



HOGYAN KÉSZÜL PAKS II?

Fórum az atomerőművi kapacitás fenntartásáról

2014. január 14-én az orosz és a magyar kormány delegációja Moszkvában aláírta azt a kormányközi megállapodást, mely a Paksi Atomerőmű hosszú távú kapacitás-fenntartásáról, vagyis két új blokk telepítéséről szól. A megállapodás értelmében a két új létesítmény beszállítója a Roszatom, orosz atomerőművi technológiával foglalkozó nagyvállalat, míg a beruházáshoz szükséges anyagiakhoz az orosz állam biztosít 10 milliárd eurós hitelkeretet az ország számára. A döntést Magyarországon heves politikai viták követték, melyek kevésbé a tájékoztatást, mintsem a különböző politikai erők összecsapását és szavazóbázisának növelését szolgálták. Utóbbi jelleg megváltoztatását és az egyetemi korosztály, valamint a műszaki értelmiség hiteles tájékoztatását tűzte ki céljául az Energetikai Szakkollégium, miután a 2014-es év két fontos, politikai megmérettetése (választás) és a közélet politikai túlfűtöttsége lecsengett. 2014. november 12-én a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem egyik legnagyobb előadójában, 570 fő részvételével *Hogyan készül Paks II?* elnevezéssel került megrendezésre az a szakmai fórum, ahová a leginkább kompetens előadókat kértük fel hatósági, beruházói, illetve kormányzati oldalról.



Hivatali aspektus – Fichtinger Gyula

Fórumunk első előadója Fichtinger Gyula, az Országos Atomenergetikai Hivatal (OAH) főigazgatója volt. Prezentációját egy hasonlaltal kezdte, aminek a segítségével párhuzamot vont az új atomerőművi blokkok építése egy új autó vásárlása között. Utóbbi esetben is fontos szempont, hogy autónk elég biztonságos-e. Erről meggyőződhetünk, ha elvisszük műszaki ellenőrzésre, ahol kötelező ellenőrzésen esik túl, majd a hazai szabályok alapján kap arról egy igazolást, hogy alkalmas-e a közlekedésre. A nukleáris biztonsági engedélyezés ugyanígy működik: a vizsgálatok során megnézzük, hogy az alapvető funkciók megvannak-e és megvizsgáljuk, hogy a hazai előírásoknak kellő biztonsággal megfelelnek-e.



A hazai nukleáris biztonsági szabályozás rendjének és követelményeinek szigorú előírásai vannak. Ezeknek a csúcsán áll az atomtörvény¹, ami az alapelveket foglalja össze és kiosztja az ügyben érintett szereplőkre vonatkozó felhatalmazásokat. Ezt követik a

kormányrendeletek, amik például a biztonsági követelményeket (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok) tartalmazzák. Ezzel egyenrangúak a miniszteri rendeletek, amit az útmutatók követnek a jogszabályi követelmények teljesítésének leírásával. Ezeken túl léteznek még eljárásrendek, melyeket a szereplők már maguknak készítenek el, és utasítások, amik az egészen apró részleteket szabályozzák.

Az engedélyezés nagyon komplex folyamat, ami során különféle területeket kell vizsgálni és összesíteni. Ilyenek például a geológiai kutatások, a környezetvédelmi előírások, a vízjogi ügyletek és természetesen a nukleáris biztonság. Ezeknek az összehangolását tartalmazza az atomtörvény¹ és az alatta lévő jogszabályok. Magyarországon decentralizált hatósági rendszer épült ki, ami azt jelenti, hogy a különböző területekért különböző hatóságok felelnek. Ezek

¹ 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

egyrészt önállóan vizsgálják a hatáskörükbe tartozó területeket, másrészt más szakhatóságokkal közreműködve vizsgálják a speciális kérdéseket.

