

EKOLOGICZNE ASPEKTY ENERGETYKI

Na podstawie materiałów Instytutu Problemów Jądrowych im. Andrzeja Sołtana oraz "Zapotrzebowanie na energię jądrową, wyzwania związane z energetyczną przyszłością świata", Richard Rhodes, Denis Beller, PTJ. VOL. 43 Z.4, 2000.

PALIWA KOPALNE:

Węgiel

Gaz

Ropa

PALIWA JĄDROWE:

Uran

Pluton

Tor

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII:

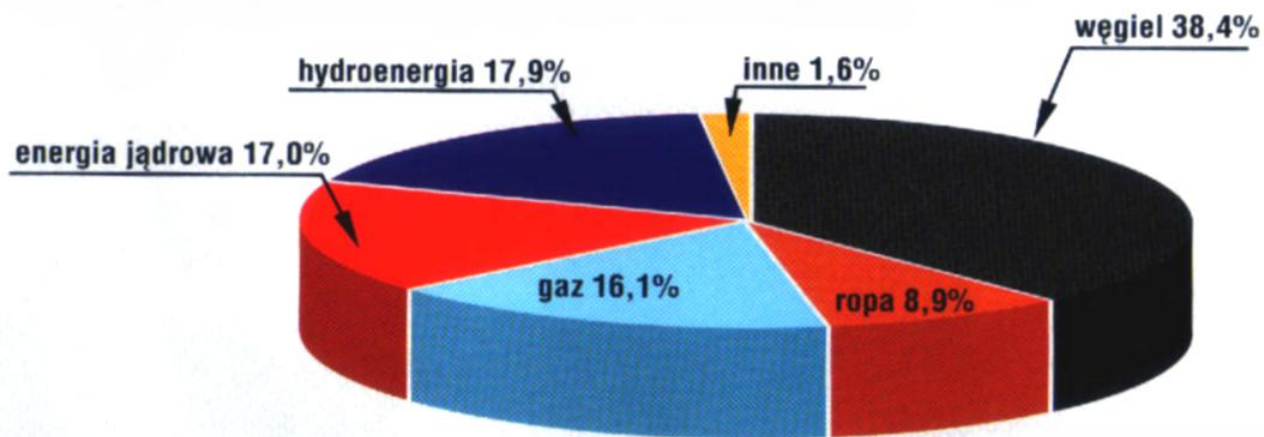
Wiatr

Woda

Pływy

Biomasa

WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ NA ŚWIECIE



ELEKTROWNIE OPALANE WĘGLEM



ELEKTROWNIE OPALANE WĘGLEM



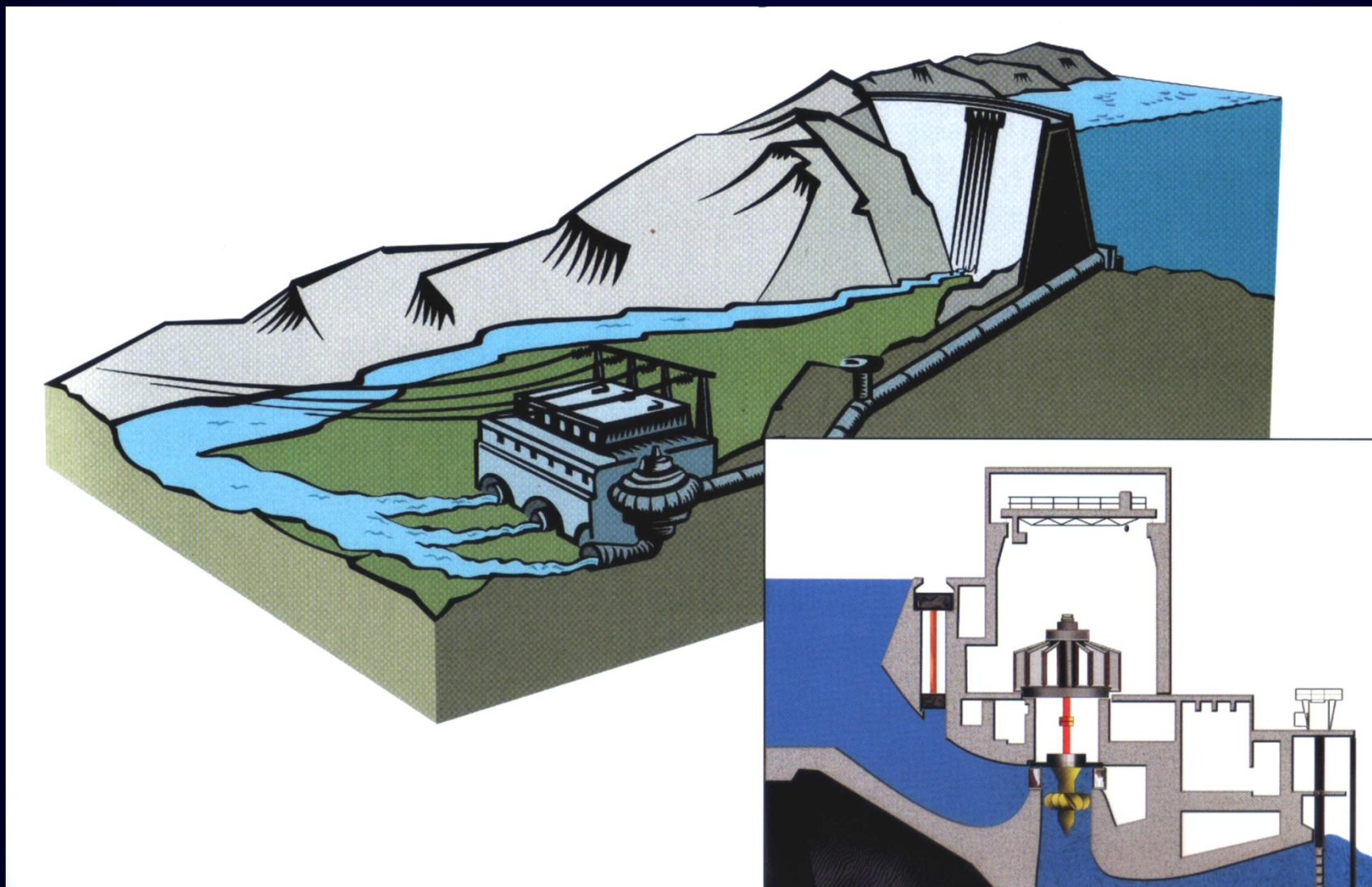
Spośród wszystkich nośników energii wykorzystywanych w produkcji elektryczności, z punktu widzenia środowiska najbardziej szkodliwy jest węgiel.

Spalanie węgla, wykorzystywane do produkcji **38%** energii elektrycznej na świecie, powoduje uwolnienie toksycznych odpadów, w ilościach zbyt wielkich, by można je było w całości bezpiecznie zatrzymać i odizolować.

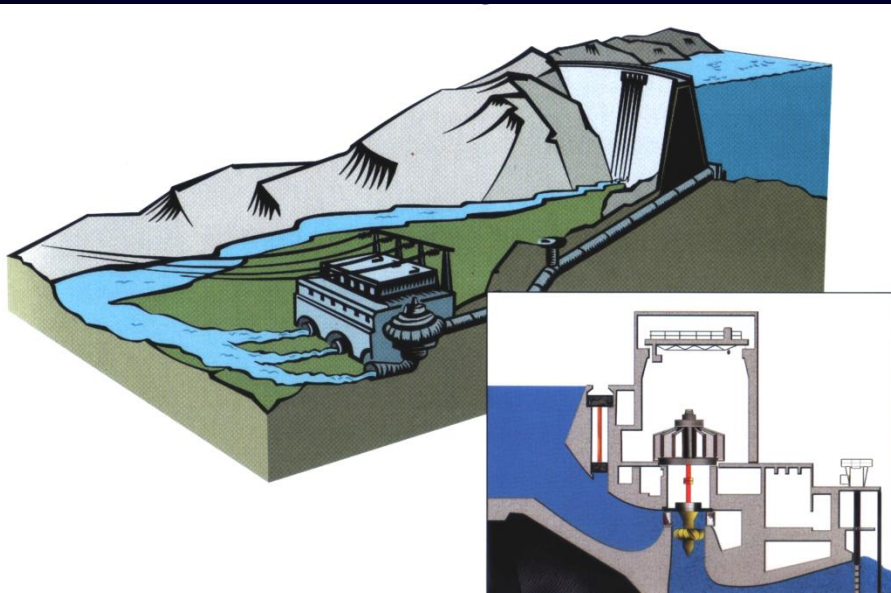
Elektrownie opalane węglem, nie tylko emitują szkodliwe związki chemiczne w postaci gazów lub trujących cząstek: **tlenki siarki i azotu** (kwaśny deszcz i smog), **arsen, rtęć, kadm, selen, ołów, bor, chrom, miedź, fluor, molibden, nikiel, wanad, cynk, tlenek i dwutlenek węgla** oraz inne **gazy cieplarniane** – ale są również istotnym światowym źródłem wprowadzania substancji promieniotwórczych do środowiska. Ilość substancji promieniotwórczych wprowadzanych do środowiska z **1000 MW** elektrowni opalanej węglem, jest **100 razy** większa niż dla porównywalnej elektrowni jądrowej.

Światowe ilości **U** i **Th** usuwanych ze spalonego węgla wynoszą około **37300 ton** rocznie, z czego około **7300 ton** w USA.

