

EGYET ELŐRE, KETTŐT HÁTRA: TRENDEK AZ ATOMENERGIA HASZNOSÍTÁSÁBAN - A NUKLEÁRIS ENERGIA HASZNOSÍTÁSA, MINT KOMPLEX INNOVÁCIÓ TERJEDÉSÉNEK JELLEMZŐI

SZUPPINGER PÉTER *

Bevezetés

Az 1960-as években a nukleáris energiára sokan úgy tekintettek, mint ami az energiagazdálkodás új bázisinnovációjának, a szénhidrogének kibontakozó energetikai egyeduralmának megtörője lehet. Az olajválságok tovább fokozták ezt, a fissionos atomerőművek építése az „atomklubon” kívüli országokban is megindult. Ugyanakkor néhány ország felismerve az ilyen típusú erőművek veszélyeit már elkezdte átértékelni atomprogramját. Ezeket az ellentétes tendenciákat fokozta az 1986-os csernobili katasztrófa. Dolgozatunkban arra vállalkozunk, hogy felvázoljuk azokat a trendeket, amelyek a nukleáris energia hasznosítását, mint innovációt jellemzik.

A nukleáris energia hasznosítása, mint komplex innováció

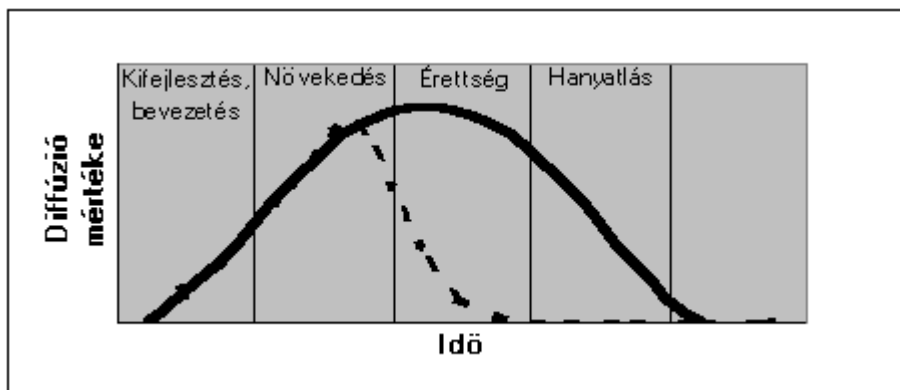
Rechnitzer J. Schumpeter nyomán az innováció szóra a következő definíciót adja: „Innováció alatt új ötleteket, új tevékenységeket, új termékeket, új szervezeteket, új emberi és közösségi viselkedési módokat értünk” (**Rechnitzer J.** 1993).

Az innováció véleményünk szerint *komplex* jelenség, amely több részinnovációból tevődik össze. Például a gőzmozdony, mint a közlekedést alapjaiban átalakító innováció megjelenéséhez szükséges egyik részinnováció volt a gőzgép megalkotása. Mindezek természetesen külön-külön és egészében is vizsgálható újítások. Ezen tanulmányban a nukleáris energia hasznosítását, mint komplex innovációt vizsgáljuk.

Értelmezésünkben az innováció egyben *dinamikus* jelenség is; *külső* dinamizmusán a mennyiségi és a földrajzi szempontból sokkal fontosabb térbeli elterjedését, azaz diffúzióját értjük, *belső* dinamizmusán pedig a folyamatos fejlődést, tökéletesedést, azaz a hasznosítás alatt felmerülő problémákra való állandó megoldáskeresést. Ezen folyamatot a közgazdaságtanban használatos termékéletciklus-görbével lehet jellemezni (*1. ábra*).

Az általunk az *életciklus-görbe megtört változatának* nevezett jelenség, arra a lehetőségre utal, hogyha az adott innováció *belső* dinamizmusa nem tudja megfelelően kezelni a termékkel kapcsolatosan felmerülő problémákat és emiatt a diffúzió megtörik. Ez történhet például egy olyan gyógyszer esetében, amelyről kiderül valamilyen káros mellékhatás megléte és a köztudatban ilyesmi történt az atomenergiával a csernobili katasztrófa után is.

