

परमाणु विद्युत कार्यक्रम

परमाणु ऊर्जा विभाग नीचे दिए गए एक त्रिचरणीय परमाणु विद्युत कार्यक्रम के तहत काम करता रहा है :

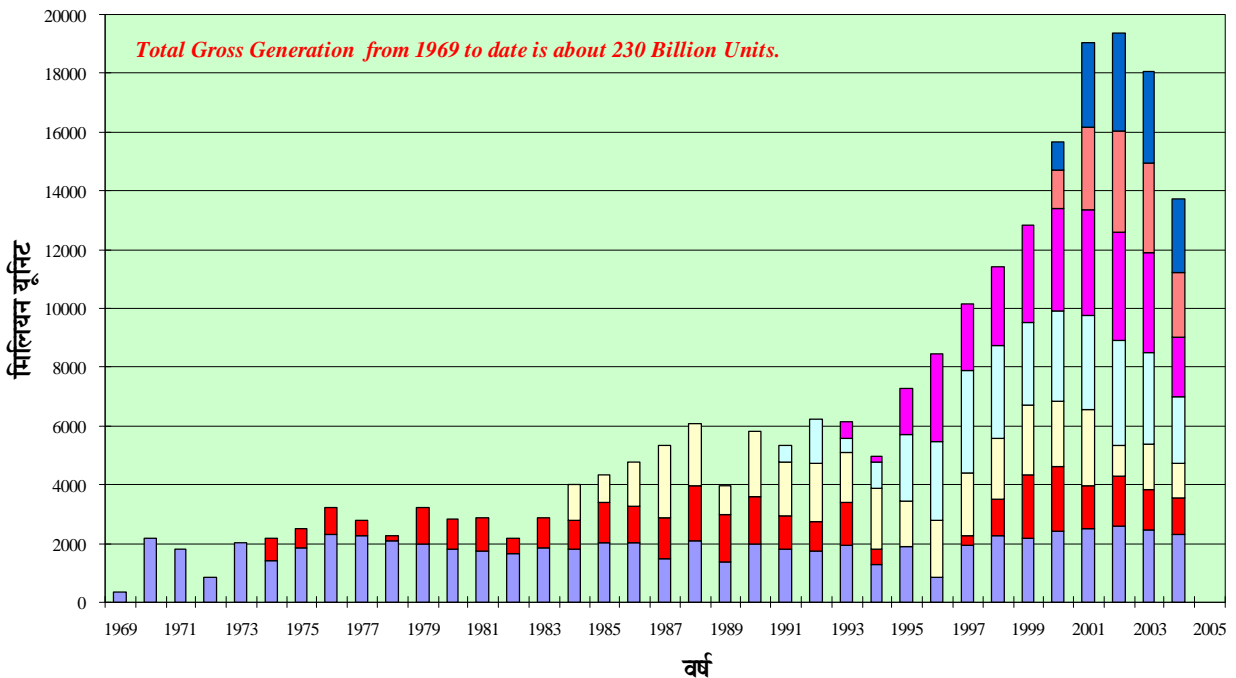
- पहले चरण के अंतर्गत, दाबित भारी पानी रिएक्टरों (पीएचडब्ल्यूआर) और संबद्ध ईंधन चक्र सुविधाओं की स्थापना करना शामिल है.
- दूसरे चरण के अंतर्गत, फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों (एफबीआर) की स्थापना करने की परिकल्पना की गई है, जो पुनर्संसाधन संयंत्रों और प्लूटोनियम आधारित ईंधन संविरचन संयंत्रों पर हैं.
- तीसरा चरण, थोरियम-यूरेनियम-233 चक्र पर आधारित होगा. यूरेनियम-233, थोरियम के किरणन द्वारा प्राप्त किया जाता है.

न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल), जोकि परमाणु ऊर्जा विभाग का सरकारी क्षेत्र का एक उपक्रम है, का दायित्व परमाणु विद्युत रिएक्टरों के लिए डिजाइन तैयार करना, उनका निर्माण करना और उनका परिचालन करना है. यह कम्पनी कुल 2770 मेगावाट की क्षमता वाले 14 (दो बॉयलिंग वाटर रिएक्टर और 12 दाबित भारी पानी रिएक्टर) रिएक्टरों का परिचालन करती है. यह 6 दाबित भारी पानी रिएक्टरों और 2 हल्का पानी रिएक्टरों का निर्माण कर रही है.

इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र (आईजीसीएआर), जोकि परमाणु ऊर्जा विभाग का एक अनुसंधान केन्द्र है, बिजली की बढ़ती हुई मांग को पूरा करने के लिए, द्रव सोडियम शीतित फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों का डिजाइन तैयार करने और उन्हें विकसित करने के काम में लगा हुआ है. इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने सफलतापूर्वक फास्ट ब्रीडर रिएक्टर प्रौद्योगिकी विकसित कर ली है और 500 मेगावाट क्षमता के एक प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर का डिजाइन पूरा कर लिया है. इस परियोजना को क्रियान्वित करने के लिए एक नई कम्पनी भाविनी का गठन किया गया है. यह नई कम्पनी प्रौद्योगिकी में विशेषज्ञता के लिए इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र पर और परियोजना प्रबंधन के लिए एन पी सी आई एल पर निर्भर करती है.

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में, 300 मेगावाट क्षमता के एक प्रगत भारी पानी (एएचडब्ल्यूआर) विकसित करने हेतु किए जा रहे कार्य का लक्ष्य थोरियम के उपयोग में विशेषज्ञता हासिल करने और प्रगत सुरक्षा संकल्पनाओं को प्रदर्शित करना है. प्रगत भारी पानी रिएक्टर जैसी थोरियम आधारित प्रणालियों को वाणिज्यिक स्तर पर तभी स्थापित किया जा सकता है, जब फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों पर आधारित एक बड़ी क्षमता निर्मित कर ली जाए.

भारतीय परमाणु बिजलीघरों द्वारा वर्ष 1969 से कुल विद्युत उत्पादन



परमाणु विद्युत कार्यक्रम : चरण - I

दाबित भारी पानी रिएक्टर

भारतीय परमाणु विद्युत कार्यक्रम साठ के दशक में शुरू हुआ था। दाबित भारी पानी रिएक्टर, इस कार्यक्रम के पहले चरण के लिए चुना गया रिएक्टर था। तथापि, परिचालन का अनुभव प्राप्त करने के लिए, प्रारंभ में, तारापुर, महाराष्ट्र में दो बॉयलिंग वाटर रिएक्टरों (बी डब्ल्यू आर) वाला एक परमाणु बिजलीघर स्थापित किया गया था। यह कार्य संयुक्त राज्य अमरीका की जनरल इलेक्ट्रिक कम्पनी के साथ सहयोगी कार्य के रूप में किया गया था। सन् 1969 में कमीशन किया गया यह बिजलीघर अब भी काम कर रहा है।

रावतभाटा, राजस्थान में निर्मित पहले दो दाबित भारी पानी रिएक्टरों ने, वर्ष 1972 और 1980 में वाणिज्यिक रूप से उत्पादन करना शुरू कर दिया था। इन रिएक्टरों का निर्माण अंशतः कनाडा के सहयोग से किया गया था। बाद में, परमाणु ऊर्जा विभाग के संगठनों के अनुसंधान तथा विकास संबंधी प्रयासों ने, भारतीय उद्योग की सहायता से, दाबित भारी पानी रिएक्टर को स्वदेश में ही तैयार किया जिसकी छाप वर्ष 1984 और 1986 में चैन्नई, तमिलनाडु के निकट कलपाक्कम में 2005

220 मेगावाट क्षमता के दो रिएक्टरों की कमीशनिंग सफलतापूर्वक करने के रूप में अंकित हुई। बाद में, 220 मेगावाट क्षमता के दाबित भारी पानी रिएक्टर के डिजाइन को मानकीकृत किया गया और इस डिजाइन के दो रिएक्टरों को नरौरा, उत्तर प्रदेश में वर्ष 1989 और 1991 में कमीशन किया गया। डिजाइन के मानकीकरण के परिणामस्वरूप, नए रिएक्टरों के बनकर तैयार होने की अवधि काफी कम हो गई है।

वर्ष 1992 और 1995 में ककरापार में 220 मेगावाट की क्षमता वाले दो दाबित भारी पानी रिएक्टरों के चालू होने से, दाबित भारी पानी रिएक्टर संबंधी स्वदेशी प्रौद्योगिकी ने वाणिज्यिक परिपक्वता हासिल कर ली है। वर्ष 1999 और 2000 में, कैगा, कर्नाटक और रावतभाटा, राजस्थान में 220 क्षमता वाले दो आधुनिकतम दाबित भारी पानी रिएक्टर चालू हो गए थे।

नाभिकीय प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में, न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड के बढ़ते हुए अनुभव के परिणामस्वरूप, उसके परमाणु विद्युत संयंत्रों के कार्य-निष्पादन में सुधार हुआ है।

बिजली का उत्पादन जोकि वर्ष 1981-82 में 3000 मिलियन यूनिट था, वह वर्ष 2003-04 में बढ़ कर 17,861 मिलियन यूनिट हो गया।

नई परियोजनाएं

कुल 4460 मेगावाट क्षमता के रिएक्टर निर्माणाधीन हैं। इनके अंतर्गत

तारापुर में 540 मेगावाट क्षमता वाले दो दाबित भारी पानी रिएक्टर (टीएपीपी - 3 तथा 4), रावतभाटा (आरएपीपी-5 तथा 6) में और कैगा (कैगा-3 तथा 4) में प्रत्येक जगह 2 x 220 मेगावाट क्षमता वाले दाबित भारी पानी रिएक्टर और कलपाक्कम में 500 मेगावाट क्षमता वाला प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर (पी एफ बी आर) शामिल है।