ELEKTROWNIE WODNE (HYDROELEKTROWNIE)



ELEKTROWNIE WODNE (HYDROELEKTROWNIE)

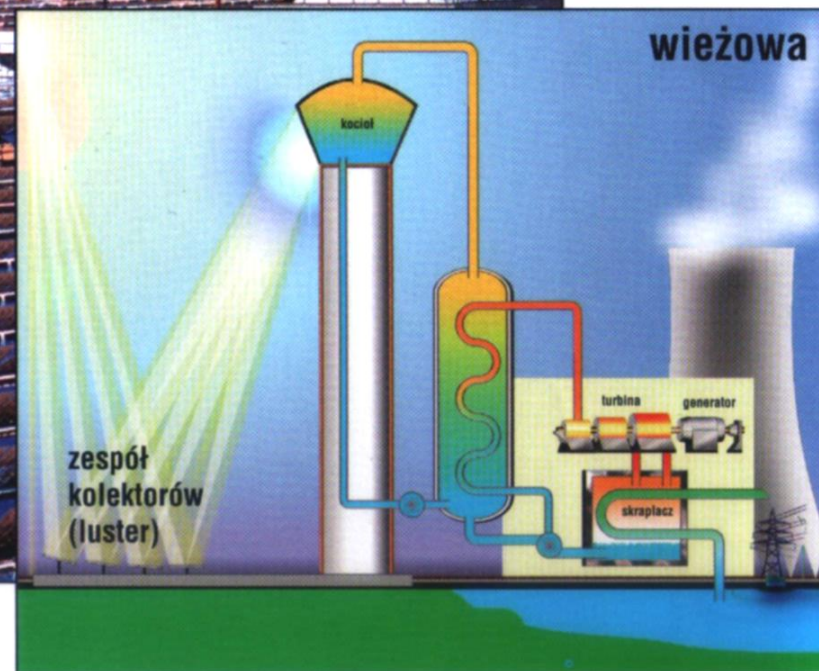


Obecnie wykorzystano już co najmniej **jedną czwartą** światowego potencjału hydroenergetycznego.

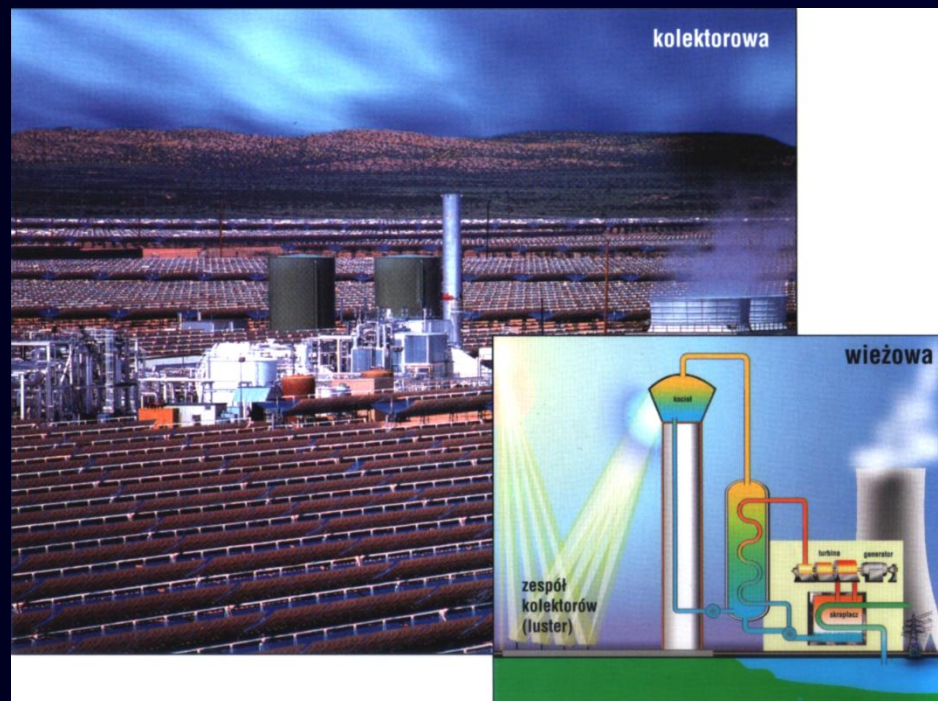
Rozwijająca się w ostatnich latach energetyka wodna produkująca elektryczność dzięki zaporom, które zatapiają duże tereny, wymagają przesiedlenia ludności, zmieniają ekologię rzek, zabijają ryby i niosą ryzyko katastrofalnego uszkodzenia - straciła poparcie obrońców środowiska.

Produkcja energii hydroelektrycznej na wielką skalę może prowadzić do dużej emisji gazów cieplarnianych; roślinność zalana wodą **ulega rozkładowi beztlenowemu**, co prowadzi do wytworzenia dużych ilości **metanu**, który jest szkodliwszym gazem cieplarnianym niż dwutlenek węgla.

ELEKTROWNIE SŁONECZNE

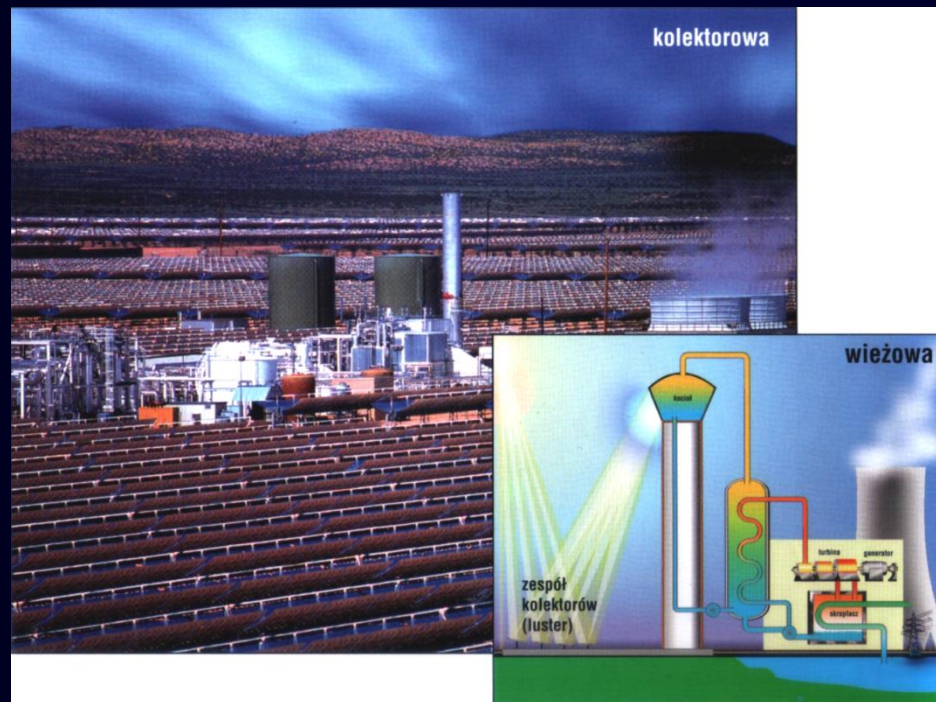


ELEKTROWNIE SŁONECZNE



Ogniwa fotoelektryczne, wykorzystywane w kolektorach słonecznych są dużymi półprzewodnikami, a ich wytwarzanie prowadzi do powstawania bardzo toksycznych odpadów metalicznych i rozpuszczalników, których unieszkodliwienie wymaga specjalnych technologii. Elektrownia słoneczna o mocy **1000 MW** przeznaczona do 30-letniej eksploatacji wytworzyłaby w czasie budowy **6850 ton** szkodliwych odpadów pochodzących z samych procesów przerobu metali. Porównywalna elektrownia słoneczna (wykorzystująca zwierciadła ogniskujące światło na centralnej wieży), wymagałaby tyle metalu na konstrukcję, że prowadziłoby to do powstania **435 000 ton** odpadów produkcyjnych, z czego **16300 ton** byłoby skażone ołowiem i chromem, co kwalifikuje je do odpadów niebezpiecznych.

ELEKTROWNIE SŁONECZNE



Globalny system energetyki słonecznej zużyłby co najmniej **20%** znanych światowych zasobów żelaza. Zbudowanie takiego systemu trwałoby około **100 lat**, a jego utrzymanie wymagałoby zużywania znaczącej części rocznej światowej produkcji żelaza.

Energia konieczna do wyprodukowania kolektorów słonecznych wystarczających na pokrycie **1 295 000 km²** powierzchni Ziemi i do dostarczenia elektryczności za pośrednictwem dalekosiężnych systemów przesyłowych, poważnie zwiększyłaby globalne zanieczyszczenie i emisję gazów cieplarnianych.

Globalny słoneczny system energetyczny, pozbawiony rezerwowego systemu węglowego lub jądrowego, byłby bardzo narażony na spadki natężenia promieniowania słonecznego np. na skutek zdarzeń wulkanicznych.

ELEKTROWNIE SŁONECZNE

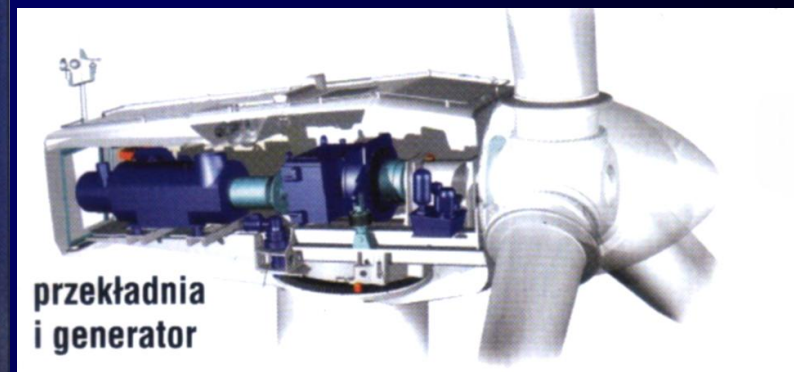


Wulkan Tambora, wznoszący się przed wybuchem na wysokość 4200 metrów, był jednym z najwyższych wulkanów Indonezji. Jest to stratowulkan, zbudowany z naprzemiennych warstw zastygłej lawy, pumeksu, popiołu i skał. Wulkan wybuchł **10 kwietnia 1815**.

Przez cały kolejny rok nad niektórymi regionami świata utrzymywały się w powietrzu opady popiołu wulkanicznego. Warstwa była tak gruba, że nie mogły się przez nią przebić promienie Słońca. Mrozy i deszcze o niecodziennej sile i natężeniu zniszczyły zbiory, a cały rok został nazwany "rokiem bez lata".

W wyniku wybuchu wulkanu w samej Indonezji zginęło **117 tysięcy** osób. Była to jedna z największych katastrof naturalnych w historii. Poza granicami Indonezji liczba ofiar śmiertelnych sięgała **setek tysięcy**.

