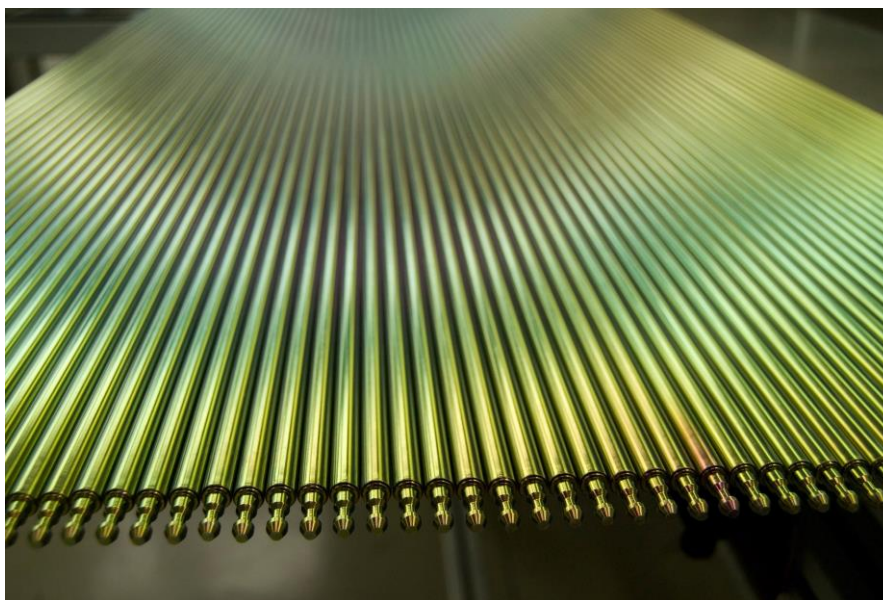


Az urán – atombiztos energiaforrás

Napjainkban a nukleáris energia globális szerepe felértékelődik. Az atomerőművek gazdaságossága, a klímavédelem szempontjai és az ellátásbiztonság megkerülhetetlenné teszi a villamos energia termelésének ezt a módját. Az atomenergia ellenzői viszont az uránból rendelkezésre álló készletek véges volta miatt kétségbe vonják az atomenergetika szerepét a fenntartható energiaellátásban, illetve megkérdőjelezzik az ellátásbiztonságot is. Nézzük a tényeket, amelyek rávilágítanak ezen aggodalmak alaptalanságára.



Kép forrása: Internet

Egy adott energiatípus esetében az ellátásbiztonság alapvetően függ a primer energia-hordozó rendelkezésre állásától, a szállítási útvonalak biztonságosságától, az energiahordozót előállító, illetve szállító ország politikai stabilitásától, a stratégiai készletezés lehetőségeitől, valamint az energiatermelő- és átalakító kapacitások nagyságától és megbízhatóságától is. Nézzük meg elsőként, hogy az urán és a friss nukleáris üzemanyag vonatkozásában ez mit jelent.



Kép forrása: Internet

Az urán egy olyan speciális energiahordozó, amelynek az energiasűrűsége egyetlen ma használatban lévő energiaforráshoz sem mérhető. Egy kilogrammnyi, azaz az atomerőművekben használt átlagos dúsítottságú uránpasztilla felhasználásával 444 000 kWh villamos energia termelhető, amely révén több mint 200 hazai háztartás éves fogyasztása biztosítható. Ugyanezt a

mennyiségű villamos energiát például csak mintegy 110 tonna szén, vagy 220 tonna fa elégetésével lehetne csak biztosítani. Mindez az urán roppant nagy energiasűrűségét és gazdaságosságát igazolja.