परमाणु विद्युत की तीव्र प्रगति के लिए एक समानान्तर स्रोत उपलब्ध कराने के लिए, भारत ने, कुडनकुलम (तमिलनाडु) में 1000 मेगावाट क्षमता वाले दो दाबित भारी पानी रिएक्टरों से युक्त एक परमाणु बिजलीघर की स्थापना के लिए रूसी परिसंघ के साथ एक करार पर हस्ताक्षर किए। इसके अंतर्गत, इन रिएक्टरों का निर्माण कार्य, 31 मार्च, 2002 को रिएक्टर कंकरीट की पहली खेप डालने के साथ शुरू किया गया।

परमाणु ऊर्जा विभाग के पास एक महत्वाकांक्षी परमाणु विद्युत कार्यक्रम है जिसका लक्ष्य वर्ष 2020 तक 20,000 मेगावाट की स्थापित परमाणु विद्युत क्षमता हासिल करना है।

नाभिकीय ईंधन चक्र

परमाणु विद्युत कार्यक्रम के अंतर्गत कई सहायक परिचालन-कार्य आते हैं, जिन्हें नाभिकीय ईंधन चक्र के नाम से जाना जाता है। चक्र के प्रारम्भिक भाग के अंतर्गत, खनिजों का अन्वेषण, अयस्कों का खनन, उनकी मिलिंग और संसाधन, तथा ईंधन का संविरचन शामिल हैं और चक्र के पश्च भाग के अंतर्गत, भुक्तशेष यूरेनियम ईंधन का पुनर्संसाधन, तथा नाभिकीय अपशिष्ट-पदार्थों का प्रबंधन शामिल हैं।

भारत ने दाबित भारी पानी रिएक्टर के अभिकल्पन में और संबद्ध संयंत्रों/सुविधाओं के निर्माण और परिचालन के क्षेत्र में व्यापक क्षमता हासिल कर ली है और इस प्रकार दाबित भारी पानी पर आधारित परमाणु विद्युत कार्यक्रम का संपूर्ण नाभिकीय ईंधन चक्र इसके अंतर्गत आ जाता है। इसमें भारी पानी का उत्पादन शामिल है।

नाभिकीय ईंधन चक्र कार्यक्रम के प्रारंभिक भाग में सहयोग देने वाले परमाणु ऊर्जा विभाग के संगठन हैं, परमाणु खनिज अन्वेषण तथा अनुसंधान निदेशालय (एएमडी), हैदराबाद; यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (यूसीआईएल), जादुगुडा (झारखण्ड); नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र (एनएफसी), हैदराबाद; और भारी पानी बोर्ड (एचडब्ल्यूबी), मुंबई, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र और इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र इस चक्र के पश्च-भाग से संबंधित कार्य करते हैं।

कार्यरत रिएक्टर



तारापुर परमाणु
बिजलीघर



मद्रास परमाणु
बिजलीघर



राजस्थान परमाणु
बिजलीघर

कार्यरत रिएक्टर

नरोरा परमाणु
बिजलीघर



ककरापार परमाणु
बिजलीघर

कैगा परमाणु बिजलीघर



निर्माणाधीन रिएक्टर



तारापुर परमाणु बिजली परियोजना 3व 4



कैगा परमाणु बिजली परियोजना 3व 4

निर्माणाधीन रिएक्टर



राजस्थान परमाणु बिजली
परियोजना 5व 6



कुडनकुलम परमाणु
बिजली परियोजना



प्रोटोटाइप फास्टब्रीडर रिएक्टर

ईंधन चक्र का अग्र भाग

ईंधन चक्र के अग्र भाग के अंतर्गत अयस्कों के खनन, प्रेषण और संसाधन तथा ईंधन के संविरचन तक का कार्य आता है . इसके अलावा, दाबित भारी पानी रिएक्टर कार्यक्रम का एक अनुषंगी कार्यक्रम भारी पानी का उत्पादन भी है.

भारी पानी का उत्पादन

दाबित भारी पानी रिएक्टर में, भारी पानी का उपयोग मंदक और शीतलक के रूप में किया जाता है. डी ए ई के भारी पानी बोर्ड (एचडब्ल्यूबी) पर, देश में भारी पानी संयंत्रों के निर्माण और उनके परिचालन का उत्तरदायित्व है. बोर्ड के देश भर में 7 भारी पानी संयंत्र हैं . सभी प्रचालनरत भारी पानी संयंत्रों (एच डब्ल्यू बी) का कार्यनिष्पादन और सुरक्षा का रिकार्ड उत्कृष्ट रहा है. बोर्ड ने भारी पानी की घरेलू आवश्यकताओं को पूरा करने के अलावा, भारी पानी का निर्यात भी किया है.

बोर्ड अपने ऊर्जा संरक्षण कार्यक्रम में लगा हुआ है ताकि प्रति किलोग्राम उत्पादित भारी पानी में होने वाली विशिष्ट ऊर्जा खपत को और भी घटाया जा सके . ऊर्जा संरक्षण और ऊर्जा प्रबंधन के क्षेत्र में बोर्ड द्वारा किए गए प्रयासों को स्वीकार करते हुए विद्युत मंत्रालय के ऊर्जा सक्षमता ब्यूरो ने बोर्ड को उर्वरक, पेट्रोलियम एवं क्लोरो क्षार क्षेत्र के उद्योगों के लिए ऊर्जा प्रबंधन और संरक्षण का कार्य करने की अग्रणी भूमिका सौंपी है ताकि ऊर्जा संरक्षण के राष्ट्रीय लक्ष्य को हासिल किया जा सके .

भारी पानी का ग्रेड बढ़ाना

अनुसंधान रिएक्टरों से प्राप्त कम ग्रेड वाले भारी पानी के ग्रेड को बढ़ाने के लिए, वर्ष 1962 में ट्राइबे में एक भारी पानी अपग्रेडिंग सुविधा की स्थापना की गई थी. निरंतर अनुसंधान द्वारा, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने वाणिज्यिक स्तर पर उपयोग के लिए भारी पानी अपग्रेडिंग प्रौद्योगिकी विकसित की है. इस प्रौद्योगिकी के अंतर्गत निर्यात आसवन कालमों में स्वदेशी तौर पर विकसित टावर इंटरनल काम में लाए जाते हैं. इस प्रौद्योगिकी के आधार पर, वर्तमान में, विभिन्न स्थलों पर 23 अपग्रेडिंग / अन्तिम रूप से समृद्ध करने वाले टावर परिचालनरत हैं और बहुत से अन्य निर्माणाधीन हैं.

सर्वेक्षण तथा अन्वेषण

परमाणु खनिज अन्वेषण एवं अनुसंधान निदेशालय (एएमडी), स्वदेशी परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम के लिए आवश्यक यूरेनियम, थोरियम, नायोबियम, टैटेलम, बेरिलियम, जर्कोनियम, लिथियम, यिट्रियम और विरल मृदा तत्वों के स्रोतों के सर्वेक्षण, अन्वेषण एवं मूल्यांकन के कार्य में, और परमाणु



ट्राईब्यूटाइल फास्फेट सुविधा, तालचेर, उड़ीसा



भारी पानी संयंत्र, मनुगुरु, आंध्रप्रदेश



भारी पानी को कोरिया - इलैक्ट्रिक पावर कार्पोरेशन (केपको) को निर्यात किया जा रहा है.

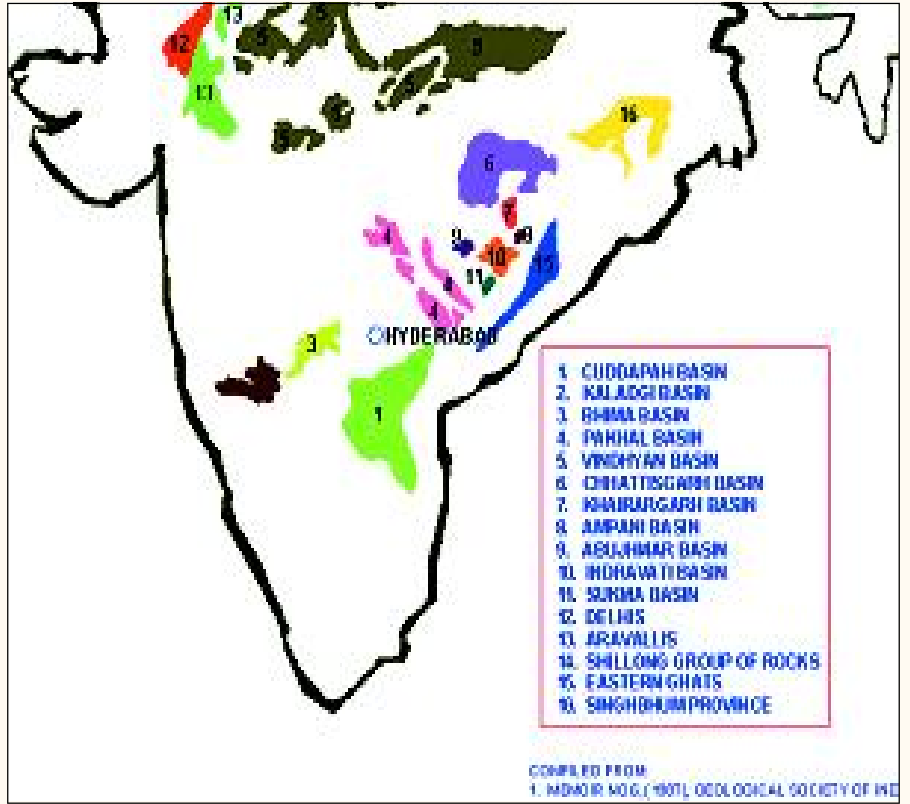
विद्युत संयंत्रों के लिए स्थल का चयन करने तथा नाभिकीय अपशिष्टों के निपटान हेतु भंडारण स्थलों से संबंधित भूवैज्ञानिक अध्ययन करने के कार्यों में लगा हुआ है।