ELEKTROWNIE WIATROWE



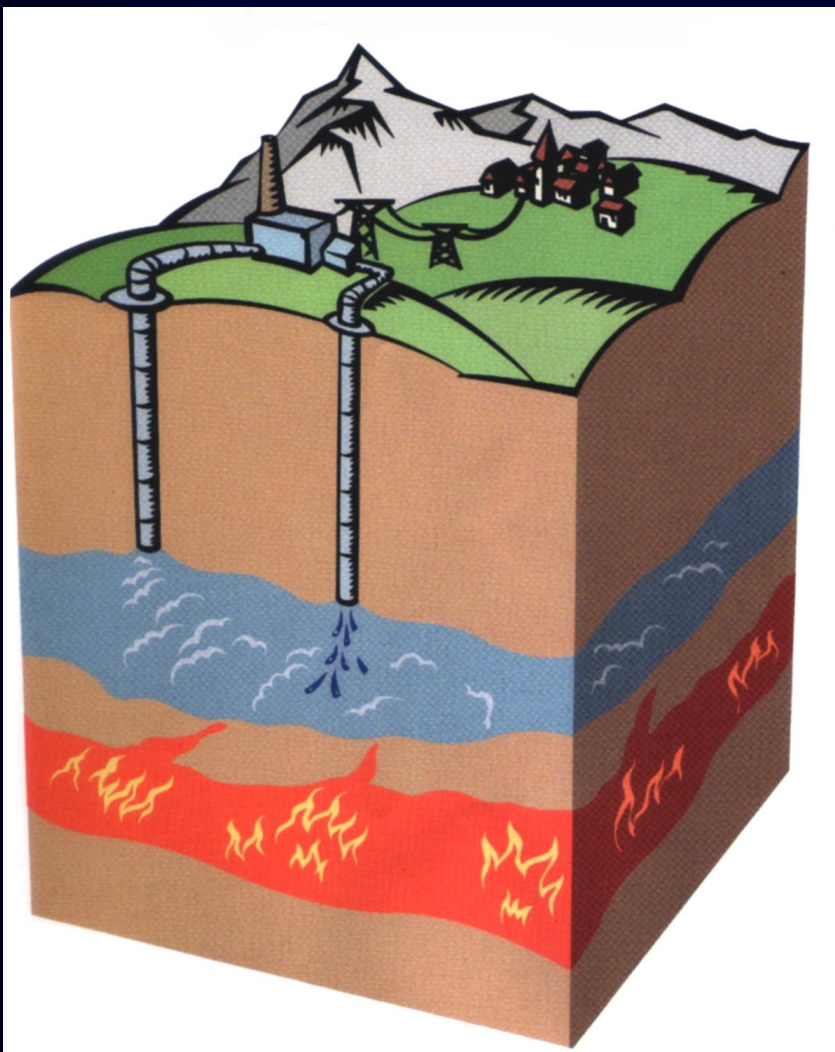
ELEKTROWNIE WIATROWE



Farma wiatrowa której moc odpowiadałaby **1000 MW** elektrowni węglowej bądź jądrowej wymagałaby postawienia ponad **400** dużych wiatraków zajmujących teren **tysięcy km²**. Koszt produkowanej w niej energii elektrycznej, nawet przy znaczących subsydiach i pominięciu kosztów ukrytych związanych z zanieczyszczeniami, byłby dwa lub trzy razy większy od kosztów elektryczności generowanej w elektrowni na paliwo kopalne.

Ich budowa wymaga tysięcy ton betonu i stali. Elektrownie te są niewydajne i nie zapewniają ciągłości dostaw energii. Stanowią "zanieczyszczenie wizualne", są źródłem hałasu i powodują śmierć wielu ptaków. Tylko jedna farma wiatrowa w Kalifornii każdego roku powoduje śmierć **kilkuset ptaków drapieżnych w tym bardzo rzadkich gatunków, jak **orły złociste**.**

ELEKTROWNIA GEOTERMALNA



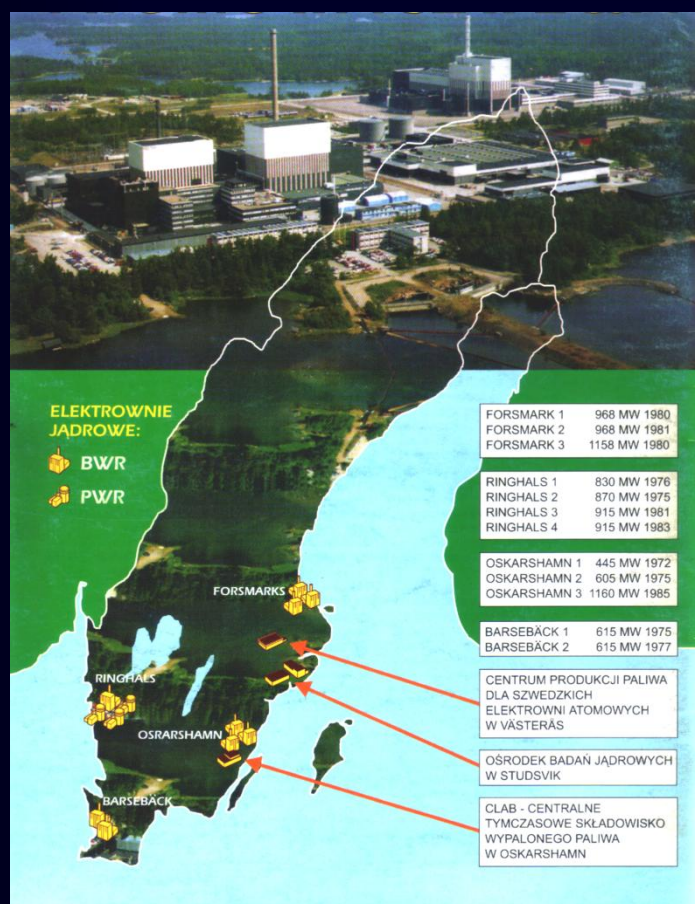
Źródła geotermiczne – wykorzystują wewnętrzne ciepło Ziemi wydobywające się na powierzchnię na terenach gejzerowych lub pod wulkanami, są ze swej natury ograniczone, a często występują w miejscach krajobrazowych (takich jak park narodowy Yellowstone w USA)

Odnawialne źródła energii:

**energetyka wodna, słoneczna, wiatrowa,
geotermiczna**

- Wysokie koszty inwestycyjno kapitałowe**
- Znaczące, często pomijane, skutki środowiskowe**

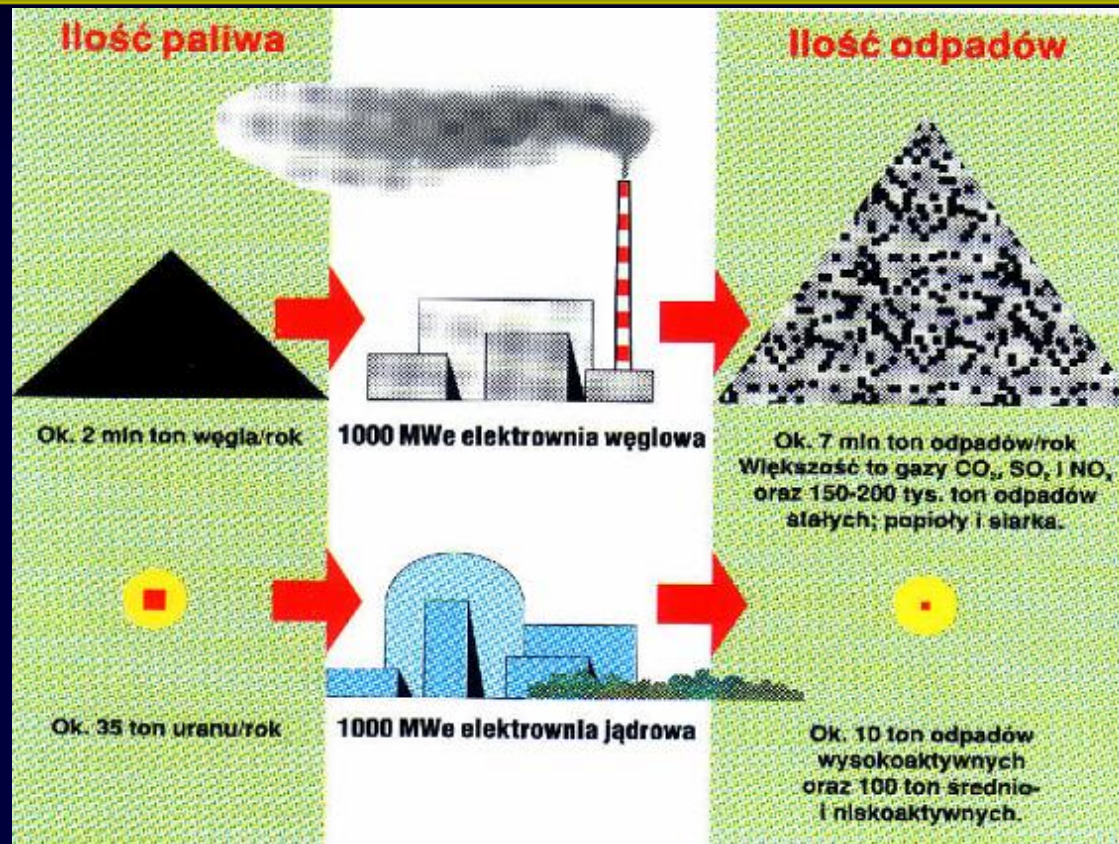
ENERGETYKA JĄDROWA



Podstawową zaletą energetyki jądrowej, jest jej zdolność do uzyskania ogromnej ilości energii z małej objętości paliwa. **Jedna tona paliwa jądrowego** wytwarza energię równoważną energii pochodzącej z **2 – 3 milionów ton paliwa kopalnego**.

