

# INDIE - ATOMOWY MONSUN

## *India - the nuclear monsoon*

Piotr Leśny

**Streszczenie:** Indie, a właściwie Republika Indii jest w tej chwili jednym z najszybciej rozwijających pokojowy program energetyki jądrowej krajów na świecie. W tej chwili indyjskie inwestycje w tej dziedzinie są porównywalne do tych w Chinach, choć najprawdopodobniej jeszcze ich nie przewyższyły. Jest to ciekawy program jądrowy, z interesującą strategią wyboru technologii jądrowych. W artykule przedstawiono w sposób przekrojowy indyjski program jądrowy, jak i zainteresowane nim strony. Rozwój indyjskiej technologii jądrowej to także gwałtowny rozwój indyjskiej gospodarki – informacje zawarte w artykule mogą być więc interesujące również dla osób, które nie zajmują się zawodowo energetyką jądrową.

**Abstract:** India, or rather the Republic of India, is currently one of the fastest developing countries in the world to develop a peaceful nuclear energy program. At the moment, Indian investments in this area are comparable to those in China, although most likely they have not yet exceeded them. It is an interesting nuclear program with an interesting strategy for selecting nuclear technologies. This article presents a cross-sectional overview of India's nuclear program and its stakeholders. The development of Indian nuclear technology is also a rapid development of the Indian economy – the information contained in the article may therefore also be interesting for people who are not professionally involved in nuclear energy.

**Słowa kluczowe:** Republika Indii, indyjski program jądrowy, NPCIL Nuclear Power Corporation of India Limited, AERB Atomic Energy Regulatory Board, BHAVINI (Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited)

**Keywords:** Republic of India, the Indian nuclear program, NPCIL Nuclear Power Corporation of India Limited, AERB Atomic Energy Regulatory Board, BHAVINI (Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited)

Jak podaje Encyklopedia PWN: „monsun [arab.] — wiatr sezonowy, wiejący w ciepłej porze roku nad morza na ląd, a w porze chłodnej — w kierunku przeciwnym; wraz ze zmianą kierunku następuje nagła zmiana pogody; m. zimowemu (lądowemu) towarzyszy przeważnie pogoda sucha, o małym zachmurzeniu, z rzadka występującymi opadami; m. letniemu (mor.) — deszczowa (ulewne zwykle opady powodują niekiedy katastrofalne skutki); m. są wywołane sezonowymi

zmianami ciśnienia atmosferycznego nad kontynentem i oceanem (w ciepłej porze roku nad lądem panuje niskie ciśnienie, a nad oceanem wysokie, w chłodnej porze roku — przeciwnie); najsilniej wykształcony system cyrkulacji monsunowej występuje w południowej i południowo-wschodniej Azji; do m. bywają także zaliczane podobne wiatry południowo-wschodniej Afryki Równikowej, północnej Australii oraz słabsze i mniej regularne wiatry południowego wybrzeża Alaski,



Fot. 1. Monsun. Fotografia autora

Photo 1. Monsoon. Author's photo

oraz północnej Kanady, północno-wschodniej Europy i północnej Syberii". Na ogół jest to bardzo dynamiczne zjawisko pogodowe o gwałtownej sile. Tu zdjęcie monsunu (nie należy lekceważyć tego zjawiska-w dwie minuty po zauważeniu pierwszej chmury, co wykazało praktyczne doświadczenie autora, jest się mokrym do ostatniej nitki).

Nic dziwnego, że gwałtowny rozwój krajów basenu Oceanu Indyjskiego niektórzy eksperci porównują do tego zjawiska. Przykładowo Robert Kaplan w książce „Monsun. Ocean Indyjski i przyszłość amerykańskiej dominacji” wieszczy przesunięcie centrum rozwoju świata w kierunku Oceanu Indyjskiego. W tym opracowaniu opisana będzie pewna część tego „monsunu” – Indie i ich przemysł jądrowy. W tym momencie jest to drugi po Chinach najszybciej rozwijający się przemysł jądrowy świata. W przeciwieństwie do chińskiego smoka ekspansja indyjskiego tygrysa jest bardziej dyskretna i znacznie mniej znana (tzn. powstało mniej opraco-

wań). Zważywszy jednak, że według wierzeń Dalekiego Wschodu tylko tygrys może ze wszystkich zwierząt w bezpośredniej walce pokonać ...smoka, warto indyjski program jądrowy przybliżyć.

