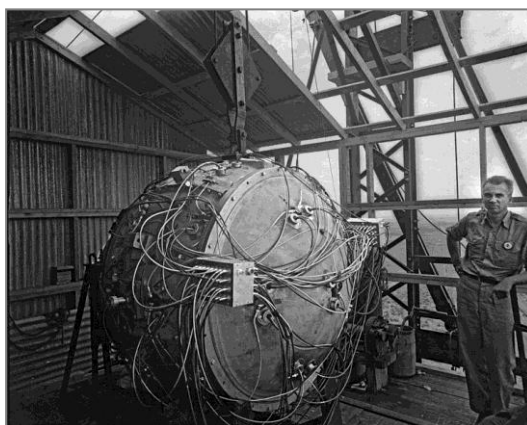


◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

Atombomba. Atomerőmű

A *láncreakció* alapvetően kétféle módon mehet végbe: *robbanásszerűen* az atombombában, valamint *szabályozottan* az atomreaktorokban és az atomerőművekben.

Az *atombomba* a kritikus tömegnél nagyobb mennyiségű hasadóanyagot tartalmaz. Ezt azonban *több részre osztva*, úgy helyezik el a bombában, hogy az egyes részek tömege a kritikus tömegnél kisebb legyen. Az atombomba felrobbantásakor ezeket a részeket hagyományos robbanótöltet segítségével egymásba lövik. A láncreakciót ilyenkor a kozmikus sugárzásból származó neutronok indítják be. A hasadási termékek mozgási energiája sorozatos ütközésekkel felmelegíti a bomba anyagát; a hőmérséklet meghaladja a 10 000 000 °C-ot is.



Az *első kísérleti atombombát* az Amerikai Egyesült Államokban robbantották fel az Új-Mexikó szövetségi államban fekvő Alamogordo közelében, 1945. július 16-án.



A következő két atombombát már katonai célokra használták: a II. világháború végén Japán ellen vetette be őket az USA. *Hirosima* fölött 1945. augusztus 6-án, *Nagaszaki* fölött pedig 1945. augusztus 9-én robbantottak atombombát. Az áldozatok száma Hirosimában 72 000 halott és 80 000 sebesült, Nagaszakiban 40 000 halott és 25 000 sebesült. Azóta csak kísérleti robbantásokat hajtottak végre.

Az atomreaktorokban szabályozott láncreakció jön létre. Ilyenkor az adott idő alatt bekövetkező hasadások száma, és emiatt a reaktor teljesítménye huzamosabb időn keresztül állandó. Az atomreaktoroknak több típusa van, a továbbiakban olyan reaktorok működését tárgyaljuk, amelynek Pakson is üzemelnek. Ezek az úgynevezett nyomottvizes atomreaktorok.

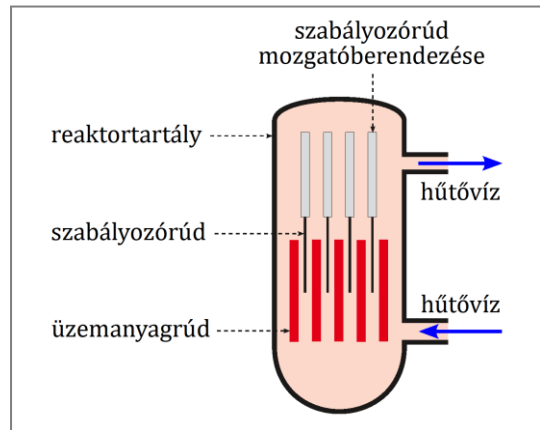


A reaktorok üzemanyag urán. A természetes uránban a hasadásra képes 235-ös tömegszámú izotóp csak 0,7 százalékban fordul elő, a maradék 99,3 százalék 238-as tömegszámú uránizotóp. Ez utóbbi nem hasad, sőt hasadás nélkül elnyeli azokat a lassú neutronokat, amelyek sebessége a sorozatos ütközések miatt egy adott érték alá csökken. Ezért a 235-ös uránizotóp arányát 3–5 százalékra növelik, ezt az eljárást dúsításnak nevezik.

