



Magyar Demokrata - 2019. 02. 06. (36,37. oldal)

Erős és biztonságos

A legkorszerűbb technológiával több ezer évre elég energia van

Az urán egy olyan speciális energiahordozó, amelynek az energiasűrűsége egyetlen ma használatban lévő energiaforráshoz sem mérhető. Egy kilogramm uránpasztilla felhasználásával 444 ezer kilowattóra villamos energia termelhető, amely révén több mint 200 hazai háztartás éves fogyasztása biztosítható. Ugyanezt a mennyiségű villamos energiát mintegy 110 tonna szén, vagy 220 tonna fa elégetésével lehetne előállítani. Mindez az urán roppant nagy energiasűrűségét és gazdaságosságát igazolja.

Kétségtelenül fontos kérdés, hogy az atomerőművek működtetéséhez szükséges uránkészletek meddig állnak az emberiség rendelkezésére. A mértékadó szakmai szervezetek, az OECD Nukleáris Energia Ügynökség és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 2018 decemberében bemutatott Urán 2018: források, termelés és kereslet című kiadvány részletesen bemutatja az iparággal kapcsolatos aktuális statisztikákat, beleértve a 41 urántermelő és -fogyasztó ország adatait.

A kiadvány szerint 2017. január elsején a világon a gazdaságosan kitermelhető urán mennyisége közel 6,14 millió tonna volt, amely 7,4 százalékkal volt több a 2015. évi értéknél. A legnagyobb forrással Ausztrália (30%), Kazahsztán (14%), valamint Oroszország és Kanada (8-8%) rendelkezik. Ugyanakkor a kutatások szerint 260 USD/kgU kitermelési árig további készletek is rendelkezésre állnak, így e készletekkel is számolva már közel nyolcmillió tonna uránnal rendelkezik az emberiség.

A jelenlegi energiaárak mellett gazdaságosan kitermelhető forrásnagyságot, a nyitott üzemanyagciklust és az éves, 65 ezer tonna uránfelhasználást feltételezve, 95 évig lesz még urán. A további készletekkel pedig csaknem 123 évig. Zárt üzemanyagciklus esetén több száz, gyors neutronos reaktorokat is alkalmazó rendszer esetén pedig több ezer évre növekedhet ez az időtartam.

A globális atomenergetikában a következő mérföldkő a nukleáris üzemanyagciklus zárása lesz, hiszen segíti a termikus neutronokkal működő reaktorok – ilyenek a paksiak is – kiégett fűtőelemek újrahazsnosítását, jelentősen csökkentve a végleges elhelyezést igénylő, nagy aktivitású hulladék mennyiségét. Ennek eredményeképpen környezetvédelmi szempontból biztonságosabbá válik az atomenergia, és annak társadalmi elfogadottsága is tovább nő. Mindez azt is jelenti, hogy az atomenergetikai ipar a kiégett fűtőelemekre nem hulladékként tekint, hanem mint potenciális új üzemanyagra.

Az üzemanyagciklus zárásának alapvető kulcsa a gyorsneutronos reaktorok üzemeltetése. A gyorsneutronos reaktorok meghatározott típusai képesek arra, hogy másodlagos fűtőanyagot hozzanak létre az uránban rejlő energia szinte teljes kihasználására, utat nyitva az uránnak jószerével korlátlanul rendelkezésre álló energiaforrásként való használata előtt.

A gyorsneutronos reaktorok másik nagy előnye, hogy hatékonyan ki lehet égetni a leghosszabb felezési idejű radionuklidokat is, amelyek a kiégett üzemanyagban találhatók. Ennek köszönhetően jelentősen csökkenthető a végső elhelyezésre váró, nagy aktivitású nukleáris hulladék mennyisége, biztonságosabbá téve az atomenergetikát, megoldva egy sor környezeti kérdést, valamint a fegyvertisztaságú plutónium mennyiségének a csökkentését is.

