons as the public. The public are primarily worried about accidents in their own country or in neighbouring countries that would have an effect on their own lives. The nuclear industry is concerned about accidents anywhere in the world. Its representatives firmly believe that an accident anywhere is an accident everywhere, in other words that no matter where a nuclear accident takes place, the credibility of the nuclear industry suffers worldwide and that is something that the nuclear industry and international bodies, such as the IAEA, would not want to see. The international community therefore puts great efforts into the improvement of safety, including closing some of the least advanced power plants.

### Splitting the atom: generating nuclear power

Nuclear power generation is based on the splitting of uranium-235, the most important of a group of nuclei, (fissile nuclei), that can be made to split by neutron bombardment.

यूरेनियम-235 जैसे विखंडनीय नाभिक से जब कोई न्यूट्रॉन टकराता है तो वह दो भागों में विभक्त हो जाता है। विखंडन से ऊष्मा, गामा विकिरण और दो या तीन नए न्यूट्रॉन निकलते हैं। एक नाभिकीय रिएक्टर में इस प्रकार से परिस्थितियाँ संयोजित की जाती हैं कि जैसे ही नाभिक विभक्त होता है, छोड़ा गया एक न्यूट्रॉन एक अन्य विखंडनीय यूरेनियम नाभिक पर उपयुक्त गति से मार करता है, और नाभिक को विभक्त करता है और इसी प्रकार यह श्रृंखला चलती रहती है। अभिक्रिया की यह श्रृंखला नाभिकीय ईंधन को गरम कर देती है। विखंडन के दौरान पैदा हुए दो नए नाभिकों को विखंडन उत्पाद कहा जाता है।

*रेडियोसक्रियता का मानीटर / Monitoring of Radioactivity*

## रेडियोसक्रिय उत्सर्जन

रिएक्टर के प्रचालन के दौरान नाभिकीय ईंधन पर जमा विखंडन-उत्पाद ही किसी नाभिकीय रिएक्टर या पुनर्संसाधन संयंत्र से उत्पन्न होने वाली सबसे खतरनाक वस्तु होती है। नाभिकीय ईंधन के किरणन से रेडियोसक्रिय सामग्री में अत्यधिक वृद्धि हो जाती है जो कि किसी दुर्घटना के समय निसृत हो सकती है। इसीलिए किरणित ईंधन का सावधानीपूर्वक शीतलन (कूलिंग) और रक्षण (शील्डिंग) अनिवार्य है क्योंकि नाभिकीय संयंत्र की संरक्षा प्रणाली के असफल हो जाने की स्थिति में उन विखंडन उत्पादों के एक हिस्से को वातावरण में छोड़ा जा सकता है।

## निरंतर मानीटरन

चूंकि नाभिकीय संयंत्र के अंदर की स्थिति का बारीकी से मानीटरन किया जाता है, अत: अब यह संभव हो गया है कि पहले से ही ऐसी परिस्थितियों की पहचान की जा सके जिनके कारण रेडियो सक्रियता निसृत हो सकती है और कई मामलों में तो इसका सामना करने के लिए उपयुक्त उपाय भी किए जा सकते हैं। कंप्यूटरीकृत स्टैक - मानीटरन उपकरण भी उत्सर्जन स्तर के बारे में लगातार सूचनाएं उपलब्ध कराते रहते हैं और पूर्व निर्धारित संरक्षा मापदंडों का उल्लंघन होते ही बिजलीघर के कर्मचारियों को सावधान कर देते हैं।

कई देशों में, वातावरण में विकिरण के स्तर की मानीटरिंग सैकड़ों जगहों पर चौबीसों घंटे की जाती है। कभी-कभी यह मानीटरिंग फायर-ब्रिगेड या सिविल डिफेंस के कार्मिकों द्वारा की जाती है तो कभी स्वयंचालित विकिरण नियंत्रण प्रणालियों के व्यापक एवं गहन नेटवर्क के माध्यम से की जाती है। जो सामान्य से थोड़े विपथन को तत्काल सूचित करने की क्षमता रखते हैं। पर्यावरण में स्थापित कई विकिरण मापी प्रणालियां अत्यधिक संवेदनशील हैं और ये न केवल विकिरण स्तर में होने वाले न्यूनतम परिवर्तन को पकड़ने में सक्षम होती हैं, बल्कि जिस रेडियोसक्रिय सामग्री के कारण परिवर्तन हुआ है, उसकी पहचान भी करने में सक्षम हैं। उदाहरण के लिए, विश्व के किसी भी कोने में होने वाले रेडियोसक्रिय आयोडिन के न्यूनतम फॉलआउट की पहचान करके परमाणु परीक्षणों का पता

When a neutron hits a fissile nucleus such as U-235, the nucleus splits in two. Fission releases heat, gamma radiation and two or three new neutrons. In a nuclear reactor, conditions are set up so that as a nucleus splits, one of the neutrons released hits another fissile uranium nucleus at the right speed and makes that nucleus spit, and so on. That chain reaction leads to the heating up of the nuclear fuel. The two new nuclei produced during splitting are called fission products.

## Radioactive releases

The fission products, which accumulate in the nuclear fuel while the reactor is operating, are the most important potential hazards from a nuclear reactor or nuclear reprocessing plants. Irradiation of the nuclear fuel creates an enormous increase in radioactive material which could be released in the event of an accident. Careful cooling and shielding of the irradiated fuel are therefore essential, as, in the unlikely event of failure of the safety systems of a nuclear plant, part of those fission products may be released into the atmosphere.

## Continuous monitoring

As conditions within a nuclear plant are closely monitored, it is now possible to identify, well in advance, the circumstances that may give rise to a release of radioactivity and, in many cases, to adopt appropriate counter-measures. Computerized stack-monitoring devices also provide continuous information about emission levels and will alert power station personnel instantly, should preset safety values be breached.

