

Halász László

ÁBRÁNDOK ÉS REMÉNYEK

Gelencsér András Ábrándok bűvöletében című könyvének továbbgondolása

Gelencsér András könyve a Földön rendelkezésre álló nyersanyagforrások kimerülését elemezve arra a következtetésre jut, hogy emiatt a modern társadalmak működése mai formájában nem fenntartható. A könyvben alaposan megvizsgált problémák és lehetőségek – vagy inkább ez utóbbiak hiánya – egy pesszimista jövőkép kidolgozását eredményezte.

A kötet által felvetett problémák részben tovább-, részben újragondolása, a jelenleg rendelkezésre álló információk alapján, lehetőséget nyújt egy, a pesszimista scenárióval egyenértékű optimista scenárió kidolgozására. Az alábbiakban erre teszek kísérletet. Ennek során megmutatom, hogy a nyersanyagprobléma valójában energiaprobléma, továbbá a monográfia felvetéseit időkeretbe helyezem, és kimondom az energiaellátás feltétlen parancsát, aminek megsértése a társadalom működését alapjaiban veszélyezteti.

A könyv alapérve

A könyv alapérve és első mondata szerint: „A modern társadalom működésének alaphipotézise, hogy a természeti erőforrások korlátlanul rendelkezésre állnak.“ Lényegében minden, ami ezután következik ezen érv premisszájának – és ebből adódóan konklúziójának – cáfolata.

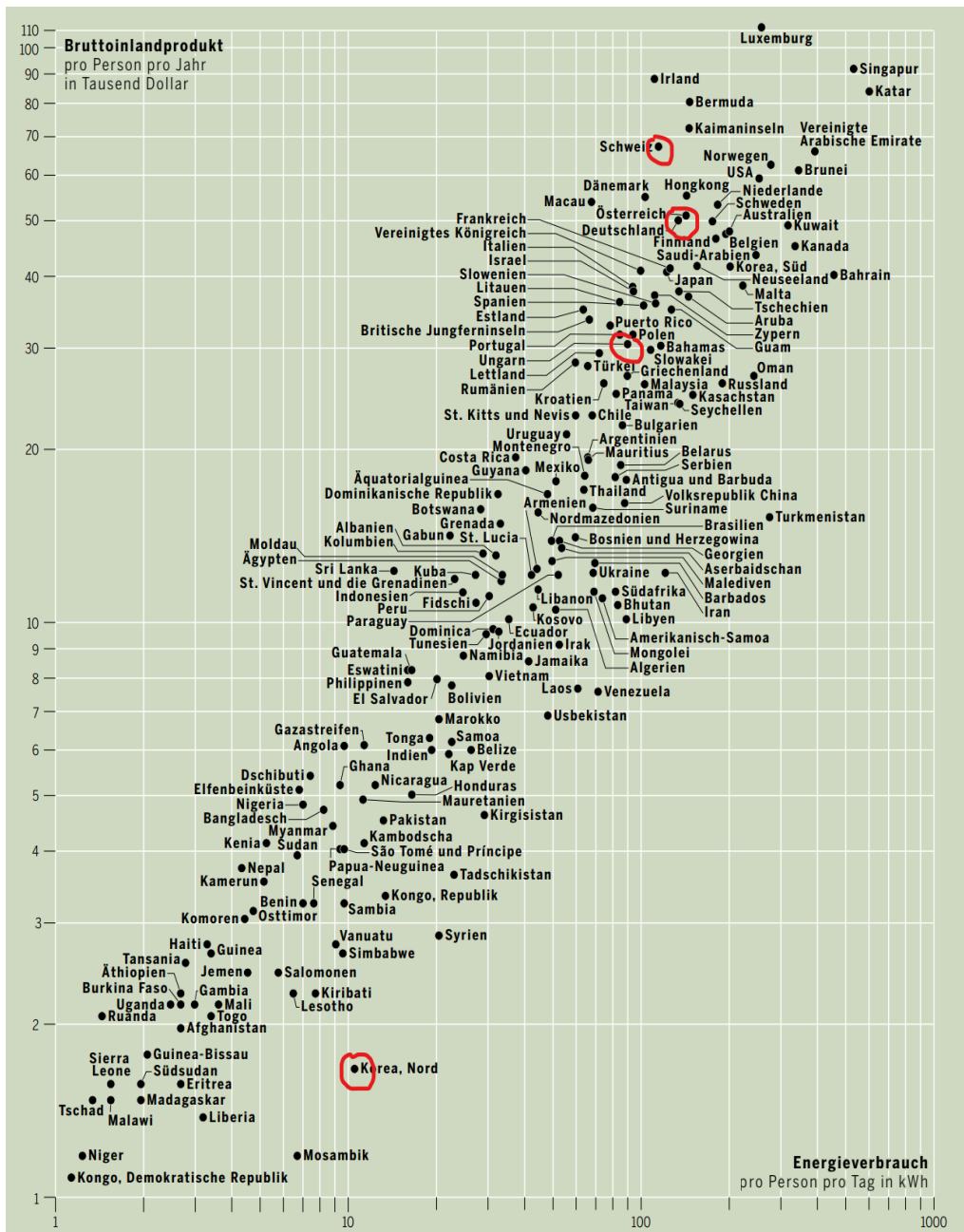
Egy ennél gyengébbnek tűnő, mégis a fentivel lényegileg ekvivalens állításból – a konklúziót változatlanul hagyva, csak a premisszát megváltoztatva – indulok ki: A modern társadalom működésének szükséges feltétele, hogy a technikai-technológiai fejlettség adott szintjéhez és továbbfejlődéséhez elegendő energia áll rendelkezésre.