Ezek a fejlesztések nem csak a tervasztalon léteznek, hiszen már üzemelő és kipróbált technológiák állnak a rendelkezésre. Jelen pillanatban Oroszország az egyetlen olyan ország a világon, amely rendelkezik e kétpólusú atomenergia-rendszer bevezetéséhez és az üzemanyagciklus

zárásához szükséges összes technológiával, valamint több évtizedes üzemeltetési tapasztalattal és fejlesztéssel. E technológia rendkívüli jelentőségét Kína is felismerte, ezért folyamatosan fejleszti a gyorsneutronos reaktorokat. Ennek érdekében 2019 elején a TVEL orosz nukleáris üzemanyaggyártó vállalat egy kínai céggel írt alá szerződést a jelenleg épülő kínai CFR-600 gyorsneutronos reaktor számára készülő üzemanyag szállításáról. Nem véletlen, hogy Kína a TVEL-t választotta, hiszen Oroszország egyedülálló, negyvenéves tapasztalattal rendelkezik az ilyen típusú üzemanyagok gyártásában.

Jelenleg ugyanis Oroszország a világ egyetlen országaként üzemeltet kereskedelmi üzemben gyorsneutronos blokkokat. A Belojarszki Atomerőműben már 1980 óta működik a BN-600 típusú gyorsneutronos blokk, valamint 2016 októbere óta üzembiztosan termel a 3+ generációs technológiának számító BN-800 típusú egység is. Tavaly decemberben a Roszatom megkezdte a MOX-üzemanyag sorozatgyártását a gyorsneutronos reaktorok számára, miután sikeresen vizsgázott a teszteken a BN-800 típusú, gyorsneutronos reaktor részére készült, kevert urán-plutónium MOX-üzemanyag. Oroszországban közben épül az MBIR, egy többfunkciós, nátriumhűtésű gyorsneutronos kutatóreaktor is, amely iránt nagy a nemzetközi érdeklődés.

Az ellátásbiztonság szempontjából 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, Oroszország, Japán, Franciaország és mások) dominálnak. Ugyanakkor lényeges szempont, hogy a nukleáris üzemanyag olyan speciális termék, amelynek gyártásához elengedhetetlen a hosszú évtizedek gyártási tapasztalata.

A legfontosabb üzemanyaggyártók az atomerőművel rendelkező országokban működnek, így azok főleg saját reaktoraikat látják el friss üzemanyaggal. Ugyanakkor 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. 2017 óta állít elő például a Roszatom üzemanyaggyártó vállalata, a TVEL a nyugati nyomottvízes PWR típusú reaktorok számára üzemanyagot, köztük a svéd Vattenfall Nuclear Fuel AB megrendelésére, valamint a Ringhals Atomerőmű számára.

A Paks II. atomerőművet ellenzők részéről gyakran felmerülnek azok az érvek, amelyek szerint ez a projekt egyrészt nagymértékű orosz nukleáris üzemanyag-függőséget okoz, másrészt ugyan több országban is gyártanak üzemanyagot a világon, de a Pakson megépítendő két új reaktorba azokat fizikailag nem lehet majd behelyezni.

A valóság 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 egy 2-3 éves készlet egy nagyobb teremben elfér. A paksi atomerőmű jelenleg is kétéves, folyamatos üzemelésre elegendő tartalékkal rendelkezik. Az atomerőmű által megtermelt villamos energia pedig hazainak minősül.

A nukleáris üzemanyag-szállítás piaci alapon működik. Az amerikai Westinghouse cég korábban megpróbált 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 orosz szállítónál. Magyarország, Szlovákia és Bulgária a cseh kollégák tapasztalata után pedig már nem is kísérletezett vele.

