



# SZÁZEZER ÉV SUGÁRZÁS



**ENERGIACLUB**  
SZAKPOLITIKAI INTÉZET  
MÓDSZERTANI KÖZPONT

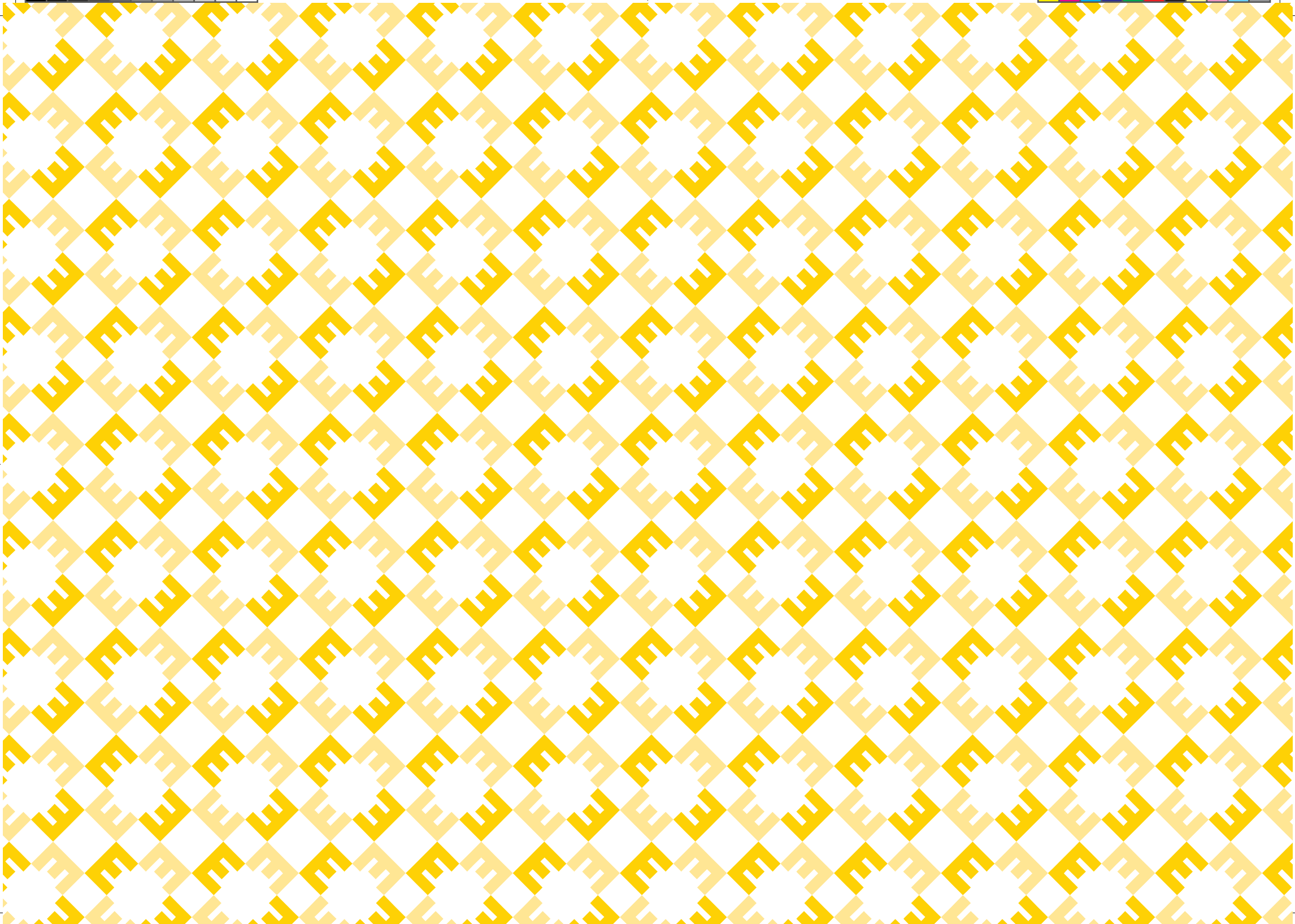
– AMIT AZ ATOMHULLADÉKOKRÓL TUDNI KELL



© ENERGIACLUB - minden jog fenntartva  
2017



