

JAK TO DZIAŁA?

ENERGETYKA JĄDROWA

Anna Przybyszewska

Sierpień 2024



Materiał przygotowany dzięki **nukleo.pl** – Portal wiedzy o energii jądrowej

JAK DZIAŁA ELEKTROWNIA JĄDROWA?

INSTYTUT SOBIESKIEGO
www.sobieski.org.pl

2

Elektrownia jądrowa działa na zasadzie kontrolowanego rozszczepienia jąder atomowych, które zachodzi w reaktorze jądrowym. Podstawowym paliwem jest uran lub pluton. **Proces rozszczepienia uwalnia ogromne ilości energii w postaci ciepła, które jest wykorzystywane do podgrzewania wody. Woda zamienia się w parę, która napędza turbiny generatorów produkujących energię elektryczną.** Reaktor jest wyposażony w liczne systemy bezpieczeństwa, takie jak pręty kontrolne, które regulują reakcję łańcuchową, oraz bariery zapobiegające uwolnieniu materiałów promieniotwórczych do środowiska.

INSTYTUT SOBIESKIEGO
www.sobieski.org.pl

3

Reaktor jądrowy to urządzenie, w którym zachodzi kontrolowana samopodtrzymująca się łańcuchowa reakcja rozszczepienia jąder pierwiastków ciężkich. W wyniku reakcji rozszczepienia w rdzeniu reaktora powstaje silne promieniowanie jądrowe, przede wszystkim neutronowe, tworzy się również szereg nuklidów.

REAKTOR JĄDROWY

W zależności od przeznaczenia reaktory jądrowe dzielą się m.in. na badawcze, doświadczalne, energetyczne, napędowe.

- **REAKTORY WODNE CIŚNIENIOWE** (*Pressurized Water Reactor – PWR*), posiadają trzy obiegi wody. W jednym obiegu krąży woda (pozostająca w stanie ciekłym dzięki wysokiemu ciśnieniu w rdzeniu reaktora), która chłodzi elementy paliwowe. Woda ta, za pomocą wymiennika ciepła, ogrzewa drugi obieg (wtórny). Para tworzona w wytwornicach pary w drugim obiegu porusza turbiny.
- **REAKTORY WRZĄCE** (*Boiling Water Reactor – BWR*) posiadają jeden obieg w cyklu termodynamicznym, zwanym często obiegiem bezpośrednim. W porównaniu do reaktora PWR cały układ elektrowni ulega znacznemu uproszczeniu: wytwornica pary nie jest konieczna z uwagi na wspomniany powyżej jeden obieg, tak samo jak stabilizator ciśnienia, a jego zbędność w tym reaktorze spowodowana jest pożądaną obecnością pary wodnej jako ściśliwego medium o dużej objętości. Zbyteczne są również pompy cyrkulacyjne o dużych wydatkach, gdyż układ pracuje przy ciśnieniach o połowę niższych niż chłodziwo w reaktorze PWR.
- **REAKTOR CANDU** (*CANada Deuterium Uranium*) to zbudowany w Kanadzie reaktor ciężkowodny ciśnieniowy (*Pressurized Heavy Water Reactor – PHWR*). Jest to reaktor kanałowy, w którym jako moderator i chłodziwo stosowana jest ciężka woda (D_2O). W odróżnieniu od reaktorów lekkowodnych, reaktory CANDU posiadają odrębne systemy moderujące i chłodzące. Moderator w postaci D_2O praktycznie nie jest pod ciśnieniem i jest stosowany przy stosunkowo niskich temperaturach (około 70 °C), co przyczynia się do lepszej moderacji.
- **REAKTORY LEKKOWODNY MODEROWANY GRAFITEM** (*RBMK*) w tych reaktorach moderatorem jest grafit, a czynnikiem chłodzącym jest woda, która wrze w rurkach ciśnieniowych wokół paliwa. Paliwo reaktora RBMK znajduje się w wielu równoległych kanałach pod ciśnieniem, a nie jest zamknięte w zbiorniku ciśnieniowym jak w reaktorach PWR, WWER czy BWR.
- **REAKTORY PRĘDKIE** (*Fast breeder reactors – FBR*) używają prędkich neutronów do rozszczepiania plutonu i innych materiałów, co umożliwia bardziej efektywne wykorzystanie paliwa jądrowego oraz produkcję nowych paliw jądrowych.
- **REAKTORY WYSOKOTEMPERATUROWE** (*High temperature reactor – HTR*) używają gazu (np. helu) jako chłodziwa i mogą osiągać bardzo wysokie temperatury, co czyni je odpowiednimi do produkcji wodoru oraz innych zaawansowanych zastosowań technologicznych.