In many countries, environmental radiation levels are monitored continuously at hundreds of locations on a round-the-clock basis, sometimes by fire-brigade or civil-defence personnel, sometimes by means of a dense network of advanced automatic radiation control systems that can detect even the smallest deviation from normal the instant it occurs. Many radiation measurement systems installed in the environment are extremely sensitive, able not only to detect the slightest change in radiation values, but also identify the radioactive substance causing the change. For example, nuclear tests can often be detected from the infinitesimal fallout of radioactive iodine on the other side of the world. The energy spectrum of the radiation tells which substances

लगाया जा सकता है। विकिरण के ऊर्जा स्पेक्ट्रम से यह ज्ञात किया जा सकता है कि रेडियोसक्रिय फालआउट में कौन सा तत्व मौजूद है और कई बार तो यह पता लगाना भी संभव हो जाता है कि किस घटना के परिणामस्वरूप ऐसा हुआ है या किस संयंत्र से उत्सर्जन हुआ है।

## नाभिकीय दुर्घटना के परिणाम

एक बड़ी रिएक्टर दुर्घटना के परिणामस्वरूप रिएक्टर के आंतरिक कूलेंट सिस्टम (शीतलन प्रणाली) में नाभिकीय ईंधन से गैसों और रेडियोन्यूक्लाइडों का उत्सर्जन होता है। यदि इसे रिएक्टर पात्र के अंदर ही सीमित रखने में असफलता मिलती है तो इनका उत्सर्जन वातावरण में भी हो जाता है और रेडियोसक्रिय सामग्री हवा के साथ घुलकर विसरित हो जाती है। कुछ रेडियोन्यूक्लाइड जमीन पर जमा हो जाते हैं।

एक बड़ी दुर्घटना के कारण दुर्घटना स्थल के आस-पास कई किलोमीटर तक भारी संदूषण फैल सकता है। अत: यह संभव है कि एक क्षेत्र या देश में हुई दुर्घटना के परिणामस्वरूप दूसरे क्षेत्र या देश में रहने वाले लोग भी स्वीकार्य सीमाओं से अधिक उद्‌भासन का शिकार बन जाएं।

आयोडिन की गोलियों का उपयोग करके, कुछ विशिष्ट खाद्य पदार्थों का निषेध करके, बंद स्थान में अंदर रहकर अथवा स्थाई या अस्थाई रूप से संदूषित स्थान को जनता से खाली करवा कर इस प्रकार के भारी विकिरण उद्‌भासन के जोखिम को कम किया जा सकता है।

## आयोडिन की गोलियों का उपयोग

यदि नाभिकीय ईंधन क्षतिग्रस्त होता है तो रेडियोसक्रिय आयोडिन गैस उत्सर्जित होती है जो वातावरण में भी फैल सकती है। इसका फैलाव पहले हवा के साथ संदूषण के रूप में और फिर बाद में रेडियोसक्रिय फॉलआउट के रूप में होता है। यदि आयोडिन श्वसन के दौरान या अन्य प्रकार से शरीर में प्रवेश कर जाती है तो यह थायरॉइड ग्रंथि तक पहुँच जाती है और कुछ दिनों या सप्ताहों तक वहीं जमा रहती है। उस दौरान, थायरॉइड ग्रंथि विकिरण डोज प्राप्त कर लेती है जिससे यह क्षतिग्रस्त हो सकती है या कुछ वर्षों बाद इससे थायरॉइड कैंसर भी हो सकता है।

यदि कोई गंभीर रिएक्टर दुर्घटना घटित होती है तो विकिरण अधिकारी यह सिफारिश कर सकते हैं कि आस-पास रहने वाले लोग आयोडिन की गोलियाँ खाएं। यदि रेडियोसक्रिय आयोडिन के शरीर में प्रवेश करने से थायरॉयड ग्रंथि के उच्च विकिरण से उद्‌भासित होने की संभावना हो तो आयोडिन गोलियाँ आवश्यक सुरक्षा प्रदान करती हैं।

थायरॉइड ग्रंथि द्वारा आयोडिन की एक सीमित मात्रा ही ली जा सकती है। नाभिकीय दुर्घटना के बाद यदि तुरंत आयोडिन की गोली ले ली जाती है तो गोली में मौजूद गैर-रेडियोसक्रिय आयोडिन, थायरॉइड ग्रंथि तक पहुँच जाती है और रेडियोसक्रिय आयोडिन के पहुँचने से पहले ही उसे भर देती है। आयोडिन शरीर के किसी अन्य अंग में जमा नहीं होती। इस प्रकार, श्वसन के साथ शरीर में प्रवेश कर चुकी रेडियोसक्रिय आयोडिन बिना कोई खास क्षति पहुँचाए शरीर से बाहर निकल जाती है।

are present in the radioactive fallout and sometimes can even reveal the type of incident or the plant that caused the release.

## Consequences of a nuclear accident

A major reactor accident may lead to a release of gaseous and volatile radionuclides from the fuel into the internal coolant system of the reactor. In the event of containment failure, there would also be a release to the atmosphere and the radioactive material would be carried away by the wind, diluted and dispersed. Some radionuclides would be deposited on the ground.

A major accident would cause heavy local contamination up to tens of kilometres from the accident site. It is therefore possible for people to suffer an unacceptable level of exposure to radiation as a result of an accident in another region or another country.

The risks of heavy exposure can be reduced by the use of iodine tables, restrictions in the use of specific foodstuffs, taking shelter indoors or permanent or temporary evacuation of the population to a cleaner region.

## The use of iodine tablets

If the nuclear fuel is damaged, radioactive iodine gas will be released and may escape into the environment, first as airborne contamination and later as radioactive fallout. If iodine enters the body, for example through inhalation, it finds its way to the thyroid gland where it remains for some days or weeks. During that time, the thyroid gland receives a radiation dose which may damage it or cause thyroid cancer a few years later.

If a severe reactor accident takes place, the radiation authorities may recommend that people nearby take iodine tablets. An iodine tablet gives the protection needed if the thyroid gland is likely to be exposed to a high radiation dose from an intake of radioactive iodine.

The thyroid gland can take only a limited amount of iodine. If an iodine tablet is taken quickly after the nuclear accident, the non-radioactive iodine in the tablet reaches the gland and fills it before the radioactive iodine can reach it. Iodine is not accumulated in any other organ. Thus any inhaled radioactive iodine will leave the body quickly without causing a significant dose.