सर्वेक्षण और अन्वेषण के कार्यकलाप 1949 में शुरू हुए थे। इन गत वर्षों में झारखंड में जादुगोड़ा, भाटिन, नरवापहाड़, तुरुमडीह (पूर्व और दक्षिण), बंदुहूरंग (तुरुमडीह पश्चिम), मध्य केरुआडूंगरी, बगजाता, कन्यालुका, मोहुलडीह और नंदूप; मेघालय में डोमियासियात और वाहकिन; आंध्र प्रदेश में लंबापुर- पेडागडू, कोपुनूर और तुमलापल्ली; कर्नाटक में गोगी और राजस्थान में रोहिल नामक स्थानों पर यूरेनियम निक्षेपों का पता लगाया गया।

प्राजीव-कल्प घाटियों, जो कि उच्च ग्रेड के विषम-विन्यास संबंधी यूरेनियम निक्षेपों के लिए प्रमुख लक्ष्य बिंदु हैं, और जिनका इस समय सर्वेक्षण किया जा रहा है, में आंध्र प्रदेश में कुडुपा घाटी; राजस्थान में दिल्ली घाटी (फोल्डबेल्ट) कर्नाटक में भीमा घाटी; छत्तीसगढ़ में छत्तीसगढ़ घाटी; मध्य प्रदेश में ग्वालियर घाटी और उड़ीसा में कुंजर घाटी शामिल हैं। मध्य जीवी महाकल्प और तृतीय महाकल्प घाटियों, जो कि सक्रिय अन्वेषण के अंतर्गत वृहत टनभार वाले बालुका पत्थर किस्म के यूरेनियम निक्षेपों के लिए लक्ष्य बिंदु हैं, में मेघालय की मध्य जीवी घाटी और हिमाचल प्रदेश में तृतीय महाकल्प की पूर्व शिवालिक घाटी शामिल है।

कूलमबाईट-टेंटैलाइट (नायोबियम-टेंटालम, लेपिडोलाइट और स्पोडुमीने (लिथियम), और बेरिल (बेरिलियम) का दोहन आंध्र प्रदेश, राजस्थान, बिहार, उड़ीसा और छत्तीसगढ़ में पहचान किए गए संभाव्य पेग्मेटाइटों में से निकाली गई कछारी मृदा में से क्षेत्रीय रिकवरी यूनितों के जरिए करके उनका ढेर लगा दिया गया।

परमाणु खनिज निदेशालय ने उड़ीसा, आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु, केरल और महाराष्ट्र के कुछ हिस्सों में पूर्वी और पश्चिमी तटिय क्षेत्र के साथ-साथ तमिलनाडु की अन्तः क्षेत्रीय टीरी बालुका और बिहार तथा पश्चिम बंगाल के रिवेराइन प्लेसरो में, इल्मेनाइट, रुटाइल और ल्यूकोक्सिन (टाइटेनियम), सिलिमेनाइट गार्नेट तथा मोनाजाइट



भारत के प्रोटेरोजोइक बेसिनों में उच्च ग्रेड के भावी यूरेनियम लक्ष्य

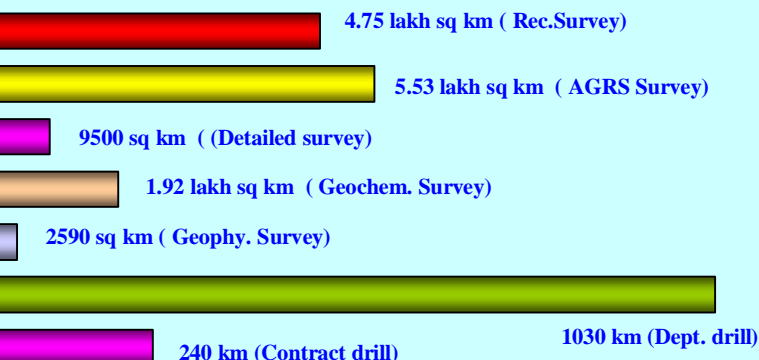


खनिजों की खोज के लिए ड्रिलिंग आपरेशन

(थोरियम और एल आर ई ई) के कई पुलिन बालू खनिज निक्षेपों का भी पता लगाया है। केरल के तिरुवनंतपुरम और कोल्लम जिलों, आंध्र

वर्ष 1950 - 2002 की प्रमुख उपलब्धियां

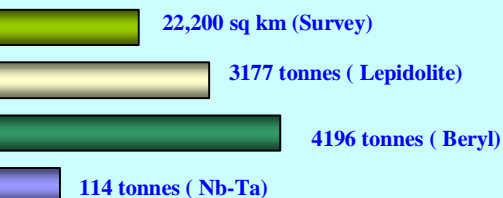
URANIUM INVESTIGATIONS



BEACH SAND INVESTIGATIONS

2600 sq km (Survey)

MINERAL INVESTIGATIONS



प्रदेश के पश्चिम गोदावरी और कृष्णा जिलों तथा उड़ीसा के पुरी जिले के कुछ भागों में भारी खनिज सांद्रों के नए क्षेत्रों का पता लगाया गया है।

परमाणु खनिज निदेशालय पुलिन बालूका खनिजों के निर्यातकों के मोनोजाइट परीक्षण का प्रमाण-पत्र भी जारी करता है जोकि खनिज खेपों के निर्यात के लिए इसलिए अनिवार्य है क्योंकि ये परमाणु ऊर्जा अधिनियम के अंतर्गत परिभाषित विहित पदार्थ मोनोजाइट के साथ जुड़े हुए हैं।

खनन तथा अयस्कों का संसाधन

परमाणु खनिज निदेशालय द्वारा पिछले काफी समय में किए गए अन्वेषणात्मक प्रयासों के परिणामस्वरूप, सिंहभूम (पूर्व), झारखण्ड राज्य में स्थित जादुगुडा, भाटिन तथा नरवापहाड़ में यूरेनियम की खानें खोली गई हैं। परमाणु ऊर्जा विभाग के सरकारी क्षेत्र के एक उपक्रम, यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड द्वारा परिचालित ये खानें भारतीय परमाणु विद्युत कार्यक्रम की आवश्यकताओं की पूर्ति करती रही हैं। सिंहभूम में तुरुमडीह नामक स्थान पर एक नई खान को वर्ष 2003 में कमीशन किया गया है।

परमाणु विद्युत कार्यक्रम की प्रेक्षित मांग को पूरा करने के लिए यूसिल बटुहूरंग और बगजाता (दोनों झारखंड में), लंबापुर (आंध्र प्रदेश) और डोमियासियाट (मेघालय) में खदानें खोलने का कार्य हाथ में लिया है। परमाणु ऊर्जा विभाग भी अन्य गौण प्रकार के संसाधनों का दोहन करने के लिए कार्य कर रहा है।

यूरेनियम कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड, येलो केक नाम से जाने जाने वाले यूरेनियम सांद्रों का उत्पादन करने के लिए यूरेनियम अयस्कों के संसाधन हेतु एक यूरेनियम मिल भी चलाता है। इसके बाद इस येलो केक को ईंधन संविरचन के लिए नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र में भेज दिया जाता है। इसके अतिरिक्त, यूरेनियम अयस्क में मौजूद मैग्नेटाइट को, यूरेनियम संसाधन संयंत्र में उपोत्पाद के रूप में बरामद किया जाता है।

अयस्कों के संसाधन और यूरेनियम धातु के उत्पादन के क्षेत्र में अनुसंधान तथा विकास-कार्य ट्राम्बे में किए जाते हैं। यूरेनियम इनगौट के उत्पादन के लिए एक यूरेनियम धातु उत्पादन सुविधा ट्राम्बे में कार्यरत है।

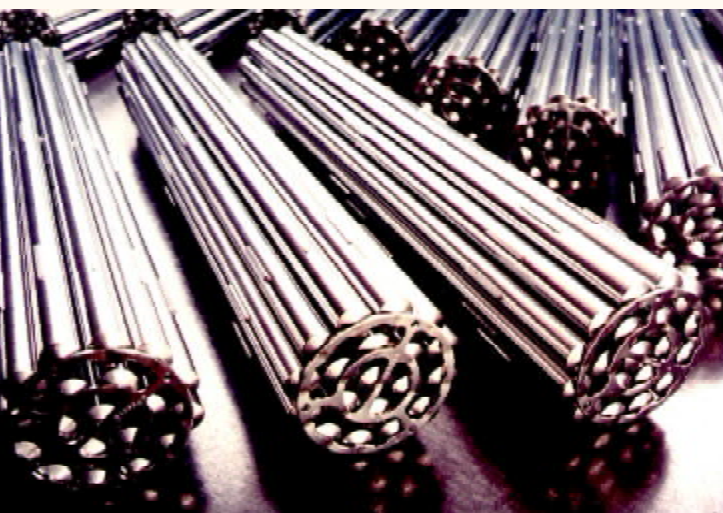


यूरेनियम खान, जादूगुडा, झारखंड

नाभिकीय ईंधन का संविरचन

विद्युत रिएक्टरों और अनुसंधान रिएक्टरों के लिए नाभिकीय ईंधन के संविरचन का काम क्रमशः नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र, हैदराबाद और भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में किया जाता है। भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र और इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र नए ईंधनों का विकास करने में लगे हुए हैं।

भारतीय दाबित भारी पानी रिएक्टर में प्राकृतिक यूरेनियम आधारित ईंधन का उपयोग किया जाता है। येलो केक को ईंधन ग्रेड के यूरेनियम में परिवर्तित करने और विद्युत रिएक्टरों के लिए ईंधन तत्वों के संविरचन के क्षेत्र में किए गए स्वदेशी प्रयासों के फलस्वरूप, वर्ष 1959 में ट्राम्बे में



