

पर्यावरण के संरक्षक हैं परमाणु ऊर्जा संयंत्र



योगेन्द्र प्रकाश गौतम

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

भारत में परमाणु ऊर्जा से विद्युत उत्पादन का विकल्प महत्वपूर्ण रूप में उभर रहा है। नाभिकीय ऊर्जा विद्युत संयंत्रों में नाभिकीय विखंडन प्रक्रिया से उत्पन्न रेडियोधर्मी (रेडियोएक्टिव) पदार्थ मुख्यतया संरोधकों (कंटेनमेंट) में रहते हैं। फिर भी, न्यूनतम एवं पर्यावरणीय दृष्टि से स्वीकार्य स्तर पर रेडियोसक्रिय पदार्थों का जलीय एवं वायुमंडलीय बहिःस्राव होता है जो प्राकृतिक विकिरण मात्रा (डोज) की तुलना में अत्यंत कम होता है। इन संयंत्रों से बहिःस्रावित रेडियोसक्रियता यद्यपि वातावरण में विकिरण मात्रा (डोज) को आंशिक रूप से बढ़ाती है किंतु, मानव स्वास्थ्य पर इसका नगण्य प्रभाव पड़ता है। चूँकि, विकिरण की अधिक मात्रा मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव डाल सकती है, इसलिए, परमाणु ऊर्जा प्रौद्योगिकी में विकिरण सुरक्षा के उच्चतम मापदंडों का सदैव पालन किया जाता है।

नाभिकीय ऊर्जा विद्युत संयंत्रों से उत्सर्जित विकिरण मात्रा (डोज) का मूल्यांकन करने तथा मानव स्वास्थ्य पर इसका प्रभाव जानने के लिए स्रोत की रेडियोसक्रिय मूल मात्रा (रेडियोएक्टिव सोर्स टर्म) एवं इसका स्वरूप, संयंत्र के आस-पास के क्षेत्रों में जनसंख्या वितरण और खान-पान की आदतें, पर्यावरणीय साधनों का जनसामान्य द्वारा उपयोग तथा उस क्षेत्र (स्थान) में रेडियोधर्मिता की विसरणशीलता की जानकारी होना आवश्यक है।

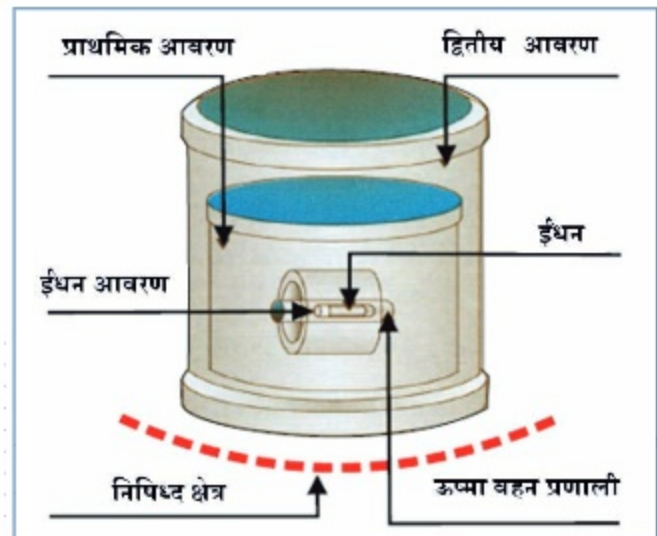
नाभिकीय ऊर्जा से विद्युत उत्पादन के दौरान, मानव तथा पर्यावरण संरक्षा पर विशेष ध्यान दिया जाता है। इसके लिए, एक त्रि-स्तरीय नियंत्रण एवं अनुसरण पद्धति को अपनाया गया है। प्रस्तुत लेख में, भारत में स्थित परमाणु बिजलीघरों में अपनाई गई संरक्षा प्रणालियों का संक्षिप्त विवरण दिया गया है।

अवरोधक

परमाणु बिजलीघरों में उत्पन्न रेडियोधर्मिता को संयंत्र से पर्यावरण तक पहुँचने के लिए चार निम्नलिखित अवरोधकों को पार करना पड़ता है।

