

# उत्तम जीवन स्तर के लिए प्रौद्योगिकी: ऊर्जा

(परमाणु ग्रंथ संख्या 28 क्रमांक 4: अप्रैल-जून 2004 में प्रकाशित लेख का शेष अंश)

संपूर्ण पर्यावरण संरक्षण पर सर्वाधिक ध्यान देते हुए ईंधन चक्र में उत्पन्न रेडियोसक्रिय अपशिष्ट के प्रबंधन को हमारे नाभिकीय कार्यक्रम में आरंभ से ही उच्च प्राथमिकता दी जा रही है। स्वदेशी सामग्रियों एवं क्षमताओं पर आधारित प्रौद्योगिकी का विकास किया गया है, यह प्रौद्योगिकी नियामक बोर्ड की सख्त अपेक्षाओं और मानकों के अनुसार निम्न एवं मध्यम स्तरीय अपशिष्ट के प्रबंधन के लिए नैमित्तिक रूप से प्रयोग में है। किसी भी प्रकार का अपशिष्ट भौतिक रूप से पर्यावरण में तबतक नहीं छोड़ा जाता जबतक कि अंतर्राष्ट्रीय मानकों के अनुसार स्वीकृत स्तर के नीचे न हो। पुनर्संसाधित अपशिष्ट के निपटान पर भी विशेष ध्यान दिया जाता है क्योंकि ऐसे अपशिष्ट में नाभिकीय ईंधन चक्र में उत्पादित लगभग 99% तक की सक्रियता होती है। वर्षों की प्रगति के अध्ययन के बाद ऐसे अपशिष्टों के प्रबंधन के लिए एक दीर्घकालीन कार्ययोजना तैयार की गई है।

सैद्धांतिक रूप से भारतीय नाभिकीय कार्यक्रम में रेडियोसक्रिय अपशिष्टों के अंतिम प्रबंधन या निपटान के लिए निम्न दो अलग-अलग तरीकों पर ध्यान दिया गया है :-

- निम्न या मध्यम स्तरीय अपशिष्टों के लिए भूमितल पर निर्मित विस्तारित भण्डारण।

- उच्च स्तरीय विकिरण एवं अल्फा किरण युक्त अपशिष्ट के प्रबंधन के लिए गहन भूगर्भीय निपटान।

उच्च विकिरण युक्त अपशिष्ट (HLW) के निपटान के लिए तारापुर में पिछले कुछ समय से वेस्ट इम मोबलाइजेशन संयंत्र कार्य कर रहा है। इसी प्रकार का एक अन्य संयंत्र अभी हाल ही में ट्राम्बे में लगाया गया है। कल्पाक्कम में भी एक अपशिष्ट स्थिरीकरण (वेस्ट इममोबलाइजेशन) संयंत्र लगाया जा रहा है। कांचन (विट्रिफिकेशन) के लिए जल तापित सिरैमिक मेल्टर का प्रयोग विकासाधीन है। कांचित (विट्रिफाइड) उच्च स्तरीय अपशिष्ट के अंतरिम भण्डारण के लिए एक ठोस अपशिष्ट भण्डारण एवं निगरानी सुविधा (SSSF) भी स्थापित की गई है।

भारतीय नाभिकीय कार्यक्रम के वर्तमान लघुरूप को देखते हुए अपशिष्टों के अंतिम निपटान के

लिए भंडारण क्षेत्र (रिपॉजिट्री) की आवश्यकता पड़े इससे पूर्व हमारे पास प्रचुर समय उपलब्ध है। तथापि ऐसे भण्डारण क्षेत्रों को स्थापित करने के लिए सतत रूप से अध्ययन चल रहा है। बेंगलूर के निकट कोलार में स्थित भूमिगत खान के एक अप्रयुक्त भाग में ऐसा ही एक प्रयोगात्मक अनुसंधान केंद्र बनाया गया है। जहाँ पर होस्ट रॉक की तापीय, अभियांत्रिकी, जलीय एवं रासायनिक प्रकृति का अभिरूप (सिमूलेटेड) परिस्थितियों में प्रयोग करते हुए स्थानिक परीक्षण किया जाता है।