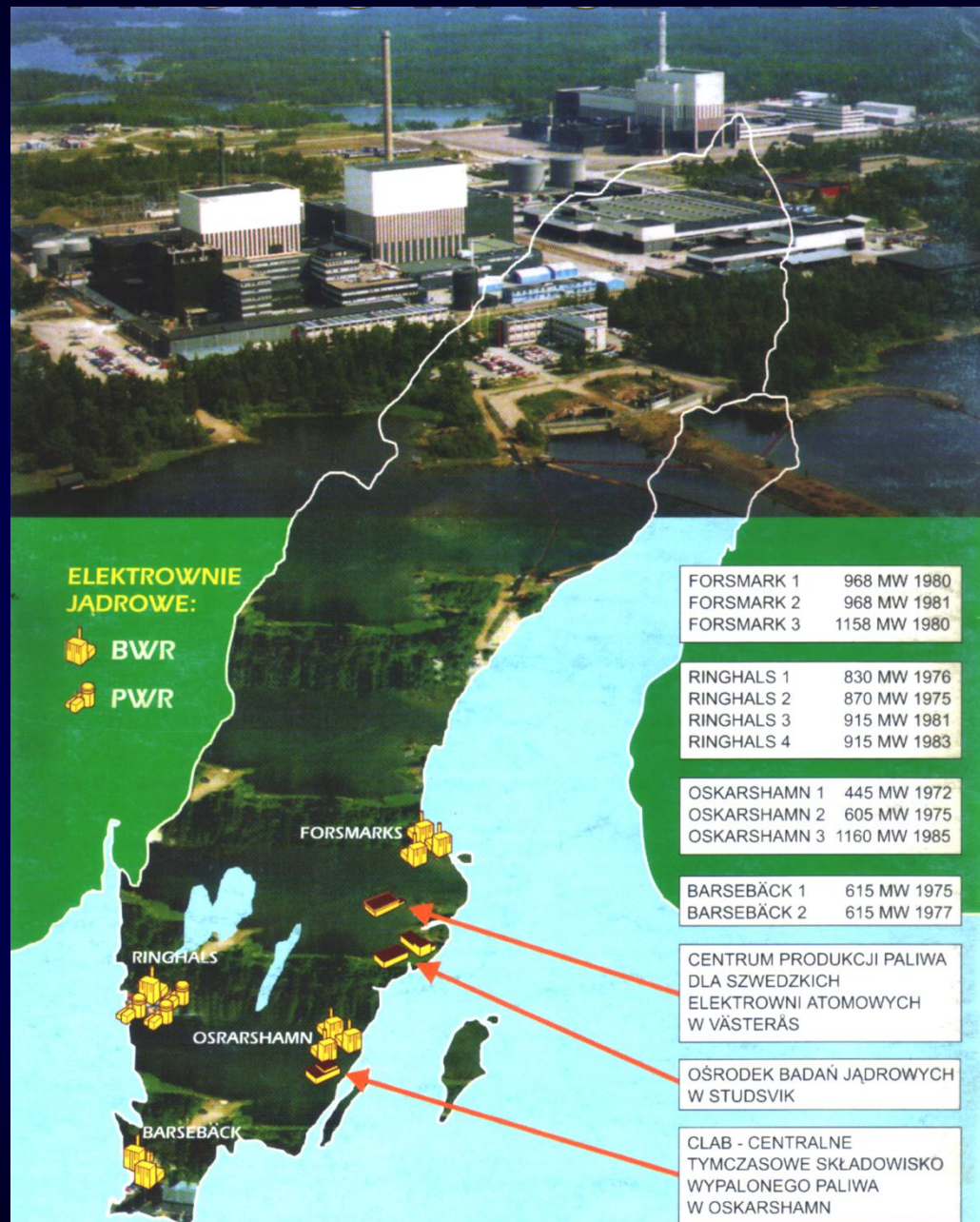
Spalenie 1 kg drewna opałowego = 1 kWh; 1 kg węgla = 3 kWh; 1 kg ropy naftowej = 4 kWh; 1 kg uranu = 400 000 kWh. Jeżeli dodatkowo uran ten zostanie poddany ponownemu przerobowi, to z 1 kg można otrzymać 7 000 000 kWh.

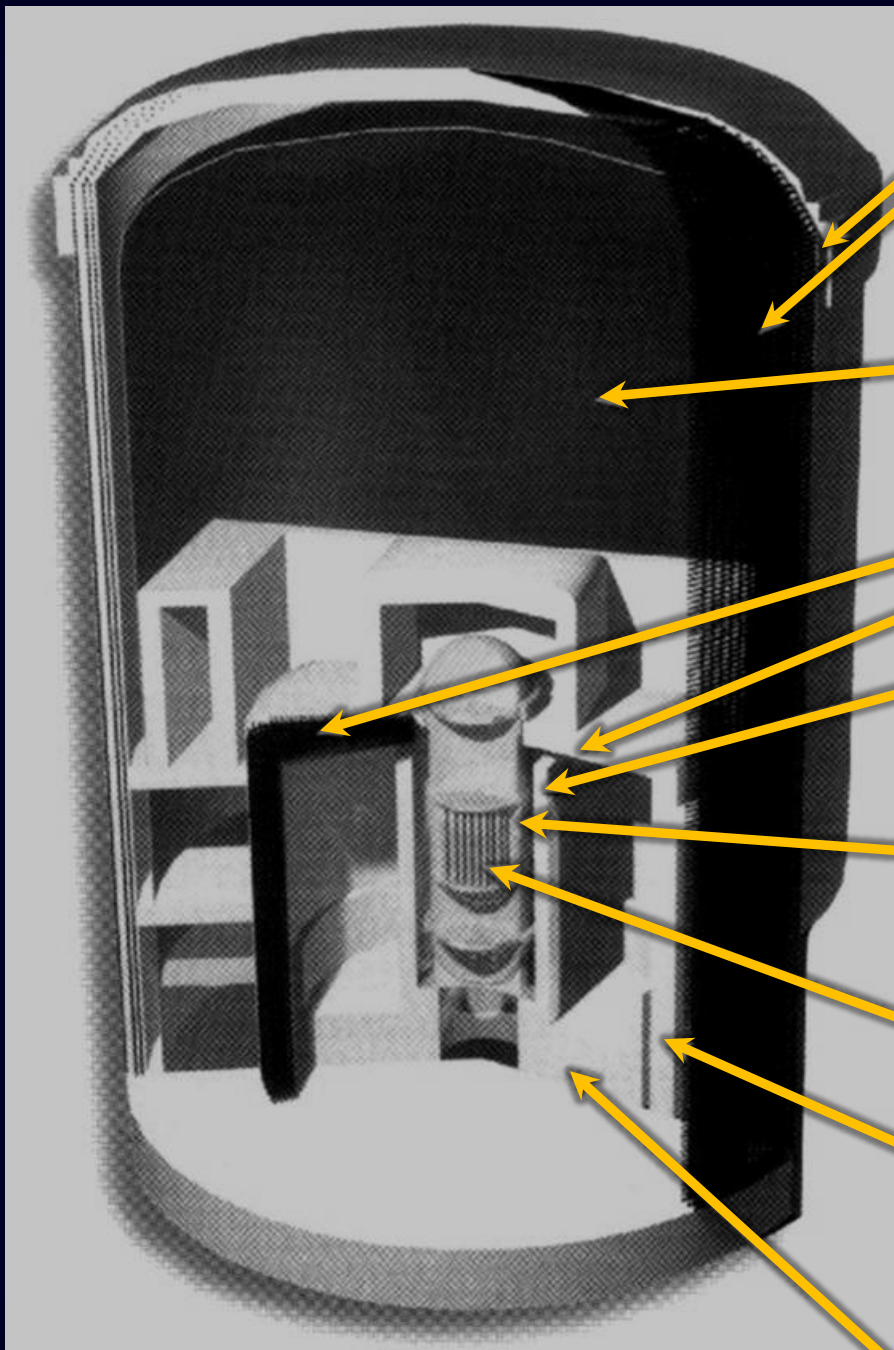
ENERGETYKA JĄDROWA



Elektrownia jądrowa o mocy **1000 MW** nie emituje wcale szkodliwych gazów ani innych substancji zanieczyszczających i generuje znacznie mniejszą dawkę, w przeliczeniu na osobę, niż wynosi narażenie na promieniowanie spowodowane przez podróże lotnicze, wykrywacze dymu czy odbiorniki telewizyjne. Elektrownia taka wytwarza około **10 ton** wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych (wypalone paliwo) oraz **100 ton** odpadów nisko i średnioaktywnych. Odpady niskoaktywne mogą być radioaktywne w stopniu mniejszym niż popiół węglowy, wykorzystywany do wyrobu betonu i gipsu, który dodaje się do materiałów budowlanych. W sumie po zagęszczeniu, około **20 m³** (**2 – 3 samochodów osobowych**). Wszystkie eksploatowane elektrownie jądrowe wytwarzają rocznie **3000 m³** odpadów.