* PhD-hallgató, SZTE Társadalom és Gazdaságföldrajzi Tanszék



1. ábra. Az innováció életciklus-görbéje és annak megtört változata
(Forrás: **Rechnitzer J.** 1993 nyomán saját szerkesztés.)

Az atomenergia hasznosításának, mint komplex innovációnak a gyakorlatban, a tudomány mai állása szerint, két módja valósulhat meg. Az egyik a *fissziós*, azaz maghasadásos, a másik pedig a *fúziós*, azaz magegyesítéses technológia. Ez utóbbiról még részletesebben szólnunk, de azt itt ki kell emelnünk, hogy jelenleg energia termelésére csak fissziós erőművekben van lehetőség, így vizsgálatunk is csak erre terjedhet ki.

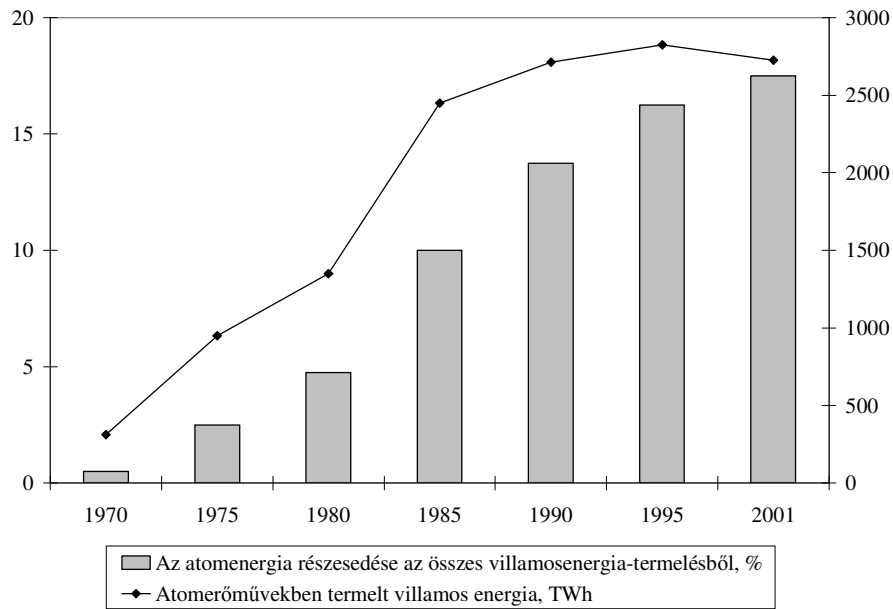
A nukleáris energia hasznosításának *kifejlesztési, bevezetési szakaszát* 1965-ig számolhatjuk, amikor az *innovátorok*, azaz az USA, Kanada, Szovjetunió, és Japán valamint az érintett nyugat-európai országok üzembe helyezték első fissziós erőműveiket. A *növekedési szakasz* határának 1985 tekinthető, amikor a jelenleg működő atomerőművel rendelkező országok közül az utolsó (Kína) elkezdte építeni első erőművét. A nukleáris energia fissziós hasznosítása jelenleg az *érettség szakaszában* van, azzal együtt, hogy bizonyos országokban már megindult a *hanyatlás* is. Ennek oka elsősorban a két megoldatlan probléma, a hulladéktárolás és a balesetek, ami egyben azt is jelenti, hogy ennek „csak” része, de nem kizárólagos eleme a csernobili katasztrófa.

