

[Magyar Tudomány, 2001/11](#)

Energia - környezet - gazdaság

Gazdasági összetevők és társadalmi válaszok

*Katona Tamás - Rátkai Sándor - Jánosiné Bíró Ágnes -
Gorondi Csaba*

A paksi atomerőmű jövője

Élettartam-gazdálkodás, élettartam-növelés

Bevezető

A Paksi Atomerőmű az egyetlen atomerőműve hazánknak, amelynek - eltérően a többi villamosenergia-termelő egységtől - sajátos energiapolitikai szerepe van: az atomerőmű által megvalósul és fenntartható a primer energiahordozók diverzitása. Az atomerőmű ma a hazai termelés 38-40%-át adó, nemzeti tulajdonban lévő kapacitásként a piacsabályozás, a gazdaságpolitikai intervenciók lehetséges eszköze. A nukleáris energia alkalmazásához, a magas színvonalú, biztonságos üzemeltetéshez szükséges hozzáértés és szakmai kultúra megtartása egyben az ország szellemi potenciáljának megtartását szolgálja. Mindezek meghatározzák a nukleáris energia szerepét a jövő energetikájában, s kijelölik azt a stratégiát, amit a nukleáris energetika alkalmazása terén követni célszerű, hogy hosszú távon biztosítsuk a nemzet gazdasági fejlődésének feltételeit. Az elkövetkező két évtizedben a nukleáris energetika meghatározó, s távlatilag állandó eleme lesz a hazai villamosenergia-termelésnek, amelyet a Paksi Atomerőmű biztonságos üzemeltetésével, a blokkok élettartamának meghosszabbításával, az erőmű teljesítményének maximális kihasználásával és az atomerőmű bővítésével kell biztosítani.

A nukleáris energetikának a hazai gazdaságban betöltött szerepét a világtendenciák tükrében célszerű szemlélni. Jelenleg az atomerőművek részaránya a villamosenergia-termelésben világsszinten 17%, az USA-ban 15%, az EU-ban pedig 35%. A közelmúlt prognózisai a nukleáris energia termelésének kisebb bővülésével számoltak 2010-ig, utána csökkenést jeleztek, az élettartamukat lefutott erőművek leállítása miatt. Ehhez képest ma lényeges változás tapasztalható a világ jelentős fejlődési központjaiban. Feltétlenül meg kell említeni az USA energiapolitikájának változását, amely rehabilitálta a nukleáris energetikát, elismeri az atomerőművi villamosenergia-termelés környezetvédelmi hasznát, sürgeti a radioaktív hulladék elhelyezésének megoldását, s gyorsítani kívánja az új reaktortípusok, üzemyanyciklusok fejlesztését. Az USA-ban jelentős nukleáris kapacitást kívánnak építeni 2020-ig, miközben a jelenlegi kapacitás megmarad, sőt növekedik az élettartam-hosszabbítás és a teljesítménynövelés következtében. Azokban az országokban, ahol a politikai szempontok nem dominálnak a gazdasági, sőt környezetvédelmi ésszerűség felett, a nukleáris energetika társadalmi megítélése is elfogulatlan. Jó példa erre Svájc, ahol a társadalom és a kormány sem támogatta az atomerőművek üzemidejének korlátozását. Finnországban az

iparág nem adta fel a nukleáris opciót, és - a meglévő atomerőművek élettartamának meghosszabbítása és teljesítményének növelése mellett - új atomerőművi blokk építését tervezik. Finnországban parlamenti döntés született a kiegészítő üzemanyag tartós tárolójának létesítésére.

Az EU Bizottság által a múlt év novemberében kiadott Zöld Könyv megállapításaiból kitűnik, hogy az atomenergetika fejlesztése nélkül nem lehet szó a környezetterhelés csökkentéséről, és az energiaimporttól való függés jelenlegi szintjének megőrzéséről. Az atomenergetika a legjelentősebb, ipari méretű, CO₂-mentes villamosenergia-termelési mód, amely jelentősen hozzájárulhat Európa energiaellátásának biztonságához tekintettel az uránkészletekre és az urán alacsony árkövetésére. A nukleáris hulladék kezelése és végleges elhelyezése valóban megoldásra váró kihívást jelent, de ez a kihívás sem elsősorban műszaki, gazdasági, hanem politikai döntéshozatali és kommunikációs jellegű.

Az USA és az EU tapasztalatok azt mutatják, hogy az atomerőművek jól szerepelnek a liberalizált piacon. A már jó ideje működő atomerőműveket alig terhelik a beruházási költségek, az atomerőművek teljes üzemköltsége alacsony, s az üzemanyag nem domináns költség tényező. Ez utóbbinak köszönhető a nukleáris energetika termelői költségének stabilitása: a nukleáris üzemanyag árának igen valószínűtlen megkétszereződése is csak ~20% növekményt eredményezne a termelt energia önköltségében.