## फॉलआउट का मानीटरन

फॉलआउट के बाद यह संभावना तथा अक्सर आवश्यक भी होता है कि बाहर खुली जगहों के विकिरण स्तर को हाथ में पकड़े जा सकने वाले विकिरण मीटर से मापा जाए। अन्य स्थानों पर अन्य लोगों द्वारा मापे गए आँकड़ों से तुलनीय आँकड़े प्राप्त करने के लिए खुली जगहों पर कमर की ऊँचाई पर मापन किया जाना चाहिए। यह मापन, किसी मकान की दीवार के पास या छत के नीचे या पेड़ के नीचे नहीं किया जाना चाहिए क्योंकि इससे प्राप्त परिणाम बहुत निम्न होंगे तथा साथ ही जमीन या ठहरे हुए पानी से भी सीधे मापन नहीं किया जाना चाहिए क्योंकि इससे बहुत उच्च आँकड़े मिलेंगे। इस प्रकार के मापन से प्राप्त आँकड़ों के आधार पर यह निर्णय लेने में आसानी होती है कि आपात-स्थिति में ऊपर उल्लिखित बचाव के उपाय, जैसे कि लोगों को शेल्टर (छत) में ले जाना, खाद्य पदार्थों पर रोक लगाना, आयोडिन गोलियों का वितरण या लोगों को प्रभावित क्षेत्र से हटाना आदि कार्य जारी रखे जाएं या उनमें कोई परिवर्तन किया जाए।

*वायुमंडल के मानीटरन के लिए सोडार / SODAR for monitoring of weather*

## Monitoring the fallout

It is possible and often essential after a fallout for the radiation level out doors to be measured using a hand-held radiation meter. To achieve values comparable with those measured by other people at other places, measurements are always conducted in an open field at waist level. The measurements are neither conducted near the wall of a house nor under a roof or trees as the values will be too low, nor directly from the ground or from standing water, as the values will be too high. Measurements confirm if early decisions on whether emergency counter-measures mentioned above, such as shelter, restrictions on foodstuffs, distribution of iodine tablets or evacuation should be maintained or modified.

## नाभिकीय दुर्घटना या घटना

एक आम आदमी (गैर-विशेषज्ञ) को किसी नाभिकीय घटना के संभावित खतरों की अधिक यथार्थपरक जानकारी देने के लिए कुछ वर्ष पहले एक अंतर्राष्ट्रीय संरक्षा महत्व स्केल च्इंटरनेशनल न्यूक्लियर इवेंट स्केल (INES) की शुरुआत की गई।

INES स्केल में परमाणु घटनाओं को, उनके संरक्षा महत्व के अनुसार 0 (कोई संरक्षा महत्व नहीं) से 7 (गंभीर या बड़ी दुर्घटना) तक संख्या दी गई है। विभिन्न घटनाओं के लिए इस्तेमाल में लाई जाने वाली सही शब्दावली के बारे में भी बताया गया है।

यह स्केल सभी परमाणु स्थापनाओं पर लागू होता है, उदाहरण के लिए यह स्केल परमाणु ईंधन उपचार संयंत्र, ईंधन भंडारण और कुछ सैनिक संस्थानों सहित परमाणु बिजलीघरों पर भी लागू होता है। कुछ मामलों में यह भूकंप के मापन के लिए उपयोग में आने वाले रिक्टर स्केल की तरह ही है।

सभी के लिए और विशेषकर विकिरण क्षेत्र में काम करने वालों के लिए यह आवश्यक है कि वे INES स्केल का अध्ययन करें, इसके अर्थ को समझें और विभिन्न परिस्थितियों में सही शब्दावली का प्रयोग करें। एक मील दूर स्थित नाभिकीय संयंत्र में तथाकथित रूप से रिएक्टर में एक बड़ी

## Nuclear accident or incident?

To give non-experts a more realistic idea of the potential hazards of nuclear events, an international safety significance scale, the International Nuclear Event Scale (INES) was introduced a few years ago.

In the INES scale, nuclear events are numbered according to the safety significance of the event from 0 (no safety significance) to 7 (serious or major accident). Guidance is also given as to the correct terminology to be used in various events.

The scale is applied to all nuclear installations, for example, nuclear fuel treatment plants, fuel stores and certain military installations, as well as nuclear power station. In some ways, INES resembles the Richter scale for earthquakes.

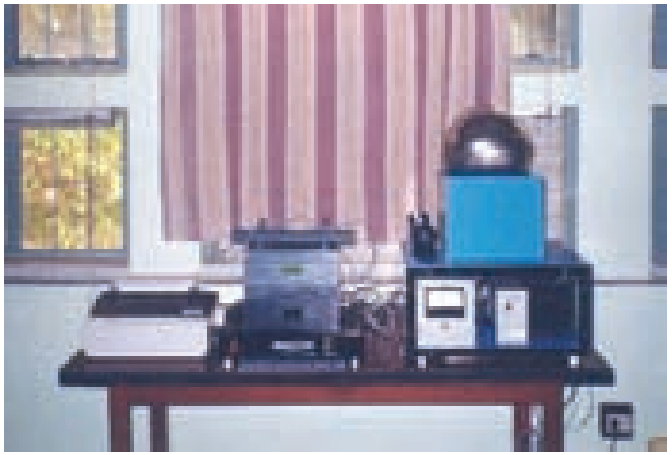
There are good reasons for everybody, especially those working with radiation, to study the INES scale, understand its meaning and use the right terminology in various situations. The so-called big reactor failure at the nuclear plant a mile away may, on the INES scale, just be a Class 1 generator failure.

In these circumstances, there would be no need to call it an accident, to panic or spread fear and concern. Still more important would be that where an actual hazard

खराबी, INES स्केल पर मात्र क्लास 1 जनरेटर की खराबी हो सकती है।

इन परिस्थितियों में, इसे दुर्घटना या एक्सीडेंट का नाम नहीं दिया जाना चाहिए और न ही इसे लेकर दहशत, चिंता और भय का माहौल तैयार करना चाहिए। इससे अधिक महत्वपूर्ण यह है कि जहां वास्तव में कोई खतरनाक स्थिति पैदा हो गई हो वहाँ जो चेतावनी दी जाए उस पर पूरा भरोसा करते हुए कोई अनावश्यक जोखिम न उठाया जाए।

situation did exist, any warning given would be trusted and respected and no unnecessary risks taken.