- प्रथम अवरोधक - ठोस नाभिकीय ईंधन (यूरेनियम डाईऑक्साइड की गुटिकाएं/पेलेट)
- द्वितीय अवरोधक - ईंधन परिच्छाद (जर्केलॉय फ्यूल क्लैड के रूप में धात्विक आवरण)
- तृतीय अवरोधक - दाब नलिका (प्रेसर ट्यूब) और शीतलक (कूलेंट)
- चतुर्थ अवरोधक - दोहरा संरोधन (डबल कंटेनमेंट) एवं विदाबन (दाब न्यूनीकरण) यंत्र

जन-सामान्य की सुरक्षा हेतु संयंत्र के चारों ओर एक अपवर्जित क्षेत्र (उदाहरण के लिए नरौरा परमाणु बिजली घर



चित्र -1 परमाणु ऊर्जा संयंत्र में रेडियोधर्मिता सीमित करने के अवरोधक

में लगभग 1.6 किलोमीटर व्यासार्ध का घेरा) भी निर्धारित किया जाता है, जिसमें जनता को निवास की अनुमति नहीं दी जाती है। (चित्र-1)

रेडियोधर्मी पदार्थों का बहिःस्राव एवं नियंत्रण

उक्त अवरोधकों द्वारा नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र (रिएक्टर) में उत्पन्न हुए अधिकांश विखंडन एवं सक्रियण उत्पादों को संयंत्र के भीतर ही सीमित (संरोधित/कन्टेड) कर लिया जाता है। तथापि, कुछ मात्रा में अवशिष्ट रेडियोधर्मिता का वातावरण में बहिःस्राव होता है, जिसका मॉनीटरन एवं नियंत्रण संयंत्र के अभिकल्पन (डिजाइन) में ही शामिल कर दिया जाता है। इस अवशिष्ट रेडियोधर्मिता को उपयुक्त एवं अनुमत स्तर तक तनुकृत करने के बाद ही वातावरण में विसर्जित किया जाता है। उदाहरणस्वरूप, अल्पायु विखंडन उत्पाद उत्कृष्ट गैसों (नोबल गैस जैसे कि ज़ीनॉन, क्रिप्टॉन,

इत्यादि) तथा सक्रियण गैसीय उत्पादों (जैसे कि आयोडीन) को ऊंची चिमनी द्वारा वायुमंडल में छोड़ा जाता है। इसी प्रकार, निम्न स्तरीय रेडियोसक्रियता को तनुकृत करने के बाद जलीय स्रोतों में विसर्जित किया जाता है।

भारत में पर्यावरणीय रेडियोधर्मिता की सीमाएं, परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद (अटॉमिक एनर्जी रेग्युलेटरी बोर्ड) द्वारा निर्धारित की जाती हैं जिसका पूर्ण अनुसरण किया जाता है। परमाणु ऊर्जा संयंत्र के सामान्य प्रचालन के दौरान जलीय स्रोतों एवं वायुमण्डल में विसर्जित किए जाने वाले प्रमुख रेडियोधर्मी पदार्थों का विवरण तालिका- 1 और तालिका-2 में दिया गया है।

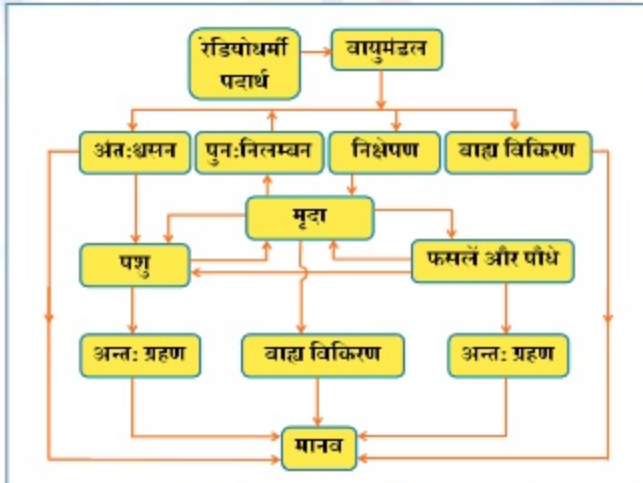
वातवरण में विसर्जित किए गए ये रेडियोधर्मी पदार्थ पर्यावरण एवं मानव-स्वास्थ्य पर प्रभाव डालते हैं। इसे समझने के लिए इन पदार्थों के मनुष्यों / जीवों तक पहुँचने के

तालिका - 1 परमाणु ऊर्जा संयंत्र के सामान्य परिचालन में द्रवीय/जलीय उत्सर्जित रेडियोधर्मी नाभिक

