

AZ ENERGIAHELYZET ALAKULÁSA A VILÁGON ÉS MAGYARORSZÁGON, A NUKLEÁRIS ENERGIA JÖVŐJE*

LÉVAI ANDRÁS**

AZ MTA RENDES TAGJA

Az előadás feltárja az energiaigényeknek a következő évtizedekben világszerte és Magyarországon várható fejlődését, elemezve a csökkenő tendenciájú növekedési ütem okait és annak következményeit az energiastruktúrára is. A készletekkel történő egybevetés során utal a különféle bizonytalansági tényezőkre, kiemelve az uránérczek energiatartalmának rossz hasznosítását és az energiatakarékosság fontosságát. A nukleáris energiatermelés és az atomerőműépítés mai helyzetének és várható fejlődésének bemutatása után foglalkozik az egyik, ma leginkább vitatott kérdéscsoporttal, a nukleáris üzemanyagok ciklusával és a szaporító reaktorok kérdésével. Ezzel kapcsolatban röviden elemzi az atomenergia-felzabádítás ún. veszélyességi momentumait megállapítva, hogy a reális veszély csak a reaktorokban termelt plutóniumnak atombomba alapanyagként történő felhasználásából származhatik. Ennek elhárítása a műszaki feltételek irányításán túlmenően ösztársadalmi feladat.

Kevés témáról esik ma világszerte oly sok szó, mint az energiáról, ami érthető, mert rendelkezésre állása minden anyagi termelés és — tegyük nyugodtan hozzá — társadalmi fejlődés egyik nélkülözhetetlen alapja. Ennek az alapnak kielégítő vagy nem kielégítő volta, a kapcsolódó gazdasági és politikai kérdések körül zajló széles körű vita egyik jellemzője a tőkés világ mai válságjelenségeinek. Mint tudjuk, ez a válság a szocialista országokat kevésbé súlyosan érinti, hiszen a szocialista világrendszer és elsősorban a Szovjetunió olyan hatalmas anyag- és energiaforrásokkal rendelkezik, amelyek hosszú évszázadokon át képesek biztosítani a fejlődő társadalmak egyre növekvő igényeit. Ennek ellenére — úgy véljük — helyes, ha nemcsak időnként, hanem folyamatosan figyelünk a világon és annak egyes jelentős területein zajló energiagazdálkodási eseményekre és analizáljuk a kirajzolódó távlatokat a saját szempontunkból is.

Bevezetőként néhány szót az *energiaigények* növekedéséről. Hosszú időszaknak, több mint 100 évnek, regisztrált és kellően kiértékelt adatai egyöntetűen bizonyítják, hogy az egy lakosra számított évi alapenergiához fordított fogyasztás a világon kerekén 20 évenként kettőzödik, ami átlagosan 3,6% fajlagos fogyasztás-növekedésnek felel meg évente. Itt nem térhetünk ki most az energiatervezés különféle módszereire, de megállapítható, hogy abban

* Előadás a MTA 1977. évi közgyűlése keretében tartott, az atomenergia hazai hasznosításának tudományos-műszaki kérdéseivel foglalkozó tudományos ülésen (1977. V. 5.)

** Prof. Dr. Lévai András, 1022 Budapest, Filler utca 56.

egyvetértés mutatkozik a különböző országok szakértői között, hogy a világ globális alapenergiahordozó-fogyasztása az elkövetkező 20 ÷ 30 esztendőben is erőteljesen növekedni fog és az 1975. évi 8,8 milliárd tonna egyezményes tüzelőanyag (ETA) szemben 1990-ben mintegy 15 ÷ 17, 2000-re 20 ÷ 25 milliárd tonna ETA-t fog elérni, azaz az átlagos évenkénti növekedési ütem 4% körüli, esetleg annál nagyobb lesz. A népesség előrelátható szaporulatát feltételezve, az 1 főre vetített fajlagos fogyasztásban már csak mintegy évi 2,8%-os átlagos növekedés várható az előbb említett és 100 év statisztikai adataival alátámasztott 3,6%-kal szemben. A két szám közötti különbséget indokolja, hogy a vezető ipari nagyhatalmaknak — mint nagyfogyasztóknak — a világ összenergiafogyasztása alakulásában meghatározó szerepük van. Ebből az is adódik, hogy pl. az USA — amely jelenleg a világ össznépségének kerekén 6%-ával az összenergia-fogyasztás több mint 30%-át veszi igénybe — CARTER elnök most meghirdetett drasztikus energiafogyasztás-csökkentési elképzeléseinek sikere esetén könnyen leszoríthatja a világ évenkénti globális fogyasztás-növekedését a már említett 4% alá.

Másrészt köztudomású, hogy éppen a legnagyobb szaporulatot felmutató országokban van a legkisebb fajlagos energiafogyasztás. Nyilvánvaló, hogy a társadalmi szükségletek, az azok kielégítését biztosító termelő folyamatok, a szolgáltató tevékenység, az ipari és mezőgazdasági termékösszetétel változása és annak bővülése, elsősorban a kitermelésben és a feldolgozásban nagyobb energiaigényű nyersanyagok és hulladékok előtérbe kerülése, általában tehát a műszaki haladás és az életszínvonal emelkedése ma még erősebben járulnak hozzá az összenergiaigény növeléséhez, mint a lakosság lélekszámának szaporodása.

Az igénybecslés bizonytalansága fokozott hangsúlyt érdemel az utóbbi években, jellegzetesen az úgynevezett energiaválság óta. Jellemző példaként említenénk itt megint az Egyesült Államokat, ahol 1972-ben, tehát még az energiakrízis előtt, az arra illetékes hivatali szervek pecsétjével ellátva a 2000. évre 6 ÷ 7,5 milliárd tonna ETA-t elérő összenergiaigényt prognosztizáltak. 1974-ben, amidőn a négyszeresére emelkedett olajárak hatására meghirdették az úgynevezett energiafüggetlenségi programot, a 2000-re szóló előbecslés már csak 3,6 ÷ 4,5 milliárd tonna ETA volt, tehát a két évvel azelőtti becsléshez képest mintegy 40%-kal alacsonyabb. Ennek az erőteljesen csökkentett programnak az első három évre eső időarányos részét az USA messze nem teljesítette, ellenkezőleg, rövid ideig tartó megtorpanás után mind az összenergiaigény, főként pedig a kőolaj import soha eddig nem látott növekedést ért el. Jelenleg már az összes olajfogyasztás 44%-át importálják, ami 1976-ban kb. 35 milliárd dollárjába, az összes import 27%-ába került az Egyesült Államoknak. Az energiafüggetlenségi terv kudarcát nagyrészt a Kongresszus ellenállásával magyarázzák, amely sem a mintegy 100 milliárd dollárt kitevő beruházási hitelrendszert, sem a szénfalhasználás fokozása érdekében a környezet-

védelmi normák lazítását, sem a kőolajtermékek áremelését nem fogadta el. A közeljövőben fog eldőlni, mi lesz CARTER elnök mostani, a régebbinél sokkal radikálisabb energiaprogramjának sorsa a törvényhozásban.