A nukleáris biztonsági engedélyek közé tartozik a telephelyi engedélyezés, mely során első körben a vizsgálatok módszertanának helyességéről kell meggyőződni, majd az eredményeket megvizsgálva el kell dönteni, hogy a terület atomerőmű telepítésére megfelel-e, és hogy milyen szempontokat kell figyelembe vennünk a tervezés során. A különböző reaktorokhoz úgynevezett típustervek léteznek, melyeket azonban minden esetben a sajátos telephelyi környezethez kell illeszteni. A telephelyi engedélyeztetés során az OAH a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) képviselő Pécsi Bányakapitány megállapításaira támaszkodik.

Ez után következnek a létesítési, építési, gyártási és beszerzési engedélyek, végül az üzembe helyezés. Az üzembe helyezés során a szakemberek tesztek segítségével győződnek meg arról, hogy a létesítmény biztonságos és megbízható működésre képes. Ezután következik az üzemeltetési engedélyeztetés, aminek eredményeképpen hosszú távú üzemelési engedélyt kap az erőmű.

Minden atomerőműnél felmerül a kérdés, hogy a döntések milyen környezetben születtek, a társadalom véleményét figyelembe vették-e, és ha igen, hogyan. Magyarország esetében ezen a téren két említenivaló esemény volt, ami közül az első a 2009-es parlamenti döntés a nukleáris kapacitás fenntartásáról, valamint a bevezetőben említett idei kormányközi megállapodás.

A társadalom bevonásának egyik lehetősége az úgynevezett ügyféli státuszok kiosztása, akiknek közvetlen beleszólásuk lehet egyes kérdésekben. Ez a státusz azt jelenti, hogy bizonyos egyének és szervezetek az eljárásokban ügyfélként jelennek meg. Legfőbb ügyfél az engedélykérő, aki létesíteni szeretne, és e mellett szerepelhetnek ügyfélként egyének, szervezetek. Másik lehetőség a közmeghallgatások tartása, mely két évvel ezelőtt egy jogszabály-módosítással - a lényeges eljárások kötelező elemeként - be is került a magyar szabályozási környezetbe. Közmeghallgatáson lehet érdeklődni, véleményt nyilvánítani és később az eljárásban a hatóság ezt figyelembe tudja venni. Ezeken túl vannak nemzetközi eljárások és egyezmények, melyek a külföldi országok bevonását teszik kötelezővé.

A környezetvédelmi engedélyezés nem tartozik a nukleáris biztonsági engedélyezés kérdései közé, de mivel ez egy kiemelt fontosságú téma, Fichtinger Gyula ezek állását is ismertette röviden. Egy előzetes konzultációs dokumentum elkészítésével indult a folyamat, aminek alapján a környezetvédelmi felügyelőség közzétette, mit kell tartalmazni a tanulmánynak. Ezt a konzultációs dokumentumot 12 nyelvre fordították le, majd 30 országba küldték szét. Ez alapján összesen 16000 észrevétel érkezett, és 10 ország jelezte, hogy feltétlenül részt kíván venni a folyamatban.

A szabályozásokat (a törvényt és a hozzá tartozó rendeleteket) 2009-től kezdve az OAH több lépcsőben vizsgálta felül a nemzetközi és a hazai tapasztalatok alapján. Ennek során több korszerű nemzetközi normát és tapasztalatot vettek figyelembe, köztük például a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség, az ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group) és az EUR (European Utility Requirements) ajánlásait. A nemzetközi aktualitások kiemelt szereppel bírnak, ezért fontos körülnézni, hogy jelenleg milyen engedélyezések zajlanak és mik a létesítési tapasztalatok. Ennek érdekében az OAH az összes elérhető és releváns tapasztalatot begyűjtötte számos országból. Ezek és a hazai tapasztalatok (pl. 2003-as üzemzavar) alapján 2011-ben a felülvizsgálat eredménye egy törvény- és egy kormányrendelet-módosításban jelent meg. Két új csomag került be a követelményrendszerbe: változtak az eljárásokra vonatkozó szabályok és egy telephely vizsgálati csomag is elkészült. Ezt követően a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokba bevonták az új blokkokra vonatkozó létesítési követelményeket is. A fukusimai baleset után rengeteg új ajánlás és követelmény született, így az OAH is elkészítette a saját jelentését a célzott biztonsági felülvizsgálatokról. A legújabb módosítási csomagjuk, amely 50 új követelményt tartalmaz, jelenleg egyeztetés alatt áll.