Materiał przygotowany dzięki **nukleo.pl** – Portal wiedzy o energii jądrowej

REAKTORY JĄDROWE GENERACJE

**REAKTORY
GENERACJI IV**
to przyszłościowe projekty,
skupione na bezpieczeństwie,
efektywności i minimalizacji
odpadów radioaktywnych,
charakteryzujące się odmiennymi
niż reaktory
I do III+ technologiami.

Reaktory mogą być
klasyfikowane według
generacji, od I do III+, gdzie
każda kolejna generacja
charakteryzuje się ulepszonymi
systemami bezpieczeństwa,
wyższą efektywnością
oraz zmniejszoną ilością
generowanych odpadów
promieniotwórczych.

I
GENERACJA
wczesne
prototypy reaktorów

=
GENERACJA
reaktory
komercyjne

=
GENERACJA
zaawansowane
LWRs

=+
GENERACJA
projekty
ewolucyjne

IV
GENERACJA
projekty
rewolucyjne

1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030

REAKTORY JĄDROWE IV GENERACJI

Reaktory jądrowe IV generacji to zaawansowane konstrukcje, które mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa, efektywności oraz zrównoważoności energetycznej. Charakteryzują się one innowacyjnymi rozwiązaniami technologicznymi, które mają minimalizować ryzyko awarii oraz optymalizować wykorzystanie paliwa. Przykładowe typy reaktorów IV generacji, które mogą zostać wykorzystane w ramach dekarbonizacji sektora energetyki w Polsce:

- **HTR-PM (High Temperature Reactor-Pebble-bed Module)** to reaktor wysokotemperaturowy chłodzony gazem (najczęściej helem) i wykorzystujący paliwo w postaci kul z ceramicznym pokryciem. Reaktory tego typu mogą pracować w wyższych temperaturach niż konwencjonalne reaktory wodne, co pozwala na ich zastosowanie w procesach przemysłowych wymagających dużej ilości ciepła, takich jak produkcja wodoru czy przetwarzanie chemiczne. Wysoka temperatura robocza przyczynia się również do wyższej efektywności konwersji energii cieplnej na elektryczną.
- **IMSR400 (Integral Molten Salt Reactor)** to reaktor z chłodziwem w postaci stopionych soli, który operuje na niskim ciśnieniu, co znacząco zmniejsza ryzyko wycieku i awarii. Reaktory IMSR mogą pracować w zamkniętym cyklu paliwowym, co oznacza, że mogą wykorzystywać zużyte paliwo jądrowe, redukując problem odpadów promieniotwórczych. Ponadto, technologia ta pozwala na łatwiejszą regulację mocy reaktora, co zwiększa jego elastyczność w dostosowaniu do zmieniających się potrzeb energetycznych.
- **KP-FHR (Kairos Power Fluoride Salt-Cooled High-Temperature Reactor)** to reaktor wysokotemperaturowy chłodzony fluorowymi solami stopionymi. Łączy zalety wysokiej temperatury pracy z efektywnością chłodzenia soli stopionych, co umożliwia osiągnięcie wysokiej sprawności termodynamicznej. Fluorkowe sole stopione mają dobrą przewodność cieplną i mogą pracować przy niskim ciśnieniu, co zwiększa bezpieczeństwo operacyjne reaktora. Jest to rozwiązanie szczególnie atrakcyjne dla przyszłych zastosowań przemysłowych i produkcji wodoru.
- **XE-100** to modułowy reaktor chłodzony gazem, zaprojektowany przez firmę X-energy. Wykorzystuje paliwo TRISO, które jest uznawane za jedno z najbezpieczniejszych dostępnych paliw jądrowych dzięki wielowarstwowej strukturze ceramicznej, która zapobiega wydostawaniu się produktów rozszczepienia. Modułowa konstrukcja XE-100 pozwala na skalowanie mocy elektrowni w zależności od potrzeb, co czyni go elastycznym rozwiązaniem dla zróżnicowanych rynków energetycznych.