Ez a gyengébb premissza két ponton tér el az eredeti megfogalmazástól. Egyrészt természeti erőforrás helyett energiáról beszél, mert minden más természeti erőforrás kiváltható többlet energiafelhasználással. (Az energia kitüntetett szerepét az Epilógusban a könyv is egyértelműen megfogalmazza.) Másrészt nem szükséges, hogy az energia korlátlanul rendelkezésre álljon. Elegendő, ha a mindenkori technikai-technológiai fejlettség adott szintjének és továbbfejlődésének megfelelő energiamennyiség áll rendelkezésre.

Jólét, fejlettség és energia

Az energia kulcsfontosságú egy társadalom jóléte és fejlettsége szempontjából. Az 1. ábra országokra lebontva mutatja az energiafelhasználás és a jólét közötti erős korrelációt. A grafikonon körrel megjelölt országok – Észak-Korea, Magyarország, Németország és Ausztria, valamint Svájc – jól példázzák ezt az összefüggést, annak ellenére, hogy az arányok nem biztos, hogy megfelelnek intuíciónknak, mivel mindkét változó logaritmikus skálán van ábrázolva. A grafikonról az is leolvasható, hogy a globális világgazdaságban a szolgáltatás orientált országok (például Svájc) kisebb energiafelhasználással is magasabb életszínvonalat nyújtanak, mint az inkább termelésorientált országok, mint például Németország vagy Ausztria. E tekintetben

házánk – alacsonyabb színvonalon ugyan – a német-osztrák mintának felel meg. A skála alsó végén Észak-Korea a negatív példa, amely a relatíve magas energiafelhasználás ellenére is a legszegényebb országok csoportjába tartozik.



1. ábra: Az 1 főre eső napi energiafelhasználás (kWh-ban) és az 1 főre eső évi nemzeti össztermék (ezer dollárban) korrelációja 2021-ben¹

¹ [WEW 15 GRUE 010 N 012 HIEKE GES.pdf \(weltwoche.ch\)](#)

Az energiaellátás feltétlen parancsa

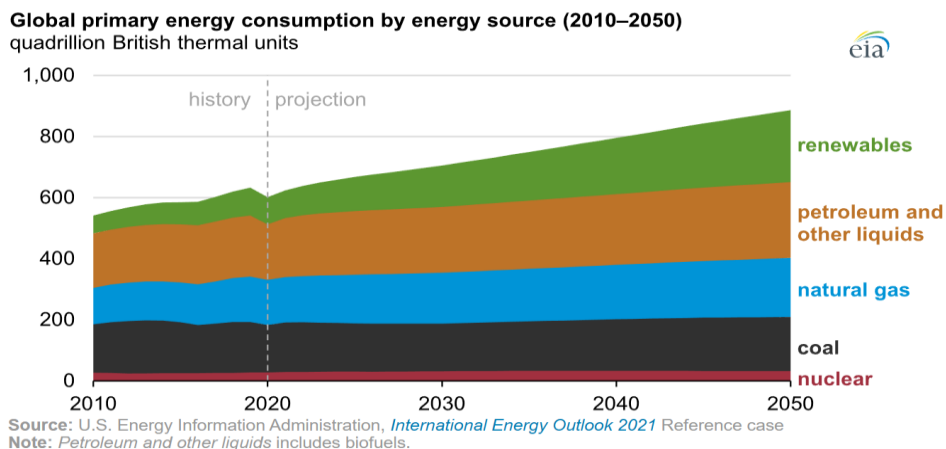
Az eddig elmondottak alapján megfogalmazhatjuk az energiaellátás feltétlen parancsát: Folyamatosan, megszakítás nélkül kell energiát szolgáltatni olyan áron, amely a lakosság legszegényebb rétegei számára is megfizethető.