Uránból van elég

Talán az egyik legfontosabb kérdés az, hogy az atomerőművek működéséhez szükséges uránkészletek meddig állnak az emberiség rendelkezésére. A mértékadó szakmai szervezetek, az OECD Nukleáris Energia Ügynökség és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 2016. végi jelentése szerint az elmúlt években folyamatos volt az uránellátás, a -kutatás és a -termelés is. A kiadvány adatai szerint 2015-ben a világon a gazdaságosan (<130 USD/kgU) kitermelhető urán mennyisége közel 5,7 millió tonna volt. A legnagyobb forrással Ausztrália (29%), Kazahsztán (13%) és Oroszország (9%) rendelkezik. A három országban található a gazdaságosan kitermelhető uránmennyiség mintegy 51 százaléka. Ugyanakkor a kutatások szerint 260 USD/kgU kitermelési árig további készletek is rendelkezésre állnak, így e készletekkel is számolva már közel 7,64 millió tonna uránnal rendelkezik az emberiség. Vannak elképzelések a tengerekben is fellelhető urán kinyerésére, de ez a lehetőség a realitástól messze áll, noha gyakorlatilag korlátlan forrást jelentene.

Érdekes az is, hogy jelen pillanatban az Amerika Egyesült Államokban üzemel a legtöbb atomerőművi blokk. Szám szerint 99, de uránból az ország importra szorul. 2017-ben például az üzemanyagként szolgáló uránnak 93 százalékát külföldi országokból, például Kanadából (35%), Ausztráliából (20%) és Oroszországból (18%) szerezte be. Mindez azt mutatja, hogy az urán piaci termék, így az USA szükségletei több rendelkezésre álló forrásból is kielégíthetőek.



Az amerikai Watts Bar atomerőmű
Fotó: TVA

Az ismert, a jelenlegi energiaárak mellett gazdaságosan kitermelhető forrásnagyságot (5,7 millió tonna urán), a nyitott üzemanyagciklust és az éves, 63 000 tonna uránfelhasználást feltételezve 90 évre áll még rendelkezésre az urán. A fent említett további készletekkel pedig csaknem 120 évig. Zárt üzemanyagciklus esetén több száz, gyorsneutronos reaktorokat is alkalmazó rendszer esetén több ezer évre növekedhet ez az időtartam.

Mérföldkő az üzemanyagciklus zárása

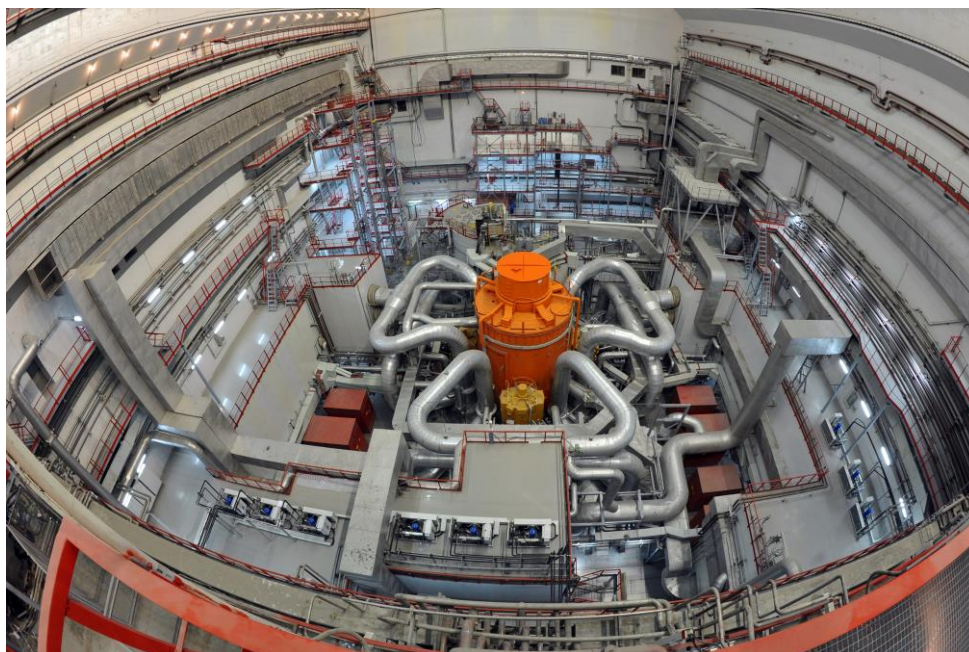
Az atomenergetikai ipar fejlődésében meghatározó mérföldkő az üzemanyagciklus zárása. Ez környezetvédelmi szempontból is biztonságosabbá és elfogadottabbá teszi majd az atomenergiát, hiszen segíti a termikus neutronokkal működő reaktorok – ilyenek a paksiak is – kiégett fűtőelemeinek újrahasznosítását, jelentősen csökkentve a végleges elhelyezést igénylő nagy aktivitású hulladék mennyiségét. Úgy is fogalmazhatunk, hogy a fejlett atomenergetikai ipar a kiégett fűtőelemekben nem hulladékot, hanem potenciális új