SMR MAŁE MODUŁOWE REAKTORY

Małe reaktory modułowe (Small Modular Reactors – SMR) to zaawansowane reaktory jądrowe o mocy do 300 MW(e), co stanowi około jednej trzeciej mocy wytwórczej tradycyjnych reaktorów jądrowych. **SMR, reaktory, które mogą wytwarzać duże ilości niskoemisyjnej energii elektrycznej**, są: małe (small) – mniejszej mocy od tradycyjnych reaktorów energetycznych oraz modułowe – umożliwiające fabryczny montaż systemów i komponentów oraz transport jako całość do miejsca instalacji. Reaktory SMR mogą należeć do generacji III+ lub IV w zależności od projektu. Choć SMR mają niższy początkowy koszt kapitałowy na jednostkę zainstalowanej mocy, ich konkurencyjność ekonomiczna nadal musi zostać udowodniona w praktyce po ich wdrożeniu.

KLUCZOWE CECHY SMR TO:

- **Kompaktowy rozmiar.** Małe wymiary pozwolą na elastyczniejsze umiejscowienie, nawet w odległych lokalizacjach lub na obszarach z ograniczoną infrastrukturą.
- **Modularność.** Niektóre projekty SMR będą miały możliwość łączenia kilku jednostek w większe systemy energetyczne, dostosowując produkcję energii do bieżących potrzeb.
- **Zwiększone bezpieczeństwo.** Wiele projektów SMR wykorzystuje pasywne systemy bezpieczeństwa, które minimalizują ryzyko awarii poprzez automatyczne reagowanie na zmiany w warunkach operacyjnych bez potrzeby interwencji zewnętrznej.
- **Efektywność kosztowa.** Dzięki produkcji seryjnej i prostszej logistyce instalacyjnej, SMR-y mogą być bardziej ekonomiczne niż konwencjonalne reaktory jądrowe.
- **Zastosowanie różnorodnych technologii chłodzenia i moderatorów.** Zróżnicowane technologie reaktorowe mogą pozwolić na dostosowanie do różnych warunków środowiskowych i potrzeb energetycznych.

Zapewnienie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (BJiOR) ludności mieszkającej w okolicy obiektów energetyki jądrowej i ich personelu, wraz z ochroną fizyczną tych obiektów, jest warunkiem koniecznym budowy energetyki jądrowej. Jego spełnienie wymaga zatem współpracy wszystkich instytucji odpowiedzialnych za B JiOR, w tym przede wszystkim Państwowej Agencji Atomistyki (pełniącej rolę dozoru jądrowego), inwestorów przyszłych obiektów energetyki jądrowej, ich operatorów oraz dostawców technologii jądrowych. Obszarami współpracy będą wszystkie kwestie związane z zapewnieniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony obiektów energetyki i materiałów jądrowych.

BEZPIECZEŃSTWO PRZEDE WSZYSTKIM

Bezpieczeństwo energetyki jądrowej osiągnęło obecny wysoki poziom dzięki wieloletnim wysiłkom całej społeczności naukowców, inżynierów i techników jądrowych, pracujących pod kierunkiem narodowych urzędów dozoru jądrowego, takich jak Amerykański Urząd Dozoru Jądrowego (US Nuclear Regulatory Commission – NRC) i przy współpracy międzynarodowej, wspieranej przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency – IAEA) i inne organizacje międzynarodowe, takie jak OECD, Agencja Energii Jądrowej (Nuclear Energy Agency – NEA) i Światowe Stowarzyszenie Operatorów Jądrowych (World Association of Nuclear Operators – WANO). W ostatnim okresie dużo wysiłku włożono w poprawę bezpieczeństwa elektrowni jądrowych w Rosji i na Ukrainie, przy czym istotną rolę odegrało Zachodnioeuropejskie Stowarzyszenie Organizacji Dozoru Jądrowego (West European Nuclear Regulatory Association – WENRA) i współpracujące z nim organizacje wsparcia technicznego (Technical Support Organisations – TSO) dozoru jądrowego. Finansowanie tych prac zapewniła Unia Europejska w ramach programu pomocy technicznej dla krajów byłego Związku Radzieckiego (Technical Assistance for Commonwealth of Independent States – TACIS). Trwają też intensywne prace nad ujednoliceniem wymagań urzędów dozoru jądrowego w krajach Unii Europejskiej, również prowadzone przez WENRA.