Nem sokkal jobb a helyzet ma az Európai Gazdasági Közösség által 1974-ben bejelentett importcsökkentési program teljesítésével sem. Az import-energia akkori 63%-os részarányának 1985-ig 50%-ra való csökkentése saját bevallásuk szerint nem lesz megvalósítható.

Mindent összevetve bizonyos, hogy a világösszességében nem várható 2000-ig az energiaigények telítődése, tehát az ún. nullanövekedés nem fog beállni.

Az *energiakészletekkel* való összevetés érdekében figyelemmel kell kísérni az összenergiaigényeken belül az egyes *energiahordozók százalékos részarányát*. Így például a kőolajtermelés részesedése — amely 1920-ban még az össz-igények 10%-át sem érte el — az olcsó olajárak időszakában 1950 és 1970 között, világátlagban 30%-ról 44%-ra nőtt; a földgázé, amely 1920-ban még 2%-nál kisebb részarányt képviselt, az 1950. évi 9%-ról 1975-re 19%-ra emelkedett, azaz a szénhidrogének összesített részaránya 39%-ról 63%-ra nőtt 20 év alatt. Ezalatt a szénfeleségek felhasználása 59%-ról 30%-ra csökkent amellet, hogy a széntermelés abszolút mennyisége időközben kb. 20%-kal meg is nőtt. A többi energiahordozó (vízenergia, fa) ma mintegy 7%-os részarányt képvisel.

Az egyes energiahordozók jövőbeni részesedési arányát illetően ma már világos, hogy a szénhidrogének részaránya csökkenni fog, helyüket a következő két-három évtizedben újra a szén és — mint új energiaforrás — a nukleáris energia foglalja el. Középtértéknek számítható mai becslések szerint a századforduló végén várható arányok: szén $28 \div 30\%$, szénhidrogének együtt: $50 \div 55\%$, atomenergia $15 \div 20\%$, víz, geotermia és egyéb mintegy: 5%.

Az ún. „*energiaválság*” egyik fontos hatása volt, hogy mérsékelte a szénfogyasztás csökkentését. Ez a hatás azonban nem azonnali, egyelőre egyes országokban növekednek a kitermelt és felhasználásra váró szénkészletek (így pl. az NSzK-ban jelenleg 28 millió tonna szén van raktáron). Az új szénfogyasztók általában az újonnan építendő szénerőművek lesznek, de emellett mind a Szovjetunióban, mind az Egyesült Államokban és másutt is, átépített olaj- és gáztüzelésű erőműveket vissza akarnak állítani széntüzelésre. Az Európai Gazdasági Közösség például a beruházási költség 30%-át is elérő támogatást nyújt újonnan épülő szénerőműveknek. A szennyezésmentes széntüzelés megvalósítása érdekében széleskörű kísérletek folynak például a lebegőágyas tüzelés kifejlesztésére és a szénelgázosítás olyan új technológiáinak kidolgozására, amellyel a földgázszükséglet és az ellátás közti gyorsan növekvő különbséget gazdaságosan és a környezetre is kevésbé ártalmasan lehet kiegyenlíteni. Sok országban kísérleteznek és létesítenek prototípus üzemeket a szén cseppfolyósítására is. Mindezekkel ki akarják terjeszteni

a szilárd energiahordozók felhasználását az erőműveken túlterjedő területekre, ahol nem kell az atomenergiával mint komoly konkurencssal számolni. Egyébként annak következtében, hogy az atommagok energiájának gazdaságos hasznosítása csak nagy teljesítőképességű erőművekben lehetséges, viszont a villamosenergia fogyasztás az évszázad végére az összes energiahordozóknak legfeljebb 50%-át fogja igénybevenni, marad még elegendő terület a szén felhasználására.

Hazánkban az utolsó 15 év átlagában évente 4,2% volt az *energiaigények* növekedése. A következő 15 évre jelenleg évi mintegy 4%-os növekedést irányoznak elő, ami a nemzeti jövedelemnek kb. évi 5,5%-os növekedését engedi meg. Ez nálunk is már visszafogott, kb. 10%-kal alacsonyabb fejlődést jelent, mint a két évvel ezelőtti elképzelés és még ez is várhatóan csökkenni fog, jóllehet most már kimerítettük a struktúraváltozásból adódó fogyasztás-csökkentések lehetőségeit. Az *energiahordozók összetételét* tekintve, amíg 1950-ben 11% volt csak a szénhidrogének aránya, ez 1970-re 43%-ra nőtt, és 1980-ra kb. 66%-ot fog elérni. Mi kb. most értük el a szénhidrogéneknek azt a százalékos arányát, ami világátlagban kb. 10 évvel ezelőtt volt meg, de amíg a világon ez az arány ma már csökkenőben van, nálunk az új nagy olajerőművek fogyasztása következtében néhány évig még növekedni fog. Saját széntermelésünk százalékos részaránya időközben folyamatosan csökkent, az 1955. évi 88%-ról 1970-re 50%-ra, 1980-ra kb. 28%-ra.

A magyarországi energiasztruktúrára közismerten jellemző az *import-energiának* rendkívül nagy aránya. Így, amíg 1950-ben az összenergiaimport kb. 11% volt, ez 1970-re 37%-ra, 1980-ra 57%-ra és 1990-re kb. 65%-ra nő akkor, ha az atomerőművek alapanyagát importnak tekintjük. Ha a hazai ércek alapján történő nukleáris energiatermelést vesszük számításba — természetesen a Szovjetunióban gyártott üzemanyagelemekből — akkor az energiahordozók importja az 1980. évi 57%-ról 1990-ben nem nő 65%-ra, hanem csökken 54%-ra. Energiabehozatalunknak 85 ÷ 88%-a a Szovjetunióból származik.

Mindeme erősen növekvő és a népgazdaság teherbíróképességét igen nagymértékben igénybevevő energiaigényeknek a legfontosabb népgazdasági mutatókra vetített értékei közben folyamatos javulást mutatnak. Így csökken az 1 (1970. évi) forint nemzeti jövedelemre eső alapenergiahordozó igény, ugyanakkor nő az 1 forint nemzeti jövedelemre eső villamosenergia-fogyasztás. Jellemző az is, hogy amíg a 20-as években energetikai célokra a nemzeti jövedelemnek csupán néhány százalékát kellett fordítani, addig 1975-ben ez az érték már kb. 15% volt és továbbra is egyre nő. Az említett nagy importhányad egyre súlyosabban veszi igénybe külkereskedelmi mérlegünket.