नाभिकीय विद्युत के लिए उच्च स्तरीय अपशिष्ट का निपटान मुख्य अवरोधक के रूप में माना-जाता है। तथापि अब इस प्रकार के अपशिष्ट के दीर्घकालीन भण्डारण के लिए प्रौद्योगिकीय उपाय खोज लिए गए हैं परन्तु उनका कार्यान्वयन अभी नहीं हो सका है। विभिन्न देशों ने इस क्षेत्र में कदम भी उठाए हैं। संयुक्त राष्ट्र अमेरिका में नाभिकीय ईंधन एवं उच्च विकिरण युक्त अपशिष्टों के निपटान के लिए युक्का पर्वत एवं नेवादा को नेशनल रिपॉजिट्री के रूप में मान्यता दे दी गई है। फिनलैंड में भी ऑक्लिनुटो पावर स्टेशन पर एक रॉक कंरेक्टराइजेशन फैसिलिटी लगाने का विधिक अनुमोदन प्राप्त कर लिया गया है। अपशिष्ट रुपान्तरण के क्षेत्र में आगे चल कर अनुसंधान एवं विकास के कारण उच्च स्तरीय अपशिष्ट का भंडारण शीघ्र ही अल्पकालीन विषय हो जाएगा।

भारत में विश्व की कुल जनसंख्या की 16% आबादी निवास करती है जबकि यहाँ कोयले का भंडार विश्व की तुलना में कुल 6% तथा तेल एवं गैस 1% से भी कम पाया जाता है। तथापि भारत के पास विश्व की तुलना में लगभग 32% थोरियम का भंडार है। हमारे पास जल शक्ति का भी अपार भंडार है। परन्तु जनता के विस्थापन एवं परिस्थितिकी पर संभावित प्रभाव जैसे मुद्दों के कारण इस संसाधन का उपयोग बाधित हुआ है। प्रौद्योगिकी विकास के वर्तमान स्तर पर ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोत विकेंद्रित लघु क्षमतायुक्त संयंत्रों के लिए अनिवार्य हो गए हैं। अतः नाभिकीय ऊर्जा का बड़े पैमाने पर विकास अपरिहार्य है। आपसी आंतरिक परिचर्चा के बाद हमने वर्ष 2020

तक 20,000 MWe बिजली उत्पादित करने की क्षमता तक पहुँचने का लक्ष्य निर्धारित किया है। अनेक लोगों का विचार है कि यह लक्ष्य साध्य है एवं साकार करने योग्य है। भारत ने नाभिकीय ईंधन चक्र के सभी पहलुओं में पर्याप्त व्यापक क्षमताओं का विकास कर लिया है और जहाँ तक नाभिकीय प्रौद्योगिकी का संबंध है, भारत विकसित देश के समान है।

हमारा मानना है कि नाभिकीय विद्युत ऊर्जा का स्वच्छ स्रोत है। तथापि नाभिकीय विद्युत को आर्थिक रूप से ज्यादा सक्षम बनाने के लिए नाभिकीय उद्योग में सतत रूप से विद्यमान प्रौद्योगिकी का सुधार करना, नई प्रौद्योगिकी का विकास तथा परियोजना प्रबंधन संबंधी नवीन नीतियों को अपनाना होगा ताकि लागत एवं निर्माण अवधि को कम किया जा सके।