### Indyjska energetyka jądrowa

Indyjskie elektrownie jądrowe produkują nieco ponad 3% energii elektrycznej w swoim kraju. Liczba ta może nie imponuje na pierwszy rzut oka jednakże: Indie są trzecim konsumentem energii elektrycznej świata po USA i Chinach (co już dużo mówi o indyjskiej potędze przemysłowej), a ponadto w liczbach bezwzględnych... pracują 22 bloki energetyczne, co czyni Indie siódmym, jeżeli chodzi o liczbę reaktorów energetycznych krajem na świecie i siedem w budowie, co czyni drugim krajem pod względem ilości inwestycji.

Większość bloków energetycznych w Indiach stanowią reaktory ciężkowodne typu CANDU.

**Tabela 1.** World Nuclear Association. Bloki jądrowe w eksploatacji w Indiach. (Horizontal Pressure Tube Type – to ciężkowodne reaktory typu CANDU w indyjskiej wersji)

**Table 1.** World Nuclear Association. Nuclear reactors in operation in India (Horizontal Pressure Tube Type - these are CANDU type heavy water reactors in the Indian version)

Nazwa	Model	Typ reaktora	Moc (MWe)
<a href="#">Kaiga 1</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kaiga 2</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kaiga 3</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kaiga 4</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kakrapar 1</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kakrapar 2</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Kudankulam 1</a>	VVER V-412	PWR	932
<a href="#">Kudankulam 2</a>	VVER V-412	PWR	932
<a href="#">Madras 1</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	205
<a href="#">Madras 2</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	205
<a href="#">Narora 1</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Narora 2</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Rajasthan 1</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	90
<a href="#">Rajasthan 2</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	187
<a href="#">Rajasthan 3</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Rajasthan 4</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Rajasthan 5</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Rajasthan 6</a>	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	202
<a href="#">Tarapur 1</a>	BWR-1 (Mark 2)	BWR	150
<a href="#">Tarapur 2</a>	BWR-1 (Mark 2)	BWR	150
<a href="#">Tarapur 3</a>	Horizontal Pressure Tube Type	PHWR	490
<a href="#">Tarapur 4</a>	Horizontal Pressure Tube Type	PHWR	490

**Tabela 2.** World Nuclear Association. Budowane bloki jądrowe w Indiach  
**Table 2.** World Nuclear Association. Constructed nuclear power plants in India

Nazwa reaktora	Model	Typ reaktora	Projektowana moc MWe
Kakrapar 3	PHWR-700	PHWR	700
Kakrapar 4	PHWR-700	PHWR	700
Kudankulam 3	WWER V-491	PWR	1000
Kudankulam 4	WWER V-491	PWR	1000
PFBR	Prototyp	FBR	500
Rajasthan 7	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	700
Rajasthan 8	Horizontal Pressure Tube type	PHWR	700

### Rozmieszczenie energetycznych reaktorów jądrowych



**Fot. 2.** Mapa. World Nuclear Association. Rozmieszczenie energetycznych reaktorów jądrowych w Indiach  
**Photo 2.** Map. World Nuclear Association. Distribution of nuclear power reactors in India

Do potencjału cywilnego programu jądrowego można zaliczyć jeszcze 5 reaktorów badawczych, ponadto planowana jest budowa dalszych dwóch.

Indyjskie plany są jednak znacznie bardziej ambitne. Jak podawał w zeszłym roku Biznesalert, Indie zbudują ponadto 22 reaktory jądrowe tu cytat: „W marcu 2018 r. francuski koncern EDF i Nuclear Power Corporation of India Ltd (NPCIL) zawarły porozumienie w sprawie budowy sześciu reaktorów EPR w elektrowni Jaitapur. Prace przy budowie elektrowni mają rozpocząć

się na początku 2019 r., dysponując docelową mocą 10 GWe, będzie to największy projekt jądrowy realizowany obecnie na świecie. W październiku 2018 r. Rosja i Indie podpisały porozumienie w sprawie zwiększenia współpracy w dziedzinie energii jądrowej, które zakłada między innymi budowę kolejnych sześciu bloków jądrowych WWER-1200 w nowej lokalizacji Kavali w stanie Andhra Pradesh. Równolegle toczą się dyskusje na temat propozycji budowy sześciu reaktorów Westinghouse AP-1000 o mocy 1250 MWe w Kōvvada w stanie

