

उत्तम जीवन स्तर के लिए प्रौद्योगिकी : ऊर्जा

भारत में विद्युत उत्पादन बढ़ाने की कार्यनीति :- विश्व की कुल जनसंख्या का 1/6 भाग वाला देश भारत सबसे बड़ा लोकतंत्रात्मक गणराज्य है। यूँ तो यहाँ की प्रति व्यक्ति आय कम है परंतु पिछले कुछ वर्षों में सकल घरेलू उत्पाद (GDP) में काफी प्रभावशाली या उल्लेखनीय वृद्धि हुई है। घनी आबादी वाले इस देश की प्रगति एवं विकास के लिए यह मांग है कि यह वृद्धि दर लम्बे समय तक बनी रहे ताकि आम आदमी का जीवन स्तर उत्तम बनाया जा सके। इसके लिए ऊर्जा की उपलब्धता में भी समान वृद्धि दर होना आवश्यक है। इसके अलावा विकास की इस प्रक्रिया के कारण ऊर्जा के प्रयोग में, विशेषकर विद्युत के क्षेत्र में अपेक्षानुसार गैर-व्यावसायिक ऊर्जा स्रोतों के स्थान पर व्यावसायिक ऊर्जा स्रोत आते जा रहे हैं। ऊर्जा के क्षेत्र में भारत का यह परिदृश्य पश्चिम के विकसित देशों के समान ही है। परंतु जनसंख्या में निरंतर वृद्धि एवं अत्यधिक घनत्व तथा ग्रामीण क्षेत्रों से शहरी क्षेत्रों में लोगों के पलायन के कारण यहाँ स्थिति और भी जटिल है।

आज के औद्योगिक युग के विकास की गाड़ी को खींचने के लिए विद्युत ही मुख्य प्रेरक बल या कारक है। देश का प्रति व्यक्ति राष्ट्रीय उत्पाद सीधे ही प्रतिव्यक्ति विद्युत उत्पादन से जुड़ा है। सांख्यिकीय आंकड़ों का विश्लेषण भी यही दर्शाता

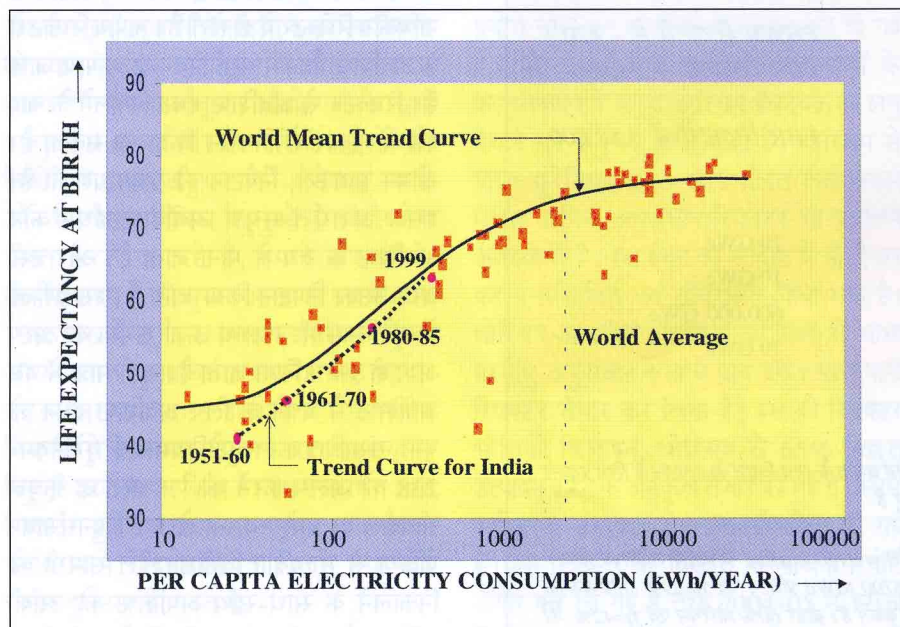
है कि प्रतिव्यक्ति विद्युत खपत प्रत्याशित जीवन काल से प्रत्यक्ष रूप से जुड़ी है। यदि प्रतिव्यक्ति विद्युत की खपत को एक लघुगणकीय (लॉगरिथमिक) पैमाने पर और प्रत्याशित जीवन काल को अनुरेखीय (लिनियर) पैमाने पर लेकर एक ग्राफ बनाया जाए तो हमें S आकार का अत्यंत रोचक वक्र प्राप्त होगा। इस ग्राफ के अनुरेखीय (लिनियर) भाग के मध्य में दहिनी ओर भारत के लगभग 63 वर्षों के वर्तमान प्रत्याशित जीवन काल को दर्शाया गया है। इसका अर्थ यह है कि इस देश में विद्युत का अतिरिक्त उत्पादन होने से प्रत्याशित जीवन काल में भी तीव्र वृद्धि होगी। विद्युत की उपलब्धता में वृद्धि होने से छोटे शहरों एवं गावों में पीने का साफ पानी, मल-जल सफाई की बेहतर सुविधा एवं उत्तम प्राथमिक रक्षा सुविधाएं उपलब्ध होगी तथा इन सबका सभी स्वास्थ्य मानकों और परम स्वास्थ्य मानक अर्थात् प्रत्याशित जीवन काल पर बहुत ही सकारात्मक प्रभाव पड़ता है।

आइए कुछ आंकड़ों को देखें। वित्तीय वर्ष 2001-02 में विभिन्न विद्युत उत्पादन साधनों से लगभग 51.5 अरब kWh बिजली का उत्पादन हुआ। इसके अतिरिक्त लगभग 120 अरब kWh बिजली का उत्पादन कैप्टिव पावर प्लांटों द्वारा किया गया। इस आधार पर कहा जा सकता है कि प्रतिवर्ष, प्रतिव्यक्ति विद्युत का