*एक पर्यावरण विकिरण मानीटरन केंद्र*
*Environmental Radiation Monitoring Station*

*ट्रांबे में कार्यरत सचल विकिरण प्रयोगशाला*
*Mobile Radiological Laboratory at Trombay*

*सचल विकिरण प्रयोगशाला का आंतरिक दृश्य*
*Inside view of Mobile Radiological Laboratory*

## INES स्केल
(अंतर्राष्ट्रीय नाभिकीय घटना पैमाना)

**क्लास -0-विचलन**
**संरक्षा की दृष्टि से कोई महत्व नहीं, स्केल से नीचे की घटना**

**क्लास-1 - अनियमितता**
प्राधिकृत प्रचालन पद्धति के नियमों का उल्लंघन

**क्लास-2 - घटना**
**संयंत्र के अन्दर संदूषण का महत्वपूर्ण फैलाव और/या किसी कार्मिक का अत्यधिक उद्‌भासित होना**

**क्लास-3 - गंभीर घटना**
संदूषण का गंभीर फैलाव और/या किसी कार्मिक के स्वास्थ्य पर गंभीर प्रभाव, पर्यावरण में बहुत ही कम मात्रा में रेडियोसक्रियता का फैलना

**क्लास-4 - बिना महत्वपूर्ण ऑफ-साइट जोखिम वाली दुर्घटना**
रिएक्टर कोर और/या रेडियोलॉजिकल अवरोधों को महत्वपूर्ण क्षति,या किसी कार्मिक को घातक उद्‌भासन

**क्लास-5 - ऑफ-साइट जोखिम सह दुर्घटना**
रिएक्टर कोर और/या रेडियोलॉजिकल अवरोधों को गंभीर क्षति। सीमित उत्सर्जन, जिसमें योजनाबद्ध प्रतिकारी बचाव उपायों का आंशिक क्रियान्वयन आवश्यक होगा

**क्लास-6 - गंभीर दुर्घटना**
महत्वपूर्ण उत्सर्जन, जिसमें योजनाबद्ध प्रतिकारी बचाव उपायों का पूर्ण स्तरीय क्रियान्वयन आवश्यक होगा

**क्लास-7 - बड़ी दुर्घटना**
अत्यधिक उत्सर्जन, स्वास्थ्य/पर्यावरण पर व्यापक प्रभाव

## The INES Scale
(International Nuclear Event Scale)

**Class 0 – Deviation**
No safety significance, below scale event

**Class 1 – Anomaly**
Anomaly beyond the authorized operating regime

**Class 2 – Incident**
Significant spread of contamination inside the plant and/or over-exposure of a worker

**Class 3 – Serious incident**
Severe spread of contamination and/or acute health effects to a worker. Only very small release of radioactivity to environment

**Class 4 – Accident without significant off-site risk**
Significant damage to reactor core and/or radiological barriers, or fatal exposure of a worker

**Class 5 – Accident with off-site risk**
Severe damage to reactor core and/or radiological barriers. Limited release, likely to require partial implementation of planned counter- measures

**Class 6 – Serious accidents**
Significant release, likely to require full implementation of planned counter-measuers

**Class 7 – Major accident**
Major release, widespread health/environmental effects

## फॉलआउट मापन : रीडिंग्स* का तात्पर्य ?
## Measuring fallout : What do the readings* mean?

| | |
|---|---|
| **0.0001 mSv/h (0.1 microSv/h)**<br>सामान्य-अधिकतर स्थानों पर पृष्ठभूमिक विकिरण का मान 0.0001 से 0.0002 mSv/h (या 0.1 से 0.2 microSv/h) होता है। | **0.0001 mSv/h (0.1 microSv/h)**<br>Normal. The value of background radiation in most places is 0.0001 to 0.0002 mSv/h (or 0.1 to 0.2 microSv/h). |
| **0.001 mSv/h (1 microSv/h)**<br>बाहर खुले क्षेत्र में विकिरण स्तर में निश्चित रूप से वृद्धि हुई है और स्थिति सामान्य नहीं है । देश में विकिरण नियंत्रण को गहन बनाया जाएगा। | **0.001 mSv/h (1 microSv/h)**<br>The radiation level outdoors has definitely increased and the situation is not normal. Radiation control in the country will be intensified. |
| **0.01 mSv/h (10 microSv/h)**<br>विकिरण स्तर में गंभीर वृद्धि, जो दर्शाती है कि स्पष्टत: कुछ गलत हो रहा है। यह मान भारी रेडियोसक्रिय फॉलआउट की ओर संकेत करता है। | **0.01 mSv/h (10 microSv/h)**<br>A serious increase in the radiation level shows that something is clearly wrong. The value indicates a heavy radioactive fallout. |
| **0.1 mSv/h (100 micro Sv/h)**<br>चेतावनी ! विकिरण के कारण खतरनाक स्थिति पैदा होने की संभावना। अधिकारियों द्वारा जनता को सावधान किया जाना चाहिए। व्यवहार में बहुत ही कम वैल्यू रहने पर ही जनता को सूचित किया जायेगा। | **0.1 mSv/h (100 microSv/h)**<br>Warning! A radiation hazard situation is possible. Authorities will have to warn the public. In practice, the public would be informed at much lower values. |
| **1.0 mSv/h (1000 micro Sv/h)**<br>आपातस्थिति ! जनता के बचाव के लिए तुरंत उपाय किए जाने चाहिए। पहली प्राथमिकता है, प्रत्येक व्यक्ति के लिए मकानों के अंदर पहुँचना और वही रूके रहना। | **1.0 mSv/h (1000 microSv/h)**<br>Emergency! Immediate measures must be taken to protect the public. The first priority for everyone is to go and stay indoors. |
| *रीडिंग्स, खुली जगह पर कमर की ऊँचाई पर ली गई हैं। | *Readings taken at waist height in an open place |

## चेर्नोबिल - एक विश्लेषण

26 अप्रैल, 1986 को चेर्नोबिल परमाणु बिजलीघर में एक दुर्घटना घटी जिसने कई हजारों लोगों का जीवन बदल दिया । इस अध्याय का उद्देश्य यह कतई नहीं है कि दुर्घटना का विश्लेषण किया जाए या इस विशिष्ट प्रकार के रिएक्टर की सुरक्षा के पहलुओं, विशेषज्ञता, कार्मिकों के कौशल एवं कार्य, दुर्घटना के बाद अधिकारियों द्वारा लिए गए निर्णयों या इसके कानूनी परिणामों पर प्रश्न चिह्न लगाया जाए। दुर्घटना के सामाजिक, आर्थिक या राजनैतिक परिणामों के विश्लेषण का भी कोई प्रयास नहीं किया गया है। इसका उद्देश्य रेडियोसक्रिय उत्सर्जन के स्वास्थ्य पर पड़ने वाले वास्तविक प्रभावों को दर्शाना और स्थानीय एवं दूरस्थ स्थानों पर रहने वाले लोगों पर विकिरण के प्रभाव के बारे में किए गए आकलनों और दिए गए बयानों पर राय व्यक्त करना है।