A feltétlen parancs megnevezés emlékeztet Immanuel Kant kategorikus imperatívuszára, azonban attól lényegileg eltér. Kant szerint a gyakorlati ész kategorikus imperatívusza *a priori*, azaz megelőz minden tapasztalatot. Az energiaellátás feltétlen parancsa ezzel szemben nem *a priori*, mert – úgy tűnik – meg kell tapasztalnunk, hogy megsértése milyen következményekkel jár. Erre vonatkozó empirikus tudás híján is elgondolhatjuk azonban, hogy az energiaellátás feltétlen parancsának be nem tartása a társadalom működésének alapjait veszélyezteti. Durva megsértése gazdasági, politikai és társadalmi katasztrófát okoz.

Az energiaellátás feltétlen parancsa időinvariáns, mert egyaránt igaz most, a közeli és a távoli jövőben. Betartásának módozatait és az ehhez rendelhető időskálákat pontosíthatjuk, mert ehhez már most megbízható adatok állnak rendelkezésünkre.

Globális energiafelhasználás 2050-ig

Az Egyesült Államok Energia Információs Ügynöksége (EIA) a világ energiafelhasználásáról az alábbi prognózist tette közzé:



2. ábra: A világ energia felhasználása 2010-2050-ig ²

A grafikonról közvetlenül leolvasható, hogy:

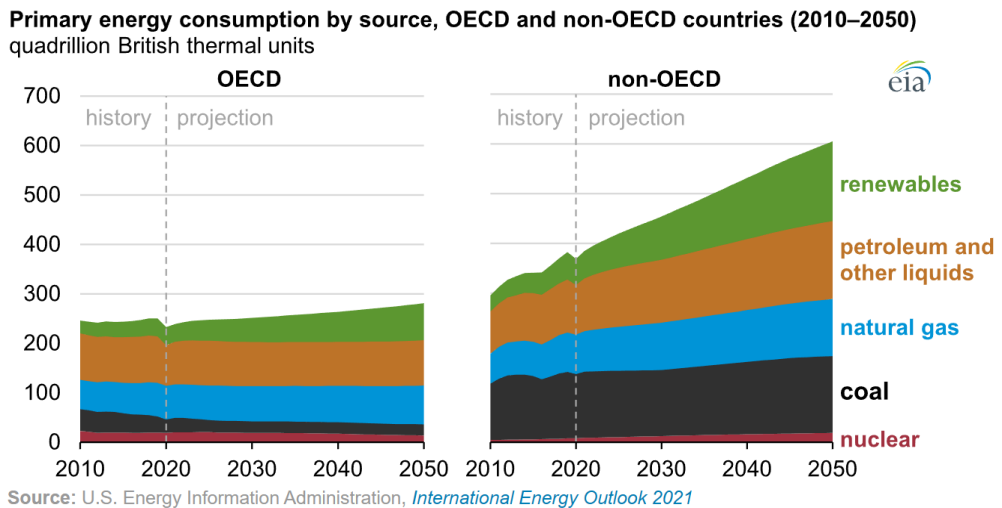
1. A globális energia felhasználás 2010 és 2050 között mintegy 50%-kal növekszik.
2. A szén, a kőolaj, a földgáz és a megújuló alapuló energiatermelés mindegyikének részaránya 20% körül van, amihez még néhány százaléknyi atomenergia járul.
3. A megújuló energiatermelés részaránya növekszik.

² [U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis](#)

Egyetértve a Tanulmánnyal: a fenti energiatermelési eljárásokkal a grafikonról leolvasható növekedési pálya hosszabb távon nem fenntartható.