A követelményeket természetesen nem csak új blokkok létesítésekor gondolják újra: 5 évente felülvizsgálják a szabályozási környezetet, 10 évente pedig a létesítmények biztonságát is, majd az így megszerzett tapasztalattal folyamatosan frissítik a követelményeket és a létesítményeket.

Az új blokkokat illetően jelenleg a telephely engedélyeztetésnél tartunk. *2014. április 11-én* nyújtotta be az (akkor még) MVM Paks II Atomerőmű Fejlesztő Zrt. azt az engedélykérelmet,

ami tartalmazta a telephely vizsgálati programot. Október 16. és november 12. között az OAH helyszíni szemlét tartott az engedélyesnél, megvizsgálták a felkészültségét, illetve hogy a kérelmező alkalmas-e arra, hogy belefogjon egy ilyen tevékenységbe. A hivatal megfogalmazta elvárásait, melyhez alkalmazkodnia kell az engedélyesnek, ez alapján azóta elkészült egy intézkedési terv is.

Fichtinger Gyula összefoglalva az elmondottakat, újra kiemelte, hogy az atomerőmű létesítés nem egy egyszerű és könnyen véghezvihető folyamat, hanem egy nagyon hosszú és komplex feladat. Számos helyen merülnek fel kérdések, viták, amelyek során törekednünk kell a különböző szakmai és társadalmi szervezetek, csoportok minél mélyebb bevonására, az egész folyamat elfogadtatására.

Zárszóként hozzátette, az atomerőmű és a nukleáris biztonság sem tréfa, de azért nem kell tőle félnünk, megfelelő felkészültség és körülmények megteremtése esetén kezelhetőek a felmerülő kockázatok és veszélyek.

Kormányközeli és mérnöki aspektus – Prof. Dr. Aszódi Attila

A fórum második előadója Prof. Dr. Aszódi Attila, a Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásáért felelős kormánybiztos volt. Nyitásként egy személyes történeten keresztül mutatott rá arra, hogy az energetika többek között azért is egy rendkívül nehéz tudományterület, mert egy



erőmű építése nemcsak hatalmas költségekkel jár, hanem több évtizedre, vagy akár közel egy évszázadra is szólhat, amely nagyon hosszú idő, és lehetetlen pontosan előre tudni, hogy mi, milyen irányban változik addig. Negyven évvel ezelőtt azok a mérnökök, akik a Paksi Atomerőmű építésében részt vettek, ugyanezzel a dilemmával küzdöttek, az ő döntésüknek a helyességét most mi éljük meg.

A mai magyar villamosenergia-rendszerben két stabil elem van, a Paksi Atomerőmű és a Mátrai Erőmű, melyek együtt a hazai villamosenergia-termelés 71%-át adják. Emellett a hazai igények kielégítése végett az ország közel 30% villamosenergia-importra szorul, mely ellátásbiztonsági szempontból rendkívül kockázatos. Az import eredetét megvizsgálva arra juthatunk, hogy az ukrán, lengyel, illetve cseh szénérőművekből származik a döntő hányada. Az elkövetkező években 1,3%/év energiaigény-növekedéssel számolva, és ezekhez hozzávéve a kieső kapacitásokat, 2030-ig hozzávetőleg 7300 MW új termelő kapacitást kell létesíteni. Ebből 3100-6500 MW lehet nagyerőművi (pl.: atomerőmű) kapacitás, míg 1600 MW kiserőművi (nagyrészt megújuló alapon).