A Cseh Energetikai Művek tavaly augusztusban megerősítette, hogy a Westinghouse Sweden Electric céggel közösen új kísérleti üzemanyagokat fejlesztenek, amelyet a tervek szerint az idén a temelíni atomerőmű egyik blokkjában próbálnak ki. A Szlovák Villamos Művek tendert írt ki a szlovákiai atomerőművek fűtőelemeinek beszerzésére, amelyet tavaly novemberben végül az orosz TVEL cég nyert meg. Számos ajánlat érkezett, köztük volt az amerikai Westinghouse cég is,

amely azzal érvelt, hogy ajánlatának elfogadása pozitív hatással lenne a szlovák ellátásbiztonságra. A szlovákokat nem győzte meg az amerikai érvelés és az orosz ajánlathoz képest 150 millió euróval magasabb összegű amerikai ajánlat, és végül az oroszokat választották.

Egy adott nemzet energiapolitikájának egyik legfontosabb pillére az energetikai ellátásbiztonság, amely az atomerőművek esetében maximálisan garantálható. A megfelelő nagyságú uránkészletek rendelkezésre állnak, az üzemanyag a szigorú minőségi követelményeknek való megfelelése esetén több helyről beszerezhető, valamint egy esetleges szállítási nehézség miatt bekövetkező termelés kiesés elkerülésének érdekében a stratégiai készletezés sem műszaki, sem pénzügyi oldalról nem okoz gondot. A gyorsneutronos technológia már ma rendelkezésre áll, amely további fejlesztések után lehetővé teszi az üzemanyagciklus zárását, ami több ezer évre biztosítja majd az atomerőművek működését.

KA:Friss üzemanyag a paksi atomerőmű tárolójában

KA:Urándúsítás kaszkád rendszerű gázcentrifugákban

A LEGKORSZERÜBB TECHNOLOGIAVAL TÖBB EZER ÉVRE ELÉG ENERGIA VAN

Erős és biztonságos

Egyre több ország ismeri fel, hogy a globális klímavédelmi és ellátásbiztonsági célok teljesítése, valamint a hosszú távon gazdaságos villamosenergia-termelés biztosítása érdekében az atomerőművekre mindinkább szükség van. Ugyanakkor a klímabarát villamosenergia-termelési mód ellenzői szerint a rendelkezésre álló uránkészletek végeessége miatt hosszú távon nem lehet az atomenergetikára számítani. Kinek van igaza?



SÖVEG HÁRFÁS ZSOLT

Az urán egy olyan speciális energiahordozó, amelynek az energiasűrűsége egyetlen ma használatban lévő energiaforráshoz sem mérhető. Egy kilogramm uránpalella felhasználásával 444 ezer kilowattóra villamos energia termelhető, amely révén több mint 200 hazai háztartás éves fogyasztása biztosítható. Ugyanazt a mennyiségű villamos energiát mintegy 110 tonna szén, vagy 220 tonna fa elégetésével lehetne előállítani. Mindez az urán roppant nagy energiasűrűségű és gazdaságosságát igazolja.

Kérdésfelvetésként fontos kérdés, 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 2018 decemberében bemutatott Úrán 2018: források, termelés és kereslet című kiadvány részletesen bemutatja az iparral kapcsolatos aktuális statisztikákat, beleértve a 41 urántermelő és -fogyasztó ország adatait.

A kiadvány szerint 2017 január elsején a világon a gazdaságosan kitermelhető urán mennyisége közel 6,14 millió tonna volt, amely 74 százalékkal volt több a 2015. évi értéknél. A legnagyobb forrással Ausztrália (30%), Kazahsztán (14%), valamint Oroszország és Kanada (8-8%) rendelkezik. Ugyanakkor a kutatások szerint 260 USD/kgU kitermelési árig további készletek is rendelkezésre állnak,

így a készletekkel is számolva már közel nyolcmillió tonna uránnal rendelkezik az emberiség.

A jelenlegi energiáinak mellett gazdaságosan kitermelhető forrásnagyságot, a nyírt üzemanyagciklust és az éves, 65 ezer tonna uránfelhasználást feltételezve, 95 évig lesz még urán. A továb-

lik az atomenergia, és annak társadalmi elfogadottsága is tovább nő. Mindez azt is jelenti, hogy az atomenergetikai ipar a kiégett fűtőelemekre nem hulladékként tekint, hanem mint potenciális új üzemanyag.