ELEKTROWNIE JĄDROWE





OSŁONNA ŚCIANA BYDYNKU

żelbeton o grubości 90 cm,
siatka prętów stalowych 6.5 cm

ZBIORNIK BEZPIECZEŃSTWA

cylinder stalowy wysokość 55 m
i grubości 7.5 cm

ŚCIANA KOMORY SUCHEJ

wzmocniony beton 1.5 m,
wzmocnienia prętami stalowymi 8 cm

OSŁONA BIOLOGICZNA

beton z ołowiem 1.3 m

ZBIORNIK REAKTORA

wysokość 21 m , srednica 6.4 m,
obudowy stalowe 10 - 20 cm

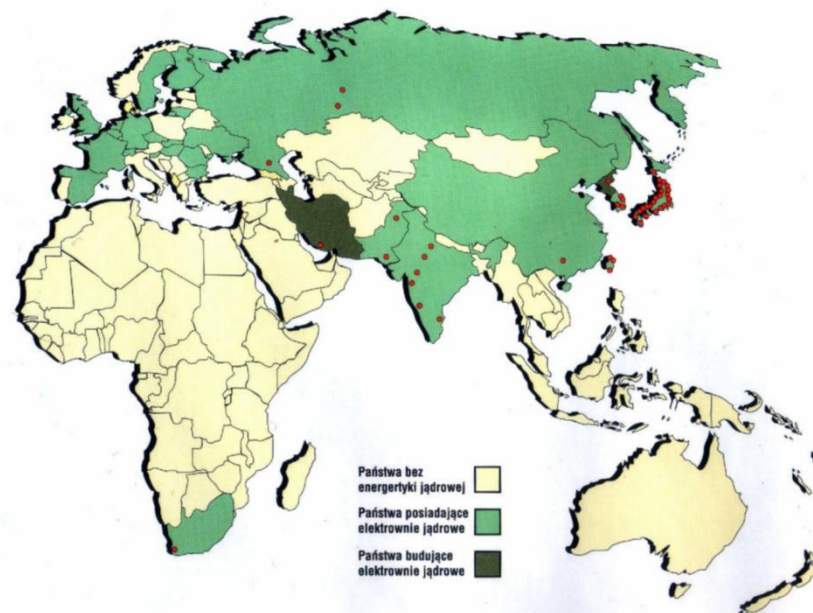
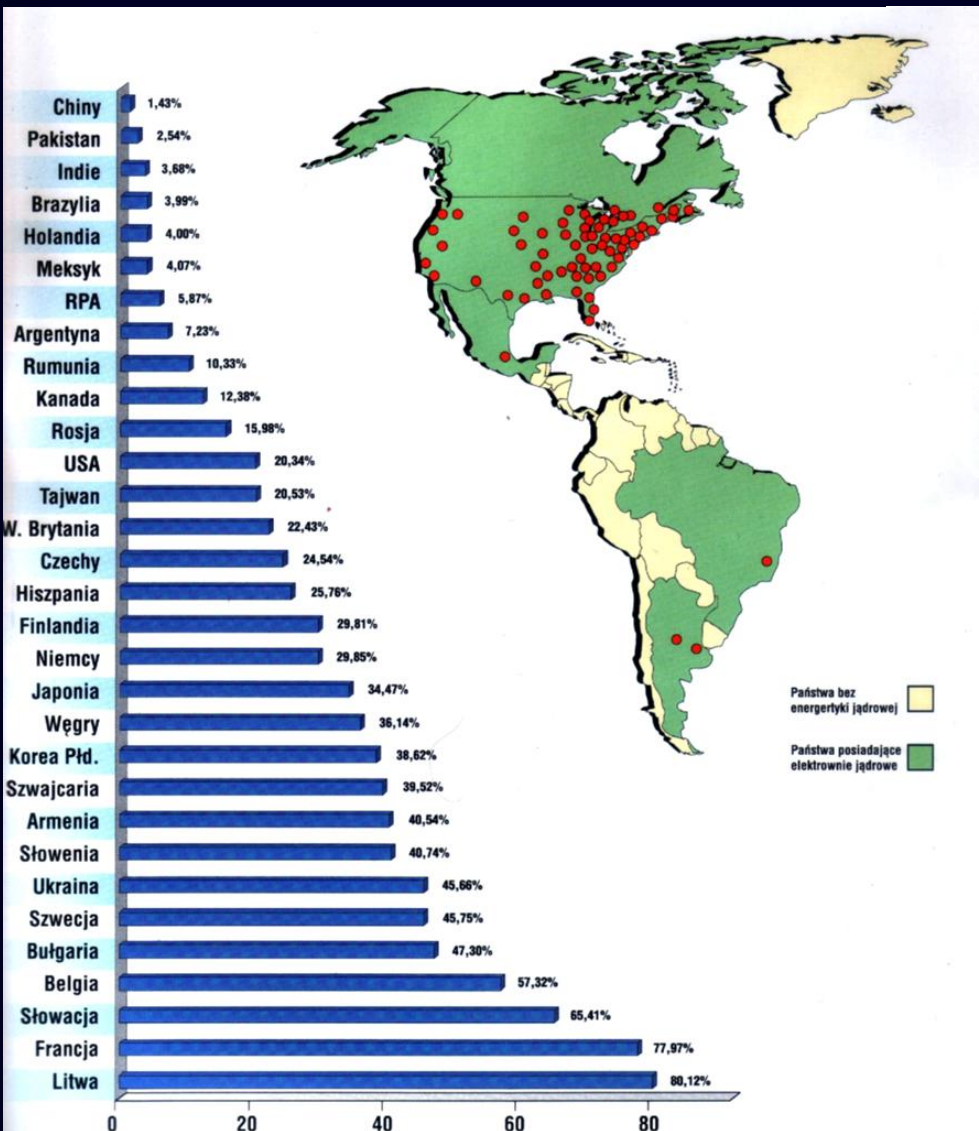
PALIWO REAKTOROWE

ŚCIANA WICHROWA

beton 45 cm, wysokość 7.3 m

PŁYTA PODESTU REAKTORA

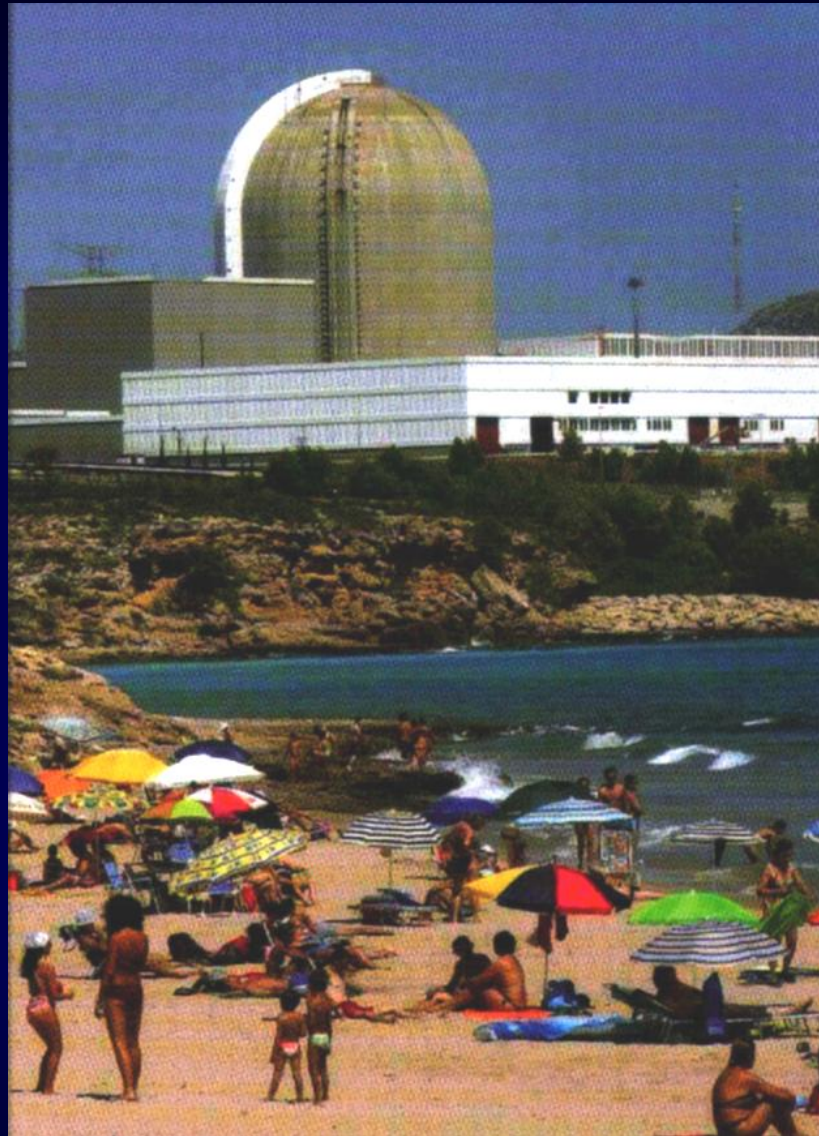
beton 1.8 m, wewnętrzna płyta
stalowa 2.5 cm



Energetyka jądrowa, dysponująca na całym świecie **433 czynnymi reaktorami, zaspokaja roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną ponad **miliarda** ludzi**

Procentowy udział energii jądrowej w produkowanej w danym kraju energii elektrycznej (rok 2002)





ELEKTROWNIA JĄDROWA - POŁUDNIOWA HISZPANIA



ELEKTROWNIA JĄDROWA - CATTENOM (FRANCJA)



ELEKTROWNIA JĄDROWA - BEZNAU (SZWAJCARIA)



ELEKTROWNIE JĄDROWE - LOVIISA I OLKILUOTO (FINLANDIA)



ELEKTROWNIA JĄDROWA - FENNOVOIMA (FINLANDIA)



ELEKTROWNIA JĄDROWA - KASHIWAZAKI-KARIWA (JAPONIA)

Elektrownia bez uszkodzeń przetrwała trzęsienie ziemi o sile 7 w skali Richtera



ELEKTROWNIA JĄDROWA - OHI (JAPONIA)

Odpady wysokoaktywne są silnie promieniotwórcze i tym samym niebezpieczne dla życia

Jednak dzięki małej objętości, odpady wysokoaktywne mogą być starannie zamknięte za licznymi barierami ochronnymi.

Wysokoaktywne odpady z eksploatacji elektrowni jądrowych nie są nigdy usuwane bezpośrednio do środowiska.

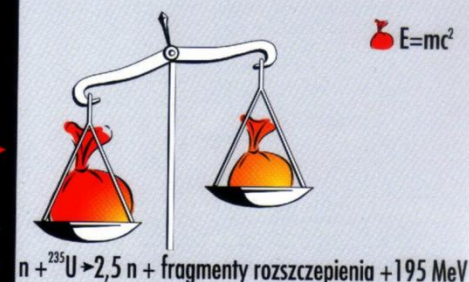
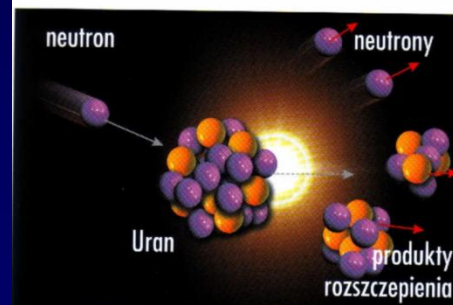
ENERGIE UZYSKIWANE Z PALIW KOPALNYCH, PALIWA JĄDROWEGO I SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ

spalenie atomu węgla: ~ 4 eV

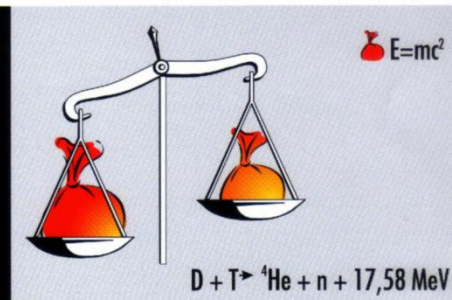
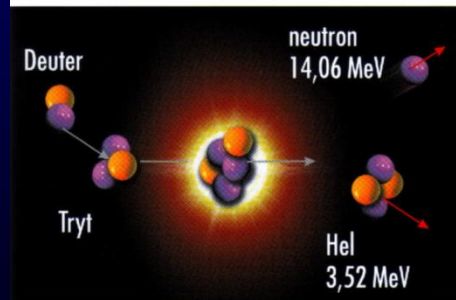


$$\begin{aligned}1 \text{ eV} &= 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\1 \text{ MeV} &= 10^6 \text{ eV} \\1 \text{ kWh} &= 2,25 \cdot 10^{25} \text{ eV}\end{aligned}$$

