

A nukleáris erőművek szerepe Finnország áramellátásában – a könnyűvízes reaktorok jövője

Tárgyszavak: könnyűvízes reaktorok; nukleáris energia; Finnország.

Az energiaigények növekedése

Az elkövetkező néhány évtizedben a világ energiaigénye növekedni fog. Az ásványi fűtőanyagok egyre növekvő használata nem lehet hosszú távú megoldás. A megújuló energiaforrások részesedésének növekedése széles körű támogatást kap, azonban belátható időn belül a gazdaságosan felhasználható részesedésük az energiaellátásban korlátozott.

A Világ Energia Bizottsága (World Energy Council – WEC) szerint a világ primerenergia-igénye az elkövetkező 50 évben megkétszereződik. Ha az ásványi fűtőanyagok részesedése gyorsabban nő, mint kívánatos lenne a klímaváltozás megakadályozása érdekében, és kedvezően ítéljük meg a megújuló energiaforrások részesedésének növekedését, a nukleáris erőművek teljesítménye négyszeresére kell növekedjen. Más vezető intézmények 2030-ig terjedő előrejelzése szerint a nukleáris erőművek teljesítményének növekedése lassúbb lesz. Mégis az ilyen tanulmányok számának növekedése jelzi a közérdeklődést a jövő energiaellátása iránt.

Az USA Energiaügyi Minisztériuma „Világ Energia Körkép” (World Energy Outlook) 2003-as kiadásában a nukleáris erőművek várható teljesítményét megnövelte a 2002. évi kiadásban szereplő értékhez képest. Az Európai Bizottság WETO (World energy, technology and climate policy outlook) kiadványában a nukleáris energia felhasználásának növekedését várja az EU tagországaiban.

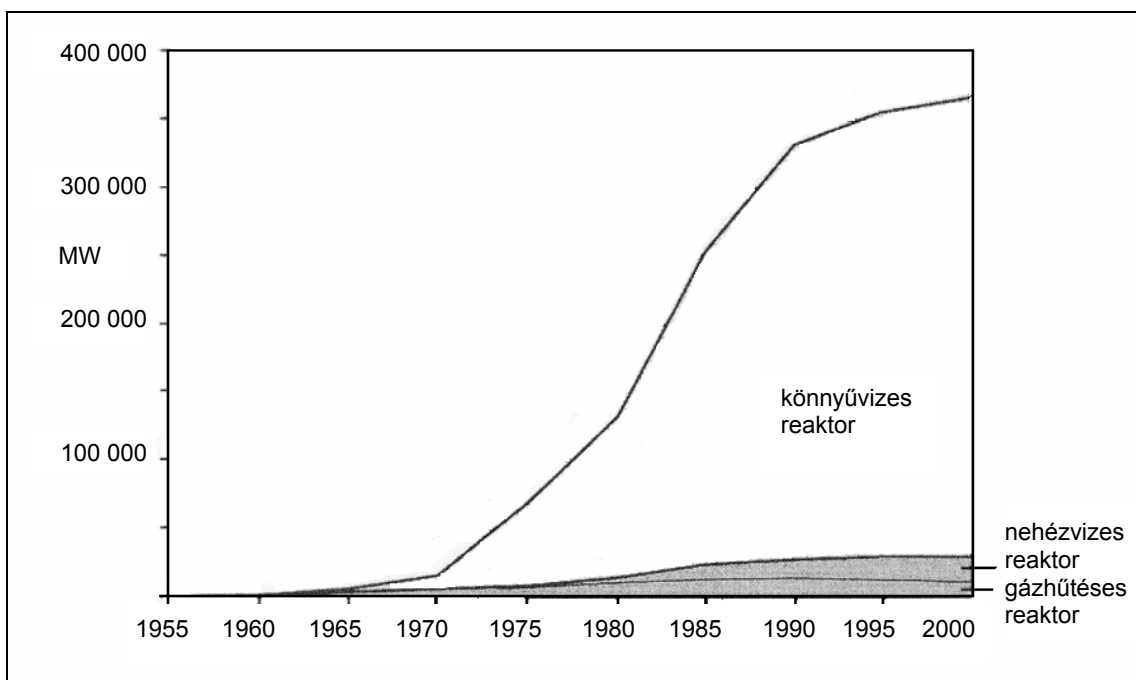
Az eltérő eredmények ellenére az összes forgatókönyv szerint a fenntartható, környezetkímélő és a társadalom számára elfogadható fejlődéshez a nukleáris energia növekvő részesedésére van szükség.