स्वदेशी प्रौद्योगिकी क्षमता का प्रदर्शन एफबीटीआर ईंधन सब असंबलियों के कट सेक्शन तथा दाभापा रिएक्टर ईंधन असंबलियां जिन्हे नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र ने निर्मित किया है

पहले ईंधन ऐलिमेंट के संविरचन के रूप में, एक प्रमुख उपलब्धि हासिल की गई थी।

विद्युत रिएक्टरों के लिए नाभिकीय ईंधन समुच्चयों का और जरकालाय संरचनात्मक संघटकों का औद्योगिक स्तर पर विनिर्माण करने के लिए सन् 1971 में हैदराबाद में नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र की स्थापना की गई थी। एनएफसी, जोकि अब एक ISO 9001 संगठन है, दाबित भारी पानी रिएक्टरों के लिए जरकालाय-4 आवेष्टित प्राकृतिक और अवक्षयित यूरेनियम आक्साइड और थोरिया बंडलों का, बॉयलिंग वाटर रिएक्टरों के लिए जरकालाय-2 आवेष्टित समृद्ध यूरेनियम आक्साइड ईंधनों का और द्रव धातु-शीतित फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के लिए स्टेनलैस स्टील आवेष्टित थोरिया और अवक्षयित यूरेनियम आक्साइड ब्लैकैट उप-समुच्चयों का विनिर्माण करने के लिए उत्तरदायी है। एनएफसी उपयुक्त रिएक्टरों के लिए जर्कोनियम मिश्र धातु के संरचनात्मक संघटकों का विनिर्माण भी करता है इसके अलावा एनएफसी फास्ट रिएक्टर की कोर असेम्बलियों और विशेष मिश्र धातु ट्यूबों के लिए जोड़ रहित स्टेनलैस स्टील की ट्यूबों के हैक्सकैस और अन्य संरचनात्मक वस्तुओं का भी उत्पादन करता है। यह सम्मिश्र परमाणु ऊर्जा के क्षेत्र में परमाणु विद्युत संयंत्रों और पुनर्साधन संयंत्रों में क्रांतिक और सामरिक अनुप्रयोगों के लिए उच्च गुणवत्ता वाली स्टेनलैस स्टील की ट्यूबों और पाइपों की मांग को भी पूरा करता है।

हाल ही में एनएफसी ने तारापुर में आगामी 540 मेगावाट के दाबित भारी पानी रिएक्टर यूनिट तारापुर (तारापुर-4) के लिए 37 ऐलिमेंट वाले ईंधन बंडलों के संविरचन के अभियान की सफलतापूर्वक शुरुआत की है।

नाभिकीय ईंधन सम्मिश्र के संयंत्रों का कार्य-निष्पादन बहुत अच्छा रहा है और वे लगातार गत 6 वर्षों से अपने वार्षिक उत्पादन लक्ष्यों को पूरा करते आ रहे हैं और कुछ संयंत्रों ने तो अपनी निर्धारित संयंत्र क्षमताओं को भी पार कर लिया है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में, बहुत-सी किस्मों के ईंधन विकसित किए गए हैं और उनका संविरचन औद्योगिक स्तर पर किया गया है। तारापुर परमाणु बिजलीघर स्थित बॉयलिंग वाटर रिएक्टरों के लिए मिश्रित ऑक्साइड (मॉक्स) ईंधन समुच्चयों का संविरचन स्वदेशी तौर पर करने के लिए, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने तारापुर में एक प्रगत ईंधन संविरचन सुविधा (एएफएफएफ) की स्थापना की थी। इसमें उत्पादित मिश्रित ऑक्साइड (मॉक्स) ईंधन का कार्य-निष्पादन संतोषजनक रहा है।

नाभिकीय ईंधन चक्र का पिछला सिरा (बैक-एंड)

नाभिकीय ईंधन चक्र के पिछले सिरा (बैक-एंड) में ईंधन पुनर्साधन और नाभिकीय अपशिष्ट प्रबंधन शामिल है।



ईंधन मशीन हैड-एसेंबली



ईंधन मशीन हैड टैस्टिंग
का कार्य किया जा रहा है

ईंधन का पुनर्संसाधन

भारतीय परमाणु विद्युत उत्पादन कार्यक्रम एक बद्ध-चक्र पद्धति पर आधारित है जिसके अन्तर्गत विद्युत उत्पादन के लिए भुक्तशेष ईंधन का पुनर्संसाधन और प्लूटोनियम तथा यूरेनियम-233 का पुनर्चक्रण किया जाना शामिल है।

परमाणु ऊर्जा विभाग ने अपने परमाणु विद्युत कार्यक्रम के प्रादुर्भाव से ही ईंधन पुनर्संसाधन प्रौद्योगिकी का विकास शुरू कर दिया था। अब उसके पास ट्रॉम्बे में पुनर्संसाधन हेतु प्रायोगिक संयंत्र और तारापुर तथा कलपाक्कम में औद्योगिक स्तर के संयंत्र मौजूद हैं। ट्रॉम्बे स्थित संयंत्र अनुसंधान रिएक्टरों से निकले भुक्तशेष ईंधन को संसाधित करता है जबकि अन्य दो संयंत्र विद्युत रिएक्टरों से निकले भुक्तशेष ईंधन को संसाधित करते हैं।

नाभिकीय अपशिष्ट पदार्थ प्रबन्धन

नाभिकीय ईंधन चक्र के विभिन्न चरणों में उत्पन्न विकिरणसक्रिय अपशिष्ट पदार्थों को निम्न, मध्यम और उच्च स्तर के अपशिष्ट पदार्थों के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। सभी प्रकार के विकिरणसक्रिय अपशिष्ट पदार्थों के निपटान के लिए देश की बहुत सी नाभिकीय सुविधाओं में संयंत्र परिचालनरत रहे हैं। निम्न तथा मध्यम स्तर के विकिरणसक्रिय



ठंडी क्रूसिबल से कनस्तर में पिछले हुए कांच को उंडेला जा रहा है

अपशिष्ट-पदार्थों का संसाधन विभिन्न प्रक्रियाओं के द्वारा पर्यावरण के अनुकूल तरीके से किया जाता है।

उच्च स्तर के अपशिष्ट-पदार्थों जो कि बहुत थोड़ी मात्रा में उत्पन्न होते हैं, को ग्लास मैट्रिक्स में अचलीकृत किया जाता है। काचीकरण, जोकि एक जटिल प्रौद्योगिकी है और बहुत थोड़े से ही राष्ट्रों के पास उपलब्ध है, का सफलतापूर्वक विकास ट्राम्बे में किया गया है। इस प्रौद्योगिकी के आधार पर, दो अपशिष्ट-पदार्थ अचलीकरण संयंत्र (डब्ल्यूआईपी) तारापुर तथा ट्राम्बे में काम कर रहे हैं। अपशिष्ट पदार्थों को सिमेंट-मैट्रिक्सों में अचलीकृत करने के लिए एक सुविधा कलपाक्कम में कमीशन की गई है। बीएआरसी उच्च स्तर के अपशिष्टों के अचलीकरण के लिए जूल मेल्टर प्रौद्योगिकी पर आधारित एक प्रगत कांचीकृत प्रणाली का निर्माण तारापुर में कर रहा है।

कांचीकृत अपशिष्ट पदार्थों का निपटान गहरी भूगर्भीय शैल समूहों में करने से पहले लगभग 30 वर्षों तक उनका भंडारण एक विशेष तौर पर डिजाइन की गई ठोस पदार्थ भंडारण संनिरीक्षण सुविधा में किया जाता है। ऐसी पहली सुविधा तारापुर में सन् 1999 से काम कर रही है। अचलीकृत उच्च स्तर के विकिरणसक्रिय अपशिष्ट पदार्थों का अंतिम रूप से निपटान करने के लिए उपयुक्त गहरी भूगर्भीय शैल समूहों में एक आधान स्थापित करने का कार्यक्रम बनाया जा रहा है।

परमाणु विद्युत के लिए अनुसंधान तथा विकास सहायता

परमाणु विद्युत तथा नाभिकीय ईंधन चक्र से संबंधित कार्यक्रम, इस विभाग के बहुविषयक अनुसंधान तथा विकास-कार्यों संबंधी आधारभूत ढाँचे के आधार पर तैयार किए गए हैं। दबित भारी पानी रिएक्टर कार्यक्रम से संबंधित अनुसंधान और विकास कार्यों के अंतर्गत वस्तुतः विद्युत संयंत्रों के अभिकल्पन, विनिर्माण, निर्माण, कमीशनन, प्रचालन और अनुरक्षण के सभी पहलू आते हैं। उपस्करों और संघटकों के स्वदेशीकरण पर जोर देने के परिणामस्वरूप, विद्युत रिएक्टरों के परिचालन तथा रख-रखाव संबंधी प्रौद्योगिकियों का विकास हुआ है। अनुसंधान तथा विकास-कार्य के परिणामस्वरूप विकसित प्रौद्योगिकियों में, स्वचालन, मानीटरन, निरीक्षण तथा मरम्मत संबंधी प्रणालियाँ, उपस्कर तथा गैजेट्स शामिल हैं। रिएक्टरों के उन्नयन/अनुरक्षण के लिए स्व-स्थाने प्रीशिजन मशीनिंग और कटिंग कार्यों को पूरा करने के लिए विशेष प्रयोजन मशीनों को अभिकल्पित, विकसित और सफलतापूर्वक उपयोग में लाया गया है। रिएक्टरों तथा भारी पानी संयंत्रों के लिए कई आधुनिकतम यंत्रीकरण तथा नियंत्रण प्रणालियाँ, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र तथा इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र में विकसित की गई हैं।