उत्पादन 610 kWh रहा। जो देश ऑर्गनाइजेशन फॉर इकोनामिक कोऑपरेशन एंड डेवलपमेंट (ओईसीडी) के अंतर्गत आते हैं, उनका यही विद्युत उत्पादन 10,000 kWh है। यदि हम सकल घरेलू उत्पाद में ऊर्जा उत्पादन की मात्रा में हो रहे निरंतर सुधार एवं भारत की ऊष्ण कटिबंधीय जलवायु के तथ्य को ध्यान में रखें तो हमें विकसित देशों की श्रेणी में पहुँचने के लिए प्रतिवर्ष कम से कम लगभग 5000 kWh प्रतिव्यक्ति विद्युत उत्पादन करने की आवश्यकता पड़ेगी। सन 2050 तक भारत की जनसंख्या 1.5 अरब तक बढ़ सकती है। अतः इस दृष्टि से हमें सन 2050 तक लगभग 7500 अरब kWh प्रतिवर्ष विद्युत उत्पादन की योजना बनानी होगी। जो कि वित्तीय वर्ष 2001-02 की तुलना में लगभग 12 गुना ज्यादा होगी। अतः इतनी बड़ी मात्रा में विद्युत उत्पादन के लिए ऊर्जा के उपलब्ध साधनों की प्रचुरता ऊर्जा आपूर्ति के स्रोतों एवं प्रौद्योगिकी में विविधता, विद्युत आपूर्ति की निश्चितता, आत्मनिर्भरता, ऊर्जा अवसंरचना की निश्चितता, स्थानीय क्षेत्रीय एवं वैश्विक पर्यावरण तथा विद्युत बोर्डों की मांग पर प्रभाव के साथ-साथ विद्युत उत्पादन की निरंतरता बनाए रखने से संबंधित सभी मुद्दों का सावधानी पूर्वक परीक्षण किए जाने की आवश्यकता है।

निरंतरता की इस संकल्पना में आम जनता के जीवन स्तर को सुधारने के लिए उपलब्ध संसाधनों के उपयोग की आवश्यकता है, परंतु यह भी सुनिश्चित करना है कि भावी पीढ़ियों के हितों को नुकसान न पहुँचे अर्थात् संसाधनों की उपलब्धता भी बनी रहे, एवं पर्यावरण को नैसर्गिक प्रक्रियाओं की सहज शोधक क्षमता से ज्यादा नुकसान भी न हो। जहाँ एक ओर पर्यावरण पर पड़ने वाले इस बोझ को प्रकृति की सहज शोधक क्षमता के अंदर एवं भौगोलिक रूप से सुवितरित रखा जाना है वहीं निर्णय लेने की सभी प्रक्रियाओं में आम जनता के जीवन स्तर के विकास की आशाओं को सर्वाधिक महत्व दिया जाना आवश्यक है। आखिर गरीबी ही सबसे बड़ी प्रदूषक है और अनेक संघर्षों का जड़ भी।

ऐसे तो निरंतर या सतत विकास काफी जानी-पहचानी या प्रचलित संकल्पना है परंतु हम इस संबंध में यह भूल जाते हैं कि सतत विकास के



लिए संबंधित तकनीकी विकल्पों के विस्तार की आवश्यकता होती है और ये केवल संबंधित तकनीकों के विकास के लिए रणनीति अपनाने से ही संभव है। यह कोई आसान काम नहीं है, इसमें विशाल योजना की आवश्यकता है। और भारत में यह काम हम परमाणु ऊर्जा विभाग में कर रहे हैं। स्वदेशी नाभिकीय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग से संबंधित विभिन्न क्षेत्रों में अनुसंधान एवं प्रौद्योगिकी विकास कार्यों से स्वावलंबन का उच्च स्तर प्राप्त करने के लिए परमाणु ऊर्जा विभाग ने एक कार्यनीति तैयार की है।

आइए भारत में ईंधन के विभिन्न स्रोतों की स्थिति (तालिका 1) देखें। हमारे यहाँ कोयले का पर्याप्त भंडार है। लगभग 221 अरब टन (मिल चुके 84, पता लगे 94 एवं अनुमानित 38 अरब टन)। भारत विश्व का तीसरा सबसे बड़ा कोयला उत्पादक देश है तथा यहाँ लगभग 70% से भी ज्यादा विद्युत कोयले पर आधारित ताप बिजलीघरों द्वारा उत्पादित की जाती है। मिल चुके भंडारों का 90%, पता लगे भंडारों का

70% तथा अनुमानित भंडारों का 40% अंश प्राप्त होने का विश्वास करने की प्रक्रिया अपनाते हुए तथा उन भंडारों को 4.7:1 के निष्कर्षण अनुपात की कसौटी पर कसते हुए 10वीं पंचवर्षीय योजना के कोयला एवं लिग्नाइट संबंधी कार्यबल ने निकाले जाने योग्य कोयले का अनन्तिम अनुमान मात्र 37.86 बी.टी. लगाया गया है। वर्ष 2000-01 के दौरान कोयले का घरेलू उत्पादन 310 MT था जबकि आयात 23.3 MT था। ऊर्जा आपूर्ति एवं परियोजना संबंधी योजनाओं की वर्तमान आवश्यकताओं को देखते हुए गणना की जा सकती है कि कोयले का हमारा घरेलू स्रोत कब तक उपलब्ध रहेगा। परमाणु ऊर्जा विभाग में हमारे द्वारा एवं देश की अन्य एजेंसियों द्वारा भी लगाए गए अनुमान के अनुसार इस शताब्दी के मध्य में अथवा उससे पहले भी कोयले की उपलब्धता को लेकर हमें कठिनाई हो सकती है। इसके अतिरिक्त कोयले पर आधारित बिजलीघर, देश में कोयले का बड़ी मात्रा में परिवहन करने के कारण होने वाली गंभीर समस्याओं तथा राख