A hazai termelők között az atomerőmű termeli a legalacsonyabb költségen a villamos energiát. 2000-ben az átlagos értékesítési ár 5,63 Ft/kWh volt, ami a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapba való befizetés jelentős növekedése ellenére is 2001-re csak 6,32 Ft/kWh-ra emelkedett. Ez az érték fele a más hazai erőművek értékesítési árának és negyedrésze az átlagos fogyasztói árnak. Nemzetközi összehasonlításban is megállja helyét a hazai atomerőművi villamosenergia-termelés, hiszen az átlagos értékesítési ár a külföldi, 2 USDcent/kWh körüli termelési átlagár körül mozog. A 2003. január 1-jén Magyarországon is bekövetkező, részleges piacnyitás után az iparág új modell szerint működik tovább. A jelenlegi árak alapján, s figyelembe véve, hogy a Paksi Atomerőmű a többi villamosenergia-termelőtől eltérően már fizeti az externális költségeket is, az várható, hogy a Paksi Atomerőmű megőrzi versenyképességét a liberalizált, nyugatra nyitott piacon is.

Ilyen feltételek között a Paksi Atomerőmű számára három stratégiai célt lehet és kell kitűzni:

1. Az atomerőmű biztonságát a hazai követelményeknek és a nemzetközi elvárásoknak megfelelő szinten kell tartani. A biztonság növelése tulajdonképpen az üzemeltető alapvető tevékenysége. Az Atomtörvény, az 1997-ben bevezetett, új nukleáris biztonsági szabályozás, az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatok rendszere az üzemeltetés feltételévé tette a biztonság növelését. Jelenleg egy átfogó biztonságnövelő program megvalósítása folyik a Paksi Atomerőműben. 1996-2002 között, a biztonságnövelő intézkedések hatására a blokkok biztonságát jellemző zónasérülési gyakoriság több mint egy nagyságrenddel csökkent, és 2002-re, a program végére eléri az 1/100 000 év értéket, ami megfelel a fejlett országokban üzemeltetett, hasonló korú atomerőművi blokkokkal szemben támasztott követelménynek. Az atomerőmű biztonsága azonban nem statikus. Késznek kell lenni arra, hogy az új felismerések és tapasztalatok új követelményeket generáljanak, amire meg kell találni a megfelelő válaszokat.

2. Növelni kell blokkok teljesítőképességét a biztonsági elemzések és a főberendezések terhelhetősége által megengedett mértékben. Ez jelentősen csökkenti a villamosenergia-

termelés önköltségét, lévén az állandó költségek így nagyobb termelési volumenre oszlanak el. A szekunderköri korszerűsítésekkel, a kondenzátor rekonstrukció és a turbina retrofit eredményeként a blokkok villamos teljesítménye ma már eléri a 470 MW-ot. A loviisai atomerőmű példája azt mutatja, hogy - kihasználva a VVER-440/V213 reaktor tartalékait, kedvező tulajdonságait - a reaktor hőteljesítménye, és így a blokk villamos teljesítménye is biztonságosan mintegy 7-9%-kal növelhető. A teljesítmény blokkonként 500-510 MW lehet, és a kapacitásnövekedés a négy blokk esetében elérheti egy átlagos gázturbina 150 MW-nyi teljesítményét. A teljesítménynövelés megvalósíthatósági vizsgálatának előzetes eredményei műszaki és biztonsági szempontból egyaránt alátámasztják ezt az elképzelést.

3. A blokkokat a műszaki, gazdasági és a biztonsági követelményeknek megfelelően minél hosszabb ideig üzemben kell tartani hatékony élettartam-gazdálkodással. A PA Rt. 2000-ben megvizsgálta az atomerőmű élettartam-hosszabbításának lehetőségét és alternatíváit, az alternatívák műszaki és üzleti megvalósíthatóságát. Az alábbiakban bemutatjuk ennek a vizsgálatnak legfontosabb eredményeit.

Az élettartam-hosszabbítás előfeltétele

Az erőmű élettartamát azoknak a berendezéseknek az élettartama határozza meg, amelyeknek fontos biztonsági vagy üzemeltetési funkciójuk van, és nem cserélhetőek, vagy csupán olyan nagy költség árán, amely ésszerűen nem vállalható. Nyilvánvaló, hogy a tervezett élettartam végéig, az utolsó üzemi napon is, valamennyi berendezésnek és az erőműnek összességében teljesítenie kell a biztonsági követelményeket.

Az élettartam-gazdálkodás az élettartam szempontjából kritikus berendezésekre kidolgozott rendszer, amely a berendezések öregedését figyelembe véve meghatározza a karbantartások, felújítások terjedelmét, módszereit, ütemezését és költségeit az erőmű technikailag elérhető leghosszabb - a tervezett vagy a meghosszabbított - élettartamának elérése érdekében. Az optimális élettartam a műszaki korlátok és lehetőségek, illetve a gazdaságosság elemzésével határozható meg.