Ez kettős kihívást jelent:

- fenntartani és növelni a nukleáris energia részesedését, és

- a nukleáris energiát az áramtermelésen kívül más területeken is hasznosítani kell.

50 évével a nukleáris technológia még fiatal és fejlődik, számos további lehetőséget biztosít. A vízhűtéses reaktorok a nagy egységekben megvalósuló, az alapterhelést biztosító áramtermelés megbízható eszközei (lásd az 1. ábrát). A jelenleg működő nukleáris erőművek kb. 85%-a és az építés alatt lévő erőművek csaknem mindegyike könnyűvízes reaktorokat alkalmaz. Ez a technológia tette sikeressé a nukleáris energia felhasználását. A nukleáris iparban felhalmozott „know-how” (szakértelem), a tudományos közösség, a szakértői szervezetek és az engedélyeket kiadó hatóságok alkotják a nukleáris energia legértékesebb tőkéjét.



1. ábra A nukleáris erőművek teljesítményének alakulása reaktortípusok szerinti megoszlásban

A nukleáris energia szerepe az alapterhelést biztosító áramtermelésben

A nukleáris energia, különösen a nagy hálózatokkal rendelkező ipari országokban, bevált formája a nagy egységekben történő áramtermelésnek. Versenyképessége igazolást nyert a liberalizált árampiacon is. Belátható időn belül a nukleáris energia elsődleges feladata az alapterheléshez szükséges áramtermelés lesz.

A legtöbb, nukleáris erőművel rendelkező országban az erőfeszítések a nukleáris erőművek teljesítőképességének javítására és élettartamuk 40 évet meghaladó meghosszabbítására irányulnak. Azonban a jelen évtized végére, mind az elavult erőművek helyettesítése, mind a növekvő igények kielégítése céljából, újra napirendre kerül új nukleáris erőművek építése. Más, jól bevált reaktortípusok hiányában, a piacot a vízhűtéses és azon belül is a könnyűvízes reaktorok uralják. Az új erőművek tervezése során törekedtek a 21. század gazdasági és biztonsági igényeinek kielégítésére. A piac elvárásait megelőzve az USA-ban az új tervek az USA NRC (Nuclear Reactor Commission – Nukleáris Reaktor Bizottság) előírásainak megfelelően készülnek.

A második generációs könnyűvízes reaktorok egyedülálló tapasztalatokat biztosítanak a harmadik generációs reaktorok kifejlesztéséhez, amely a vevőkkel szoros együttműködésben történt, tekintetbe véve a szolgáltatók mai igényeit és a legmodernebb biztonsági követelményeket. A III. generációs tervekben létrehozott egyes tökéletesítések kielégítik a IV. generációs reaktorokkal szemben támasztott igényeket is. E fejlett vízhűtéses reaktorok közül egyesek már versenyképesek, a rájuk vonatkozó versenytárgyalások folyamatban vannak.

Nincs okunk feltételezni, hogy a vízhűtéses reaktorok már kimerítették technológiai lehetőségeiket. A szabványosítás, az ember-gép interfész tökéletesítése, a nagyfokú automatizálás – példák a további fejlesztések lehetőségeire. A IV. generációs reaktorok kifejlesztéséhez szükséges becsült idő ismeretében könnyű megjósolni, hogy az elkövetkező legalább 20 évben a vízhűtésű reaktorok fogják uralni a piacot.