के निपटान व ग्रीन हाउस गैसों एवं अम्लीय गैसों के उत्सर्जन के कारण पर्यावरणीय समस्याएं पैदा करते हैं। हमारे तेल एवं प्राकृतिक गैस के भंडार भी बहुत ही सीमित हैं और हम, हमारी आवश्यकताओं का बहुत बड़ा हिस्सा आयात कर रहे हैं। यह हिस्सा हमारे कुल आयातों का बहुत बड़ा अंश है। जल विद्युत शक्ति पुनः उपयोग हो सकती है। अतः इसका अधिक से अधिक उपयोग किया जाना चाहिए। परंतु हमारे जल विद्युत शक्ति का अधिकांश भाग उत्तर-पूर्व में केन्द्रित है। जहाँ इसका उपयोग राजनीतिक स्थिति, दुर्गम भू-भाग एवं विद्युत मांग क्षेत्रों से दूर स्थित होने जैसे कई कारणों की वजह से दुसाध्य है। सामान्यतया जल विद्युत संसाधनों के उपयोग में लोगों के विस्थापन तथा पारिस्थितिकी पर संभावित प्रभाव जैसे मुद्दों के कारण अड़चन है। भविष्य में ऊर्जा के गैर परम्परागत स्रोत जैसे सौर, बायोमास एवं पवन ऊर्जा उपयोगी भूमिका निभाएंगे। परंतु प्रौद्योगिकी विकास के वर्तमान स्तर पर वे जीवाश्म, जल और नाभिकीय विद्युत संयंत्रों के बेस लोड स्टेशनों द्वारा किए जाने वाले विद्युत उत्पादन में केवल थोड़ा सा सहारा लगा सकते हैं।

हमारे देश में यूरेनियम का भंडार तो सीमित है परंतु थोरियम का बड़ा भंडार है। यूरेनियम का एक बड़ा समस्थानिक (आइसोटोप) यूरेनियम-238 उर्वर सामग्री है, परंतु यह रिएक्टर को अपने आप क्रांतिक नहीं कर सकती है। इसे विखंडनशील प्लूटोनियम-239 में परिवर्तित करना होता है। परिवर्तन की यह प्रक्रिया नाभिकीय रिएक्टर में ही होती है। तापीय रिएक्टरों के अवशिष्ट ईंधन में प्लूटोनियम-239 पाया जाता है। रिएक्टर से अवशिष्ट ईंधन निकालने के बाद इसे दो प्रकार से निपटान किया जा सकता है। ओपन सायकल, निपटान की प्रथम प्रणाली है। इसके अंतर्गत संपूर्ण अवशिष्ट ईंधन कोर अपशिष्ट के रूप में माना जाता है। और उसी तरह उसका निपटान किया जाता है। इस प्रणाली में यूरेनियम में उपलब्ध ऊर्जा क्षमता का अल्प अंश ही प्रयोग किया जाता है। बड़ी मात्रा में इस अपशिष्ट से बचने के लिए अवशिष्ट ईंधन को पुनः संसाधित कर प्लूटोनियम एवं यूरेनियम-238 को अलग करने की एक क्लोज्ड फ्यूल सायकल का प्रयोग करना होता है। पुनर्संसाधन प्रक्रिया से मूल्यवान विखंडनशील सामग्री को निकालने के साथ-साथ अपशिष्ट को उसकी सक्रियता के स्तर एवं क्षय अवधि के आधार पर पृथक करने में भी सहायता मिलती है। इससे

तालिका 1 : भारत में ऊर्जा संसाधनों की स्थिति

संसाधन	मात्रा	क्षमता(GWe-yr)
कोयला	221 अरब टन (कुल)	44,000
तेल	0.75 अरब टन	300
प्राकृतिक गैस	692 अरब घनमीटर	250
जल शक्ति	60% PLF पर 84 GW	60% PLF पर 84 GW
यूरेनियम	78,000 टन धातु	PHWR रिएक्टरों में - 420 FBR रिएक्टरों में 54,000
थोरियम	518,000 टन धातु	FBR रिएक्टरों में 3,58,000
गैर पारम्परिक		
पवन शक्ति		20 GWe
लघु जल शक्ति		10 GWe
कुल सौर ताप		600,000 GWe
समुद्री तापीय, समुद्री एवं ज्वारीय तरंग		79 GWe
संभावित गणित की मान्यताएं		
गैस, तेल एवं कोयला शक्ति के लिए इनका पूरा भंडार तापीय क्षमता के साथ विद्युत के उत्पादन के लिए प्रयुक्त होगा। $\eta=30\%$ एवं कैलोरी में इनका परिमाण निम्नानुसार है:		
कोयला = 5000 kcal/kg, तेल = 10,200 kcal/kg, गैस = 9150 kcal/m ³ नाभिकीय शक्ति के लिए : प्रोटोटाइप तीव्र प्रजनक रिएक्टरों में जलने वाला ईंधन = 6700 MWd प्रतिटन एवं $\eta=29\%$ तीव्र प्रजनक रिएक्टर $\eta=42\%$ के साथ 60% यूरेनियम का प्रयोग कर सकते हैं। ब्रोडर 60% थोरियम एवं $\eta=42\%$ का प्रयोग कर सकते हैं।		

अपशिष्ट का निपटान करने में आसानी रहती है, साथ ही पर्यावरण पर पड़ने वाला प्रभाव भी कम किया जा सकता है। थोरियम भी इसी प्रकार की उर्वर सामग्री है तथा इसे भी विखंडनशील सामग्री अर्थात् यूरेनियम-233 के रूप में परिवर्तित करना होता है। देश के लिए दीर्घकाल तक ऊर्जा की उपलब्धता को निश्चित करने के लिए हमने क्लोज्ड सायकल प्रक्रिया में भावी पीढ़ी के लिए ऊर्जा की आपूर्ति को संसाधनों संबंधी बाधाओं से दूर रखने की क्षमता है।