1993-ban, az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatokkal, az üzemeltetési engedély időszakonkénti meghosszabbításának rendszerét vezette be a nukleáris biztonsági hatóság. Az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat terjedelmét, s ebben a biztonsági berendezések szisztematikus öregedés miatti kezelésének hatályos követelményeit a 108/1997. (VI. 25.) kormányrendelet, illetve a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok tartalmazzák. A felülvizsgálat során, az üzemeltetési engedély feltételeként, igazolni kell, hogy az öregedési folyamatok ellenére a biztonsági szempontból fontos berendezések működőképeseek. E követelmények miatt a Paksi Atomerőműben a szisztematikus öregedés-kezelési tevékenység mintegy hét éve kezdődött, ami kiteljesedése annak a tevékenységnek, ami az atomerőműben a kezdetektől folyik, mint például a reaktortartály anyagának, azaz a neutronbesugárzás okozta ridegedési folyamatnak ellenőrzése, az eróziós-korróziós jelenségek monitorozása, a műszaki felülvizsgálatok rendszere.

A blokkok Időszakos Biztonsági Felülvizsgálata során megtörtént az élettartam szempontjából kritikus, biztonsági szempontból fontos berendezések meghatározása. A paksi blokkok élettartamát a reaktortartály szabja meg, bár a tartály kritikus jellegét a már bevált hőkezelési eljárásokkal jelentősen csökkenteni lehet. Jóllehet a világon már számos gőzfejlesztőt kicseréltek, mégis valószínű, hogy a paksi VVER-440/213 blokk típus beépítési sajátosságai miatt a gőzfejlesztők cseréje csak extrém nagy költségekkel valósítható meg, így a Paksi

Atomerőműben a gőzfejlesztők is az élettartamot korlátozó berendezés-csoportba tartoznak. Triviális, de fontossága miatt mégis meg kell említeni, hogy a konténment jelenti az abszolút korlátot az élettartam szempontjából. Ezekről a szerkezetektől és berendezésektől megfelelő öregedéskezelés mellett elvárható, hogy az erőmű tervezett élettartamáig üzemeljenek, de tőlük függ, és bennük van az élettartam-hosszabbítás lehetősége is. A többi berendezés, komponens, s nagy tömegben beépített elem állapotát (karbantartással, felújításokkal, cserével) fenn kell tartani, hogy azok ne váljanak az erőmű működésének akadályává.

Megtörtént a kritikus berendezések öregedési folyamatainak feltárása, az állapotváltozás nyomon követésének és a lehetséges korrekciós intézkedéseknek meghatározása. A gépészeti berendezések esetében a ciklikus fáradás meghatározó mechanizmus, ezért követni kell a tényleges ciklusszám alakulását. A legtöbb öregedési folyamat következménye nyomon követhető a műszaki felülvizsgálatok eredményei alapján. A kritikus komponensek öregedési kezelésén, monitorozásán túl, az atomerőműben minden szakterületen folyik a szerkezetek, berendezések és komponensek állapotának felügyelete, ezzel biztosítva a nagyszámú (ámbar cserélhető) rendszerelemek megkövetelt műszaki szintjét.

Korszerű számítógépes támogatással folyik a kritikus komponensek öregedési folyamatainak monitorozása, az adatgyűjtés.

A tudatos öregedéskezelés már az eddigi átalakítások, cserék során is teret nyer. Erre példa a turbina kondenzátorok cseréje, ami - lévén az új kondenzátor rozsdamentes acél csövezésű - lehetővé teszi a gőzfejlesztők degradációjának ütemét lényegesen csökkentő, magas pH-jú szekunder köri vízüzem bevezetését.

A műszaki-tudományos kompetencia fejlesztésére és az élettartam-gazdálkodás műszaki-tudományos kérdéseinek tisztázására évek óta komoly kutatómunka folyik több intézményben.

Az már 1992-ben felismerhető volt, hogy a beépített biztonság, minőségbiztosítás, biztonsági elkötelezettség, és biztonságnövelés, az inspekción-karbantartások más iparágakat jóval felülmúló rendszeressége, néhány komoly, de kezelhető problémától eltekintve lehetőséget ad az atomerőmű élettartamának növelésére, s azt inkább politikai, gazdaságpolitikai, társadalmi és befektetési szempontok korlátozhatják [1]. 2002-ben megtörtént az élettartam-hosszabbítás megvalósíthatóságának komplex műszaki-gazdasági vizsgálata, amely ezt a feltételezést teljes mértékben megerősítette.

Az élettartam hosszabbítás megvalósíthatósága

A vizsgálat menete

Az élettartam-hosszabbítás műszaki-gazdaságossági megvalósíthatóságának vizsgálata három részfeladatból állt:

* Az atomerőművek élettartam-hosszabbításával kapcsolatos ismeretek, s különösen az USA-ban felhalmozódott tapasztalatok és engedélyezési eljárás feldolgozása [2];

* Az atomerőmű szerkezetei, rendszerei és komponensei műszaki állapotának felmérése, az élettartam-hosszabbítás műszaki, biztonsági korlátainak megállapítása és a biztonsági, illetve termelési funkciók fenntartásához szükséges beruházási költségek becslése [3];

* Az élettartam-hosszabbítás üzleti modelljének kifejlesztése, amellyel elemezni lehetett az erőmű élettartam-hosszabbítási alternatíváinak versenyképességét [4].