A nukleáris energia alkalmazásának új területei

Az ásványi fűtőanyagok használatának a fenntartható fejlődéssel összhangban álló korlátozása nem érhető el csupán az áramtermelő szektoron belüli változtatásokkal. Ezen felül szükség van az ásványi fűtőanyagok növekvő helyettesítésére a közlekedésben és a fűtésben is. Elsősorban három területen várható a nukleáris energia további alkalmazása:

- a hidrogéntermelésben (elektrolízis és termokémiai folyamatok révén),
- a tengervíz sótelenítésében, és
- a távfűtésben.

Néhány nukleáris erőmű már most szolgáltat hőt a tengervíz sótelenítéséhez és távfűtéshez, egy svájci erőmű gőzt szolgáltat karton-

gyár részére. A nukleáris energia bevezetésének legígéretesebb területe a hidrogén előállítása. A hidrogén iránt hatalmas és egyre növekvő igény van:

- kémiai reagensként, ennek mértéke megfelel 200 GWh termikus energiának,
- fűtőanyagként fűtőanyagelemekhez, és
- mint potenciális energiatárolót igénylik.

A hosszú távú cél hidrogén előállítása termokémiai folyamat révén, (V)HTR-ből ((Very) High Temperature Reactor – (nagyon) magas hőmérsékletű reaktor) eredő magas hőmérsékletű hő alkalmazásával, ez csak 2020 után várható.

A közbenső lépések a következők lehetnek:

- a víz elektrolízise a nukleáris erőművekben előállított árammal, csúcsidőn kívül,
- alacsony hőmérsékletű nukleáris hő felhasználása a földgáz vízgőzös reformálásához.

Ezek a közbülső lépések a jelenlegi vízhűtéses reaktorokkal és fejlettebb változataikkal is megvalósíthatók.

Ez azt jelenti, hogy a következő két évtized során a hő- és áramtermelés kombinációja révén a nukleáris energia megjelenhet ezeken az új piacokon a már létező reaktorokkal, ennek során a kihasználás növekedhet.

A nukleáris energia új piaci lehetőséget nyújtanak új reaktorok tervezésére, amelyek előnyösebbek a jelenleg létezőknél, mert magasabb hőmérsékletű hőt biztosítanak, vagy mert kis egységek esetén is gazdaságosak.

Ha a IV. generációs reaktorok életképesnek bizonyulnak egy új felhasználási területen, akkor versenyképesé válhatnak az áramtermelésben is. Nem lehet kizárni, hogy az új reaktortípusok meghódítják a „klasszikus” áramtermelő piac egy részét is. Ez a folyamat, azonban feltehetően lassú lesz. A IV. generációs reaktorok huzamos ideig nem kiszorítani, hanem kiegészíteni fogják a vízhűtéses reaktorokat.

A nukleáris fűtőanyag hosszú távú biztosítása

Az átalakító és a gyorszaporító reaktorok segíthetnek a nukleáris fűtőanyag biztosításában. A nukleáris energia békés célú hasznosításának kezdete óta él az aggodalom, hogy elégségesek-e az uránkészletek

a nukleáris energia nagymértékű, évszázadokig tartó felhasználásához. Komoly erőfeszítések történtek gyorszaporító reaktorok kifejlesztésére, ezekben 1 kg uránból százszor több energia nyerhető, mint a könnyűvízes reaktorokban, ezekben ui. hasadó plutónium keletkezik. Ez a többlet hasadóanyag felhasználható fűtőanyagként a hagyományos könnyűvízes reaktorokban vagy esetleg a HTR-ekben. A nukleáris erőművek összeteljesítményének lassuló növekedése miatt a gyorszaporító reaktorok iránti érdeklődés az 1980-as és 1990-es években csökkent.

Ha a társadalom a nukleáris energia szélesebb körű, hosszú távú alkalmazása mellett dönt, az uránellátás biztosítása ismét napirendre kerül. Azonban gazdasági okokból nincs indíték több gyorszaporító reaktor építésére, mint amennyi a megfelelő mennyiségű hasadóanyag biztosításához szükséges; így egyfajta szimbiózis alakul ki a vízhűtésű reaktorokkal az alapterhelést biztosító áramtermelésben.

