**TUDOMYÁNY FEJLŐDÉSE – GYAKORLATI
ALKALMAZÁSOK – GENERÁCIÓS PROBLÉMÁK****DEVELOPMENT OF THE SCIENCES – PRACTICAL
APPLICATIONS - GENERATION PROBLEMS**

Tóth László

*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészeti Tanszék, Cím: 4028 Magyarország,
Debrecen, Ötemető utca, 2-4; Telefon: +36-9-322-690, levelezési cím,
laszlo.toth@bayzoltan.hu***Abstract**

The structure and the relationships between the members of the society continuously changes. These are strongly influenced by a given ridiculous new technical matters causing any revolution steps. In the history of the human being, they are the followings: textile industry, railway network, automobile, computer and our days the nano-technology. This last one can also be regarded as the revolution of the materials sciences, because this scale serves a common interface for the living and non-living sphere. The quick spreading of the newest scientific results in the wide range is always restrained by the generation problem which exists naturally. This “restrained-effect” can be reduced by the life-long learning.

Keywords: *development of sciences, practical applications, driving forces of revolutions, nanotechnology, revolution of the material sciences, generation problems, life-long learning*

Összefoglalás

A társadalmi struktúrát, az emberek egymáshoz való viszonyát folyamatosan alakítják az egyes jelentősebb tudományos felfedezések és ezek gyakorlati alkalmazása. Az emberiség történelmében ilyenek voltak: a textilipar, a vasúti közlekedés, a gépkocsi megjelenése, a számítástechnika, és jelenleg a nanotechnológia. Ez utóbbi úgy is tekinthető, mint az anyagtudomány forradalma, hiszen ezen a méretskálán találkozunk az élő és az élettelen világ. A legújabb eredmények robbanásszerű terjedését azonban mindig és minden korban fékezi az egyes nemzedékek természetes generációs problémái, amely csupán a folyamatos képzéssel csökkenthető.

Kulcsszavak: *tudomány fejlődése, gyakorlati alkalmazás, forradalmi hatóerők, nanotechnológia, anyagtudomány forradalma, generációs problémák, életen át történő tanulás*

1. Bevezetés

A társadalmak, a tudományok, az emberi kapcsolatok fejlődését tekintve nagyon igaz az a mondás, hogy „*Tekints a múltba és meglátod a jövőt!*”! Ezt a gondolatot sokszor, sokféleképpen, sok kiváló ember fo-

galmazta meg. Bennem, életszemléletemben ez a mentalitás a Cambridge, King College könyvtárában olvasott következő mondat során gyökerezett meg igazán „*It has been said that, no man is civilised or mentally adult until he realises that the past, the present, and the future are indi-*

visible.” miközben Newton eredeti anyagait nézegettem.

Mindig voltak, vannak és lesznek olyan műszaki indíttatású eredmények, amelyek teljes egészében átalakítják a gazdaság struktúráját és ezen keresztül a társadalmi viszonyok kapcsolatrendszere is alapvetően megváltozik. Az elmúlt 5-6 generáció életét gyökeresen megváltoztató ún. „forradalmi hajtóerőket” az **1. ábra** szemlélteti.

1. ábra. A gazdaságot, társadalmat átformáló műszaki alapú hajtóerők

1.1. A forradalmi hajtóerők okozta változások

Az átalakulás, a fejlődés forradalmi hajtóerői a következőket eredményezték:

- a *textilipar* felfutásával megjelent a társadalmakban az új réteg, amely a **munkásosztály** lett és kialakultak sajátos problémáik,
- a *vasúti közlekedés* széleskörűvé válásával megvalósult az egyén, az árúk nagy tömegének **menetrend-szerű mozgatása**,
- a *gépkocsik* nagytömegű megjelenésével megvalósult az egyének, az árúknak, az **önálló elhatározáson nyugvó mozgatása**,
- az *információs technológia* kialakulása új távlatokat és lehetőségeket nyitott a **globalizációban**,
- a *nano-technológia* megjelenésével

megkezdődött az **anyagtudomány forradalma**, ami lehetővé teszi az élő- és élettelen anyagok egységes rendszerben történő kezelésének megvalósítását.