Mindezekből alapvetően következnek nálunk a jövőre nézve azok a legfontosabb *irányelvek*, amiket röviden összefoglalva az alábbiakban lehet megjelölni:

— a hazai energiaforrások, tehát elsősorban a szén és az atomenergia fokozott kihasználása;

— összetételében a legkedvezőbb energiahordozók beszerzése annak figyelembevételével, hogy hazánk, mint a szocialista országok közösségének tagja, energiaproblémáit csakis a KGST keretében és elsősorban a Szovjetunió segítségével tudja megoldani;

— az energiafogyasztásban kedvező felhasználási alternatívák követése;

— az energiahordozókkal való takarékoskodás.

A KGST országokban továbbra is a szén marad az egyik legfontosabb energiahordozó. Az országok közötti kooperációra mutatnak itt is kezdeti eredmények, de ezek lényegesen szorosabbak már ma is a szénhidrogének termelésében, szállításában és kihasználásában. Egyedül 1975-ben a Szovjetunió Magyarországra, NDK-ba, Bulgáriába és Csehszlovákiába 62 millió tonna kőolajat és 14 milliárd m³ földgázt exportált. Az összehangolt fejlesztés jellegzetes példája az orenburgi földgázmező kihasználása és 15,5 milliárd m³/év kapacitású távvezeték létesítése közös vállalkozásként. Egy másik példa a KGST tagországok nagyfeszültségű 400 és 750 kV-os közös villamosenergia rendszerének kiépítése, amely lehetővé teszi a villamosenergia irányszállításokon kívül a kapacitások cseréjét és a rendszer előnyeinek kihasználásán keresztül a tartalékok csökkentését. Ezáltal az együttműködő villamosenergia-rendszerben 1990-ben mintegy 4600 MW villamos teljesítőképesség takarítható meg, ami több, mint hazánknak ma beépített teljes teljesítőképessége. A megtakarítás ellenértéke kb. 400 millió rubel.

Jóllehet a szocialista országok, és elsősorban a Szovjetunió hatalmas energiataralékai nálunk ma még nem helyezik olyan élesen előtérbe az energia-ellátási gondokat, mint a világ többi részén, mégis célszerű kitekinteni a *föld készleteire*. Az Energia Világkonferencia 1974. évi évkönyve szerint a ma feltárt és valószínűsíthetőnek elfogadott fosszilis energiakészleteknek több mint 78%-a kőszén, a kőolaj, beleértve a nagyobb részt kitevő, de csak nehezen és drágán kitermelhető olajpalákat és bitumenes homokokat, mintegy 17%, a földgáz mennyisége pedig az összes energiahordozó készleteknek csupán mintegy 5%-a. A jelenlegi fogyasztási előirányzatok alapján tájékoztató számként adódik, hogy az ismert és valószínűsített szénkészlet 150 ÷ 200 év alatt, az olajpalákat és homokokat figyelembe vevő szénhidrogénkészlet pedig — a maihoz képest erősen visszafogott növekedési ütemet feltételezve — nagyságrendileg 60 ÷ 70 év alatt elfogyna. A következtetések azonban hangsúlyozottan csak tájékoztatók lehetnek, tekintettel azokra a bizonytalanságokra, amelyek mind az igények alakulásában, mind a készletek becslésében, mind pedig a kitermelhetőség műszaki és gazdasági feltételeiben fennállnak.

A készletekkel kapcsolatos immanens bizonytalanságok megsokszorozódnak, ha az *atommagok hasadási energiájának* hasznosítása elvén működő reaktorok alapanyagát, az uránt és a tóriumot tesszük vizsgálat tárgyává.

Ekkor ugyanis újabb nagyságrendi bizonytalanságot jelentő tényező lép be, az ugyanis, hogy a természetes ércekben előforduló hasadóképes anyagnak hány százalékát tudjuk a reaktorban hőtermelésre ténylegesen felhasználni. Ez az ún. *anyaghasznosítási fok* a ma használatos reaktortípusok döntő részét kitevő könnyűvízes reaktorokban ugyanis kisebb mint 0,5%. Ennek a számnak a figyelembevételével és a ma ismert, tehát feltárt és bevallott uránérc-készletek kb. 10-szeres mennyiségét alapulvéve, a hasadóképes magokat tartalmazó ércek energiaegyenértéke az összes feltárt és valószínűsített fosszilis készletek tizedszázaléka körül van csupán. Ez azonban csak azokra az ún. gazdaságos ércekre vonatkozik, amelyek urántartalma megközelíti az egy ezreléket és amelyek kitermelési költsége 60 \$/kg U_3O_8 alatt van. Tudvalevő, hogy például a tengervízben is igen nagymennyiségű urán található rendkívül hígított állapotban. Jellemző, hogy Japán, amelynek sem olaja, sem uránérc nincs, ma már egy olyan üzem építését tervezi, amely évente 1000 tonna uránt fog termelni tengervízből.

Ha egyelőre a vizsgálat realitása érdekében nem vesszük figyelembe sem a tengervízben, sem a sovány ércekben található hasadóanyagot, akkor arra az eléggé lehangoló eredményre jutunk, hogy az atomerőműépítés mai üteme mellett a fent említett, tehát a tényleg nyilvántartottnál kb. tízszer nagyobb uránérc készlet a századforduló körül elfogyna. Ezt az eredményt persze megint nem lehet készpénznek elfogadni, hiszen amellet, hogy az ércek megkutatottsága rendkívül kiscokú még, az előbb említett, az ércekben foglalt hasadóanyag tartalomra vonatkoztatott kb. 0,5%-os anyaghasznosítási fok semmi esetre sem lesz tartósan fenntartható. Az emberiség nem engedhet meg magának olyan anyagpocsékolást, amire jellemző, hogy egy mai, 1000 MW-os könnyűvízes reaktorból évente kiserelt, részben kiégetett üzemanyag kb. 250 kg hasadóképes U^{235} izotópot és mintegy 200 kg ugyancsak hasadóképes plutoniumot tartalmaz. Csak az U^{235} mintegy 41 tonna uránoxidnak, a két hasadóképes izotóp együtt pedig kb. 800 ezer tonna kőolajnak felel meg. Így kiszámítható, hogy csupán a Paksi Atomerőmű első, 1760 MW-os kiépítésében kiégetett üzemanyag energiátartalma a 2000. évig eléri a 30 millió tonna kőolaj egyenértéket, ami kb. 3 évi kőolaj importunk energiátartalmának felel meg.

