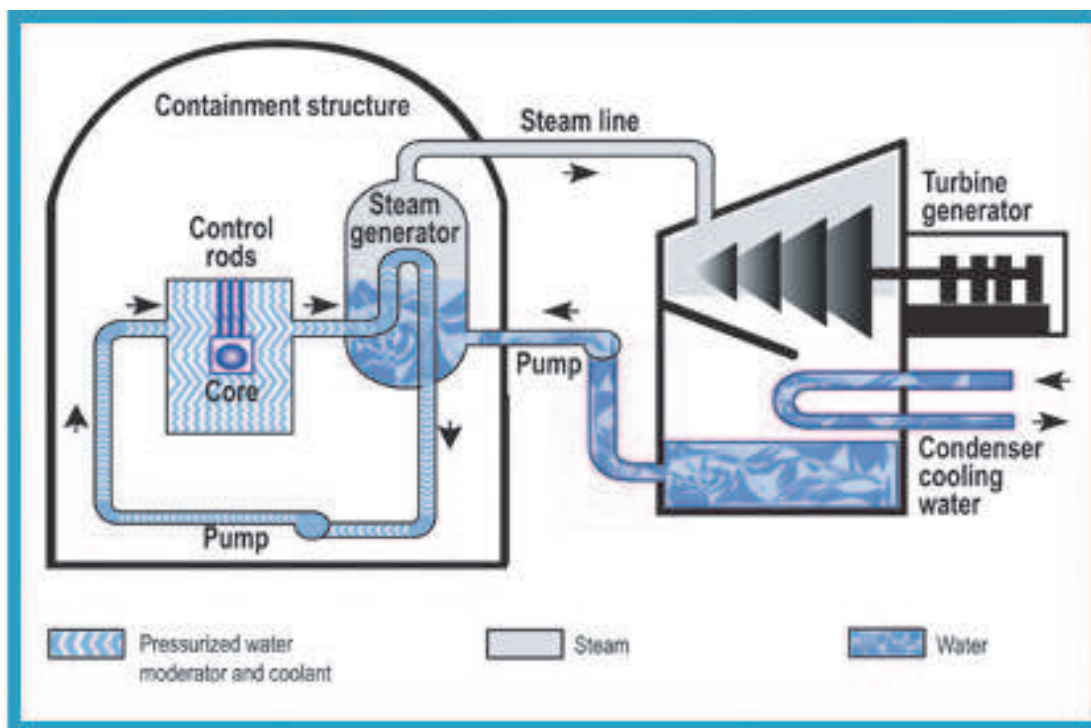


6.2. Problemy energetyki jądrowej

W rozdziale III poznaliśmy reakcje rozszczepienia jądra uranu ^{235}U . Odkrycie dokonane przez niemieckich uczonych, zostało opublikowane w lutym 1939 roku. Jak opowiadał polski noblista, fizyk, prof. Józef Rotblat⁵ „-My w Warszawie, po I Wojnie wiedzieliśmy, jakie niebezpieczeństwo niesie możliwa, nowa broń w niepowołanych rękach. I tak z kopią artykułu poleciałem 23 sierpnia do Chadwicka [odkrywcy neutronu]. Ten nie zastanawiając się, zapakował nas do Londynu. Churchill tylko spojrział i już siedzieliśmy w samolocie do Ameryki. Tak zaczął się Program <Manhattan>”⁶. W ramach tego programu został zbudowany pierwszy, eksperymentalny reaktor jądrowy. Pierwszy reaktor jądrowy dla celów wytwarzania energii elektrycznej został uruchomiony w 1954 w Związku Radzieckim.

Elektrownie jądrowe działają na zasadzie rozszczepienia uranu ^{235}U lub „półproduktu” reakcji jądrowych, plutonu ^{239}Pu (ten również ma zastosowania militarne). Reaktor jądrowy jest napełniany paliwem (np. w postaci tlenku uranu UO_2) a szybkość reakcji rozszczepiania jest kontrolowana przez wsuwanie i wysuwanie prętów z kadmu; kadm ma właściwość pochłaniania neutronów, przez co zapobiega nadmiernej szybkości reakcji.

Istotnym problemem kontrolującym przebieg reakcji jądrowej jest również tzw. moderator. Okazuje się, że jeśli neutrony mają małą prędkość, większa jest szansa na ich wychwyty przez jądro uranu⁷ a przez to prawdopodobieństwo reakcji rozszczepienia. Neutrony tracą efektywnie energię w zderzeniach z lekkimi jądrami, np. jądrem deuteru ^2H lub węgla ^{12}C . Stąd zastosowanie grafitu⁸ lub ciężkiej wody jako wypełnienia reaktora.



Ryc. 6.4. Schemat działania elektrowni jądrowej; paliwo jądrowe znajduje się w rdzeniu (*core*); pręty kontrolne (*control rods*) regulują prędkość reakcji, gorące chłodziwo (woda pod ciśnieniem) wytwarza parę wodną (*steam generator*) w wymienniku ciepła, gorąca para (*steam line*) napędza turbinę generatora (*turbine generator*), dodatkowa linia wody (*cooling water*) chłodzi parę po przejściu przez turbinę. (źródło: World Nuclear Association)

⁵ Zob. G. Karwasz Polak, *fizyk, noblista*, Głos Koszaliński, 2002

⁶ Program „Manhattan” to amerykańskie badania nad energią i bronią jądrową.

⁷ Jest tu pewna analogia z przekrojem czynnym na oddziaływanie elektronów z helem, zob. ryc. 2.59.