Az alábbiakban a két utolsó részfeladat eredményeit taglaljuk.

Az erőmű műszaki állapotának felmérése

Az erőmű állapotának felmérése a szerkezetek, rendszerek és komponensek nagyszámú, reprezentativitáshoz feltétlenül elégséges halmazán történt. Az elemzés közel 500 szerkezet, rendszer és berendezés élettartam-kilátásaira, az ellenőrzési, karbantartási, állagmegóvási gyakorlatra, az öregedéssel, romlási folyamatokkal kapcsolatban összegyűlt tapasztalatokra terjedt ki. Minden berendezés esetében felmértük, lehet-e az erőmű eddigi gyakorlatának megfelelő szinten tartó tevékenységgel (cserék, felújítások, eseti kiváltások stb.), s az ehhez tartozó rendszeres költségekkel az elvárt biztonsági szintet, rendelkezésre állást biztosítani, vagy kiugró beruházási költségekkel kell számolni az élettartam-hosszabbítás alternatívától függően. Megállapítottuk, hogy:

- * A Paksi Atomerőmű 50 éves üzemben tartását műszaki akadály vagy teljesíthetetlen biztonsági határ nem korlátozza.
- * A Paksi Atomerőmű ellenőrzési, karbantartási, rendszeres felújítási gyakorlata a legtöbb rendszer, berendezés esetében lehetővé teszi az élettartam-hosszabbítást kiugró költség nélkül.
- * A berendezések, rendszerek kis hányadánál, az élettartam hosszabbítás mértékétől függően, szükség van rekonstrukcióra, komolyabb beruházásra, mivel az öregedés okozta degradáció javítása korlátozott, vagy jelentős erkölcsi avulással kell számolni. Egyes berendezések, rendszerek esetén (pl. szabályzó és biztonsági védelmi kazetták hajtásai, ezek közbenső rúdjai, stb.) az üzemidő növeléséhez készletváltásra, vagy kapacitásbővítésre van szükség (mint pl. a hulladéktároló esetében).

Az élettartamot korlátozó berendezések közül a reaktortartályok és a gőzfejlesztők, fokozott jelentőségük miatt, külön említést érdemelnek.

A Paksi VVER/213 típusú reaktortartályok anyaga a neutronbesugárzásra, illetve az ezáltal okozott ridegedésre kevésbé érzékeny, mint a hasonló blokkok tartályai. Így reaktortartályok üzemeltethetők bizonyos, a biztonságot és az élettartam-hosszabbítás gazdaságos voltát nem veszélyeztető intézkedésekkel és költségekkel. A tartályok blokkonként eltérőek, és eltérő feltételek mellett valósítható meg az élettartamuk meghosszabbítása:

- * A 3. és 4. blokkon a reaktortartályok semmilyen beavatkozást, módosítást, következképp semmilyen többletköltséget nem igényelnek, még 50 éves élettartam esetén sem.
- * A 2. blokkon a reaktortartály élettartamának meghosszabbításához csak az üzemzavari zónahűtés tartályának felfűtésére van szükség a kis valószínűséggel bekövetkező, nyomás alatti termikus sokk (PTS) tranziensek okozta feszültségamplitúdók csökkentésére. Erre kipróbált és nem túlzottan költséges műszaki megoldások léteznek.
- * Az 1. blokk reaktoránál az 50 éves élettartam esetén az üzemzavari zónahűtés tartályának felfűtésén túl ~50%-os esélye van annak, hogy az aktív zóna melletti 5/6-os hegesztési varrat ridegtörési hőmérsékletének csökkentésére hőkezelést kell alkalmazni. A hőkezelés a VVER

erőművek gyakorlatában (Finnországban, Szlovákiában) sikerrel alkalmazott, nem költségkritikus eljárás.

A paksi gőzfejlesztők esetén is számolnunk kell a gőzfejlesztő hőátadó csövek feszültségkorróziójával. Az időközben bevezetett, a gőzfejlesztők szekunder oldali védelmét szolgáló beavatkozások (kondenzátor csere, réztelenítés, 100%-os kondenzisztító kiiktatása stb.) is figyelembe vesszük, akkor nagy biztonsággal kizárhatjuk a paksi blokkok 50 éves élettartam esetén is a gőzfejlesztők cseréjét. A szekunder oldali feszültségkorróziót azonban a megváltozott vízüzem esetén is kontrollálni kell, minimalizálni kell az eróziótermékek gőzfejlesztőbe való behordását, pl. a nagynyomású előmelegítők cseréjénél a szerkezeti anyagok helyes megválasztásával.