Az üzemanyagciklus zárásának alapvető kulcsa a gyorsneutronos reaktorok üzemeltetése. A gyorsneutronos reaktorok meghatározott típusú képesek arra, hogy másodlagos fűtőanyagot hozzanak létre az uránban rejlő energia szinte teljes kihasználására, utat nyitva az uránnak jószerezéssel korlátlanul rendelkezésre álló energiaforrásként való használatára előtt.

A gyorsneutronos reaktorok másik nagy előnye, hogy hatékonyan ki lehet égetni a leg hosszabb felezési idejű radio-nuklidokat is, amelyek a kiégett üzemanyagban találhatók. Ennek köszönhetően jelentősen csökkenthető a végso elhelyezésre váró, nagy aktivitású nukleáris hulladék mennyisége, biztonságosabbá téve az atomenergetikát, megoldva egy sor környezeti kérdést, valamint a nagy vertisztaságú plutónium mennyiségének a csökkentését is.

Ezek a fejlesztések nem csak a tervezetben léteznek, hiszen már üzemelő és kipróbált technológiák állnak a rendelkezésre. Jelen pillanatban Oroszország az egyetlen olyan ország a világon, amely rendelkezik a körpárhuzatos atomenergia-rendszer bevezetéséhez és az üzemanyagciklus zárásához szükséges összes technológiával, valamint több évtizedes üzemeltetési tapasztalattal és fejleszté-



Friss üzemanyag a paksi atomerőmű tárolójában

bi készletekkel pedig csaknem 123 évig. Zárt üzemanyagciklus esetén több száz, gyors neutronos reaktorokat is alkalmazó rendszer esetén pedig több ezer évre növelhető ez az időtartam.

A globális atomenergetikában a következő mérföldkő a nukleáris üzemanyagciklus zárása lesz, hiszen segíti a termikus neutronokkal működő reaktorok ilyenek a paksiak is kiégett fűtőelemek újrahazszoztását, jelentősen csökkentve a végleges elhelyezést igénylő, nagy aktivitású hulladék mennyiségét. Ennek eredményeképpen környezetvédelmi szempontból biztonságosabbá vá-

sokkal. E technológia rendkívüli jelentőségét Kína is felismerte, ezért folyamatosan fejleszteli a gyorsneutronos reaktorokat. Ennek érdekében 2019 elején a TVEL orosz nukleáris üzemanyaggyártó vállalat egy kínai céggel írt alá szerződést a jelenleg épülő kínai CFR 600 gyorsneutronos reaktor számára készülő üzemanyag szállításáról. Nem véletlen, hogy Kína a TVEL-t választotta, hiszen Oroszország egyedülálló, negyvenéves tapasztalattal rendelkezik az ilyen típusú üzemanyagok gyártásában.

Jelenleg ugyanis Oroszország a világ egyetlen országaként üzemelhet kereskedelmi üzemi gyorsneutronos blokkokat. A Belojarszki Atomerőműben már 1980 óta működik a BN 600 típusú gyorsneutronos blokk, valamint 2016 október óta üzemeltetésben termel a 34 generációs technológiának számító BN 800 típusú egység is. Tavaly decemberben a Roszatom megkezdte a MOX-üzemanyag sorozatgyártását a gyorsneutronos reaktorok számára, miután sikeresen vizsgázott a részeken a BN-800 típusú, gyorsneutronos reaktor részére készült, kevert urán-plutónium MOX üzemanyag. Oroszországban közben épül az MBIR, egy többfunkciós, nátriumhűtésű gyorsneutronos kutatóreaktor is, amely iránt nagy a nemzetközi érdeklődés.

Az ellátásbiztonság szempontjából 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, Oroszország, Japán, Franciaország és mások) dominálnak. Ugyanakkor lényeges szempont, hogy a nukleáris üzemanyag olyan speciális termék, amelynek gyártásához elengedhetetlen a hosszú évtizedek gyártási tapasztalata.