किए गए अनुसंधान तथा विकास-कार्य का संयंत्र के जीवन-काल प्रबन्धन में काफी योगदान रहा है। अनुसंधान तथा विकास संबंधी तैयार मजबूत आधार के परिणामस्वरूप कई उल्लेखनीय सफलताएं हासिल हुई हैं,



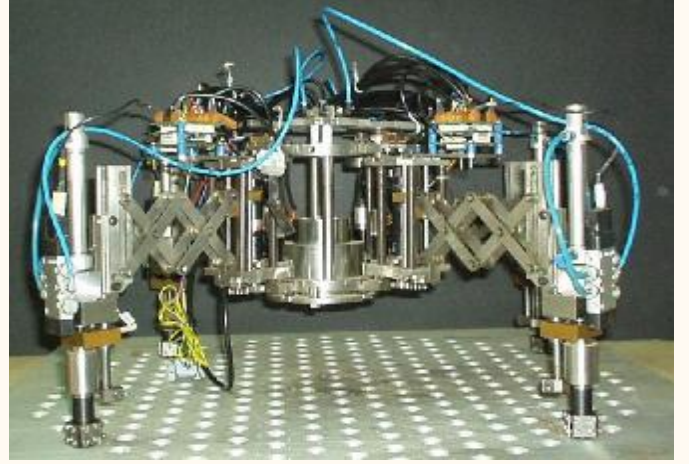
स्वचालित बीएआरसी - चैनल परीक्षण प्रणाली (बारसिस) जिसे दाभापारि के कूलैट - चैनलों के सेवारत निरीक्षण के लिए विकसित किया गया



दाभापारि के शीतक चैनलों के दूर-निरीक्षण के लिए लघु-जलमग्न-विकिरण अवरोधी बंद परिचय सर्किट टेलीविजन कैमरा जिसे भापअ केंद्र में विकसित किया गया है



भापअ केंद्र में विकसित मैनीपुलेटर सहित सुदूर चालित हाइड्रोलिक ट्राली



महत्वपूर्ण नाभिकीय घटकों के निरीक्षण के लिए मॉक अप ट्यूब शीट पर अपने नियंत्रकों सहित कार्यरत उच्च तकनीकी पर आधारित चार पाव वाला वॉकिंग -

विशेषतः राजस्थान परमाणु बिजलीघर-1 की अत्यधिक दाब मोचन युक्ति की मरम्मत, राजस्थान परमाणु बिजलीघर-2 के शीतलक चैनलों को सामूहिक रूप से पूर्णतः हटाकर बदलने का कार्य; कैलेंड्रिया इनलैट मेनीफोल्ड का प्रबन्धन, एंड-शील्ड की मरम्मत, वाष्प-जनित्र के हेयर पिन को हटाना, शीतलक चैनलों के सेवाकालीन निरीक्षण के लिए **बारसिस** प्रणाली का विकास, और शीतलक चैनलों में गार्टर स्प्रिंगों के पुनर्स्थापन के लिए प्रणाली विकसित करना. कई नई प्रौद्योगिकियाँ, जैसेकि सर्वो मैनीपुलेटर, चित्र संसाधन पर आधारित एलाइनमेंट प्रणाली तथा अन्य प्रणालियों का विकास किया गया है. ककरापार परमाणु बिजलीघर-2 के बाद से, शीतलक चैनलों के लंबे कार्यकाल हेतु शीतलक चैनल के लिए बेहतर पदार्थ तथा संशोधित चैनल डिजायन को अपनाया गया है.

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र तथा इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र दोनों में अनुसंधान तथा विकास संबंधी कार्यक्रम के अन्तर्गत जिन क्षेत्रों में मुख्य जोर दिया जाता है उनमें से एक है रोबोटिकी. भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र और एचएमटी, बंगलौर के बीच सहयोग से तैयार किए गए बाइलेट्रल मास्टर स्लेव मैनीपुलेटरों का क्षेत्र परीक्षण किया गया है. ट्राम्बे में, विकिरणसक्रिय रासायनिक प्रयोगशालाओं में लगाने के लिए एक पाँच डिग्री की फ्रीडम वाले रोबोट, एक छः डिग्री की फ्रीडम वाले रोबोट और एक मोबाइल रोबोट विकसित किए गए हैं. इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र में, अविनाशक मूल्यांकन के स्वचालन के लिए, विभिन्न युक्तियाँ विकसित की गई हैं. इनमें, एक मोबाइल स्कैनर (मोबस्कैन), एक रिमोट ऑपरेटेड पावर मैनीपुलेटर (रौपमैन) और बोटलों के ढक्कन लगाने और उन्हें हटाने के लिए एक रोबोट शामिल हैं.

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र द्वारा विकसित विभिन्न औजारों और

उपस्करों ने शीतलक चैनलों की सुरक्षित परिचालन आयु को सात प्रभावी पूर्ण विद्युत वर्षों से बढ़ाकर 9 से भी अधिक विद्युत वर्ष करने में सहायता की है।

नाभिकीय ईंधन अध्ययनों के लिए ध्रुव रिपेक्टर में स्थापित किया गया 2 मेगावाट का इन-पाइल लूप एक बड़ी कामयाबी है। परमाणु विद्युत संयंत्रों में आपातस्थितियों से निपटने के लिए विकसित की गई सुदूर चालित हाइड्रॉलिक ट्रॉली और मैनीपुलेटर (ROHYTAM) ने सफलतापूर्वक अपना परीक्षण परिचालन पूरा कर लिया है। परमाणु कार्यक्रम की बड़ी गुणवत्ता आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र और इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने कई अविनाशक परीक्षण तकनीकों और उपस्कर विकसित किए हैं।

परमाणु ऊर्जा विभाग गुणवत्ता आश्वासन से सम्बद्ध प्रौद्योगिकी को बढ़ावा देता रहा है। पिछले कुछ वर्षों में इस पद्धति से भारतीय उद्योग के गुणवत्ता स्तरों को बढ़ाने से राष्ट्र को काफी लाभ हुआ है।

इलैक्ट्रानिकी तथा यंत्रीकरण

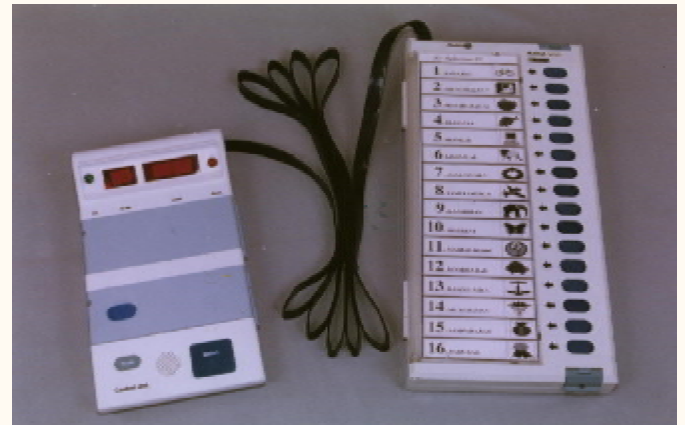
नाभिकीय प्रौद्योगिकी की उच्च-तकनीकी यंत्रीकरण संबंधी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए, इलैक्ट्रानिकी तथा यंत्रीकरण के क्षेत्र में पहले टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान और बाद में भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में एक सुदृढ़ अनुसंधान तथा विकास आधार तैयार किया गया। इलैक्ट्रानिकी के क्षेत्र में ट्राम्बे में विकसित तकनीकी जानकारी और उत्पादों के परिणामस्वरूप सन् 1967 में हैदराबाद में इलैक्ट्रानिक्स कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड की स्थापना हुई थी। इस कंपनी ने भारत में इलैक्ट्रॉनिकी और कम्प्यूटर क्रांति की अगुआई की थी। सातवें तथा आठवें दशक के दौरान, इलैक्ट्रानिक्स कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड ने श्याम-श्वेत तथा रंगीन टेलीविजन सैट और ग्रामीण पुनर्प्रसारण प्रणालियाँ तैयार करके देश में टेलीविजन क्रांति की अगुआई की थी।

इलैक्ट्रानिक्स कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड, सूचना प्रौद्योगिकी, सामरिक इलैक्ट्रानिकी, संचार, नियंत्रण तथा स्वचालन, यंत्रीकरण तथा संघटकों के क्षेत्रों में मुख्य प्रौद्योगिकी निवेश, प्रणाली एकीकरण और प्रणाली संबंधी समाधान उपलब्ध कराने वाले अब एक बहु-उत्पाद और बहु-विषयक संगठन के रूप में विकसित हो गया है।

इलैक्ट्रानिक्स कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड ने अपनी सॉफ्टवेयर विशेषज्ञता के जरिए बैंकिंग क्षेत्र में स्वचालन, पुलिस के लिए नियंत्रण कक्ष और डायल - 100 स्वचालन, रक्षा तथा दूरसंचार क्षेत्रों के लिए मैसेज स्विचिंग प्रणालियों, पत्तनों, नगर निगमों और मार्किट यार्डों के लिए प्रबंधन सूचना प्रणालियों, तथा अन्य क्षेत्रों में योगदान दिया है। इस कम्पनी ने देश-भर में टेलीफोन एक्सचेंजों के लिए एसपीसी टेलेक्स नेटवर्क, मैसेज स्विचिंग नेटवर्क और अनुरक्षण प्रणालियाँ उपलब्ध कराई हैं, और कमांड,