चेर्नोबिल दुर्घटना ईंधन के अधिक गर्म हो जाने के कारण हुई थी, जिसके कारण रिएक्टर में स्थित ग्रेफाइट में आग लग गई थी । हजारों टन ग्रेफाइट में लगी आग बुझाना असंभव है और सभी संभावित प्रयासों के बावजूद आग लगातार 10 दिनों तक जलती रही। आग के कारण अधिकांश ईंधन नष्ट हो गया और रेडियोसक्रिय विखंडनीय उत्पाद फ्लू गैसों के साथ 1000 मीटर की ऊँचाई तक चले गये और वहां से सूखे या नम फॉलआउट के रूप में जमीन पर बिखर गए। दो रासायनिक विस्फोटों के फलस्वरूप भी संयंत्र की इमारत की छत और पर्यावरण में रेडियोसक्रिय पदार्थ बिखर गए।

### मौतें एवं जख्म

दो लोग विस्फोटों के दौरान और आग से मारे गए जबकि एक अन्य संभवत: कोरोनरी थ्रोम्बोसिस से मारा गया। दुर्घटना के पश्चात पहले तीन महीनों में विकिरण अस्वस्थता के कारण 28 अग्निशमन कर्मी भी मारे गए। दुर्घटना के गंभीर चरण के दौरान कुल मिलाकर ऐसे 31 लोग मारे गए जिन्होंने 4000 से 16,000 mSv के बीच विकिरण डोज प्राप्त किया था। आग के दौरान भी कई लोग  विकिरण के भारी डोज की चपेट में आ गये या घायल हो गये। उपरोक्त उल्लिखित लोगों के अतिरिक्त 237 लोगों को अस्पताल में भरती कराया गया था। बाद में पाया गया कि इनमें से 134 गंभीर विकिरण अस्वस्थता से ग्रसित हैं। ये सभी ठीक हो गए और कुछ ही हफ्तों या महीनों में इन्हें अस्पताल से छुट्टी भी मिल गई। यहां दिए गए ये सभी तथ्य एवं आँकड़े वही हैं जिनकी जानकारी विश्व स्वास्थ्य संगठन, आई ए ई ए और यूरोपीय यूनियन द्वारा दुर्घटना के स्वास्थ्य संबंधी पहलुओं पर विचार-विमर्श करने के लिए विएना, आस्ट्रिया में 1996 में बुलाई गई एक बड़ी अंतर्राष्ट्रीय कॉन्फरेंस में दिए गए थे।

## Chernobyl - a case study

On 26 April 1986 an accident occurred at the Chernobyl nuclear power plant that changed the lives of hundreds of thousands of people. The purpose of the following chapter is not to analyse the progress of the accident. Nor is it to assess the safety aspects of the reactor type in question, the expertise, skills or actions of the personnel, the decisions made by the authorities after the accident or the legal consequences. No attempt is made to analyse any of the social, economic, or political repercussions of the accident. The purpose is to show the actual effects of the radioactive releases on health and to comment on some of the statements and judgements which have been made about the effects of the radiation on the local community and communities further afield.

The accident at Chernobyl happened because of the overheating of the nuclear fuel which set the graphite mass in the reactor on fire. It is impossible to extinguish thousands of tons of blazing graphite and the fire burned continuously for 10 days, in spite of every imaginable effort to put it out. The fire destroyed much of the fuel, and radioactive fission products were carried in the flue gases to a height of over 1,000 metres. From there, it dispersed and fell to the ground in dry or wet fallout. As a result of two chemical explosions, radioactive substances were also ejected on to the roofs of the plant buildings and into the environment.

### Deaths and injuries

Two people were killed in the course of the explosions and fire and another person died, probably from coronary thrombosis. Some 28 fire fighters also died from acute radiation sickness in the first three months after the accident. A total of 31 people were killed in the acute phase of the accident, receiving radiation doses in the range of 4,000 to 16,000 mSv. During the fire, many people were also heavily exposed to radiation or injured. In addition to those mentioned, 237 people were hospitalized. Subsequently, 134 were diagnosed as suffering from acute radiation illness. All recovered and left hospital within a few weeks or months. All the facts and figures given here were reported to a major international conference, convened by the World Health Organization, the IAEA and the European Union at Vienna, Austria, in 1996 to discuss the health-related aspects of the accident.

## आपातकाल में अपनाई जाने वाली प्रक्रिया

दुर्घटना के तुरंत बाद यह निर्णय लिया गया कि संयंत्र के आस-पास 30 कि.मी. की परिधि में रहने वाले सभी लोगों को वहां से हटाया जाए। लगभग 1,16,000 लोगों को अपने घर छोड़ने पड़े। वहां रहने वाले परिवारों के लिए यह एक त्रासदी थी, लेकिन बाढ़ और भूकंप जैसे प्राकृतिक प्रकोपों के दौरान भी इसी प्रकार का जनसंख्या विस्थापन अक्सर किया जाता रहा है। अब तो कुछ लोग अपने घरों को वापस भी लौट चुके है।

दुर्घटना के बाद, दो विस्फोटों से बिजलीघर स्थल और उसके आस-पास फैली रेडियोसक्रिय सामग्री को एकत्रित करने के लिए बड़ी संख्या में लोग लगाए गए। नष्ट रिएक्टर के आस-पास की इमारतों की भी सफाई की जानी थी और मिट्टी को भी विसंदूषित किया जाना था। लगभग 6,50,000 से 8,00,000 तक लोग इस कार्य से जुडे रहे। कार्य आबंटन और रिकार्डों के आधार पर, कार्य में लगे लोगों की संख्या भिन्न-भिन्न रही लेकिन यह पता चला कि 1986-87 के दौरान लगभग 2,00,000 लिक्वीडेटरों ने औसत 100 mSv डोज प्राप्त किया था।