A gyorszaporító reaktorok zárt fűtőanyagciklust igényelnek, amely magában foglalja a kimerült fűtőanyag újrafeldolgozását és a MOX (Mixed Oxid – vegyes oxid) fűtőanyag-termelését; ez azért szükséges, hogy kihasználjuk a gyorszaporító reaktor előnyeit. Előnyös, hogy Európában mindkét technológiát alkalmazzák.

Megnyerhető a közvélemény támogatása új típusú reaktorok építéséhez?

Számos országban végzett közvélemény-kutatás szerint a többség elfogadja, vagy legalábbis eltűri a létező reaktorokat, ez különösen így van a reaktorok közvetlen közelében. Azonban új nukleáris erőművek létrehozását kevesebben fogadják el. A hulladékkezelésen kívül a legkritikusabb kérdés a reaktor biztonsága. Egyesek arra a következtetésre jutottak, hogy a közvélemény hozzájárulása megnyerhető, ha áttérnek „szuper biztonságos” vagy „eleve biztonságos” reaktormodellekre. Általában a HTR reaktort tekintik olyannak, amelyben reaktormag-olvadás nem fordulhat elő.

Felmerül a kérdés, támogatható-e az új nukleáris erőművekben új típusú reaktorok alkalmazása. A válasz – több okból is – nem.

- Nincs újfajta reaktor, amely a közeljövőben üzembe állítható lenne.
- A fejlett könnyűvízes reaktor modellek kielégítik a legújabb biztonsági követelményeket is, beleértve a feltételezett reaktormag-olvadás következményeinek az üzem területére való korlátozását;

így elkerülhető az olyan kényszerintézkedés, mint az üzem közelében lakók evakuálása. A feltételezett nagyobb biztonság érdekében az új modellre való áttérés aláássa a jelenlegi típusok iránti bizalmat.

- Az új típusoknak a média és a közönség körében élvezett népszerűsége általában megszűnik, amint azok a tervezőasztalról a megvalósítás szakaszába jutnak.
- A gyakorlat során mindenféle váratlan probléma előadódhat, ez az állítás minden reaktortípusra egyformán érvényes.

Kockázatmentes reaktor nem létezik. Meg kell győzni a közönséget, hogy új nukleáris erőművek építése a társadalom érdeke a létező kockázatok mellett is. A lényeg az, hogy a biztonságért felelős hatóságok követelményei teljesüljenek, és e hatóságok élvezzék a közönség bizalmát. Ez valósult meg pl. Finnországban, ahol a pozitív politikai döntést a finn nép többsége támogatta.

Az Eurostat friss közvélemény-kutatása szerint a nukleáris erőművekkel kapcsolatban nem a reaktorbiztonság a legfőbb aggály, hanem a nukleáris hulladék kezelése. Ausztria kivételével az Európai Unió tagállamaiban a többség támogatja a nukleáris energia felhasználását, ha a nukleáris hulladékot biztonságosan kezelik. Finnország pozitív példát mutatott, amikor az ötödik nukleáris erőműve megépítése előtt végleges helyet választott ki a nagy aktivitású sugárzó hulladék tárolására.

Egy új reaktortípus elfogadása mellett akkor szabad dönteni, ha az piacképes, a technológiai választást PR szempontoknak nem szabad befolyásolnia. A nukleáris ipar aktívabb közszerepet kell vállaljon; el kell magyaráznia, hogy a nukleáris energia milyen hatalmas hozzájárulást nyújthat a fenntartható fejlődéshez. Fontos, hogy a közönség a nukleáris energiát más szénmentes energiaforrásokhoz hasonlóan kezelje.

A nukleáris erőművek szerepe Finnország áramellátásában

Finnország viszonylag kevés hazai energiaforrással és energiaigényes iparral rendelkezik. Az ország Európa északi részén van, ahol hideg az időjárás. Így nagyon függ az importált energiától – a fogyasztás 72%-át importból fedezik. Az ország mindig komoly erőfeszítéseket tett az energia minél hatékonyabb felhasználása érdekében, hogy az energiaárak hatása elviselhető szinten maradjon.