एक चौथाई अनुपात में रिपेक्टर असेंबली माडल के लिए डाटा प्राप्ति प्रणाली



इलैक्ट्रानिक्स कारपोरेशन ऑफ इंडिया द्वारा विकसित इलैक्ट्रानिक वोटिंग

नियंत्रण, संचार, कम्प्यूटर तथा सूचना / असूचना प्रणालियों के क्षेत्रों में प्रौद्योगिकी संबंधी समाधान उपलब्ध कराने में योगदान दिया है। नाभिकीय तथा ताप विद्युत संयंत्रों, स्टील संयंत्रों और प्रक्रिया उद्योगों में, इन-हाउस अनुसंधान तथा विकास कार्य द्वारा तैयार की गई ईसिल नियंत्रण प्रणालियाँ स्थापित हैं।

परमाणु ऊर्जा विभाग के अनुसंधान केन्द्र, परमाणु विद्युत कार्यक्रम और विभिन्न अन्य अनुप्रयोगों के लिए परिष्कृत इलैक्ट्रॉनिक प्रणालियाँ, उपकरण तथा संघटक तैयार करने के काम में लगे हुए हैं।

परमाणु विद्युत कार्यक्रम : चरण - II

फास्ट रिएक्टर कार्यक्रम

परमाणु विद्युत उत्पादन के दूसरे चरण के अन्तर्गत, फास्ट ब्रीडर रिएक्टरों (एफबीआर) की स्थापना करने की परिकल्पना की गई है जिनकी सहायता के लिए पुनर्संसाधन संयंत्र और प्लूटोनियम-आधारित ईंधन संविरचन संयंत्र हैं। ये फास्ट ब्रीडर प्रणालियाँ जितने ईंधन की खपत करती हैं उससे ज्यादा ईंधन का उत्पादन करते हैं। फास्ट ब्रीडर रिएक्टर, ईंधन के उपयोग किए जाने को दाबित भारी पानी रिएक्टरों की तुलना में लगभग 60 गुणा अधिक तक बढ़ा सकते हैं। इस प्रकार, फास्ट ब्रीडर रिएक्टर बिजली का उत्पादन करते हैं और ईंधन का भंडार बढ़ाते हैं। वे हमारी आवश्यकताओं के अनुरूप हैं क्योंकि, परमाणु ऊर्जा विभाग के कार्यक्रम के तीसरे चरण में, विखण्डनीय सामग्री के भंडार को बढ़ाने के लिए थोरियम की सहायता से बड़ी मात्रा में विद्युत उत्पादन की जरूरत थी।

परमाणु ऊर्जा विभाग के इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र (आईजीसीएआर) ने अक्टूबर, 1985 में कलपाक्कम में फास्ट ब्रीडर टैस्ट रिएक्टर (एफबीटीआर) की स्थापना करके ब्रीडर कार्यक्रम की शुरुआत की थी। स्वदेशी तौर पर विकसित मिश्रित यूरेनियम-प्लूटोनियम कार्बाइड ईंधन की सहायता से चलने वाले इस रिएक्टर ने प्रौद्योगिकी संबंधी अपने सभी उद्देश्य हासिल कर लिए हैं।

38 प्लूटोनियम-यूरेनियम कार्बाइड ईंधन उप-समुच्चयों वाला दसवाँ किरणन अभियान दिसम्बर, 2003 में पूरा किया गया था। इस रिएक्टर ने 17.4 मेगावाट के विद्युत-स्तर पर काम किया और टर्बोजनित्रो को ग्रिड से जोड़ा गया, जिससे 1.8 मिलियन यूनिट बिजली प्राप्त हुई। ईंधन का बर्न-अप प्रतिदिन 1, 23,000 मेगावाट मीटरी टन तक पहुँच गया है, जो कि मूलतः डिजाइन किए गए लक्ष्य मान से चार गुणा से भी अधिक है।

इस रिएक्टर से प्राप्त अनुभव के आधार पर और अकादमियों व उद्योगों के सक्रिय सहयोग से इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र ने 500 मेगावाट क्षमता के प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर (पीएफबीआर) का ब्यौरेवार डिजाइन तैयार करने और प्रौद्योगिकी विकसित करने का काम पूरा कर लिया है। मंत्रिमंडल की आर्थिक मामलों संबंधी समिति, भारत सरकार ने प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के निर्माण के लिए विभिन्न संवैधानिक अनुमतियों के बाद सितंबर, 2003 में अपना प्रशासनिक अनुमोदन और वित्तीय मंजूरी दे दी थी। **भारतीय नाभिकीय विद्युत निगम लिमिटेड (भाविनी)** नामक एक नई कंपनी का गठन निर्माण संबंधी कार्यों को हाथ में लेने के लिए अक्टूबर, 2003 में किया गया।

इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र के अनुसंधान और विकास कार्यक्रम के अन्तर्गत, प्रथमतः प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के डिजाइन के वैधीकरण पर और बाद में, लागत घटाने के लिए, भावी फास्ट ब्रीडर

रिएक्टरों के लिए डिजाइन के इष्टतमीकरण पर जोर दिया जा रहा है।

फास्ट रिएक्टर में उपयोग में किए जाने वाले ईंधन का संविरचन

मार्क-I मिश्रित कार्बाइड ईंधन क्रोड, जिसमें प्लूटोनियम का अंश काफी मात्रा में है, का विकास विश्व में पहली बार किया गया है।

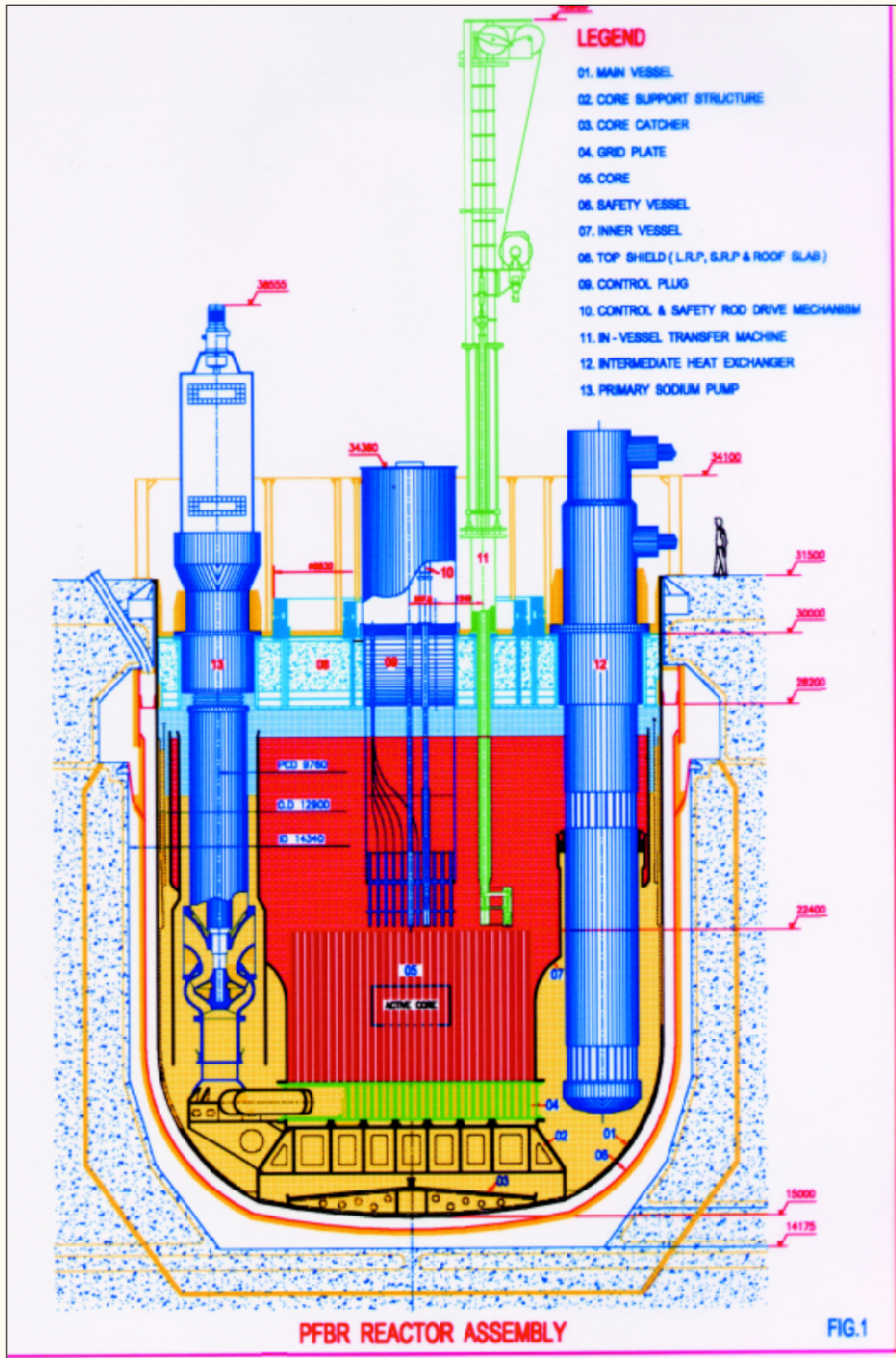
मार्क-II क्रोड का संविरचन ट्राम्बे में किया जा रहा है। फास्ट ब्रीडर टैस्ट रिएक्टर में किरणन के लिए परीक्षात्मक प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर उप-समुच्चय तैयार करने के लिए प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर वाले कई मिश्रित ऑक्साइड ईंधन तत्वों का संविरचन भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में किया गया है। पी एफ बी आर परीक्षण उप-समुच्चय को एफ बीटी आर में जुलाई 2003 में लोड किया गया था और यह 25,700 मेगावाट प्रतिदिन मीटरी टन के बर्न अप स्तर पर पहुँच गया है।

फास्ट रिएक्टर ईंधन का पुनर्संसाधन

फास्ट ब्रीडर टैस्ट रिएक्टर ईंधन के पुनर्संसाधन के लिए, लैड मिनी सेल को कलपाक्कम में कमीशन कर दिया गया है। इसका लक्ष्य फास्ट रिएक्टर पुनर्संसाधन प्रक्रिया प्रक्रम-चित्र तैयार करना है। फास्ट ब्रीडरों से निकले ईंधन को पुनर्संसाधित करने के लिए, इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र, फास्ट रिएक्टर ईंधन पुनर्संसाधन संयंत्र (एफआरएफआरपी) की स्थापना कर रहा है। यूरेनियम और प्लूटोनियम की बरामदी के लिए और भुक्तशेष ईंधन से विकिरणसक्रिय विखण्डनीय उत्पादों को अलग करने के लिए इस केन्द्र में एक व्यापक पद्धति भी तैयार की गई है।



कलपाक्कम तमिलनाडू स्थित लैडमिनी सेल ईंधन पुनर्संसाधन संयंत्र



प्रोटोटाईप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर का रेखाचित्र जिसे इंगापअ केंद्र द्वारा विकसित किया गया

भारत के प्रधान मंत्री डा. मनमोहन सिंह अक्टूबर 23, 2004 की इंगांपअ केंद्र, कलपक्कम में विभाग के स्वर्ण-जयंती समारोह के अवसर भाषण देते हुए. प्रधान मंत्री ने 500 मैगावाट (विद्युत) क्षमता के रिएक्टर के निर्माण को हरी झंडी दिखाई.