A fentiekből számos dolog direkt módon következik, amelyek közül a következőket mindenképpen ki kell emelni, ki kell hangsúlyozni:

- a forradalmi változások végbemennek a megvalósítási, a gyártási struktúrákban, de igen jelentős társadalmi hatásuk van,
- átstrukturálódnak a társadalmi értékek, kapcsolatok, a végzett munka értékrendszere,
- minden generációnak szembesülnie kell életében legalább egy ilyen mértékű változással, eseménnyel, és fel kell készülnie az új struktúrában betöltendő szerepére, pozíciójára,
- a fiatal korban megvalósuló képzés során szerzett ismeretek folyamatosan avulnak, az öregedéssel egyidejűleg nyílik a az olló a „fiatal korban szerzett” és az „aktuális” ismeretek között, azaz a generációs problémák természetesen jelentkeznek.

2. Az anyagtudomány forradalma

Maga az **„anyagtudomány”** kifejezés értelmezése rendszerint vitára készíti a szakembereket, hiszen szinte törvényszerűen mindenki a maga saját szakmai kompetenciájával, maga „szemüvegén” keresztül közelíti a fogalom értelmezéséhez [1-8], legyen az a Magyar Nyelv Értelmező szótára szerkesztő bizottságának tagja, avagy a filozófia szakembere, vagy éppen fémkohászattal foglalkozó oktató. Ugyan-ezen sokrétűség, eltérő szemlélet tükröződik a legkülönbözőbb nyelvekben (angol, német, orosz) megfogalmazott „anyag” definíciókban is. Ha viszont egy általános emberi gondolkodásból indulunk ki, akkor viszonylag hamar eljuthatunk a lényegi megállapításokhoz. Mindig, mindenkor,

minden, tömeggel és struktúrával rendelkező anyag úgy tekinthető, mint **valamilyen tömegű térrész**, amelynek van **térfogata** és **felülete**. Anyag definíciójaként tekinthető az, hogy az 1-es és 2-es térrész legalább egy, a tömeget, struktúrát jellemző mennyiségben különbözik egymástól. Ezt szemlélteti a 2. ábra.

2. ábra. Az „anyag”-fogalom egy lehetséges definíciója

Ha a tulajdonságokat kísérjük meg definiálni, akkor megadhatók térfogatot jellemző viselkedések, és a környezettel való kapcsolatot biztosító felületi jellemzők, tulajdonságok. Az előbbieket, a **tömbi tulajdonságokat** értelmezi és hasznosítja a „mérnök”, az utóbbiak, a **felületi tulajdonságok** pedig bármilyen folyamatban, kölcsönhatásban (beleértve az élettelen és élő anyagok kapcsolatát is) töltönek be meghatározó szerepet. Ezt illusztrálja a 3. ábra.

3. ábra. Az anyagok meghatározó tulajdonságai a mérnöki- és a nanoskálán

A fenti megállapítás könnyen belátható, ha egy gömb felületének és térfogatának arányát vizsgáljuk. Ekkor ugyanis

$$\text{Felület/Térfogat} = 4R^2\pi / (4R^3\pi/3) = C/R$$

A tulajdonságok érvényesülésének szerepe a méretskála figyelembevételével pedig jól követhető a következő módon:

$$R \Rightarrow \infty, \text{Felület/Térfogat} \Rightarrow 0$$

$$R \Rightarrow 0, \text{Felület/Térfogat} \Rightarrow \infty$$

Az első esetben, azaz a **méretetek növekedésével a tömbi**, míg a **méretetek csökkenésével a felületi tulajdonságok** lesznek meghatározók az anyag viselkedésében! A nanotechnológia (a nano-méretskálán megvalósuló reprodukálható tevékenységet, gyártást biztosító eljárásorozat) megjelenése az élettelen természet világában „kommunikációs felületet” hozott létre az **élő- és élettelen világ anyagai között**.