Az áramellátás és az igények

Az előállított áram több mint 25%-át ásványi anyagokból (olaj 2%, szén 14%, gáz 11%) nyerik; kb. egyharmadát hazai források felhasználásával állítják elő (biomassza 13%, tőzeg 7%, szél 0,1%, víz 13%); a fogyasztás kb. negyedét nukleáris erőművek állítják elő. A meglévő vízenergiát csaknem teljes mértékben hasznosítják. A biomassza fát és az erdőgazdaság és a papíripar melléktermékeit jelenti. Az ország tőzegállománya számottevő, de energiaforrásként való felhasználását jelentős CO₂-kibocsátása korlátozza. A folyó évben a teljes áramfelhasználás 10–15%-a orosz és skandináv importból ered. A skandináv áram ára és elérhetősége az eső éves mennyiségétől függ. A szénre alapozott áramtermelést a vízenergiára alapozott import ingadozásainak kiegyenlítésére használják. Finnország hathatósan él a kombinált áram- és hőtermelés lehetőségével.

A jelzett növekvő igények kielégítése

2002-ben az áram 53%-át az ipar fogyasztotta el, a háztartások és a szolgáltatások részesedése 22 és 12% volt, a maradék fogyasztás a közintézményeké és a mezőgazdaságé.

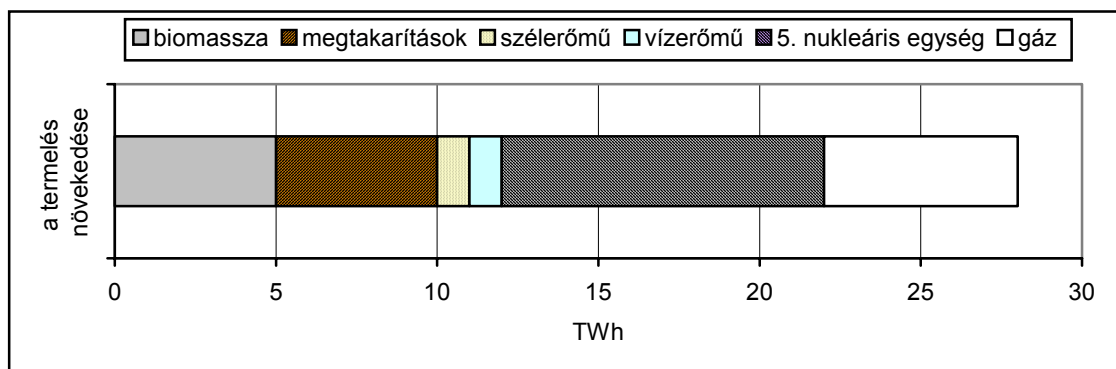
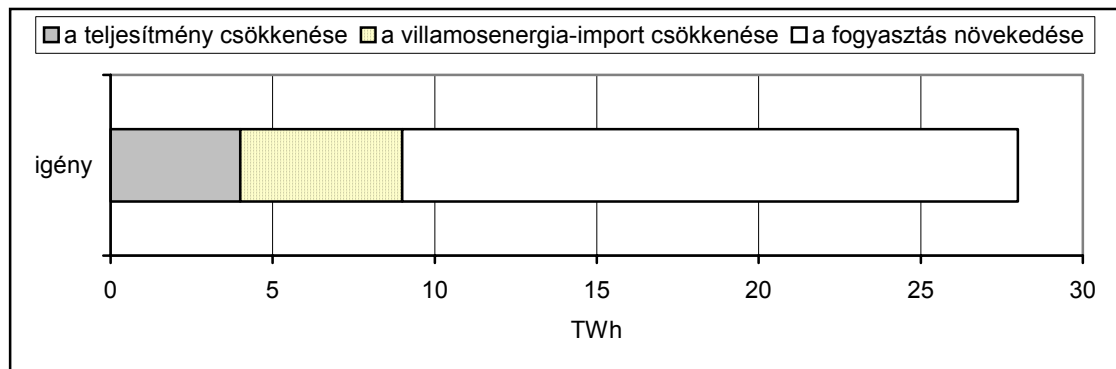
Az elmúlt évtized során az áramfogyasztás több mint 25%-kal nőtt. Az ezredfordulón készült becslés szerint az évi várható növekedés 1,0–1,5% lesz, majd 2015 után fokozatosan állandóvá válik. Azonban az utóbbi évek során, különösen a magánszférában, a fogyasztás növekedése ennél gyorsabb volt.