फास्ट ब्रीडर रिएक्टर परियोजना का शिला-अनावरण करते हुए



रिएक्टर कंट्रोल भवन व वाष्प जनित्र भवन की रिबार-लेइंग



विकसित प्रौद्योगिकी दर्शाने वाली प्रदर्शनी में



प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर स्थल पर लगाने के लिए सेपलिंग



भाप जनित्र निरीक्षण सुविधा



पूल-हाइड्रोलिक्स-प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर
रिएक्टर 1/4 माडल



आइसोटोप पृथक्करण संयंत्र



कोर सब-असेंबली पर चल रहा
सीसमीक परीक्षण

प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के लिए इंजिनियरिंग विकास



रिएक्टर असेंबली माडल के लिए
सीसमी परीक्षण किए जा रहे हैं



बड़े घटकों के लिए टैस्ट सुविधा



सोडियम पम्प का विकास



नियंत्रक व सुरक्षा छड़ चालक की प्रक्रिया
का परीक्षण



प्रोटोटाइप फास्ट ब्रीडर रिएक्टर के स्थल पर खुदाई को मिट्टी द्वारा भरा जा रहा है

फास्ट रिएक्टर प्रौद्योगिकी का विकास

प्रौद्योगिकी विकास कार्यक्रम के अन्तर्गत, इंदिरा गांधी परमाणु अनुसंधान केन्द्र में अभियांत्रिकी से संबंधित अनुसंधान तथा विकास कार्य किए जा रहे हैं, जैसेकि, तापीय जलगतिकी और संरचनात्मक यांत्रिकी अध्ययन, नियंत्रण तथा सुरक्षा छड़ प्रणोद यंत्रावली (सीएसआरडीएम) जैसे संघटकों, तथा सोडियम जल अभिक्रिया परीक्षण सुविधा, और वाष्प जनित्र परीक्षण सुविधा, जैसी विभिन्न परीक्षण सुविधाओं का विकास. बोरॉन संयंत्र का परिचालन कलपाक्कम में किया जा रहा है और उसमें 78% बोरॉन-10 समृद्धता हासिल की गई.



बोरॉन के निष्कर्षण के लिए इलेक्ट्रोलेटिक सेट अप

परमाणु विद्युत कार्यक्रम : चरण - III

थोरियम आधारित रिएक्टर

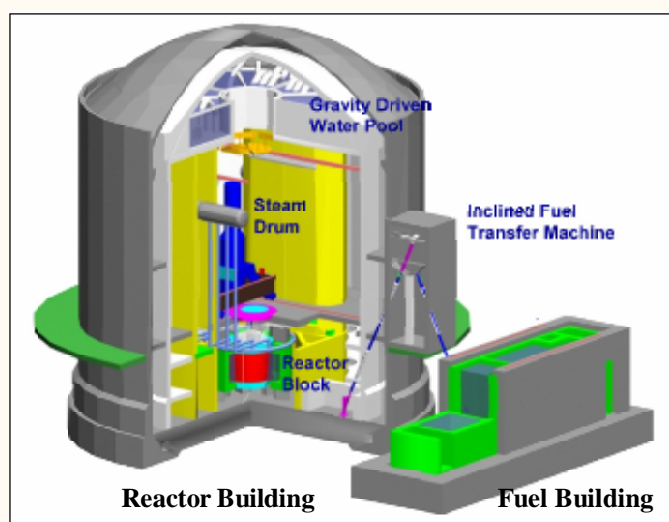
सतत् आधार पर ऊर्जा संबंधी सुरक्षा उपलब्ध कराने के लिए, थोरियम का उपयोग करना भारतीय परमाणु विद्युत कार्यक्रम का दीर्घावधि मुख्य उद्देश्य है। इस तरह परमाणु विद्युत कार्यक्रम का तीसरा चरण थोरियम-यूरेनियम-233 चक्र पर आधारित है।

अनुसंधान रिएक्टरों में और दाबित भारी पानी रिएक्टरों में थोरियम का उपयोग सीमित रूप से शुरू करके एक छोटी सी शुरुआत पहले ही की जा चुकी है।

कलपाकम स्थित अनुसंधान रिएक्टर कामिनी जोकि विभिन्न सामग्रियों की न्यूट्रॉन रेडियोग्राफी के लिए 30 किलोवाट के नाभिक विद्युत स्तर पर काम कर रहा है, यूरेनियम-233 जिसे थोरियम से प्राप्त किया जाता है, को ईंधन के रूप में इस्तेमाल करता है। इस ईंधन का उत्पादन, पुनर्संसाधन और संविरचन स्वदेशी तौर पर किया जाता है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, 300 मेगावाट क्षमता वाला एक प्रगत भारी पानी रिएक्टर (एचडब्ल्यूआर) विकसित कर रहा है। इस अनुसंधान और विकास कार्य के प्रयास का लक्ष्य थोरियम के उपयोग के लिए विशेषज्ञता विकसित करना और प्रगत सुरक्षा संबंधी संकल्पनाओं को प्रदर्शित करना है।

इस रिएक्टर के डिजाइन में सुरक्षा संबंधी कई प्रगत विशेषताएं समाविष्ट की गई हैं। प्रगत भारी पानी रिएक्टर (एचडब्ल्यूआर) से संबंधित अभियांत्रिकी विकास की गतिविधियाँ ट्राम्बे में चल रही हैं। एचडब्ल्यूआर के लिए अभ्यर्थी ईंधन मिश्रित थोरिया-यूरेनिया और थोरिया-प्लुटोनिया

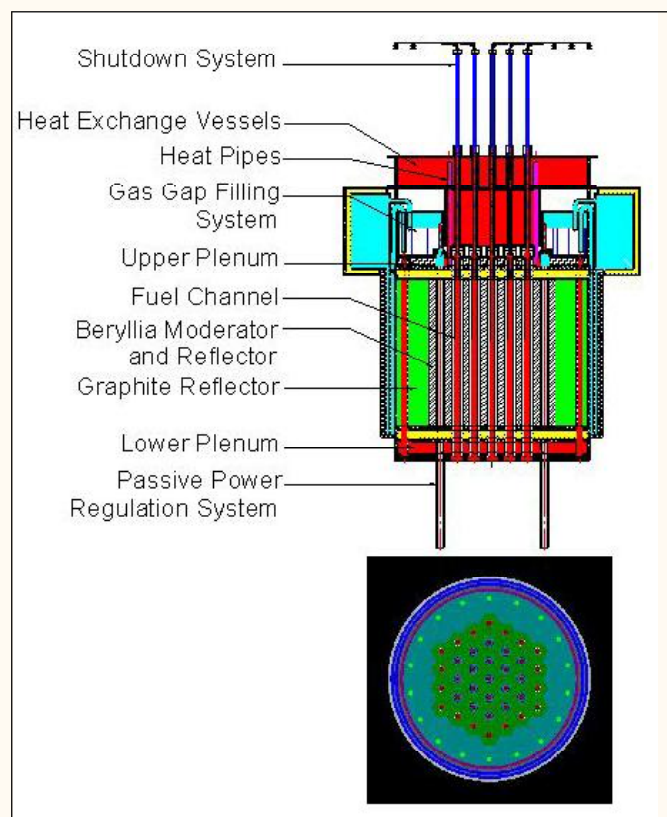


प्रगत भारी पानी रिएक्टर का रेखाचित्र

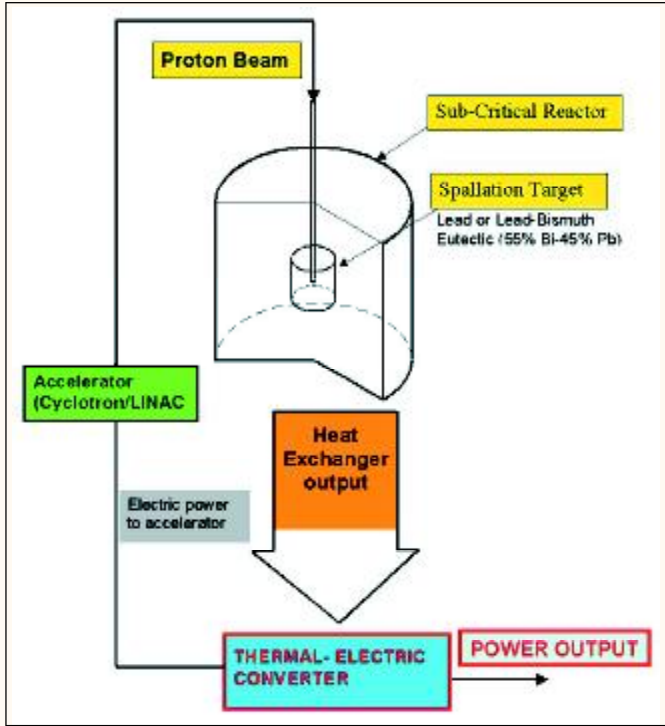
है। ईंधन पैलेटों का संविरचन पारम्परिक पाऊडर धातु-कर्म मार्ग के द्वारा सफलतापूर्वक किया गया है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में विकसित किया जा रहा 100 किलोवाट तापीय विद्युत दर वाला एक संहत उच्च तापमान रिएक्टर (सीएचटीआर), सुदूर स्थानों पर विद्युत उत्पादन, हाइड्रोजन जैसे वैकल्पित परिवहन ईंधन के उत्पादन, और जीवाश्मी तरल ईंधन प्राप्त करने के लिए निम्न-ग्रेड के कोयले तथा तेल के निक्षेपों के परिष्करण जैसे विशेष अनुप्रयोग के क्षेत्रों के समाधान के लिए कार्य करेगा।