A paksi bővítés gondolata a nyolcvanas évek óta többször előtérbe került, eredetileg további 2 db 1000 MW-os blokkot terveztek a telephelyre. A kilencvenes években egy kapacitásbővítési tender is lezajlott, melyen azonban nem hirdettek győztest. 2008-ban az ellátásbiztonsági és klímavédelmi célok alapján döntés-előkészítő munka kezdődött, aminek eredményeképp 2009. március 30-án a Parlament túlnyomó többséggel elvi jóváhagyását adta a bővítéshez.

A bevezetőben említett, ez év januárjában aláírt kormányközi megállapodás alapját az 1966-os magyar-szovjet atomenergetikai együttműködési egyezmény adja. Az orosz fél a tervezésben - mely magába foglalja a dokumentációt és az előzetes biztonsági jelentést –, kivitelezésben, üzembe helyezésben és oktatásban segít. Az egyezmény kulcseleme a 40%-os lokalizációs szint célkitűzése. Az erőművet „kulcsrakész” állapotban veszi át a magyar fél és önállóan üzemelteti, amit a kiemelkedő hazai szakemberbázis és szaktudás tesz lehetővé. Az üzemanyagot ez első 20 évben az orosz fél szállítja, továbbá vállalja, hogy a kiegészítő üzemanyag kezeléséről (ideiglenes tárolás vagy reprocessálás) gondoskodik.

A finanszírozásról különálló magyar-orosz államközi egyezmény született. Ez alapján az orosz fél a költségek 80%-át biztosítja államközi hitel segítségével (maximum 10 milliárd eurót), míg a fennmaradó 20% magyar forrás bevonását igényli. A hitel 2014-2025 között áll a magyar fél rendelkezésére. A törlesztés három 7 éves ciklusra oszlik, amely az első blokk üzemének kezdetekor, de legkésőbb 2026. március 15-én kezdődik. A törlesztés évente kétszer esedékes, a három ciklusra különböző visszafizetendő összegekkel és 3,95%-tól 4,95%-ig

terjedő lépcsős kamatozással. Aszódi Attila elmondta, hogy a közel megegyező paraméterű blokk-ajánlatok közül az orosz ajánlat fő vonzerejét a kedvezményes hitel jelentette. A költségelemzés szerint a teljes 60 éves üzemidőre vonatkozó villamosenergia-egységköltség 15-17 Ft/KWh (≈ 50 EUR/MWh), amely tartalmazza a hozamot is.

A jelenleg folyó tárgyalások feladata rögzíteni az együttműködés részleteit, melyeknek fő területei:

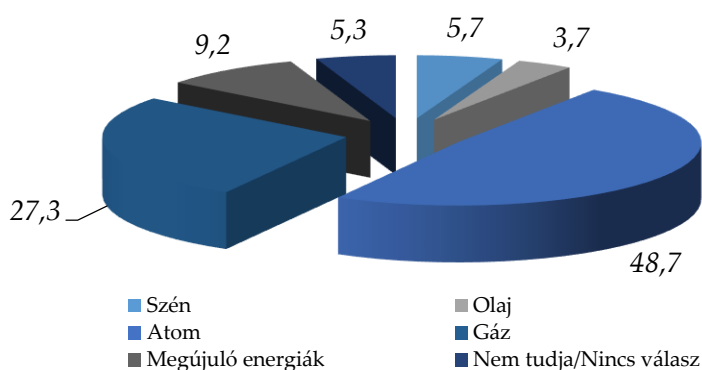
- új blokkok beszerzési és kivitelezési kérdései (EPC szerződés),
- blokkok üzemeltetési és karbantartási támogatása,
- nukleáris üzemanyag ellátás és kiegészítő üzemanyag kezelés.