Trendek

1. Kvantitatív szempontok

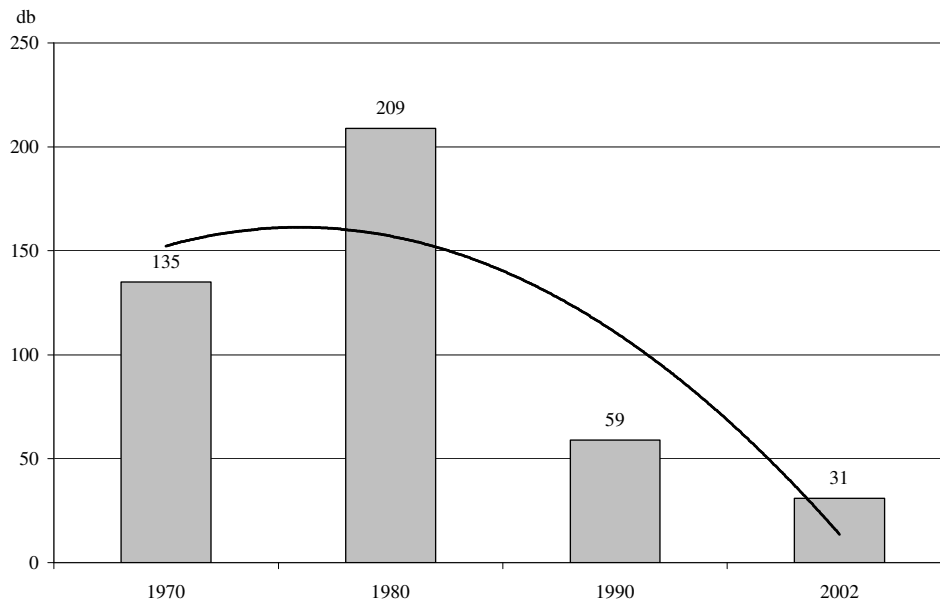
A mennyiségi szempontokat elemezve megállapíthatjuk, hogy az atomerőművekben előállított villamos energia mennyisége a kezdetektől napjainkig folyamatosan *emelkedett* (2. ábra).

Ennek legdinamikusabb szakasza az 1980-as évekre esett és az 1990-es években, éves bontásban már 1993-ban illetve 1997-ben is egy-egy kisebb visszaesés mutatkozott. A fissziós erőműveknek az összes villamosenergia-termelésből való részesedése hasonlóan alakult, az 1980-as években megkétszereződött (1980: 8,5%; 1990: 16,8%), majd az 1990-es években gyakorlatilag az elért szinten állandósult.



2. ábra. Az atomenergia szerepe a világ villamosenergia-termelésében.
(Forrás: Nuclear power in the world today 2002)

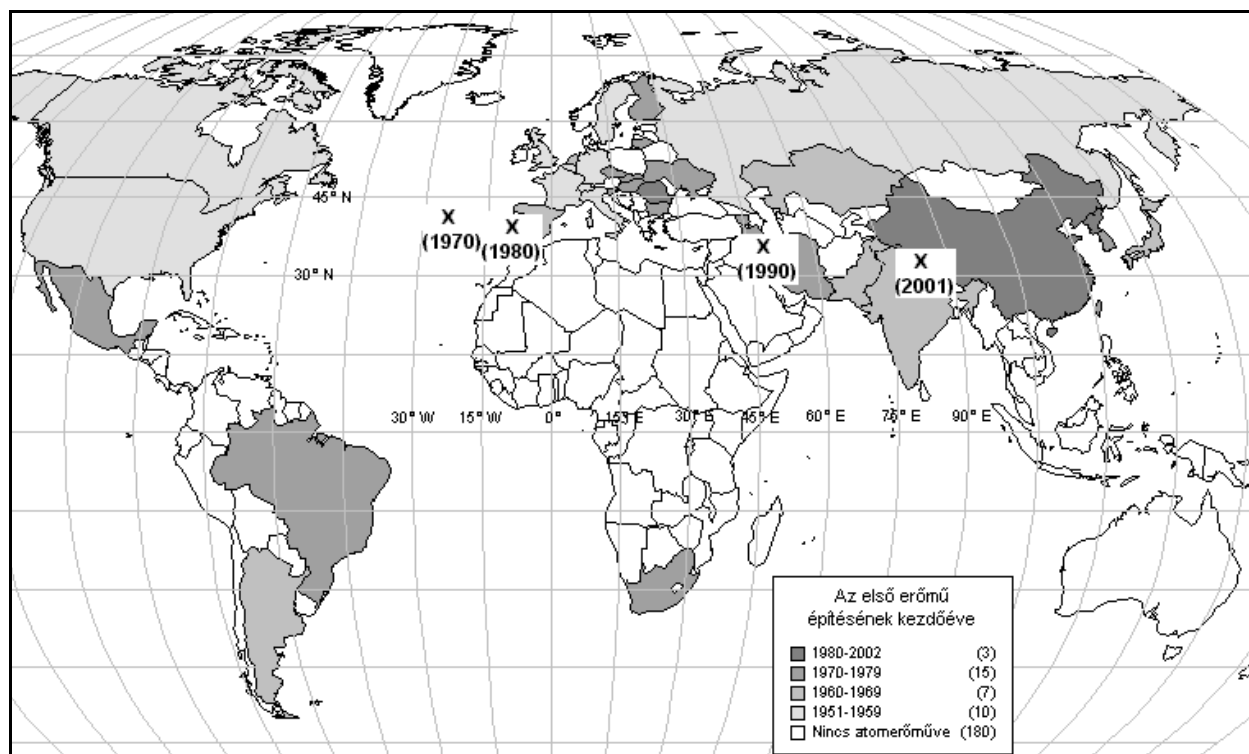
A mennyiségi változásokat jól szemlélteti még az *építés alatt álló reaktorok száma* is (3. ábra). Ez is megerősíti azt, hogy a maghasadáson alapuló nukleáris energia termelése „fénykorát” az 1980-as években élte, növekedése az 1990-es években megállt, az innováció érettségi szakaszának végére ért.