A reaktorban kiégett üzemanyagokban termelt plutoniumot és a nem teljesen felhasznált U^{235} -t az újrafeldolgozó üzembn kinyerve, majd azt új üzemanyagelemekbe bedolgozva az anyag hasznosítását kb. 10÷15%-kal javítani lehetne ugyan, de még akkor is nagyon alacsony fokú energiahasznosításnál tartanánk. A hasadóanyagoknak nagyságrendileg jobb hasznosítását lehetővé tevő szaporító reaktorokat tehát alkalmazni kell majd, jóllehet velük kapcsolatban ma még igen sok műszaki, gazdasági, biztonsági és környezetvédelmi probléma van, amelyről később még szólni fogunk. Vannak olyan optimista beállítások, miszerint a szaporító reaktorokkal az üzemanyagok

hasadóanyag tartalmát 100%-ig vagy — mondjuk az elkerülhetetlen veszteségeket is figyelembe véve — 50÷75%-ig lehet hasznosítani, amikor is a nukleáris energia szinte tetszés szerinti hosszúságú időre megoldja az energia-gondokat. Egy ilyen állításnak azonban nincs sem műszaki, sem rendszer-szemléleti alapja, mert a szaporító reaktorok kereskedelmileg éretté válható időpontjáig, legalább 3—400 ezer MW mai típusú atomreaktor lesz üzemben, tehát eleve csak mind a termikus, mind a szaporító reaktorokat tartalmazó egyes rendszerek épülhetnek. Ezekben az elérhető anyaghasznosítási fok igen sok tényezőtől függ, amelyek közül a lényegesebbek:

- a szaporító és termikus reaktorok építésének üteme;
- a szaporító reaktorok műszaki felépítése, elsősorban méretük, fajlagos hőterhelésük, az új hasadóanyag-termelés kettőzési üteme, stb. (ilyen értelemben megítélésünk szerint szükséges lesz a mai folyékony nátriummal hűtött reaktorokról áttérni a gázhűtésű reaktorokra);
- a kiégett üzemanyagok tartózkodási ideje a külső ciklusban a nukleáris hűtés, a hasadóanyag kinyerése és újrafeldolgozása céljából.

Számításaink szerint a termikus és gyorsreaktorokból álló egyes rendszerekben az anyag hasznosítási foka a századforduló körül legfeljebb 2%, azaz a mainak kb. 4÷5-szöröse lehet. A fejlődés további fenntartásával elérhető az ún. egyensúlyi vegyes rendszer, amelynek alkalmazása esetén az urán és tórium érckészletek — ha nem is oldják meg véglegesen az emberiség energia-gondjait — évszázadokig elegendők lehetnek. Amint ez azonban közismert, az atomenergiának a ma ismert módszerekkel történő hasznosítása sok ekológiai problémát is felvet, amelyek némelyikére később még visszatérünk. Ezért úgy gondoljuk — és ezt az elvet évek óta valljuk — hogy a készletek oldaláról nézve az energiagondokra végleges megoldást a környezet súlyos veszélyeztetése nélkül csak a termonukleáris reakció alapján történő energia-felszabadítás fog hozni, legyen ez akár a napban lefolyó ilyen reakciónál felszabaduló sugárzás, röviden a napenergia földi energetikai hasznosítása, akár a földön gerjesztett magfúziós eljárások útján. Reálisan azonban egyik eljárás nagyléptékű bevezetése sem várható a jövő évszázad első évtizedei előtt.

Az energiahordozók készleteinek és fogyasztásának szembeállításából, továbbá az egyre súlyosbodó környezeti veszélyeztetettségéből addig is parancsolólag következik az *energiával való takarékoskodás* szüksége, de — tegyük mindjárt hozzá — lehetősége is az energiaellátás valamennyi fázisában. Amíg azonban az energiahordozók szállítása, elosztása és tárolása ma világszerte már elég jól kialakult műszaki-gazdasági paraméterek mellett folyik, a termelő, átalakító, de főként a fogyasztó berendezések igen sok javítási lehetőséget rejtenek még energetikai szempontból. Ha nem is lehet általánosságban elérni azt, amit CARTERnek az utóbbi napokban a Kongresszus elé terjesztett törvényjavaslata előíranyoz, miszerint 15 év alatt kb. 40%-kal kell elsősorban a közlekedési és a kommunális energiatárolást csökkenteni — ami az ottani

pazarlás mellett elég érthető, ha nem is könnyen teljesíthető követelmény — igen figyelemre méltó, hogy pl. Svédországban törvény írja elő az 1945 óta kialakult, évente mintegy 4,5%-ot kitevő energiaigény-növekedésnek 1985-ig évi 2%-ra való csökkentését, elsősorban fogyasztói megtakarítások révén.

Nálunk egy, a közelmúltban elvégzett felmérés szerint 1990-ig mintegy 36 Pcal* energiát lehet évente megtakarítani, azaz az akkori összenergia-fogyasztásunknak kb. 7%-át, ami több mint 3 millió tonna, főként tőkés importból származó kőolajnövekménynek felel meg évente. Ehhez a felmérés szerint mintegy 12 ÷ 15 milliárd forint beruházási ráfordítás lenne szükséges az energiaigényes iparágak technológiai fejlesztésére, a tüzeléstechnika javítására, a közlekedés, az építéstechnika, a villamosenergia-fogyasztás egyes területein. Ilyen nagyságrendű megtakarítás 13 év alatt igen szép eredmény lenne, de elgondolkoztató az a körülmény, hogy az elmúlt 14 év alatt csupán 1/7-ed ennyi megtakarítást lehetett elérni, jöllehet ebben az időben az energiastruktúra-váltás kedvező hatásai is jelentkeztek. Úgy gondoljuk, hogy a szép célkitűzés csak akkor lehet reális, ha az energiaracionalizálási tevékenységet beépítik a közép- és hosszútávú tervekbe és meglesz a központi céltudatos, erős kézzel irányított szabályozó tevékenység. De szerintünk meg kellene fontolni a meglévő villamosenergia- és gáztörvény mintájára, azokat is magába foglaló *energiatörvény* megalkotását.