Mivel hasadás csak a 235-ös uránmagok és termikus neutronok kölcsönhatásaként jöhet létre, a szabályozott láncreakcióhoz a következőket kell biztosítani:

- A hasadáskor keletkező gyors neutronokat ideiglenesen ki kell hozni az uránból, egyébként lelassulva a 238-as uránmagok elnyelnék őket.
- A gyors neutronokat könnyű atommagokkal való ütközésekkel le kell lassítani, mert csak a termikus neutronok hoznak létre hasadásokat. A neutronlassító anyagot *moderátornak* nevezzük.
- A felesleges neutronokat valamilyen *neutronelnyelő* anyagban el kell nyeletni. Ezek mennyiségének változtatásával a hasadások száma szabályozható.
- Megfelelő számú termikus neutront vissza kell juttatni az uránba, hogy ott újabb hasadást hozzanak létre.
- A láncreakció során fejlődő hőt valamilyen hűtőközeg (többnyire víz) átáramoltatásával el kell vezetni.

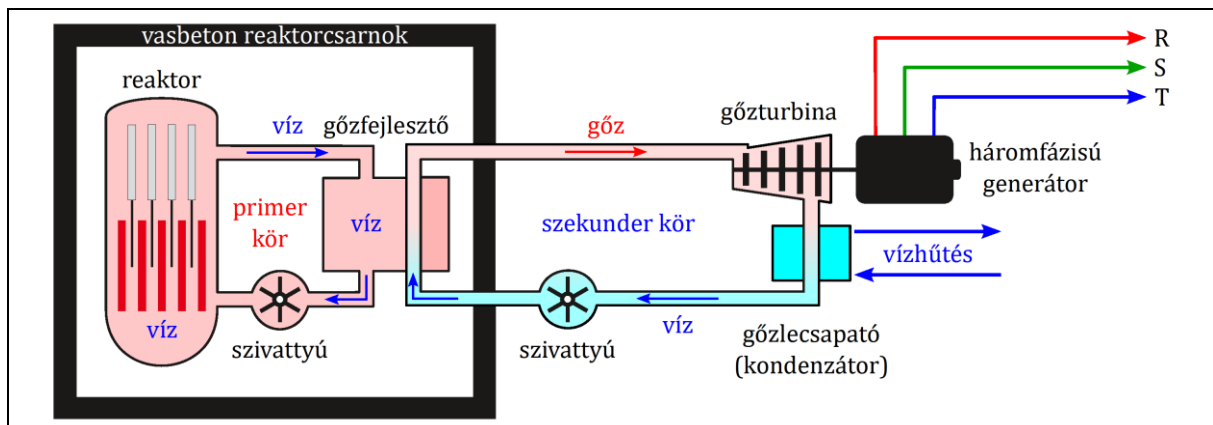
A reaktorban a kritikus tömegnél nagyobb mennyiségű hasadóanyag van, ezt azonban itt is szétszórva, üzemanyagrudakban helyezik el. Az üzemanyagrudak uránoxid fűtőelemeket tartalmazó, lezárt cirkóniumcsövek. Az üzemanyagrudak között neutronelnyelő anyagból (kadmium) készült, mozgatható szabályozórudak vannak. Az üzemanyag- és



szabályozórudak közötti teret víz tölti ki, ez a moderátor és a hűtőközeg is egyben. Az üzemanyagrudak által elfoglalt térrészt aktív zónának nevezzük. Az aktív zónát és a szabályozórudakat az acéllemezéből és betonból készült reaktortartály veszi körül.

A láncreakció beindításához a neutronelnyelő kadmiumrudakat lassan kihúzzák az aktív zónából. A kozmikus sugárzásban mindig megtalálható néhány neutron, ezek indítják el az első hasadást. A keletkező gyors neutronok többsége a vékony fűtőelemekből úgy jut ki, hogy közben alig ütközik 238-as uránatomokkal. Emiatt lényegesen nem veszítenek sebességükből és így nem nyelődnek el. A vízben levő hidrogénatomokkal történő ütközés következtében azonban a gyors neutronok mozgási energiájuk nagy részét leadják, ezáltal termikus neutronná válnak. A termikus neutronok egy része visszajut az üzemanyagrudak belsejében levő fűtőelembe, és ott újabb hasadást hoz létre.

Ha a szabályozórudakat az aktív zónából kijebb húzzák, akkor az adott idő alatt bekövetkező hasadások száma és ezzel együtt a reaktor teljesítménye is nő. A rudak visszatolásával a teljesítmény csökkenthető. A szabályozórudakon kívül további elnyelőrudak (biztonsági rudak) szolgálnak arra, hogy üzemzavar vagy veszély esetén az aktív zónába tolva leállítsák a reaktort. A fejlődő hő felmelegíti az aktív zónán átfolyó hűtővizet. Ezt a hőt az atomerőművekben villamosenergia-termelésre használják.