⁸ Awaria w Czernobylu na Ukrainie, 26.04.1996 roku polegała na zapaleniu się grafitu, w skutek nie zachowania elementarnych zasad bezpieczeństwa, co doprowadziło do przegrzania się reaktora.

W odróżnieniu od elektrowni napędzanych węglem, gazem lub ropą naftową, elektrownie jądrowe pozwalają na szybkie włączanie się do sieci, a tym samym reagowanie na zapotrzebowanie odbiorców. Wydobycie węgla wiąże się ze znacznymi zniszczeniami środowiska oraz kosztami zdrowotnymi dla osób zatrudnionych w górnictwie. Dodatkowym argumentem przeciw energetyce opartej na węglu (jak to ma miejsce w Polsce, w 90%) jest rosnąca presja dla ograniczania skutków efektu cieplarnianego.

Elektrownie jądrowe, w odróżnieniu od elektrowni napędzanych paliwami „kopalnymi” jak węgiel i ropa naftowa zużywają bardzo małe ilości wsadu. Elektrownia o mocy 1 GW zużywa dziennie 1 kg uranu lub plutonu; aby uzyskać podobną ilość energii z węgla trzeba spalić go 3 tys. ton (uwalniając do atmosfery tysiące ton CO₂). Całkowita moc elektrowni jądrowych na świecie to 340 GW. Francja wytwarza 79% energii elektrycznej w swoich 59 elektrowniach jądrowych; energia elektryczna we Francji należy do najtańszych w Europie.

Problemem pozostaje przechowywanie odpadów radioaktywnych, ale na kuli ziemskiej istnieją obszary geologicznie stabilne od 2-3 miliardów lat. Większym znacznie problemem jest natomiast wyczerpywanie się tradycyjnych paliw kopalnych: węgla kamiennego powinno wystarczyć na 200 lat, gazu ziemnego na 55 lat ale ropy naftowej na mniej niż 40 lat⁹. Bilans pokazujemy na ryc. 6.5.

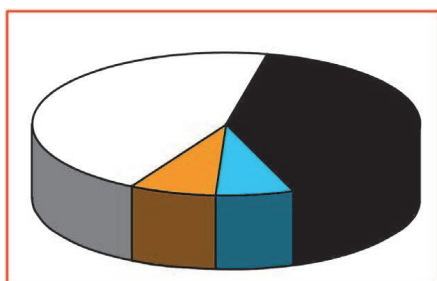
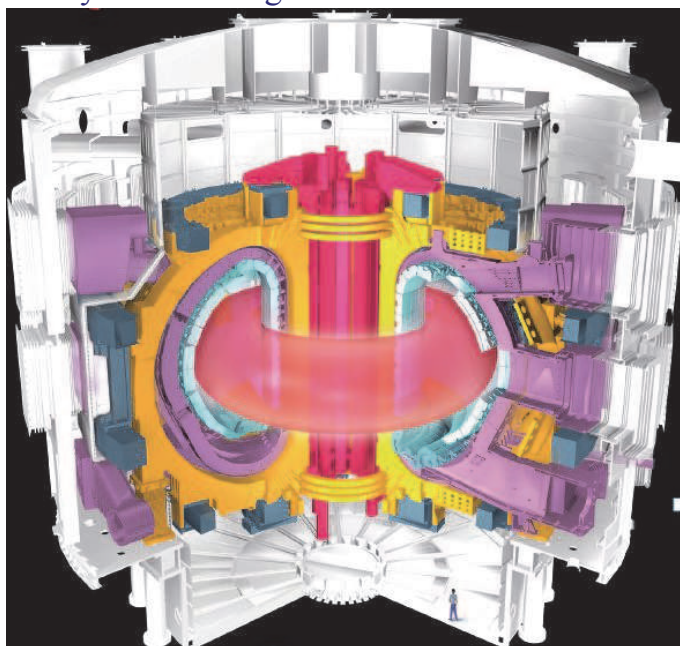


Fig. 6.5. Zasoby paliw kopalnych w skali świata: kolor czarny – węgiel kamienny (200 lat); niebieski – gaz ziemny (ok. 50 lat); żółty – ropa naftowa (ok. 40 lat); pozostała część zasobów już została przez ludzkość skonsumowana (Źródło: „Nature” 20.11.2002)

Oprócz różnorodnych „alternatywnych” źródeł energii elektrycznej, jak ogniwa fotowoltaiczne, bio-gaz, energia wiatrowa, intensywne prace są prowadzone nad kontrolowaną syntezą termojądrową. W procesie syntezy jąder helu z deuteru i trytu udało się już uzyskać produkcję netto energii (16 MW) a założonym celem nowego centrum ITER w południowej Francji jest produkcja 500 MW mocy. (Dla porównania, jest to moc 250 „wiatraków” o długości śmigieł 40 m). Koszt instalacji ITER to 13 mld euro ale trudno przecenić możliwe korzyści technologiczne.



Ryc. 6.6. Schemat próbnego reaktora do kontrolowanej syntezy termojądrowej ITER we Francji; sercem urządzenia zwanego „tokamak” jest sznur plazmy o temperaturze 150 mln K utrzymywanej w komorze z próżnią za pomocą gigantycznych magnesów nadprzewodzących; dla porównania rozmiarów – sylwetka człowieka w prawym dolnym rogu; koszt instalacji 13 mld euro (Źródło: ITER)

⁹ „Nature”, 20.11.2002