भारत के परिप्रेक्ष्य में, हम इस तथ्य को अच्छी तरह समझ गए हैं। अर्थात् हमारे ऊर्जा संसाधनों की स्थिति एवं दीर्घकाल तक ऊर्जा उपलब्धता की सुनिश्चितता। इसी बात को ध्यान में रखते हुए हमने त्रिस्तरीय नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम बनाया है। इस कार्यक्रम के तहत प्रथम स्तर में दबित भारी पानी रिएक्टर तथा संबद्ध ईंधन चक्र सुविधाएं पहले से ही उद्योग के रूप में भारत में प्रचलित हैं। जिस गति से हमारा नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम आगे बढ़ सकता है, उसमें प्रौद्योगिकी अथवा देश के औद्योगिक ढांचे के कारण नहीं अपितु धन के कमी के कारण अवश्य बाधा आ सकती है। वर्तमान में हमारे देश में ऐसे 12 रिएक्टर प्रचालन स्थिति में हैं। जबकि 6 रिएक्टर निर्माणाधीन हैं। जिनमें स्वदेशी डिजाइन पर आधारित 540 मेगावाट की तारापुर स्थित निर्माणाधीन इकाइयाँ भी शामिल हैं। इन रिएक्टरों का डिजाइन स्वदेशीकरण की आवश्यकताओं, हमारे अपने प्रचालन अनुभव, विदेशों में स्थित पीएचडब्ल्यूआर के प्रचालन अनुभव के साथ-साथ विस्तृत संरक्षा विशेषताओं के क्रमिक विकास को ध्यान में रखते हुए तैयार किया गया है। इस समय हम पीएचडब्ल्यूआर प्रौद्योगिकी के सभी पहलुओं में आत्मनिर्भर हैं। नाभिकीय प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हमारा अनुभव जैसे-जैसे बढ़ रहा है और हम इसके विभिन्न पहलुओं में विशेषज्ञता प्राप्त करते जा रहे हैं, हमारे संयंत्रों के कार्यनिष्पादन में भी सुधार आता जा रहा है। वर्ष 1995-96 में 60% तक रहा। हमारे संयंत्रों का औसत क्षमता गुणक वर्ष 2002-03 तक बढ़ता-बढ़ता लगभग 90% हो गया है। नाभिकीय बिजलीघरों ने अबतक लगभग 200 अरब यूनिट बिजली का उत्पादन किया है। हमने लगभग 200 रिएक्टर वर्षों का प्रचालन अनुभव पाया है जो पर्यावरण में रेडियोसक्रियता निवास तथा कोई गंभीर दुर्घटना से मुक्त है।

द्वितीय चरण में तीव्र प्रजनक रिएक्टर स्थापित किए जा रहे हैं। जिनकी सहायता के लिए

पुनर्संसाधन संयंत्र एवं प्लूटोनियम आधारित ईंधन संविरचन संयंत्र होंगे। इनमें जितना ईंधन काम आएगा, उससे ज्यादा ईंधन इनसे उत्पादित होगा। इस प्रकार ईंधन की भावी जरूरत के बिना ही हम विद्युत उत्पादन क्षमता बढ़ाने में समर्थ होंगे। हमारे नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम के तीसरे चरण में थोरियम आधारित विद्युत उत्पादन बड़े पैमाने पर करने का आधार तैयार करने के लिए विखंडनशील सामग्री के काफ़ी विस्तार की आवश्यकता है। कलपाक्कम में हमने तीव्र प्रजनक टैस्ट रिएक्टर स्थापित कर एफबीआर कार्यक्रम का आरंभ कर दिया है। स्वदेश में विकसित मिश्रित यूरेनियम-प्लूटोनियम कारबाइड ईंधन द्वारा प्रचालित यह रिएक्टर सभी प्रौद्योगिकी चरणों को पार कर चुका है। इसका ईंधन अपनी मूल डिजाइन क्षमता से चार गुना तक अर्थात् 100,000 मेगावाट दिन प्रतिदिन तक जल चुका है। इस रिएक्टर से प्राप्त अनुभव के आधार पर तथा शिक्षण-संस्थाओं व उद्योगों के सक्रिय सहयोग से 500 मेगावाट प्रोटोटाइप तीव्र प्रजनक रिएक्टर की विस्तृत डिजाइन एवं प्रौद्योगिकी तैयार कर ली गई है और इसके निर्माण की ओर कदम उठाए जा चुके हैं।

नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम का तृतीय चरण थोरियम-यूरेनियम-233 चक्र पर आधारित होगा। हमारे इस कार्यक्रम के अंतर्गत थोरियम के उपयोग संबंधी कार्यक्रम को समय पर लागू करना देश में बढ़ती ऊर्जा की मांग को पूरा करने के लिए बहुत ही निर्णायक है। अनुसंधान रिएक्टर एवं पीएचडब्ल्यूआर में सीमित रूप से थोरियम का प्रयोग चालू कर छोटी सी शुरुआत कर दी गई है। पिछले कई वर्षों के लगातार प्रयासों के फलस्वरूप हमें संपूर्ण थोरियम ईंधनचक्र का लघु पैमाने पर अनुभव प्राप्त हुआ है। थोरियम से प्राप्त यूरेनियम-233 से प्रचलित कलपाक्कम स्थित कामिनी अनुसंधान रिएक्टर भी प्रचालन अवस्था में है। इस ईंधन को स्वदेश में ही तैयार कर पुनर्संसाधित एवं संविरचित किया गया है। थोरियम आधारित प्रणालियों की दिशा में भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने अब प्रगत भारी पानी रिएक्टर तैयार कर लिया है। इस की रिएक्टर भौतिकी डिजाइन, थोरियम से 65% विद्युत उत्पादन करने के अनुकूल तैयार की गई है। इसमें कई प्रगत संरक्षा विशेषताएं सम्मिलित की गई हैं। इस रिएक्टर की विस्तृत परियोजना रिपोर्ट तैयार कर ली गई है तथा 2004-05 में इसका निर्माण आरंभ करने के लिए इसकी वास्तु संबंधी सहयोगी जाँच कराई जा रही है।