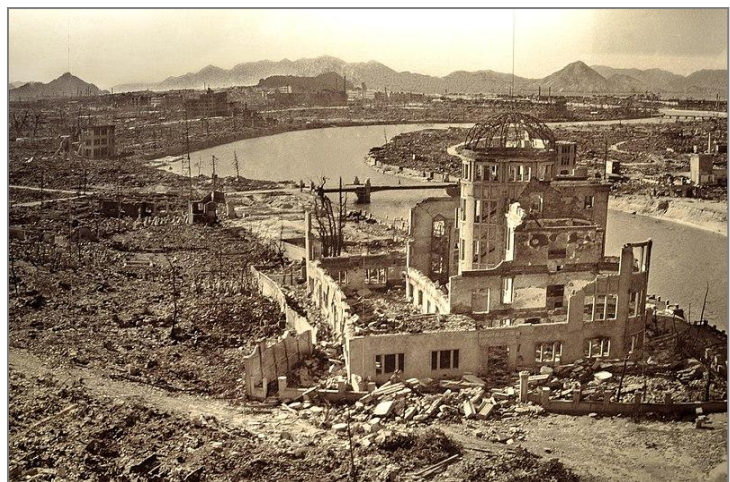
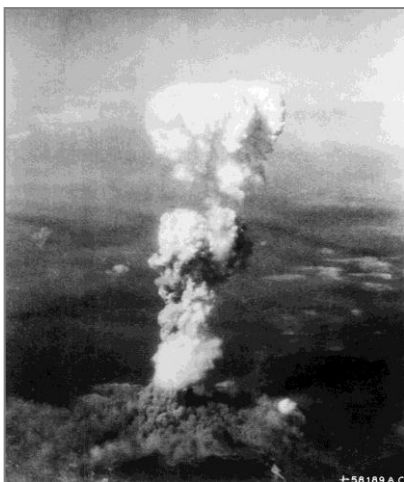
1988-tól kezdve a magyarországi villamosenergia-termelés kezdetben 40 százalékát, a 2009-ben befejezett korszerűsítést követően pedig 50 százalékát a paksi atomerőműben állítják elő. Az éves termelés 14 000 GWh körül mozog.

Kiegészítések

1. Az amerikai atombomba előállításának kezdeményezője *Szilárd Leó* (1898–1964) volt. Szilárd kérésére az Egyesült Államokban élő *Albert Einstein* (1879–1955) levélben fordult *Franklin Delano Roosevelt* (1882–1945) amerikai elnökhöz. Ebben a Szilárd által javasolt levélben Einstein azt kérte, hogy az USA a hitleri Németországot megelőzve fejlessze ki az atombombát.

A bomba kifejlesztésére Új-Mexikóban, *Los Alamos*ban kutatócsoportot hoztak létre. A *Manhattan-terv* fedőnevű akció tudományos vezetője *Robert Oppenheimer* (1904–1967) lett. A terv megvalósításán számos Amerikába menekült tudós dolgozott. Köztük volt az olasz *Enrico Fermi* (1901–1954), a magyar *Szilárd Leó*, *Teller Ede* (1908–2003), *Wigner Jenő* (1902–1995), *Neumann János* (1903–1957) is.

Mivel a bomba elkészültekor a háború Európában már befejeződött, ezért többen ellenezték a bomba bevetését. Szilárd petíciót fogalmazott az elnöknek, amelyet mintegy 150 tudóstársa (köztük *Wigner Jenő*) is aláírt. Ebben azt javasolták, hogy Japánnak csupán demonstrálják a bomba hatását, de ne vessék be japán városok ellen. Az Egyesült Államok végül mégis az atombombák bevetése mellett döntött.



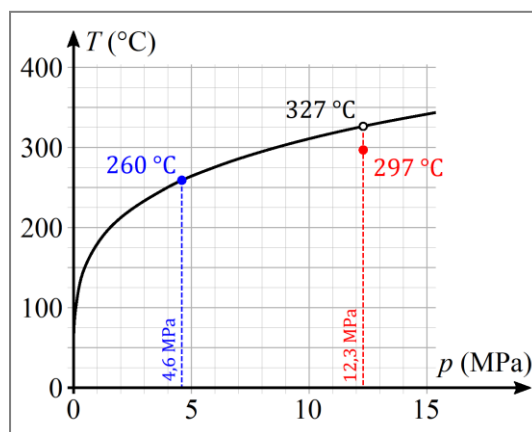
A Hirosima és Nagaszaki elleni atombomba-támadást követően Japán egy héten belül megadta magát, és ezzel befejeződött a második világháború.