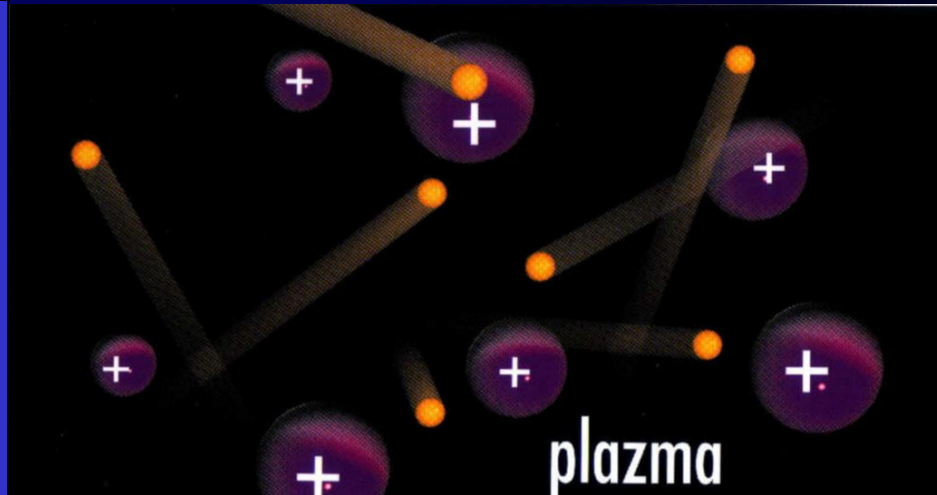
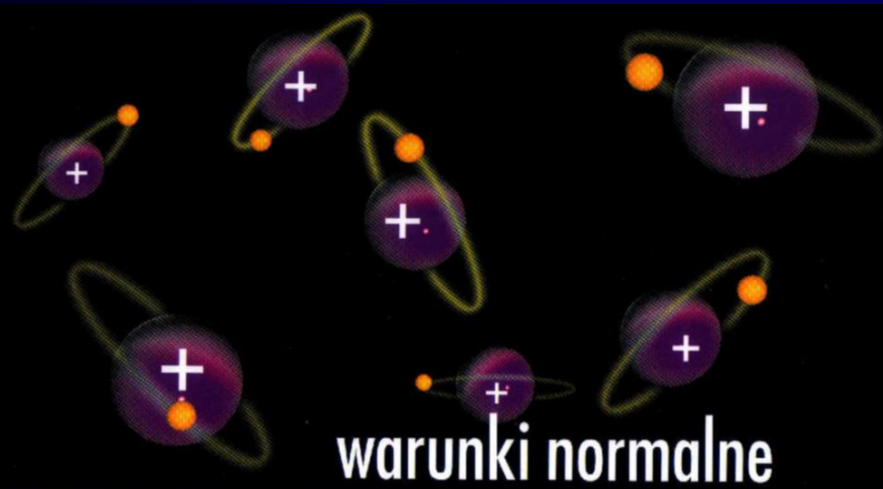
rozszczerpiecie:
 $n + {}^{235}\text{U} \rightarrow 2,5 n + \text{fragmenty rozszczerpiecia} + 195 \text{ MeV}$



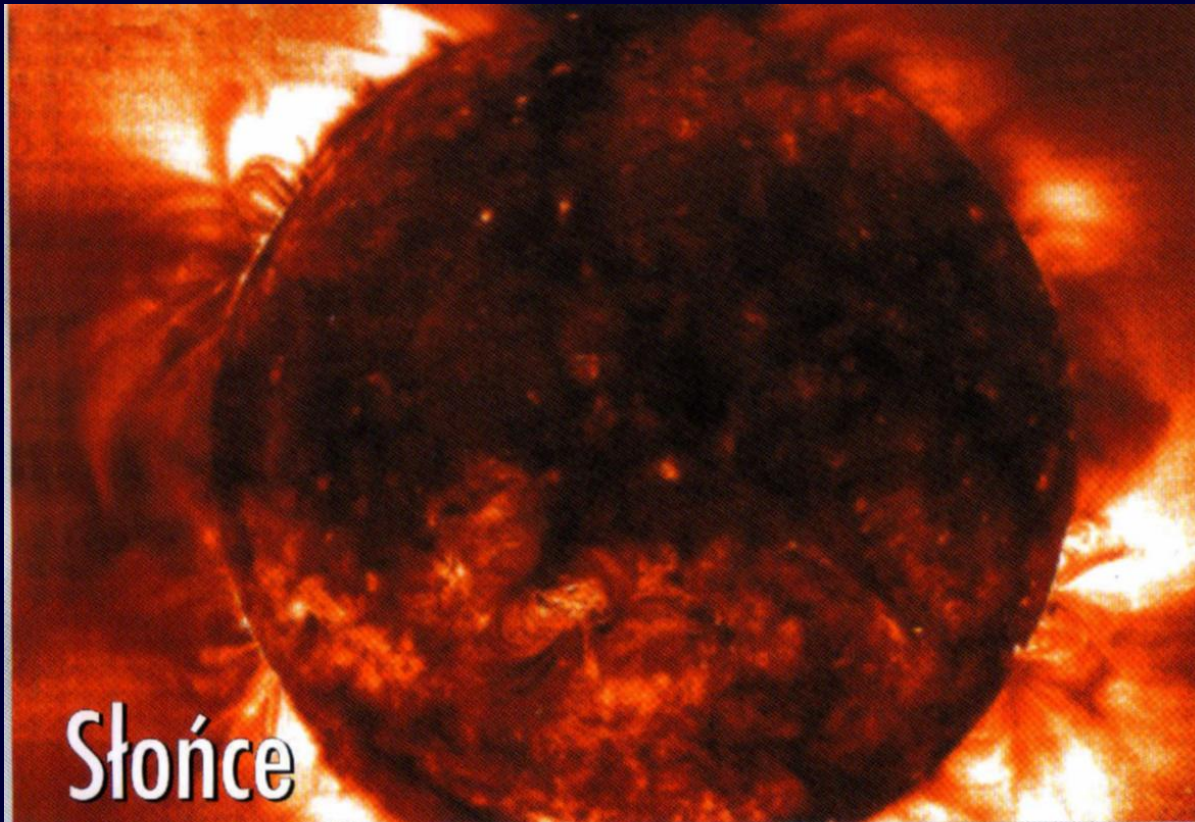
synteza termojądrowa:



PLAZMA – Wysoce zjonizowany gaz, w którym liczba swobodnych elektronów jest w przybliżeniu równa liczbie jonów dodatnich. Czasem mówi się o plazmie, że jest czwartym stanem materii.



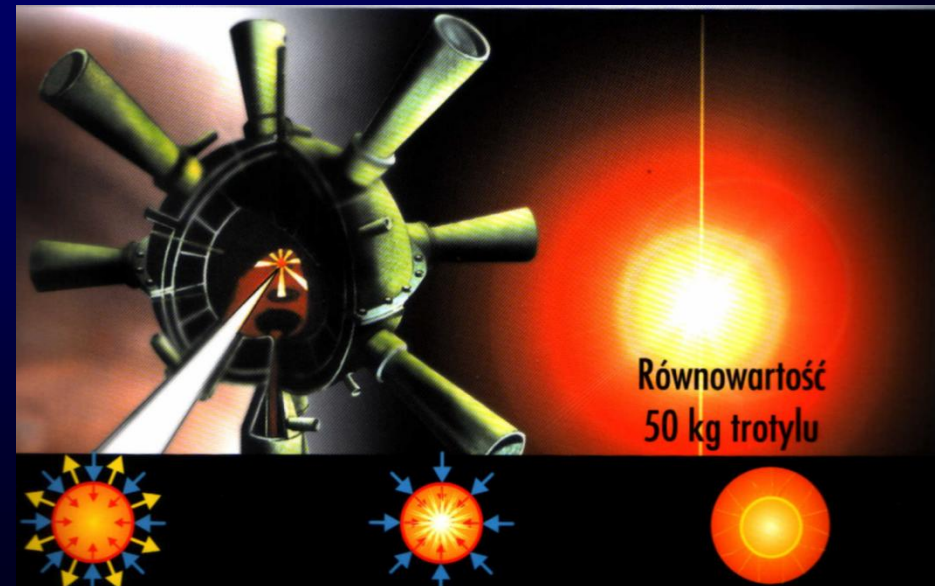
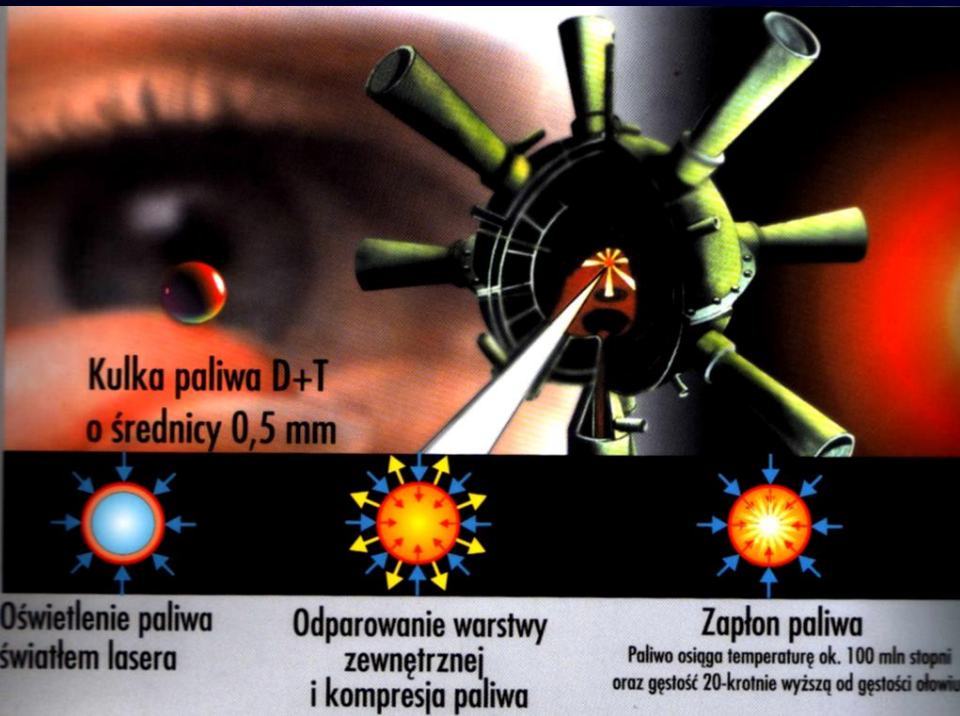
METODY UTRZYMYWANIA PLAZMY TERMOJĄDROWEJ - GRAWITACYJNA -