रेडियोधर्मी नाभिक	अर्धायु ($t_{1/2}$)	विकिरण प्रकार
ट्रिशियम (^3T)	12.26 वर्ष	बीटा
मैंगनीज़ (^{54}Mn)	312.5 दिन	गामा
आयरन (^{59}Fe)	44.6 दिन	बीटा गामा
कोबाल्ट (^{60}Co)	5.3 वर्ष	बीटा गामा
ज़िंक (^{65}Zn)	243.9 दिन	गामा
स्ट्रांशियम (^{89}Sr)	50.5 दिन	बीटा
स्ट्रांशियम (^{90}Sr)	28.7 वर्ष	बीटा
आयोडीन (^{131}I)	8.1 दिन	बीटा गामा
सीज़ियम (^{134}Cs)	754.2 दिन	बीटा गामा
सीज़ियम (^{137}Cs)	30 वर्ष	बीटा गामा

तालिका - 2 परमाणु ऊर्जा संयंत्र के सामान्य परिचालन में गैसीय रेडियोधर्मी उत्सर्जन

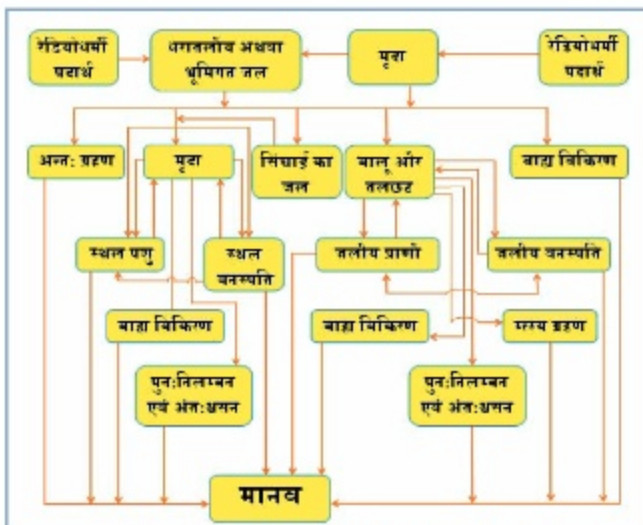
रेडियोधर्मी नाभिक	अर्धायु ($t_{1/2}$)	विकिरण प्रकार
ट्रिशियम (^3T)	12.26 वर्ष	बीटा
आर्गन (^{41}Ar)	1.83 घंटे	बीटा गामा
क्रिप्टॉन ($^{87\text{m}}\text{Kr}$)	4.4 घंटे	बीटा गामा
क्रिप्टॉन (^{87}Kr)	78 मिनट	बीटा गामा
आयोडीन (^{131}I)	8.1 दिन	बीटा गामा
ज़ीनॉन (^{133}Xe)	5.27 दिन	बीटा गामा
ज़ीनॉन (^{135}Xe)	9.13 घंटे	बीटा गामा



चित्र -2 वायुमंडल में विसर्जित रेडियोधर्मी पदार्थों के मानव तक पहुंचने के संभावित माध्यम

संभावित माध्यमों की जानकारी होना आवश्यक है। चित्र-2 और चित्र-3 में इन्हें रेखांकित किया गया है।

अंतरराष्ट्रीय विकिरण सुरक्षा आयोग (इंटरनेशनल कमीशन ऑन रेडियोलॉजिकल प्रोटेक्शन) की संस्तुति के अनुरूप आईआरबी द्वारा भारत में जनसाधारण के लिए 1 मिलीसीवर्ट (1 mSv) प्रतिवर्ष प्रभावी विकिरण मात्रा (रेडिएशन डोज) की सीमा निर्धारित की गई है। यह भी प्रावधान है कि विशेष परिस्थितियों में इस सीमा से अधिक प्रभावी डोज भी किसी वर्ष में स्वीकार्य है बशर्ते कि लगातार 5 वर्षों का औसत (मध्यमान) प्रभावी 1 मिलीसीवर्ट प्रतिवर्ष से अधिक ना हो।



चित्र -3 जलीय/द्रवीय विसर्जित रेडियोधर्मी पदार्थों के मानव तक पहुंचने के संभावित मार्ग