Ha csupán nagyon röviden tekintjük át a nanotechnológia kialakulását és fejlődésének [9-14], egyes lépéseit, akkor a következő – teljesen önkényes – esemény- és idősor emelhető ki:

- 1974 AVIRAM és SEIDEN (IBM) első szabadalmi bejelentése a molekuláris elektronikai eszközre,
- 1981 Hienrich ROCHER és Gerd Karl BINNING felfedezik a pásztázó alagút-mikroszkópot (Nobel-Díj 1986),
- 1985 Richard SMALLEY, Robert CURL, Harold KROTO felfedezik a 60 C- atomból álló kalickaszerű térbeli elrendezést (Nobel-Díj 1996), amit fullerénnek neveznek el (Buckminster FULLER, matematikus, építész, költő emlékére),
- 1986 Az atomerő-mikroszkóp felfedezése,
- 1986 K. Erik DEXTER publikálja az Engines of Creation c. könyvét (nanotechnológia; előnyök-veszélyek),
- 1991 Többfalú szén-nanocső felfedezése

se,

- **1993** Egyfalú szén-nanocső felfedezése,
- **1993** Az első Nanotechnológiai Laboratórium alapítása (USA, Rice Egyetem, vezetője: Richard SMALLEY),
- **1997** Madrian SEEMAN megmutatja, hogy a **DNS** a nanomechanikai eszközök alapvető építőköveként használható (New-Yorki Egyetemen),
- **1999** Mark REED és James TOUR létrehozza az első szerves molekulából felépített kapcsolóeszközt (Yale Egyetem),
- **2003** Nanohuzal alapú lézerek létrehozása).

Napjaink hihetetlen mértékű fejlődését jól tükrözi néhány önkényesen kiválasztott címszóval végzett „google-keresés” eredménye is:

– Nanotechnológia:	0,29 sec	84.800
– Nanotechnika:	0,25 sec	6.830
– Nanotechnology:	0,24 sec	25.400.000
– Nanotechn. news:	0,18 sec	5.650.000
– Nanotechn. book:	0,43 sec	4.830.000
– N.te everyd. life:	0,24 sec	336.000

Visszatérvén az **1. ábrára** azt mondhatjuk, hogy az ipari forradalmat az információs forradalom követte és napjainkban az **anyagtudomány forradalma zajlik**. Ennek hatása természetszerűleg megjelenik minden területén, ahol anyagokat használnak, ahol anyagok léteznek. A „Britannica Hungaria” megfogalmazása szerint: „*az anyag, anyagi szubsztancia, belőle áll a megfigyelhető világegyetem. Az energiával együtt minden objektív jelenség alapja*”. Ebből adódóan az anyagtudomány, mint diszciplína egyaránt magába foglalja a **tömbi** és a **felületi tulajdonságokat**. Az anyaggal kapcsolatos folyamatokat pedig ugyanúgy felosztja az anyagban (a térfogatban) végmenő és a felületen keresztül lejátszódó folyamatokra. Ilyen aspektusból a különböző anyagok között érvényesülő folyamatok anyag-anyag kölcsönhatásaként értelmezhetők. Ebből a szempontból nézve az

anyagtudomány értelmezési köre lényeges bővül, hiszen a mezőgazdasági, az élettudományi, gyógy-szerészeti, orvostudományi, közegészség-ügyi, környezetvédelmi, stb. kérdéskörök számottevő része anyag-anyag kölcsönhatásaként értelmezhető. Ezt figyelembe véve bárhol a világban, bármelyik országban az anyagtudomány meghatározó centrumai ott alakulhatnak ki, ahol a legtöbb tudomány-terület megtalálható és azokat nemzetközi téren is elfogadott szinten művelik. Ez mindenképpen a jövőben egyrészt az egyetemek, felsőoktatási intézmények ösz-szefogását és újrastrukturálását fogja meg-indítani annak figyelembevételével, hogy az „anyag” fogalomhoz milyen ismerethalmazok kötődnek. Ezt fogja rendszerbe a **4. ábrán** látható séma.