आगे के विकास की संभावना को ध्यान में रखते हुए थोरियम-उपयोग की ओर अगला कदम बढ़ाते हुए त्वरक-चालन-प्रणाली (एक्सीलेरेटर ड्रिवन सिस्टम - एडीएस) विकसित करने के लिए एक रोड-मैप तैयार किया गया है। एडीएस में सीसा जैसे गैर-उर्वर/गैर विखंडनशील तत्व में स्पॉलेशन रिएक्शन के माध्यम से उच्च ऊर्जा प्रोटॉन बीम द्वारा सीधे ही न्यूट्रॉन उत्पन्न किए जाते हैं। एक सब क्रिटिकल ब्लैकैट द्वारा इस बाह्य न्यूट्रॉन स्रोत को और अधिक प्रवर्धित करने के साथ-साथ ऊर्जा भी उत्पन्न की जाती है। इस प्रणाली के विकास से थोरियम-यूरेनियम-233 प्रणालियों की अवधि शीघ्र दुगुनी हो जाने, दीर्घजीवी एक्टिनाइड्स एवं विखंडन उत्पादों के दहन (इन्सिनरेशन) का विश्वास है तथा इससे बड़े पैमाने पर थोरियम उपयोग की खरी प्रौद्योगिकी प्राप्त करने का आधार भी मिल सकता है। एडीएस की उपलब्धि की ओर प्रथम कदम के रूप में हमने 10वीं पंचवर्षीय योजना में प्रोटॉन त्वरकों के विकास का कार्य शुरू किया है।

नाभिकीय ऊर्जा कार्यक्रम को एकदम शुरू करने के लिए मुंबई के निकट तारापुर में दो क्वथन जल रिएक्टर स्थापित किए गए। ये रिएक्टर अभी भी प्रचालन अवस्था में हैं और हाल के वर्षों में अपनी कार्यक्षमता का प्रभावी रिकार्ड स्थापित कर चुके हैं। उसी प्रकार आत्मनिर्भर त्रिस्तरीय स्वदेशी कार्यक्रम के अतिरिक्त हम सादा जल रिएक्टर (एलडब्ल्यूआर) प्रौद्योगिकी आयात करने के संभावित स्रोत तलाश रहे हैं। ऐसे आयात नवीनतम संरक्षा मानकों के अनुरूप तथा आर्थिक दृष्टि से आकर्षक भी होने चाहिए। इस दिशा में कुडनकुलम में 1000 मेगावाट के दो रिएक्टर स्थापित करने के लिए रूसी फेडरेशन से सौदा करने का कदम उठाया गया है। कुल मिलाकर वर्ष 2020 तक लगभग 20,000 मेगावाट नाभिकीय स्थापित क्षमता प्राप्त करने की योजना है जिसमें प्रगत एलडब्ल्यूआर प्रौद्योगिकी आधारित कुछ संयंत्र भी शामिल होंगे। (तालिका-2)

नाभिकीय ईंधन के आयात की अन्य प्रकार के ईंधन से तुलना करना सार्थक होगा। नाभिकीय ईंधन में ऊर्जा संकेंद्रित रूप में होती है अंतः परिवहन या भंडारण के लिए कम मात्रा (वजन) में ईंधन की आवश्यकता होती है। नाभिकीय ईंधन से विद्युत उत्पादन करने की कुल लागत में अन्य घटकों की अपेक्षा ईंधन की लागत का अंश काफी कम होता है। तालिका-3 में दिए गए आँकड़ों से

तालिका-2 नाभिकीय बिजलीघर - वर्तमान स्थिति एवं भावी योजनाएं	
प्रचालनांतर्गत संयंत्र 6 स्थानों अर्थात् तारापुर, रावतभाटा, कलपाक्कम, नरौरा, काकरापार एवं कैगा में प्रचालनांतर्गत 14 रिएक्टर	MWe 2720
निर्माणाधीन संयंत्र 2x540 MWe तारापुर में PHWR 2x220 MWe कैगा में PHWR 2x220 MWe रावतभाटा में 2x1000 LWR's कुड़नकुलन में LWR	3960
शीघ्र ही आरंभ होने वाले संयंत्र 1x500 MWe कलपक्कम में PFBR	500
भावी योजनाएं 1x300 MWe AHWR 4x500 MWe FBR's 8x700 MWe PHWR's 6x1000 MWe LWR's	13740
Total	21080

तालिका-3 भारतीय क्षेत्र में ईंधन लागत		
ईंधन	रू./टन	अरब US/EJ
नैपथा	13,470	5.86
L.N.G.	12,500	5.80
कोयला	2,346	1.67
प्राकृतिक	11,00,000	0.04
यूरेनियम (U_3O_8)		(अंतर्राष्ट्रीय बाजार में) 1Exa Joule (E.J.) = 10^{18} Joules

इसे जाना जा सकता है। इसके अलावा नाभिकीय रिएक्टर से निकले ईंधन को प्लूटोनियम निकालने के प्रयोजन से पुनर्संसाधित भी किया जा सकता है। यह प्लूटोनियम विद्युत उत्पादन हेतु तीव्र रिएक्टरों में प्रयोग किया जा सकता है। तालिका-3 में दी गई लागत में यह माना गया है कि इस चक्र में ईंधन एक बार ही प्रयुक्त होगा। यदि पुनश्चक्रित करने का विकल्प माना जाए तो यह लागत 1/60 रह जाएगी। इस संख्या की शुद्धता पर किसी न किसी का मत भिन्न हो सकता है। परंतु नाभिकीय ईंधन और अन्य ईंधनों के लक्षणों के मध्य परिमाण के बड़े अंतर पर कोई भी विवाद

नहीं हो सकता। अतः ऊर्जा का आयात यदि आवश्यक है तो कार्यनीतिक दृष्टिकोण से भी नाभिकीय ईंधन वरीयता प्राप्त विकल्प है।

नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों का तुलनात्मक अर्थशास्त्र स्थानीय स्थितियों, छूट की दरों तथा कोयला और गैस जैसे सस्ते ईंधन की उपलब्धता पर निर्भर करता है। जहाँ जीवाश्म ईंधन उचित मूल्य पर उपलब्ध होते हैं, वहाँ तकनीकी-आर्थिक विश्लेषण में ताप विद्युत संयंत्र की स्थापना के विकल्प पर विचार किया जाता है। तापीय संयंत्र के मामले में जिन मुद्दों पर विचार किया जाता है उनमें कोयला खानों के साथ-साथ लोड-सेंटरो

की अवस्थिति, कोयला-परिवहन, परिवहन के लिए रेल-रोड की उपलब्धता, ईंधन में सल्फर एवं राख की मात्रा तथा इससे जुड़े पर्यावरणीय प्रभाव शामिल हैं। जल विद्युत सस्ती है परंतु बड़ी परियोजनाओं के लिए सीमित स्थान उपलब्ध है तथा अधिकांश क्षेत्र के डूब में आने के कारण सामाजिक प्रभाव बहुत ज्यादा हैं। गैस की कीमतें बाजार में कीमतों के उतार-चढ़ाव के कारण परिवर्तित रहती हैं तथा गैस चालित संयंत्रों से उत्पन्न विद्युत लागत का बहुत बड़ा हिस्सा बन जाती है। अतः गैस चालित संयंत्रों से उत्पन्न विद्युत की लागत बाजार की स्थिति पर बहुत ज्यादा आश्रित रहती है।

विभिन्न विद्युत विकल्पों पर तुलनात्मक विचार करने के लिए सामान्यतः प्रत्यक्ष लागतें ही जोड़ी जाती हैं। तथापि अब इस तुलना के लिए सभी लागतों को सम्मिलित करने के पक्ष में आम राय बनती जा रही है। इसमें अन्य चीजों के अलावा पर्यावरण एवं स्वास्थ्य पर प्रभाव की लागत तथा ईंधन परिवहन के लिए अवसंरचना तैयार करने की लागत, जो कि अक्सर आर्थिक अनुदान पर आधारित होती है, शामिल होंगी। जीवाश्म ईंधनों से जुड़े प्रमुख पर्यावरण प्रभावों में कार्बन डाईऑक्साइड और अन्य रूप में वायु प्रदूषण आते हैं। इन प्रदूषकों के प्रभावों से जुड़ी जोखिमों का संपूर्ण पृथ्वी पर असर होता है। इसके अलावा जीवाश्म ईंधनों से उत्पादित विद्युत के मामले में उत्पन्न अपशिष्ट की मात्रा भी काफी अधिक होती है। तकनीकी रूप से नाभिकीय ऊर्जा कहीं अधिक स्वच्छ है और इसकी अधिकांश लागत को वित्तीय योजनाओं में पहले से ही जोड़ा जा चुका है। उदाहरणार्थ, नाभिकीय विद्युत उत्पादक को अपने संस्थानों की डीकमीशनिंग के लिए निधि का प्रावधान करना आवश्यक है। यूरोपीय कमिशन के एक्स्टर्न-ई प्रोजेक्ट के अंतर्गत किए गए अध्ययन के 1998 में प्रकाशित परिणामों को तालिका-4 में सारांशीकृत किया गया है।

न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड द्वारा किए गए एक आंतरिक अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि कोयला आधारित ताप विद्युत की तुलना में नाभिकीय विद्युत ज्यादा सस्ती पड़ेगी यदि नाभिकीय संयंत्र पिट-हेड से लगभग 1000 किमी दूर है। देश में कई क्षेत्र हैं, जहाँ दुलाई का खर्च आवश्यक हो जाता है। नाभिकीय विद्युत की लागत की प्रकृति पूंजी प्रधान होने के कारण जैसे-जैसे संयंत्र का जीवन काल गुजरता जाता है, पूंजी लागत के ह्रास से यह ज्यादा सस्ती होती जाती है। संयंत्र की पूंजीगत लागत में निर्माण

तालिका-4 बाह्यलागत		
	लागत (mEcu/kWh)	समतुल्य जीवन हानि (per GW-year)
कोयला	18-150	213
लिग्नाइट	35-84	138
तेल	26-109	213
गैस	5-31	27
पवनशक्ति	0.5-2.6	5
Hydro	0.8-7	2
बायोमास	1.2-29	51
परमाणु	2.5-7.3	1

अवधि के दौरान पूंजी पर ब्याज भी शामिल होता है, अतः निर्माण अवधि घटाना भी आवश्यक है। एनपीसीआईएल द्वारा नवप्रवर्तित परियोजना प्रबंधन पद्धतियों के साथ-साथ विशाल ईपीसी पैकेजों की सहायता से निर्माण अवधि कम करने के प्रयास किए जा रहे हैं, अतः अब निर्माणाधीन संयंत्र लगभग 5 वर्षों में पूर्ण होने लग जाएंगे।

वैश्विक जलवायु परिवर्तन के संकट को कम करने के लिए उद्योग-प्रधान देशों ने 1992 के **यूनाइटेड नेशन्स फ्रेमवर्क कन्वेंशन ऑन क्लाइमेट चेंज** के साथ-साथ 1997 में क्योटो, जापान में तैयार किए गए संलेख प्रोटोकॉल के अंतर्गत ग्रीन हाउस गैस (जीएचजी) निस्सरण में कमी लाने की प्रतिबद्धता दर्शाई गई है। कथित प्रोटोकॉल में, उद्योग प्रधान देशों ने 2008-2012 की अवधि में अपना समग्र निस्सरण 1990 की अपेक्षा कम से कम 5.2% कम करने पर सहमति व्यक्त की है। 2012 के बाद कार्बन में कमी करने की प्रतिबद्धता पर अभी तक कोई निर्णय नहीं लिया गया है, परंतु कहा गया है कि भारत और चीन जैसे देशों को भी कार्बन में कमी करने की प्रतिबद्धता दिखानी चाहिए। यहाँ यह कहना प्रासंगिक होगा कि भारत में प्रतिव्यक्ति कार्बन निस्सरण 1.1 टन प्रतिवर्ष, चीन में 2.5 टन प्रतिवर्ष है जबकि ओईसीडी देशों में यह 10.9 टन प्रतिवर्ष है। इसलिए अंतर्राष्ट्रीय मंच पर वार्ता करते समय कार्बन कम करने की प्रतिबद्धता को स्वीकार करने में हमें सावधानी रखनी होगी। साथ ही जहाँ भी हम प्रगत प्रौद्योगिकी काम में लेते हैं वहाँ ऐसी नीतियाँ अपनानी होंगी कि कार्बन का निस्सरण न्यूनतम रहे। जहाँ तक ऊर्जा का प्रश्न है, नाभिकीय ऊर्जा से वस्तुतः कोई जीएचजी निस्सरण नहीं होता इसलिए जीएचजी निस्सरण

