

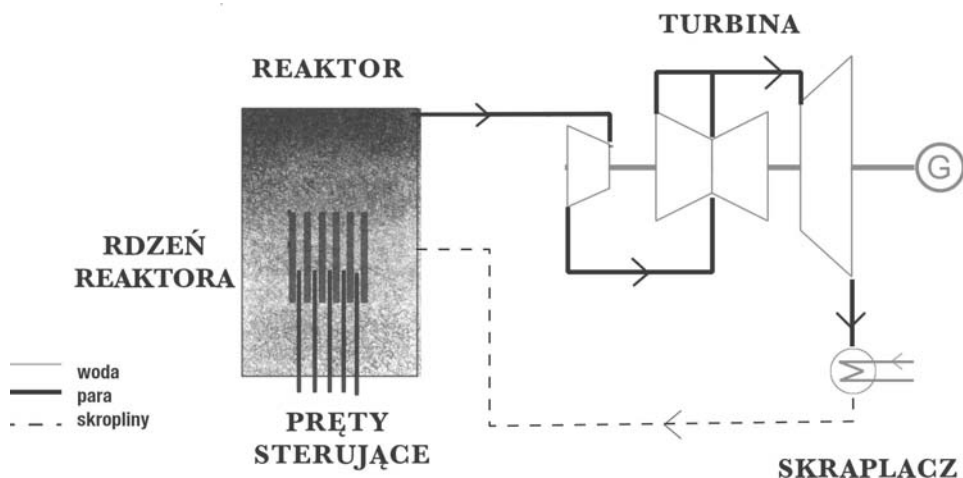
1.1.3. Elektrownie jądrowe

Poza znacznie zaawansowanymi systemami bezpieczeństwa zasada funkcjonowania elektrowni jądrowej właściwie niewiele się różni od elektrowni węglowej. Również tutaj potrzebne jest źródło ciepła, które pozwoli na wytworzenie pary wodnej napędzającej turbogenerator. W większości wypadków paliwem jądrowym jest uran ^{235}U . W złożach naturalnych uran zawiera głównie izotop ^{238}U , podczas gdy ^{235}U stanowi 0,75% masy złoża. Aby można było wykorzystywać uran w elektrowni jądrowej, należy go wzbogacić, tak aby zawierał 3–5% pożądanego izotopu. Wzbogacanie uranu polega na przekształceniu uranu za pomocą fluoru w gaz, a następnie wykorzystaniu różnicy ciężaru obu izotopów (^{235}U jest lżejszy). Stworzony gaz przepuszcza się przez wirówki, membrany lub kanaliki, a różnica ciężarów powoduje rozdzielenie cięższej składowej od lżejszej. Czasami konieczne jest szeregowe łączenie kilku metod, jednak na końcu uzyskamy gaz z większą niż naturalnie zawartością uranu. Wzbogacony gaz następnie przetwarzany jest w pastylki paliwowe o średnicy ok. 1 cm, którymi wypełnia się ochronne koszulki paliwowe. W ten sposób powstają pręty paliwowe dostarczane do reaktora.