4. ábra. Az „anyagtudomány” kifejezésben érintett témakörök

Természettudományos alapok nélkül még csak gondolni sem lehet modellek felállításáról, de minden anyagnak van vala-

mi-lyen szerkezete, struktúrája, a felhasználás szempontjából lényeges tulajdonsága, környezetével valamilyen kapcsolatba lép, arra hathat valamilyen formában (pl. gyógyszer, növény védőszer, stb.), vagy a környezete által károsodhat, azaz a felhasználási tulajdonsága romolhat, és végül az egyes iparágak a különböző felhasználási tulajdonságú anyagokra szakosodott technológiákat kidolgozták.

Amennyiben a jelenlegi oktatási struktúrákban oktatott tantárgyakat, ismereteket tekintjük, akkor azok szinte kivétel nélkül beilleszthetők a szélesebb értelemben vett anyagtudomány témakörébe, azaz egyáltalán nem az oktatási paletta szűkítéséről, hanem a fókuszálásról és célirányosabb csoportosításáról beszélhetünk. Ezt érzékelteti az **5. ábra**, ahol vázaltszerűen összefoglalásra kerültek azon ismeretek, amelyek különböző formában, tantárgycímek alatt napjainkban is szerepelnek a hallgatók különböző kurzusaiban.

Természettudományos alapok	Élettan, Biokémia, Biofizika, Kémia, Matematika, stb.
Anyagszerkezettan	Fizika, Kémia, Anyagszerkezettani vizsgálatok, struktúra és tulajdonságok kapcsolata, stb.
Anyagtulajdonságok	A felhasználás szempontjából fontos tulajdonságok és minősítési eljárások, vizsgálati módszerek
Anyag és környezet kölcsönhatása	Élettan, Biokémia, Biofizika, Kémia, Fémten, Agrártudományok, Növényvédelem, stb.
Iparági sajátosságok	Gyógyszeripar, Biokompatibilis anyagok, Mikroelektronika, Növényvédőszer, Nanotechnológia, Energiaipar, Gépipar, Kohászat, stb.

5. ábra. Az anyagtudományban szerteágazóan érintett és különböző kurzusokban oktatott tantárgyhalmaz

Az ismerethalmazok fenti csoportosítása, áttekintése lehetővé teszi azt, hogy meglevő oktatási struktúrák folyamatos bővítésével, kiegészítésével értelemszerűen a legkisebb befektetésekkel meghonosíthatók és bővíthető legyen bármelyik ország jövőben kialakuló anyagtudományi centrumai.

3. Generációs problémák

A generációs problémák megjelenése a tudomány folyamatos fejlődéséből és a fiatal korban kapott képzés, oktatás során szerzett készségek időbeni eltávolodásából, elszakadásából ered. Ez sajnos törvényszerű. Ha a futó képzések során olyan *készségek elsajátítására* is sor kerül, amely bármikor hasznosítható, akkor a generációs problémák mértéke csökkenthető. Nézzünk erre egy egyszerű, de szemléletes példát a mérnöki szerkezetek biztonságos üzemeltethetőségi feltételeinek kijelölése kapcsán.

Napjaink egyik ilyen generációs problémáját a *számítástechnika* robbanás-szerű fejlődése idézte elő. Az új eszközök és szoftverek az élet minden területén új lehetőségeket teremtettek, de ezekkel a lehetőségekkel nem egyformán képes élni mindenki. Általánosságban el lehet mondani, hogy minél fiatalabb korban ismerkedik meg valaki az új technológiával, annak inkább képes annak teljes értékű használatára. Az idősebb generáció részéről gyakran tapasztalható akár teljes mértékű elutasítás is a fiatalok számára már természetes újdonságokkal kapcsolatban, és a jól bevált módszerekhez való görcsös ragaszkodás.