**ENERGIACLUB**  
SZAKPOLITIKAI INTÉZET  
MÓDSZERTANI KÖZPONT





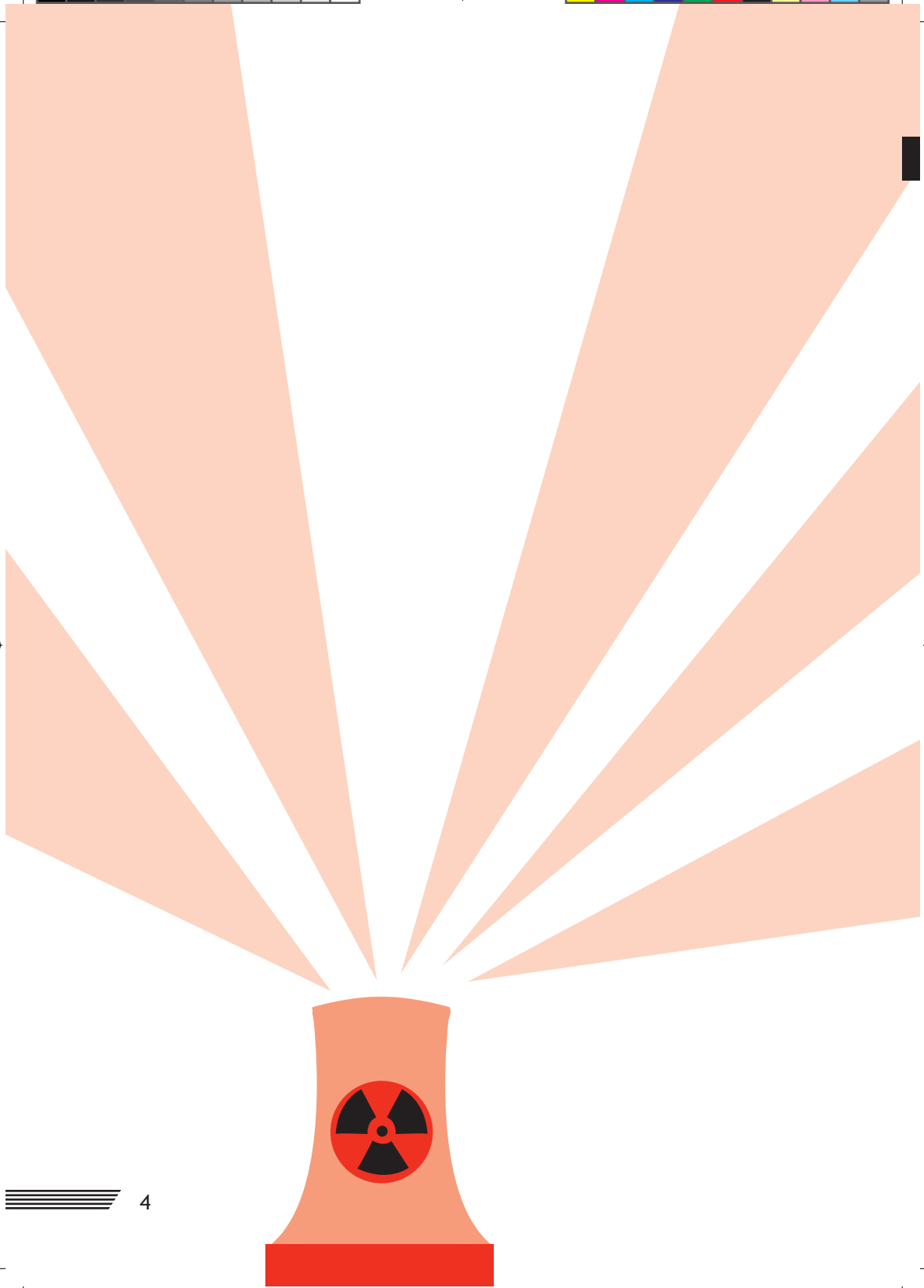
Az atomerőművek folyamatosan radioaktív hulladékot termelnek. Ezek erősen sugárzóak, életveszélyesek és környezetszennyezőek.