विकिरण स्राव नियंत्रण के लिए, संयंत्र से बहिःस्रावित रेडियोसक्रियता स्तर को प्रभावी वार्षिक मात्रा (डोज) के अनुरूप परिवर्तित किया जाता है। जैसे कि, रेडियोधर्मिता की प्रतिदिन स्रावित मात्रा या वातावरण में सांद्रता का नियंत्रण। इसके लिए स्थान-विशेष की विसरण क्षमता, पर्यावरणीय घटकों, जनसंख्या वितरण एवं खानपान की आदतों तथा विकिरण मात्रामिति (रेडिएशन डोजीमेट्री) का ज्ञान आवश्यक है। उक्त आधार पर निम्नलिखित त्रि-स्तरीय नियंत्रण और अनुसरण पद्धति अपनाई जाती है जिसके अंतर्गत संयंत्र से विसर्जित रेडियोधर्मिता का सर्वेक्षण किया जाता है।

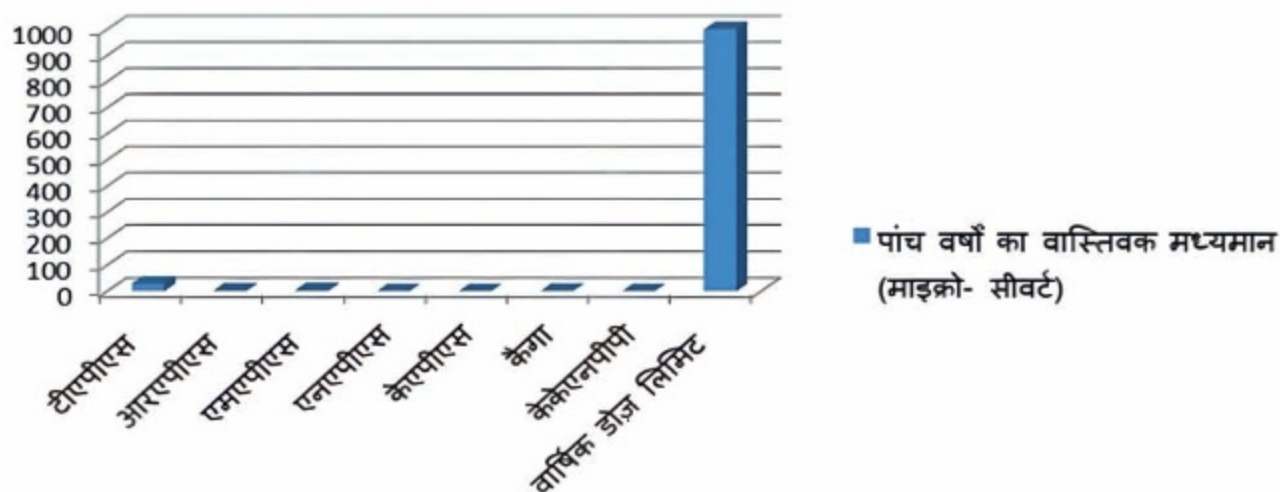
- संयंत्र प्रचालन से स्रावित द्रवों की सीमा का तकनीकी निर्देशन के रूप में प्रतिपादन
- नियमित रूप से स्रोत पर अपशिष्टों के नमूनों (सैम्पल्स) का संग्रहण एवं मॉनीटरन
- पर्यावरणीय सर्वेक्षण हेतु विस्तृत व्यवस्था का निर्धारण एवं अनुपालन

पर्यावरण सर्वेक्षण

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र के पर्यावरणीय अनुवीक्षण एवं मूल्यांकन प्रभाग (एनवायरमेंटल मॉनिटरिंग एंड असेसमेंट डिविजन) द्वारा भारत के प्रत्येक नाभिकीय ऊर्जा संबंधी संयंत्र/स्थल पर पर्यावरण सर्वेक्षण एवं मौसम विज्ञान प्रयोगशाला स्थापित की जाती है, जो अपना कार्य संयंत्र परिचालन से पहले ही प्रारंभ कर देती है तथा पर्यावरणीय रेडियोधर्मिता के वार्षिक और मौसमी आंकड़ों का संकलन करती है। इन प्रयोगशालाओं के मुख्य उद्देश्य निम्नानुसार हैं-

- संयंत्र स्थल पर रेडियोधर्मिता का विस्तृत अध्ययन
- संयंत्र से स्रावित रेडियोधर्मिता से आस-पास की जनता को मिलने वाली संभावित विकिरण डोज का मूल्यांकन एवं अनुबद्ध मानकों के पालन का निर्धारण
- संयंत्र के कर्मचारियों एवं जनता के आंतरिक संदूषण का मॉनीटरन