**Tabela 3.** RRDB (Research Reactor Database) IAEA. Reaktory badawcze w Indiach**Table 3.** RRDB (Research Reactor Database) IAEA. Research reactors in India

Nazwa reaktora	Typ	Moc(kW)	Status
High Flux RR	Basenowy	40000.0000	Planowany
Thermal RR	Basenowy	125000.0000	Planowany
Apsara-U	Basenowy	2000.0000	Pracujący
Dhruva	Ciężkowodny	100000.0000	Pracujący
FBTR	Powielający	40000.0000	Pracujący
KAMINI	U-233 jako paliwo	30.0000	Pracujący
Critical Facility for AHWR and PHWR	Zbiornikowy	0.1000	Pracujący

Andhra Pradesh". Plany są czasami rzeczą dość mglistą. Jak wygląda ich realizacja w Indiach, najlepiej podają oficjalne dane indyjskiego dozoru jądrowego. Dane dotyczą tych reaktorów jądrowych i zakładów cyklu paliwowego, wobec których indyjski dozór jądrowy prowadzi już postępowanie administracyjne, czyli trwa właśnie proces wydawania zgody na lokalizację, budo-

wę, rozruch czy eksploatację. Zaznaczmy, nie są wymienione tu jeszcze np. projekty rosyjskie i amerykańskie tylko te projekty inwestycji jądrowych, które są na tyle zaawansowane, że w tej czy innej formie prace już trwają. Ta tabela informuje, że w Indiach właśnie w różnym stopniu zaawansowania prowadzone są 22 inwestycje dotyczące obiektów jądrowych.

**Tabela 4.** Projekty jądrowe w Indiach według indyjskiego dozoru jądrowego. AERB Atomic Energy Regulatory Board**Table 4.** Nuclear projects in India according to the Indian nuclear regulatory body. AERB Atomic Energy Regulatory Board

L.p	Nazwa obiektu jądrowego	Lokalizacja	Moc MWe	Typ	Status
1.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-1)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
2.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-2)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
3.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-3)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
4.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-4)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
5.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-5)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
6.	Jaitapur Nuclear Power Project (JNPP-6)	Jaitapur, Maharashtra	1600	EPR	Lokalizacja
7.	Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojna (GHAVP-1)	Gorakhpur, Haryana	700	PHWR	Lokalizacja
8.	Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojna (GHAVP-2)	Gorakhpur, Haryana	700	PHWR	Lokalizacja
9.	Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojna (GHAVP-3)	Gorakhpur, Haryana	700	PHWR	Lokalizacja
10.	Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojna (GHAVP-4)	Gorakhpur, Haryana	700	PHWR	Lokalizacja
11.	Kakrapar Atomic Power Project (KAPP-3)	Kakrapar, Gujarat	700	PHWR	Budowa
12.	Kakrapar Atomic Power Project (KAPP-4)	Kakrapar, Gujarat	700	PHWR	Budowa
13.	Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-7)	Rawatbhata, Rajasthan	700	PHWR	Budowa
14.	Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-8)	Rawatbhata, Rajasthan	700	PHWR	Budowa
15.	Kudankulam Nuclear Power Project (KKNPP-3)	Kudankulam, Tamil-Nadu	1000	PWR	Budowa
16.	Kudankulam Nuclear Power Project (KKNPP-4)	Kudankulam, Tamil-Nadu	1000	PWR	Budowa
17.	Prototype Fast Breeder Reactor (PFBR)	Kalpakkam, Tamil Nadu	500	FBR (prototyp)	Rozruch
18.	Demonstration Fast Reactor Fuel Reprocessing Plant (DFRP)	Kalpakkam, Tamil Nadu	--	Zakłady cyklu paliwowego	Budowa
19.	Fast Reactor Fuel Cycle Facility (FRFCF)	Kalpakkam, Tamil Nadu	--	Zakłady cyklu paliwowego	Budowa
20.	Kudankulam Nuclear Power Project (KKNPP-5)	Kudankulam, Tamil Nadu	1000	PWR	Lokalizacja
21.	Kudankulam Nuclear Power Project (KKNPP-6)	Kudankulam, Tamil Nadu	1000	PWR	Lokalizacja
22.	Nuclear Fuel Complex - Kota (NFC-Kota)	Rawatbhata, Rajasthan	--	Zakłady cyklu paliwowego	Budowa