De említhetünk egy másik, hatásában nem kevésbé jelentős energia-megtakarítási lehetőséget is a villamosenergia-fejlesztés területén, amit mi távolról sem aknázunk ki. A mai hazai villamosenergia-termelés fajlagos hőfogyasztása, amelynek értéke a kiadott energiára vonatkoztatva 1976-ban 2843 kcal|kWh volt, a veszteség hőnek olyan mérvű hasznosításával hőellátási célokra, ami pl. a Szovjetunióban vagy Romániában már régen megvalósult és aminek révén a mieinknél semmivel sem jobb kondenzációs erőműveik rendelkezésre állása mellett évi átlagban mintegy 2400 kcal|kWh fajlagos hőfogyasztást tudtak elérni, a mienk 400—450 kcal|kWh-val csökkenthető lenne. Ezáltal a magyar rendszerben a tavaly termelt 20,8 TWh villamos energiát kb. 1 millió tonna olajnak megfelelő energiamegtakarítással lehetett volna elérni. Sajnos, a *kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés* technológiája nálunk nagyon lassan fejlődik. Ennek oka a múltban csak részben volt az a körülmény, hogy az energiahordozók olcsón álltak rendelkezésre. A valódi okok, amelyek nálunk még ma, a drága energiahordozók időszakában is akadályozzák az energetikailag helyes hőszolgáltatási eljárások bevezetését, inkább a különböző forrásokból szükséges beruházási alapok összehangolatlanságában, a hőtermelők és a fogyasztók közötti érdekellentétben keresendő, és — amint említettük — abban a körülményben, hogy nálunk hiányzik az energiagazdálkodásnak mint kiemelt iparágak egy kézből történő hatékony irányítása.

* 1 Pcal = 10^{12} kcal = 143 000 t ETA

Áttérve előadásunk második részére, a *nukleáris energia* termelésre, az ma a világon alig néhány százalékos részesedést jelent, fejlődése azonban kb. mégegyszer olyan gyors, mint az egész villamosenergia termeléséé, pedig az is kb. kétszerese az alapenergiához képest. Statisztikai adatok szerint a múlt év végén 190 energetikai atomreaktor volt üzemben a világon, mintegy 85 ezer MW kapacitással, az építés alatt álló vagy megrendelt reaktorok száma pedig 356 volt, összesen 328 ezer MW kapacitással. Az összesen 413 ezer MW atomerőművi kapacitásból a legfontosabb ipari országok a következőképpen részesednek: Egyesült Államok 54%, Franciaország 7,7%, NSZK 6%, Szovjetunió 4,7%, Japán és Spanyolország egyenként 4%. A szocialista országok együttvéve 6,7%-kal szerepelnek. Az üzemben levő kapacitások sorrendjében megint az Egyesült Államok vezet 49%-kal, őt követi Japán 8,8%-kal, Nagy-Britannia 8%-kal, a Szovjetunió 7,5%-kal. A szocialista országok együttvéve 9,2%-kal szerepelnek.

Az atomerőműveket típusok szerint csoportosítva továbbra is messze az első helyen állanak a könnyűvízes reaktorok, amelyek együttvéve 87%-ot képviselnek. Ennek megoszlása: 2/3 részben nyomottvízes és 1/3 részben elgőzöltető hűtésű vízes reaktor. A gázhűtésű reaktorok aránya két év alatt a felére esett vissza, nagyjából változatlan maradt a nehézvízes reaktorok aránya 2,5%-kal. (E típusból csupán Kanadában 1988-ig kb. 13 000 MW-t akarnak építeni.)

Jellemző az az adat, miszerint a nyugati országokban gyártott reaktorok 84%-a belföldi felhasználásra került, és csupán 16% volt az exportszállítás, tehát ma még aránylag nehéz atomreaktorokat külföldre eladni, hacsak nem „édesítik” meg az ajánlatot urándúsító és a hasadóanyagokat újrafeldolgozó művek szállításával és technológiájával, amint azt az NSZK tette Brazília, vagy Franciaország Irán esetében. Érdekes az az adat is, miszerint 1975-ben a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által ismertté vált 28 atomerőmű-export rendelésből csak 5 jutott az Egyesült Államokba, míg például a nyugat-német Kraftwerksunion egyedül 9 rendelést kapott. Az USA világcégeinek lemaradásához járult az exportüzletben az általuk eladott licenciákon kívül nyilván az a körülmény is, hogy az Egyesült Államok a külföldi vásárlókat több ízben bizonytalanságban hagyta a folyamatos üzemanyagutánpótlás tekintetében és — amint már említettem — az, hogy nem szállítanak üzemanyagúrafeldolgozó műveket.

Itt joggal felmerülhet az a kérdés, hogy miért lassult az atomerőművek építésének üteme a 60-as évek végén tapasztaltakhoz képest, jöllehet az olajárak ugrásszerű növekedése ellentétes tendenciát indokolna. Az egyik fő ok mindenképpen a tőkés országokban a recesszióval kapcsolatban mutatkozó csökkentmértékű villamosenergia-fogyasztás és az ezzel összefüggő hitel-megszorítás, amely a beruházások költségének erős emelkedése mellett érzékenyebben érinti az eleve költségesebb atomerőműveket, szemben a konven-

cionálisokkal. Egy másik ok az engedélyezési, helykijelölési eljárások rendkívüli elhúzódnása, a biztonsági előírások folyamatos szigorítása, a gyártóművek kapacitáshiánya és az ebből adódó határidő bizonytalanságok. Egy-egy atomerőmű építése $8 \div 10 \div 12$ évre is elhúzódik, hatalmasak a kamatveszteségek. De nem lényegtelen a sok helyen manipulált közvélemény erőteljes, a legtöbb esetben indokolatlan tiltakozása a nukleáris üzemek létesítésével szemben. Végül hozzájárulhat mindehhez néhol a fűtőanyag beszerzésének bizonytalansága és annak lassan, de folyton emelkedő, a kőolajhoz illesztett ára.

Rátérve az egyes *reaktortípusokra*, természetesen elsősorban a könnyűvízes reaktorokat kell említenünk, amelyek — mint láttuk — 87%-os arányt képviselnek a ma létező összes reaktorteljesítményből. Előnyeiket nem kívánjuk itt külön ecsetelni, azok elég ismertek és azok eredményezik a nyomottvízes típusok előretörését. Ilyen egységekkel látja el a Szovjetunió a szocialista országokat, köztük hazánkat is, ilyen helyezett üzembe a közelmúltban Finnországban. Fékezi a fejlődést az amerikai elgőzölögtető típusoknál néhány bekövetkezett üzemzavar, illetve idejében felfedezett hiba elhárítása, az ilyen reaktorokat gyártó svéd ASEA gyár vonatkozásában pedig az atomerőművekkel szemben igen szigorú svéd törvényhozás.