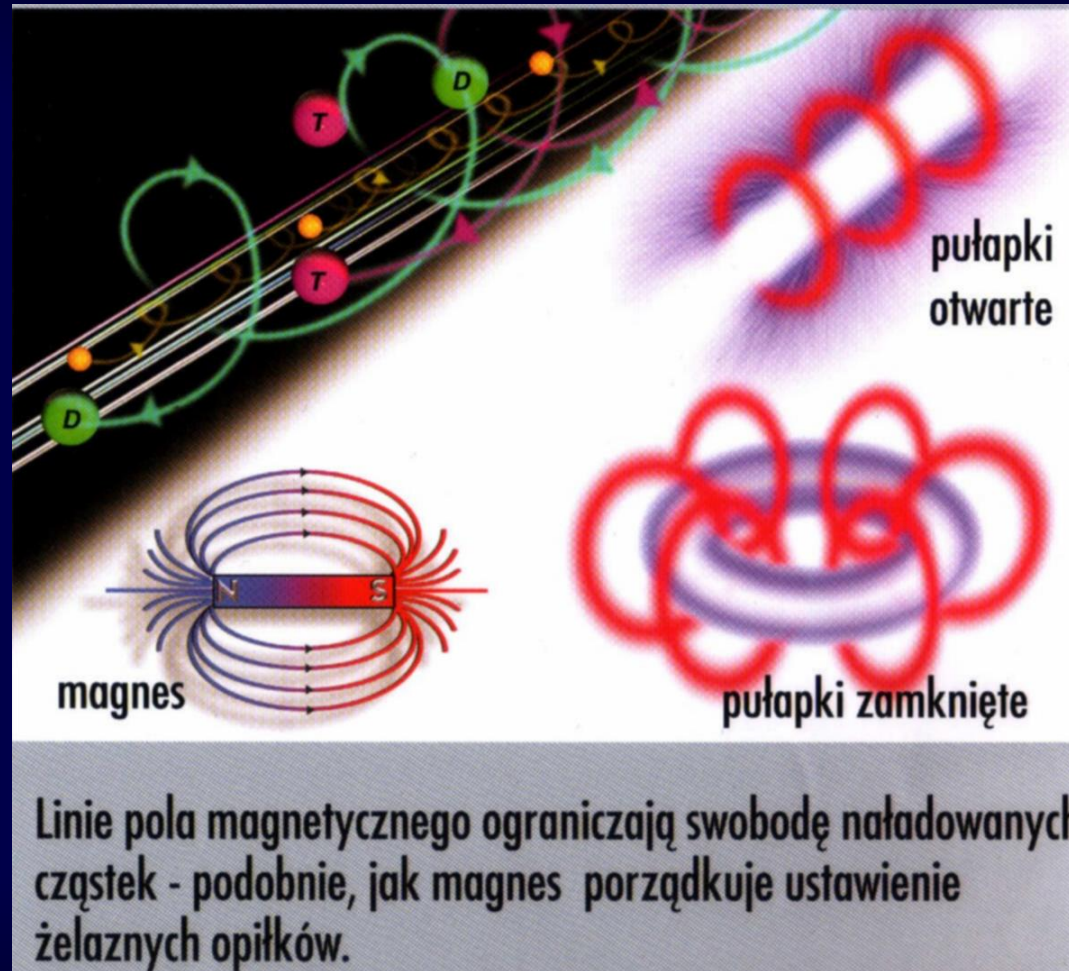
W każdej sekundzie 657 mln ton wodoru zamienia się na Słońcu w 653 mln ton helu. Brakująca masa 4 mln ton jest zamieniana na energię.

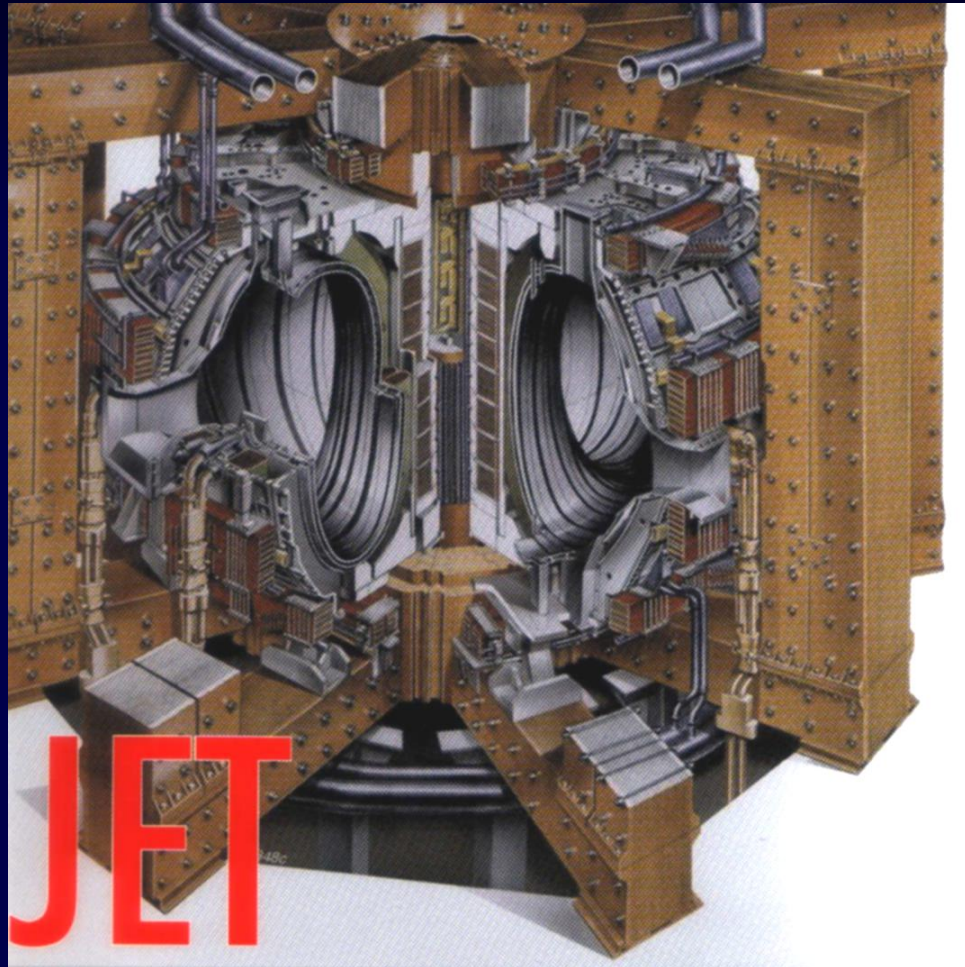
METODY UTRZYMYWANIA PLAZMY TERMOJĄDROWEJ