Energiafelhasználás OECD – nem-OECD bontásban 2050-ig

Az EIA a globális prognózist OECD és nem-OECD bontásban is megadja. Megjegyzem, hogy a 38 tagországot tömörítő OECD össznépessége a 2021-es adatok szerint mintegy 1,4 milliárd volt, azaz a világ teljes népességének mintegy egy ötöde. Az OECD, amelynek 1996 óta hazánk is tagja, a fejlett európai, észak-amerikai és kelet-ázsiai országokat tömöríti.



3. ábra: A világ energia felhasználása OECD, nem OECD bontásban 2010-2050-ig³

A grafikonokról közvetlenül leolvasható, hogy:

1. A nem-OECD országok energiafelhasználása lényegesen gyorsabban növekszik, mint az OECD országoké.
2. Az OECD országokban, ellentétben a nem-OECD országokkal a szén erősen visszaszorul.
3. A megújuló energiatermelés részaránya mindkét ország csoportban növekszik.

E globális trendektől való jelentős lokális eltérésnek, aminek erőltetése tipikusan az Európai Unióban jellemző, csak nagyon csekély befolyása van a klímára, de a lényegesen drágább energiatermelés miatt jelentős negatív hatása van ezen országok gazdaságára, az ott élő lakosság jólétére.

Az energiaellátás időhorizontjai

A globális energiafelhasználás ismeretében felvázolhatók azok az időhorizontok, amelyekben a rövid-, közép- és hosszú távú energiaellátási kilátások vizsgálhatók.

³ [U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis](#)

Rövidtávon azt az időhorizontot értem, amelyben a jelenleg ismert eljárásokkal az energiaellátás biztonságosan fenntartható. Az EIA statisztika szerint alapján szinte biztosra vehetjük, hogy 2050-ig a jelenleg használt energiatermelési eljárások elégségesek. Vitathatatlanul igaz azonban a könyv azon állítása, hogy ezek az erőforrások előbb-utóbb kimerülnek, nem csupán azért, mert a fosszilis energiahordozókat „eltüzeljük”, hanem azért is, mert ezek hiányát a ma használt megújuló energiatermelési módszerekkel nem lehet helyettesíteni. Nem tudhatjuk azonban, hogy ez ötven vagy száz év után következik-e be.

A középtávú időhorizont e szerint akkor kezdődik, amikor a jelenleg ismert eljárások már elégtelennek bizonyulnak a biztonságos energiaellátáshoz. A könyv által prognosztizált negatív scenárió ezért ebbe az időhorizontba helyezhető.

Az energiaellátás hosszú távú lehetőségei, mint minden hosszú távú prognózis, meglehetősen spekulatív, de főleg asztrofizikusokban mindig is élt a remény, hogy az emberiség valamikor a távoli jövőben képes lesz kilépni a földi keretből, és meghódíthatja nem csak a Naprendszer, de – ha talán nem is az egész világegyetemet – legalább is saját galaxisát. Témánk szempontjából ennek az ad külön hangsúlyt, hogy e hosszú távú elképzelések is elválaszthatatlanul az energiával vannak kapcsolatban.

Az alábbiakban röviden bemutatom az energiaellátást e három időhorizontban, különös tekintettel a középtávúra, amely a könyv szempontjából kiemelten fontos.

Rövid távú energiaellátás: mérsékelt energiafordulat

Tavaly novemberben a Veszprémi Egyetemen rendezett klímakonferencián lehetőséget kaptam egy előadás megtartására. (A konferencia kötet kiadása e sorok írásakor folyamatban van.) Előadásomban központi helyet kapott a rövid távú energiaellátás problémája, amit itt, e fejezetben nagyon röviden összefoglalok. Ismertettem azt a megoldási javaslatot, amit az ú.n. 4ⁿ szimpóziumok⁴, során fektettek le. Ez egy kétszer két napos előadássorozat volt, amit a klímaváltozással kapcsolatos kihívásokról 2022 májusában és szeptemberében rendeztek meg a németországi Konstanzban, majd a svájci Romanshornban.

A szimpóziumok mérsékelt energiafordulatra tettek javaslatot. Konkrétan ez azt jelenti, hogy a javaslat a hagyományos szén, kőolaj, földgáz és urán alapú energiatermelés megváltoztatását irányozza elő, mégpedig úgy, hogy az energiahordozó összetétel a következők szerint alakul: először is teljes egészében hiányzik a szén; a kőolaj használata a minimálisan szükségesre csökken; jelentős szerepet kap viszont a földgáz, amelynek szén-dioxid-kibocsátása csak egyharmada a szén alapú energiatermelésnek; a meglévő urán alapú atomerőművek kiegészülnek tórium üzemanyagú erőművekkel; ehhez jönnek a megújuló energiára alapuló energiatermelési eljárások, nevezetesen, a szél-, a nap- és a vízerőművek. Ezen túl figyelembe kell venni, hogy valamennyi energiatermelési eljárásnál jelentős tartalékok vannak a hatékonyság javításának területén.