## डोज स्तर

बचाव कर्मियों के लिए निर्दिष्ट अंतर्राष्ट्रीय डोज सीमा चेर्नोबिल की सफाई से जुड़े लोगों पर भी लागू थी। चूंकि बचाव कार्य हेतु निर्दिष्ट अनुमत डोज सीमा, दैनिक कार्य हेतु निर्दिष्ट अनुमत डोज सीमा से अधिक है अत: आईसीआरपी की सिफारिशों के अनुसार व्यक्तिगत डोज 500 mSv से अधिक नहीं होना चाहिए। इससे यह सुनिश्चित होगा कि विकिरण से तुरंत ही स्वास्थ्य पर कोई प्रतिकूल प्रभाव नहीं पड़ता है और दीर्घकालिन प्रभावों से जुड़ा जोखिम स्वीकार्य सीमा के अंदर ही होगा। डोज माप के उपलब्ध परिणामों के अनुसार रूसी लिक्विडेटरों को प्राप्त औसत डोज 120 mSv था जबकि पहले वर्ष के दौरान कार्य से जुड़े लोगों में यह 165 mSv था। 1988 के बाद, अधिकतर लिक्विडेटरों के डोज, सफलतापूर्वक 50 mSv की सामान्य वार्षिक डोज सीमा के नीचे ही रखे गए।

## स्वास्थ्य पर प्रभाव

अक्सर यह कहा जाता है कि चेर्नोबिल के आस-पास रहने वाले कई हजारों लोग मारे गए। यदि समान संख्या वाले सामान्य वयस्कों के किसी समूह को लिया जाए तो इनमें से प्रतिवर्ष हजारों की संख्या में लोग प्राकृतिक कारणों से मरते हैं तथा 10 वर्ष में लाखों व्यक्ति मर जायेंगे। बताई गई संख्या अनुमानित संख्या से अलग नहीं थी। लंबी अवधि के दौरान 1,50,000 या लगभग 20% लिक्विडेटरों को कैंसर होगा। केवल समय ही यह बताएगा कि लिक्विडेटरों में कैंसर के मामले, अन्य सामान्य समूहों की तुलना में अधिक होते हैं या नहीं। कुछ विशेषज्ञों के अनुसार ऐसे आँकड़ों से बीमारी या मृत्यु-दर के बारे में कोई भी उल्लेखनीय जानकारी नहीं मिलेगी। जबकि अन्य विशेषज्ञों के अनुसार 1986-87 के दौरान विसंदूषण

## Emergency procedures

Soon after the accident, it was decided to evacuate everyone living within a 30 kilometre radius of the plant. Some 116,000 people were moved from their homes. Although a tragedy for the families involved, it was not a unique occurrence as similar population movements have been forced by natural occurrences such as floods and earthquakes. Some people have since moved back.

After the accident, a large number of people were hired or ordered to collect the radioactive material which had been spread in the two explosions across the power plant site and outside it. The buildings around the destroyed reactor also had to be cleaned and the soil restored. Some 650,000 to 800,000 people were associated with the work. Information on how many people were involved varies depending on job definitions and records, but it is known that approximately 200,000 of the "liquidators" received an average dose of 100 mSv during 1986-87.

## Dose levels

International dose limits specified for rescue personnel were applied to the workforce who cleaned up at Chernobyl. As permissible doses are higher in rescue operations than in routine work, ICRP recommendations were that the individual dose should not exceed 500 mSv. This would ensure that radiation did not cause any immediate health effects and that the calculated risk of long term effects would be within acceptable limits. According to the dose measurement results available, the average dose of the Russian liquidators was 120 mSv, while the dose of those participating in the work during the first year was 165 mSv. Since 1988, the doses of most liquidators were kept successfully below the normal annual dose limit of 50 mSv.

## Health effects

It is sometimes said that tens of thousands of people from the area surrounding Chernobyl have died. If any group of the same size of normal adults is taken, several thousand of them will die from natural causes each year and tens of thousands will die in 10 years. The number reported does not differ from expected figures. In the long term, 150,000 or approximately 20 per cent of the liquidators will contract cancer. Only the future will show if the incidence of cancer among the liquidators will be higher than in a comparable reference group. According to some experts, the statistics will reveal nothing exceptional in their illness or

कार्य से जुड़े 2,00,000 लिक्विडेटरों में से ल्यूकेमिया के लगभग 200 तक अतिरिक्त मामले प्रकाश में आयेंगे।

यहां इस तथ्य पर जोर दिया जाना चाहिए कि लिक्विडेटरों द्वारा विकिरण डोज प्राप्त करने के कारण उनके परिवार या उनके संपर्क में आने वाले किसी व्यक्ति के स्वास्थ्य को कोई खतरा नहीं है । विकिरण डोज एक व्यक्ति से दूसरे व्यक्ति को अंतरित नहीं होता है। साथ ही डोज इतने छोटे थे कि इनसे वंशजों को किसी प्रकार की अनुवांशिक क्षति पहुँचने की संभावना नहीं थी ।

दुर्घटना के पश्चात, होने वाली संतान की अपंगता के भय से पश्चिमी यूरोप में लगभग 4000 गर्भपात कराये गए। इन घटनाओं के दौरान प्राप्त निम्न डोजों के कारण निम्न सैद्धांतिक जोखिम के रहते जन्मजात अपंगता के मामलों की संख्या में सामान्य से अधिक की वृद्धि का वास्तविक जोखिम अत्यंत ही कम था। किए गए गर्भपात अनावश्यक, अनुचित और एक त्रासद घटना से अधिक कुछ नहीं थे।

## मनोवैज्ञानिक परिणाम

अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक समूहों द्वारा रूस, बेलारूस और उक्रेन जैसे अत्यंत उच्च विकिरण उद्‌भासन वाले क्षेत्रों में किए गए अध्ययनों के अनुसार वहां अधिकांश गंभीर समस्याएं विकिरण द्वारा सीधे या जैविकीय कारणों से पैदा की हुई नहीं बल्कि विकिरण के भय से जनित हताशा, घबराहट, नैराश्य और खान-पान संबंधी असामान्यताओं के कारण हुई हैं।

## कैंसर

विश्व स्वास्थ्य संगठन ने कहा है कि चेर्नोबिल संयंत्र के आस-पास, स्वास्थ्य पर विकिरण का सीधा परिणाम, बच्चों में थायरॉइड के असामान्य कार्य और थायरॉइड कैंसर के रूप में रहा है। दुर्घटना के 10 वर्ष बाद तक प्रभावित क्षेत्रों में 15 वर्ष से कम आयु के बच्चों में थायरॉयड कैंसर के 1000 मामले सामने आए हैं। अन्य प्रकार के कैंसरों की तुलना में थायरॉयड कैंसर का उपचार आसानी से किया जा सकता है और विश्व स्वास्थ्य संगठन के अनुसार इसके कारण 10 से कम ही मृत्यु हुई हैं। वैसे तो एक मौत का दुख भी कम नहीं है किंतु फिर भी संख्या काफी कम रही है। इस आयु वर्ग के बच्चे जैसे-जैसे वयस्क होंगे, थायरॉइड के मामलों में वृद्धि हो सकती है।