Az informatika fejlődése nyomán bekövetkező egyik lényeges változás, hogy a *matematika* a hozzáértők privilégiumából az alkalmazók eszközévé vált az informatikai eszközök mindennapi használói számára. Persze az átlagos felhasználóban ez általában nem tudatosodik, hiszen a matematikai tudás „be van építve”, nem kell tudni róla, mint ahogyan a járművezetőnek sem kell ismernie az autója elektromos rendszerét ahhoz, hogy az ezáltal biztosított lehetőségeket megfelelően használja.

A matematikai szoftverek elterjedése egy különleges vonulata az IT térnyerésének, mivel a számítási lehetőségek kibővülése teljesen átalakította a gondolkodásmódot, lehetővé vált az elméleti eredmények „apró pénzre” váltása, a gyakorlati

életben fellépő problémák megoldása azáltal, hogy a munka „nehezezt” a számítógép végzi a betáplált algoritmusok futtatásával.

A műszaki életben igen nagy gazdasági jelentőséggel bír, hogy célszoftverek segítségével elfogadható költséggel meg lehet válaszolni „*mi van akkor, ha ...?*” típusú kérdéseket, hatékonyan lehet elemezni alternatív műszaki megoldásokat, és kiválasztani a lehető legmegfelelőbbet.

A szoftverek többségénél rejtve marad a matematikai háttér, a probléma megfogalmazásakor, és a szoftver által prezentált eredményben is a műszaki tartalom az elsődleges (ilyenek például a CAD vagy a VEM rendszerek). Vannak azonban olyan problémák, melyek a matematikai eszközök közvetlen alkalmazását igénylik. Ilyen esetekben a matematikai szoftverek jelentik a megoldást, de ehhez szükséges, hogy a mérnök tisztában legyen a lehetőségekkel, és rendelkeznie kell a minimális gyakorlattal, amire építhet a munkája során.

Ezért a műszaki matematika oktatása során be kell vezetni a matematikai szoftverek használatát, és az elméleti alapok mellett meg kell követelni a szoftverek alapszintű ismeretét. Ha egy mérnök tisztában van a szoftverek által kínált lehetőségekkel, és kellő gyakorlatot szerez ezek használatában, akkor a munkája során nem „fél” a számítógép által elvégzett számításokra hagyatkozni, a jelenségek leírása számára nem pusztán egyenletekként jelennek meg, hanem a megoldások keresésének természetes módjává válik.

A mikoelektronika robbanásszerű fejlődése magával hozta a mérnöki szerkezetek felülvizsgálata során alkalmazott eszközök ugyancsak robbanásszerű fejlődését. Ennek egyenes következménye az, hogy egyre kisebb és kisebb méretű anyagfolytonossági hiba egyre pontosabban és pontosabban, egyre reprodukálhatóbb módon detektálható. Az anyagfolytonossági hibákat repedésként modellezve a hatásuk különböző mechanikai megfontolásokkal mérlegelni

lehet értelmes kérdések megválaszolásával. Ilyen kérdések lehetnek például:

- Mennyire veszélyes ez a repedés?
- Mennyire érzékeny ez a repedés a repedés detektálása során alkalmazott módszerek megbízhatóságára?
- Milyen lesz a kritikus, a törést okozó repedés mérete?
- Hogyan változik ez a kritikus repedéshossz a repedésterjedéssel szembeni ellenállás, mint anyagjellemző megbízhatóságával?
- A számítási eredmények mennyire érzékenyek a geometriai, a terhelési és anyagi paraméterekre, azaz milyen lehetőségek vannak a biztonság növelésére?
- Ha a terhelés ciklikus, akkor mennyi a maradék élettartam, a berendezés üzemeltethető-e tovább, avagy nem? Ha igen milyen paraméterekkel, ill. milyen lehetőség van a biztonság növelésére?

A kérdések sorozatát lehetne feltenni, amelyeknek mindig és mindenkor igen jelentős gazdasági következményei vannak.