Ez a javaslat összhangban van az EIA által az OECD országokra adott trenddel, sőt CO₂ kibocsátás szempontjából annál egyértelműen jobb, mert a szenet teljesen

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=MkQu6msgRnw>

kiküszöböli az energiamixből, és kőolajból is csak a feltétlenül szükséges mennyiséget javasolja. Ez az energiamix messzemenően megfelel a klímaegyezmények elvárásainak, és eleget tesz az energiaellátás feltétlen parancsának.

Középtávú kilátások: egy pozitív scenárió

A könyv a fenntartható fejlődés korlátait néhány kulcs fogalommal és állítással alapozza meg. Az alábbiakban ezeket áttekintve megmutatom, hogy újragondolásukkal egy, a könyv negatív scenáriójával egyenértékű pozitív scenárió is felépíthető.

A könyv a *rabszolga-egyenérték* – nevezhetnénk virtuális rabszolgának is – fogalmának használatával egy plasztikus metaforát vezet be, ami aláhúzza az energia kitüntetett szerepét: „az egy főre eső energiafelhasználás jelenleg 20 rabszolga-egyenérték, aminek több mint 80 %-a még mindig fosszilis energiahordozókból származik. Persze az eloszlás, mint annyi minden más, messze nem egyenletes, egy átlagos amerikai 93 rabszolgával rendelkezik, míg egy bangladesi csak négygel.”

A *kimerülő nyersanyag készletek* komoly akadályt gördítenek a fenntartható fejlődés elé. A kimerülés jelei, hogy a készletek egyre hígabb formában állnak rendelkezésre és egyre nehezebben elérhetők. A könyv 5.4 fejezete ezt metaforikusan Hamupipóke-effektusnak nevezi. Hazai tapasztalatból is tudjuk, hogy régen elmúltak azok az idők, amikor Zala vármegyében elég volt néhány méterre lefűrni a földbe és máris felbuzgott az a nagy energiatartalmú sűrű folyadék, amit feldolgozás után járművek hajtására, műanyaggyártásra, útépitésre és annyi minden másra lehetett használni. A mai fűrészekkel gyakran messze ki kell menni a tengerre, vagy éppen alacsony hozadékú palából kell kinyerni a kőolajat. Kétségtelen, hogy a könnyen hozzáférhető nyersanyag lelőhelyek elfogynak, amit csak úgy lehet kompenzálni, hogy egyszerűen a már felhasznált nyersanyagokat újrahasznosítjuk, másrészt tudomásul kell vennünk, hogy az új lelőhelyek feltárása csak nagyobb energiárfordítással lehetséges.

A könyv 2.3 fejezete szerint *az energiatermelés szükségszerűen környezetszennyezéssel jár*, bármilyen módon is állítjuk elő az energiát. Rámutat, hogy „A jelenleg alkalmazott látszatmegoldások, mint például a megújuló energiaforrások nyakló nélküli terjesztése még mindig a forró krumpli dobálását jelenti, amennyiben egy problémát (az energiától és a fosszilis energiahordozóktól való függőséget) egy másik problémával (korlátos ásványi nyersanyagoktól való függőséggel) helyettesítjük.” Arról nem is beszélve, hogy a megújuló nyersanyagokon alapuló energiatermelés hatékonysági mutatói sokszorosan elmaradnak a fosszilis alapúaké mögött, ahogy ezt az 5.7 fejezet tárgyalja. E megállapításokhoz érdemes hozzá tenni, hogy a környezetszennyezés negatív hatásai csökkenthetők többek között az energiatermelési eljárók diverzifikálásával, ahogy ezt a 4π szimpóziumok javaslatai is tükrözik.