पांच वर्षों का वास्तविक मध्यमान (माइक्रो-सीवर्ट)



चित्र -4 वर्ष 2017 से 2024 के दौरान भारत के विभिन्न परमाणु उर्जा संयंत्रों से जनसाधारण को मिली मध्यमान विकिरण डोज

- पर्यावरणीय विसरणशील क्षमता का अध्ययन
- आपातकालीन स्थितियों में (यदि कोई हो तो), पर्यावरणीय सर्वेक्षण

संयंत्र के प्रचालन से पर्यावरण को होने वाले नुकसान का मूल्यांकन संयंत्र से लगभग तीस किलोमीटर तक लिए गए निम्नांकित (तालिका-3) विभिन्न वायुमंडलीय, पृथ्वी-संबंधी एवं जलीय नमूनों में रेडियोधर्मी पदार्थों की सांद्रता के मापन द्वारा किया जाता है।

तालिका - 3 रेडियोधर्मी पदार्थों की सांद्रता के मापन हेतु लिए जाने वाले नमूने (सैम्पल्स)

वायुमंडलीय नमूने	जलीय नमूने	पार्थिव नमूने
वायु में निलंबित सूक्ष्मकण (एरोसोल), वायु में ट्रिशियम, वर्षा जल, शुष्क हवा	मृदा / मिट्टी, दूध, घास, अनाज, सब्जियाँ, फल मांस, बकरे की थायरॉइड ग्रंथि	जल, पेयजल, मछलियाँ, जलीय पौधे, जल में निलंबित पदार्थ

वर्ष 2017 से 2024 के दौरान, भारत के तारापुर (महाराष्ट्र), रावतभाटा (राजस्थान), कल्पाक्कम (तमिल नाडु), नरौरा (उत्तर प्रदेश), कैगा (कर्नाटक), काकरापार (गुजरात) एवं कुडनकुलम (तमिल नाडु) स्थित नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों के सामान्य प्रचालन के दौरान निषिद्ध क्षेत्र सीमा (संयंत्र से 1.6 किलोमीटर व्यासार्ध दूरी तक) पर जनसाधारण को मिली औसत विकिरण डोज, निर्धारित सीमा (1 मिली सीवर्ट प्रतिवर्ष) से बहुत ही कम (0.0003% से 2.4%) पायी गई है (चित्र-4)।

यह डोज, प्राकृतिक रूप से विद्यमान पृष्ठ-भौमिक विकिरण डोज (बैकग्राउंड रेडिएशन डोज) का अल्पांश (0.0002% से 1.2%) ही है। संयंत्र स्थलों के निषिद्ध क्षेत्रों से आगे जनसाधारण को मिली डोज और भी कम होती जाती है। विभिन्न प्राकृतिक एवं मानव-निर्मित स्रोतों द्वारा मिलने वाली मध्यमान विकिरण डोज को चित्र-5 में दर्शाया गया है।

अंतरराष्ट्रीय विकिरण सुरक्षा आयोग द्वारा निर्धारित विकिरण डोज सीमाएं तथा पर्यावरणीय सुरक्षा संबंधी एकत्रित परिणाम-

