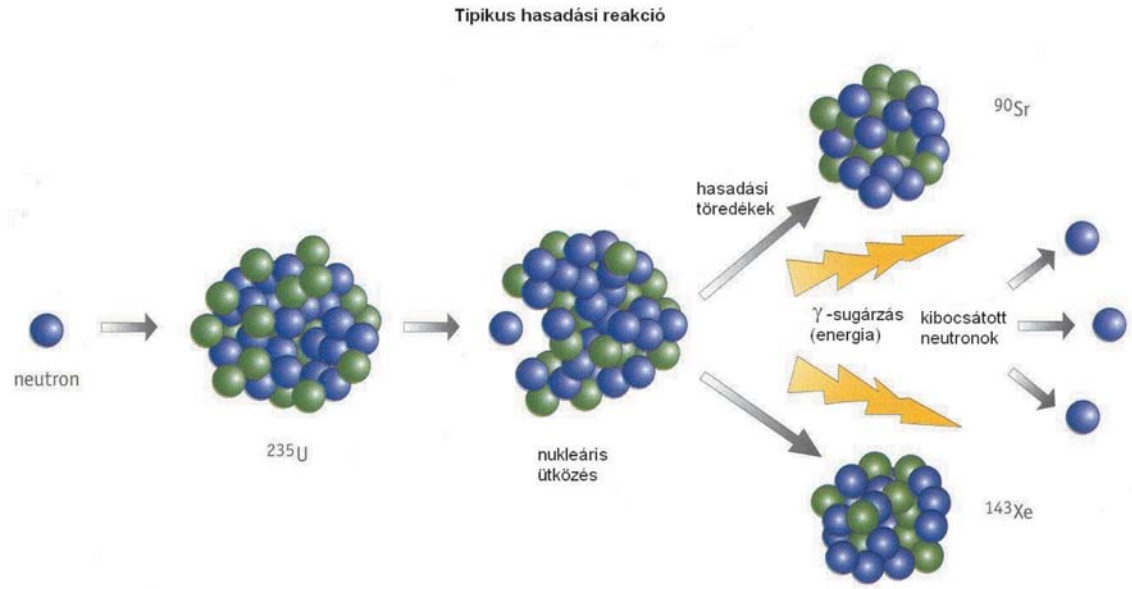
A nukleáris energiatermelés alapjai

Bizonyos nehéz atommagok neutronnal való ütközés során kisebb atommagokra hasadnak. A maghasadáskor energia szabadul fel, melynek túlnyomó része hővé alakítható. Az atomreaktorban a felszabaduló hővel vizet melegítenek, így közvetlenül vagy közvetve gőzt állítanak elő. Ez a gőz hajtja meg a turbinát, és azon keresztül a villamos energiát termelő generátort.



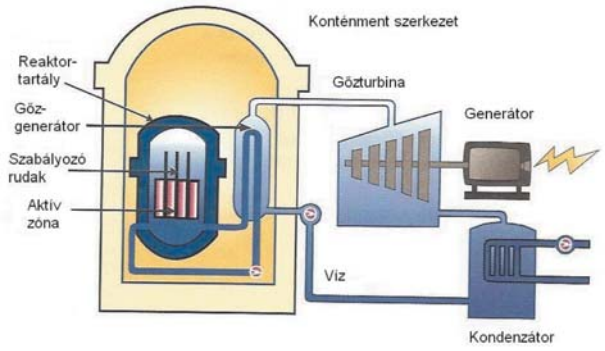
A hasadás során keletkező ún. hasadványok nem stabilak és tovább bomlanak. A bomlási idő mérőszáma a felezési idő, amely azt az időt mutatja meg, amennyi idő alatt az eredeti radioaktív anyag mennyisége a felére csökken. A felezési idő széles korlátok között – a másodperc tört részétől több ezer évig – változhat, azonban adott izotópra mindig azonos. A hasadást követően a kirepülő maradványmagok elkezdenek ütközni a közeli atomokkal, mozgási energiájuk legnagyobb része hővé alakul, ezt használják fel villamos energia termelésre. A hasadás során keletkező szabad neutronokat lelassulásuk után a közelben lévő uránatomok befoghatják, így újabb hasadások történhetnek, amelyek során további neutronok keletkeznek. Amikor elegendő számú szabad neutron keletkezik, a hasadási folyamat önfenntartóvá válik, ez a **láncreakció.** Ha az újabb hasításra képes neutronok száma eléri az elnyelődő neutronok számát, a rendszer eléri a kritikus állapotot. A kritikus tömeg a hasadóanyagnak a láncreakció fenntartásához szükséges minimális mennyisége.

A maghasadás rendkívül hatékony energiaforrás. Az 1 kg urán hasadásakor felszabaduló energia egy tipikus reaktorban egyenértékű mintegy 45 000 kg fa, 22 000 kg szén, 15 000 kg olaj vagy 14 000 kg csepp-folyós földgáz elégetésekor keletkező energiával.

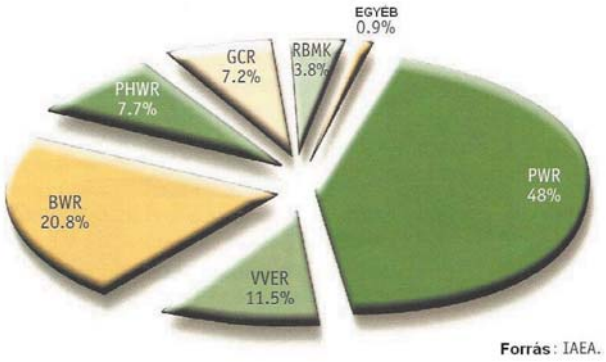
A maghasadás energiájának hasznosítására szolgáló eszköz az **atomreaktor.** Bár számos típusa van, közös alkotórészük az üzemanyag, a hűtőközeg, a szabályozó rudak és általában a moderátor. Az urán 235-ös izotópja (235U) a természetben található egyetlen olyan hasadóanyag, amely könnyen hasad a lassú neutronokkal való ütközéskor. Ezért a legtöbb atomreaktor uránt használ **üzemanyag**ként. A hasadás során keletkező gyors neutronokat le kell lassítani, ehhez az ún. **moderátor**ra van szükség. A moderátor olyan kis rendszámú elem, amely ütközéskor befogás nélkül lassítja le a neutronokat. Rendszerint közönséges vizet használnak erre a célra, esetleg grafitot, vagy nehézvizet, amelyben a hidrogén deutérium izotópja van jelen.