A *globális népesség növekedése*, ahogy erre a könyv több helyen is rámutat, automatikusan megnöveli az energiaigényt, és ezzel párhuzamosan az ember által okozott környezetkárosítást. E problémát tovább élezi, hogy olyan nagy népességű országok, mint Kína és India erős gazdasági növekedési pályára kerültek. Ugyanakkor a népesség növekedésének súlypontja ma a szubszaharai térség, ahol már a jelenlegi népességszám mellett is elképesztő szegénység uralkodik. Ahogy erre a veszprémi

klímakonferencián utaltam, az ENSZ Agenda 2030 nevű akcióterve szerint mindennél sürgetőbb feladat, az e térségben élő emberek megsegítése.

A *fúziós energia* jelenlegi tudásunk szerint az az energiatermelési módszer, amivel az emberiség energiaigényét nagyon hosszú időre meg lehetne oldani: „A korlátlan és tiszta fúziós energia az emberiség talán legfőbb reménye, hogy a modern civilizáció fennmaradjon.” A könyv 4.7 fejezetében a „Földre szállt Nap” metaforát használva szemlélteti, hogy a fúziós energia pontosan az az energiatermelési módszer, amivel a csillagok, így a mi Napunk is energiát termel. Beszámol az ITER (francia) és a JET (brit) kísérleti reaktorokról, majd megállapítja: „Jelenleg úgy tűnik, hogy a fúziós reaktor inkább a remény illúziója, mint egy működőképes valós alternatíva az emberiség korlátlan energiaellátásának megoldására valamikor a bizonytalanul távoli jövőben.”

Úgy vélem, hogy lehet ezt a szkeptikus képet ellensúlyozni: a kutatás ugyanis nagy erővel folyik. A német *Die Welt* 2025. április 25-i száma arról számol be, hogy 2017-ben még csak 16 millió €, 2021-ben viszont már 2,5 milliárd € kockázati tőke állt a fúziós technológiai fejlesztések rendelkezésre. Ezzel összhangban gyakran olvashatók azok a hírek, amik a kísérleti reaktorok működésének egyre jobb hatékonyságáról számolnak be.

A fúziós energia nyersanyagai, a hidrogén két izotópja, amelyek közül főleg a trícium csak nagyon korlátozottan áll rendelkezésre. A könyv 5.7 fejezete az űrbányászatot a sci-fi filmek világába helyezi, ami hagyományos kémiai anyagok tekintetében biztosan igaz, de tríciumot talán érdemes a Holdról, vagy akár egy másik bolygóról is a Földre hozni.

A könyv által felvetett valós problémák ellenére ne hagyjuk figyelmen kívül Kaku (2011: 272) megjegyzését: „... fontos felismerni annak lehetőségét is, hogy a probléma megoldása esetleg valamilyen teljesen más, váratlan irányból érkezik.”

Nem kizárható, hogy a szerzőnek lesz igaza, és az energia és ezzel együtt a nyersanyaghiány az emberi társadalom fejlődésében stagnációt, sőt visszaesést okoz, ahogy az már korábban is előfordult: „Kétezer éve a bronzkor is azért ért véget, mert a rézbányák kimerültek, és az emberiségnek mintegy kétszáz évbe tellett a kevésbé ideális vas előállításának módszerét kidolgozni.” Optimizmusra ad viszont okot, hogy valamikor, a középkor elmúltával az emberiség egy olyan permanens tudományos és technikai forradalom korszakába jutott, ahol az emberi találékonyság, kitartás, szorgalom és együttműködés olyan eredményeket hozott, amikről korábbi korok emberei még csak nem is álmodhattak.

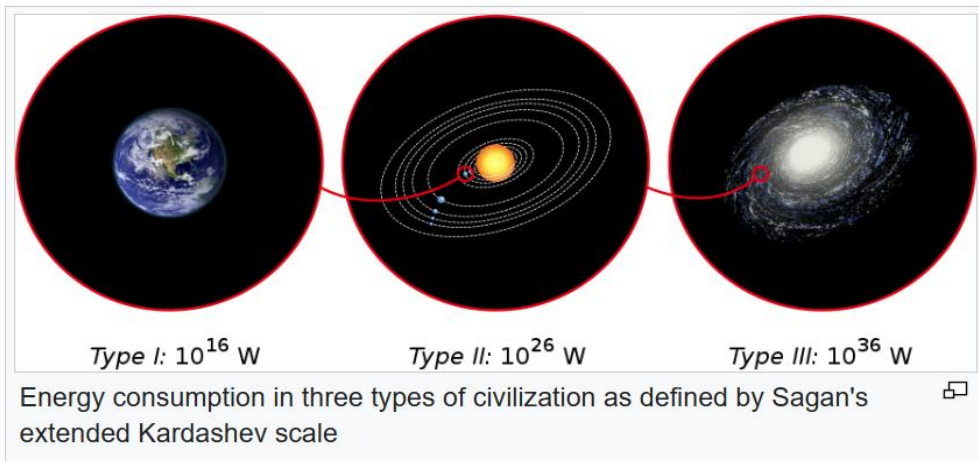
Hosszú távú kilátások: az emberiség jövője