üzemanyagot lát. A gyorsneutronos reaktoroknak két fő előnye van. Az első összefügg az üzemanyag kérdésével. A gyors neutronok egyaránt hasítják az urán-235-ös és az urán-238-as izotópot. A gyorsneutronos reaktorok meghatározott típusai képesek arra, hogy másodlagos fűtőanyagot hozzanak létre az uránban rejlő energia szinte teljes kihasználása érdekében utat nyitva az uránnak jószerével korlátlanul rendelkezésre álló energiaforrásként való használata előtt. Ez a technológia így választ ad az uránkészletek kimerülésével kapcsolatos atomenergia-ellenes aggodalmakra is.

A gyorsneutronos reaktorok másik nagy előnye, hogy hatékonyan ki lehet égetni a leghosszabb felezési idejű radionuklidokat is, amelyek a kiégett üzemanyagban találhatóak. Ennek köszönhetően megoldható az atomerőművi termelés során keletkező kiégett üzemanyag ártalmatlanítása, jelentősen csökkentve annak mennyiségét, biztonságosabbá téve az atomenergetikát, megoldva egy sor környezeti kérdést, valamint a fegyvertisztaságú plutónium mennyiségének a csökkentését is.

Ezek a technológiai fejlesztések már nem a távoli jövő technológiáját jelentik, hiszen atomipari mércével mérve ez már a holnap technológiája. Jelenleg Oroszország az egyetlen olyan ország a világon, amely rendelkezik e kétpólusú atomenergia-rendszer bevezetéséhez és az üzemanyag ciklus zárásához szükséges összes technológiával, valamint több évtizedes üzemeltetési tapasztalattal és fejlesztésekkel.

Ma Oroszország az egyetlen ország, ahol működő gyorsneutronos kereskedelmi blokkok termelik a villamos energiát. A Belojarszki Atomerőműben már 1980 óta működik a BN-600 típusú gyorsneutronos blokk, valamint 2016 októbertől üzembiztosan termel a biztonság szempontjából már 3+ generációsnak számító BN-800 típusú gyorsneutronos egység, bizonyítva e technológia létjogosultságát és hatékonyságát.