Hátránya az összes könnyűvízes reaktortípusoknak az előzőekben már említett rossz anyaghasznosítási fok. Ezen nem segít ugyan lényegesen, de a beruházási költségek csökkentése vonalán jelentős megtakarítást és egyúttal nagyobb üzembiztonságot, illetve üzemkészséget is hozhat a Szovjetunióban kifejlesztett csatornatípusú, vízhűtésű, grafittal moderált, elgőzölögtető reaktor, amelyből néhány demonstrációsnak nevezhető kisebb egység után az első 1000 MW-os egységet 1974-ben, a másodikat tavaly helyezték üzembe Leningrádban. További hasonló egységek épülnek Kurszkbau, Cseljabinszkbau, Szmolenszkbau.

A KGST-n belüli összehangolt fejlesztésnek tipikus példája a tagországoknak 1990-ig mintegy $30 \div 32$ ezer MW-ot kitevő, egyelőre nyomottvízes reaktorokra felépített atomerőmű építési programja. Az eközben kooperációban megoldandó kutatási és tudományos feladatokról nyilván a most következő előadások fognak beszámolni. Az atomerőművek létesítése és a hozzájuk tartozó berendezések gyártása az összes KGST tagországok nagyfontosságú integrációs programját képezi. Így hazánk is felkészül egyebek között a teljes, ezen belül a primerköri vízelőkészítő berendezések, a reaktorokat kiszolgáló nehéz daruk és különböző szerelési, valamint manipulációs eszközök, továbbá különleges műszerek gyártására. Tekintettel e program KGST-szintű fontosságára, továbbá arra a körülményre, hogy a saját atomerőműveink részére eszközrendelő importszállítások volumene döntően attól függ, hogy gyártunk és exportálunk-e legalább annyi reánk profilírozott atomtechnikai berendezést, mint amennyit importálni kívánunk, igen sürgős lenne eme, nekünk nagyrészt

újszerű gyártmányok fejlesztésére egyebek között elegendő szellemi kapacitást koncentrálni és az egész programra való felkészülést kellő magas síkon, központilag irányítani.

Az atomerőművek közötti külső kapcsolat a villamos távvezeték útján a rendszerproblémák egyik részét alkotja, ezenkívül azonban van az atom-energetikának egy másik nagy, az *üzemanyagciklussal* jellemzett rendszerproblémája, amely felöleli a részben kiégett üzemanyagok központi feldolgozását, az azokból a hasadóképes anyagok kivonását és újrahasznosítását az új üzemanyagelemekben, a nagy aktivitású hulladékok ideiglenes és tartós tárolását, az egyes fázisok közé iktatott szállítási problémák megoldását és még sok minden mást.

Úgy érezzük, hogy mielőtt az üzemanyag újrafeldolgozásával kapcsolatos problémakört emlitenénk, röviden ki kell térnünk a jövő nukleáris energetikájában nagy szerepet játszó *szaporító reaktorok* néhány kérdésére. Ezek eddig prototípusként a vezető ipari országokban, elsősorban a Szovjetunióban, Franciaországban, Angliában, az USA-ban és az NSzK-ban kivétel nélkül folyékony nátrium hűtéssel és oxidalapú üzemanyagelemekkel épültek. Az USA ilyen programja néhány kezdeti üzemzavar miatt, továbbá a mindig újabb, s egyre szigorúbb biztonsági követelmények, előírások következtében erősen akadozik. Másutt is vannak még nyitott, főként technológiai kérdések, az üzemeltetés nem kielégítő, ennek ellenére megállapítható az eddig épült prototípus reaktorok üzeme alapján, hogy lényegében megtörtént a technikai megvalósíthatóság bizonyítása. A demonstrációs program tulajdonképpen most kezdődik Franciaországban, a francia—olasz—nyugatnémet—angol—belga kooperációban készülő 1200 MW-os Super Phoenix típusal. Úgy gondoljuk, hogy a szovjet 600 MW-os Bjelorussz reaktort is ide lehet számítani, az 1600 MW-os típus előtervezése most kezdődik. De annak ellenére, hogy ilyen nagy egységek épülnek ma a világon, elég nagy a tisztázatlan, részben elvi kérdések száma is. Úgy gondoljuk, hogy a tenyészreaktor-program széleskörű kereskedelmi elterjesztéséhez még sok kutatásra van szükség. Csak példaként említjük meg az üzemanyagelemek viselkedését helyi túlhevülés esetén, az üregek képződésének mechanizmusát a folyékony nátriumban, a hasadási gázok kibocsátását, az üzemanyag meghibásodását gyorsan jelző műszerek kialakítását stb. Mindezek alapvetően befolyásolják a gyorsreaktorok biztonságát, ami ma a legtöbb aggályra ad okot.

Valószínű, hogy elvileg is más típusú gyorsreaktorra lesz szükség, a biztonsági szempontokon kívül elsősorban annak érdekében, hogy az új hasadóanyag termelése a jelenlegi típusoktól eltérően legalább 2 ÷ 3-szor olyan gyorsan történjék, mint a nátrium-hűtésűekben. Ilyen szempontból nagyon ígéretesek a gázhűtésű, karbid-alapú üzemanyag típusok, amelyeket a Szovjetunióban disszociáló dinitrogén-tetroxid gázhűtéssel, az USA-ban pedig héliumhűtéssel igyekeznek megvalósítani. Ezek a reaktorok azonban még a proto-

típus fázist sem érték el, s így nagyléptékű műszaki megvalósításuk 1990 előtt nem valószínű.

Amint erről a későbbiekben még szó lesz, a gyorsreaktorokban termelt és újrafeldolgozásra alkalmas plutónium mennyisége kb. hatszor annyi, mint a könnyűvízes termikus reaktorokban. Természetesen ennek megfelelően nő az újrafeldolgozás jelentősége is. De — amint már említettük — a termikus reaktorok részben kiégett üzemanyagelemeiben felhalmozott energiatartalékok feltárása az összenergiagazdálkodás szempontjából nagy jelentőségű. Ennek ellenére az újrafeldolgozó (*reprocesszáló*) eljárások alkalmazása iránt nincs túl nagy érdeklődés a nyugati ipar részéről, amit részint az üzemekkel szemben támasztott igen szigorú előírásokkal kapcsolatos költségek, részint az ezzel összefüggő, ma még hiányzó gazdaságosság indokol. De ettől függetlenül, biztonsági és környezetvédelmi szempontból is rendkívül nagy az ellenállás nyugaton az ilyen üzemek létesítésével szemben. Ez indította az USA elnökét a közelmúltban arra, hogy ne engedélyezze reprocesszáló üzemek létesítését az USA-ban, sőt igyekezzék megakadályozni — valószínűleg üzletpolitikai okokból is — ilyenek szállítását más országok részéről. Eközben viszont Franciaország már szerződésileg biztosította újrafeldolgozó üzem szállítását Iránnak, továbbá kanadai nehézvízes reaktorához Pakisztánnak, az NSzK pedig Dél-Afrikának. Dél-Korea francia urándúsító művet kap. CARTER elnök egyúttal megtiltotta a plutónium exportját, sőt annak az Egyesült Államokban üzemanyagként való felhasználását is. Ezzel az egész gyorsreaktor programra súlyos csapást mért a nyugati világban, hiszen az USA plutónium tartalékai igénybevétele nélkül aligha tudják a többi országok ezt a programot indítani.