A gyakorlati példák sorozatát lehetne sorolni, melyekkel összefüggés mindig igaz, hogy

- A korábbi felülvizsgálatok során hibamentesnek vélt szerkezetekben egyre nagyobb valószínűséggel anyagfolytonossági hibákat észlelhetünk, amelyek vagy az üzemeltetés során keletkeztek, vagy az észlelési technika fejlődésével váltak érzékelhetővé.
- Ha egy hibát észleltek, akkor nyilatkozni kell annak veszélyességéről, és meg kell válaszolni azt a kérdést, hogy „üzemeltethető-e tovább a szerkezet vagy nem, ha igen akkor változatlan paraméterekkel, vagy milyen feltételekkel?”

A műszakilag megalapozott döntések csak igen sok számítással alapozhatók meg a törésmechanikai elvek alkalmazásával [15-17] bonyolult függvények integrálására,

deriválására, ábrázolására, zérushelyek keresésére van szükség. Ebben a folyamatban a számítástechnika olyan eszköz, amely nélkül meg sem kísérelhető a műsza-kilag megalapozott válasz megfogalmazása.

A generációs problémák pedig éppen ekkor jelentkeznek! Az idősebb, általában már vezetői szintű generáció még nem is gondol arra, hogy az előzőkben felvetett kérdések megválaszolhatók, nemhogy ő maga adja meg a választ a számítások elvégzésével (az összetett, néha több sort, oldalt kitevő függvények deriválásával integrálásával, zérushelyek keresésével, stb.).

A Debreceni Egyetem Műszaki Kara, a Műszaki Alaptárgyi Tanszékének az elmúlt időszakban sokat tett a jövőbeni generációs problémák csökkentésére. A matematikai tárgyak keretében (elsősorban a matematika utolsó félévében) műszaki tartalmú projekt feladatokat adnak ki, amit a hallgatók szoftverek segítségével oldhatnak meg. A projekt feladatok úgy vannak meghatározva, hogy a megoldás során sok számolási lépést kelljen végrehajtani, és azok több matematika témakört érintsenek. A hallgatók a saját szakjukhoz közel álló példák megoldása során szívesebben és mindenképpen eredményesebben tudják áttekinteni a matematikai ismereteket, ami a szigorlatra való felkészülést is jelentősen megkönnyíti. A szoftverek ismerete megte-remti a matematikai módszerek alkalmazásának lehetőségét is a később sorra kerülő műszaki tárgyakban.

A matematikai szoftverek alkalmazására épülő projektfeladatok ötlete a gépészmérnöki szak törésmechanika című tárgya keretében kialakult gyakorlatból ered. A törésmechanika tárgy nagy létszámú (50-100 fős) kurzusain az utóbbi félévek során igen kedvező tapasztalatokra tettünk szert az alábbi eljárást illetően: a kurzus első néhány gyakorlata a matematikai szoftverek elérhetőségéről, alkalmazási lehetőségéről szól (néhány kiválasztott szoftver esetén részletekbe menően tárgyal-

juk a szükséges számolási eljárások megvalósításának módját), ez után a kurzus hallgatói levizsgáznak az általuk választott szoftverből egy olyan teszt meg-írásával, mely a későbbiekben szükséges számolási technikákat tartalmazta, így „licenct” szereznek a továbblépésre. Ez után mindenki egyéni feladatot kap, melynek kidolgozása után prezentáció formájában beszámol a műszaki probléma megoldásáról, a következtetésekről, és az alkalmazott matematikai eszközökről.

3. Következtetések

A közleményben, előadásban érintett témakörök lényegi megállapításai két témakör, az „*anyagtudomány*” és a „*generációs problémák*” köré csoportosíthatók.