Zasady i kryteria bezpieczeństwa są podstawą do opracowywania rozwiązań projektowych, procedur eksploatacyjnych, analiz dozorowych i wytycznych do postępowania po wystąpieniu awarii. Zasady te są sformułowane w szeregu publikacji IAEA, takich jak zasady bezpieczeństwa, standardy i wytyczne, w dokumentach grupy doradczej INSAG (International Nuclear Safety Advisory Group) powołanej przez IAEA oraz w setkach raportów, dokumentów technicznych i innych publikacji. W miarę upływu czasu dokumenty IAEA stawały się coraz bardziej szczegółowe i obecnie panuje przekonanie, że reprezentują one wysoki poziom i zapewniają dobrą podstawę do oceny i utrzymywania bezpieczeństwa instalacji jądrowych.

Na najwyższym poziomie mamy również międzynarodowe instrumenty prawne, takie jak np. konwencje i kodeksy postępowania. Są one podstawą opracowywania standardów bezpieczeństwa IAEA, przeglądów bezpieczeństwa dokonywanych przez IAEA oraz dokumentów i usług świadczonych przez IAEA w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego. **Doświadczenia z tych działań tworzą globalną sieć wiedzy, wykorzystywaną przez światową społeczność ekspertów nuklearnych.** Poszczególne kraje tworzą własne przepisy i procedury eksploatacyjne, w których wykorzystują dorobek międzynarodowy w zakresie instrumentów prawnych oraz wiedzę i standardy IAEA. Jednocześnie poszczególne kraje przekazują światowej społeczności swe własne doświadczenia i zapewniają współpracę swych ekspertów. Społeczność nuklearna wyznaje hasło, że bezpieczeństwo jest sprawą wspólną dla przemysłu jądrowego całego świata.

**ZAPEWNIENIE
BEZPIECZEŃSTWA
JĄDROWEGO (...) JEST WARUNKIEM
KONIECZNYM BUDOWY
ENERGETYKI
JĄDROWEJ**

PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI

W Polsce rolę dozoru jądrowego pełni Państwowa Agencja Atomistyki (PAA). PAA jest jednym z głównych interesariuszy Polskiego Programu Energetyki Jądrowej i pełni w nim rolę regulatora – sprawuje nadzór nad bezpieczeństwem obiektów jądrowych i działalnością w nich prowadzoną, prowadzi kontrolę i ocenę bezpieczeństwa, wydaje zezwolenia i nakłada ewentualne sankcje.

PAA rozpoczęła przygotowania do realizacji PPEJ w 2009 roku, tzn. w momencie powołania Pełnomocnika Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej. Przez kolejne lata eksperci PAA uczestniczyli aktywnie w pracach nad tym dokumentem, a sama Agencja przeszła liczne zmiany i przekształcenia organizacyjne w celu dostosowania jej do pełnienia funkcji nowoczesnego dozoru jądrowego. W szczególności zwiększono liczbę inspektorów dozoru jądrowego. Ze względu na to, że Polska nie dysponowała dotychczas energetyką jądrową, w kraju brak jest kadr wyspecjalizowanych w tym obszarze.

Dlatego pracownicy zatrudnieni w PAA przechodzą intensywne szkolenia w kraju i zagranicą. Dzięki cyklowi szkoleń będą posiadać kompetencje konieczne do nadzorowania bezpieczeństwa przyszłej elektrowni jądrowej.



PORÓWNANIE ELEKTROWNI JĄDROWYCH

I ELEKTROWNI WĘGLOWYCH

– WYBRANE ASPEKTY

Produkują odpady radioaktywne oraz wypalone paliwo jądrowe.

Z elektrowni o mocy 1 GW roczne ilość odpadów nisko- i średnioaktywne zmieściłaby się w objętości dwóch wagonów cystern.

Z kolei jeden rok pracy takiego reaktora powoduje powstanie 35 ton wypalonego paliwa jądrowego, które jest schładzane, a następnie przygotowywane w ramach otwartego cyklu paliwowego do składowania ostatecznego. Cykl zamknięty zakłada recykling tj. ponowne wykorzystanie części wypalonego paliwa.

PRODUKCJA ODPADÓW

Produkują ogromne ilości popiołu i żużlu, które mogą zawierać toksyczne metale ciężkie.

Ponadto, spalanie węgla generuje duże ilości dwutlenku siarki (SO_2), tlenków azotu (NO_x) i pyłów zawieszonych, które zanieczyszczają powietrze i wodę.

W normalnych warunkach operacyjnych **poziom promieniowania w otoczeniu elektrowni jest niski i kontrolowany**, zgodnie z międzynarodowymi normami.