Egyéni meggyőződésünk, hogy a szaporító reaktorokra a jobb hasadóanyag-gazdálkodás érdekében szükség van akkor is, ha a Ford-Alapítvány közelmúltban közzétett jelentése szerint az urántartalékok akkorák, hogy a szénművek fokozott kiépítése mellett egyedül könnyűvízes reaktorokkal is kielégíthetők az energiaigények a jövő század végéig. A jelentés szakkörökben azonnal éles reflexiókat váltott ki, hiszen az ellentmond minden eddigi ismeretnek és a készletek tükrében tényleg megalapozatlannak tűnik.

Végezetül röviden kitérünk egy, az utóbbi időben a nyugati országokban sokat és szenvedélyesen vitatott kérdésre, az *atomenergia veszélyeire*. A nukleáris energiával szembenállók észrevételeiket három kérdéscsoportra koncentrálják, ezek: a létesítmény biztonsága, a környezet védelme, az üzemanyag újrafeldolgozásánál nyert tiszta plutónium veszélyessége.

Ami az első szempontot, a *létesítmény biztonságát* illeti, tudvalevő, hogy egy atomreaktor elvileg sem robbanhat sohasem úgy fel, mint egy atombomba. Bizonyos különleges, kedvezőtlen feltételek egybeesése esetén azonban olyan kémiai reakciók léphetnek fel, amelyek a reaktormagot súlyosan károsítják, az esetleg meg is olvadhat. Tény, hogy ilyen balesetek ritkán bár, de előfordultak a múltban — igaz, hogy nem kereskedelmileg üzemeltetett tele-

peken — anélkül, hogy a radioaktív termékek jelentős mennyiségben a környezetbe jutottak volna, mert az ilyen reakció következménye mindenképpen a reaktorépületen belül maradt. Balesetek, haváriák a jövőben is előfordulhatnak, aminthogy azok lehetségesek bármely komplex műszaki létesítménynél. Éppen így lehetségesek szabotázs cselekmények, vagy ellenséges (háborús) behatások is, de tekintettel a nukleáris létesítményekben alkalmazott, a mélységben igen erősen tagolt biztonsági és megelőző rendszabályokra, a fokozott gyártási és szerelési ellenőrzésre stb., a nagyközönség veszélyeztetése ilyen szempontból kisebbnek mondható, mint például a konvencionális erőműveknél.

A lakosság szempontjából elsősorban számításba jövő kockázati tényező az atomerőműveknél szerintünk nem a létesítmény biztonságában, hanem a *környezetvédelemben*, illetve ezen belül a nukleáris üzemanyagoknak, elsősorban a *plutóniumnak* nem rendeltetésszerű, azaz diverziós vagy háborús célú igénybevételében keresendő.

Maga az üzemelő vagy már üzemben volt atomreaktor egy rendkívül nagy erősségű radioaktív sugárforrást képez, amelyből azonban a sorbakapcsolt, szilárdan beépített védelmi berendezések következtében üzemszerűen csak olyan kismennyiségű, folyadékhoz vagy gázhoz kötött aktivitás kerülhet ki a reaktor épületéből, amelynek intenzitása a természetes háttérsugárzás 1%-ánál is kisebb.

A magreaktorban levő, ténylegesen rendkívül nagyerősségű radioaktív forrás mintegy 99%-a az igen gondosan lezárt és védett üzemanyagelemekben belül az erőműben marad mindaddig, amíg azokat a kiegészítés és néhány, mintegy 5 éves hűtési időszak közbeiktatása után, az újrafeldolgozó üzembe szállítják. (Ilyen újrafeldolgozó üzem, amely kereskedelmi forgalmat is bonyolít, egyelőre csak kettő van a világon: La Hague, Franciaország és Windscale, Anglia.) Magát a szállítást abszolút biztonságosan méretezett és gondosan ellenőrzött zárt edényekben végzik. Az újrafeldolgozó üzemben, ahol a hasadási termékeknek mintegy 10%-a radioaktív még, az üzemanyagelemeket feldarabolják, majd erős savakban oldják az urán, a plutónium és a hasadási termékek kémiai szétválasztása céljából. A radioaktív maradványokat igen kis térfogatra sűrítve készítik elő a közbenső vagy végleges elhelyezésre. Érthető, hogy az ilyen újrafeldolgozó művek létesítése és üzemeltetése sokhelyütt képezi az atomenergiával szemben mutatkozó ellenállásnak egyik központi témáját.

Ezen nukleáris hulladékokat természetesen úgy kell elhelyezni, hogy azok nagyon hosszú ideig (több ezer évig) ne kerülhessenek kapcsolatba az emberi környezettel. Az eddig nyert tapasztalatok szerint a kérdés több lépcsőben biztonságosan megoldható, a műszaki problémák nem áthidalhatatlanok. (Itt meg lehet jegyezni, hogy egyedül az Egyesült Államokban 1970-ben mintegy 10 millió tonna vegyi és biológiai hulladékot helyeztek el

olyan feltételek mellett, amelyek biztonsága meg sem közelíti a radioaktív hulladékok tárolásánál alkalmazott rendszabályokét.)

A harmadik, és véleményünk szerint messze a legfontosabb mozzanat az atomreaktorban keletkező *plutónium* veszélyessége. De az sem olyan szempontból, hogy az a levegőbe, majd onnan a szervezetbe kerülve tüdőrákot okozhat, ami ugyan elvileg fennáll, de ez ellen az újrafeldolgozó művek technológiájának kialakításánál az aránylag könnyű detektálás segítségével védekezni lehet. Kiszámítható, hogy az összes 2000-ig tervezett atomerőműben keletkezett plutónium mennyisége kb. a már eddig is katonai célokra gyártott mennyiségnek felel meg, a most alkalmazott technológia következtében a szabadba jutó, tehát nukleárisan mérgező plutónium azonban csak kb. egybilliomod része az atombomba kísérleteknél kibocsátott mennyiségnek. Ezeknél sem lehetett okozati összefüggést találni a kísérletek és a tüdőrák növekedésének gyakorisága között, ami persze távolról sem bizonyítja, hogy ilyen összefüggés nem létezik, legfeljebb azt, hogy a kismértékű növekedés statisztikailag nem mutatható ki. A plutónium, mint mérgező anyag, nyugodtan kikerülhet ezért az emberiséget veszélyeztető témák köréből.