A magyar fél legfőbb prioritásai között a reaktor megválasztása során természetesen a biztonság is szerepel. A típusnak meg kell felelnie mind a hazai, mind a nemzetközi követelményeknek, ajánlásoknak. Aszódi Attila ennek megértése végett ismertette a mérnöki gátakat, kiemelte a konzervatív tervezés és a mélységi védelem elvének fontosságát. Részletesen kitért a duplafalú konténment felépítésére, illetve a külső hatásokra (például: repülőgép becsapódás) történő méretezésre. Tisztázta a tervezés során figyelembe veendő esemény valószínűségét, majd ismertette a típus néhány sajátosságát, kiemelt figyelemmel az inherens védelmi metódusokra. Külön hangsúlyozta a MOX (Mixed Oxide Fuel – plutóniummal kevert urán oxid) és ERU (Recycled and re-enriched uranium – újradúsított urán) üzemanyagok alkalmazhatóságának fontosságát, illetve a reaktor alkalmasságát terheléskövető üzemre, melynek során 5%/perc gyorsasággal változtatható a teljesítmény az 50-100%-ig terjedő sávban.

Kiemelt téma volt a hűtés kérdése, mivel egy atomerőműnél a triviálisan adódó igényeken túl szükség van biztonsági hűtővízre is. A lehetséges hűtési módok, illetve a Paksi Atomerőmű jelenlegi megoldásának ismertetése után sor került a Dunára vonatkozó hatósági korlátok áttekintésére is. Jelenleg a négy üzemelő blokk körülbelül 130 m³/s vízigénnyel rendelkezik, amely ha a hat blokk egyszerre fog üzemelni, akkor 250 m³/s-ra növekszik majd, amely megközelítőleg a Duna legkisebb vízhozamának harmadát jelenti. Az új blokkok hűtését illetően több vizsgálat is készült, melyek alapján a biztonsági, tájba illesztési és egyéb

szempontokat figyelembe véve a frissvízhűtés mellett döntöttek. Ehhez kapcsolódóan ismertetésre kerültek a megvalósítási tervek és azok egyes specifikus részletei.

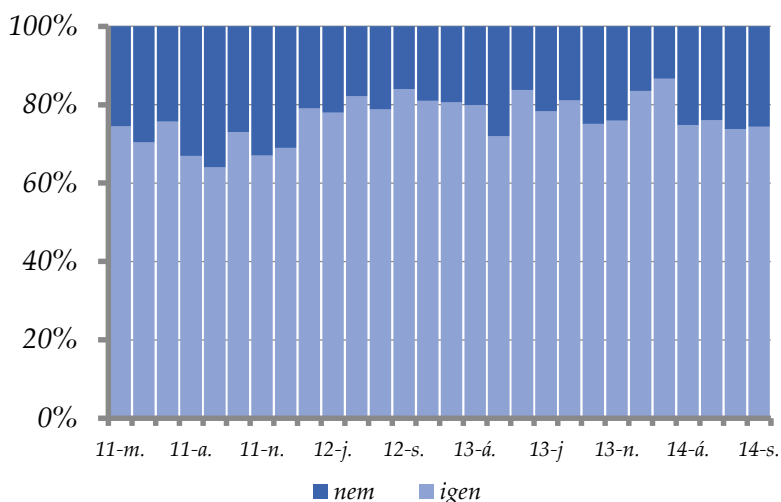
Ezt követően az építés előkészítésének jelenlegi fázisáról esett szó, mely jelenleg a telephely-engedély benyújtása előtt, illetve az ehhez kapcsolódó vizsgálatoknál tart. Aszódi Attila kifejtette, hogy azért szükséges új telephelyi vizsgálat, és nem elegendő a már meglévő, mert mindig az adott pillanatban érvényes előírások szerint kell eljárni. Ennek megfelelően elengedhetetlen az új blokkoknak a saját engedély, melyet a mai műszaki-tudományos elvárásoknak megfelelően kell kiadni. A vizsgálatok magukban foglalják mind a telephely alkalmasságának vizsgálatát, mind a tervezéskor figyelembe veendő veszélyek mértékének meghatározását. Utalt arra, hogy Fichtinger Gyula előadásában már kitért az engedélyeztetés folyamatára, így ő inkább egy közelmúltban lezajlott mérés eljárási módszerét mutatta be. Ez egy 3D szeizmikus mérés volt, melyet 2014. nyarán végeztek el 294 km² területen, ami során 50 méterenként elhelyezett geofonokkal és mesterségesen előidézett talajvibrációval vizsgálták az erőmű 12 km-es sugarú környezetében a talajt. Ennek segítségével a mérések kiértékelése után pontos képet kaphatunk a terület geológiai tulajdonságairól.