Input adatok az üzleti értékeléshez

A típusévi átlagos szintentartó beruházási költségek meghatározása. Az erőművi berendezések elvárt biztonságossági szintjét folyamatosan fenntartó karbantartási, állagmegőrzési, időszakos felújítási, szakaszos cserélési gyakorlathoz tartozó úgynevezett szinten tartó beruházási költségeket az erőmű 1994-2000. évi gyakorlata és tényadatai alapján határoztuk meg. A tényadatot az előre nem specifikálható (pl. biztonságnövelő) tételek miatt, konzervatív módon ~35%-kal megnöveltük, s ez lett az üzleti elemzés inputja.

Kiugró beruházási költségek meghatározása. A mintegy 500 rendszer, berendezés műszaki állapotának felmérésével meghatároztuk, hol kell a meghosszabbított élettartam alatt az elvárt biztonságossági szintet, rendelkezésre állást jelentős beruházással biztosítani. A kiemelt kiugró költséget valószínűsítő berendezések listája úgyszintén az üzleti elemzés input adata lett.

Az élettartam-hosszabbítás gazdasági vizsgálata

Az élettartam-hosszabbítás üzleti modellezése a bevételekre, a kiadásokra és a finanszírozásra terjedt ki.

A bevételek természetesen a villamosenergia-termelésből és -értékesítésből származnak. Műszaki megfontolások alapján feltételeztük, hogy a Paksi Atomerőmű rendelkezésre állása a jelenlegi kiemelkedő szinten tartható. A kezdeti időszakban az értékesítés a hosszú távú áramvásárlási szerződés alapján, 2010-től pedig a már teljesen liberalizált árampiacon, verseny-körülmények között zajlik. A hosszú távú áramvásárlási szerződés időszakát felváltó versenypiaci árképzés alapjául a kombinált ciklusú gázturbinás erőművek (CCGT) adatait használtuk, mivel ezek várhatóan domináns szerepet kapnak az energiatermelésben. Feltételeztük tehát, hogy megtartható a jelenlegi kapacitás kihasználási szint is, mivel nem számoltunk az üzemszüneti pontnál, az atomerőmű tipikus költségeinek fajlagos értékénél (3,67 Ft/kWh, 1999-ben) alacsonyabb versenypiaci áramárral.

A makrogazdasági tendenciák becslésénél mértékadó forrásokat, pl. a Gazdaságkutató Intézet által prognosztizált adatokat használtuk. Figyelembe vettük a Paksi Atomerőmű specifikus műszaki és gazdasági adatait, mint pl. a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapba való befizetési kötelezettséget, vagy az eredetileg tervezett 30 éves élettartamhoz kapcsolódó biztonságnövelő beruházások már folyó vagy eltervezett tételeit, s az élettartam-hosszabbítás engedélyeztetési eljárásának várható költségeit. Az iparág jellemző adatait, mint pl. az iparági tőkeköltségre vonatkozó adatokat, a CCGT létesítési és működési költségeire vonatkozó

adatokat nemzetközi forrásokból (pl. International Energy Agency: Projected Costs of Generating Electricity) vettük.

Az input adatok és a változónak tekintett paraméterek esetében konzervatív feltételezésekkel éltünk, például moderált gázár prognózist vettünk alapul, továbbá a beruházások időpontját a felmerülés időszakának leelejére ütemeztük. Feltételeztük, hogy az élettartam-hosszabbítás beruházásai az osztalékkal csökkentett termelői működési pénzáramokból és leginkább hitelekkel finanszírozhatóak. A hitelek felvétele a mérleg-főösszeg 50%-ig megengedett.

Az üzleti értékelés eredményei

A kiemelt jelentőségűnek feltételezett változókra (földgázár alakulása, beruházások felmerülésének időpontja, típusévi költségek szintje) érzékenységvizsgálatokat végeztünk. A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a projekt megtérülését leginkább a földgázár, illetve azon keresztül a villamos energia értékesítési ár alakulása befolyásolja. Miután a földgázár volatilis és nehezen prognosztizálható, azt a teljes időszakra változtathatóként állítottuk be.

Az élettartam-hosszabbítás mint projekt gazdaságosságát kétféle összehasonlításban vizsgáltuk:

* A projektek értékelésekor általánosan alkalmazott nettó jelenérték és belső megtérülési ráta kritériumok mellett, amelyeket érzékenységvizsgálataink keretében vizsgáltunk, elvégeztünk egy olyan gazdaságossági számítást, amely az atomerőmű élettartamának meghosszabbítására vonatkozó döntést állítja szembe az alternatívaként megvalósítható (ugyanolyan teljesítmény egyenértéken figyelembe vett) CCGT létesítési beruházással.

* Megvizsgáltuk, mekkora a nettó jelenértéke, illetve a belső megtérülési rátája az élettartam-hosszabbítás megvalósításának, az erőmű leállításával összehasonlítva.