Według „The Economic Times. India Times” negocjacje między Westinghouse a indyjskim operatorem NPCIL w sprawie sześciu AP-1000 dotyczą przede wszystkim cen za produkcję energii elektrycznej i rodzaju modelu AP-1000, który ma być oferowany Indiom. Hindusi nie zgadzają się na model, który został zbudowany w Chinach i chcą, aby wybudowano u nich wersje, które zbudowano w Stanach Zjednoczonych. Dyskusje dotyczą również kwestii odszkodowań i ubezpieczeń od dostawców. Co do Rosjan to nuklearne interesy rosyjsko-indyjskie są wyjątkowo szerokie i stanowią oddzielne zagadnienie, które wymagałoby analizy przez ekspertów. Rosjanie budują i planują budowę reaktorów jądrowych w Indiach, dostarczają paliwo do działających elektrowni jądrowych, negocjują budowę dużych komponentów jądrowych w Indiach (co wymaga odpowiednich instalacji przemysłowych) dla krajów trzecich np. rynki afrykańskie, negocjują dostawy mobilnych, kontenerowych informatycznych centrów danych budowanych przez ROSATOM etc. Ponadto ROSATOM zachęca Hindusów do wspólnych przedsięwzięć na rynku SMR — małych reaktorów jądrowych. W tej chwili Indie są dla wszystkich nuklearnych gigantów: Francji, Rosji i Stanów Zjednoczonych wyjątkowo atrakcyjnym, ale i wymagającym rynkiem zbytu.

### Indyjski Dozór Jądrowy

Przedstawienie Indyjskiego Dozoru Jądrowego w przejrzysty sposób jest dość skomplikowanym zagadnieniem. Funkcję dozoru jądrowego pełni bowiem Atomic Energy Regulatory Board (AERB) – czyli Rada ds. Regulacji Energii Jądrowej. Podstawą prawną jej funkcjonowania jest indyjska ustawa o energii atomowej z 1962 r. – indyjski odpowiednik polskiego Prawa atomowego. AERB utworzono w 1983 r. jako agencję do sprawowania funkcji regulacyjnych i bezpieczeństwa określonych w tej ustawie.

Treść aktu utworzenia AERB.

- „SO.4772 – Korzystając z uprawnień przyznanych na mocy sekcji 27 ustawy o energii atomowej z 1962 r. (33 z 1962 r.) oraz wszystkich innych uprawnień umożliwiających mu w tym imieniu, prezydent tworzy Radę ds. Regulacji Energii Atomowej (AERB) do wykonywania funkcji regulacyjnych oraz bezpieczeństwa przewidzianych w sekcji 16, 17 i 23 ustawy; Rada składa się z członków zatrudnionych w pełnym i niepełnym wymiarze godzin. Rada ma pełnoetatowego przewodniczącego i pełnoetatowego członka-sekretarza. Całkowita liczba członków, w tym Przewodniczącego i Sekretarza, nie może przekraczać pięciu. Zarząd odpowiada przed Komisją Energii Atomowej. Rada ds. Regulacji Energii Atomowej jest uprawniona do ustanawiania norm bezpieczeństwa oraz określania zasad i przepisów dotyczących wymagań regulacyjnych i bezpieczeń-

stwa przewidzianych w ustawie o energii atomowej z 1962 r. Funkcje Rady Regulacyjnej ds. Energii atomowej obejmują:

- opracowywanie kodów, wytycznych i standardów dotyczących lokalizacji, projektowania, budowy, rozruchu, eksploatacji, likwidacji różnych typów instalacji jądrowych, z uwzględnieniem międzynarodowych zaleceń i krajowych wymagań;
- opracowanie polityki bezpieczeństwa zarówno w zakresie promieniowania, jak i bezpieczeństwa przemysłowego.