A kiegészített fűtőelemek és nagy aktivitású atomhulladékok többszázezer évig sugárzóak maradnak.

Végleges elhelyezésük és kezelésük sehol a világon nem megoldott.

Ezért első és legfontosabb feladatunk, hogy csökkentsük a keletkező nukleáris hulladék mennyiségét. Nincs a világon még egy olyan iparág, amely évtizedek óta úgy működik, hogy megoldatlan az általa termelt veszélyes hulladék sorsa. Az egyetlen ésszerű stratégia ebben a helyzetben az, hogy leállítjuk a működő atomerőműveket, és nem építünk újakat. Csak így garantálható, hogy ne növeljük a problémát, és a kezelendő hulladékmennyiséget a többszörösére.





## MILYEN HULLADÉK KELETKEZIK EGY ATOMERŐMŰBEN?

A radioaktív anyagokat többféle szempont szerint csoportosíthatjuk. A különböző fajták különbözőképpen viselkednek, más és más tulajdonságokkal rendelkeznek. Tehát különböző hulladékok a kezelés, az ideiglenes tárolás, a szállítás, illetve a végleges elhelyezés szempontjából másfajta eljárást igényelnek.

Ezeket az anyagokat aktivitásuk, felezési idejük, illetve halmazállapotuk szerint osztályozhatjuk. Leggyakrabban az aktivitás szerinti csoportosítást használják: eszerint megkülönböztetünk **kis, közepes és nagy aktivitású** radioaktív hulladékokat. Az atomerőmű kiegészített fűtőelemei a nagy aktivitású hulladékok közé tartoznak.

### KIÉGETT FŰTŐELEMOK

Az atomerőműből kijövő összes radioaktív hulladék közül a kiegészített fűtőelemek a legerősebben sugárzóak. Ha egyberaknánk az összes sugárzó hulladékot, és megmérnénk a sugárzást, akkor a radioaktív **sugárzás 95%-a a kiegészített fűtőelemek kupacából jönne.** Ezért a fűtőelemek kezelése a legkritikusabb.

Már az új fűtőelem is sugárzó anyagokat tartalmaz, de a fűtőelem használata során újabb veszélyes radioaktív izotópok termelődnek (pl. plutónium, cézium és stroncium) a reaktorokban lejátszódó maghasadás miatt, így a fűtőelemek radioaktivitása a használatuk során folyamatosan nő.

**Amikor eltávolítják a reaktorból,  
a fűtőelem körülbelül  
egymilliószor jobban radioaktív,  
mint amikor bekerült.**



## MI TÖRTÉNIK, HA RADIOAKTÍV ANYAG KERÜL A KÖRNYEZETBE ÉS AZ EMBERI SZERVEZETBE?

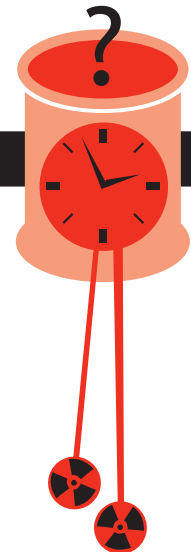
A természetben előforduló atomok többsége stabil. Amelyik nem az, az is a stabilabb állapot elérésére törekszik. Ehhez az atommagok kisebb részecskéket, illetve energiát bocsátanak ki. Ezt a jelenséget **radioaktív bomlásnak** nevezzük, a vele járó nagy energiájú sugárzást pedig radioaktív sugárzásnak.