Az „*anyagtudomány*” témaköréhez kötődően megállapítható, hogy

- A gazdaságot, társadalmat korábban gyökereiben átalakító ipari, információs forradalmakat napjaink-ban az anyagtudomány forradalma követi, amelyben az élettelen természetben megjelent nano-technológiai eszközrendszer az élő- és élettelen természet anyagai között inter-fészt teremtett meg. Ezzel a nano-skálán az élő- és élettelen természet anyagai egy új, tágabb értelmű anyagtudományi diszciplínában értelmezhetők.
- Az anyagtudomány értelmezési köre lényeges bővül, hiszen a mezőgazdasági, az élettudományi, gyógyszerészeti, orvostudományi, közegészségügyi, környezetvédelmi, stb. Kérdéskörök számottevő része „*anyag-anyag kölcsönhatásaként*” értelmezhető.
- Az egyetemek meglevő oktatási struktúrája lépésről-lépésre az „*anyag-anyag kölcsönhatásra*” alapozott „*anyagtudomány*” egyes szektorainak irányába, azok lefedésére orientálhatók. Ezt figyelbe véve minden egyes országban anyag-tudo-mányi centrumok

kifejlesztése joggal prognosztizálhatók.

A **generációs problémákhoz** kötődően megállapítható, hogy

- A matematikai ismeretek mindennapi használatát természetes generációs problémák korlátozzák, gátolva ezzel a jelenségek, műszaki kérdések megalapozott, „mi van akkor, ha ?” szemléletű elemzését.
- A műszaki-tudományos területeken indokolt az oktatást úgy átalkítani, hogy a matematika a hozzáértők privilégiumából az alkalmazók eszköze legyen.
- A matematika oktatásába az elvek ismertetése mellett be kell vezetni a szoftverrendszerek készsége szintű használatát és ezek elsajátításáról az oktatás, vizsga keretében meg kell győződnie (a „licenc” megszerzése kötelező, a vizsga előfeltétele).
- A műszaki tárgyak széles körében az „alkalmazásszintű matematikára alapozott, egyéni feladat orientált” képzési tematikát célszerű kidolgozni és bevezetni

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Magyar Nyelv Értelmező Szótára. Akadémiai Kiadó, Budapest
- [2] Prohászka J., *Anyagtudomány, anyagtechnológia, anyagtulajdonságok*. Műszaki Tudomány, 56 (1978) 270–293.
- [3] Prohászka J., Tóth L., *Anyagtudomány, mint műszaki tudomány*. BKL Kohászat, 130 (1997:10–12) 336–341
- [4] Bárczy P., *Anyagismeret*. Tankönyv-kiadó, Budapest, 1990.
- [5] *Britannica Hungaria*, 1. Kötet.
- [6] *Magyar Nagylexikon*, 2. Kötet,
- [7] Keller H., Erb U., *Dictionary of Engineering Materials*. Wiley-Interscience.
- [8] Webster's New Encyclopedic Dictionary, 1996.
- [9] Csanády A., Kálmán E., Konczos G. *Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába*. MTA Kémiai Kutatóközpont, ELTE Eötvös Kiadó, 2009.
- [10] Mojzes I., Molnár L. M., *Nanotechnológia*. Műegyetem Kiadó, 2007.
- [11] Gyulai J., *Az anyagtudomány és az anyagtechnológiák trendjei*. MTA-MAB Klub előadásai, Miskolc, 2000.02.04.
- [12] Gyulai J., *A jövő anyagai: A nanoanyagok*. MTA-MAB Klub előadásai, Miskolc, 2004.01. 22.
- [13] Gyulai J., *A nanotudománytól a nanotechnológiáig*. Magyar Tudomány ünnepe, Miskolc, 2011.11.05.
- [14] Gyulai J., *A Moore törvény érvényesülése – napjainkban*. MTA EETB Tudományos ülése „Új irányok...” Budapest, 2013.05.15.
- [15] Tóth L.: *Fracture Mechanics – Past, Present and Future*. Felkért Plenáris Előadás. 10th International Conference. Structural Integrity of Welded Structures. July, 11-12, 2013. Timisoara, Romania.
- [16] Tóth L.: *Everyday Fracture Mechanics and Generation Problems*. Summer Schools are Needed. 13th Summer School on Fracture Mechanics. Trzebnica, 3-6th September
- [17] Kocsis I., Tóth L., Vámosi A., Deák K.: *A matematikai szoftverek szerepe a mérnöki problémamegoldás átalakulásában*. Informatika a felsőoktatásban 2014 konferencia. Debrecen 2014.08. 27-28.