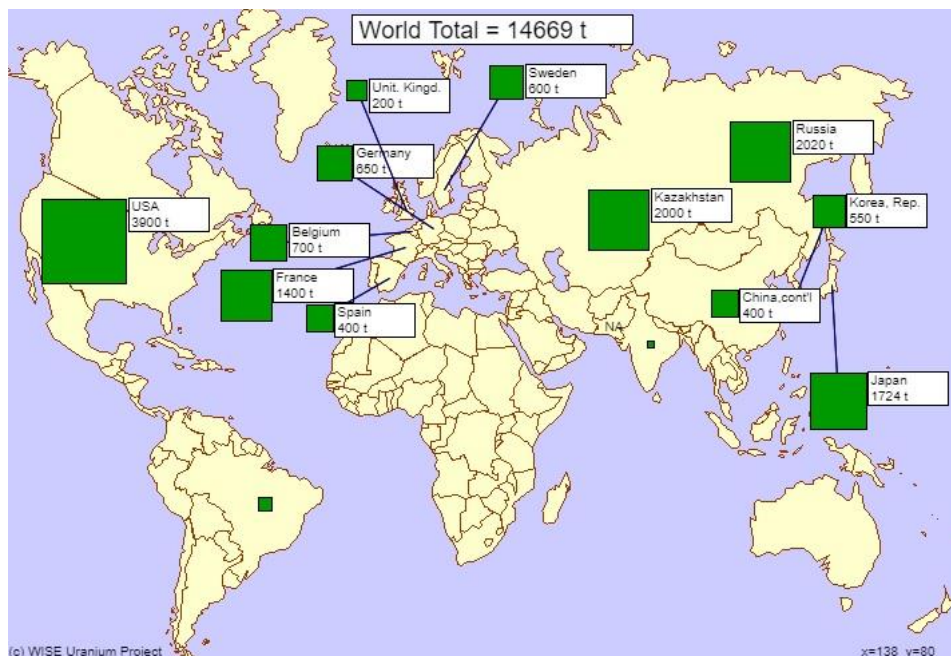


A BN-800 típusú gyorsneutronos blokk
Fotó: rosenergoatom.ru

Oroszországban épül egy többfunkciós, nátriumhűtésű gyorsneutronos kutatóreaktor is, amely iránt máris nagy a nemzetközi érdeklődés. Tavaly például e kutatóreaktor bázisán írt alá szándéknyilatkozatot az együttműködési lehetőségekről a visegrádi országok V4G4 Kiválósági Központja az orosz féllel.

Üzemanyaggyártás és -szállítás

Az ellátásbiztonság szemszögéből nagyon lényeges kérdés az is, hogy mely országok rendelkeznek üzemanyaggyártó kapacitásokkal. A nukleáris fűtőelemek gyártásában az iparilag fejlett, politikailag stabil és egyértelműen megbízható országok (USA, Japán, Franciaország, Oroszország, Egyesült Királyság stb.) dominálnak.



Az LWR kereskedelmi célú üzemanyaggyárak kapacitása

Ugyanakkor lényeges szempont, hogy a nukleáris üzemanyag egy olyan speciális termék, amelynek gyártásához elengedhetetlen a hosszú évtizedek gyártási tapasztalata, valamint az üzemeltetési tapasztalatok is. Különösen azért, mert a friss üzemanyagot a vevők egyedi specifikációi alapján kell legyártani, mivel az egyes reaktorok fizikai jellemzői, a működési és üzemanyag-kezelési stratégiája is különböző. Emellett pedig számos más, például az adott nemzeti engedélyezési követelményeknek is meg kell felelni. Ugyanakkor a nukleáris biztonság elsőrendősége érdekében elengedhetetlen, hogy az üzemanyagok gyártásával és szállításával kapcsolatos nemzeti döntések kizárólag szakmai és ne politikai alapon szülessenek.

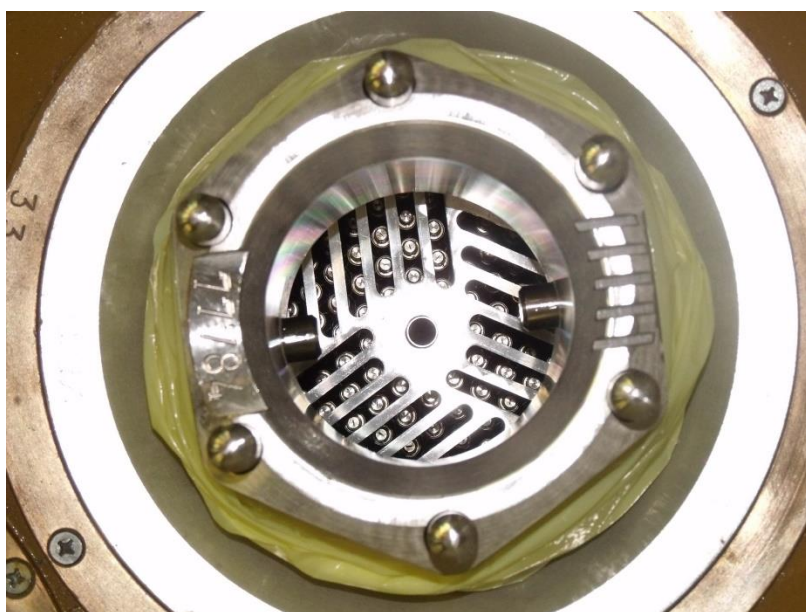
A legfontosabb üzemanyaggyártók atomerőművel rendelkező országban működnek. Így többségében a saját reaktoraikat látják el friss üzemanyaggal, azonban az üzemanyagpiacon érezhetően erősödik a verseny, azaz a legtöbb üzemanyagtípus esetében jelenleg már több gyártóról beszélhetünk. A nyugati üzemanyaggyártók az orosz típusú VVER típusú reaktorok számára kívánnak friss üzemanyagot gyártani, miközben az orosz fél jelentős fejlesztéseket hajt végre annak érdekében, hogy nyugati típusú blokkok számára is tudjon üzemanyagot szállítani. Tavaly óta állít elő például a Roszatom üzemanyaggyártó vállalata, a TVEL a nyugati nyomottvizes PWR típusú reaktorok számára üzemanyagot, köztük a svéd Vattenfall Nuclear Fuel AB megrendelésére a Ringhals Atomerőmű számára.