## भारत के नाभिकीय चिकित्सा प्रौद्योगिक विदों के लिए दूरवर्ती प्रशिक्षण कार्यक्रम (DAT)

किसी भी नई प्रौद्योगिकी को अपनाने, उसका उपयोग करने के लिए मानव संसाधन विकास प्राथमिक रूप से आवश्यक है। विशेषकर नाभिकीय चिकित्सा प्रौद्योगिकी जो अभी अपने शैशवावस्था में है, के संबंध में यह वास्तव में सत्य भी है। वस्तुतः नाभिकीय चिकित्सा प्रौद्योगिकी अपनी बहुविध विशेषताओं के कारण काफी निर्णायक भूमिका निभाती है क्योंकि इसके अंतर्गत नाभिकीय भौतिकी, विकिरण भौतिकी, मापयंत्रण (इंस्ट्रुमेंटेशन), कम्प्यूटर हार्डवेयर/ सॉफ्टवेयर, रसायन विज्ञान, रेडियोबायोलॉजी, विकिरण संरक्षा, फार्मसी, फार्माकोलॉजी, टॉक्सीकोलॉजी, एवं एक्सपेरिमेंटल मेडिसीन आदि विविध क्षेत्र सम्मिलित हैं। उपर्युक्त सभी का मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव पड़ता है और वह भी (रोग) शरीर विज्ञान से समझौता करने वाले रोगी पर ज्यादा पड़ता है। यदि इनमें से एक भी न हो तो या तो निदान या/और उपचार के रोग-विषयक प्रबंधन पर प्रभाव पड़ सकता है। अतः समुचित प्रशिक्षण एवं कौशल अनुभव भी अनिवार्य है।

दूरवर्ती शिक्षा कार्यक्रम उन लोगों के लिए लाभदायक सिद्ध हो सकते हैं जिन्हें औपचारिक कार्यक्रमों में भाग लेने का मौका नहीं मिल पाता। यद्यपि बीएआरसी 1973 से प्रौद्योगिक विदों के लिए मेडिकल रेडियोआइसोटोप टेक्निक्स में



डिप्लोमा (DMRIT) कार्यक्रम संचालित कर रहा है। परन्तु फिर भी आपूर्ति एवं मांग में काफी अंतर है। प्रतिवर्ष इस पाठ्यक्रम में औसतन 10 विद्यार्थी प्रशिक्षित पाते हैं। ऑस्ट्रेलिया सरकार एवं अंतराष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (IAEA) के संयुक्त प्रयासों से विकासशील देशों के लिए एक दूरवर्ती प्रशिक्षण कार्यक्रम (DAT) बनाया गया है। DAT कार्यक्रम का विकास इसलिए किया गया है ताकि विभिन्न प्रौद्योगिकविद अपने कार्यस्थल पर ही एक व्यापक प्रशिक्षण पाठ्यक्रम का लाभ उठा सकें। इस पाठ्यक्रम का लक्ष्य प्रौद्योगिकविदों की क्षमताओं को बढ़ाना है ताकि वे नाभिकीय चिकित्सा के क्षेत्र में अपनी सेवाओं की गुणवत्ता में सुधार ला सकें।

यह DAT कार्यक्रम ऑस्ट्रेलिया ग्रुप ने IAEA द्वारा प्रायोजित एक परियोजना के रूप में एक प्रायोगिक (पायलट) अध्ययन के तौर पर आरंभ किया गया था जिसमें RCA (रीजनल कोऑपरेटिव एग्रीमेंट) क्षेत्र के चार देशों को शामिल किया गया। इस अध्ययन में शामिल तीन देश में भारत (8 विद्यार्थी), श्रीलंका (3 विद्यार्थी) एवं मलेशिया (2 विद्यार्थी) हैं। यह अध्ययन बहुत ही सफल रहा तथा इससे अध्ययन सामग्री का मूल्यांकन करने में काफी सहायता मिली। यह अध्ययन 2001 में पूरा हुआ।

इसके बाद फरवरी 2000 में एक नया DAT कार्यक्रम आरंभ हुआ जिसमें भारत के विभिन्न संस्थानों में काम करने वाले 14 विद्यार्थियों को शामिल किया गया था।