Újabb becslés szerint 2015-ben az évi termelést 27 TWh*-val kell megnövelni az 1999. évi termeléshez képest (lásd a 2. ábrát). Ez a mennyiség 5 TWh-val csökkenthető, ha az összes energiatakarékossági programot megvalósítják. További 5 TWh nyerhető a biomassza bővített hasznosításával. A vízerőművek részesedése a meglévő erőművek korszerűsítésével növelhető. A szélenergia tervezett részesedése 1 TWh lesz.

A Kyotóban vállalt kötelezettségek miatt (a CO₂-kibocsátás 1990. évi szintre történő csökkentése) a szén-erőművek teljesítményének növelése nem kívánatos. A kormány a széntüzelésű erőművek fokozatos leállítását tervezi. A CO₂-kibocsátás csökkentéséhez és a szükséges áram

* 1 TWh = 10¹² Wh

biztosításához a földgáz és a nukleáris energia felhasználása kínál megoldást.



2. ábra Finnország villamosenergia-igényének várható növekedése 2015-ig, az 1999. évhez képest

Gazdasági szempontból előnyös a földgáz használata kombinált hő- és áramtermelő erőművekben. A városokban, a gázvezetékek közelében az ilyen erőművek helyettesíteni fogják a szenet. Azonban a földgázzal történő áramtermelés a hulladék hő felhasználása nélkül nem gazdaságos. A földgáz árának ingadozása további problémát jelent, mivel csak egy szállító jöhet szóba. A nukleáris erőművekben történő áramtermelés mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból előnyös.

A Finnországban működő nukleáris erőművek

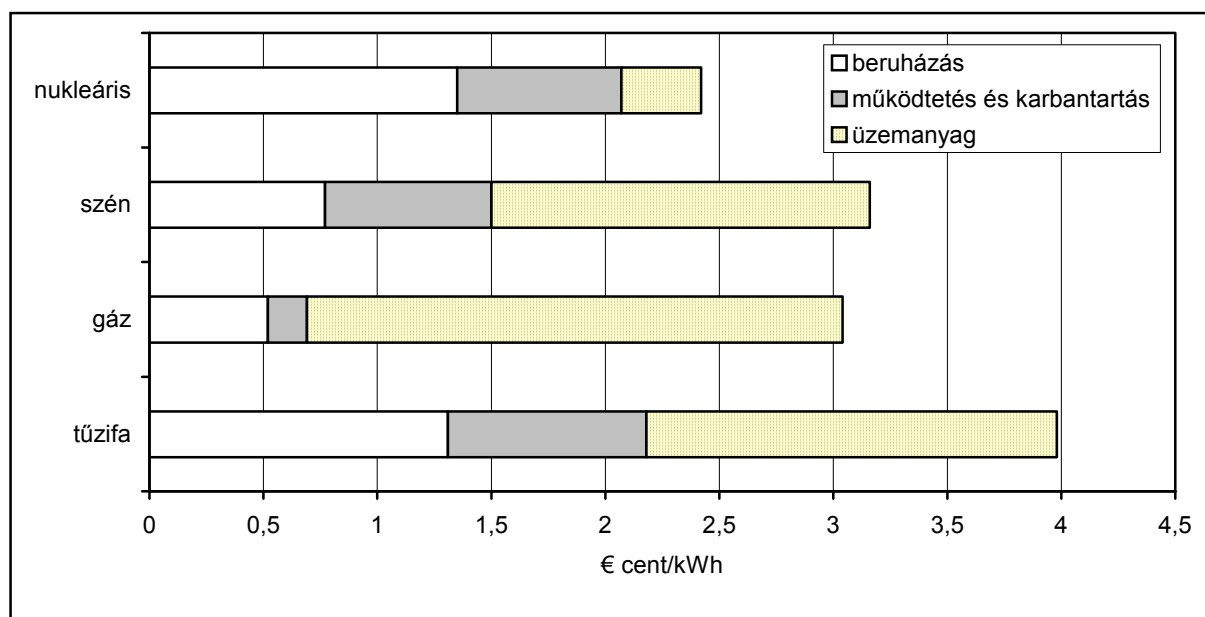
A nukleáris energia felhasználása Finnországban az 1970-es években kezdődött, két-két egységgel Loviisaban (1977. és 1981.) és Olkiluotoban (1979. és 1982.). Az elmúlt 20 évben a két erőmű kihasználtsági foka kb. 90% volt. A loviisai erőmű 2×488 MW, az olkiluotoi