Már a középtávú kilátások tekintetében is sok a bizonytalanság, így ami a távoli jövőt illeti, az elképzelések erősen spekulatívak. Csak annyi látszik bizonyosnak, hogy fejlődés csakis több és egyre több energia felhasználásával lehetséges. Nyikolaj Kardasov szovjet csillagász 1964-ben a civilizációkat három csoportba sorolta (Kaku 2011: 352-392):

- Az I. típusú civilizáció csak saját bolygójának energiaforrásait használja, mintegy 10^{16} watt teljesítménnyel gazdálkodik, és képes eljutni a csillagrendszerének bolygóira.

- A II. típusú civilizáció képes saját csillagrendszerének energiaforrásait használni, mintegy 10^{26} watt teljesítménnyel gazdálkodik, és gyarmatosítja közelében levő mintegy száz a csillagrendszert.
- A III. típusú civilizáció képes saját galaxisának energiaforrásait használni, mintegy 10^{36} watt teljesítménnyel gazdálkodik, gyarmatosítja és szabadon mozog a teljes galaxisban.

Kaku (2011: 352) úgy véli, hogy az emberiség eddigi technikai-technológiai fejlődése egyértelműen a fenti ún. planetáris civilizációk irányába mutat, ami be fog következni, hacsak „nem történik valamilyen természeti katasztrófa, vagy nem teszünk egy szerencsétlen, ostoba lépést”.



4. ábra: A három különböző típusú civilizáció energiafogyasztása ⁵

A remény hal meg utoljára

A könyv záró fejezete szerint: „Ha életképes megoldást keresünk, első lépésként sürgősen vissza kellene szerezniünk az energia és az anyag értékét és becsületét.” Jogosan kritizálja a fejlett kapitalista társadalmakban uralkodó pazarló szokásokat és életmódot. Javaslatot tesz egy energia alapú valutarendszer bevezetésére. Úgy vélem, hogy hasonlóan ahhoz, ahogy a jövőbeni pénz vagy adósság értékét a közgazdaságtanban diszkontáljuk – mert az, ami ma a zsebünkben van az többet ér, mint ami csak 30 éve múlva lesz ott – ugyanúgy diszkontáljuk, ha nem is számszakilag, de mentálisan a prognózisok érvényességét. Képesek vagyunk-e, vagy éppen szükséges-e egyáltalán olyasvalamire reagálnunk most, ami több mint 30 éve múlva következhet be. Nem csak sokkal rövidebb távon tudunk-e vagy urambocsá kell-e gondolkodnunk? Megoldandó feladat lenne ma is éppen elég: mindenek előtt annak a sok száz millió mély szegénységben élő ember megsegítése, akiknek sorsát – mintha nem is létezne – kizártuk a közgondolkodásból.

Messzemenően egyetérthetünk a könyv azon megállapításával, hogy az állampolgárok és a gazdasági szereplők részéről lényegesen energia- és anyagtudatosabb hozzáállásra

⁵ Forrás: [Kardashev scale - Wikipedia](#)

van szükség. Ezt a magam részéről az állam és a szupranacionális szervezetek felelősségével egészítem ki. Az államok ma, mindenütt a világon birtokolják, vagy igen erős jogosítványokkal felügyelik az energiaszektor. Ezek a jogok azonban felelősséget is jelentenek: röviden szólva, az energiaellátás feltétlen parancsának betartása döntően állami feladat. Ugyanakkor ne feledkezzünk meg a szupranacionális szervezetek, mindenekelőtt az Európai Unió felelősségéről sem. E szervezetek feladata nem zöldszínű légvárak építése, hanem azon tagországok hatékony segítése, amelyek komolyan veszik az energiaellátás feltétlen parancsát.

Irodalom

- Gelencsér, A. (2023). *Ábrándok bővületében – A fenntartható fejlődés korlátai.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kaki, M. (2012). *A jövő fizikája.* Akkor Kiadó Kft, Budapest.