Az egyes anyagokkal, közegekkel kölcsönhatásba lépve a sugárzás elnyelődik, miközben az energia átadódik. Ha ez a részecske vagy hullám áthatol az élő szöveten, károsodásokat okoz. Az elnyelt energia nagyságával arányos a szövetekben, sejtekben végbemenő változás. A **sejtkárosodás leggyakrabban rákos megbetegedést jelent**, de genetikai elváltozás is felléphet.

Ha a sugárzó anyagok kikerülnek a környezetbe, onnan könnyen az élő szövetbe juthatnak. A szervezetbe többféleképpen juthat be radioaktív anyag: a levegőből a bőrünkre kerülhet, belélegezhetjük, vagy szennyezett élelmiszerrel, illetve ivóvízzel is bevihetjük a szervezetünkbe.

Ha nagy dózisu sugárzás éri a szervezetet, az már rövid távon jelentkező tüneteket okoz. A tünetek annál súlyosabbak, minél nagyobb a dózis, és ennek megfelelően a túlélésre való esély is egyre csökken. A sugárzás tüneteként hányinger és hányás, fejfájás, szédülés, gyengeség, súlyos esetben láz, hajhullás, vérzés is jelentkezhet, legsúlyosabb esetben halálhoz vezet.





## MENNYI IDEIG SUGÁROZ A HULLADÉK?

A radioaktív hulladékok problémája nem csak abban rejlik, hogy mennyire, hanem hogy mennyi ideig sugárzóak. Ahhoz, hogy a radioaktív hulladék sugárzási szintje az elfogadható alá csökkenjen, általában húszszoros felezési időnek kell eltelnie. Ezt hívjuk veszélyességi időnek. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok esetében ez 600 év körül van, a nagy aktivitású hulladékoknál azonban **több százezer évre rúg**.

Fontos kiemelni, hogy az „elfogadható” szint nem azt jelenti, hogy akkor már nincsen sugárzás. Ez csupán annyit jelent, hogy létezik egy általánosan elfogadott sugárzási szint, amiről **már nem tudják megállapítani**, hogy káros-e, azaz nincsenek egyértelműen hozzáköthető károsodási tünetek. Ilyen például a röntgensugárzás is. De olyan tudományos álláspont is van, ami szerint nem létezik biztonságos dózisszint, egyszerűen csak nem tudjuk, hogy mit okoz. Vagyis az „elfogadhatónak” tekintett szint egy ember által meghúzott határvonal, amelyről valójában nem tudjuk, hogy helyes-e.

Ráadásul egy adott radioaktív hulladék (akár egy szűrő vagy kesztyű a paksi atomerőműből) többféle izotóppal is szennyezett. Mindegyik másképp viselkedik: különböző ideig sugároznak, különböző mértékben, és a sugárzás fajtája sem minden esetben azonos. Ez tehát bonyolítja a helyzetet.

Az sem mindegy, hogy folyékony vagy szilárd hulladékról van szó. A folyékony radioaktív hulladékokat először mindenképpen kezelni kell: szilárd formába kell hozni, hogy biztonságosabb legyen a tárolása. A folyékony hulladékok ugyanis könnyebben elszivárognak, elpárolognak, esetenként reaktívabbak, mint a szilárdak.



## MI TÖRTÉNIK AZ ATOMHULLADÉKKAL?

A sugárzás emberi és biológiai környezetre való súlyos hatása megköveteli, hogy a lehető legtökéletesebb módszert alkalmazzuk a sugárzó hulladékok "hatástalanításához". Sajnos azonban ilyen módszer **nem létezik**.

Világszerte egyelőre **csak ideiglenes tárolók** léteznek.