ICRP के डोज सीमा सिद्धांत के निम्न तीन आधार हैं:-

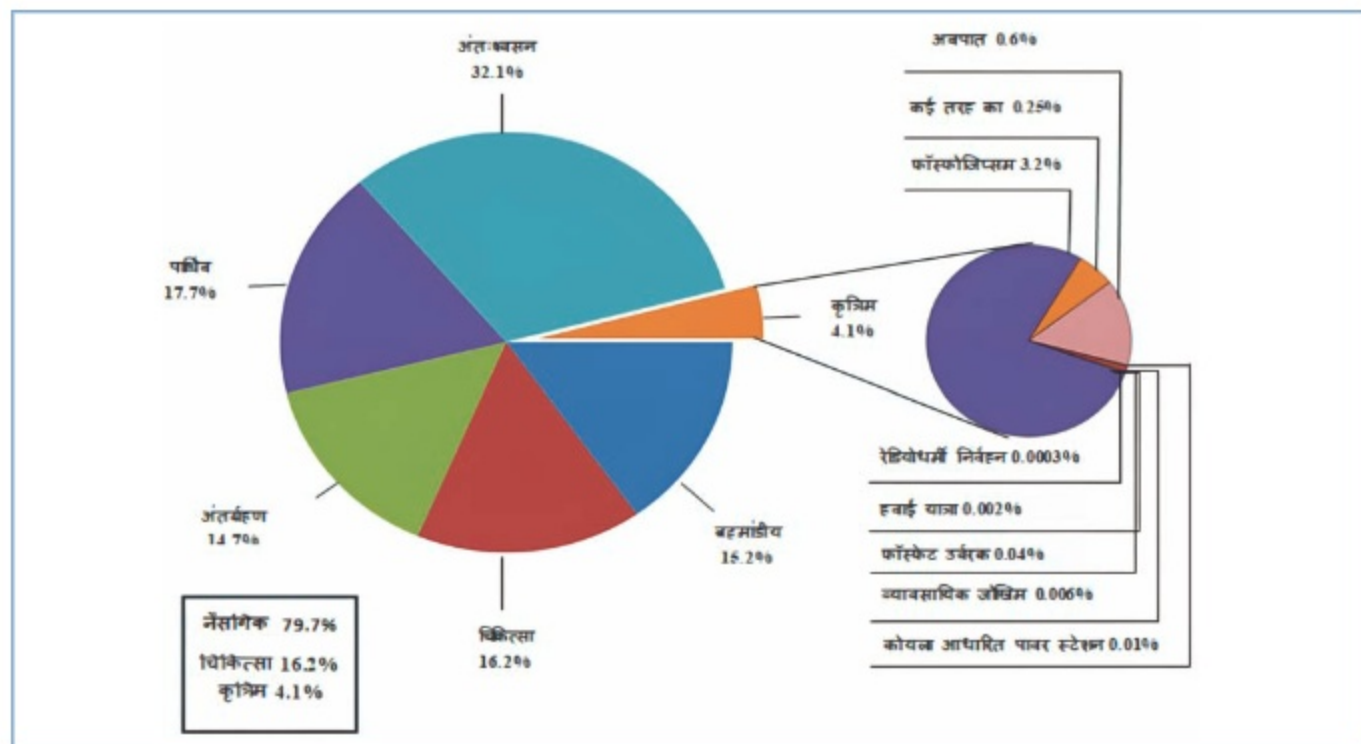
- ऐसा कोई भी उद्योग स्थापित नहीं किया जाएगा जिसके प्रचालन से वास्तविक लाभ न हों
- आर्थिक एवं सामाजिक पहलुओं को ध्यान में रखते हुए सभी उत्सर्जन संभाव्य-न्यून रखे जाएंगे
- समुचित परिस्थितियों में किसी भी व्यक्ति को दिया जाने वाला डोज तुल्यांक आयोग द्वारा संस्तुत सीमा से अधिक नहीं होगा

परमाणु ऊर्जा संयंत्र/संस्थापन स्थल पर क्रियान्वित पर्यावरण निगरानी कार्यक्रम के अब तक के परिणामों से यह स्पष्ट है कि इन संयंत्रों/संस्थापनाओं द्वारा जनसामान्य के किसी व्यक्ति को अधिकतम अनुमेय मात्रा से अधिक डोज नहीं मिली है। यह भी प्रमाणित हुआ है कि संयंत्र/संस्थापन