दुर्घटना के पहले 10 वर्ष बाद तक अन्य प्रकार के कैंसरों के मामलों में कोई वृद्धि नहीं देखी गई है। यह संभव है कि कुछ कैंसर दुर्घटना के कारण ही हुए हो किंतु इसे प्रमाणित या अप्रमाणित नहीं किया जा सकता। तथापि, थायरॉयड कैंसर छोड़कर अन्य किसी प्रकार

death rate. According to others, there will be some extra cases of leukaemia: up to 200 in the 200,000 liquidators involved in decontamination work in 1986-87.

It must be strongly emphasized that the radiation dose received by the liquidators will not cause any danger or health risk to their families or those coming into contact with them. A radiation dose cannot be transmitted from one person to another. Doses were also so small that they are not expected to cause hereditary damage to their descendants.

After the accident, there were some 4,000 abortions in western Europe, due to fears of deformity in the offspring. Given the low dose received in these instances and thus the low theoretical risk, the actual risk of birth defects over and above those that would have occurred normally was extremely small.

## Psychological consequences

According to studies carried out by international scientific groups in areas with the highest exposure to radiation, Russia, Belarus and Ukraine, the most severe problems were not caused directly or biologically by radiation, but by trauma, fear, hopelessness, depression and eating disorders.

## Cancer

It has been stated by the World Health Organization that the only direct consequence of radiation for health in the vicinity of the Chernobyl plant has been thyroid malfunction and thyroid cancer in children. Ten years after the accident, over 1,000 cases of thyroid cancer have appeared among children under 15 in affected Republics. Thyroid cancer is more easily curable than other cancer types and, according to the WHO, has led to fewer than 10 deaths. Every death is tragic and even one death is one too many, but the number has remained low. More thyroid cases may arise as children in this age group move into adulthood.

Rises in other cancer types have not been noticed after the first 10 years of the accident. It is possible some cancer cases were caused by the accident, but that cannot be proved or disproved. There are, however, no sings of abnormal peaks in any type of cancer, except for thyroid cancer. The claims of a clear increase in

के कैंसर के मामलों में कोई असामान्य वृद्धि नहीं देखी गई है। ल्यूकेमिया कैंसर के मामलों में स्पष्ट वृद्धि के दावे वैज्ञानिक तरीके से सत्यापित नहीं हो पाये हैं। कुछ कैंसर रोगियों ने तो, अपनी बीमारी के लिए, सार्वजनिक रूप से चेर्नोबिल घटना को दोषी ठहराया है। यह आँकड़ों पर आधारित एक तथ्य है कि दुर्घटना न भी घटित हुई होती तो भी 5 में से 1 व्यक्ति कैंसर से पीड़ित होता।

## निष्कर्ष

विकिरण हर जगह मौजूद हैं और विकिरण मीटर के इस्तेमाल से इसे प्रमाणित भी किया जा सकता है। यह देखने के लिए कि विकिरण कहां अधिक व कहां कम है, मीटर का इस्तेमाल भूमि से, पत्थरों से, बिल्डिंगों से, यहाँ तक की मित्रों से भी विकिरण मापने हेतु किया जा सकता है। इस मशीन के द्वारा यह आसानी से देखा जा सकता है कि विकिरण, पहाड़ों की अपेक्षा समुद्र तल पर कम रहता है। इससे मकानों के अंदर और बाहर विकिरण की तीक्ष्णता की भी तुलना की जा सकती है । लेकिन बहुत से लोगों के पास विकिरण मीटर नहीं होता है। फिर भी हम में से प्रत्येक को अधिकार है कि हम यह जान सकें कि हम कब सुरक्षित हैं और विकिरण स्तर पर कब कार्रवाई करने की आवश्यकता है।

जब तक हम घर के बाहर रहते हैं, विकिरण की सामान्य मात्रा से उद्भासित रहते हैं। हमारे रहने के स्थान के अनुसार हम सामान्यत: प्रतिवर्ष 1-2 mSv और कुछ विशिष्ट मामलों में 10-20 mSv तक प्राकृतिक विकिरण प्राप्त करते हैं। इस डोज से बचा नहीं जा सकता। कुछ सिद्धांत अवश्य हैं किंतु ऐसा कोई प्रमाण नहीं है जो यह प्रमाणित कर सके कि प्राकृतिक पृष्ठभूमिक विकिरण स्वास्थ्य को प्रभावित करता है। कुछ वैज्ञानिक मानते हैं कि प्राकृतिक विकिरण स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है, जबकि अन्य के मतानुसार इसका कोई खास महत्व नहीं है और कुछ तो यहां तक मानते हैं कि यह स्वास्थ्य के लिए लाभकारी है। ऐसे कोई प्रेक्षण उपलब्ध नहीं हैं जिनसे इनमें से किसी भी सिद्धांत का समर्थन किया जा सके। हम यह निश्चित रूप से नहीं जान सकते, केवल अंदाजा भर लगा सकते है।

लगभग एक सदी पहले प्राकृतिक विकिरण ही एकमात्र ज्ञात विकिरण का प्रकार था। 1895 में एक्स-रे ट्यूब के आविष्कार ने चिकित्सा के क्षेत्र में नए युग की शुरूआत की। प्रथम कृत्रिम रेडियोसक्रिय पदार्थ का उत्पादन 1934 में किया गया। नाभिकीय विखंडन 1938 में और प्रथम परमाणु बम का प्रयोग 1945 में किया गया। शीत युद्ध के समय के लोग इस बात की गवाही देंगे कि परमाणु ऊर्जा का इतिहास आलोचना से मुक्त नहीं रहा है। यदि हम विकिरण को एक खराब मालिक मान लें तो हमें यह भी मानना होगा कि यह एक अच्छा सेवक भी रहा है। पहले असाध्य और जानलेवा समझे जाने वाले कैंसर जैसे रोगों का आज आवश्यकतानुसार तैयार रेडियोसक्रिय आइसोटोपों से सफल उपचार किया जा रहा है। परमाणु ऊर्जा, जो कि पर्यावरण को प्रदूषित करने वाले कोयले

leukaemia cases have also not been scientifically verified. Some individual cancer patients have publicly blamed Chernobyl for their illness. It is a statistical fact, however, that one person in five would have contracted cancer, even if the accident had never happened.