A legfontosabb üzemanyaggyártók az atomerőművel rendelkező országokban működnek, így azok főleg saját reaktorikat látják el friss üzemanyaggal. Ugyanakkor az üzemanyagpiacon érezhetően erősödik a verseny, amint a legtöbb üzemanyag-típus esetében jelenleg már több gyártóról beszéllhatünk. A nyugati üzemanyaggyártók az orosz típusú VVER típusú reaktorok számára kívánnak friss üzemanyagot gyártani, miközben az orosz fél jelentős fejlesztéseket hajr végre annak érdekében, hogy nyugati típusú blokkok számára is tudjon üzemanyagot szállítani. 2017 óta állít elő például a Roszatom üzemanyaggyártó vállalata,



Urándúsítás kazsád rendszerű gázcentrifugákban

a TVEL a nyugati nyomottvízes PWR típusú reaktorok számára üzemanyagot, köztük a svéd Vattenfall Nuclear Fuel AB megrendelésére, valamint a Ringhals Atomerőmű számára.

A Paksi II. atomerőművet ellenezők részéről gyakran felmerülnek azok az érvek, amelyek szerint ez a projekt egy névtelen nagyméretű orosz nukleáris üzemanyag-függettséget okoz, másrészt ugyan több országban is gyártanak üzemanyagot a világon, de a Pakson megépítendő két új reaktorba azokat fizikailag nem lehet majd beledolgozni.

A valóság az, hogy üzemanyag-függettségről eleve nem lehet beszélni, hiszen a nukleáris üzemanyag stratégiai készletének egyszerűen és kis költséggel akár több évre is megoldható. A hatalmas energiasűrűség miatt egy 2-3 éves készlet egy nagyobb teremben elfér. A paksi atomerőmű jelenleg is két éves, folyamatos üzemelésre elegendő raktárral rendelkezik. Az atomerőmű által megtermelt villamos energia pedig hazainak minőségű.

A nukleáris üzemanyag-szállítás piaci alapon működik. Az amerikai Westinghouse cég korábban megpróbált piacot nyerni, és az orosz technológiát használó blokkokhoz üzemanyagot fejlesztett. Egykezett 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 orosz szállítónál. Magyarország, Szlovákia és Bulgária a cseh kollégák tapasztalata után pedig már nem is kísérelte meg.

A Cseh Energetikai Művek tavaly augusztusban megígérték, hogy a Westinghouse Sweden Electric céggel közösen új kísérleti üzemanyagokat fejlesztenek, amelyet a reaktor szívére az idén a reményi atomerőmű egyik blokkjában próbálnak ki. A Szlovák Villamos Művek tündért írt ki a szlovákiai atomerőművek fűtőelemcink beszerzésére, amelyet tavaly novemberben végül az orosz TVEL cég nyert meg. Számos ajánlat érkezett, köztük volt az amerikai Westinghouse cég is, amely azonnal ígért, hogy ajánlatának elfogadásra pozitív hatással lenne a szlovák ellátásbiztonságra. A cselekedetek nem győzték meg az amerikai érvelés és az orosz ajánlathoz képest 150 millió euróval magasabb összegű amerikai ajánlat, és végül az oroszokat választották.

Egy adott nemzet energiapolitikájának egyik legfontosabb pillére az energetikai ellátásbiztonság, amely az atomerőművek esetében maximálisan garantálható. A megfelelő nagyságú uránkészlet rendelkezése állnak, az üzemanyag a szigorú minőségi követelményeknek való megfelelése esetén több helyről beszerezhető, valamint egy esetleges szállítási nehézség miatt bekövetkező termelési kiesés elkerülésének érdekében a stratégiai készletkészítés sem műszaki, sem pénzügyi oldalról nem okoz gondot. A gyorsneutronos technológia már ma rendelkezésre áll, amely további fejlesztések után lehetővé teszi az üzemanyagciklus zárását, ami több ezer évre biztosítja majd az atomerőművek működését. ■

A szerző energetikai mérnök, oktatási fejlesztőmérnök, az atombiztonságstratégia főkezelője