1. ábra: Közvélemény-kutatás – „az ország és a lakosság árammal való biztonságos ellátását melyik energiaforrás biztosítja ma leginkább? (%)”

Előadásának zárásaként a lakossági támogatottsághoz kapcsolódóan láthattunk két statisztikát. Az 1. ábra azt szemlélteti, hogy a lakosság majdnem 50%-a tisztában van azzal, hogy az atomenergia kiváló ellátásbiztonsági szempontból, míg a második statisztika azt mutatja, hogy az elmúlt 3 évben az atomenergetika támogatottsága hazánkban sosem esett 2/3

alá, és sokszor megközelítette a 80%-ot is. A bemutatott adatok egyértelműen azt mutatják, hogy a magyar lakosság támogatja az atomenergia felhasználását.



2. ábra: Egyetért Ön azzal, hogy Magyarországon működik atomerőmű?

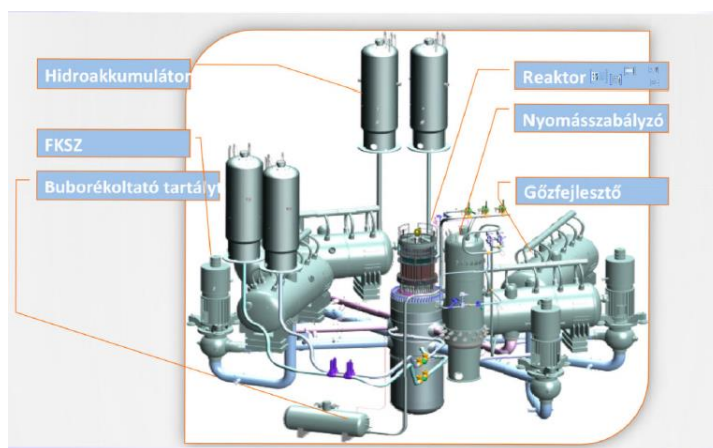
Beruházói és üzemeltetői aspektus - Nagy Sándor

Az utolsó előadást Nagy Sándor, az MVM Paks II Atomerőmű Fejlesztő Zrt. vezérigazgatója tartotta, aki az előző előadókkal ellentétben főleg az új paksi blokkok műszaki jellemzőiről beszélt. A majd Pakson felépülő új reaktorok a jelenleg is több helyen üzemelő VVER-1000-es reaktorok továbbfejlesztett változatai, melyek a Roszatom saját fejlesztésű reaktorai. A cég Oroszországban

és a világ számos pontján épít vagy tervez építeni atomreaktorokat, jelenleg több mint 30 reaktor-beruházása van folyamatban, ezzel napjainkban a világ legtöbb atomerőmű-építését végző cége.