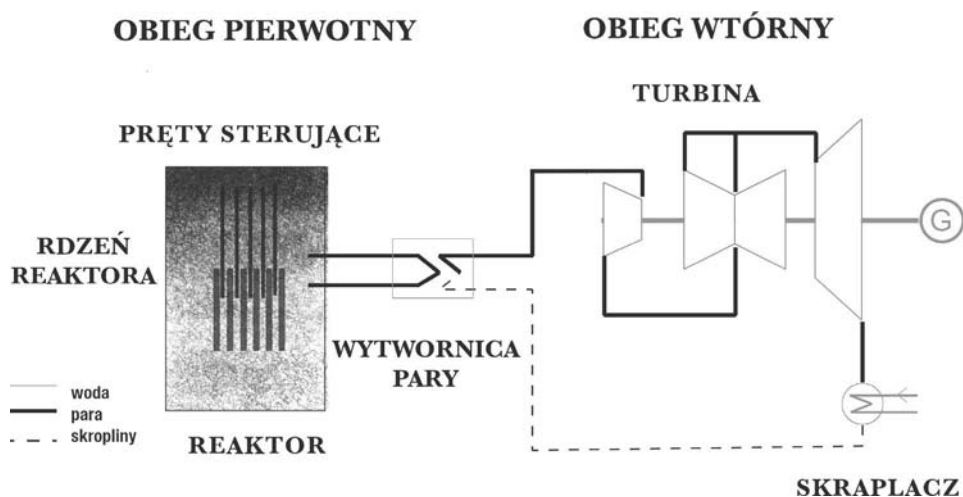
W przeciwieństwie do węgla paliwo jądrowe nie jest spalane. W reaktorze wykorzystuje się kontrolowaną reakcję rozszczepienia jąder atomowych uranu ^{235}U . Reakcja rozszczepienia jest reakcją łańcuchową, co oznacza, że neutrony wyzwalające się w czasie rozszczepienia wywołują rozczepienie następnych neutronów. Jeżeli liczba neutronów powstających w reaktorze jest równa liczbie neutronów pochłanianych, reaktor pracuje normalnie, tzn. jest w stanie krytycznym (jest to stabilny, pożądaný stan pracy reaktora). Aby utrzymywać odpowiedni bilans neutronów, w reaktorze oprócz prętów paliwowych występują moderator, czyli substancja spowalniająca neutrony, oraz pręty regulacyjne, które składają się z materiałów pochłaniających neutrony. Tak samo działają też pręty bezpieczeństwa, które służą do awaryjnego wyłączenia reaktora. Rozszczepieniu towarzyszy wydzielanie energii, która jest odprowadzana z reaktora za pomocą chłodziwa i wykorzystywana do podgrzania pary wodnej zasilającej turbinę.

Najczęściej spotykanymi obecnie reaktorami są reaktory, w których moderatorem oraz chłodziwem jest woda. Para jest wytwarzana przez odbieranie ciepła z rdzenia reaktora. W elektrowniach z wodnym reaktorem wrzącym (BWR – *Boiling Water Reactor*) obieg wody jest jeden, a więc woda odgrywa zarówno rolę moderatora, jak i czynnika chłodzącego w cyklu parowo-wodnym (rys. 1.7). Z kolei w elektrowniach z reaktorem wodnym ciśnieniowym (PWR – *Pressurised Water Reactor*) występują dwa obiegi wody, dzięki czemu radioaktywny czynnik nie przepływa przez turbinę (rys. 1.8).

W latach 50. i 60. XX w. cywilne zastosowania energii jądrowej budziły duże nadzieje społeczeństwa na czystą i bezpieczną energię w nieograniczonych ilościach. Niestety wypadki z Three Mile Island, Czarnobyla czy Fukushima spowodowały nie tylko ostudzenie tego entuzjazmu, ale też narastające obawy przed energetyką jądrową jako technologią, której awarii nie można opanować. Skutkiem tych obaw było zahamowanie rozwoju elektrowni jądrowych w USA, gdzie zrezygnowano z kilkudziesięciu planowanych tego rodzaju obiektów. Obecnie w USA są budowane tylko



Rys. 1.7. Uproszczony schemat reaktora typu BWR



Rys. 1.8. Uproszczony schemat reaktora typu PWR

dwa bloki jądrowe w stanie Georgia: Vogtle 3 oraz Vogtle 4. Są to reaktory typu PWR o mocy brutto 2250 MW. Ich rozbudowa rozpoczęła się w 2009 r. i na obecnym etapie można mieć nadzieję, że zostaną uruchomione w 2023 r.

W Europie w budowie są tylko trzy elektrownie jądrowe: Olkiluoto 3 w Finlandii w technologii PWR o mocy 1600 MW, której budowa rozpoczęła się w 2005 r. i być może zostanie zakończona w 2023 r. Podobny blok wytwórczy powstaje we Francji we Flamanville. Budowę rozpoczęto w 2007 r., a stan zaawansowania pozwala mieć nadzieję na uruchomienie tego bloku w ciągu kilku najbliższych lat. W początkowym