Annál kevésbé áll ez a plutóniumra, mint a nukleáris fegyverek egyik alapanyagára; belőle 8–10 kg elegendő egy atombomba gyártásához, feltételezve, hogy az ehhez szükséges tudás és technológia rendelkezésre áll. Egyedül az USA-ban az 1975. évi 4000 kg-ról 1985-re mintegy 37 ezer kg-ra fog nőni a termelt plutónium mennyisége, amihez kb. még egyszer ennyi adódik a világ többi részén. E veszélyes alapanyag nem rendeltetésszerű eltulajdonítására gyakorlatilag csak az üzemanyagfeldolgozó műben van lehetőség, ahol a plutónium aránylag tisztán fordul elő, továbbá ennek az anyagnak a plutóniumot is tartalmazó, új üzemanyagokat gyártó műhöz történő szállítása során, amennyiben egyáltalában ilyenre sor kerül. A plutónium ellenőrzésére rendkívül szigorú biztonsági rendszabályok vannak, de ennek ellenére elvileg nem zárható ki teljesen az a körülmény, hogy az illetéktelenek, visszaélők birtokába jusson. Jelenleg feltételezhető, hogy legalább 14 nemzet rendelkezik az üzemanyag-újrafeldolgozás technológiájával és ezek mindegyike elvileg atombomba gyártó is lehet. A jövőben iparilag fejlett kisebb országok vagy nagy, fejlődő országok is előállíthatják természetes uránnal, vagy enyhén dúsított uránnal működő reaktoraikban a saját bomba-alapanyagukat. Így sok ország lehet abban a helyzetben, hogy atombombát gyártson, ha ezt érdekei úgy kívánják. Az eljárás azonban igen költséges és nehezen tartható titokban, ami nehézzé teszi az ilyen tevékenységet diverzáns csoportoknak vagy terroristáknak. Bizonyos azonban, hogy a biztonsági rendszabályok nem elegendőek, rendkívül széles és nagyszabású társadalmi és diplomáciai tevékenység szükséges a veszély elhárításához. Mindenáron meg kell akadályozni, hogy a nukleáris fegyverek és az ezek gyártásához szükséges technológiai eljárások elterjedhessenek a világon akkor is, ha az egyes országok diszkriminációjával jár

együtt. Az egész világot átfogó olyan garanciahálózatra van szükség, amely minden országnak megengedi az atomenergia békés felhasználását, de megakadályozza a nukleáris fegyverek elterjedését.

Azt hiszem a fentiekből kiviláglik, hogy nincs igazuk azoknak, akik az atomerőművek elterjedésétől az emberi környezet és a civilizáció megsemmisülését várják. Az atomenergia éppen olyan fontos, békés segédeszköze az embernek, mint a villamosság, de nem árt állandóan szem előtt tartani, hogy a veszély elhárításához szükséges biztonsági rendszabályokat folyamatosan finomítani és szigorítani kell.

Alapvető itt is a tudomány szerepe, hiszen csak ez az, ami az emberi találékonysággal párosulva képes arra, hogy megteremtse a feltételeket a növekvő energiaigényeknek kellő biztonsággal, a környezet veszélyeztetése nélküli, műszakilag és gazdaságilag minél tökéletesebb kielégítéséhez. Amint már említettük, a jövő új nagy energiaforrása előreláthatólag a termonukleáris reakción fog alapulni, ennek kozmikus és földi forrása egyaránt kiapadhatatlan. Ehhez jön majd, mint átalakított és a környezetet egyáltalában nem szennyező energiahordozó, a villamosenergia mellett a folyékony hidrogén. Azt hisszük, érezzük mindnyájan, hogy ezen mérhetetlen nagy feladatoknak a gyakorlati megvalósulásig történő előkészítésében milyen hatalmas szerepe van a tudománynak. Úgy gondoljuk, hogyha szerény mértékben is, ebben Akadémiánknak, de az Akadémián kívüli tudományos intézeteknek és a hazai iparnak is ki kell vennie részét.

Development of the Energy Situation in the World and in Hungary; the Future of Nuclear Energy. The lecture uncovers the development to be expected in the coming decades all over the World and in Hungary, analyzing the causes for the dropping rate of increase and also its consequences for the energy situation. After comparison with the stocks it points out the various factors of uncertainty, enhancing the bad utilization of the energy content of the uranium ores and the importance of energy saving. After discussing the present situation and the expected development of the production of nuclear energy and the construction of atomic power plants, it discusses one of to-day's most controversial complex of questions, the cycle of nuclear fuels and the question of breeder reactors. In connection with this the so-called danger moments of the using of atomic energy are briefly analyzed and the author concludes that the real danger is only the utilization of the plutonium produced in the reactors as a basic material for atom bombs. The prevention of this is, above direction of the technical conditions, a task for the whole society.

Entwicklung der Energielage in der Welt und in Ungarn, Zukunft der Kernenergie. Die Vorlesung klärt die in den nächsten Jahrzehnten weltweit und in Ungarn zu erwartende Entwicklung der Energieansprüche auf, wobei die Ursachen für die Gründe des Absinkens der Zuwachsrates und deren Folgen auf die Energiestruktur ebenfalls analysiert werden. Nach Vergleich der Vorräte wird auf die verschiedenen Unsicherheitsfaktoren hingewiesen, wobei die schlechte Ausnutzung des Energieinhalts der Uranerze und die Wichtigkeit der Energiesparsamkeit betont werden. Nach Darlegung der heutigen Situation in der Kernenergieproduktion und dem Bau der Atomkraftwerke beschäftigt sich der Autor mit einem der heute meistumstrittenen Fragenkomplexe, dem Zyklus der nuklearen Brennstoffe und der Frage der Brutreaktoren. Im Zusammenhang hiemit werden die sogen. Gefahrenmomente bei der Freimachung der Atomenergie kurz untersucht und es wird festgestellt daß eine reale Gefahr bloß aus der Verwendung des in den Reaktoren hergestellten Plutoniums als Rohstoff für Atombomben stammen kann. Die Abwehr dieser Gefahr ist über die Lenkung der technischen Vorgänge hinaus eine Aufgabe der ganzen Sozietät.