PROMIENIOWANIE

Paradoksalnie, **elektrownie węglowe mogą emitować więcej promieniowania niż elektrownie jądrowe, głównie poprzez uwalnianie radionuklidów zawartych w popiele węglowym.**

Chociaż poziom tego promieniowania jest niski, to ze względu na skalę emisji i dyspersję, może mieć znaczący wpływ na środowisko

Elektrownia o mocy 1000 MW może zużywać kilka miliardów litrów wody rocznie do celów chłodniczych. Woda jest kluczowym elementem w systemie chłodzenia reaktorów.

ZUŻYCIE WODY

Również wymagają dużych ilości wody do chłodzenia, ale dodatkowo wykorzystują wodę w procesach spalania i oczyszczania spalin. Średnie zużycie wody jest podobne do tego w elektrowniach jądrowych.

Emitują około **12 g CO_2 /kWh** w całym cyklu życia co jest bardzo niskim poziomem emisji. Elektrownie jądrowe są uznawane za jedno z najczystszych źródeł energii pod względem emisji gazów cieplarnianych.

EMISJE CO_2

Emitują około **740-910g CO_2 /kWh** w całym cyklu życia, co stanowi znaczący wkład w globalne emisje gazów cieplarnianych i zmiany klimatyczne.

KORZYŚCI PŁYNĄCE Z ELEKTROWNI JĄDROWEJ

Materiał przygotowany dzięki **nukleo.pl**
- Portal wiedzy o energii jądrowej



- **Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.** Elektrownie jądrowe produkują energię elektryczną praktycznie bez emisji CO₂, co przyczynia się do walki ze zmianami klimatycznymi i poprawy jakości powietrza w regionie. Dzięki temu region staje się bardziej atrakcyjny ekologicznie i zdrowotnie dla mieszkańców.

- **Stabilne źródło energii.** Elektrownie jądrowe zapewniają stabilne i niezawodne źródło energii. Stabilność dostaw energii sprzyja rozwojowi przemysłu i może przyciągać nowych inwestorów.



- **Podniesienie poziomu edukacji.** Powstanie elektrowni jądrowej często wiąże się z rozwojem programów edukacyjnych i szkoleniowych w regionie. Szkoły i uczelnie techniczne mogą wprowadzać programy nauczania skoncentrowane na energetyce jądrowej, co podnosi poziom edukacji i kwalifikacji lokalnej siły roboczej. W regionach, gdzie działają elektrownie jądrowe, często powstają nowe ośrodki szkoleniowe i programy współpracy z uniwersytetami.

- **Poprawa jakości życia.** Dzięki stabilnym dochodom z miejsc pracy i inwestycji w infrastrukturę, mieszkańcy regionu mogą odczuwać poprawę jakości życia. Lepsze drogi, szkoły i usługi publiczne przyczyniają się do ogólnego dobrobytu.



- **Tworzenie miejsc pracy.** Budowa elektrowni jądrowej generuje tysiące miejsc pracy na różnych etapach projektu: od planowania i konstrukcji, po eksploatację i konserwację. Są to zarówno stanowiska wysoko wykwalifikowane (inżynierowie, technicy), jak i te mniej specjalistyczne. W trakcie budowy elektrowni Vogtle w USA, projekt wygenerował ponad 9,000 miejsc pracy na budowie oraz około 800 stałych miejsc pracy po jej zakończeniu.
- **Rozwój lokalnej infrastruktury.** Inwestycje w infrastrukturę, takie jak drogi, mosty i sieci energetyczne, często towarzyszą budowie elektrowni jądrowej. Poprawia to ogólną jakość infrastruktury w regionie. Dodatkowo, rozwój infrastruktury przyciąga inne inwestycje i projekty, co może prowadzić do dalszego rozwoju gospodarczego regionu.
- **Wzrost dochodów podatkowych.** Elektrownie jądrowe przyczyniają się do wzrostu dochodów lokalnych i państwowych poprzez podatki płacone przez przedsiębiorstwa energetyczne oraz przez zatrudnionych pracowników. Te dochody mogą być wykorzystane na poprawę usług publicznych, takich jak edukacja, opieka zdrowotna i bezpieczeństwo.



„Coal to Nuclear” to idea polegająca na zastąpieniu elektrowni węglowych reaktorami jądrowymi, co ma na celu redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenie efektywności energetycznej.