Ponadto AERB powinna zapewnić zgodność wymagań z normami bezpieczeństwa DAE (Departamentu Energii Atomowej) i instalacji innych niż DAE na poszczególnych etapach działalności obiektu jądrowego. Rada powinna doradzać AEC (Komisja Energii Atomowej)/DAE w kwestiach technicznych, które mogą być konkretnie do niej skierowane w związku z lokalizacją, projektowaniem, budową, uruchomieniem, eksploatacją, wycofaniem z eksploatacji i likwidacją obiektów jądrowych. Do obowiązków Rady należą ponadto: przegląd wniosków dotyczących bezpieczeństwa w odniesieniu do autoryzacji, uruchomienia, eksploatacji projektów, instalacji dla DAE. Przed udzieleniem zezwolenia na uruchomienie, eksploatację obiektu jądrowego AERB wymaga sprawdzenia: raportu końcowego z analizy projektu przygotowany przez zakład projektowy; raportu z rozruchu i wyników testu; projektów procedur operacyjnych oraz limitów i warunków operacyjnych; udowodnienia, że zakład/projekt może być eksploatowany bez zbędnego ryzyka dla personelu obsługującego i ludności. W tym celu AERB może poprosić o odpowiednie dodatkowe informacje uzupełniające.

### Atomic Energy Regulatory Board – organizacja

- Operating Plant Safety Division OPSD – Departament Bezpieczeństwa Eksploatacji Elektrowni Jądrowych
- Nuclear Projects Safety Division NPSD – Departament Bezpieczeństwa Projektów Jądrowych
- Radiological Safety Division RSD – Departament Ochrony Radiologicznej
- Nuclear Safety Analysis Division NSAD – Departament Analiz Bezpieczeństwa Jądrowego
- Resources & Documentation Division R&DD – Departament Zasobów i Dokumentacji
- Directorate of Regulatory Inspection DRI – Dyrektorat Inspekcji Dozorowych
- Directorate of Regulatory Affairs & Communications DRA&C – Dyrektorat Spraw Zagranicznych i Komunikacji
- Directorate of Radiation Protection & Environment DRP&E – Dyrektorat Ochrony Radiologicznej i Środowiska.

Inspektorzy AERB podczas budowy elektrowni jądrowej przeprowadzają od 1 do 4 kompleksowych inspekcji rocznie, a w trakcie eksploatacji jak podaje oficjalna strona AERB od 1 do 7. Ponadto inspektorzy AERB przeprowadzają kontrole z zakresu ochrony radiologicznej (źródła promieniotwórcze). AERB w działalności dozorowej jest ściśle związana z dwiema innymi instytucjami: Departamentem Energii Atomowej DAE i Komisją Energii Atomowej AEC.

### Departament Energii Atomowej

Departament Energii Atomowej (DAE) powstał 3 sierpnia 1954 r. na mocy zarządzenia prezydenta Indii. Działa pod bezpośrednim nadzorem premiera Indii. Zgodnie z rezolucją stanowiącą AEC, Sekretarz Rządu Indii w Departamencie Energii Atomowej jest z urzędu Przewodniczącym Komisji Energii Atomowej. DAE jest zaangażowana w rozwój technologii energetyki jądrowej, zastosowania technologii radiacyjnych w rolnictwie, medycynie, przemyśle i badaniach podstawowych. DAE obejmuje pięć centrów badawczych, trzy organizacje przemysłowe, pięć przedsiębiorstw sektora publicznego i trzy organizacje usługowe. Pod jego egidą działają dwie rady ds. Promocji i finansowania badań niestacjonarnych w dziedzinie jądrowej i pokrewnych, matematyki oraz instytutu krajowego (uznanego za uniwersytet). Wspiera również osiem instytutów o międzynarodowej renomie zajmujących się badaniami nauk podstawowych, astronomii, astrofizyki, badań nad rakiem i edukacji. Ma także pod swoją opieką towarzystwo edukacyjne, które zapewnia placówki edukacyjne dla dzieci pracowników DAE.