Üzemanyag-függőségről nincs szó

A hazai Paks II. Atomerőművet ellenzők részéről gyakran elhangzik az is, hogy ez a projekt nagymértékű orosz nukleáris üzemanyag-kitettséget/függőséget okoz. Továbbá az is, hogy

ugyan sokfelé gyártanak üzemanyagot a világon, de a Pakson megépítendő két új reaktorba azokat fizikailag nem lehet majd betenni. A valóság viszont az, hogy üzemanyag-függőségről eleve nem lehet beszélni, hiszen a nukleáris üzemanyag stratégiai készletezése egyszerűen és kis költséggel akár több évre is megoldható. A hatalmas energiasűrűség miatt 2-3 éves készlet akár egy nagyobb teremben elfér. Az atomerőművek az üzemanyagára kevésbé érzékenyek, mint például a gázerőművek. A friss atomerőművi üzemanyagárának 50 százalékos emelkedése a termelési egységköltséget csupán 5 százalékkal emelné meg. Ezzel szemben a gázár 50 százalékos emelkedése esetén a gázerőművek egységköltsége akár 35 százalékkal is emelkedhet.

A paksi atomerőmű jelenleg is kétéves, folyamatos üzemelésre elegendő tartalékkal rendelkezik. A valódi függőség Magyarországon az importált földgáz mellett a villamosenergia-import, amely 2018 első nyolc hónapjában már elérte a 34 százalékot is. Ennek súlyos veszélyeit az előző, Válasz egy globális sorskérdésre című cikkemben már bemutattam.



Friss üzemanyag a paksi atomerőmű tárolójában
Fotó: Hárfás Zsolt

Ráadásul a friss atomerőművi üzemanyag egyszerűen szállítható közúton, vasúton, hajón, de akár repülőn is. Az atomerőmű által megtermelt villamos energia pedig hazainak minősül. Ha szállítói oldalról nézzük az üzemanyagkérdést, akkor sem lehet függőségről beszélni, hiszen van alternatíva, amelyet a Paks II. projekt vonatkozásában külön üzemanyag-szállítási megállapodás szentesít az európai előírásoknak megfelelően, ami lehetővé teszi, hogy a későbbiekben akár más gyártók üzemanyagát használhatják. A paksi atomerőmű több évtizedes üze me is cáfolja az állítólagos orosz függőséget, hiszen a hazai termelés felét biztosító erőmű kapcsolója magyar és nem külföldi kézben van. Arról nem is beszélve, hogy az orosz fél mindig pontosan teljesítette kötelezettségeit a friss üzemanyag-szállítás tekintetében nemcsak Magyarország, hanem az összes többi vele szerződésben álló ország esetében is.