DAT कार्यक्रम में भाग लेने के लिए विद्यार्थी को कम से कम विज्ञान में स्नातक डिग्री एवं नाभिकीय चिकित्सा विभाग में 5 वर्ष का कार्य अनुभव होना आवश्यक है।

इस पाठ्यक्रम में 14 मॉड्यूल हैं। दिए गए परियोजना- कार्यों का लगातार मूल्यांकन कर, कार्यपुस्तिका को भरने के साथ-साथ कोर्स के दौरान समझ एवं व्यावहारिक/प्रयोगात्मक कौशल का परीक्षण कर उम्मीदवारों का मूल्यांकन किया जाता है।

इस पाठ्यक्रम को देश में काफी महत्व दिया गया है तथा नाभिकीय चिकित्सा के क्षेत्र में कार्यरत लोगों ने इसमें गहरी रुचि दिखाई है। जल्दी ही DAT के एक नए बैच का आरंभ किया जाएगा।

IAEA द्वारा सफल उम्मीदवारों के एक उपलब्धि प्रमाणपत्र प्रदान किया जाता है। इस पाठ्यक्रम की मान्यता AERB में विचाराधीन है।

## कैंसर के उपचार के लिए विकिरण चिकित्सा मशीन

भारत में वर्तमान में 231 समस्थानिक आधारित एवं 36 त्वरक आधारित विकिरण चिकित्सा मशीनें हैं। विश्वस्वास्थ्य संगठन एवं अंतराष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (आईएईए) द्वारा किए गए एक आकलन के अनुसार भारत जैसे विकासशील देश में प्रति दस लाख जनसंख्या के लिए एक विकिरण चिकित्सा मशीन की आवश्यकता है। जबकि यह मशीन संयुक्त राज्य अमेरिका (यूएसए) में प्रति दस लाख जनसंख्या पर 8.2 एवं संयुक्त राष्ट्र (यूके) में 3.4 है। तदनुसार कैंसर के उपचार के लिए भारत को कम से कम ऐसी 1000 मशीनों की आवश्यकता है। इस प्रकार की मशीनों को खरीदने एवं आयातित मशीनों के अनुरक्षण पर अत्यधिक लागत (लगभग रु 7-8 करोड़) आने के कारण इस यंत्र की आवश्यकता एवं उपलब्धता के मध्य बड़ा अंतर है।

उक्त आवश्यकता को देखते हुए परमाणु ऊर्जा विभाग ने कैंसर रोगियों के कैंसर जन्य ट्यूमर के उपचार के लिए विकिरण चिकित्सा मशीनों के विकास का कार्य आरंभ किया है। विभाग द्वारा जो मशीन विकसित की जा रही है वह मल्टीमोड मशीन है जिसमें विकिरण के स्रोत के रूप में 12 MeV इलेक्ट्रॉन त्वरक जिन्हें माइक्रोट्रॉन कहा जाता है, लगे होते हैं। यह मशीन फोटॉन की दोहरी एवं इलेक्ट्रॉन की तिहरी ऊर्जा उपलब्ध करा सकती है एवं इसे स्टेशनरी बीम थेरेपी मोड के साथ-साथ रोटेशनल बीम थेरेपी मोड में भी प्रयोग किया जा सकता है। इस मशीन का विशिष्टता निम्नानुसार है:-

### फोटोन मोड :-

ऊर्जा	: 6 से 12 MeV
विकिरण मात्रा की दर	: 3 Gy/min तक
विकिरण फील्ड साइज	: 0x 0 से 40 x 40 वर्ग सेंटी

### इलेक्ट्रॉन मोड :-

ऊर्जा	: 6.9 एवं 12 MeV
विकिरण मात्रा की दर	: 5 Gy/min तक
विकिरण फील्ड साइज	: 5x 5 से 25 x 25 वर्ग सेंटी

विकिरण चिकित्सा मशीन में एक माइक्रोट्रॉन, एक बीम ट्रांसपोर्ट लाइन, एक ट्रीटमेंट हेड एवं एक गेंद्री होता है।