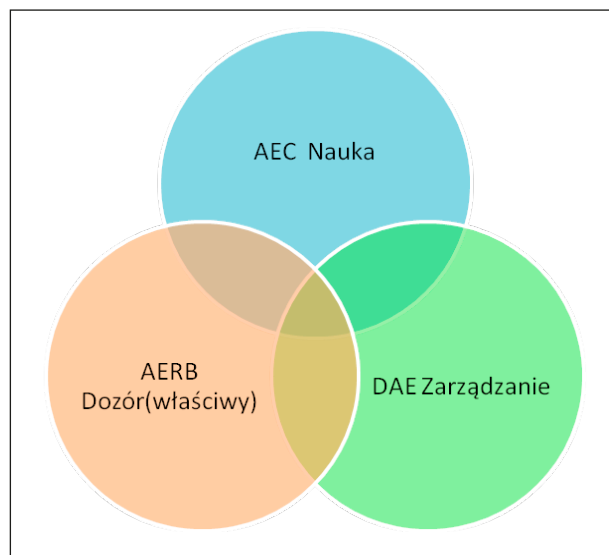
### Komisja Energii Atomowej

Indyjska Komisja Energii Atomowej (AEC) została utworzona w sierpniu 1948 r. W tej chwili stanowi część DAE – jej zadaniem jest ogólnie pojęta atomistyka jako nauka, czyli organizacja badań jądrowych w Indiach i szkolenie naukowców atomistów. W jej gestii jest pięć indyjskich centrów badawczych.

- Bhabha Atomic Research Centre (BARC) Bombaj
- Indira Gandhi Centre for Atomic Research (IGCAR), Kalpakkam (Tamil Nadu)
- Raja Ramanna Centre for Advanced Technology (RR-CAT), Indore
- Variable Energy Cyclotron Centre (VECC), Kalkuta
- Atomic Minerals Directorate for Exploration and Research (AMD), Hajdarabad.

AEC jest instytucją najstarszą. Ma pod nadzorem zarząd AERB i stanowi część DAE, ale ...trochę na zasadzie unii personalnej. Jak za Pierwszej Rzeczypospolitej – Król Polski był jednocześnie Wielkim Księciem Litewskim, jeżeli można użyć tego porównania. Tak i tu Sekretarz

jest jednocześnie Przewodniczącym. Nie wchodząc w zawiłości indyjskiego systemu prawnego, generalnie dozór jądrowy w Indiach można przedstawić tak jak na wykresie poniżej.



**Rys. 1.** Zależności indyjskich instytucji jądrowych w działaniach dozorowych i administracyjnych

**Fig. 1.** The dependencies of Indian nuclear institutions in regulatory and administrative activities

Zasadniczo w rzeczywistości sytuacja jest trochę bardziej skomplikowana, bo każda z tych instytucji np. prowadzi własną działalność naukową (AERB w Instytucie Badań Bezpieczeństwa w Kalpakkam) do tego dochodzą uwarunkowania lokalne. Indie to 28 stanów, 7 terytoriów związkowych no i Delhi. Ludność zbliża się do półtora miliarda osób, które posługują się ponad czterystu językami (poza hindi i angielskim 21 oficjalnych urzędowych). Siłą rzeczy w tak krótkim opracowaniu można tylko pobieżnie zaznaczyć podstawowe zagadnienia.

### Nuclear Power Corporation of India Limited – właściciel indyjskich elektrowni jądrowych

Właścicielem całego sektora energetyki jądrowej w Indiach jest państwo, elektrowniami zarządza Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL), które jest przedsiębiorstwem sektora publicznego pod kontrolą administracyjną Departamentu Energii Atomowej (DAE). Spółka została zarejestrowana jako spółka z ograniczoną odpowiedzialnością (zgodnie z Ustawą o spółkach z 1956 r.) we wrześniu 1987 r. w celu prowadzenia elektrowni jądrowych i realizacji projektów energii atomowej do wytwarzania energii elektrycznej zgodnie z programami rządu Indii na mocy Ustawy o energii atomowej z 1962 r. NPCIL ma także udziały kapitałowe w BHAVINI (Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited) przedsiębiorstwie pod kontrolą administracyjną

na Departamentu Energii Atomowej (DAE), który wdraża program Fast Breeder Reactors (reaktorów powielających na neutrony szybkie). W Indiach aktualnie trwa budowa reaktorów w Kalpakkam (Unit 1 & 2). Indyjskie media mówią o dwóch jednostkach, choć często podaje się jeden FBR o mocy 500 MWe.