2. Az első energiatermelő reaktort az Egyesült Államokban építették 1951-ben, ennek teljesítménye azonban még csak 250 kW volt. Az első olyan atomerőmű, amely az elektromos hálózatra dolgozott, a Szovjetunióban, Obnyinszkban épült 1954-ben. Teljesítménye 5000 kW volt, 2002-ben állították le.
3. A paksi atomerőmű építése 1974-ben kezdődött, és az első blokkban 1982. december 14-én indult be a láncreakció. Az erőmű teljes kiépítése 1988-ban fejeződött be.



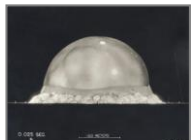
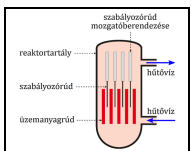
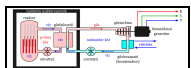
Az erőműben négy, egymástól független reaktorblokk van, egy-egy blokk hőteljesítménye eredetileg 1375 MW, villamos teljesítménye 460 MW volt, de az időközben végrehajtott korszerűsítésekkel a hőteljesítmény 1485 MW-ra, a villamos teljesítmény 500 MW fölé nőtt. Az aktív zóna magassága 2,5 m, átmérője 2,88 m. Az aktív zóna töltete 42 tonna urán-oxid (UO_2). Egy-egy feltöltéssel 250–300 napig üzemelnek, ezt követően az üzemanyagrudakat átrendezik (átrakják). Erre azért van szükség, mert a közepén levő rudakban több hasadás történik, így onnan hamarabb elfogy az urán-235 üzemanyag.

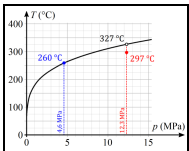
4. A paksi erőmű reaktorai úgynevezett nyomottvizes reaktorok. Ez azt jelenti, hogy a reaktorban lévő víz nagy nyomáson van, így forráspontja 100°C -nál magasabb. (Lásd [A forrás](#) című fejezetben.) Pakson például a nyomás 12,3 MPa (123 bar), így a reaktorban 297°C -ra melegedő hűtővíz sem forr fel. Ezzel a vízzel a szekunder körben 4,6 MPa (46 bar) nyomáson 260°C -os gőzt fejlesztenek.



5. Ezen fejezet írásakor már folyik a *Paks II.* atomerőmű építése a jelenlegi paksi atomerőmű közvetlen szomszédságában. Az új atomerőműnek két, egyenként 1200 MW villamos teljesítményű blokkja lesz.

Képek jegyzéke

	Az első kísérleti atombomba a helyszíni összeszereléskor (1945. 07. 15.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.4G.053_(10540204545).jpg
	Az első atombomba robbanása (0.025 s, USA, Alamogordo, 1945. 07. 16.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.4G.043_(10537700246).jpg
	Az első atombomba robbanása (4 s, USA, Alamogordo, 1945. 07. 16.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.4G.045_(10537740225).jpg
	Az első atombomba robbanása (9 s, USA, Alamogordo, 1945. 07. 16.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HD.4G.046_(10537740245).jpg
	A paksi atomerőmű W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paksi_atomer%C5%91m%C5%B1-2.JPG
	Atomreaktor vázlatrajza © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0717.svg
	Atomerőmű vázlatrajza © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0718.svg
	A hirosimai atombomba-robbanás gombafelhője (1945. 08. 06.) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomic_cloud_over_Hiroshima_-_NARA_542192_-_Edit.jpg

	Hiroshima központja a robbanás után (1945) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hiroshima_DSC_3123_(6248212356).jpg
	A paksi atomerőmű építése (1979) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Az_Atomer%C5%91m%C5%B1_%C3%A9p%C3%ADt%C3%A9se._Fortepan_89227.jpg
	A paksi atomerőmű blokkvezérlő terme W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Az_ir%C3%A1ny%C3%ADt%C3%B3terem.jpg
	Víz $T_{\text{forr}}-p$ grafikonja (a paksi erőmű primer és szekunder kör adataival) © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0719.svg

Jelmagyarázat:

© **Jogvédelem** anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---