कम करना हमारी कार्यनीति का महत्वपूर्ण भाग होना चाहिए।

आरंभ से ही भारतीय नाभिकीय कार्यक्रम में नाभिकीय संरक्षा और पर्यावरण में विकिरण पर निगरानी पर काफ़ी बल दिया गया है। हमारी संरक्षा नीति का सार डॉ. भाभा के इन शब्दों से प्रभावित है, “रेडियोसक्रिय सामग्री एवं विकिरण के स्रोतों को न केवल इस तरीके से उपयोग में लाना चाहिए कि कर्मचारियों या अन्य किसी को कोई नुकसान न पहुँचे बल्कि इतने शानदार तरीके से उपयोग में लाएं कि देश के अन्य संगठनों के लिए अनुकरणीय उदाहरण प्रस्तुत हो सके।” वास्तव में ऐसा हुआ। भारत के सभी औद्योगिक विकास कार्यक्रम में पर्यावरण पर ध्यान देने को महत्वपूर्ण माना गया तथा इसके लिए विधिक प्रावधान बनाए गए। ऐसे प्रावधानों को लागू करने से काफ़ी पहले ही परमाणु ऊर्जा विभाग द्वारा पर्यावरण में विकिरण स्तर का अवस्थित मापन एवं संबद्ध अन्वेषण कार्य करना आरंभ कर दिया गया था।

संरक्षा का मुद्दा नाभिकीय ईंधन चक्र के सभी पहलुओं जैसे डिजाइनिंग एवं इंजीनियरिंग में, संयंत्र प्रचालन में तथा संपूर्ण नाभिकीय उद्योग के व्यवस्थापन में व्याप्त रहता है। डिजाइन तथा इंजीनियरिंग में इसके अंतर्गत मजबूत मूलभूत डिजाइनों को काम लेना, समुचित संहिताओं एवं पद्धतियों का पालन करना, पूरी तरह परीक्षित सामग्री एवं उपकरणों को काम लेना, पर्याप्त त्रुटिहीन व्यवस्थाएं उपलब्ध कराना तथा अनुरक्षण व समुचित प्रचालन को सुसाध्य बनाना सम्मिलित हैं। भारत में पीएचडब्ल्यूआर डिजाइन का हमारे प्रयासों से इस प्रकार क्रमिक विकास हुआ है कि संयंत्र संरक्षा को मजबूत करने का संपूर्ण ध्यान रखा गया है। इसका एक उदाहरण यह है कि

कोटा स्थित रापबिघ से कैगा तक के रिएक्टर के संरोधन को विकसित किया गया। रापबिघ में हमने डाउनिंग टैंक बनाया तो कलपाक्कम (मपबिघ) में वाष्प संप्रेषण पूल बनाया। नरौरा में आंशिक दोहरा संरोधन बनाया गया जबकि काकरापार में पूर्ण दोहरा संरोधन बनाया गया। कैगा में पहली बार संरोधन डोज के लिए उच्च शक्ति कंकरीट का प्रयोग किया गया। इसी प्रकार सैंकड़ों शटडाऊन सिस्टम तथा इमरजेंसी कोर कूलिंग सिस्टम जैसे अन्य सिस्टम विकसित किए गए, ताकि सभी प्रत्याशित प्रचालन अवस्थाओं में संयंत्र सुरक्षा का ध्यान रखा जा सके।

जैसा कि पहले भी बताया जा चुका है, हमने प्रगत भारी पानी रिएक्टर डिजाइन कर लिया है। इस प्रकार के रिएक्टर में थोरियम के प्रयोग से साथ-साथ प्रचलित संरक्षा अवस्थाओं से कहीं ज्यादा स्तर तक संरक्षा को मजबूत करने पर बल दिया गया है। जो अपने आप में काफ़ी बड़े प्रबंध हैं। संरक्षा विशेषताओं के उदाहरण हैं पंपहीन प्राथमिक शीतलन प्रणाली, तीन दिन तक प्रचालक के बिना कार्यरत रहने की विशेषताएं, पैसिव कंटेनमेंट आइसोलेशन, जन क्षेत्रों पर पड़ने वाले प्रभाव को दूर करना आदि।

परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड देश का एक ऐसा स्वतंत्र नियामक निकाय है जो नाभिकीय ऊर्जा से संबंधित किसी भी क्रिया-कलाप हेतु लाइसेंस एवं नियमन प्रदान करने के लिए उत्तरदायी है। रेगुलेटरी R&D को प्रोत्साहन प्रदान करने के लिए पऊनि बोर्ड ने वर्ष 1998 में इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र, कलपाक्कम कैपस में एक स्वतंत्र संरक्षा अनुसंधान संस्थान (SRI) की स्थापना की है। भारत में ईंधन चक्र सुविधाएं यथा पीएचडब्ल्यूआर, फ़ास्ट रिएक्टर, यूरेनियम-233 ईंधन चालित रिएक्टर, ईंधन पुनर्संसाधन संयंत्र, अपशिष्ट प्रबंधन सुविधाएं एवं विभिन्न अनुसंधान प्रयोगशालाओं से युक्त यह स्थान आदर्श स्थान है। SRI में अंतरसंस्थानिक रूप से अनुसंधान कार्यक्रम का महत्वपूर्ण भाग संचालित होता है। SRI में नाभिकीय संयंत्र संरक्षा, विकिरण एवं पर्यावरणीय संरक्षा, अग्नि एवं औद्योगिक संरक्षा आदि से संबंधित अनुसंधान किए जाते हैं।

(शेष अगले अंक में.....)