Proces ten obejmuje przekształcenie istniejących infrastruktur węglowych na jednostki wykorzystujące energię jądrową, co pozwala na wykorzystanie istniejących sieci przesyłowych i zasobów kadrowych.

KORZYŚCI WYNIKAJĄCE Z TRANSFORMACJI

COAL^{TO}

REDUKCJA EMISJI

Przekształcenie elektrowni węglowych na jądrowe znacząco zmniejsza emisję CO₂ oraz innych szkodliwych gazów cieplarnianych, co przyczynia się do walki ze zmianami klimatycznymi.

WYKORZYSTANIE ISTNIEJĄCEJ INFRASTRUKTURY

Przekształcenie elektrowni węglowych pozwala na wykorzystanie już istniejącej infrastruktury, takiej jak sieci przesyłowe i inne zasoby. To może obniżyć koszty budowy nowych elektrowni i przyspieszyć proces transformacji.

STABILNOŚĆ ENERGETYCZNA

Elektrownie jądrowe zapewniają stabilne i niezawodne źródło energii. W przeciwieństwie do źródeł pogodozależnych, reaktory jądrowe mogą działać nieprzerwanie, dostarczając stałą moc do sieci.

TWORZENIE MIEJSC PRACY

Proces przekształcania i budowy nowych elektrowni jądrowych generuje liczne miejsca pracy w regionie. Może to obejmować zarówno etapy budowy, jak i późniejszej eksploatacji.

NUCLEAR

NEUTRALNOŚĆ

Neutralność klimatyczna to stan, w którym działalność człowieka nie ma negatywnego wpływu na klimat. Osiąga się to poprzez zrównoważenie emisji gazów cieplarnianych z atmosfery z ich usuwaniem.

KLIMATYCZNA

DEKARBONIZACJA

to proces redukcji emisji dwutlenku węgla (CO_2) oraz innych gazów cieplarnianych do atmosfery w celu przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Głównym celem dekarbonizacji jest osiągnięcie niskoemisyjnej gospodarki poprzez zastąpienie paliw kopalnych (węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny) źródłami energii o niskiej lub zerowej emisji CO_2 oraz zwiększenie efektywności energetycznej.

TRANSFORMACJA ENERGETYCZNA

to proces zmiany struktury wytwarzania, dystrybucji i zużycia energii w celu przejścia na bardziej zrównoważone, efektywne i ekologiczne systemy energetyczne. Głównym celem tej transformacji jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, poprawa bezpieczeństwa energetycznego i wspieranie zrównoważonego rozwoju.

TECHNOLOGIE NISKOEMISYJNE

to rozwiązania technologiczne, które mają na celu zredukowanie emisji gazów cieplarnianych (takich jak CO_2 , metan i tlenki azotu) oraz innych zanieczyszczeń do atmosfery. Są one kluczowym elementem w walce ze zmianami klimatycznymi i w dążeniu do zrównoważonego rozwoju oraz transformacji energetycznej. Do technologii niskoemisyjnych zalicza się nie tylko Odnawialne Źródła Energii (OZE) jak fotowoltaika, turbiny wiatrowe, elektrownie wodne, ale też elektrownie jądrowe.

GLOBALNA JĄDROWA

AKTUALNIE
NA ŚWIECIE PRACUJE

415

REAKTORÓW
JĄDROWYCH

ŁĄCZNA MOC
WSZYSTKICH
REAKTORÓW
NA ŚWIECIE TO OKOŁO

375 GWE

W BUDOWIE JEST

61

REAKTORÓW

ŁĄCZNA MOC NOWYCH
REAKTORÓW WYNIESIE

64 GWE

ENERGETYKA W LICZBACH

W CIAGU OSTATNICH 5 DEKAD

DZIĘKI ENERGETYCE JĄDROWEJ
UNIKNIĘTO EMISJI OKOŁO

70 GT CO₂

CO ROKU UNIKA SIĘ EMISJI OKOŁO

1 GT CO₂





Instytut Sobieskiego
ul. Lipowa 1a lok. 20
00-316 Warszawa

sobieski@sobieski.org.pl
www.sobieski.org.pl

JAK TO DZIAŁA? ENERGETYKA JĄDROWA

Anna Przybyszewska
współpraca Angelika Gieraś

©Copyright by Instytut Sobieskiego 2024
ISBN 978-83-68374-03-2

Projekt i produkcja: Piotr Perzyna

 **nowe media 24.pl**