- INERCYJNA -



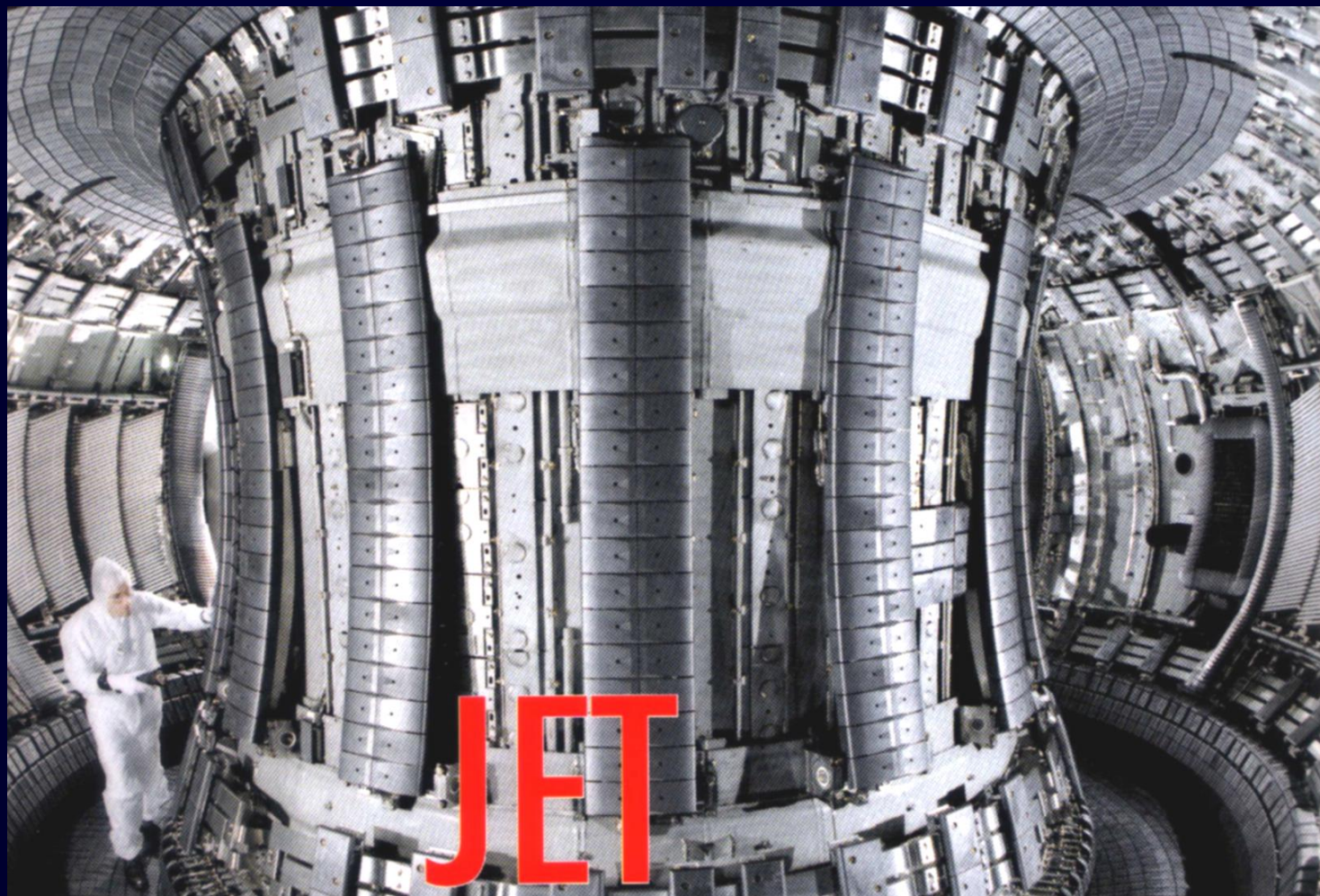
METODY UTRZYMYWANIA PLAZMY TERMOJĄDROWEJ - MAGNETYCZNA -





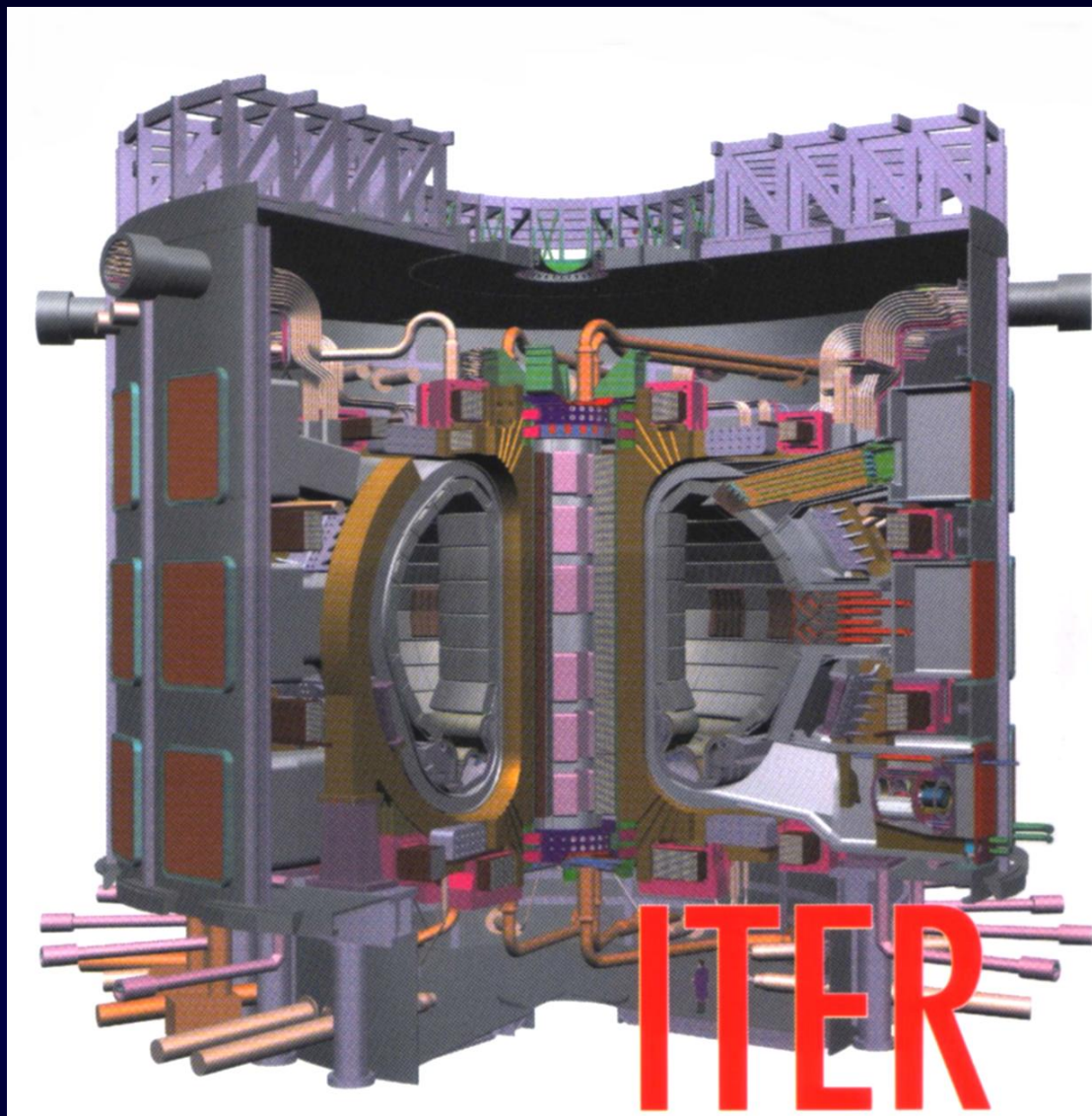
DRUGA GENERACJA UKŁADÓW TOROIDALNYCH (1985 - 2010)

JET – (*Joint European Torus*), Wspólny Europejski Torus. Duży tokamak w Culham (Anglia), na którym wykonuje się eksperymenty mające na celu uzyskanie energii termojądrowej. W eksperymentach tych uczestniczą naukowcy z różnych krajów europejskich.



DRUGA GENERACJA UKŁADÓW TOROIDALNYCH (1985 - 2010)

- Zagadnienia techniczne -



REAKTOR EKSPERYMENTALNY

- Zagadnienia techniczne -

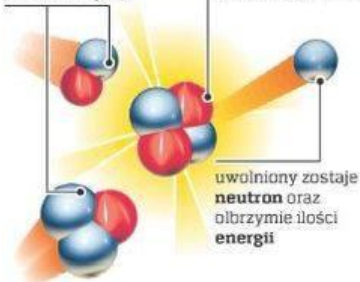
Reaktor syntezy jądrowej ITER



◀ Lokalizacja

Reaktor zostanie wybudowany we Francji. Kosztować ma 10 miliardów euro. Wytwarzać będzie 500 megawatów mocy.

Jądra izotopów wodoru (deuteru i trytu)



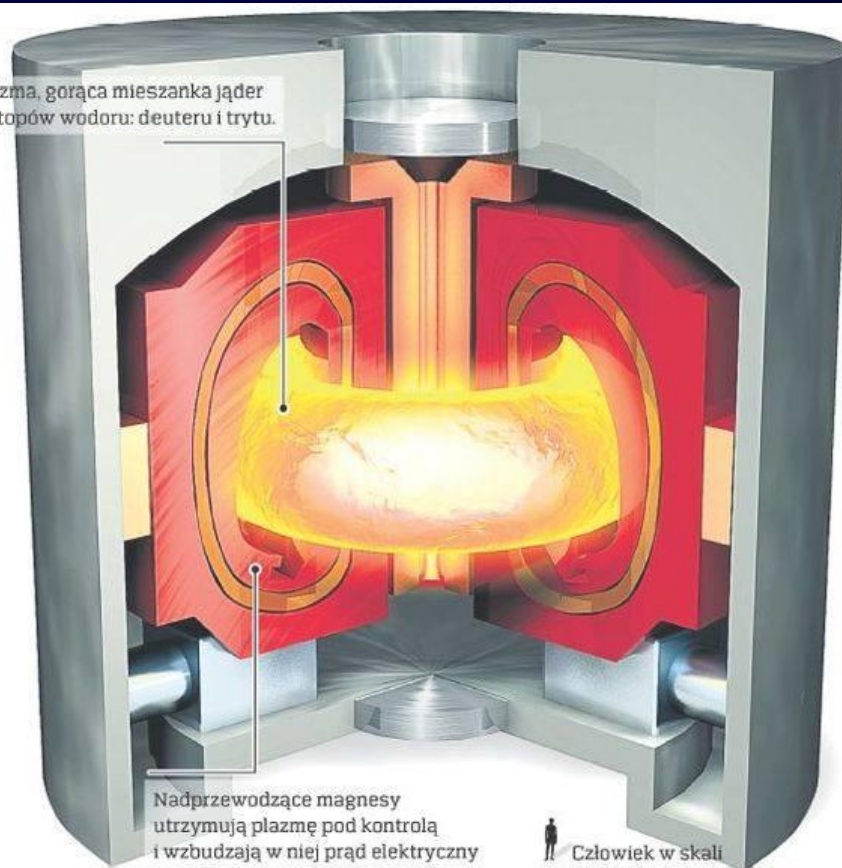
w wyniku syntez powstaje jądro helu

uwolniony zostaje **neutron** oraz olbrzymie ilości energii

◀ Fuzja jądrowa

Synteza termojądrowa to proces, jaki odbywa się na Słońcu. Aby podobny proces przeprowadzić na Ziemi, należy rozgrzać plazmę do temperatury 100 milionów stopni Celsjusza.

Plazma, gorąca mieszanica jąder izotopów wodoru: deuteru i trytu.



Nadprzewodzące magnesy utrzymują plazmę pod kontrolą i wzbudzają w niej prąd elektryczny

Człowiek w skali

INFO: REUTERS, FAV

PROTO

**PROTOTYPOWA ELEKTROWNIA
TERMOJĄDROWA (2070 - 2100)**

- Rozwiązanie przemysłowe -

RODZAJ ENERGII	PALIWO POTRZEBNA DO UZYSKANIA 1000 MW / ROK	ZNACZENIE PRAKTYCZNE
BIOPALIWA	2000 km² użytków rolnych	3 powierzchnie jeziora Genewskiego
WIATROWA	2700 wiatraków 1.5 MW każdy (25% wydajności)	468 km²
SŁONECZNA	23 km² paneli na równiku	2555 boisk piłkarskich
BIOGAZY	proces trawienia	20 000 000 sztuk nierogaczny
GAZOWA	1.2 km³	47 piramid Cheopsa
NAFTOWA	1 400 000 ton	10 000 000 baryłek ropy lub 100 supertankowców
WĘGLOWA	2 500 000 ton	26620 wagonów
JĄDROWA	35 ton UO₂	210 ton rudy uranowej
TERMOJĄDROWA	100 kg deuteru + 150 kg trytu	2850 m³ wody morskiej oraz 10 ton rudy litowej