A maghasadás során keletkezett hő elvezetésére **hűtőközeg**re van szükség. Víz hűtőközeg alkalmazása esetén a keletkező gőz akár közvetlenül is a turbinákra vezethető, vagy a felmelegedett hűtővizet hőcserélőn vezetik keresztül. A **szabályozórudak** neutronelnyelő anyagból készülnek, erre a célra főként bórt és kadmiumot használnak. Az üzemanyag az őt helyén tartó mechanikai szerkezettel együtt alkotja a reaktor **aktív zónáj**át. A neutronok kiszabadulásának megakadályozása érdekében az aktív zónát neutronreflektor veszi körül. Gyakran a hűtőközeg és/vagy a moderátor szolgál neutronreflektorként. Megfelelő több szintű árnyékolással oldják meg a reaktor **sugárvédelmét, azaz megakadályozzák a radioaktív anyagok és a keletkező gamma- vagy neutronsugárzás kijutását.**

Az atomreaktorokat általában a felhasznált hűtőközeg szerinti csoportosítják. Az energiatermelő reaktorok mintegy 80%-át közönséges vízzel hűtik és moderálják. Ezek a **könnyűvizes reaktorok** (LWR). Két fő típusuk létezik: a vízforralós (BWR) és a nyomottvizes reaktorok (PWR). Előbbiekben közvetlenül a hűtőközeget forralják fel és vezetik a turbinára, az utóbbiakban pedig az ún. gőzfejlesztőkön keresztül adják át a zárt primerkör hőjét a szekunder körnek. (A Pakson üzemelő VVER típusú reaktor a nyomottvizes reaktorok családjába tartozik.) A reaktorok fennmaradó 20%-ának nagy részét nehézvízzel vagy grafittal moderálják és nehézvízzel vagy gázzal hűtik.



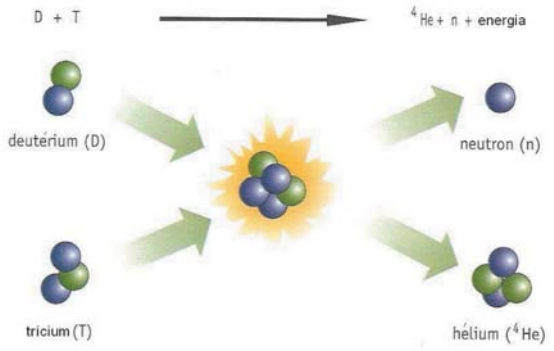
Nyomottvizes (PWR) atomreaktor fő alkotórészei



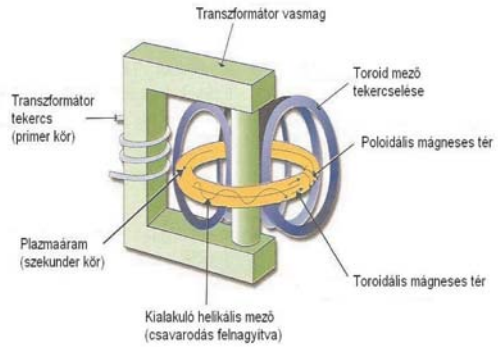
A létező fő reaktortípusok 2003-ban

Lehetőség van olyan reaktorok tervezésére is, amelyek magreakciók révén több üzemanyagot állítanak elő, mint amennyit elhasználnak, ezek a szaporító vagy **tenyésztőreaktor**ok. A tenyésztő reaktorok megfelelő beépítése a nukleáris energiaciklusba potenciálisan akár 50-szeresére is növelheti a globálisan rendelkezésre álló nukleáris üzemanyagkészletet.

Míg a **maghasadás** során nehéz atommagok hasadnak szét és ennek következtében szabadul fel energia, a **magfúzió** olyan folyamat, amelynek során könnyű magok energiafelszabadulás kíséretében egyesülnek nagyobb tömegű atommagokká. Ez a folyamat állandóan zajlik az univerzumban, hiszen a Nap középpontjában 10-15 millió °C hőmérsékleten a hidrogén héliummá alakul át, ezzel biztosítva a földi élet fenntartásához szükséges energiát. Évtizedek óta kutatják a kereskedelmi méretekben történő fúziós energiatermelés lehetőségeit. Az egyik lehetséges fúziós reakció a D–T fúziós reakció.



Tipikus fúziós reakció



A Tokamak fúziós reaktor vázlata

A magfúzió bekövetkezéséhez a magoknak hatalmas sebességgel kell egymásba ütközniük, mivel pozitív elektromos terük miatt alapvetően taszítják egymást. A sebességük akkora, hogy az atommagok közötti elektromos taszító erőt legyőzve olyan közel kerülnek egymáshoz, hogy fellép a magerő, és mivel ez sokkal nagyobb, mint a taszítás, az atommagok egyesülnek, fúzionálnak. Ebben az energiatartományban az elektronok leszakadnak az atomokról, az üzemanyag plazma állapotba kerül. A plazma ellenőrzés alatt tartása a fúziós energiatermelés legnagyobb kihívása.