परमाणु ऊर्जा विभाग के पचास वर्ष

परमाणु ऊर्जा विभाग की स्थापना को पूरे हो रहे पचास वर्ष।

उपलब्धियों एवं सफलताओं से है हर क्षेत्र में अपार हर्ष।

स्वच्छ ऊर्जा एवं हरित पर्यावरण है परमाणु बिजलीघरों की पहचान।

नब्बे प्रतिशत क्षमता घटक तक पहुंच बनाए इतिहास में अमिट निशान।।

चौदह रिएक्टर प्रचालन में और आठ रिएक्टर हैं निर्माण की ओर।

प्रथम चरण की शानदार सफलता से नए संयंत्रों की मांग है पुरजोर।।

एन पी सी आई एल का झंडा आज शान से विश्व में लहरा रहा।

दूसरे चरण की ओर कदम बढ़ाने भाविनी का स्वागत हो रहा।।

प्रगत भारी पानी रिएक्टर से पूरी होगी भविष्य की आशा।

यूरेनियम व थोरियम का सदूपयोग कर पूरा होगा हर एक वादा।।

कृषि उत्पादन के लिए ब्रीडर बीज भी हुए हैं विकसित।

स्वास्थ्य एवं औद्योगिक अनुप्रयोगों से हुए सभी लाभान्वित।।

नाभिकीय प्रौद्योगिकियों ने राष्ट्रीय उत्पादन में दिया योगदान।

अनुसंधान एवं विकास की अनवरत यात्रा है एक विशिष्ट पहचान।।

कम डबलिंग का थोरियम ईंधन चक्र एवं अपशिष्टों का भस्मीकरण।

भविष्य के कार्यक्रम की रूपरेखा में जुड़ते रहेंगे नए समीकरण।।

जीवन स्तर की गुणवत्ता को सुनिश्चित करना है भविष्य का लक्ष्य।

परमाणु विद्युत का हिस्सा पच्चीस प्रतिशत करने का आज संकल्प।।

पचास वर्ष की लम्बी यात्रा आगे ही आगे चलती रहेगी इतना ही बस कहना।

परमाणु ऊर्जा विकास की कहानी नित नए मोड़ ले करेगी पूरा भाभा का सपना।।

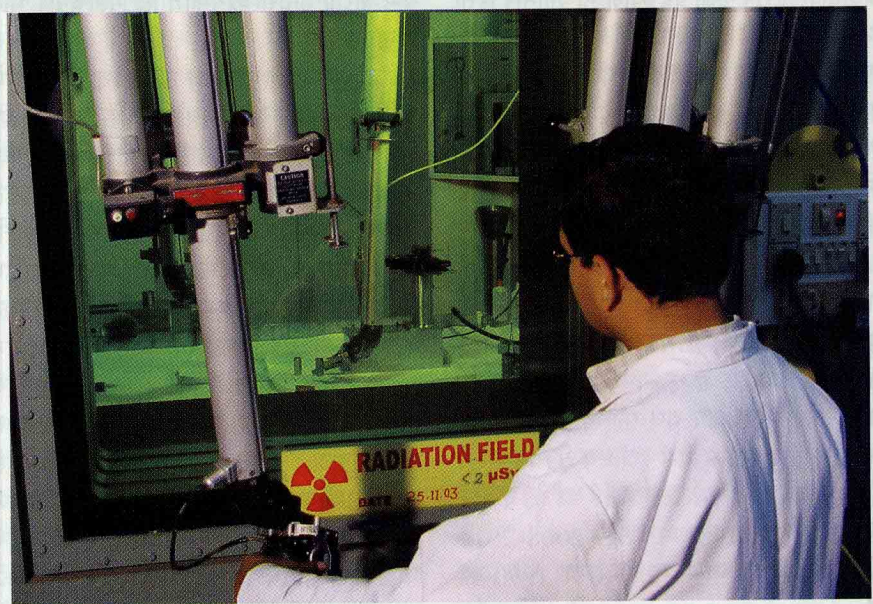
दिलीप भाटिया

राजस्थान परमाणु बिजलीघर

अणुशक्ति - 323303

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने मैनीपुलेटर उपकरण के लिए समझौता ज्ञापन हस्ताक्षरित किए

जोखिम भरे वातावरण में सुदूर हस्तन कार्य के लिए आवश्यक, उपस्कर व उपकरण, विशेषकर जिन्हें अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर प्राप्त करने पर रोक है, के स्वदेशीकरण के प्रयत्न के अंतर्गत, भापट केन्द्र के नाभिकीय पुनःचक्रण ग्रुप ने कुछ समय पहले एक सहयोगी कार्यक्रमों की शुरुआत की थी। इसी तरह के एक कार्यक्रम के अंतर्गत भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने हिन्दुस्तान मशीन टूलज लिमिटेड, बंगलौर तथा केरल हाइटैक इंडस्ट्रीज लिमिटेड, त्रिवेंद्रम के सहयोग को प्राप्त किया तथा त्रि-खंडीय मैनीपुलेटर के विकास में इन संगठनों की डिजाइन व टूल-रूम सुविधाओं का उपयोग किया। इस प्रकार विकसित प्रोटोटाइप मैनीपुलेटर की सफलता से प्रोत्साहित होकर भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने अपने हाटसेलों के लिए 20 मैनीपुलेटरों के संविरचन के लिए इन संगठनों के साथ सहयोग के लिए समझौता हस्ताक्षरित किया है।



Our Website

www.dae.gov.in

weblinks

Research Centres

Nuclear Power

Industries

Grant in aid Institutions

Regulatory Authority

External Links