A pénzügyi modell alapján elvégzett gazdaságossági számítások legfontosabb végkövetkeztetései az alábbiak.

Élettartam-hosszabbítás versus CCGT létesítés. Az alternatív beruházásként figyelembe vett CCGT létesítéshez képest mind a fajlagos beruházási kiadások terén, mind pedig a működési költségek esetében sokkal előnyösebb a Paksi Atomerőmű élettartam-hosszabbítása. Amennyiben a meghosszabbított üzemidő alatt a villamosenergia-értékesítési reál-árszint 4,52 Ft/kWh felett alakul, a CCGT építéséhez képest előnyösebb az atomerőmű élettartamának meghosszabbítása mellett dönteni.

A Paksi Atomerőmű élettartamát növelő beruházások mindaddig gazdaságosabbak egy CCGT létesítésénél, amíg a bővítés időszakában érvényes földgázár nem csökken a 2000 novemberéig érvényes (a 42%-os áremelést megelőző) szállítóvezetési gázdíj (0,585 Ft/MJ) szintje alá 57%-kal. Az ugyanekhez a 0 nettó jelenértékű szinthez tartozó villamosenergia-ár szélsőérték 4,52 Ft.

Más megközelítésben azt láthatjuk, hogy pl. 7,32 Ft-os villamosenergia-ár mellett az élettartam-hosszabbítás által generált cash flow nettó - a CCGT létesítéshez viszonyított - többletjelenértéke a 10 éves alternatíva esetén 327 milliárd forint, a 20 éves élettartam-hosszabbításnál pedig 452 milliárd forint. Az eredményül kapott rendkívül jelentős gazdaságossági tartalék az élettartam-növelő beruházások CCGT létesítéshez képest alacsony

beruházási kiadása és az alacsony típus évi költségek együttes eredményei. Itt kell hangsúlyoznunk, hogy a modellben nem tételeztünk fel reálértéken változást a nukleáris fűtőanyag árában az 1999-es évi szinthez képest. Ez utóbbi azonban az eredményeket még akkor sem változtatja meg, ha a természetes urán ára két-háromszorosára nőne.

A táblázatban nem vettük számításba a teljesítménynövelést. Mivel a teljesítménynövelés nem jár arányosan ugyanakkora üzemeltetési és karbantartási költségnövekedéssel, végeredményben a megtermelt villamos energia egységárának csökkenését is okozza.

Vannak még költségcsökkentési lehetőségek az üzemanyag-gazdálkodásban, s a friss üzemanyag beszerzésének diverzifikálása, a második szállító megjelenése az atomerőmű számára kedvező árverseny kialakulását eredményezheti, valamint lehetőséget nyújt a stratégiai készlet szintjének csökkentésére és ezzel a pénzügyi terheknek az ellátási biztonságot nem veszélyeztető mérséklésére.

Élettartam-hosszabbítás versus az atomerőmű leállítása. Miután a pénzügyi elemzés azt mutatta, hogy a projekt finanszírozásához nincs szükség tulajdonosi saját forrás bevonására (tőkeemelésre), a befektetett tőke értékeként azt az összeget szerepeltettük, amely az erőmű 2017-ben történő leállítása esetén a tulajdonosokat illetné saját tőkéjük értékeként. A nettó jelenérték kritérium alapján a földgáz 2000. évi árszintjénél 30%-kal alacsonyabb árat feltételező, 5,85 Ft-os áramár mellett válik nem megtérülővé az élettartam-hosszabbítás (mind a 10, mind a 20 éves élettartam-növelés esetén). Az erőmű leállítása helyett az élettartam-hosszabbítás megvalósítása 5,85 Ft/kWh feletti reál áramár (2000. éves szint) felett már gazdaságosabb.

A siker feltételei

Az élettartam-hosszabbítás lehetőségének megteremtéséhez - a jelenleg folyó öregedéskezelési és élettartam-gazdálkodási program folytatásán - túl számos feltételnek kell teljesülnie.

Projektindítás. Az élettartam hosszabbításához, megalapozásához és engedélyezéséhez egy előkészítő projektet kell indítani 2001-ben. Az előkészítő projekt célja az élettartam-hosszabbítás részletes, az eddigi Időszakos Biztonsági Felülvizsgálatok és a megvalósíthatósági tanulmányhoz végzett elemzések mélységét meghaladó, az élettartam-hosszabbítás hatósági engedélyezéséhez szükséges megalapozása.