ponadto BHAVINI jako część DAE. Nie będąc Hindusem trudno te indyjskie kwestie administracyjno-organizacyjne zrozumieć. Co do NPCIL sprawa jest jasna: odpowiada za projektowanie, budowę, uruchomienie i eksploatację energetycznych reaktorów jądrowych. NPCIL eksploatuje obecnie 22 komercyjne reaktory jądrowe o mocy zainstalowanej 6780 MW. Flota reak-



**Overall view of Turbine & Nuclear Island Connected Building**

**Fot. 2.** (BHAVINI) Budowa reaktorów w Kalpakkam. Według planów ma być wybudowanych 6 reaktorów powielających  
**Photo 2.** (BHAVINI) Construction of reactors at Kalpakkam. According to the plans, 6 Fast Breed Reactors are to be built



**Fot. 3.** Kompleks jądrowy Kaiga  
**Photo 3.** Kaiga nuclear complex ([www.ndtv.com](http://www.ndtv.com) india news)



**Fot. 4.** Elektrownia jądrowa Kudankulam. Budowa  
**Photo 4.** Kudankulam nuclear power plant. Construction. Strona ([www.powertechnology.com](http://www.powertechnology.com)) IAEA Imagebank

Dlatego tak trudno określać zależności między indyjskimi organizacjami i instytucjami. DAE nadzoruje zarówno NPCIL, jak i BHAVINI, ale NPCIL jest udziałowcem BHAVINI. W indyjskich źródłach określa się

torów składa się z dwóch reaktorów wrzących (BWR) i 18 reaktorów z ciężkowodnych, w tym jednego PHWR o mocy 100 MW w Radżastanie, który jest własnością DAE i rządu Indii (czyli jest kierowany bezpośrednio

przez te dwa podmioty) oraz dwóch reaktorów WWER KKNPS-1 i 2 o mocy 1000 MW. Najnowszym uzupełnieniem floty jest jednostka 2 elektrowni jądrowej Kudankulam, WWER o mocy 1000 MW (PWR-reaktor ciśnieniowy), która rozpoczęła działalność komercyjną 31 marca 2017 r. Obecnie NPCIL posiada osiem reaktorów na różnych etapach budowy o łącznej mocy 6200 MW. (Informacja z NPCIL, Gorakhpur Haryana Anu Vidhyut Pariyojna Units 1&2 2x700 MW PHWRs są według tego źródła w budowie). Następnie NPCIL – podaje „Zainicjowano działania przedprojektowe w nowych lokalizacjach, które zostały zatwierdzone „zasadniczo” przez rząd, aby umożliwić wczesne uruchomienie projektów w tych lokalizacjach.”

### System zarządzania operatorem

System zarządzania indyjskiego operatora jest klasyczny oparty o zarządzanie jakością, środowiskiem, bezpieczeństwem i higieną pracy. NPCIL ma ok. 50 lat doświadczenia w bezpiecznej eksploatacji elektrowni jądrowych, pod swoim hasłem „Bezpieczeństwo przede wszystkim, a produkcja później”. System zarządzania środowiskowego (EMS) oraz system zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy (OHSMS) zgodnie z ISO-14001: 2004 i IS-18001: 2007 są odpowiednio utrzymywane na wszystkich obiektach. Przestrzegając zasady ALARA i utrzymując najwyższe standardy bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych (NPP), narażenie zawodowe pracowników firmy w różnych elektrowniach jądrowych utrzymuje się znacznie poniżej wartości określonych przez organ regulacyjny – Radę Regulacji Energii Atomowej (AERB). Emisje do środowiska izotopów promieniotwórczych z elektrowni jądrowych są utrzymywane na bardzo niskim poziomie (średnio mniej niż 1% limitów określonych przez AERB). NPCIL stara się przyczynić do zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności elektrowni jądrowych na całym świecie poprzez swoje aktywne uczestnictwo w Światowym Stowarzyszeniu Operatorów Jądrowych (WANO), Candu Owners Group (COG), MAEA i innych organizacjach międzynarodowych. Jednostki NPCIL otrzymały szereg nagród za bezpieczeństwo od różnych indyjskich agencji rządowych, takich jak AERB, Rada Bezpieczeństwa w Gujarat, czy Krajowa Rada Bezpieczeństwa w Bombaju. Certyfikat ISO 9001:2008 systemu zarządzania jakością indyjskiej firmie wystawił niemiecki TÜV. Ponadto Hindusi stosują wymagania standardów bezpieczeństwa Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej.