erőmű 2×840 MW teljesítményű. Mindkét erőműben fejlesztéseket hajtottak végre a megbízhatóság, az élettartam és a teljesítmény növelése érdekében. Az olkiluotoi erőmű várhatóan még 40 évig fog üzemelni.

Új nukleáris erőmű

Az 1980-as években történt az első kísérlet új nukleáris erőmű építésére. A terveket azonban a csernobili katasztrófa után keletkezett kedvezőtlen közhangulat miatt elvetették. Újabb kísérlet történt nukleáris erőmű létesítésére a 90-es évek elején; bár a tervet a kormány jóváhagyta, a parlament elvetette.

2000 novemberében a TVO cég ismét a kormányhoz fordult nukleáris erőmű építése érdekében; legfontosabb érv szerint az áramfogyasztás növekvő igényeit, a környezetvédelmi követelmények betartása mellett új atomerőmű építésével lehet kielégíteni. További fontos érv volt a nukleáris erőműben termelt áram stabil ára. A 3. ábra összehasonlítást ad a különböző fűtőanyagokkal termelt elektromos áram áráról.



3. ábra A különböző módon termelt villamos energia ára és az ár összetevői

A TVO javaslatát a kormány 2002 januárjában elfogadta, a parlament 2002 májusában ratifikálta. A javasolt erőműegység könnyűvízes reaktorral fog működni, maximális hőteljesítménye 4300 MW lesz. Az

erőmű Olkiluotoban fog működni, elektromos teljesítménye 1600 MW lesz, a tervek szerint 2009-ben lép üzembe. Az új egység üzembe állításával a finn áramtermelés 35%-át a nukleáris erőművek fogják szolgáltatni. Ez megfelel az EU országok jelenlegi átlagának. Az erőmű belépése a skandináv országok össztermelését 2,5%-kal fogja növelni.

A nukleáris hulladék kezelése

Az új nukleáris erőmű építésének engedélyezésében fontos szerepe volt a nukleáris hulladék tárolását megvalósító erőfeszítéseknek. Az 1980-as évek elején nyilvánvalóvá vált, hogy az elhasznált nukleáris fűtőanyag az ágykőzetben helyezhető el – ez az egyetlen gyakorlatban alkalmazható megoldás. A finn kormány menetrendet dolgozott ki a végső lerakóhely 2020-ig történő létrehozására. A geológiai vizsgálatok a megfelelő helyszín kijelölésére az 1980-as évek közepén kezdődtek. A munkálatokat a finn Posiva Oy cég végzi együttműködésben a TVO-val és a Fortum plc-vel.

A parlament 2001-ben fogadta el a tervet, mely szerint Olkiluoto közelében lévő ágykőzetben lesz a lerakóhely. A parlament elfogadta azt is, hogy az új reaktoregység lerakóhelye is itt lesz. A helyszíni munkák 2004-ben kezdődnek, 500 m mély alagutat építenek, itt egy laboratóriumot hoznak létre az ágykőzet és a talajvizek helyszínen való vizsgálatára. A végső lerakó építése a következő évtizedben kezdődik.