Az előkészítő projekt eredménye egy kiterjesztett öregedés-kezelési és élettartam-gazdálkodási program. Az atomerőmű jelenlegi öregedéskezelési programját kell terjeszteni minden, immáron nemcsak a biztonságos, de a gazdaságos üzemeléshez szükséges, fontos rendszerelemre és folyamatra is, és a programot végig kell vinni. Ez a berendezés és rendszer állapotainak mélyebb és nagyobb felbontású figyelését, trend elemzését igényli, és megköveteli a folyamatok vizsgálatát és az adatgyűjtés kiterjesztését. Fontos cél az élettartamot korlátozó folyamatok korai stádiumban való felismerése, hogy a korrekció időben megtörténhessen. A projekt fő eredménye az öregedési hatások korrekcióját szolgáló karbantartási-szintmentartási tevékenység, illetve beruházási igények meghatározása. Az élettartam-hosszabbítás lehetőségét elemzésekkel kell alátámasztani, amely a szerkezetek, berendezések és komponensek tervezéskor felvett, élettartamot meghatározó feltételezésekből, a tényleges elhasználódás mértékéből kiindulva igazolja, hogy a maradék élettartam elégséges az 50 éves üzemeltetéshez, illetve ha nem, akkor, mikor és milyen

beavatkozásra van szükség. A projekt keretében elkészülnek a nukleáris biztonsági és a hazai szabályozás által megkövetelt engedélydokumentumok. A projekt keretében meg kell fogalmazni azokat a követelményeket is, amelyek az élettartam-hosszabbítás társadalmi-politikai elfogadtatásához, az erőmű meghosszabbított élettartamára a humán erőforrás és szaktudás biztosításához, vagy a környezeti hatások hiteles ellenőrzéséhez szükségesek. Ezek biztosítása önálló projektek keretében folyik.

Az élettartam-gazdálkodási program kidolgozása, műszaki-tudományos megalapozása és engedélyezéshez szükséges dokumentumok előállítására konkrét nemzetközi tapasztalatok (USA, Finnország) alapján és azok felhasználásával 2007-ig befejezhető.

Biztonsági és műszaki feltételek. Elengedhetetlenül szükséges feltétele az élettartam-hosszabbításnak az erőmű biztonsága, azaz, hogy - megvalósítva a 2002. év végére a biztonságnövelő programot - a zónaolvadás gyakoriságát a belső kockázati forrásokat, eseményeket és a földrengést tekintve a 10-5/év nagyságrendre csökkentsük. Ezzel a további tartós üzemeltethetőség alapvető, biztonsági feltételét teljesítjük. Ez nem jelenti természetesen a biztonsági problémák egyszer és mindenkorai megoldását. Az élettartam-hosszabbítás egyúttal azt is jelenti, hogy a 2020-as évek biztonsági elvárásait is bizonyos mértékben teljesíteni kell.

Nem feltétele, de igen kedvező műszaki (sőt gazdasági) körülmény a blokkjelzőművelés növelése az élettartam-hosszabbítással párhuzamosan, ami jelentősen fokozza a versenyképességet, és jobb megtérülést biztosít mindkét projekt számára. A meghosszabbított élettartam alatt még profitálni lehet az üzemanyag-fejlesztések várható eredményeiből is.

Jogi feltételek. Az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat és az üzemeltetési engedély megújítását megkövetelő hazai szabályozási koncepció nem köti ki az erőmű élettartamát, az akkor jár le, ha valamely kritikus berendezés nem képes teljesíteni funkcióját, s megjavítása vagy cseréje műszaki vagy gazdasági okokból nem megvalósítható. Ennek ellenére itt is van értelme a tervezési élettartamnak mint a szállító által garantált üzemeltethetőségi korlátnak, illetve mint a főberendezések tervező által elvégzett fáradási elemzések bázisidejének. Éppen ezért a ma hatályos Nukleáris Biztonsági Szabályzatok tartalmazzák az öregedés-kezelésre vonatkozó elvárásokat, illetve azt, hogy az adott időpontig, az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat utáni tíz évig, valamennyi berendezésnek és az erőműnek összességében teljesítenie kell a biztonsági követelményeket. Ugyanakkor a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok azt is kikötik, hogy az így kiadott üzemeltetési engedély érvényessége a tervben előirányzott és megalapozott élettartamnál nem lehet hosszabb. A tervezett élettartamot túllépő üzemeltethetőséget külön kell igazolni, és az élettartam-hosszabbítást az engedélyesnek kérelmeznie kell. A hazai nukleáris biztonsági szabályozás tehát megadja az élettartam-hosszabbítás lehetőségét. A részletes, alacsonyabb szintű szabályozás kidolgozása folyik, és 2002-ben várhatóan befejeződik.

Az élettartam-hosszabbítás társadalmi feltételei. Az élettartam-hosszabbítást az is indokolja, hogy a Paksi Atomerőmű elfogadottsága igen jó, tartósan több mint 70%. Ez és a régió egyértelmű támogatása adja az élettartam-hosszabbítás társadalmi alapját. Számolnunk kell azzal, hogy mire elérijük a tervezett élettartamot, hazánk EU tag lesz, ami meghatározza a politikai peremfeltételeket az atomenergetika hazai alkalmazása terén is. Ellentétben a VVER-440/V230 típusú (Bohunice V1 erőmű 1. és 2. blokk) a paksi, VVER440/V213 típusú atomerőművi blokkok leállítását az EU nem várja el a csatlakozóktól. A Paksi Atomerőmű biztonságnövelő programjának nemzetközi és EU megítélése igen jó, s az elfogadtatás nem

jelent problémát, de nehezen jósolható meg az európai politikai erők reakciója a csatlakozni kívánó Magyarország az élettartam-hosszabbítási szándékára.