थोरियम से विखण्डनीय यूरेनियम-233 तैयार करने के लिए, नाभिकीय रिएक्टर के लिए त्वरक चालित उप-क्रांतिक प्रणालियों (एडीएस) का विकास भारतीय परमाणु कार्यक्रम में शामिल किया गया नवीनतम कार्य है। इस प्रयास के अन्तर्गत थोरियम-यूरेनियम-233 प्रणालियों सहित ईंधन के भंडार के अपेक्षाकृत कम द्विगुणन काल, दीर्घजीवी एक्टीनाइडों और विखण्डनीय उत्पादों के भस्मीकरण का आश्वासन दिया गया है जिससे, दीर्घकालीन उच्च-स्तरीय विकिरणसक्रिय अपशिष्ट-पदार्थों



संहत उच्च तापक्रम रिएक्टर का रेखाचित्र



परमाणु ऊर्जा उत्पादन के लिए एक्सीलेरेटर चालित सब-क्रिटिकल रिएक्टर प्रणाली का रेखाचित्र

के भंडारण के लिए भूवैज्ञानिक आधारों की तकनीकी जटिलताओं को कम करने में सहायता मिलेगी। इस जटिल रिएक्टर प्रणाली के विस्तृत विश्लेषण के क्षेत्र में उल्लेखनीय प्रगति की गई है।

त्वरक चालित प्रणालियाँ थोरियम का बड़े पैमाने पर उपयोग करने के लिए एक सुदृढ़ प्रौद्योगिकी आधार उपलब्ध करा सकती हैं। परमाणु ऊर्जा विभाग ने, त्वरक चालित प्रणालियों को क्रियान्वित करने की दिशा में उठाए पहले कदम के रूप में, प्रोटॉन अन्तः क्षेपक का विकास प्रारंभ किया है। उप-क्रांतिक समुच्चयों के संबंध में परीक्षणात्मक अध्ययन करने के लिए, 14 मेगा वोल्ट क्षमता वाले न्यूट्रॉन जनित्र को भी उच्चतर करेंट आयन स्रोत के साथ अपग्रेड किया गया है।

थोरियम ईंधन चक्र संबंधी गतिविधियों में, यूरेनियम-233 का पृथक्करण एक अनिवार्य संपर्क है। किरणित थोरियम ईंधन से यूरेनियम-233 का पृथक्करण संयंत्र-स्तर पर करने के लिए, एक यूरेनियम-थोरियम पृथक्करण सुविधा ट्राम्बे में काम कर रही है।

सुरक्षा तथा पर्यावरण

पूरे नाभिकीय ईंधन चक्र के दौरान अयस्कों के पूर्वक्षेपण तथा खनन से लेकर अपशिष्ट-पदार्थों के प्रबन्धन तक सुरक्षा संबंधी कार्यों के अन्तर्गत सुरक्षा के सभी पहलू अर्थात्, विकिरणात्मक सुरक्षा, औद्योगिक सुरक्षा, व्यावसायिक स्वास्थ्य, अग्नि से सुरक्षा और पर्यावरणीय सुरक्षा आते हैं।

सभी नाभिकीय संस्थापनाओं में, कार्यरत कर्मिकों, जनसामान्य तथा पर्यावरण के बचाव के बारे में ध्यान रखा जाता है। परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड (एईआरबी) नामक एक स्वतंत्र निकाय, सुरक्षा को मानीटर करता है। परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड द्वारा निर्धारित किए गए सुरक्षा संबंधी मानदण्ड, अन्तर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा अभिकरण (आईएईए) और अन्तर्राष्ट्रीय विकिरणात्मक सुरक्षा बचाव आयोग (आईसीआरपी) जैसे अन्तर्राष्ट्रीय निकायों द्वारा अनुशंसित मानदण्डों के बराबर हैं।

न्यूक्लियर पावर कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड, **विश्व नाभिकीय परिचालक संगठन (वानो)** का सदस्य है। इस संगठन ने ककरापार तथा नरोरा स्थित परमाणु बिजलीघरों की पीयर समीक्षा की है। इसके अतिरिक्त, भारतीय विशेषज्ञों ने संयुक्त राज्य अमरीका, जापान तथा दक्षिण कोरिया सहित बहुत से देशों में पीयर समीक्षाओं में भी भाग लिया है।

अंतर्राष्ट्रीय सुरक्षा परामर्श दल (आईएनएसएजी), नाभिकीय सुरक्षा परामर्श दल (एनयूएसएजी) तथा अंतर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा अभिकरण की कई समितियों, जो सुरक्षा कोड और मानकों को तैयार करती हैं, में भारतीय वैज्ञानिक सदस्य हैं।

सुरक्षा सर्वेक्षण निरीक्षण नियमित रूप से किए जाते हैं और संभावित आपातकालीन स्थितियों से निपटने के लिए आपातकालीन तैयारी तथा रेस्पॉस योजनाएं परमाणु ऊर्जा विभाग की सुविधाओं में सक्रिय हैं।

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र और उसके द्वारा मानित प्रयोगशालाओं द्वारा लगभग 3000 औद्योगिक, चिकित्सीय, अनुसंधान संगठन तथा परमाणु ऊर्जा विभाग की इकाइयों के कर्मिकों का देशव्यापी मॉनीटरन किया जाता है जिससे विकिरण की स्थिति में काम करने वाले 30,000 से अधिक कर्मिक प्रतिवर्ष लाभान्वित होते हैं।

विकिरण मॉनीटरन तथा पर्यावरण सर्वेक्षण, परमाणु ऊर्जा विभाग के पर्यावरण संरक्षण कार्यक्रम के नियमित कार्यकलाप हैं।

विभिन्न स्थलों पर, भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र की पर्यावरण सर्वेक्षण प्रयोगशालाएं पर्यावरण का लगातार मॉनीटरन करती हैं, और स्थल संबंधी मौसमी आंकड़ों को इकट्ठा करती हैं। कैगा, कलपाक्कम, तारापुर और ट्राम्बे में मौसम के मॉनीटरन के लिए परिष्कृत सोडार प्रणालियाँ कार्यरत हैं। पर्यावरणीय विकिरण मॉनीटरन स्टेशनों का एक देशव्यापी नेटवर्क, इरमान, विकिरण के होने वाले उत्सर्जनों का पता लगाता है। ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम के साथ अन्तः सम्बद्ध, एक कम्पैक्ट एरियल रेडिएशन मॉनीटरन सिस्टम (सी ए आर एम एस) भी कर्मी दल रहित वायव वाहन की सहायता से बड़े क्षेत्र के संदूषण का आकलन करने के लिए ट्राम्बे में काम कर रहा है।



भारतीय पर्यावरण विकिरण मानीटरन नेटवर्क (इनमॉन)

परमाणु ऊर्जा विभाग न केवल पर्यावरण को बचाने के लिए अपितु, उसको और भी समृद्ध करने के लिए भी प्रतिबद्ध है। इस समय कार्यरत सभी परमाणु बिजलीघरों और भारी पानी संयंत्रों के पास ISO पर्यावरण प्रमाणपत्र है।

परमाणु विद्युत संयंत्रों के आस-पास रहने वाली जनता को शिक्षित करने के लिए, परमाणु ऊर्जा विभाग के संगठन नियमित रूप से जनजागरूकता कार्यक्रमों का आयोजन करते हैं।

पर्यावरण के अनुकूल प्रौद्योगिकी

भारत में व्यापक तापीय पारिस्थितिकी अध्ययन करने के क्षेत्र में परमाणु ऊर्जा विभाग अग्रणी है। भारी पानी बोर्ड द्वारा विकसित की गई फ्यूल गैस अनुकूलन प्रौद्योगिकी अब थर्मल बायलरों से उत्सर्जित होने वाली फ्लाई गैस को कम करने में सहायता कर रही है।



ट्रांबे में कार्यरत निसर्ग-ऋण संयंत्र

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र में विकसित की गई निसर्ग-ऋण प्रौद्योगिकी जैविक ठोस अपशिष्ट को उपयोगी खाद और मिथेन में परिवर्तित करने में मदद करता है। ऐसे ही कई संयंत्र विभिन्न जगहों पर स्थापित किए गए हैं।

वडोदरा स्थित सीवेज स्लज हाइजीनाइजेशन संयंत्र (श्री) अब किसानों के उपयोग के लिए हाइजीनाइज्ड स्लज उपलब्ध कराता है।



वडोदरा, गुजरात में स्थापित स्लज हाइजीनाइजेशन अनुसंधान विकिरण (श्री) सुविधा



प्लाज्मा अनुसंधान संस्थान, अहमदाबाद में विकसित वाणिज्यिक स्तर पर बनी प्लाज्मा पायरोलिसिस प्रणाली