Finnországban nukleáris energia hasznosításának elmúlt több mint 25 éves tapasztalata mind gazdasági, mind technikai vonatkozásban kedvező. Ez bátorította a TVO társaságot új atomerőmű építésére. A hosszú távú árstabilitás fontos tényező volt a döntés során. Az áramtermelés növelése a CO₂-kibocsátás növelése nélkül összhangban van az ország törekvésével, a kitűzött kibocsátási határérték betartásával.

Összeállította: Schultz György

Güldner, R.: Potential of light water reactors for future nuclear power plants. = International Journal for Nuclear Power, 48. k. 11. sz. 2003. p. 674–677.

Toivola, A.: Nuclear power as part of the Finnish electricity supply. = VGB Power Tech, 1. k. 2. sz. 2004. p. 52–55.

Röviden...

Élelmiszer-áruházak energiamegtakarítási lehetőségei

Élelmiszer-áruházaknál a munkaerőköltség után második legnagyobb az energia. Az USA-ban található 31 000 élelmiszer-áruház 99–186 M KWh energiát fogyaszt 4,6–9,3 Mrd USD éves költséggel. Az elmúlt 25 évben az energiatakarékosság mindinkább előtérbe került.

1999-ben egy világcég meghívott számos kereskedőt, hogy részt vegyenek a „Kis energiájú áruház” projektben. A fő cél az volt, hogy olyan áruházat építsenek, aminek 30%-kal kevesebb az energiafogyasztása, mint a prototípusé. Az előkészületeket a Rocky Mountain intézet munkatársai vezették fizikusokkal, környezetmérnökökkel és -tervezőkkel, építőmérnökökkel konzultálva.

Számítógépes modell segítségével tervezték meg az épületet minden szempontot figyelembe véve. Egy massachusetts-i áruházat vettek viszonyítási alapnak. A leginkább energiahatékony anyagokat és rendszereket alkalmazták. A tető visszaverő membránfelülete a nyári hőség ellen véd, a 30%-kal megnövelt tetőszigetelésnek köszönhetően csak kis mennyiségű a hővesztés télen. A tető membrán anyaga környezetkímélő, nem bocsát ki veszélyes anyagokat, pl. klórt. A tervezés során az anyagok környezeti hatását is figyelembe vették. A reciklált üvegből készült tetőcserepet tartósabbnak és kosz-taszítónak találták, jobb termikus tulajdonságokkal. A szigetelő vatta legalább 25%-ban reciklált anyagot tartalmazott.

A légkondicionálást nagy hatékonyságú szabályozható rendszerrel oldották meg. Az energiahatékonyságba beletartozott a világítás is, a tetőablakokon keresztül természetes napfény jutott az épületbe. Ha nem volt elegendő napsütés, a mesterséges világítást nagy hatékonyságú fluoreszcens lámpák szolgáltatták.

Az USA-ban egy tipikus élelmiszer-áruház összenergia-fogyasztásának 25%-a a hűtés/fagyasztás. A hűtési/fagyasztási hőmérsékleteket a FDA Élelmiszer Kódex írja elő, kiegészítve a helyi állami és egészségügyi hatóságok szabályozásával. Ezeket figyelembe vették a hűtőrendszer tervezése során. Az eredmény: egyharmaddal kevesebb energiafogyasztás.

Egy szoftver program segítségével elemezték az energiafelhasználást minden egyes energiafogyasztó rendszernél, és összehasonlították a referencia áruházzal. 7 hónap vizsgálat után kb. 20%-os energiamegtakarítást tapasztaltak, amely nyáron még több volt.

Évente 374 t szenet és 650 barrel* olajat lehet megtakarítani és 978 t szén-dioxid-kibocsátást elkerülni. Ezen kívül évente több ezer USD-t lehet megspórolni.

(HPAC Engineering, 2003. 75. k. 12. sz. p. 48–51.)

* 1 barrel = 119,24 l