3. ábra. Épülő atomreaktorok száma. (Forrás: Nuclear power plants of the world.)

2. Térbeli trendek

Az atomenergia diffúziójában a *szándék* mellett a legnagyobb szerepet a megfelelő mennyiségű *pénztőke* és a megfelelő minőségű *humántőke* megléte játszotta és játssza napjainkban is. A szándék kezdetben egyértelműen *katonai* volt, ami néhány ország esetében valószínűleg a mai napig motiváció. Az elegendő mennyiségű pénz és a szakemberek pedig a gyakran gátló politikai tényezők ellenére is hozzájuttatták az adott országot a megfelelő *technikához*. A tőke és a humántőke természetesen a fejlett országokban állt először rendelkezésre, de szintén ezekre az államokra volt jellemző a hidegháború által indukált katonai szempont elsődlegessége is. Nem meglepő hát, hogy *innovátornak* az USA és a Szovjetunió valamint a nagyhatalmi szerepükről lemondani nem akaró Nagy-Britannia és Franciaország tekinthető. Alapvetően energetikai szempontok és persze a meglévő uránkészletek kihasználása motiválta a fejlesztésekre Kanadát, és tisztán villamosenergia-ellátásának biztosítása az energiahordozókban is szegény Japánt. A katonai szempontok érvényesültek India és Pakisztán atomenergia-programjában, míg a Japánéhoz hasonló helyzet terelte Dél-Koreát és a Dél-Afrikai Köztársaságot a nukleáris erőművek felé.



4. ábra. Az atomenergia-hasznosítás diffúziója a világban
(Nuclear power plants of the world alapján saját szerkesztés)

Az innováció térbeli terjedését a 4. ábrán foglaltuk össze. Ezen az első atomerőmű építésének kezdőéve szerint csoportosítottuk az országokat. A már említett innovátorok közül a Szovjetunió volt az az állam, amelyik, elsősorban katonai szempontok által vezérelve, biztosította a technikát a szocialista blokk országainak atomerőműveik megépítéséhez.

A térképen feltüntettük még az 1970-ben, 1980-ban, 1990-ben, illetve 2001-ben épülő atomreaktorok földrajzi súlypontját. Ez a súlypont a vizsgált időszakban 108 hosszúsági fokot toldott keletre és 10 szélességi fokot délre (1. táblázat).

Az épülő atomreaktorok földrajzi súlypontja 1970 és 2001 között
(Nuclear power plants of the world adatai alapján saját számítás)

Év	Szélesség	Hosszúság
1970	északi 42,82	nyugati 26,41
1980	északi 41,53	nyugati 6,66
1990	északi 35,52	keleti 46,32
2001	északi 32,98	keleti 81,84

A táblázat adatai egyértelműen mutatják azt a tendenciát, hogy az atomreaktorok építésének súlypontja az USA és Nyugat-Európa területéről folyamatosan tolódik keletre. A jelenlegi helyzetet előrevetítve ez a súlypont valahol az India, Kína, Japán, Dél-Korea és Tajvan közötti térségben állandósulhat, visszamozdulása nem valószínű.