Amint a fentiekből is látszik, a nukleáris üzemanyag-szállítás is piaci alapon működik. Az amerikai Westinghouse cég megpróbált például piacot nyerni és az orosz technológiát használó blokkokhoz üzemanyagot fejlesztett. Igyekezett azt elhelyezni cseh, szlovák, magyar és bolgár, majd ukrán erőművekben. A csehek kipróbálták, de az üzemelés során tömegesen fordultak elő műszaki rendellenességek, ezért inkább maradtak a jól bevált

oroszl szállítónál. Magyarország, Szlovákia és Bulgária a cseh kollégák tapasztalata után pedig már nem is kísérletezett vele.

Ukrajna, miután kipróbálta, előbb lemondott az amerikai fűtőanyagról, ugyanis náluk is jelentkeztek ugyanazok a műszaki problémák, mint a csehek esetében, utóbb viszont – politikai okokból – az üzemelő blokkjainak közel felében mégiscsak az amerikai gyártmányú üzemanyag használata mellett döntött. A fejlesztések folytatódnak: 2015 júliusában az Euratom kutatási és képzési programja 2 millió eurót biztosított a Westinghouse és nyolc európai partner számára annak érdekében, hogy megteremtsék a lehetőséget arra, hogy az orosz típusú blokkoknak friss üzemanyagot tudjanak szállítani. Idén nyáron az ukrán atomerőmű-üzemeltető azt is bejelentette, hogy a Dél-Ukrajnai Atomerőmű hármas blokkja már 100 százalékban a Westinghouse által gyártott üzemanyagot használ. A Cseh Energetikai Művek augusztusban megerősítette, hogy a Westinghouse Sweden Electric céggel közösen új kísérleti üzemanyagokat fejlesztenek, amelyet a tervek szerint jövőre a temelíni atomerőmű egyik blokkjában próbálnak ki.

A nukleáris biztonság szempontjából megfelelő, gazdaságosan használható üzemanyag gyártásához több évtizedes fejlesztés és gyártási tapasztalat szükséges. A már említett orosz-svéd együttműködés tovább fog bővülni, ugyanis jövőre egy másik svéd atomerőművi blokk is megkezdí majd az orosz üzemanyag kísérleti használatát. Emellett elképzelhető, hogy más nyugati országok üzemanyagpiacán is megjelenik majd az orosz üzemanyag. Emellett a TVEL az orosz technológiát használó atomerőművek üzemanyagát is folyamatosan korszerűsíti. Az idei nyári szokásos leállás alkalmával a cseh temelíni atomerőmű VVER-1000 típusú 2-es blokkjába az orosz üzemanyaggyártó 48 darab új TVSA-T.mod.2-es, módosított üzemanyagát rakták be, amely jobb üzemeltetési jellemzőket fog biztosítani.

Láthatóan a fejlesztések keleten és nyugaton is folyamatosak. Az üzemanyag-ellátás terén uralkodó piaci viszonyok miatt függőségről nem lehet tehát beszélni.

Egy adott nemzet energiapolitikájának egyik legfontosabb pillére az energetikai ellátásbiztonság. Elmondhatjuk, hogy az atomerőművek esetén az ellátásbiztonság maximálisan teljesíthető, hiszen a megfelelő nagyságú uránkészletek rendelkezésre állnak, az üzemanyag a szigorú minőségi követelményeknek való megfelelése esetén több helyről beszerezhető, valamint egy esetleges szállítási nehézség miatti termelés kiesés elkerülése érdekében a stratégiai készletezés sem műszaki, sem pénzügyi oldalról nem okoz gondot. Arról nem is beszélve, hogy a nukleáris üzemanyag ellátás tekintetében a világon eddig még sehol nem merült fel ellátási probléma. Ami a jövőt illeti, a gyorsneutronos technológia már ma rendelkezésre áll, amely további fejlesztések után lehetővé teszi az üzemanyag ciklus zárását, ami a meglévő készletekkel számolva több ezer évre biztosítja az atomenergiát.

A vélemény első alkalommal az origo.hu-n jelent meg, valamint olvasható az atombiztos.blogstar.hu oldalon is.

Hárfás Zsolt

energetikai mérnök, okleveles gépészmérnök
az atombiztos.blogstar.hu oldal szerzője