Ezekben addig pihennek az elhasznált üzemanyag-kazetták, amíg valamilyen végleges megoldás nem születik. Ezeknek az anyagoknak az ideiglenes tárolása is bonyolultabb, mint a kisebb aktivitásúaké. Itt nem csak a nagy sugárzásra kell odafigyelni, hanem arra is, hogy a fűtőelem, miután kiég, még rengeteg hőt termel. Ezért, miután kikerülnek a reaktorból, a fűtőelemeket néhány évig egy úgynevezett pihentető medencében helyezik el az atomerőmű területén, és vízzel hűtik őket. Ezután kiemelik, és egy száraztárolóba rakják, ahol levegőhűtést alkalmaznak.







A kiégett fűtőelemek **végleges elhelyezésére** a jelenleg leginkább elterjedt nézet szerint a föld alatti, mélygeológiai elhelyezés lehet a legmegfelelőbb megoldás. Ilyen tároló azonban a **világon még sehol nem működik**. A több évtizede tartó kutatások ellenére még mindig számos megoldatlan technológiai probléma van.

Egy atomhulladék-tároló tervezésekor az a cél, hogy minimalizálják, illetve lehetetlenné tegyék a hulladék bioszférával, illetve vízzel való érintkezésének lehetőségét. Az előbbire nyilvánvalóan azért van szükség, hogy a sugárzás ne okozzon kárt az élő környezetben, a víztől pedig azért kell távol tartani, hogy a sugárzó anyagok a vízben oldódva ne váljanak mobilissá, és a felszín alatti vízzel együtt áramolva ne kerüljenek be az ivóvizekbe, esetleg a felszíni vizekbe. Ezt egyrészt műszaki gáttal (a hulladék csomagolásával, a tároló szigetelésével, hézagainak térkitöltésével), másrészt természetes gáttal (a felszín alatti víztől való nagyobb távolsággal, a tároló vizet kevésbé vezető rétegben, illetve tektonikailag inaktív, vagyis földrengésmentes területen való kialakításával) próbálják kiküszöbölni.

De még egyszer: **mindez egyelőre csak elméletben, papíron létezik**. Nem véletlenül: a sugárzó üzemanyag-kazetták elszigetelését százezer évre kellene garantálni, ez pedig gyakorlatilag lehetetlen. A nukleáris hulladékok végleges kezelésére nincs tökéletes megoldás. A felszín alatti tároló sem az.





## MI AZ A REPROCESSZÁLÁS?



A reprocesszálás annyit tesz: újrafeldolgozás.

Ekkor a kiegészített fűtőelemeket feldolgozó-üzemekbe szállítják, ahol friss fűtőelemeket készítenek belőlük. Ez azt jelenti, hogy a még el nem hasadt urán-235 izotópokat (és a plutóniumot) kivonják az elhasznált fűtőelemekből, és ezekből új fűtőelemet gyártanak.

A folyamat során a fűtőelemeket – a tárolócsövekkel együtt – forró salétromsavba teszik, ahol a csövek tartalma néhány óra alatt feloldódik. Ezt az oldatot egy centrifugába töltik, azért, hogy a szilárd részeket (pl. csődarabok) a folyadékból eltávolítsák. A visszamaradt anyag salétromsav, mely oldott uránt, plutóniumot és más, az urán maghasadásából származó radioaktív izotópokat tartalmaz. Ezt az oldatot egy koktélkeverőhöz hasonló berendezésben összerázzák, ennek eredményeképpen szétválasztják az uránt és a plutóniumot – melyeket később párologtatás útján, por formájában nyernek ki – az egyéb oldott anyagoktól.

Az eljárás során nagy mennyiségű folyékony radioaktív hulladék keletkezik, melyet ugyanolyan nagy aktivitásúként kell kezelni, mint a kiegészített fűtőelemeket. A reprocesszálás során tehát az eredetihez képest újabb, még több nagy aktivitású radioaktív hulladék keletkezik. A folyamat végére tehát sokkal több radioaktív hulladék keletkezik, mint amennyi a folyamat elején volt.

A fűtőelemek „újrahasznosítása” tehát veszélyes és szennyező művelet. Ráadásul a kinyert plutónium katonai fegyverkezéshez, illetve akár terrorizmus céljából is felhasználható. Tehát komoly biztonsági kockázatot jelent.