Ennek az eltolódásnak az oka igen összetett, mi csak egy dologra szeretnénk felhívni a figyelmet, ami véleményünk szerint a legfontosabb tényező. Ez a *társadalom* szerepe. A köztudatban ugyanis a balesetek, főleg a csernobili katasztrófa törést okozott az innovációban. A számok ezt még nem mutatják, de amint arra *Ámon A.* is felhívja a figyelmet valójában a balesetek által generált társadalmi mozgolódás az, ami ha lassan is, de politikai döntéshez vezet(het) (*Ámon A.* 2001). Régebben ez nem történt volna meg, ehhez demokratikus államra és erős civil szervezetekre van szükség. Azokban az országokban, ahol vagy politikai okokból vagy egyszerűen mentalitásbeli különbségek miatt a társadalom nem szól bele hatékonyan ezekbe a kérdésekbe, az atomenergia továbbra is fénykorát éli. Ezek főként a keleti országok, amelyek ily módon önmagukban produkálják a globális növekedést.

A 2. táblázat összefoglalóan mutatja az egyes országok hozzáállását az atomenergia felhasználásához, a jelenlegi hivatalos politikai állásfoglalásnak megfelelően.

A legérdekesebb ezek közül az *"ellene"* kategória első csoportja, amely államokban a a zárójelben megadott évben jogszabályi szinten történt döntéshozatal a nukleáris energia ellen. A legjellemzőbb ezek közül Ausztria, ahol népszavazás hatására a már felépült erőmű nem került átadásra és Svédország, ahol az 1979-es Three Mile Island-i baleset utáni népszavazás hatására döntött a felső vezetés az atomerőművek leállításáról. Ez utóbbi ország azonban jó példa arra is, hogy egy ilyen „kilépési terv” véghezvitele milyen hosszadalmas harcot jelent az atomlobbival és milyen könnyen elfelejtődhet. Az északi országban ugyanis csak az 1986-os csernobili katasztrófa és egy újabb népszavazás irányította a figyelmet a kérdésre. A határozott leállítási program eredményeként azonban így is csak 1999-ben, azaz a döntés után 13 évvel állt le az első atomreaktor.

Ki kell még emelnünk Olaszországot, ahol az atomerőművek ténylegesen leállításra is kerültek, illetve Németországot, ahol a zöldek kormányra kerülve meghírdették az atomerőművek 2020-ra tervezett bezárását.

Dánia, Norvégia, Írország, Ausztrália és Görögország nem építettek atomerőműveket és mára már mindegyik országban tilos is ezek megkezdése (Ausztráliában ez államonként eltérő). Litvánia az Európai Unió nyomására kell, hogy leállítsa Csernobil-típusú (RBMK) reaktorait. Nagy-Britanniában pedig a beruházók azok, akik jelenleg energiapolitikai okokból túl kockázatosnak érzik a nukleáris erőművek fejlesztését, újak építését.

Az atomenergia hasznosításának megítélése állami szinten
(Nuclear power in the OECD és saját gyűjtés alapján)

Mellette	Ellene	Nincs hivatalos állásfoglalás
USA Oroszország Ukrajna Finnország Dél-Afrika Kanada Románia Bulgária Szlovákia Argentina Mexikó Dél-Korea Japán Kína Tajvan India	Ausztria (1978) Svédország (1980) Spanyolország (1984) Olaszország (1987) Svájc (1990) Hollandia (1994) Németország (2000) Belgium (2002)	Franciaország Csehország Magyarország
Törökország Egyiptom Irán Indonézia Vietnam Észak-Korea	Dánia Norvégia Írország Ausztrália Görögország Nagy-Britannia ? Litvánia (EU)	