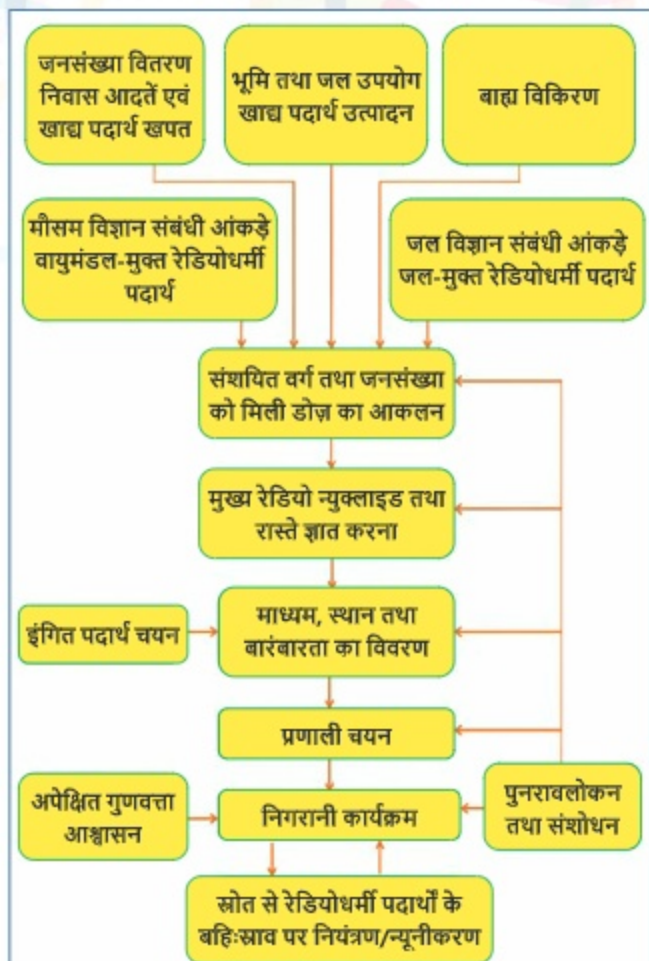
के प्रचालन से पर्यावरण पर पड़ने वाला प्रभाव अवांछनीय जोखिम उत्पन्न नहीं करता है। ICRP के डोज सीमा सिद्धांत के अनुसार केवल प्रदूषण स्तर की मात्रा को निर्धारित सीमा से कम रखना ही पर्याप्त नहीं हैं अपितु, प्रदूषण को न्यूनतम रखने का सतत प्रयास किया जाना चाहिए। परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में विकिरण स्रोतों के नियंत्रण हेतु सतत प्रयास किया जाता है। पर्यावरणीय सुरक्षा संबंधित निगरानी और स्रोत में पारस्परिक क्रिया के प्रारूप को उदाहरणार्थ चित्र-6 में दर्शाया गया है।

आपातकाल में जन-सुरक्षा

नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र में असंभाव्य दुर्घटना को रोकने और दुर्घटना हो जाने पर संबंधित दुष्परिणामों को कम करने के लिए भी विशेष सुरक्षा प्रबंध तैयार रहते हैं। प्रत्येक संयंत्र पर आपातकालीन कार्य योजना तैयार की जाती है, जिसे निषिद्ध क्षेत्र के भीतर संयंत्र-निदेशक के, एवं इसके बाहर जिला-प्रशासन के नियंत्रण में कार्यान्वित किया जाता है। विकिरण से जन-सुरक्षा हेतु एईआरबी ने आपातकालीन



चित्र -5 प्राकृतिक एवं मानव निर्मित स्रोतों द्वारा मिलने वाली मध्यमान डोज



चित्र -6 प्रमुख विकिरण स्रोत के लिए पर्यावरणीय निगरानी का प्रारूप

मानदंड स्थापित किए हैं जिनका अनुसरण आपातकालीन स्थिति में पर्यावरण सर्वेक्षण से प्राप्त आंकड़ों के आधार पर किया जाता है।

निष्कर्ष

परमाणु ऊर्जा बिजलीघरों/संस्थापनों के सामान्य परिचालन के दौरान जन-साधारण को मिलने वाली विकिरण डोज, आईआरबी द्वारा निर्धारित सीमा से बहुत कम है। नरौरा एवं काकरापार स्थित परमाणु ऊर्जा बिजलीघरों के अभिकल्पन में सुधार से विकिरण डोज और भी कम हुई है। पर्यावरण सर्वेक्षण से प्राप्त आंकड़े यह स्पष्ट दिखाते हैं कि भारतीय परमाणु ऊर्जा बिजलीघरों के परिचालन में रेडियोधर्मी पदार्थों के बहिःस्राव का दुष्प्रभाव नगण्य है।



लेखक का परिचय



श्री योगेन्द्र प्रकाश गौतम

श्री योगेन्द्र प्रकाश गौतम वर्तमान में, वैज्ञानिक अधिकारी-जी, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, नरौरा के पर्यावरण सर्वेक्षण प्रयोगशाला, पर्यावरणीय अनुवीक्षण एवं मूल्यांकन प्रभाग, नरौरा परमाणु बिजलीघर में प्रभारी अधिकारी के पद पर कार्यरत हैं।

“किसी वैज्ञानिक संस्थान को, चाहे वह प्रयोगशाला हो या शिक्षण संस्थान, एक वृक्ष की तरह बहुत देख-भाल के साथ विकसित करना पड़ता है।”

- वर्ष 1963 में, वैज्ञानिक संस्थानों के विकास के संबंध में
डॉ. होमी जे. भाभा के उद्गार