Egyéb feltételek. Az atomerőmű üzemeltetése nem függetleníthető a kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék problémájától. A kiégett üzemanyag átmeneti tárolása a telephelyen lévő tárolóban 50 évre megoldott. Ma a világon intenzív kutató-fejlesztő munka folyik a kiégett üzemanyag optimális kezelésének, illetve a nagyaktivitású hulladék végleges elhelyezésének megoldására. Ennek meg lesz az eredménye, ezért ma a világon mindenütt a kivárás stratégiáját követik. Ezzel a kérdéskörrel megfelelő szinten kell foglalkozni hazánkban is. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezését a világon technikailag megoldottnak tekintik. A hazai tároló telephelyének kijelöléséig, illetve a tároló elkészültéig a Paksi Atomerőműnek meg kell oldania a hulladék üzemi területen való kezelését és átmeneti tárolását.

Humán erőforrás, tudásmenedzsment. Az atomerőmű öregedése nem csak műszaki kérdés. Az atomerőmű üzemeltetői, de a műszaki-tudományos háttér intézmények személyi állománya is öregedik, az átlagéletkor feltűnően az ötven év irányába tolódott el. Ezt a folyamatot a háttérintézményeknél némileg késleltette a biztonságnövelő program tudás- és humán erőforrás-igénye, de az elöregedés problémája így is általános jellegű. A Paksi Atomerőmű humán stratégiája és humán erőforrás-fejlesztése hivatott a távlati szakember igény és szaktudás biztosítására, de az a humán erőforrás és szaktudás biztosításának kérdése nem csak egy cég, hanem az ország műszaki-tudományos és oktatási potenciáljának aktivizálását, revitalizálását jelenti.

A gazdasági-politikai körülmények miatt szükség van arra, hogy a nukleáris energetika pozícióját megőrizzük a hazai villamosenergia-piacon. A nemzetközi tendenciákat követve és a paksi blokkok műszaki biztonsági adottságait kihasználva ezt a Paksi Atomerőmű élettartamának meghosszabbításával lehet megvalósítani. Ennek biztonsági és műszaki megvalósíthatóságát és egyértelmű üzleti előnyeit a megvalósíthatósági tanulmány igazolta. Az élettartam-hosszabbításra vonatkozó elvi döntés megszületett. Az előkészítő projekt keretében kell kidolgozni és bevezetni az élettartam-hosszabbításhoz szükséges öregedéskelzési és élettartam-gazdálkodási programot, és azokat az engedély dokumentumokat, amelyek igazolják, hogy a hazai hatályos nukleáris biztonsági és környezetvédelmi előírások, s a nemzetközi normák szerint a Paksi Atomerőmű legalább ötven évig üzemeltethető, s biztonságos, tiszta forrása a hazai villamosenergia-termelésnek.

IRODALOM:

1. Katona T., Bajsz J.: PLEX at Paks: making virtue out of necessity, Nuclear Engineering International, June 1992
2. A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának megvalósíthatósági elemzése 1. rész: VEIKI, 2000.
3. A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának megvalósíthatósági elemzése 2. rész: A berendezések műszaki állapotának előzetes értékelése Táblázatok, VEIKI, 2000.

4. A Paksi Atomerőmű élettartam-hosszabbításának megvalósíthatósági elemzése 3. rész. A Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításához tartozó üzleti terv modell kifejlesztése, VEIKI, 2000.

1. táblázat: A villamosenergia-termelés alternatíváinak gazdasági összehasonlítása

Atomerőmű, élettartam	széntüzelésű erőmű	kombi ciklusú gáztüzelésű erőmű	Paksi 20 év hosszabbítás
Beruházási kiadások Ft/kW	340 000	160 000	58 000
Karbantartási költség, Ft/kWh	1,32	0,71	2,84
Primerenergia-költség*, Ft/kWh	3,38	5,67	0,83
Összes üzemeltetési és karbantartási költség, Ft/kWh	4,70	6,38	3,67

* Prognózis közepes energiaárak esetén, a közelmúltbeli gázártendenciák nélkül.

1 2000. év végi USA adatok szerint: nukleáris 1,8 USDcent/kWh, szén 2,1 USDcent/kWh, gáz 3,5 USDcent/kWh.

2 Csak az olyan (kb. 1 USDcent/kWh árú) importtal nem tud a Paksi Atomerőmű tartósan versenyezni, amelyiket elégtelenül karbantartott, biztonsági és környezetvédelmi normákat nem teljesítő erőművekből hoznak be.

A jelen számunkat a huszonöt éves Paksi Atomerőmű Rt. támogatta.