A „*mellette*” kategória élmezőnyében az új energiapolitikájukban nemrég az atomenergia mellett állást foglalt USA és Oroszország áll. A távol-keleti és volt szocialista országok mellett ki kell még emelnünk a nemrég új atomreaktor építése mellett döntő Finnországot, aki ezzel a döntésével Nyugat-Európában jelenleg kurióznak számít (Franciaország teljesen elkötelezett ugyan az atomenergia mellett, de mivel új reaktor építésére jelenleg nem szorul, hivatalos állásfoglalásra sem kényszerül). Az európai helyzetet befolyásolja még az Európai Unió Bizottsága, amely szerv gyakorlatilag atompártinak tekinthető és így igen komoly ellentétek várhatók az államok és azok államfeletti szerve között az atomenergia megítélésének kérdésében.

A szaggatott vonal alatti országok azok, amelyeknek még nincs működő atomreaktoruk, de különböző okokból mindent elkövetnek azért, hogy legyen.

Hivatalos állásfoglalás nélkül van Franciaországon kívül Csehország és hazánk is. Előbbi szívesen fejlesztené ugyan atomerőműveit, de a szomszédos Ausztria ebben korlátozza. Magyarországon jelenleg nincs hivatalos álláspont, de a reaktorok élettartam-meghosszabítására vonatkozó hamarosan szükséges döntés kikényszeríti ezt.

Összegzés

Összefoglalóan az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- Az atomenergia hasznosítása mint komplex innováció az innovációs központokból kiindulva, jellemzően nyugatról, napjainkra jellemzően keletre tolódó súlyponttal terjedt el.
- Azon országokban, ahol a társadalom nem szól bele erőteljesen az atomenergia hasznosítására vonatkozó döntésekbe dinamikus növekedése ma is tart, míg az erős civil kontrollal jellemző országokban fejlődése hanyatló szakaszba került.
- Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy:
 - a társadalmi kritika jogos, mert az atomipar a mai napig nem tudott megnyugtató megoldást felmutatni a potenciális balesetek és a hulladéktárolás kérdésére, azaz az innováció belső dinamizmusa nem megfelelő;
 - az innováció az 1980-as években kimutatható növekedési és érettségi szakaszán a külső tényezőktől függetlenül is túljutott, jelenleg gyakorlatilag stagnál és gyökeres megújulás hiányában globálisan hanyatló fázisba kerül; a problémák ezt a folyamatot csak gyorsítják, de önmagukban nem generálják.
- A tapasztalatok azt mutatják, hogy a társadalmi nyomásra meghozott politikai döntések végrehajtása a lobbizás és egyéb problémák miatt általában elhúzódik és a leállítás gyakorlatilag csak az erőmű élettartamának lejártakor realizálódik.
- Fontos még kiemelnünk, hogy az innováció-elméletnek megfelelően az egyes innovációk életciklus görbéi átfedésben vannak egymással, azaz a fissziós atomenergia-hasznosítás helyébe lépő bázisinnovációnak már meg kellett volna jelennie az energiagazdálkodásban. Kérdés, hogy van-e már ilyen újítás, ha nincs egyáltalán lesz-e vagy több kisebb volumenű innováció kell megoldást jelentsen e problémára. Véleményünk szerint a tudomány jelenlegi állása szerint ilyen bázisinnováció lehetne a fúziós atomenergia-hasznosítás, amelynek megvalósulása esetén a nukleáris energia hasznosítása, mint komplex innováció új életciklus-görbét indítana. Amennyiben ez nem valósul meg a megoldás valószínűleg a megújuló energiahordozók nagy volumenű (gyakorlatilag maximális) kihasználása, az energiatakarékosság és a decentralizáció együttes alkalmazása lehet.

IRODALOM

Ámon A. 2001: Több fényt! – Magyar Tudomány 11.

Rechnitzer J. 1993: Szétszakadás vagy felzárkózás. – MTA RKK, Győr.

Nuclear power in the world today. – World Nuclear Association, 2002. <http://www.world-nuclear.org/info>.

Nuclear power plants of the world. – <http://www2.ijs.si/~icjt/plants>.

Nuclear power in the OECD. – IAEA/OECD, Paris, 2001.