## Conclusion

Radiation is present everywhere. Using a radiation meter will prove it. The meter can be used to measure radiation from the ground, from stones, from buildings and even from friends: to see where it crackles most and least. Such a device makes it easy to see that radiation is less intensive at sea level than in the mountains, to run checks on the relative intensity of radiation indoors and outdoors. Most people do not own a radiation meter, however. Nevertheless, each one of us has the right to know when we can feel safe and when action on radiation levels needs to be taken.

As long as we are outdoors, we are exposed to a normal amount of radiation. Depending on where we live, natural radiation gives a dose of some 1-2 mSv per year, in exceptional cases up to 10-20 mSv per year. That dose cannot be avoided. There are some theories, but no evidence, of health effects from natural background radiation. Some scientists believe that natural radiation may have adverse health effects; some say it has no significance at all and some even insist that it is healthy. There are no observations to support any of these theories. We cannot know, we can merely assume.

Slightly more than a century ago, natural radiation was the only form of radiation. The invention of the X-ray tube in 1895 signalled the dawn of a new era in medicine. The first artificial radioactive substances were produced in 1934, nuclear fission was achieved in 1938, the first atomic bomb was used in 1945. The history of nuclear energy has not been without reproach or above censure, as many who lived during the cold war will testify. But if radiation has proved a bad master, it has also been a good servant. Formerly inoperable and fatal cancers are now being treated with tailored radioactive isotopes. Nuclear energy, powering so many homes and factories throughout the world, is a cheaper and cleaner alternative to the coal-fired energy whose effluents once choked the atmosphere. In agriculture and industrial production, the controlled use of radiation is helping to replace outmoded, dangerous and inefficient farming methods and industrial processes.

की तुलना में कहीं अधिक साफ और सस्ती है, आज विश्व के घरों और फैक्ट्रियों को बिजली दे रही है। कृषि और उद्योग के क्षेत्र में, विकिरण के नियंत्रित प्रयोग की सहायता से पुरानी खतरनाक और अप्रभावी कृषि पद्धतियों और औद्योगिक प्रक्रियाओं को परिवर्तित कर दिया गया है।

पिछली लगभग एक शताब्दी से अधिक समय से विकिरण के प्रभावों का अध्ययन किया जा रहा है। नाभिकीय भौतिकी, अब विज्ञान की कोई नई शाखा नहीं रह गई है और कुछ जोखिमों के बारे में अच्छी जानकारी विकसित कर ली गई है तथा विकिरण के जोखिमों के रूप में उनकी पहचान की गई है। अंतर्राष्ट्रीय समुदाय द्वारा अंतर्राष्ट्रीय विकिरण रक्षण आयोग (आईसीआरपी), परमाणु विकिरण पर प्रभाव संबंधी संयुक्त राष्ट्र की वैज्ञानिक समिति और आईएईए जैसे अंतर्राष्ट्रीय निकायों के माध्यम से डोज सीमा, कार्य पद्धति, परमाणु अपशिष्ट के परिवहन और निपटान और यह सुनिश्चित करने के लिए कि परमाणु ऊर्जा का उपयोग शांतिपूर्ण प्रयोजनों के लिए ही हों, कड़े मानक निर्धारित किए गए हैं। कम विश्वसनीयता वाले परमाणु बिजलीघर डिकमीशन और बंद किए जा रहे हैं और आधुनिक संयंत्रों में प्रचालन संरक्षा का स्तर काफी बेहतर हुआ है।

विकिरण के साथ लगभग 100 वर्षों तक काम करने के अनुभव और हजारों विकिरण कर्मियों पर किए गए अनुवर्ती अध्ययनों से यह तथ्य सामने आया है कि आईसीआरपी द्वारा निर्धारित डोज सीमा से कम (प्राकृतिक अथवा कृत्रिम विकिरण के सामान्य उद्भासन से प्राप्त) विकिरण डोज से स्वास्थ्य को कोई खतरा नहीं है। आम जनता के लिए निर्धारित डोज सीमा, व्यावसायिक विकिरण कर्मियों के लिए निर्धारित डोज सीमा का एक बहुत ही छोटा हिस्सा है।

अधिकतर लोग परमाणु संस्थानों में दुर्घटनाओं की संभावनाओं और अपने एवं अपनी संतान के स्वास्थ्य पर इसके अल्पकालीन एवं दीर्घकालीन प्रभावों को लेकर काफी चिंतित रहते हैं, जबकि विकिरण के जोखिम को सापेक्षता में देखा जाना चाहिए।

मानव गतिविधियों के कारण पर्यावरण में कृत्रिम विकिरण पदार्थों की उपलब्धता में कुछ वृद्धि अवश्य हुई है, किंतु कुल मिलाकर यह वृद्धि, अधिकतर लोगों को जितनी आशंका है उससे बहुत कम है। यह वृद्धि इतनी कम है कि स्वास्थ्य पर इसके प्रभाव को घ्न्यूनतमङ ही माना जा सकता है।

The effects of radiation have been studied now for over a century. Nuclear physics is no longer a young science and few risks are as well understood and known as the risks of radiation. The international community, through bodies such as the International Commission on Radiological Protection (ICRP), the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation and the International Atomic Energy Agency, lay down stringent standards for dose limits, working practices, nuclear waste transportation and disposal, as well as verifying that nuclear energy is used only for peaceful purposes. Less reliable nuclear power plants are being decommissioned and closed, and modern plants have greatly enhanced operational safety.

Experience from over one hundred years of working with radiation and follow-up studies of hundreds of thousands of workers has not revealed health hazards caused by normal exposure to natural radiation or to artificial radiation below the limits prescribed by ICRP. For the public, dose limits are only a fraction of those specified for occupationally exposed workers.

While many people feel anxiety about the possibility of accidents in nuclear establishments and the short and long term effects on their health and on the health of their descendants, the risks from radiation must be seen in perspective.

Human activities have added some artificial radioactive substances to the environment, but on the whole, that amount is far slighter than most people realise, and so slight that its impact on health can only be characterized as minimal.