## MI A HELYZET A PAKSI HULLADÉKKAL?

**Pakson** nagyjából 450 m<sup>3</sup> kis és közepes aktivitású, 5 m<sup>3</sup> nagy aktivitású radioaktív hulladék és átlagosan 360 db kiegészített üzemanyag-kazetta keletkezik minden évben. A jelenleg működő Paksi Atomerőmű **üzemidejének végéig közel 18000 db elhasznált fűtőelem-kazetta** fog felhalmozódni az erőmű mellett álló átmeneti tárolóban. Paks II felépítésével ennek nagyjából **a duplája** keletkezik.

Magyarországon a paksi atomerőmű összes hulladékát hosszú ideig az erőmű területén, illetve ahhoz közel tárolták, ideiglenesen.

2012 óta a bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék Tárolóba (NRHT) szállítják az atomerőműben keletkező kis és közepes aktivitású hulladékokat, azaz az erőműben kis mértékben elszennyeződött szerszámokat, ruhákat, egyéb eszközöket. Az NRHT a hulladékok végleges elhelyezésére szolgáló földalatti létesítmény, amelyet egy gránitképződményben alakítottak ki. Folyamatosan bővítik, és a tervek szerint Paks összes kis és közepes aktivitású hulladékát befogadja majd. Paks II hulladékaival egyelőre nem terveznek.

A nagyaktivitású hulladékok illetve a kiegészített fűtőelemek végleges elhelyezése nem megoldott, tehát ezeket egyelőre ideiglenesen tárolják. A kiegészített fűtőelemeket először a reaktorok mellett, ún. vizes pihentető medencékben tárolják 3–5 évig, majd átszállítják őket az atomerőmű mellett működő Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT). Itt lesznek egészen addig, amíg végleges elhelyezésükre nem születik megoldás. Vagyis legalább a század közepéig, ugyanis a végleges tároló kialakítására irányuló kutatások még gyerekcipőben járnak.





Az átmeneti tároló földfelszíni épületek együttese, amelyekben a kazettákat zárt acélcsövekben helyezik el. A tárolócsöveket vas-betonfalakkal körülvett kamrákban tárolják, függőleges helyzetben. Az épületet modulonként bővítik, amikor szükség van újabb befogadóhelyre, akkor megépítik az újabb egységet.

Fontos tudni, hogy a kiégett fűtőelemek átmeneti tárolói jobban ki vannak téve a természeti katasztrófáknak és a terrorveszélynek, mint maguk az atomerőművek, mert ezek az építmények sérülékenyebbek, és kevésbé őrzöttek. Ezért kiemelt figyelmet kell fordítani az átmeneti tárolók védettségeinek megerősítésére.

Magyarországon a végleges elhelyezéssel kapcsolatos kutatások a Mecsekben található ún. Bodai Aleurolit Formációt vizsgálják. Ez egy agyagos képződmény, és a magyarországi képződmények közül földtanilag a legkedvezőbbnek tűnő kőzet. De ezt a kutatások mindeddig nem igazolták megnyugtatóan. A jelenlegi tervek szerint legkorábban a 2060-as évek közepén kezdhet el üzemelni végleges tároló Magyarországon - ha sikerül valaha is erre alkalmas és biztonságos helyszínt találni.





## MIT TEHETSZ TE?

Az Energiaklub elkötelezett abban, hogy az energiával kapcsolatos minden fontos információ elérhető, átlátható és megérthető legyen.

Ha fontosnak érzed a munkánkat, támogass minket!  
**ENERGIACLUB.HU/TAMOGASS**

Iratkozz fel a hírlevelünkre!  
**ENERGIACLUB.HU**

Lájkolj minket a facebookon:

**f** [facebook.com/Energiaklub](https://facebook.com/Energiaklub)  
[facebook.com/atomcsapda](https://facebook.com/atomcsapda)