Nagy Sándor a Roszatom rövid bemutatása után rátért az erőmű fő berendezéseinek ismertetésére, ennek vázlatát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: Nukleáris sziget elvi elrendezése

Az új reaktorok ritkább eseményekre is méretezve vannak, mint a mostani paksi blokkok, ezáltal zónaolvadási valószínűségük 10^{-7} /év, a korai kibocsátás valószínűsége pedig 10^{-8} /év nagyságrendű lesz. Ezek az értékek nagyságrendekkel kisebbek, mint amit a hatóság előír. Az új paksi blokkokkal kapcsolatos első feladatok egyike ezen értékek ellenőrzése lesz. A magas fokú biztonság több biztonsági berendezésnek, tervezési szempontnak köszönhető. Egyik biztonságot növelő különbség a régi reaktorokhoz képest, hogy a zóna üzemzavari hűtő rendszer (ZÜHR) négyszeres redundanciával rendelkezik a mostani három helyett, az alábbi gondolatmenet alapján:

- egy ZÜHR szivattyú nem működik,
- egy ZÜHR ág karbantartás miatt működésképtelen (jelenlegi reaktornál csak üzemen kívül karbantartanak),
- csőtörés esetén az egyik ZÜHR ág pont a csőtöréshez táplál, ezért a reaktorba nem jut víz,
- a negyedik ZÜHR ág képes ellátni a zóna lehűtését.

Az aktív rendszereken kívül fontos szempont volt az új blokkok tervezésénél a passzív rendszerek alkalmazása. Passzív rendszereknek az a nagy előnyük az aktívakkal szemben, hogy a működésükhöz szükséges hajtóerőt a fizika törvényei szolgáltatják (például:

természetes cirkuláció). Ezáltal akkor is el tudják látni funkciójukat, amikor nincs villamosenergia-ellátás az atomerőműön belül, és az összes aktív (energiát igénylő) berendezés működésképtelen. Ilyen passzív berendezés például a passzív hőelvonó rendszer, melynek a működési elve azon alapszik, hogy a gőzfejlesztőben keletkező gőz természetes cirkuláció révén a konténment oldalán elhelyezkedő, nagy vízzel teli medencékben levő hőcserélőkbe áramlik, ahol kondenzálódik és a lehűtött víz visszakerül a gőzfejlesztőbe és hűti a primer kört, míg újra fel nem forr. Ezután kezdődik a folyamat előlről.

A biztonsági rendszereken kívül az új blokkok egyéb műszaki jellemzőit is ismertette az előadó. Az 1200 MW villamos teljesítményt 3200 MW termikus teljesítménnyel állítják elő. A jelenleg üzemelő paksi blokkokhoz képest körülbelül 4%-kal jobb hatásfokkal (37,4%) fog rendelkezni az új reaktor. A nagyobb teljesítményt természetesen több üzemanyaggal érik el, azonban a másfajta tartálykialakításnak köszönhetően a reaktortartály méretei nem térnek el nagyban a jelenlegitől. Az új reaktorok képesek lesznek gyors és nagy teljesítményváltoztatásokra, így amennyiben szükséges, tudnak majd az aktuális villamosenergia-igényekhez igazodni.

Az új reaktorok nem csak a műszaki paramétereket és a biztonságot tekintve fejlettebbek, mint a jelenlegi VVER-440 reaktorok, hanem radioaktív hulladéktermelés szempontjából is. Míg a VVER-440-nel egyidős nyugati és orosz reaktoroknál egyaránt körülbelül 90 m³/1000MW/év kis és közepes aktivitású hulladék keletkezik, addig az új reaktoroknál ez az érték körülbelül 50 m³/1000MW/év. A kevesebb hulladék keletkezése pedig gazdaságosság és környezetvédelem szempontjából is előnyös.

Az előadás során szóba került az is, hogy a paksi telephelyet eredetileg 4000 MW kapacitásra tervezték, ezért az újonnan felépülő blokkok miatt minimális villamos hálózatfejlesztésre lesz szükség, ennek részeként a tervek szerint Albertirsára fog egy 440 kV-os hálózati csatlakozás kiépülni.

A fórum végén az érdeklődők az előadások alatt felmerült kérdéseikre kaphattak választ, ahol többek között azt is megtudhattuk, hogy már most számos új munkahely várja a tehetséges fiatalokat.

Szerkesztette: Batta Alexandra

Cseh Ábel

Erdős Boglárka

Lovász Líviusz

Energetikai Szakkollégium