### Zakończenie

Przedstawiono tu tylko zarys i wstęp do wiedzy o indyjskim programie jądrowym. Niestety brakuje polskich źródeł informacji, można opierać się tylko na

źródłach zagranicznych przede wszystkim indyjskich. Jedno jest pewne Indie są w tej chwili jednym z największych rynków wschodzących jeżeli chodzi o nowe projekty jądrowe. Budują i to w dużej skali najnowsze reaktory energetyczne. Niestety brakuje w naszym kraju zainteresowania dokonaniem indyjskimi, a dla firm zainteresowanych energetyką jądrową byłby to interesujący rynek. Z punktu widzenia Polski jest to również ciekawe miejsce do zebrania doświadczeń w szybkim uruchamianiu i przeprowadzaniu projektów jądrowych. W opracowaniu korzystano w dużej mierze ze źródeł indyjskich. Pojawiają się pewne sprzeczności. Niektóre liczby można podawać z pewnym przybliżeniem. Terminologia indyjska jest trudno przetłumaczalna na język polski (pewne pojęcia zwłaszcza prawne mogą być inaczej pojmowane przez Hindusów i Polaków – coś, co dla indyjskiego inspektora dozoru jądrowego jest jasne i klarowne może być trudno zrozumiałe dla jego polskiego kolegi). Siłą rzeczy artykuł jest pewnym przybliżeniem dotyczącym stanu faktycznego indyjskiego programu jądrowego (cały czas mówi się tu o cywilnych zastosowaniach energii jądrowej, a przecież Indie posiadają broń jądrową, cała gama cywilnych zastosowań fizyki jądrowej przechodzi płynnie w militarną i vice versa). Stąd wynika przyczynkarski charakter opracowania. Ma ono na celu zainteresowanie tak ogromnym tematem, jak indyjski przemysł jądrowy. Druga, a kto wie, czy w tym momencie już nie pierwsza najszybciej rozwijająca potencjał nuklearny energetyka i gospodarka świata. Tematów i zagadnień do opracowania w tej kwestii jest cała biblioteka.

Piotr Leśny,  
Państwowa Agencja Atomistyki,  
Warszawa

### Literatura:

- [1] [www.ndtv.com](http://www.ndtv.com) india news.
- [2] [www.power-technology.com](http://www.power-technology.com) IAEA Imagebank.
- [3] Nuclear Reactors in India World Nuclear Association [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)
- [4] IAEA PRIS Power Reactors Information System [pris.iaea.org](http://pris.iaea.org)
- [5] IAEA RRDB Research Reactors Database [iaea.org](http://iaea.org)
- [6] Biznesalert „Indie zbudują 21 nowych reaktorów jądrowych”, <https://biznesalert.pl/indie-atom-21-reaktorow/>
- [7] The Economic Times. India Times.
- [8] ROSATOM [www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru)
- [9] AERB Atomic Energy Regulatory Board [www.aerb.gov.in](http://www.aerb.gov.in)
- [10] Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) [www.npcil.nic.in](http://www.npcil.nic.in)
- [11] DAE Department of Atomic Energy [www.dae.gov.in](http://www.dae.gov.in)
- [12] BHAVINI (Bharatiya Nabhikiya Vidyut Nigam Limited) [bhavini.nic.in](http://bhavini.nic.in)
- [13] [www.atomic-energy.ru](http://www.atomic-energy.ru)
- [14] „Monsoon. Ocean Indyjski i przyszłość amerykańskiej dominacji”, Robert Kaplan, Wydawnictwo Czarne 2012.